

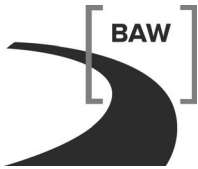
Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

BAWKolloquium

Tagungsband

Verkehrswasserbauliche Untersuchungen zum Neckarausbau
6. Oktober 2011

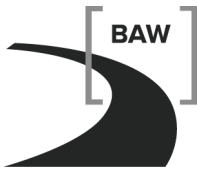




Programm

- 10:00 Uhr** **Begrüßung**
Prof. Dr. Christoph Heinzelmann (BAW, Karlsruhe)
- 10:05 Uhr** **Die Ertüchtigung des Neckars für das 135-Meter-Schiff**
Dipl.-Ing. Klaus Michels (AN Heidelberg)
- 10:30 Uhr** **Hydraulische Auswirkungen auf Böschung und Sohle aus der Fahrt des 135-Meter-Schiffs**
Dipl.-Ing. Nicole Maedel (BAW, Karlsruhe)
- 10:55 Uhr** **Ökologische Auswirkungen auf Ufervegetation und aquatische Tiere aus der Fahrt des 135-Meter-Schiff**
Dipl.-Ing. Nikolas Uffmann, Dr. Michael Fiedler (BfG, Koblenz)
- 11:20 Uhr** **Ergebnisse fahrdynamischer Natur-untersuchungen mit einem 135-Meter-Schiff**
*Prof. Dr. Bernhard Söhngen (BAW, Karlsruhe),
Dipl.-Ing. Raed Qaunda (Corporate Montage, Wiesbaden)*
- 11:45 Uhr** **Diskussion**
- 12:00 Uhr** **Mittagessen**
- 13:10 Uhr** **Untersuchungen zur Hochwasserabfuhr am Neckar zwischen Plochingen und Obertürkheim**
Dr. Carsten Thorenz, Harald Nelles (BAW, Karlsruhe)
- 13:35 Uhr** **Der Neckarausbau aus Sicht der Planfeststellung**
Monika Prömper (WSD Südwest, Mainz)
- 13:55 Uhr** **Überprüfung der Ausfahrt aus der Schleuse Aldingen mit fahrdynamischen Optimierungsverfahren**
Dipl.-Geophys. Lucia Hahne, B.sc. Dennis Maaß (BAW, Karlsruhe)
- 14:20 Uhr** **Simulation eines 135-Meter-Schiffs im Schiffsführungssimulator der BAW**
*Dipl.-Ing. Thorsten Dettmann (BAW, Karlsruhe),
Dr. Sven-Brian Müller (Universität Duisburg-Essen)*
- 14:45 Uhr** **Diskussion**
- 15:00 Uhr** **Schlusswort**
Dr. Andreas Schmidt (BAW, Karlsruhe)

Anschließend:
Besichtigung des Schiffsführungssimulators und des wasserbaulichen Modells der Fischaufstiegsanlage Lauffen/Neckar



Dettmann, Dipl.-Ing. Thorsten

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
thorsten.dettmann@baw.de

Hahne, Dipl.-Geophys. Lucia

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
lucia.hahne@baw.de

Maaß, B.sc. Dennis

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
dennis.maass@baw.de

Maedel, Dipl.-Ing. Nicole

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
nicole.maedel@baw.de

Michels, Dipl.-Ing. Klaus

Amt für Neckarausbau
Vangerowstraße 20
69115 Heidelberg
klaus.michels@wsv.bund.de

Müller, Dr.-Ing. Sven-Brian

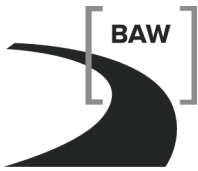
Universität Duisburg-Essen
Bismarckstr. 69
47057 Duisburg
sven-brian.mueller@uni-due.de

Nelles, Harald

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
harald.nelles@baw.de

Prömper, Monika

Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest
Brucknerstraße 2
55127 Mainz
monika.proemper@wsv.bund.de



Qaqunda, Dipl.-Ing. Raed

Corporate Montage Europe GmbH
Kreuzberger Ring 44a
65205 Wiesbaden
raed.qaqunda@baw.de

Söhngen, Prof. Dr.-Ing. Bernhard

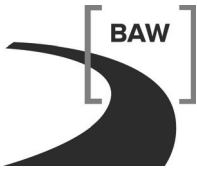
Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
bernhard.soehngen@baw.de

Thorenz, Dr.-Ing. Carsten

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
carsten.thorenz@baw.de

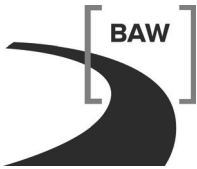
Uffmann, Dipl.-Ing. Nikolas

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
uffmann@bafg.de

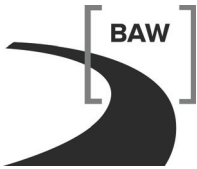


Teilnehmerliste

Name	Firma	Ort
Badtke, Mathias	Hülskens Wasserbau GmbH & Co. KG	Wesel
Bastuck, Karlheinz	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Behlke, Dipl.-Ing. Gerhard		Mainz-Finthen
Bejan, Adrian	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Süd	Würzburg
Belitz, Marielle	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Biskupek, Dipl.-Ing. Dirk	Neubauamt Hannover	Hannover
Braun, Walter	Wasser- und Schifffahrtsamt	Stuttgart
Czajkowski, Heike	Staatliche Rhein-Neckar- Hafengesellschaft Mannheim mbH	Mannheim
Dettmann, Dipl.-Ing. Thorsten	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Feger, Wolfgang	Heilbronner Versorgungs GmbH	Heilbronn
Fischer, Dr.-Ing. Markus	RMD Wasserstraßen GmbH	München
Fritzen, Andreas	Wasser- und Schifffahrtsamt	Heidelberg
Fröhner, Helko	Wasser- und Schifffahrtsamt	Schweinfurt
Genthner, Klaus	Wasser- und Schifffahrtsamt	Heidelberg
Giest, Holger	Wasser- und Schifffahrtsamt	Meppen
Gramlich, Fritz	Hülskens Wasserbau GmbH & Co. KG	Wesel
Grüter, Barbara	Wasser- und Schifffahrtsamt	Stuttgart
Hahne, Dipl.-Geophys. Lucia	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Hans, Jürgen	Staatliche Rhein-Neckar- Hafengesellschaft Mannheim mbH	Mannheim
Hartmann, Dr. Frank	Regierungspräsidium Karlsruhe	Karlsruhe
Hassemer, Dipl.-Ing. (FH) Michael	Wasser- und Schifffahrtsamt - FMSW -	Koblenz
Heilmann, Jörn	Wasser- und Schifffahrtsamt	Mannheim
Heinzelmann, Prof. Dr.-Ing. Christoph	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Helfers, Dipl.-Ing. Björn	grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG	Hannover
Hildenbrand, Frank	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Hoffmann, Dr. Rainald	Regierungspräsidium	Stuttgart
Hörter, Peter	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Huber, Jörg	Wasser- und Schifffahrtsamt	Heidelberg
Jenrich, Dr. Holger	Spezialbau Engineering GmbH- SBE	Mageburg



Name	Firma	Ort
Karolus, Bernd	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Württemberg	Karlsruhe
Kauppert, Klemens	Ingenieurbüro Kauppert	Karlsruhe
Klimmer, Martin	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Kowalski, Dr. Ulrich	Reederei Schwaben GmbH	Heilbronn
Kretschmar, Bernd	Wasser- und Schifffahrtsamt	Stuttgart
Kuret, Roland	Bundesrechnungshof / Prüfungsamt des Bundes	Frankfurt/Main
Küßner, Dipl.-Ing. Matthias	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte	Hannover
Lehmann, Martin	Regierungspräsidium	Stuttgart
Maaß, B.sc. Dennis	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Mach, Rüdiger	Ingenieurbüro Mach:Idee	Karlsruhe
Maedel, Dipl.-Ing. Nicole	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Marc, Lerch	Wasser- und Schifffahrtsamt	Heidelberg
Michels, Dipl.-Ing. Klaus	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Müller, Dr.-Ing. Sven-Brian	Universität Duisburg-Essen	Duisburg
Munk, Gabriele	Landeshauptstadt Stuttgart	Stuttgart
Nandelstaedt, Kai	Reederei Schwaben GmbH	Heilbronn
Nelles, Harald	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Neukirchen, Manuel	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Oberle, Dr.-Ing. Peter	KIT Karlsruhe	Karlsruhe
Paas, Regina	Wasserstraßen-Neubauamt	Aschaffenburg
Prömper, Monika	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Qaqunda, Dipl.-Ing. Raed	Corporate Montage Europe GmbH	Wiesbaden
Schäferhoff, Genia	Knabe Enders Dührkop Ingenieure GmbH	Hamburg
Schellberg, Frank	Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken (Anlagentechnik)	Koblenz
Schmidt, Dr.-Ing. Andreas	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Schneider, Jörg	Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart	Stuttgart
Schneider, Walif	Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken	Koblenz
Schüle, Martin	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Siebenhaar, Bernhard	Regierungspräsidium	Freiburg
Söhngen, Prof. Dr.-Ing. Bernhard	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe



Name	Firma	Ort
Soyeaux, Dr.-Ing. Renald	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Steinhagen, Anna Christina	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Strähle, Carsten	Hafen Stuttgart GmbH	Stuttgart
Tauer, Dr.-Ing. Wolfram	INROS LACKNER AG	Rostock
Thorenz, Dr.-Ing. Carsten	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Uffmann, Dr.-Ing. Nikolas	Bundesanstalt für Gewässerkunde	Koblenz
Verch, Dipl.-Ing. Sabine	grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG	Hannover
Vieth, Dipl.-Ing. Heinz-Josef	Krebs und Kiefer Beratende Ingenieure für das Bauwesen GmbH	Karlsruhe
Wachholz, Dipl.-Ing. Thilo	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte	Hannover
Weis, Benedikt	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Weiß, Eberhard	Neckarhafen Plochingen	Plochingen
Wessel, Hauke	Wasserstraßen-Neubauamt	Aschaffenburg
Wiest, Robert	Amt für Neckarausbau	Heidelberg

Die Ertüchtigung des Neckar für das 135-Meter-Schiff

Dipl.-Ing. Klaus Michels, Amt für Neckarausbau Heidelberg - ANH

Die Bundeswasserstraße Neckar

Der Neckar entspringt im Schwarzwald bei Villingen-Schwenningen und mündet nach 367 km bei Mannheim in den Rhein. Auf dem 203 km langen Abschnitt zwischen Mannheim und Plochingen ist er Bundeswasserstraße (Bild 1).

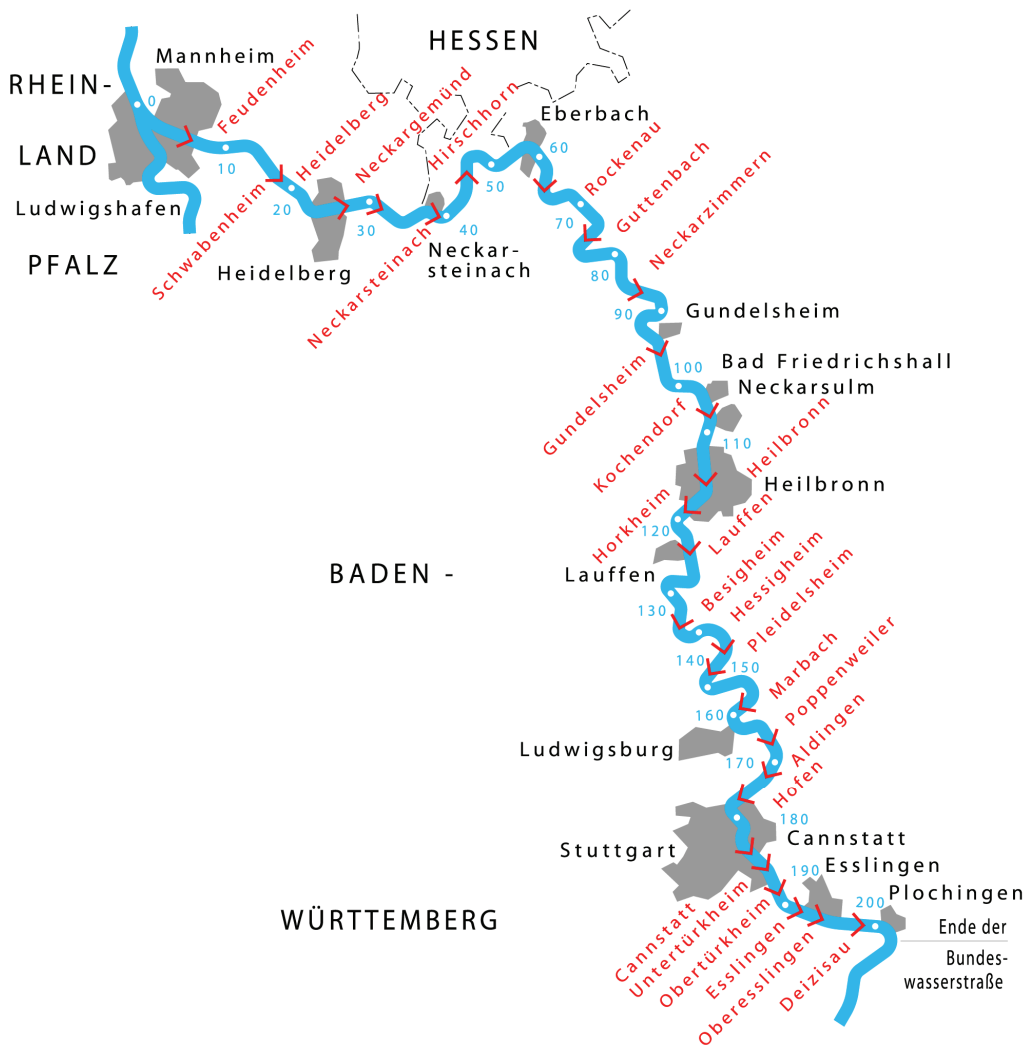


Bild 1: Die Bundeswasserstraße Neckar

Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts standen einer prosperierenden Entwicklung des Schiffsverkehrs die unzureichenden Wassertiefen des weitestgehend frei fließenden Neckars, insbesondere in den trockenen Sommermonaten, entgegen. Zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse und des Hochwasserschutzes sowie zur Gewinnung von Strom aus Wasserkraft begannen daher in den 1920er Jahren die Baumaßnahmen im Rahmen der sog. „Neckarkanalisation“. Diese bein-

halteten den Bau von Staustufen, bestehend aus einer Doppelschleusenanlage, einer Wehranlage und mindestens einem Wasserkraftwerk.

Die Ausbauplanungen sahen die ganzjährige Befahrbarkeit des Neckars mit einem 80 m langen und 10,25 m breiten Schiff vor. Die maximale Eintauchtiefe dieses Bemessungsschiffes wurde mit 2,30 m festgelegt.

1935 waren die 11 Staustufen auf dem 113 km langen Neckarabschnitt zwischen Mannheim und Heilbronn fertig gestellt.

Nach kriegsbedingter Unterbrechung wurde 1958 die 75 km lange Strecke Heilbronn – Stuttgart mit der Eröffnung des Hafens Stuttgart vollendet.

1968 wurde mit der Fertigstellung der letzten Staustufen der Hafen Plochingen an den staugeregelten Neckar angeschlossen. Als letzte Schleusenanlage weist Deizisau bisher nur eine Schleusenkammer auf.

Der Güterverkehr erzielte 1970 mit fast 14 Millionen Gütertonnen seinen bisherigen Höchststand. Um diese sowie weiter steigende Gütermengen dauerhaft bewältigen zu können, wurde 1973 an der Eingangsschleuse Feudenheim eine dritte Schleusenkammer in Betrieb genommen.

In den Jahren 1970 bis 1984 wurde die Fahrrinntiefe von 2,50 m auf 2,80 m unter hydrostatischem Stau vertieft. Die Fahrrinnenbreite misst mindestens 36 m.

Die Fahrrinnen- sowie Schleusenkammerabmessungen ermöglichen heutzutage einem 105 m langen und 11,45 m breiten Binnenschiff, die Bundeswasserstraße Neckar sicher zu befahren.

Neben 29 Wasserkraftwerken zählt die Bundeswasserstraße Neckar damit zurzeit 54 Schleusenkammern, 27 Wehre und drei Hochwassersperrtore. Die fünf Seitenkanäle sind zusammen über 25 km lang.

Die Verkehrsentwicklung auf der Bundeswasserstraße Neckar

Im Jahr 2008, dem Jahr bevor die Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise das Transportaufkommen auf dem Neckar beeinträchtigten, wurden an der Eingangsschleuse Feudenheim über 9.100 Güter- und Fahrgastschiffe gezählt. Fast 7,5 Millionen Gütertonnen passierten die Schleusenanlage Feudenheim. Zu einem Großteil werden Baustoffe, Kohle und Salz transportiert. Weitere wichtige Gütergruppen, die auf dem Neckar befördert werden, sind hochwertiger Schrott aus der Automobilindustrie, Getreide, Nahrungs- und Futtermittel sowie chemische Erzeugnisse. Einen zunehmenden Aufschwung erfährt seit vielen Jahren der Containerverkehr. Im Jahr 2008 wurden über 33.300 Container [TEU] transportiert.

Der Bau eines weiteren Containerterminals in Heilbronn sowie der Ausbau weiterer Verladeeinrichtungen, bspw. des Salzhafens in Heilbronn oder von Umschlagsanlagen der Fa. Raiffeisen, lassen erkennen, dass die verladende Wirtschaft mehr Güter auf der Bundeswasserstraße Neckar transportieren möchte. Nach Befragungen der Industrie kommt das Institut PLANCO zu dem Ergebnis, dass das Transportaufkommen auf dem Neckar im Jahr 2025 fast 10 Millionen Gütertonnen betragen könnte [PLANCO (2006)]. PLANCO prognostiziert das Containeraufkommen im Jahr 2025 mit fast 65.000 Container [TEU].

Die Industrie möchte aus wirtschaftlichen wie auch ökologischen Gründen ihre Güter zunehmend mit großen Schiffen, d.h. mit Schubverbänden und 135 m langen Binnenschiffen (sog. 135 m-Schiffen), transportieren. Mit dem Rhein, Main, Main-Donau-Kanal, der Donau, Mosel und Saar sind fast alle wichtigen Bundeswasserstraßen im Süden und Südwesten Deutschlands bereits heute für 135 m-Schiffe befahrbar. Einzig der Neckar kann mit seinen 110 m langen Schleusenammern zurzeit nicht vom zukunftsweisenden 135 m-Schiff befahren werden. Daher droht der Neckar mit seinen stark exportorientierten Wirtschaftsstandorten bei dem Standortfaktor „Transportkosten“ gegenüber den Wirtschaftsstandorten an den anderen Bundeswasserstraßen ins Hintertreffen zu geraten. Folglich setzten sich seit dem Jahr 2000 Industrieunternehmen und Wirtschaftsverbände, Gebietskörperschaften sowie die Landesregierung Baden-Württemberg für die Verlängerung der Schleusen am Neckar ein. Bevor die Bundesrepublik Deutschland (im Folgenden „Bund“ genannt) und das Land Baden-Württemberg die Verwaltungsvereinbarung, die die Ertüchtigung des Neckar für das 135 m-Schiff bis zum Jahr 2025 vorsieht, am 26. November 2007 unterschrieben haben, hat

- die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in aufwändigen fahrdynamischen Untersuchungen nachgewiesen, dass die Bundeswasserstraße Neckar von einem 135 m-Schiff grundsätzlich befahren werden kann,
- die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) festgestellt, dass durch die Baumaßnahmen keine unüberwindbaren Konflikte mit den Schützgütern „Wasser, Boden, Pflanzen, Tiere und Landschaft“ zu erwarten sind.

Die Ertüchtigung des Neckar für das 135-m-Schiff

Die Schleusenanlagen am Neckar sind zwischen 50 und 85 Jahre alt. Viele Schleusenammern weisen alterungsbedingt bauliche Schäden auf und müssen daher kurz- bis mittelfristig von Grund auf instandgesetzt werden.



Bild 2: Betonschäden in der linken Kammer der Schleuse Schwabenheim



Bild 3: Grundinstandsetzung der rechten Kammer der Schleuse Guttenbach 2009 - 2011

Damit die alten Schleusenanlagen in der Zeit der etwa dreijährigen Bauphase der Schleusenkammerverlängerung verlässlich funktionieren, müssen einige der nicht zur Verlängerung vorgesehenen Schleusenkammern vor Verlängerung der Nachbarkammer grundlegend instandgesetzt werden. Diese sog. Grundinstandsetzung umfasst das Abfräsen des alten, schadhaften Kammerbetons und dessen Ersatz durch eine neue Betonvorsatzschale, das Auswechseln der alten Schleusentore, den Austausch der alten Antriebs- und Steuerungstechnik – hierbei soll die neue Antriebs- und Steuerungstechnik künftig eine Fernsteuerung der Schleusen ermöglichen - sowie den Einbau neuer Poller, Lichtmasten und Steigleitern entsprechend den heutigen Sicherheitsanforderungen. Die Grundinstandsetzung einer Schleusenkammer dauert normalerweise zwei Jahre.

Nur eine der beiden Schleusenkammern pro Staustufe muss auf die nutzbare Kammerlänge von 140 m verlängert werden, um den für 2025 prognostizierten Anteil an 135-m-Schiffen in Höhe von etwa 39 % an der künftigen Flottenstruktur auf dem Neckar bewältigen zu können. Welche der beiden Schleusenkammern verlängert wird und ob die Verlängerung der Schleusenkammer um 30 m nach Oberwasser oder Unterwasser erfolgt, hängt von den nautischen Verhältnissen, den baulichen Randbedingungen (z. B. Brückendurchfahrtshöhe im Unterwasser der Schleusenanlage) sowie vom baulichen Zustand der Schleusenkammern ab. Wenn möglich, erfolgt die Schleusen-kammerverlängerung nach Unterwasser, da hierbei das Baggergutvolumen geringer ist als bei einer Verlängerung nach Oberwasser. Die Verlängerung der Schleusen-kammern erfolgt i. d. R. durch den Bau eines neuen Schleusenhauptes und eines neuen Kammerblocks. Neben den Arbeiten zur Verlängerung der Schleusen-kammern werden die oben beschriebenen Maßnahmen zur Grundinstandsetzung im restlichen Schleusen-kammerbereich durchgeführt.

Die Schleusenanlage Deizisau besteht bisher aus nur einer Schleusen-kammer. Eine Verlängerung der bestehenden Schleusen-kammer ist nicht möglich, da ansonsten während der dreijährigen Bauphase der oberhalb gelegene Hafen Plochingen vom Schiffsverkehr abgekoppelt wäre. Daher ist der Neubau einer 140 m langen Schleusen-kammer parallel zur bestehenden Schleusen-kammer in Deizisau unumgänglich.

Die Baumaßnahmen der Grundinstandsetzung und Verlängerung der Schleusen-kammern sind an allen 27 Staustufen fast identisch. Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) hat daher zusammen mit der BAW Überlegungen zur Standardisierung von Bauverfahren und Bauteilen angestellt, um die Baumaßnahmen qualitativ besser, schneller und kostengünstiger umsetzen zu können.

Neben der grundlegenden Instandsetzung und Verlängerung der Schleusen-kammern sind der Neubau von sieben Schiffswendestellen, die Ausweisung von Richtungsstrecken, ggf. mit Signalanlagen, die Anpassung von vier Streckenabschnitten, der Neu- oder Ausbau von sieben Schiffsliegestellen sowie der Neubau von Fischaufstiegsanlagen als weitere Baumaßnahmen vorgesehen:

- In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten sind etwa gleichmäßig über den Neckar verteilt Wendestellen geplant. Diese sollen den Schiffen das zeitnahe Wenden nach Lösch- oder Ladevorgängen ermöglichen. Die Wendestellen weisen aufgrund der nautischen Erfordernisse der 135 m-Schiffe einen Durchmesser von 155 m auf.
- Da die Fahrrinnenbreite des stellenweise stark mäandrierenden Neckar über weite Strecken nur 36 m misst, ist in Teilbereichen ein Begegnungs- und Überholverbot für größere Schiffe auszusprechen. Ggf. regeln Signalanlagen den Richtungsverkehr.
- Mit ihren fahrdynamischen Untersuchungen konnte die BAW vier Streckenabschnitte lokalisieren, in denen die Fahrwasserbreite für ein 135 m-Schiff im Richtungsverkehr zu schmal ist. In diesen Bereichen ist die Fahrrinnenbreite durch Uferanpassungen soweit aufzuweiten, dass ein 135 m-Schiff in der Einzelfahrt den Streckenabschnitt sicher passieren kann.
- Analog zu den LKW-Fahrern haben die Binnenschiffer die Pflicht, gesetzlich vorgeschriebene Ruhepausen einzuhalten. Damit die Binnenschiffer mit ihren Schiffen verkehrssicher liegen können, sind vorhandene Liegestellen den neuen technischen Regelungen entsprechend auszubauen. Muss die Schifffahrt infolge von Hochwasserereignissen oder Eis ihre Fahrt einstellen, fehlen zurzeit Liegestellenkapazitäten. Daher müssen die vorhandenen Liegestellenkapazitäten durch neue ergänzt werden.
- Die Ertüchtigung des Neckars für das 135 m-Schiff führt zu Eingriffen in die Umwelt. Entsprechend den naturschutzrechtlichen Regelungen sind diese Eingriffe zu kompensieren. Baden-Württemberg und der Bund haben sich in einer Verwaltungsvereinbarung vom August 2008 darauf verständigt, dass der Bund die Umwelteingriffe mit dem Bau von sieben Fischaufstiegsanlagen kompensiert.

Mit Fischaufstiegsanlagen die Lebensbedingungen im Neckar verbessern

Dem Wunsch des Landes Baden-Württemberg und des Bundes, die ausbaubedingten Eingriffe in die Umwelt mittels des Baus von Fischaufstiegsanlagen zu kompensieren, lagen folgende Überlegungen zugrunde:

- Mit dem Neubau von 7 Fischaufstiegsanlagen entsprechend dem Stand der Wissenschaft und Technik sollen Maßnahmen zeitnah umgesetzt werden, die den Zielen der EG-Wasserrahmenrichtlinie entsprechen.
- Die Kompensationsverpflichtung des Bundes wird auf sieben Standorte konzentriert. Dadurch kann eine beschleunigte Realisierung der aufwändigen Fischaufstiegsanlagen erreicht werden.

Im Zuge der Schleusenverlängerung werden die an den Schleusenanlagen Neckargemünd und Gundelsheim bestehenden Fischwanderhilfen durch den Neubau der Schleusenhäupter verschlossen. Die bestehenden Fischwanderhilfen müssen, dem Stand der Wissenschaft und Technik entsprechend, landseitig der dortigen Wasserkraftwerke in Form von Schlitzpässen neu errichtet werden (Abbildung 4) [Michels et al. (2011)]. Auch dieser Neubau von zwei Fischaufstiegsanlagen ist Bestandteil der Verwaltungsvereinbarung zwischen Baden-Württemberg und dem Bund.

Aus dem am 1. März 2010 in Kraft getretenen novellierten Wasserhaushaltsgesetz ergibt sich die Verpflichtung, dass an weiteren Staustufen des Neckar Fischaufstiegsanlagen herzustellen sind. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse werden die Fischaufstiegsanlagen am Neckar mehrheitlich als Schlitzpässe errichtet. Sofern die Platzverhältnisse dieses zulassen, sind auch naturnahe Umgehungsgerinne denkbar.

Da auch die Fischaufstiegsanlagen am Neckar in der Form und den Abmessungen sich gleichen werden, hat eine Projektgruppe des Landes Baden-Württemberg und des Bundes (BfG, BAW und WSV) Vorschläge für eine Standardisierung der Fischaufstiegsanlagen am Neckar erarbeitet.



Bild 4: Schlitzpass am Wehr Ladenburg

Stand und Ausblick

- Für den Umbau der Schleusenanlage Feudenheim liegt dem ANH seit dem Herbst 2010 das Baurecht vor. Die Lösung schwieriger geotechnischer Fragestellungen sowie das EU-weite Verfahren für die Vergabe der Bauleistungen lassen einen Baubeginn vor 2014 nicht erwarten.
- Die Einleitung des Planfeststellungsverfahrens für die Verlängerung der linken Kammer der Schleusenanlage Kochendorf, die Anpassung des unteren Vorhafens, den Neubau einer Fischaufstiegsanlage sowie die Sicherung des linksseitigen Damms des über 5 km langen Seitenkanals Kochendorf möchte das ANH im Jahr 2012 beantragen.
- Im Jahr 2010 erfolgten sog. Scopingverfahren gemäß § 5 UVPG für Baumaßnahmen im Bereich Gundelsheim (Verlängerung der rechten Schleusenkammer, Neubau einer Fischaufstiegsanlage und Neubau einer Wendestelle im Oberwasser der Staustufe Gundelsheim) und Aldingen (Verlängerung der rechten Schleusenkammer, Anpassung des unteren und oberen Vorhafens sowie Neubau einer Wendestelle unterhalb der Staustufe Aldingen) sowie für den Neubau einer Wendestelle in der Ortslage Kirchheim (Stauhaltung Lauffen).
- Momentan werden die Scopingunterlagen für die Verlängerung der linken Kammer der Schleuse Schwabenheim sowie den Neubau einer Wendestelle in der Stauhaltung Feudenheim erstellt. Das Scopingverfahren ist für das Jahr 2012 vorgesehen.
- Nachdem die von Grund auf instandgesetzte rechte Kammer der Schleusenanlage Guttenbach am 28. September 2011 dem WSA Heidelberg wieder übergeben werden konnte, plant das ANH zurzeit die Grundinstandsetzung der linken Kammern der Schleusenanlagen Lauffen, Besigheim und Aldingen. Die Baumaßnahmen in Lauffen und Aldingen können Anfang 2013 beginnen. Weiterhin erfolgen augenblicklich grundlegende Überlegungen zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Hessigheim.
- Das sichere Liegen an der im Unterwasser der Schleuse Feudenheim vorhandenen 300 m langen, geböschten Gefahrgutliegestelle kann mit dem Einbringen von Dalben im Jahr 2013 merklich verbessert werden.

Literatur

- WSD (2007): Kompendium der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest. Eigenverlag, 2007.
- PLANCO (2006): Entwicklungspotenziale von Güterschiffen über 110m Länge (Langfristprognose 2025) und Bewertung erwogener Ausbaumaßnahmen am Neckar (Schleusenkammerverlängerung), Schlussbericht Teil 2: Prognosen und Bewertungsrechnung Neckar. PLANCO Consulting GmbH, Essen, Februar 2006.
- Michels et al. (2011) Michels, Klaus und Zacharides, Werner: Die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den Staustufen der Bundeswasserstraße Neckar. WasserWirtschaft, Heft 6/2011.

Hydraulische Auswirkungen auf Böschung und Sohle aus der Fahrt des 135-m-Schiffes

Dipl.-Ing. Nicole Maedel, Dipl.-Ing. Andreas Orlovius, Dipl.-Ing. Carolin Gesing,
Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Im Zuge der erforderlichen Grundinstandsetzung der Schleusenanlagen wurde entschieden, die Bundeswasserstraße Neckar für 135 m lange Großmotorgüterschiffe (üGMS) auszubauen. Nach Untersuchungen der BAW ist die Befahrung des Neckars mit üGMS in der Streckenfahrt im Grundsatz gegeben (siehe /1/), denn der Neckar ist bis auf wenige Stellen ausreichend breit, um die Fahrt der vergrößerten Fahrzeuge zumindest im Richtungsverkehr zu ermöglichen.

Im Regelfall sind deshalb, neben ohnehin erforderlichen Ertüchtigungen der bestehenden Ufersicherungen für die bisher verkehrenden Fahrzeuge, im Zuge des Ausbaus für das üGMS keine weiteren Sohl- und Uferstabilisierungsmaßnahmen in der Strecke vorgesehen. Dennoch ist nach Erfahrungen in anderen Wasserstraßen, in denen größere Fahrzeuge zugelassen wurden, nicht auszuschließen, dass von 135-m-Schiffen größere hydraulische Belastungen ausgehen als von heute zugelassenen Fahrzeugen und deshalb Maßnahmen (z.B. Fahrrinnenverlegungen und -optimierungen, Geschwindigkeitsbeschränkungen auf bestimmten Streckenabschnitten oder bautechnische Maßnahmen im Betrieb der Wasserstraße) auch in der Strecke erforderlich werden könnten.

Im Vortrag werden die aus der Fahrt des üGMS resultierenden hydraulischen Belastungen auf Ufer und Sohle beispielhaft an zwei der insgesamt sechs untersuchten ökologisch bedeutsamen Querschnitte vorgestellt und Maßnahmen zur Reduzierung der erhöhten Belastungen aufgezeigt. Grundlage dieser vergleichenden Betrachtung zwischen dem Vergleichszustand „hydraulische Belastung durch das GMS“ und dem Ausbauzustand „hydraulische Belastung durch das üGMS“ sind umfangreiche Auswertungen von Naturversuchen sowie Prognoserechnungen mit dem Programm GBBSOFT¹. Bei den Untersuchungen werden Belastungen aus Einzelfahrten der derzeitigen und zukünftigen Flotte betrachtet, da sich die Belastungen aus der Einzelfahrt im Regelfall als bemessungsrelevant erweisen, denn Begegnungen werden z.B. aus Sicherheitsgründen mit reduzierter Schiffsgeschwindigkeit durchgeführt und sind auch in den hier betrachteten Bereichen aus fahrdynamischen Gründen nicht möglich.

¹ Mitteilungsblatt Nr. 87, Mai 2004; „Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen“ (GBB) bzw. „Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen“ (GBB 2010); überarbeitete Version.

Zur Abschätzung der hydraulischen Belastungen der Uferbereiche in den untersuchten Querschnitten wurde auf umfangreiche Naturdaten zurückgegriffen. Dies ist notwendig, weil zwar die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen Schiffstyp, Abladung, Schiffsgeschwindigkeit und Belastungen bekannt sind, aber kaum einzuschätzen war, mit welcher Geschwindigkeit und auf welcher Kursachse üblicherweise verkehrt wird. Beispielsweise dürfen die Fahrzeuge gemäß derzeitiger Regelung (zulässige Schiffsgeschwindigkeit von 16 km/h über Grund) in der Bergfahrt in engen Querschnitten mit kritischer Schiffsgeschwindigkeit fahren, ein Fahrzustand, der die größten Uferbelastungen verursacht. Würden die hydraulischen Belastungen somit auf Grundlage der zulässigen Schiffsgeschwindigkeit ermittelt, ergäben sich unrealistisch große Werte, denn die Schiffsführer vermeiden i. d. R. den kritischen Schiffsgeschwindigkeitsbereich, da die erforderliche Motorleistung und damit der Spritverbrauch deutlich ansteigt.

Um die Fragen nach der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit oder dem tatsächlich vorliegenden Uferabstand beantworten zu können, sind daher Naturuntersuchungen zur Absicherung der Randbedingungen für die anschließende hydraulische Berechnung für GBBSOft unbedingt erforderlich. Die benötigten Informationen wie Geschwindigkeiten über Grund, Kursachse und Verkehrsfläche wurden für derzeit verkehrende Fahrzeuge aus GPS-Dauermessungen der Schiffspolition auf Fahrzeugen, die regelmäßig den Neckar befahren, abgeleitet. Für das 135-m-Schiff konnten erste Informationen aus einer Versuchsfahrt auf dem Neckar mit einem 140 m langen Verband, der geometrisch und fahrdynamisch nahezu einem üGMS entsprach, gewonnen werden (siehe Bild 1).



Bild 1: Versuchsverband bestehend aus dem SSB Vogel Gryff (34,85 m x 7,0 m) und dem GMS Hanna Krieger (105 m x 10,5 m x 2,7 m)

Auf Basis dieser Eingangsdaten wurden die zu erwartenden hydraulischen Belastungen von Böschung und Sohle für die derzeit (105 m langen) und zukünftig verkehrenden (135 m langen) Fahrzeugen mittels der Software GBBSOFT berechnet. GBBSOFT ermittelt Belastungen auf Uferböschungen, die aus dem Primär- und Sekundärwellenfeld von typischen Binnenfahrzeugen (z.B. Motorgüterschiff, Schubverband, Sportboot) in stationärer Fahrt in einem prismatischen, trapezförmigen Gewässerquerschnitt resultieren. Belastungen auf Sohle und Uferböschungen aus dem Schraubenstrahl des Hauptantriebs und einem Bugstrahlruder (propulsionsbedingte Belastungen) können für Manöversituationen (u. a. Anfahr-, Stopp- und Wendemanöver mit vernachlässigbarer Schiffsgeschwindigkeit) bei beliebiger Strahlrichtung errechnet werden.

Aus den schiffsinduzierten Belastungen wie Rück- und Wiederauffüllungsströmung sowie Schraubstrahl und Heckwellenhöhe errechnet GBBSOFT die erforderliche Einzelsteingröße eines losen Schüttsteindeckwerks, um die Oberflächenerosion der Deckwerksteine zu vermeiden oder zumindest stark zu begrenzen.

Die Berechnungsgrundlagen in GBBSOFT sind auf die Kanalfahrt zugeschnitten. Sie gelten näherungsweise auch für weitere Gewässer mit nahezu prismatischen Querschnitten, wie dies für den Neckar unterstellt werden kann. Bei vergleichender Anwendung von GBBSOFT für Ausbau- und Ist-Zustand eliminieren sich die Ungenauigkeiten zum Teil wieder, so dass die Berechnungsergebnisse hinsichtlich der Frage, ob größere oder kleinere Belastungen durch das üGMS auftreten, als präzise einzustufen sind. Die absolute Größe der Belastungen wird dagegen von GBBSOFT i. d. R. überschätzt. Dies liegt daran, dass GBBSOFT eine Bemessungssoftware für Deckwerke ist und deshalb stets größtmögliche Belastungen errechnet werden.

Es erfolgte stets eine vergleichende Betrachtung zwischen den derzeit verkehrenden größten Fahrzeugen (GMS mit 105 m Länge) und dem 135-m-Schiff. Für 105 m lange Fahrzeuge wurden hierbei unterschiedliche Motorisierungen betrachtet. Im sog. Vergleichsfall 1 beträgt die Motorisierung des GMS 850 kW, im Vergleichsfall 2 1200 kW. Für das üGMS wurde eine Motorisierung von 1600 kW angesetzt. Der sog. Ausbaufall 1 entspricht hinsichtlich der Randbedingungen für die Befahrbarkeit des Neckars den beiden genannten Vergleichsfällen, d.h. die üGMS fahren bezüglich der Schiffsgeschwindigkeiten wie die GMS im Ist-Zustand, aber mit größerer installierter Motorleistung und maximal mit der zulässigen Schiffsgeschwindigkeit von 16 km/h über Grund. Mit einem weiteren Ausbaufall 2 sollen die Auswirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen für das üGMS untersucht werden. Es wird angenommen, dass bei der Fahrt des üGMS an den ökologisch bedeutsamen Bereichen eine Geschwindigkeitsbeschränkung von 10 km/h über Grund (beladen) und 12 km/h (unbeladen) zu Berg bzw. 12 km/h (beladen) und 14 km/h (unbeladen) zu Tal ausgesprochen und auch eingehalten wird. Diese Werte sind signifikant kleiner als die heute zugelassenen 16 km/h und helfen somit, ggf. größere Belastungen des üGMS aufzufangen, sollten sich im Betrieb der Wasserstraße mit üGMS vermehrt Schäden zeigen. Als Vergleichswert der Schiffsgeschwindigkeit wurden 90 % der kritischen Schiffsgeschwindigkeit, die von einem Binnenschiff i. d. R. nicht überschritten werden, angesetzt. Dieser Prozentsatz wurde anhand der oben be-

schriebenen Naturmessungen abgeleitet und entspricht der üblichen Fahrweise am Neckar und anderen deutschen Binnenwasserstraßen.

Um das Spektrum der zu erwartenden hydraulischen Belastungsgrößen zu erfassen wurden der Wasserstand (MNW, MW, HSW), die Fahrposition, die Abladetiefe (Leerfahrer, voll abgeladene Fahrzeuge), der c_F -Wert und damit die nautischen Eigenschaften sowie die Fahrtrichtung variiert. Die Beurteilung und der Vergleich der Uferbelastungen erfolgte anhand der berechneten Kenngrößen Heckwellenhöhe $H_{u,Heck}$, Absunk am Ufer Δh , Rückströmungsgeschwindigkeit $v_{Rück}$ und Wiederauffüllungsströmung u_{max} .

Die Untersuchungen in den sechs ausgewählten Querprofilen haben gezeigt, dass die Ergebnisse sehr stark von den vorhandenen Querschnittsverhältnissen abhängen. Daher sind i. d. R. Einzelfalluntersuchungen zur Bewertung der hydraulischen Belastung durch das üGMS erforderlich. Folgende grundsätzliche Aussagen können jedoch aus den durchgeführten Untersuchungen abgeleitet werden:

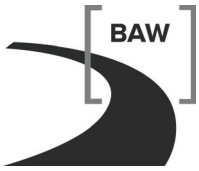
- In weitgehend geradlinig verlaufenden oder nur leicht gekrümmten Flussabschnitten werden sich die Belastungsgrößen durch die Fahrt des üGMS voraussichtlich nicht signifikant erhöhen. Die Dauer, in der die Rückströmungsgeschwindigkeit wirkt, vergrößert sich jedoch entsprechend der Länge des 135-m-Schiffs (bei gleicher Schiffsgeschwindigkeit um rund 1/3 längere Einwirkdauer) gegenüber heutigen GMS. Entsprechendes gilt für den Wasserspiegelabsunk.
- Signifikante Erhöhungen sind in engen Kurven am Außenufer zu erwarten, da das Heck des üGMS bei betriebsüblicher Fahrweise dem Ufer hier näher kommt als die derzeitig verkehrenden Fahrzeuge. Diese Erhöhungen werden dadurch verstärkt, dass, ein entsprechend großer Querschnitt vorausgesetzt, vom üGMS aufgrund der stärkeren Motorisierung höhere Geschwindigkeiten erreicht werden können als von heutigen GMS. Dann können rechnerisch Erhöhungen der Heckwellenhöhen (+15 bis 20 cm), des Absunkes (+5 bis 10 cm) sowie der Wiederauffüllungsströmung (+0,4 m/s) auftreten.
- An den Innenufern ist, durch die Fahrt des üGMS, grundsätzlich nur mit einer – aus hydraulischer Sicht – geringen Erhöhung der Heckwellenhöhen von ca. 5 bis 10 cm zu rechnen. Die Absunkwerte am Ufer verhalten sich entsprechend. Die Wiederauffüllungsströmungen steigen an den Innenufern nur geringfügig an.
- Die Rückströmungsgeschwindigkeiten steigen durch das üGMS typischerweise um rd. 0,2 m/s an und sind nahezu über die gesamte Gewässerbreite wirksam. Dies gilt gleichermaßen für gerade und kurvige Streckenabschnitte.
- Geschwindigkeitsbeschränkungen, die im Betrieb der Wasserstraße notwendig werden könnten, sind insbesondere in solchen Bereichen wirksam, in denen der Schifffahrt ein großer Querschnitt permanent oder temporär (d.h. z.B. nur bei HSW) zur Verfügung steht. Die möglichen Schiffsgeschwindigkeiten (v_{krit}) sind hier deutlich erhöht und können vom üGMS aufgrund der guten Motorisierung i. d. R. auch erreicht werden. Eine Begrenzung der Schiffsgeschwin-

digkeiten im Betrieb würde daher in diesen Bereichen auch zu einer deutlichen Reduzierung der Uferbelastung führen, die dort auf das derzeitige Niveau gesenkt werden könnte.

- In engen Querschnitten sind die kritischen und damit möglichen Schiffsgeschwindigkeiten entsprechend klein, so dass die zulässigen Schiffsgeschwindigkeiten u. U. gar nicht erreicht werden können. Eine Geschwindigkeitsbeschränkung im hier vorgeschlagenen Umfang ist somit in diesen Bereichen kaum zielführend. Hier sind bautechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Uferbelastung sinnvoll, auch weil eine Fahrrinnenverlegung in Krümmungsbereichen bei den vorhandenen Fahrwasserhältnissen aus fahrdynamischen Gründen nicht empfohlen werden könnte.
- Die propellerinduzierten Strahlgeschwindigkeiten an der Sohle hängen stark vom vorhandenen Flottwasser ab. In zwei der sechs betrachteten Querschnitte beträgt das Flottwasser weniger als 1 m. In diesen Profilen (Ne-km 90,6 und 147,7) wurden für die derzeit verkehrenden Fahrzeuge maximale propellerinduzierte Strahlgeschwindigkeiten an der Sohle von 2,5 m/s errechnet. Durch das üGMS erhöht sich dieser Wert auf bis zu 3,0 m/s. Somit werden in bestimmten Neckarabschnitten heute schon aufgrund der schiffsinduzierten Strömungen und Sohlgeschwindigkeiten während der Schiffspassage Sedimente aufgewirbelt und dadurch die Trübung durch die Schifffahrt erhöht.

Literatur

- /1/ Gutachten zur Befahrbarkeit des Neckars mit 135 m langen Schiffen, Bundesanstalt für Wasserbau, Eigenverlag, Karlsruhe 2007
- /2/ „Vergleich der hydraulischen Belastung auf Böschung und Sohle aus der Fahrt von 135 m (üGMS) und 105 m (GMS) langen Schiffen am Neckar für ausgewählte Querprofile“; BAW-Gutachten; Mai 2011



Voraussichtliche ökologische Auswirkungen aus der Fahrt des 135 m langen Schiffs auf Ufervegetation und aquatische Tiere des Neckars

Dipl.-Ing. Nikolas Uffmann, Dr. Michael Fiedler, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Einleitung

Das Amt für Neckarausbau Heidelberg (ANH) plant zwischen Heidelberg und Plochingen den Ausbau des Neckars für das 135-m-Schiff (üGMS). Mit der Größenzunahme der Schiffkörper können sich im Betrieb ggf. örtlich erhöhte schiffsbedingte Belastungen (Strömungen und Wellenbelastung) auf Ufer- und Sohlstrukturen ergeben. Auf Basis der von der BAW (2011) prognostizierten zunehmenden hydraulisch-hydrologischen schiffsinduzierten Belastungen auf Ufer und Sohle durch die Fahrt des 135-m-Schiffs gegenüber dem derzeit verkehrenden 105-m-Schiff wurden mögliche ökologische Auswirkungen auf die aquatische Fauna (Makrozoobenthos und Fische) an Sohle und Ufer sowie auf die Ufervegetation des Neckars beschrieben (BfG 2011). Dazu wurden sechs exemplarische Bereiche ermittelt, in denen eine Zunahme der schiffsinduzierten Belastung durch das 135-m-Schiff zu erwarten ist. Diese Bereiche zeichnen sich durch eine starke Flusskrümmung und z. T. geringe Querschnitte aus und sind ökologisch bedeutsam.

Ist-Zustand

Der Neckar ist ein Mittelgebirgsfluss, dessen Gewässerökologie durch anthropogene Eingriffe nachhaltig negativ verändert wurde. Die anthropogene Überprägung des Wasserkörpers spiegelt sich hauptsächlich in der Stauregulierung des Flusses und in der Gestaltung der Ufer wider. Etwa 15 % der Wasserstraße verlaufen in künstlichen Seitenkanälen. Nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurden die Wasserkörper im schiffbaren Bereich des Neckars als „erheblich verändert“ ausgewiesen.

Vegetation

Prägende Elemente einer naturnahen Flusslandschaft sind an vielen Flussabschnitten des Neckars stark defizitär. An den Ufern der Wasserstraße dominieren Steinschüttungen, weshalb die Uferbereiche oft einheitlich und relativ vegetationsfeindlich wirken. In den stärker eingewachsenen Ufern der freien Strecke findet sich in den oberen und mittleren Böschungsbereichen ein Mosaik aus Gehölzstrukturen, Ruderal- und Hochstaudenfluren mit unterschiedlich hohen Anteilen an Neophyten.

Der untere Böschungsbereich oberhalb des hydrostatischen Staus ist am Neckar größtenteils durch vegetationsarme Uferabschnitte gekennzeichnet, an denen das Deckwerk aus Schüttsteinen deutlich hervortritt. Vielerorts trägt die Beschattung durch überhängende Weidenäste und Brombeergestrüpp zur Vegetationsarmut bei. Zwischen den vegetationsarmen Bereichen lassen sich dennoch Abschnitte finden, an denen Röhrichte siedeln, die an den häufig überfluteten Untergrund angepasst sind und eine gewisse schiffsinduzierte Belastung tolerieren.

In geschützten Flussabschnitten, in denen die Wellenbelastung nur eine geringe Auswirkung auf die Uferbereiche ausübt, lassen sich hin und wieder kleinere Schilfbereiche finden, in denen das Schilf flächig bis in Uferbereiche unterhalb des hydrostatischen Staus vordringt.

Der dem Ufer unmittelbar vorgelagerte Wasserbereich weist am Neckar Teilabschnitte auf, in denen verschiedene Wasserpflanzenarten anzutreffen sind, die von der Stauregulierung und den dadurch bedingten strömungsberuhigten Verhältnissen profitieren, z. B. die Gelbe Teichrose, eine nach BArtSchV besonders geschützte Art. Insgesamt sind die Wasserpflanzenbestände entlang der Ufer der freien Flussstrecke jedoch häufig nur lückenhaft ausgebildet, während in abgegrenzten und wellenschlaggeschützten Flachwasserbereichen zusammenhängende, arten- und individuenreichere Bestände auftreten können. Häufig weisen die Schwimmblätter entlang der Neckar- ufer zudem mechanische Schädigungen als Folge der Schifffahrtsbelastung auf.

Aquatische Wirbellose (Makrozoobenthos)

Infolge der morphologischen Veränderungen kann im Neckar nur eine artenarme Wirbellosen-Lebensgemeinschaft festgestellt werden. Diese besteht hauptsächlich aus „Allerweltsarten“. Bio- toptypische Arten kommen nur selten vor. Das Artenspektrum ist dagegen von einem hohen Anteil an wärmeliebenden Neozoen geprägt. Bereits im Jahre 2000 erreichten eingewanderte Tierarten einen Individuenanteil von etwa 75 % an der Biozönose des schiffbaren Neckars.

Eine ökologische Typisierung der Besiedlung kann durch verschiedene Parameter wie beispielsweise biozönotische Region, Strömungs- oder Habitatpräferenz erfolgen. Wegen der in den Stauhaltungen reduzierten Strömungsgeschwindigkeit dominieren hauptsächlich Arten, die typisch für Stillgewässer sind. In schneller strömenden Bereichen sind allerdings auch noch typische Fließgewässerarten, wenn auch in geringer Individuenanzahl, als Restbiozönose der ursprünglichen Fließwasser-Lebensgemeinschaft zu finden.

In den tieferen strömungsarmen Staubereichen überdeckt feinkörniges Material den natürlichen Kies. Dort findet man statt einer Kies- eine Sand-Schlammfauna vor.

Die am Neckar vorhandenen durchströmten, jedoch nicht schiffbaren Seitenarme sind ökologisch wertvolle Flussabschnitte und spielen neben den Zuflüssen als Wiederbesiedlungspool eine größere Rolle. Hier konnten durch größere Strukturvielfalt fast ein Drittel mehr Arten als im Neckar selbst nachgewiesen werden. Die Besiedlung der Nebenarme gibt einen Hinweis auf das ökologische Potenzial des Neckars.

Fische

Ursprünglich zählte der Neckar zur sogenannten Barbenregion, in der rheophile (= strömungsliebende) Arten den Fischbestand dominierten. Die im 20. Jahrhundert vollendete Stauregulierung führte trotz Baus einzelner Fischpässe an den Wehren zum Aussterben der Wanderfische und zu einem starken Rückgang der ehemals häufigen rheophilen Flussfische. Weniger strömungsliebende und allgemein anspruchslosere Arten wie das Rotaugen konnten sich halten oder ihre Bestände z. T. sogar vergrößern. Ein Tiefpunkt der Fischbesiedlung war aufgrund starker Wasserverschmutzung in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts erreicht. Die Restbestände der sauerstoffbedürftigen rheophilen Flussfische verschwanden nahezu vollständig. Mit verbesserter Wasserquali-

tät sind diese Arten aktuell wieder etwas häufiger geworden.

Innerhalb der Neckarstauhaltungen konzentrieren sich die Fische, insbesondere Fischbrut und Jungfische, an den Ufern. Die Fahrrinne ist aufgrund der Strukturarmut weniger dicht besiedelt. Am Ufer bevorzugen die Fische geböschte und strukturierte Bereiche. An verklammerten Deckwerken, Betonplatten, senkrechten Mauern und Spundwänden halten sich nur sehr wenige Fische auf. Vor Schiffswellen geschützte Bereiche wie Alt- und Wehrrarme, an den Neckar angebundene Kiesseen und z. T. auch Häfen haben eine hohe Bedeutung für das Aufkommen von Fischbrut. Speziell die Wehrrarme sind ein bevorzugter Rückzugsraum für die ehemals häufigeren rheophilen Flussfischarten. Zahlreiche der im Neckar vorkommenden Fischarten sind nach den Roten Listen Baden-Württembergs und der Deutschlands als gefährdet anzusprechen, einige sind nach der FFH-Richtlinie von gemeinschaftlichem Interesse.

Voraussichtliche ökologische Auswirkungen

Die Bewertung der Auswirkungen aus der Fahrt des 135-m-Schiffs auf dem Neckar erfolgt verbalargumentativ auf Basis der fachlichen Erfahrung und Einschätzung der Bearbeiter. Als Bezugswasserstand wird der Mittelwasserstand (MW) gewählt, da er am Neckar mit rund 300 Tagen im Jahr dominiert.

Vegetation

Vegetation der oberen und mittleren Böschungsbereiche

Die Vegetation der oberen und mittleren Böschungsbereiche wird nur im Fall eines Wasserstandes von MW + 15 cm bis HSW von einer erhöhten Belastungssituation beeinflusst; dies geschieht jedoch nur an wenigen Tagen im Jahr. Die Auswirkungen sind als vernachlässigbar gering (Wertstufe: **neutral**) einzuschätzen.

Vegetation der unteren Böschungsbereiche oberhalb des hydrostatischen Staus

Die derzeitige wasserseitige Bewuchsgrenze von Gehölzen und krautigen Arten zeichnet die Linie des hydrostatischen Staus und den derzeitigen Toleranzbereich für schiffsinduzierte Belastungen nach. Werden sich zukünftig Wellenbelastungen erhöhen, wird sich diese Bewuchsgrenze um einige Zentimeter in einen höheren Bereich verschieben. Gründe hierfür sind, dass tief hängende Äste von Bäumen und Sträuchern mehr als bisher mechanisch beansprucht werden und sich zudem eine zunehmende Benetzung der photosynthetisch aktiven Blätter mit Wasser negativ auf die Pflanzen auswirken wird. Verstärkt betroffen werden zukünftig v. a. Ufer sein, die in kleinem bis mittlerem Abstand zur Fahrrinne liegen bzw. die Außenufer der Krümmungsbereiche (Prallhänge), da dort die Intensität der Belastung stärker ausfallen wird. Die Auswirkung auf die Vegetation der unteren Böschungsbereiche oberhalb des hydrostatischen Staus wird dennoch als **geringfügig negativ** eingestuft, da es lediglich zu einer Verschiebung der Vegetationslinie und nicht zu einem Wegfallen ganzer Pflanzenbestände im relevanten Bereich kommen wird.

Röhrichte im Bereich der Wasserwechselzone

Am Neckar siedeln Röhrichtbestände hauptsächlich in strömungsberuhigten Flussabschnitten.

In engen, stark wellen- und strömungsbeeinflussten Kurvenbereichen findet man hingegen nur vereinzelt Initialstadien von Röhrichtkomplexen, die sich i. d. R. nicht zu größeren, zusammenhängenden Röhrichtkomplexen weiterentwickeln. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Toleranzschwelle des Röhrichts am Neckar in stärker belasteten Streckenabschnitten aufgrund des derzeitigen Wellenschlags und der derzeitigen Strömungsgeschwindigkeit schon erreicht bzw. überschritten ist. Zudem bietet die vorhandene Steinschüttung schlechte Lebensbedingungen für Röhrichte.

Zukünftig wird sich die Belastungssituation weiter verschlechtern, weshalb Röhrichtbestände verstärkt gefährdet sind. Dabei reagieren Röhricht-Bestände, die unmittelbar im Wasser stehen, empfindlicher als solche, die zwar im unteren Böschungsbereich Anschluss an das Wasser haben, der Wellenbelastung aber nicht in gleicher Intensität ausgesetzt sind.

Die Pflanzen werden mit ihrem Durchlüftungsgewebe empfindlich auf erhöhte Strömungen und Wellen reagieren. Vor allem Wellenschlag trägt dazu bei, dass die Halme geknickt werden, sich mit Wasser füllen (das Durchlüftungsgewebe also geschädigt wird) und die Pflanze letztlich abstirbt.

Es ist nicht auszuschließen, dass zukünftig ein erhöhter Anteil abgebrochener Halme und kümmerlicher Triebe exponierter Röhrichtbestände als Folge einer erhöhten Wellenbelastung auftritt. Zudem können zusammenhängende, derzeit vital ausgebildete Röhrichtbestände zukünftig wasserseits lückiger werden, wie es aktuell bereits in Ansätzen zu beobachten ist. Durch ein verstärktes Auflösen der vorderen Röhrichtzone wird die wasserseitige Breitenausdehnung gehemmt. Kleinere, derzeit schon kümmerlich ausgeprägte Initialen von Röhrichten können zukünftig zurückgehen. Von Relevanz sind hierbei nicht nur gemittelte Belastungswerte, sondern ebenfalls Belastungshöchstwerte, die insgesamt zwar seltener erreicht werden, aber dennoch auftreten können. So kann ein einziges hohes Wellenereignis schon die beschriebenen Folgen bewirken.

Insgesamt werden **geringfügig negative bis negative** Auswirkungen auf typische Arten der Wasserwechselzone erwartet, z. B. auf Schilf, Rohr-Glanzgras, Teichsimse und feuchte Hochstauden.

Aquatische Vegetation

Mit einer erhöhten schiffsinduzierten Belastung sind die empfindlichen Wasserpflanzenbestände durch eine erhöhte mechanische Beanspruchung gefährdet. Die Belastung aus den verstärkten Wellen bzw. den damit bedingten Strömungen steht dabei im Vordergrund. Es kann dadurch zur Beschädigung der Photosynthese betreibenden Schwimmblätter kommen. Evtl. könnten auch die zarten und dünnhäutigen Tauchblätter, über die u. a. die Aufnahme der Gase und der meisten Nährsalze erfolgt, empfindlich auf eine stärkere Strömungseinwirkung unter Wasser reagieren. Für Wasserpflanzenbestände in unmittelbar an den Neckar angebundenen Nebengewässern könnten weiterhin erhöhte Absunkwerte von Relevanz sein, da sie zu einem „verstärkten Entwässern“ der angeschlossenen Nebengewässer führen.

Aus dem Primärwellenfeld sind weitere Auswirkungen in Form einer erhöhten Trübung zu erwarten. Es ist davon auszugehen, dass sowohl Schwimmblattpflanzen als auch Submersvegetation am Neckar derzeit schon einer starken Trübungsbelastung ausgesetzt sind und der Toleranzbe-

reich in manchen Flussbereichen bereits im Ist-Zustand erreicht bzw. überschritten ist. In der Folge werden die derzeit entlang des Neckars vorkommenden, überwiegend lückigen Wasserpflanzenbestände aufgrund einer erhöhten Wassertrübung, Wellenschlags- und Strömungsbelastung zukünftig noch lückiger werden, was einen Verlust an pflanzlicher Biomasse bedeutet. Die Gefährdung für Wasserpflanzen wird als **geringfügig negativ bis negativ** bewertet.

Aquatische Wirbellose (Makrozoobenthos)

Schiffsinduzierter Wellenschlag führt bereits bei geringer Sohlschubspannung zur verstärkten Verdriftung des im Uferbereich lebenden Makrozoobenthos, da diesem jegliche Anpassungsmöglichkeiten an Wellenbelastung fehlen. Bei Wellenschlagsexposition suchen die Arten Zufluchthabitate auf ohne deutliche Hinweise auf Substratspezifität. Komplexe Lebensräume (z. B. Schilfflächen) bieten gute Versteck- und Festhaltungsmöglichkeiten für das Makrozoobenthos und reduzieren zudem die Wellenkraft. Auch lose Steinschüttungen mit Hohlräumen bieten Schutz vor schiffsinduziertem Wellenschlag für das im Uferbereich lebende Makrozoobenthos, jedoch bevorzugen viele Arten natürliche, vielfältig strukturierte Habitate. Werden die schiffsinduzierten Belastungen durch die Fahrt des 135-m-Schiffs jedoch so stark, dass die vorhandenen Zufluchtshabitate keinen geeigneten Schutz mehr darstellen, werden die Organismen verdriftet. Die welleninduzierte Drift kann somit zu einem Verlassen der arttypischen Lebensräume führen.

Wellenschlag führt zu Stresssituationen und damit zu einem erhöhten Energieumsatz des Makrozoobenthos, dies steigert die Mortalität und hat damit negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt. Die schiffsinduzierten Belastungen können zu einer Verschiebung im Artenspektrum des Makrozoobenthos führen. Dies muss jedoch nicht unbedingt negativ bewertet werden. Beispielsweise könnten Arten, die beruhigte Gewässerabschnitte bevorzugen, zurückgedrängt werden und Arten mit Vorlieben für höhere Wasserbewegungen könnten sich etablieren, allerdings nur, wenn die Tiere nicht direkt dem Wellenschlag ausgesetzt sind.

Die Auswirkungen der veränderten Lebensbedingungen auf das im Uferbereich des Neckars lebende Makrozoobenthos durch die Fahrt des 135-m-Schiffs, wie sich häufig wiederholende und erhöhte Wasserstandschwankungen und sich ändernde Fließgeschwindigkeiten, werden als **geringfügig negativ** eingeschätzt. Für die Makrozoen in abgegrenzten Stillwasserbereichen wird von **neutralen** Auswirkungen ausgegangen.

Die Aufwirbelung von Sedimenten erschwert die Ansiedlung von Tieren und Pflanzen. Die Wassertrübung bewirkt eine Abnahme der gesamten Biomasseproduktion und damit auch der Zahl der Primärkonsumenten. Weiterhin können Sedimentpartikel die Kiemen aquatischer Tiere zusetzen und dadurch die Atmung behindern. Eine temporäre Verschlechterung der Wasserqualität durch eine Trübungserhöhung wird sich nicht negativ auf die Benthalfauna auswirken. Bei Großmuscheln allerdings können geringfügig negative Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden. Alle einheimischen Großmuschelarten gelten nach der Bundesartenschutzverordnung als „besonders geschützt“. Kurzfristig ist nicht mit folgenschweren Auswirkungen auf die Tiere durch Beeinträchtigung von Atmung und Nahrungsaufnahme zu rechnen; langfristig gesehen könnte es durchaus zu Schädigungen von Tieren kommen. Die Auswirkungen durch eine Trübungserhöhung werden deshalb als **geringfügig negativ** eingeschätzt.

Eine direkte Beeinflussung der aquatischen Fauna durch den Schraubstrahl kann nicht ausgeschlossen werden. Die Auswirkungen werden allerdings nicht schwerwiegender sein als im Ist-Zustand (**neutral**).

Da die Fauna von dem Vorkommen und der Struktur der Vegetation abhängig ist, hat ein wellenschlagbedingter Rückgang der Vegetation im gleichen Maße Auswirkungen auf die aquatische Fauna.

Zusammenfassend lassen sich nach heutigem Kenntnisstand **neutrale bis geringfügig negative** Auswirkungen auf das Makrozoobenthos durch die Fahrt des 135-m-Schiffs auf dem Neckar prognostizieren.

Fische

Durch Sog- und Schwallwellenbelastungen wird, insbesondere bei Jung- und Kleinfischen sowie Fischen, die ein geringes Schwimmvermögen aufweisen, mit erhöhten Verlusten zu rechnen sein. Wellenschlag und die damit verbundene erhöhte Schwebstoffkonzentration wirken sich negativ auf die dort abgelegten Fischeier und Fischlarven aus. Ablagerungen feinkörniger Partikel an der Oberfläche der Fischeier können dazu führen, dass der Gasaustausch behindert und der Aufwuchs von Bakterien und Pilzen begünstigt wird. Als Folge der Durchmischung der Sohlsubstrate durch schiffsinduzierte Belastungen verringert sich die Biomasse der Fischnährtiere; dies erhöht die Nahrungskonkurrenz für die Fische.

Längere Absinkzeiten und zunehmende Absunktiefen bei größeren Schiffen sind dafür verantwortlich, dass Fischeier und -larven an den Ufern in größeren Bereichen und längere Zeit am Stück trockenfallen. Auch Änderungen in Stärke und Frequenz der mit Sunk, Schwall und Wellen verbundenen ufernahen Strömungen tragen dazu bei, Eier, Larven und Jungfische von den Ufern wegzuspülen, was letztendlich zu erhöhten Verlusten durch Raubfische (wie Flussbarsch oder Zander) und unzureichendem Nahrungsangebot in uferfernen Bereichen führt.

Schon der heute auf dem Neckar verkehrende Schiffsverkehr führt zu den zuvor dargestellten Beeinträchtigungen der Fischfauna; diese werden entsprechend den von der BAW prognostizierten erhöhten Belastungen durch die Fahrt des 135-m-Schiffs zunehmen.

Da der Fischbestand im Neckar bereits heutzutage stark vom Schiffsverkehr beeinträchtigt ist, werden durch das vorbeifahrende 135-m-Schiff **geringfügig negative Auswirkungen** auf die Fischfauna im Vergleich zum Ist-Zustand (105-m-Schiff) erwartet.

Mögliche Maßnahmen zur Reduzierung schiffsinduzierter Belastungen

Um die Auswirkungen schiffsinduzierter Belastungen aus der Fahrt des 135-m-Schiffs im Vergleich zu heutigen 105-m-Schiffen am Neckar zu reduzieren, kommen nach Angaben der BAW (2011) grundsätzlich die im Folgenden dargestellten drei Aspekte in Betracht.

Zulassungsbedingungen

Stringente Zulassungsbedingungen können zu einer besseren Manövrierfähigkeit der Schiffe beitragen, wodurch der Verkehrsflächenbedarf begrenzt und notwendige Sicherheitsabstände eingehalten werden können.

Operative Maßnahmen

Als operative Maßnahmen kommen eine lokale Begrenzung der zulässigen Schiffsgeschwindigkeit oder eine Verlegung der Fahrrinne in Betracht, sofern dies aus fahrdynamischer und nautischer Sicht vertretbar ist.

Bautechnische Maßnahmen

Bautechnische Maßnahmen sind vor allem solche, die dem Schutz sensibler Uferbereiche vor zunehmenden schiffsinduzierten Belastungen dienen. Dabei ist im Einzelfall zu prüfen, ob der verbesserte Uferschutz auch durch alternative, technisch-biologische Ufersicherungen erreicht werden kann oder ob weiterhin auf konventionelle Maßnahmen zurückgegriffen werden muss.

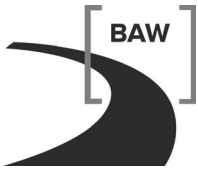
Zusammenfassende Betrachtung

Nach Aussagen der BAW werden durch die Fahrt des 135-m-Schiffs erhöhte Belastungen, vor allem an den Außenufern von engen Kurvenbereichen, auftreten. Auch in der geraden Streckenfahrt können zukünftig größere hydraulische Belastungen an den Ufern entstehen, wenn nicht durch eine Geschwindigkeitsbeschränkung sichergestellt wird, dass die 135-m-Schiffe nicht schneller fahren als die heute verkehrenden Schiffe. Zur Reduzierung der schiffsinduzierten Belastungen können neben neuen Zulassungsbestimmungen für das 135-m-Schiff operative und bautechnische Maßnahmen ergriffen werden.

Die Vegetationszonen werden zukünftig unterschiedlich stark von den Auswirkungen aus der Fahrt mit 135-m-Schiffen beeinflusst. Geringfügig negative bis negative Auswirkungen werden für Wasserpflanzen und Arten der Wasserwechselzone prognostiziert. Auswirkungen für die übrigen Vegetationszonen und Böschungsbereiche werden neutral bis geringfügig negativ bewertet.

Die Beeinträchtigungen der Lebensbedingungen für die im Uferbereich des Neckars lebenden Makrozoobenthosorganismen werden als geringfügig negativ eingeschätzt. Eine temporäre Trübungserhöhung wird sich voraussichtlich nicht negativ auf die geringwertige Benthalfauna auswirken. Dagegen können bei Großmuscheln geringfügig negative Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden. Die direkte Beeinflussung der aquatischen Fauna durch den Schraubstrahl kann zwar nicht ausgeschlossen werden, die Auswirkungen werden jedoch als neutral beurteilt. Die Beeinträchtigung der Wasserpflanzen hat in gleichem Maße negative Auswirkungen auf die Fauna und wird für die aquatischen Wirbellosen als geringfügig negativ bis negativ bewertet.

Die erhöhten Belastungen können insbesondere bei Jung- und Kleinfischen sowie Fischeiern und -larven zu erhöhten Verlusten führen.



Sowohl für die Ufervegetation als auch für die aquatische Fauna (Makrozoobenthos und Fischfauna) des anthropogen stark überprägten Neckars werden die ökologischen Auswirkungen aus den erhöhten Belastungen auf Basis der vorliegenden Daten und nach Stand des Wissens jeweils als geringfügig negativ eingeschätzt.

Infolgedessen werden auch als Gesamteinschätzung **geringfügig negative Auswirkungen** durch die Fahrt des 135-m-Schiffs auf dem Neckar prognostiziert.

Literatur

- BAW (2011): Vergleich der hydraulischen Belastung auf Böschung und Sohle aus der Fahrt von 135 m (üGMS) und 105 m (GMS) langen Schiffen am Neckar für ausgewählte Querprofile. A39530410083.
- BFG (2011): Voraussichtliche Auswirkungen aus der Fahrt des 135 m langen Schiffs auf Ufervegetation und aquatische Tiere des Neckars.

Ergebnisse fahrdynamischer Naturuntersuchungen mit einem 135-Meter-Schiff

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Söhngen, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
Dipl.-Ing. Raed Qaqunda, Corporate Montage Europe, Wiesbaden

Zusammenfassung

Im Rahmen der Verlängerung bestehender Neckarschleusen für das 135 m lange „Große Rheinschiff“ (üGMS) ist die Befahrbarkeit mit dem üGMS in der Streckenfahrt mit ihren teilweise sehr schmalen Querschnitten und engen Kurven zu überprüfen. Im Vorfeld konnte die grundsätzliche Befahrbarkeit im Richtungsverkehr aufgezeigt werden. Es war jedoch unklar, in welchen Streckenabschnitten Überholungen oder Begegnungen möglich sind. Hierzu wurden Naturuntersuchungen mit heute zugelassenen GMS und einem Verband, mit dem ein üGMS simuliert wurde, durchgeführt. Daraus wurden erforderliche Mindestbreiten des Fahrwassers ermittelt, unter Anwendung theoretischer Verfahren auf Bemessungswasserstände hochgerechnet und mit dem vorhandenen Fahrwasser verglichen. Im Vortrag erfolgt dies am Beispiel der Haltung Kochendorf.

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Auf dem Rhein hat sich nach Freigabe der Zulassung durch die Zentralkommission für die Rheinschifffahrt bei Neubauten das „Große Rheinschiff“ mit max. 135 m Länge, nachfolgend „übergroßes Großmotorgüterschiff“ (üGMS) genannt, durchgesetzt. Nach einer Marktanalyse der Firma PLANCO-Consulting könnte es künftig 30 % der Neckarflotte ausmachen, wenn die Befahrbarkeit auf dem Neckar möglich wäre. Derzeit können nur 105 m lange Großmotorgüterschiffe (GMS) geschleust werden. Vorgesehen ist deshalb die Verlängerung von je einer Schleusenammer der meist als Doppelschleusen ausgebildeten Schleusenanlagen am Neckar auf 135 m Nutzlänge. Hierfür ist der Nachweis der Befahrung in den Strecken zwischen den Schleusen mit ihren z. T. sehr schmalen Fahrrinnenbreiten und engen Kurven zu erbringen.

2 Methoden zur Untersuchung der Befahrbarkeit

Komponenten der Fahrrinnenbemessung - deterministische Bemessungsanteile

Die Befahrbarkeit mit üGMS wird durch den Vergleich notwendiger Verkehrsflächenbreiten zu vorhandenen Fahrwasserbreiten erbracht. Erstere kann man sich zusammengesetzt denken aus deterministischen und nicht-deterministischen Anteilen. Erstere sind im Wesentlichen die Schiffsbreiten, die Zusatzbreiten durch Driften in engen Kurven oder bei Fahrt in Querströmungsfeldern wie sie bei unregelmäßigem Uferverlauf auftreten. Diese Zusatzbreiten sind erforderlich, um das Schiff auf Kurs zu halten.

Komponenten der Fahrrinnenbemessung – nicht-deterministische Anteile

Zu den nicht-deterministischen Zusatzbreiten, die letztlich mit dem human factor zusammenhängen, gehören solche aus der Instabilität des Schiffspfades, aus einer begrenzten Orientierung im Fahrwasser, zum Beispiel bei schlechter Sicht, aber auch solche aus der Turbulenz in einem Fließgewässer. Für diese zufallsabhängigen Zusatzbreiten, die zudem stark streckenabhängig sind, kann nicht auf vereinfachte Beziehungen wie für solche aus dem Querströmungsfeld oder der Kurvenfahrt zurückgegriffen werden.

3 Durchführung der Naturuntersuchungen

Für die Suche nach Begegnungsstellen für üGMS mit üGMS oder mit GMS ist die Fahrdynamik beider Fahrzeugtypen zu untersuchen. Hierzu wurden die Fahrt heute auf dem Neckar zugelassener, also max. 105 m langer Großmotorgüterschiffe (GMS), konkret das überwiegend Container transportierende GMS „Excelsior“, das für ein teilbeladenes Schiff mit geringen Schiffstiefgängen zwischen 1,5 und 1,8 m steht, über 12 Monate lang und das Massengutschiff „Hanna Krieger“ mit überwiegend 2,7 m Abladetiefe 8 Monate lang mit je einem GPS-Kompass hinsichtlich Schiffskurs, Verkehrsfläche und Schiffsgeschwindigkeit vermessen. Weiterhin wurden Fahrversuche mit einem ca. 140 m langen Verband, bestehend aus einem Schubboot und einem GMS, durchgeführt, um das Fahrverhalten von üGMS zu simulieren. Dabei wurden auch die Strömungsverhältnisse im Bereich der Fahrrinne bzw. im Schiffspfad erfasst. Dies erfolgte durch ein ADCP-Messboot, das dem Versuchsverband in ausreichendem Abstand folgte und die Geschwindigkeiten im Bereich der Fahrrinne durch eine „schlängelnde“ Fahrweise erfasste, um später die Fahrspur des Versuchsverbandes mit den ADCP-Messungen zu verschneiden und so die Strömungsverhältnisse in der tatsächlichen Fahrspur des Versuchsverbandes zu ermitteln.

4 Auswertungen zu den deterministischen Fahrrinnenanteilen

In einem ersten Schritt wurden aus den Messfahrten zunächst die Fahrspurbreiten ermittelt. Dabei ist der Kursweg zu beachten, denn selbst wenn die Summe aller Komponenten der notwendigen Verkehrsfläche bekannt ist und diese kleiner ist als die verfügbare Fahrwasserbreite, bedeutet dies nicht zwangsläufig, dass die betrachtete Verkehrssituation in der Praxis möglich sein wird.

Ein Beispiel für die Kursweganalyse zeigt **Bild 1**. Dargestellt sind die Abstände der gemittelten Kursachsen vom linken Fahrrinnenrand mit zugehörigen Standardabweichungen der einzelnen Fahrspurabstände vom jeweiligen Mittelwert, getrennt für Berg- und Talfahrt. Bemerkenswert ist, dass die Standardabweichungen der Kurswege von Excelsior und Hanna Krieger mit 2 bis 6 m im Vergleich zur Fahrwasserbreite des Neckars relativ gering sind. Dies bedeutet, dass die beobachteten Fahrzeuge in dieser Strecke nahezu den gleichen Kurs führen.

Dies gilt in erster Näherung in weitgehend geraden Flussabschnitten sogar für die Berg und Talfahrt. Die Schiffe fahren dabei überwiegend in Fahrrinnenmitte. In Kurven verschiebt sich die gefahrene Kursachse, die als Verbindungslinie der taktischen Drehpunkte definiert ist, dagegen zum Innenufer. Auch dies gilt gleichermaßen für die Berg- und Talfahrt. Damit berücksichtigt der Schiffsführer, dass das Heck des Schiffes weit nach außen ausschwenkt.

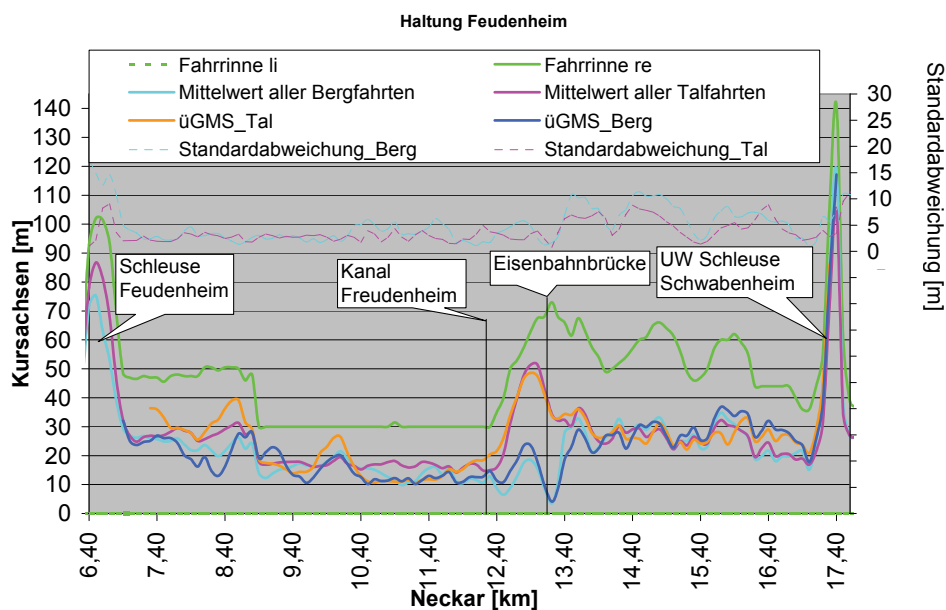


Bild 1: Vergleich der mittleren Kursachsen und der zugehörigen Standardabweichungen, abgeleitet aus den GPS-Dauermessungen auf den GMS Hanna Krieger und Excelsior sowie des Versuchsverbandes Vogel Gryff / Hanna Krieger der Haltung Feudenheim

In **Bild 1** sind zum Vergleich auch die Kursachsen des zusammengestellten üGMS eingetragen worden, die im Beispiel überwiegend mit denen der beobachteten, heutigen GSM übereinstimmen. Dies unterstützt die Annahme gleicher Kurvenradien, die zur Extrapolation der erhobenen Daten unter Naturversuchsbedingungen auf bemessungsrelevante Fahrwasserverhältnisse wie HSW erforderlich ist. Weiterhin können die Naturdaten unmittelbar für Berechnungen der schiffsinduzierten Belastungen genutzt werden, die für die Beurteilung naturschutzfachlicher Aspekte im neuen Zulassungszustand mit üGMS relevant sind. Hierfür ist insbesondere der Uferabstand der Schleppkurve von Bedeutung, denn die schiffserzeugten Wellen steilen sich bei ufernaher Fahrt stark auf.

Aus den beobachteten Fahrspurbreiten unter Naturversuchsbedingungen kann nun die zugehörige Zusatzbreite der Kurvenfahrt extrahiert und z. B. hinsichtlich HSW um das Verhältnis der Produkte $(c_f \cdot L)^2$ von Prognose- zu Referenzzustand beim Naturversuch vergrößert werden. Hierzu muss allerdings die genaue Abhängigkeit des c_f -Wertes, z. B. von T/h , bekannt sein. Die zugehörige Analyse der Fahrversuche basiert auf zeitdiskreten, i. d. R. in sekundlichen Abständen aufgezeichneten GPS-Positionen der fahrenden Schiffe. In einem ersten Schritt werden dazu die vier Eckpunkte eines das Fahrzeug umhüllenden Rechteckes errechnet. Nun werden sukzessive jeweils drei aufeinander folgende Schiffspositionen mit zugehörigen Zeitpunkten betrachtet, wobei ein Referenzpunkt des Schiffes, in seinem Verlauf über drei Zeitpunkte verfolgt wird. Anschließend wird ein Kreisbogen durch diese drei Punkte gelegt, woraus sich rein geometrisch der Kurvenradius R der Kursachse und die Lage des taktischen Drehpunktes und daraus der c_f -Wert ergeben. Der betrachtete Referenzpunkt wird nun in seiner Lage auf der Schiffsachse so lange variiert, bis er mit der Position des errechneten taktischen Drehpunktes übereinstimmt.

In **Bild 2** sind Ergebnisse einer solchen Auswertung für die Talfahrt des Versuchsverbandes der ersten Messkampagne dargestellt. Die errechneten c_f -Werte lagen im Mittel im Bereich zwischen 0,7 und 1,1. Der kleinere Wert ist in etwa einem T/h von etwa 0,7 zuzuordnen, wie es z. B. in Standard-Kanalprofilen anzunehmen ist. Er steht damit in guter Übereinstimmung mit Angaben in den holländischen Richtlinien. Der größere Wert von 1,1 korrespondiert mit einem T/h von etwa 0,4, was im Kanal einer Leer- bzw. Ballastfahrt entspricht. In der Bergfahrt hat sich in der gleichen Strecke ein Wert von ca. 1,0 ergeben. Beide Werte stehen in guter Übereinstimmung mit dem in den deutschen Richtlinien für Regelquerschnitte genannten Wert für GSM von 1,0, der deshalb auf eine konservative Bemessung mit Schiffen von geringem Tiefgang zielt. In den holländischen Richtlinien ist der gleiche Wert nur für Leerfahrer genannt. Bemerkenswert ist der insbesondere im rechten Bildteil erkennbare signifikante Anstieg der c_f -Werte. Bei gleichem Tiefgang spiegelt dies

die zunehmende Wassertiefe im Schiffspfad vor der Staustufe Hirschhorn wieder. Ein signifikanter Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit ist dagegen nicht zu erkennen.

Dies liegt u. a. daran, dass am Neckar im Vergleich zum Beispiel zum Rhein insgesamt gesehen geringe Strömungsgeschwindigkeiten auftreten. Deshalb werden sich die unter Naturversuchsbedingungen beobachteten Zusatzbreiten der Kurvenfahrt im Hinblick auf Werte bei HSW im Wesentlichen aus Änderungen der Wassertiefe und des Schiffstiefganges verändern und weniger aus solchen der Strömungsgeschwindigkeit. Die starke Veränderung der c_f -Werte, die wie oben gezeigt quadratisch in die Zusatzbreite der Kurvenfahrt eingeht, zwingt aber im Regelfall zu einer Extrapolation der beobachteten Fahrspurbreiten für Bemessungswasserstände, wenngleich die daraus folgenden Änderungen in solchen Abschnitten, in denen begegnet werden kann, d. h. in Streckenabschnitten mit großen Kurvenradien, gering sind und damit für eine ausreichend große Prognosesicherheit der notwendigen Verkehrsflächen sorgen.

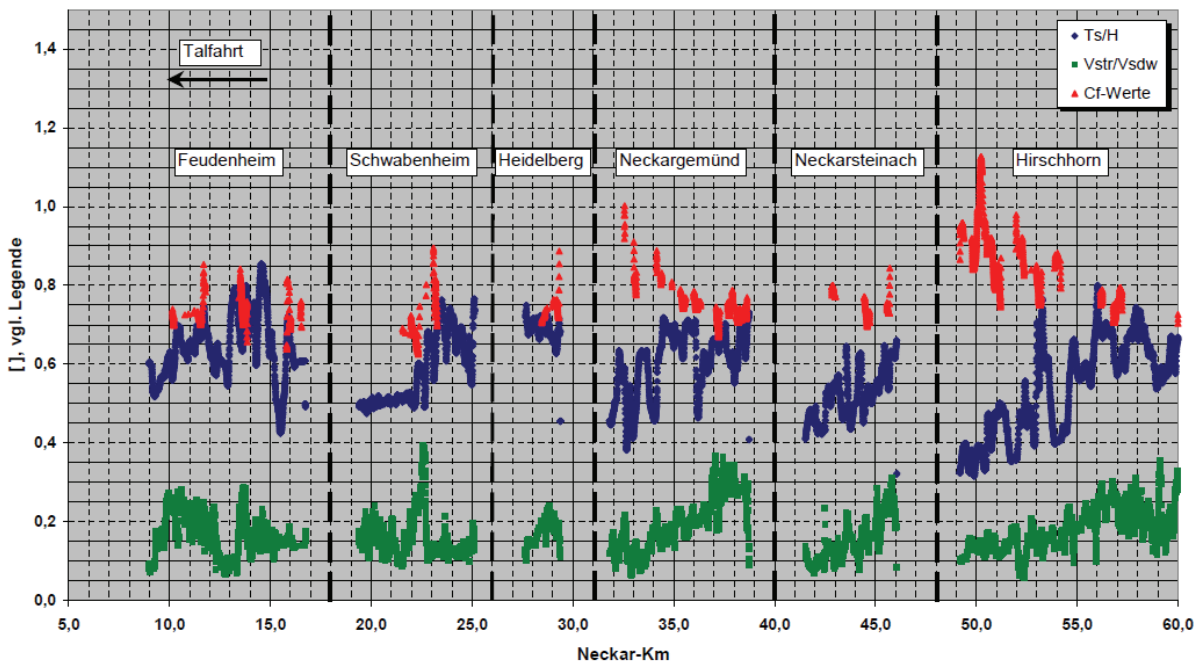


Bild 2: Verlauf der fahrdynamischen Kennwerte c_f (rot), T/h (blau) und v_{Str}/v_{SdW} über dem Neckar-km (von der Mündung zur Quelle kilometriert), ermittelt aus der ersten Versuchsfahrt des max. 2,66 m tief abgeladenen Verbandes Vogel Gryff / Hanna Krieger in der Talfahrt von Rockenau nach Feudenheim

5 Auswertungen zu den nicht-deterministischen Fahrinnenanteilen

Zur Quantifizierung der nicht-deterministischen Fahrinnenbemessungsanteile wurde das Programm CfAA (**C_F-Amplitudenauswertung**) entwickelt. Da letztere als Abweichungen vom normalen Kurs anzusehen sind, die anschaulich aus der Vorstellung der oben diskutierten Schlangelfahrt resultieren, also einer der Normalfahrt überlagerten Schwingung, liegt es nahe, die zugehörigen Zusatzbreiten spektralanalytisch zu ermitteln.

Dies geschieht am besten anhand der Quer- und Drehbeschleunigungen des Schiffes, denn diese haben auch noch bei geringen Ruderausschlägen, die für Kurskorrekturen erforderlich, numerisch relevante Größenordnungen, während die zugehörigen Schiffsbewegungen so klein sind, dass sie numerisch kaum zu detektieren sind. Aus den via GPS-Vermessung zeitdiskret vorliegenden Schiffspositionen, errechnet das Programm CfAA die zeitlichen Verläufe der Querbeschleunigungen eines vorher zu definierenden Punktes auf der Schiffsachse und die Drehbeschleunigungen des Schiffes um die Hochachse. Die zweifache zeitliche Integration der Querbeschleunigungen liefert einen Querversatz des Schiffes, die der Drehbeschleunigungen mit einem zusätzlichen Driftwinkel, dessen Sinus, mit der Schiffslänge multipliziert, eine Zusatzbreite ergibt.

Diese Integrationen dürfen natürlich nur im Frequenzbereich der Schlangelfahrt oder der „Ruderarbeit“ erfolgen. Hierzu werden die zeitlichen Beschleunigungsverläufe einer Standard-Fourier-Transformation unterzogen, woraus sich die die Amplituden der approximierenden Sinusschwingungen ergeben, die über der zugehörigen Frequenz aufgetragen werden können. Ein Beispiel der Versuchsfahrten mit dem zusammengestellten Verband zeigt **Bild 3**.

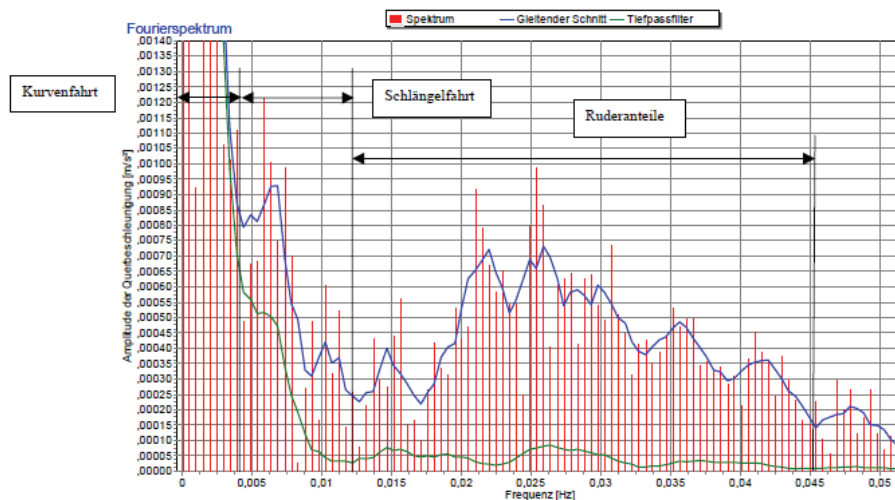


Bild 3: *Fourierspektrum der Querbeschleunigungen im 2/3-Punkt des Verbandes Vogel Gryff / Hanna Krieger in der Talfahrt der Haltung Feudenheim (ohne Schleusenkanal)*

Im gleichen Diagramm kann nun das Spektrum eines Tiefpass-gefilterten, das heißt zeitlich geglätteten, Beschleunigungsverlaufs dargestellt werden. Diejenige Frequenz (Trennfrequenz), an dem die ungefilterten Werte von den gefilterten Werten signifikant abweichen, trennt die niederfrequenten Beschleunigungen der Kurvenfahrt vom gesuchten, restlichen Spektrum.

Die aus der Integration der im Beispiel von **Bild 3** dargestellten Quer- und Drehbeschleunigungen über die Zeit im Frequenzbereich oberhalb der Trennfrequenz folgenden Zusatzbreiten, also im Bereich der gesuchten Instabilitäten des Kurses, können nun über der Zeit oder über den Fahrweg aufgetragen werden.

Alle vier Anteile der Zusatzbreiten aus Instabilitäten, die sich aus den CfAA-Auswertungen ergeben, d. h. Querversatz und Drehwinkel jeweils im Frequenzbereich der Schlängelfahrt und der Ruderarbeit, werden nicht immer zum gleichen Zeitpunkt auftreten. Deshalb ist eine orts- bzw. ereignisbezogene Auswertung erforderlich, die in einem nächsten Schritt nach Vorlage aller Ergebnisse der CfAA-Auswertungen erfolgen soll. In der Gesamtschau mit anderen Daten, z. B. vom Oberrhein und vom Neckar, wird erwartet, dass daraus funktionale Zusammenhänge z. B. zum Einfluss der Schiffsgeschwindigkeit, der Strömungsgeschwindigkeit, der Querströmungsgeschwindigkeit, des Schiffstyps oder der Flussbreite abgeleitet werden können, die eine Verallgemeinerung der abgeleiteten Fachaussagen und schließlich die Extrapolation der unter Naturversuchsbedingungen gewonnenen Daten auf bemessungsrelevante Randbedingungen der Fahrrinnendimensionierung erlauben.

Erste Ergebnisse vorliegender Auswertungen zeigen, dass die Zusatzbreiten aus Instabilitäten bzw. human factor nicht nur in Geraden, sondern im gleichen Umfang auch in Kurven auftreten und vom Kurvenradius nahezu unabhängig sind. Der größte Einfluss in Bereichen ohne Querströmungen resultiert offensichtlich aus der zeitverzögerten Reaktion des Schiffsführers auf Instabilitäten des Schiffskurses, die sich in einem theoretisch begründbaren Parameter, der das Produkt aus der Schiffslänge und dem Verhältnis der Schiffsgeschwindigkeit über Grund zur Schiffsgeschwindigkeit durchs Wasser enthält, widerspiegeln. Dieser Zusammenhang wird genutzt, um die aus CfAA-Auswertungen gewonnenen Zusatzbreiten auf bemessungsrelevante Wasserstände umzurechnen.

6 Anwendung auf die Haltung Kochendorf für HSW

Für die Haltung Kochendorf stehen je eine Berg- und Talfahrt der Schiffe Hanna Krieger und Excelsior zur Verfügung, die bei höheren Wasserständen beobachtet wurden und es liegen die Ergebnisse des Fahrversuches mit dem zusammengestellten Verband vor. Für die Bergfahrt eines üGMS bei HSW wurden die Daten der GMS extrapoliert, für die Talfahrt konnte auf die Ergebnisse des Verbandes und der beiden GMS zurückgegriffen werden. Die Extrapolation der Zusatzbreiten der Kurvenfahrt, aus Instabilitäten und der Querströmungen an der Einmündung in den Schleusenkanal konnte somit auf der Basis verschiedener Fahrzeuge erfolgen. Aus dem Vergleich der unterschiedlichen Ergebnisse kann auf die Unsicherheit der Prognose geschlossen werden. Im Ergebnis zeigen die Untersuchungen, dass die Talfahrt eines üGMS im Bereich der Einmündung in den Schleusenkanal der kritischste Fahrzustand ist. Dort kann nur der Richtungsverkehr verantwortet werden. Die Fahrzeuge beanspruchen dabei, eingedenk der Zusatzbreiten und der Sicherheitsabstände, die volle verfügbare Breite des Fahrwassers.

Literatur

- [1] „Gutachten zur Befahrbarkeit des Neckars mit 135 m langen Schiffen“, BAW, August 2007.
- [2] „Channel widths in bends and straight reaches between bends for push towing“, Technical Report HL-82-25, Hydraulic Laboratory, U. S. Army Engineer Waterway Experiment Station (heute ERDC), Vicksburg, Mississippi, October 1982

Untersuchungen zur Hochwasserabfuhr am Neckar zwischen Plochingen und Obertürkheim

Dr.-Ing. Carsten Thorenz, Harald Nelles, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Einleitung

Die Wasserspiegellagen und Überflutungsflächen im Bereich der Neckarstautufen Obertürkheim, Esslingen, Oberesslingen und Deizisau wurden im Auftrag der Städte Stuttgart und Esslingen vom IWG (Institut für Wasser und Gewässerentwicklung) der Universität Karlsruhe (heute Karlsruhe Institute of Technology, KIT) mit einem 1D-HN-Verfahren (IKONE-Neckarmodell) im Jahre 2005 ermittelt. Da hierbei der Einfluss der dreidimensionalen Strömung im Bereich der Wasserbauwerke auf die Hochwasserspiegellagen lediglich überschlägig abgeschätzt werden konnte, sind diese Ergebnisse möglicherweise mit Ungenauigkeiten behaftet.

Das Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Stuttgart beauftragte die BAW, numerische 3D-Modelle für die hochwasserrelevanten Anlagen der Stautufen Obertürkheim, Esslingen, Oberesslingen und Deizisau im Istzustand zu erstellen. Hinsichtlich der Gewässerbettgeometrie wurden die der BAW bereits vorliegenden aktuellen Peilungen 2008/2009 verwendet. Mit Hilfe dieser Modelle sollten die Wasserspiegellagen im n-Fall und im (n-1)-Fall für die Hochwasserabflüsse HQ100 und HQ200 im Nahbereich der Stautufen ermittelt werden. Diese Ergebnisse sollten in die bei der BAW vorhandenen 1D-Modelle des IWG eingebunden werden und damit die Wasserspiegellagen der jeweiligen Stauhaltung ermittelt werden.

Ausgangssituation

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Bereich von Neckar-km 189,000 in der Stauhaltung Untertürkheim kurz unterhalb der Staustufe Obertürkheim bis zum Neckar-km 203,100 in der Stauhaltung Deizisau am Ende der Bundeswasserstraße bei Plochingen. Bild 1 zeigt die Übersicht der Bundeswasserstraße Neckar. Im rot markierten Bereich des oberen Neckars befinden sich die betrachteten Stautufen Deizisau, Oberesslingen, Esslingen und Obertürkheim.

Übersichtsplan NECKAR



Bild 1: Übersichtskarte der Bundeswasserstraße Neckar und Untersuchungsgebiet (rot)

Untersuchungsmethoden

Die Prozesse im Nah- und Fernfeld der Neckarwehre sind bei Hochwasserabfluss stark unterschiedlich. Die Prozesse im Nahfeld einer Staustufe sind beim Eintreten eines (n-1)-Falls stark räumlich ausgeprägt. Baukörper werden um-, über- oder unterströmt, was durch den Einsatz eines dreidimensionalen Mehrphasenmodells berücksichtigt werden kann. Im Fernfeld einer Staustufe bzw. in der Stauhaltung selbst sind die Prozesse mit Hilfe eines 1D-Verfahrens hinlänglich genau zu beschreiben. Zur Bearbeitung des Auftrags wurden daher zwei Berechnungsverfahren ausgewählt. Für den Nahbereich einer Staustufe wurde ein 3D-Verfahren mit Mehrphasenmodellierung verwendet. Zum Einsatz kam das Programm starccm+ der Firma CD-Adapco. Für die oberwasserseitige Fortsetzung der Berechnungen in der jeweiligen Stauhaltung wurde das am Neckar etablierte 1D-HN Verfahren IKoNE eingesetzt.

Kopplung der Modelle

Im Ober- und im Unterwasser einer Staustufe war jeweils eine Schnittstelle (Neckarquerprofil) für die Verknüpfung von 3D-Staustufenmodell und 1D-Flussmodell erforderlich. Diese Schnittstellen müssen außerhalb des bauwerksbeeinflussten Gewässerbereichs liegen, weshalb sich die 3D-Modelle im Oberwasser um 100 bis 500 m über die Trennmolenspitze hinaus nach oberstrom erstreckten (s. Bild 2).

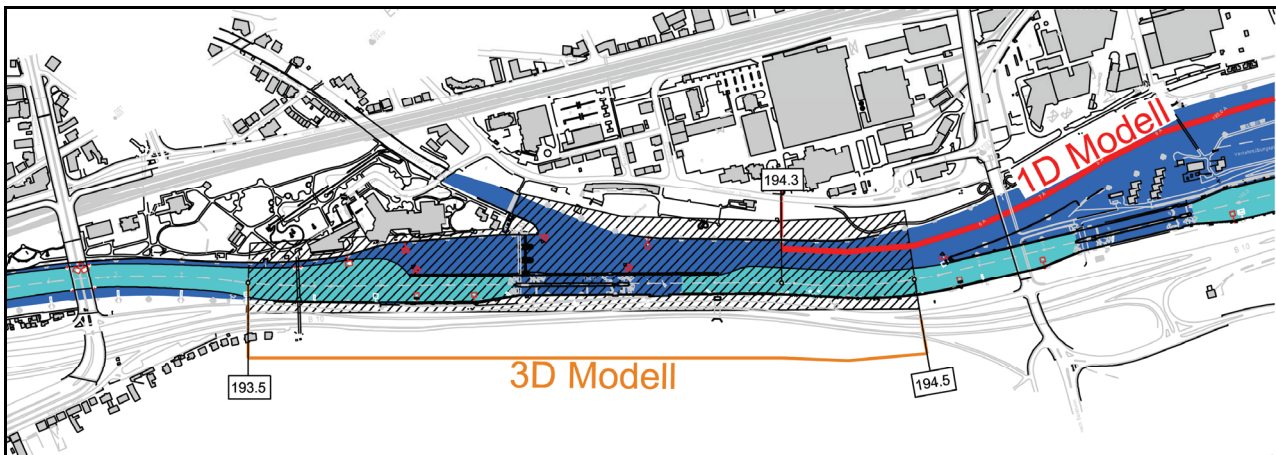


Bild 2: Oberwasserseitige Übergabestelle zwischen 3D- und 1D-Modell für die Staustufe Esslingen

An der unteren Schnittstelle wurde der für den n-Fall mit ICoNE ermittelte Wasserstand an das 3D-Modell übergeben. Die obere Schnittstelle lieferte für das 1D-Modell der Stauhaltung den Startwert, der gebildet wurde aus dem Wasserstand im n-Fall (IKoNE) plus Differenz der mit dem 3D-Modell errechneten Wasserstände für den n- und (n-1)-Fall. Mit diesem Startwert wurde mit ICoNE der Haltungswasserspiegel für den (n-1)-Fall bis in das Unterwasser der nächsten Staustufe ermittelt.

Beschreibung der Geometriemodellierung

Die Gesamtkonstruktion der jeweiligen Staustufenmodelle wurde aus mehreren Teilen zusammengesetzt. Die Einzelbauwerke einer Staustufe (Wehrpfeiler, Schleusenkammern, Kraftwerk) wurden anhand der Baubestandspläne aus den Archiven der WSV erstellt.

Das Gewässerbett und die Vorländer sind in einem digitalen Geländemodell (DGM) basierend auf ICoNE-Berichten modelliert. Diese DGM-Daten auf der Grundlage einer Sohlpeilung von 2002 wurden durch die Flächenecholotpeilungen Spätjahr 2008 / Frühjahr 2009 mit Hilfe des Programms Janet für die Weiterbearbeitung mit dem Programm starccm+ aktualisiert (s. Bild 3).

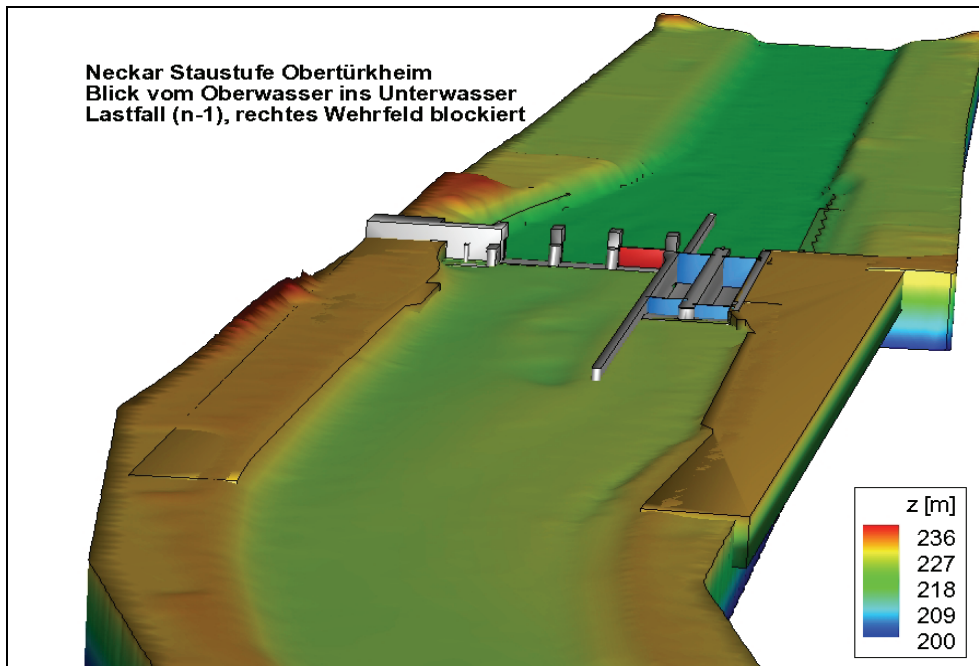


Bild 3: Ansicht des erstellten Geometriemodells der Staustufe Obertürkheim

Gittergenerierung

Im Anschluss an die Plausibilisierung der geometrischen Konstruktion erfolgte die Erstellung des mathematischen Modells. Alle weiteren Bearbeitungsschritte bis hin zur Durchführung der Simulationsrechnungen erfolgten mit Hilfe des vorgenannten Programms starccm+. Zur Vorbereitung erfolgte die Parametrisierung der Gittergenerierung für die Begrenzungsflächen. Zur genaueren Abbildung der geometrischen Figur wird die Gitterstruktur im Rand- und Kantenbereich verfeinert.

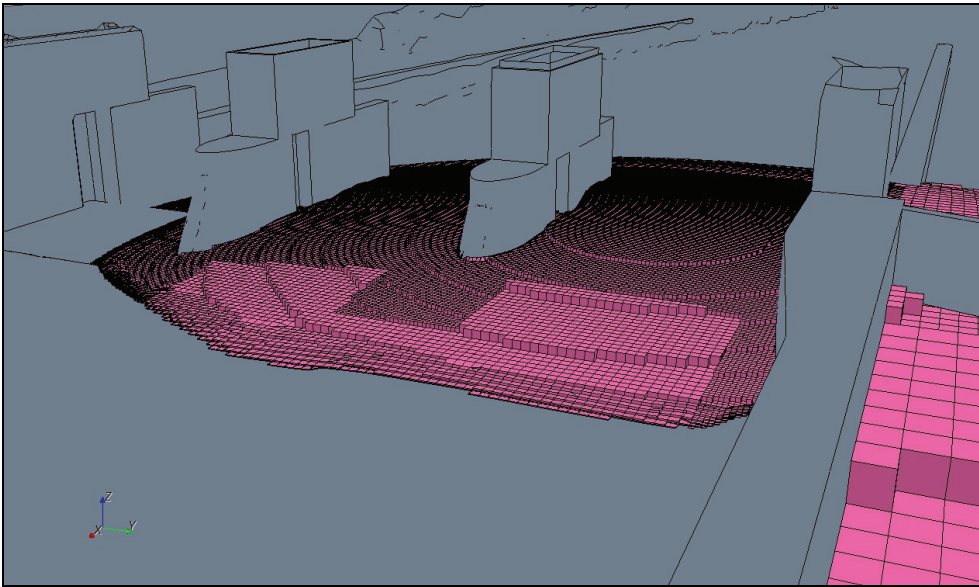


Bild 4: Innenansicht des Berechnungsgitters im Wehrbereich

Bild 4 zeigt exemplarisch einen Teil des Berechnungsgitters im Bereich des Wehres. Zu erkennen sind unterschiedliche Quadergrößen, die von einer jeweils unterschiedlichen Gitterverfeinerung herrühren. Das auf dieser Basis erstellte Modell der Staustufe Obertürkheim hat eine Ausdehnung von Neckar-km 190,300 bis Neckar-km 189,000 mit ca. 8,9 Mio. Gitterzellen. Die kleinsten regelmäßigen Gitterzellen im Berechnungsgebiet weisen eine Größe von 0,25 m x 0,25 m x 0,25 m auf. Bedingt durch die geometrische Figur der Bauwerke und Böschungen werden nahe an der Berandung auch kleinere Gitterzellen generiert. Zusätzlich werden im wandnahen Bereich sog. Prislayers angelegt, um Rauheitseffekte abbilden zu können. Im vorliegenden Fall wurde für den Sohlbereich eine Schichtstärke von ca. 0,05 m gewählt und diese in 6 Schritten auf die Regelzellgröße der Umgebung vergrößert, wobei die Schichtdicke von einer zur nächsten Schicht mit einem Streckungsfaktor versehen wird, um gleitende Übergänge in den Zellgrößen zu erreichen. Im Bauwerksbereich beträgt die wandnahe Schichtbreite ca. 0,01 m, die nach dem gleichen Verfahren wie im sohlernen Bereich vergrößert wird.

Ergebnisse

Die mit dem dreidimensionalen Modell erzielten Ergebnisse haben gezeigt, dass der Einfluss des (n-1)-Falls auf die Wasserspiegellagen im Vergleich zum (n)-Fall bei kompakten Anlagen bei Verwendung eines eindimensionalen Modells deutlich überschätzt wird. So liegt die mit dem dreidimensionalen Modell ermittelte Differenz zwischen (n-1)-Fall und (n)-Fall für die Anlagen Esslingen und Deizisau 0,5-1,0 m unter den zuvor mit einem eindimensionalen Modell ermittelten Werten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch den starken Wasserspiegelanstieg Fließwege aktiv werden (Abfluss über verschlossenes Wehrfeld, Abfluss über die Schleusenplanie) die im eindimensionalen Modell nicht berücksichtigt sind.

An der Staustufe Oberesslingen wurde ein höherer Aufstau als zuvor mittels des 1D-Modells prognostiziert festgestellt. Dies entspricht dem durch das IWG (IWG 2010, Variante A) ermittelten Ergebnis. Hierbei wurde aber bisher der dann auftretende Abfluss über die Neckarinseln noch nicht berücksichtigt. Dies soll in in einem weiteren Schritt erfolgen. In Obertürkheim liegen die Differenzen des ermittelten Aufstaus bei etwa 0,20 - 0,30 m. Die Abweichungen zu den mit 1D-Modellen erzielten Ergebnissen sind auf die im 1D-Modell nur unzulänglich zu erfassenden Nahfeldeffekte zurückzuführen, die dort durch Kalibrierungsgrößen berücksichtigt werden. Die untersuchten Lastfälle (n-1) verursachen eine örtliche Wasserspiegelanhebung bis etwa 1,30 m. In allen Stauhaltungen, abgesehen von der Stauhaltung Oberesslingen, ist die jeweilige Wasserspiegelanhebung aus dem Lastfall (n-1) im Unterwasser der oberhalb liegenden Staustufe kaum noch messbar.

Die durchgeführten Vergleiche der Ergebnisse aus den 3D-Berechnungen im Nahfeld einer Staustufe mit den 1D-Ergebnissen der IKoNE-Berichte zu den Stauhaltungen zeigten zudem, dass dies nur bedingt möglich ist, da bereits die den jeweiligen Untersuchungen zu Grunde liegenden Sohlpeilungen des Neckars eine zeitliche Differenz von mindestens sechs Jahren aufweisen und teils erhebliche Sohlhöhenänderungen eingetreten sind. Die vorliegenden Ergebnisse und insbesondere der Vergleich mit den vorher durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass es notwendig ist, diese Arbeiten kontinuierlich fortzuführen, um die Ergebnisse mit den jeweils aktuellsten verfügbaren Methoden und Daten auf dem neuesten Stand zu halten.

Der Neckarausbau aus Sicht der Planfeststellung

Monika Prömper, Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest, Mainz

Nach der Neckarkanalisation (Herstellung einer Großschifffahrtsstraße), die in verschiedenen Abschnitten im 20. Jahrhundert durchgeführt wurde und der daran anschließenden Vertiefung der Fahrrinne des Neckars von 2,50 m auf 2,80 m unter Normalstau, die im Jahr 2000 mit der Freigabe dieser Fahrrententiefe bis Plochingen endete, stellt die Verlängerung der Neckarschleusen für das 135 m-Schiff die dritte übergreifende Planung dar, die das Ziel der Verbesserung der Verhältnisse für die Schifffahrt auf dem Neckar hat. Zurzeit ist nach § 10.02 Binnenschifffahrtsstraßen-Ordnung (BinSchStrO) das Befahren des Neckars oberhalb von km 3,00 bis zum Hafen Plochingen für Fahrzeuge und Verbände mit einer maximalen Länge von 105,00 m und einer Breite von 11,45 m schifffahrtspolizeilich erlaubt. Durch die nunmehr geplanten Maßnahmen soll eine Befahrbarkeit des Neckars für Fahrzeuge und Verbände mit einer maximalen Länge von 135,00 m bei gleichbleibender Breite möglich werden.

Aus Sicht der Planfeststellungsbehörde wird bei den geplanten Maßnahmen zunächst geprüft, ob es sich um eine wesentliche Umgestaltung der Bundeswasserstraße handelt und damit um einen Ausbau nach den Vorschriften der §§ 12, 14 Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG). Ausbaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen bedürfen grundsätzlich einer Planfeststellung. Statt der Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens kommt nach Maßgabe der §§ 74 Abs. 6 Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG), 14b WaStrG ein Plangenehmigungsverfahren in Betracht. Zum jetzigen Zeitpunkt sind mehrere Verfahren in verschiedenen Stadien bei der Planfeststellungsbehörde anhängig. In diesen Verfahren ist das Amt für Neckarausbau Heidelberg (ANH) Träger des Vorhabens, Planfeststellungsbehörde ist die Wasser- und Schifffahrtsdirektion (WSD) Südwest.

Gegenstand der laufenden Verfahren sind neben der jeweiligen Verlängerung einer Schleusenkammer je nach Örtlichkeit der Ausbau von Schleusenvorhäfen, der Bau von Wendestellen und von Liegestellen, die Sicherung von Seitenkanälen und die Durchführung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, die nach § 15 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) erforderlich werden.

Im Einzelnen handelt es sich um folgende Verfahren:

Für den Umbau der Schleuse Feudenheim, der u.a. den Umbau der linken Schleusenkammer mit einer damit verbundenen Verlängerung umfasst sowie die Verfüllung der mittleren Schleusenkammer, erließ die WSD Südwest am 10. August 2010 eine Plangenehmigung.

Für den Ausbau der Liegestelle Feudenheim in Spundwandbauweise wurde am 9. Dezember 2008 ein Scopingtermin nach § 5 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) durch-

geführt. Die vorgestellte Planung wurde durch den Träger des Vorhabens grundlegend reduziert. Die nunmehr vorgesehene Maßnahme stellt keinen Ausbau nach §§ 12, 14 WaStrG dar, das Planfeststellungsverfahren wird daher eingestellt.

Für die Verlängerung der Schleuse Kochendorf (rechte Kammer), die Sicherung des Seitenkanals Kochendorf und die Errichtung einer Fischaufstiegsanlage am linken Kanalufer (Kraftwerk Kochendorf) wurde ein Scopingverfahren nach § 5 UVPG durchgeführt. Die Unterrichtung über die voraussichtlich beizubringenden Unterlagen erfolgte mit Schreiben der WSD Südwest vom 18. September 2008. Die Einleitung des Anhörungsverfahrens ist in der ersten Jahreshälfte 2012 vorgesehen.



Bild 2: Seitenkanal Kochendorf

Für die Verlängerung der Schleuse Gundelsheim (rechte Kammer), den Bau einer Wendestelle und die Errichtung einer Fischaufstiegsanlage am rechten Ufer (Kraftwerk Gundelsheim) wurde ein Scopingverfahren nach § 5 UVPG durchgeführt. Die Unterrichtung über die voraussichtlich beizubringenden Unterlagen erfolgte mit Schreiben der WSD Südwest vom 22. Oktober 2010. Zur Einleitung des Anhörungsverfahrens liegt noch keine Terminplanung der Planfeststellungsbehörde vor.

Für die Verlängerung der Schleuse Aldingen (rechte Kammer) und den Bau einer Wendestelle wurde ein Scopingverfahren nach § 5 UVPG durchgeführt. Die Unterrichtung über die voraussichtlich beizubringenden Unterlagen erfolgte mit Schreiben der WSD Südwest vom 29. März 2011. Zur Einleitung des Anhörungsverfahrens liegt noch keine Terminplanung der Planfeststellungsbehörde vor.



Bild 3: Schleuse Aldingen Oberwasser

Für den Bau einer Wendestelle in Kirchheim (Stauhaltung Lauffen) wurde ein Scopingverfahren nach § 5 UVPG durchgeführt. Die Unterrichtung über die voraussichtlich beizubringenden Unterlagen erfolgte mit Schreiben der WSD Südwest vom 29. März 2011. Zur Einleitung des Anhörungsverfahrens liegt noch keine Terminplanung der Planfeststellungsbehörde vor.

Durch die weitreichende rechtsgestaltende Wirkung einer Planfeststellung (§ 75 Abs. 1 VwVfG) ist es erforderlich, im Verfahren unter anderem alle von dem Vorhaben berührten öffentlich-rechtlichen Belange zu erkennen und einzubeziehen. Im wasserwegerechtlichen Planfeststellungsverfahren gilt eine spezielle Regelung für die Belange der Wasserwirtschaft und der Landwirtschaft in §§ 4, 14 Abs. 3 WaStrG, wonach insoweit das Einvernehmen mit den Ländern vorliegen muss.

Des Weiteren ist nach § 12 Abs. 7 WaStrG ein umweltgerechter Ausbau der Bundeswasserstraße sicherzustellen. In einem ersten Schritt wurde im August 2007 die Rahmenuntersuchung zu Umweltauswirkungen des Vorhabens Verlängerung der Schleusen am Neckar für das 135 m-Schiff durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde erstellt. Im Folgenden wurde im Juli 2011 der Bericht über „Voraussichtliche ökologische Auswirkungen aus der Fahrt des 135 m langen Schiffs auf Ufervegetation und aquatische Tiere des Neckars“ abgeschlossen. Beide Gutachten werden Gegenstand des nächsten Planfeststellungsverfahrens zur Verlängerung der Schleuse Kochendorf sein.

Über die ökologischen Maßnahmen, die im Zusammenhang mit dem Ausbau des Neckars für das 135 m lange Schiff stehen, wurde zwischen dem Land Baden-Württemberg und der Bundesrepublik Deutschland am 8./20./26. August 2008 eine Verwaltungsvereinbarung geschlossen (http://www.wsv.de/wsd-sw/planfeststellung/ausbau_neckar/index.html). Diese Vereinbarung beinhaltet im Wesentlichen, dass die mit dem Ausbau des Neckars verbundenen unvermeidbaren Eingriffe in Natur und Landschaft (§§ 14ff. BNatSchG) durch die Errichtung von sieben Fischaufstiegsanlagen ausgeglichen werden. Artenschutzrechtliche Ausgleichsmaßnahmen sowie Kohärenzmaßnahmen nach den europäischen Naturschutzrichtlinien werden ausgeführt.

Die Fischaufstiegsanlagen, die als Kompensationsmaßnahme errichtet werden, werden verfahrensrechtlich wie folgt behandelt: Die Fischaufstiegsanlage an der Staustufe Kochendorf ist Teil des Planfeststellungsverfahrens für die Schleusenverlängerung Kochendorf und die Sicherung des Seitenkanals Kochendorf. Die Fischaufstiegsanlage am Wehr Wieblingen wird in dem Planfeststellungsverfahren zum Kolkverbau am Wehr Wieblingen behandelt. Hierzu findet zurzeit das Scopingverfahren statt. Für die Fischaufstiegsanlage an der Staustufe Lauffen sind die verfahrensrechtlichen Fragen noch nicht geklärt.

Mit der Errichtung der Fischaufstiegsanlagen werden zugleich prioritäre Maßnahmen ausgeführt, die der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie dienen, um das gute ökologische Potenzial des Neckars zu erreichen.

Überprüfung der Ausfahrt aus der Schleuse Aldingen mit fahrdynamischen Optimierungsverfahren

Dipl.-Geophys. Lucia Hahne, B.sc. Dennis Maaß, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Im Rahmen des Ausbaus des Neckars für das 135-m-Schiff sind in den Vorhäfen der Schleuse Aldingen an geeigneter Stelle Startplätze für das auf die Schleusung wartende 135m-Schiff einzuplanen. Der geplante Startplatz liegt im oberen und unteren Vorhafen in der Verlängerung der heutigen Startplätze, jeweils am rechten Ufer. Sie dienen dem ranghöchsten Fahrzeug dazu, in kürzester Zeit in die Schleuse einzufahren. Nach Aussage des ANH wird durch die betriebliche Regelung ausgeschlossen, dass ein Fahrzeug an einem Startplatz liegt und ein weiteres Fahrzeug an diesem vorbei fährt, um in die Schleusenkammer einzufahren. Daher sind nur die Fahrsituationen des Einfahrens eines 135m Schiffes vom Startplatz in die Schleuse und das Ausfahren eines 135m Schiffes aus der Schleuse am belegten Startplatz vorbei zu betrachten.

Zu dieser Fragestellung wurde ein numerisches Strömungsmodell vom Ober- und Unterwasser der Staustufe für verschiedene Abflüsse (HSW, MNW und NW) erzeugt. Die Ergebnisse der Strömungsberechnung zeigten schnell, dass die Einfahrt in die Schleuse von den Startplätzen aus und das Ausfahren Richtung Oberwasser auch für das 135-m-Schiff leicht und sicher zu bewältigen sein wird. Einzig für die Ausfahrt aus der Schleuse Richtung Unterwasser, vorbei an einem wartenden Schiff am Startplatz, schien die Frage nach der Leichtigkeit und Sicherheit nicht eindeutig beantwortbar. Durch den Abfluss über Wehr und Wasserkraftwerk bestehen bei der Ausfahrt aus dem Schleusenbereich teilweise große Querströmungen, die die Schiffe möglicherweise zu sehr abdriften lassen.

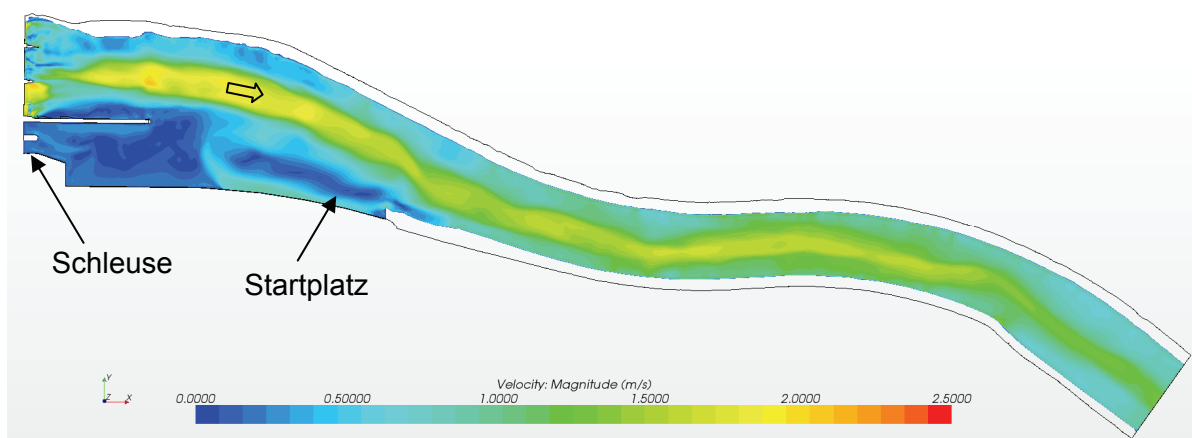


Bild 1: Numerisches Strömungsmodell bei HSW des Ausbauzustandes des Unterwassers der Staustufe Aldingen

Zur Überprüfung einer sicheren Ausfahrt des 135-m-Schiffs wurde das fahrdynamische Modell PeTra2D [1] benutzt. Das Programm berechnet anhand vorgegebener Manöver die aus dem Manöver und der Strömungssituation ergebenden Schiffsbewegungen. Zunächst werden die zu fahrenden Manöver von einem Autopilot aus einer vorgegebenen Kursachse während der Fahrt berechnet. Kann die Strecke durch die Steuerung des Autopiloten nicht im vorgegebenen Rahmen bewältigt werden, so muss das fahrdynamische Modell manuell oder mit einem kürzlich entwickelten Optimierungsalgorithmus [2] gesteuert werden.

Das Optimierungsverfahren variiert die Ruderwinkel während des Fahrmanövers und findet durch Minimierung einer vorgegebenen Zielfunktion ein optimiertes Manöver. Die Zielfunktion besteht aus der Bedingung, dass das Schiff beim jeweiligen Manöver innerhalb der vorgegebenen Fahrspur bleiben und einen minimalen Flächenbedarf besitzen soll. Da dieses Optimierungsproblem durch die vielen möglichen Kombinationen aus Ruderwinkeln zu verschiedenen Zeitpunkten durchaus komplex ist, wurde ein evolutionärer Optimierungsalgorithmus ausgewählt, der durch eine geschickte Wahl und Variation der Steuermanöver nach relativ wenigen Versuchen schon eine gute Lösung finden kann.

Ein evolutionärer Algorithmus ist ein stochastisches Optimierungsverfahren, auf welches die Prinzipien des Evolutionsprozesses übertragen werden. Durch Rekombination, Mutation und Selektion der bisherigen Steuermanöver werden so geeignete Lösungen gesucht. Zu Beginn des Verfahrens wird eine „Startpopulation“ generiert. Ausgehend von dieser werden mit Hilfe des Rekombinationsoperators „Nachkommen“, also neue Lösungen erzeugt, welche dann einen Mutationsprozess durchlaufen. Anschließend wird mit der Selektion die Population für die nächste Generation gebildet, die dann wiederum durch Rekombination und Mutation neue Lösungen hervor bringt.

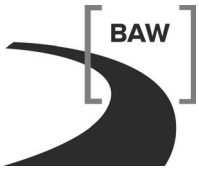


Bild 2: Programmstruktur des fahrdynamischen Optimierungsverfahrens

Durch die Anwendung eines erprobten Optimierungsverfahrens kann so entweder schnell ein Steuermanöver gefunden werden, dass belegt, dass die betrachtete Strecke zu bewältigen ist, oder es stellt sich nach ausreichender Zahl an Optimierungszyklen heraus, dass die Strecke mit den gegebenen Randbedingungen nicht befahrbar ist. Werden Steuermanöver gefunden, die die Strecke bewältigen, muss daraufhin die Leichtigkeit und Sicherheit dieser Manöver bewertet werden.

Literatur:

- [1] „Simulation von Schiffsbewegungen im Fließgewässer“; Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock, Peter Kolarov, 2006
- [2] „Entwicklung einer Evolutionsstrategie zur optimalen Steuerung von Binnenschiffen in einem Querströmungsfeld“; Bachelorarbeit an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe, Dennis Maaß, 2011



Simulation eines 135-Meter-Schiffs im Schiffsführungssimulator der BAW

Dipl.-Ing. Thorsten Dettmann, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe,
Dr.-Ing. Sven-Brian Müller, Universität Duisburg-Essen, Duisburg

Einleitung

Eine der Kernaufgaben der BAW ist die Beratung der WSV in fahrdynamischen Belangen, die die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auf Binnenwasserstraßen betreffen. Dies gilt einerseits für die Gestaltung von Wasserstraßen bei Neu- und Ausbauplanungen und andererseits für die Durchführung von Befahrbarkeitsanalysen eines vorhandenen Gewässers. Derartige Analysen werden z. B. durchgeführt, um die WSV bei der Zulassung neuer Schiffe für den Verkehr auf Binnenwasserstraßen unter Beachtung der Entwicklung der Antriebs- und Steueranlagen bzw. Abmessungen der Schiffe zu beraten oder Engpässe für die Schifffahrt in bestehenden Wasserstraßen aufzuzeigen. Mit der andauernden Zunahme der Abmessungen der Schiffe und der damit verbundenen Vergrößerung der Antriebsleistungen im Kontext mit der wachsenden Bedeutung umweltbezogener Problemstellungen steigt der wissenschaftliche Anspruch an die in der BAW entwickelten Modellverfahren kontinuierlich, so dass Ende 2010 durch die Bundesanstalt für Wasserbau für den Bereich Binnenschifffahrt der Schiffsführungssimulator ANS5000 für fahrdynamische Untersuchungen beschafft wurde.

Binnenschiffsführungssimulator ANS5000

Der in der BAW Karlsruhe vorhandene Schiffsführungssimulator ANS5000 ist ursprünglich für die Ausbildung des nautischen Personals auf Seeschiffen ausgelegt worden. Für die Belange der Binnenschifffahrt wurde die Anlage seitens des Herstellers soweit angepasst, dass die Steuerung des Simulationsschiffs über eine Binnenschiffsbrücke mit originalen Bedienelementen für Maschine, Ruder und Querstrahler erfolgen kann. Alle notwendigen Anzeigeelemente erscheinen generisch auf Bildschirmen und gewährleisten so ein Höchstmaß an Flexibilität, da die Anzeigeelemente an die verschiedenen Schiffstypen bzw. Untersuchungsziele angepasst werden können. Darüber hinaus ist der Simulator mit einem Sichtsystem sowie Radarequipment ausgestattet, das es erlaubt, das Simulationsschiff in einer Manöverfahrt wahlweise nach Sicht oder mittels Radarnavigation zu steuern. Neben der Binnenschiffsbrücke verfügt der Simulator über einen zweiten Fahrstand, der jedoch nur die minimal nötige Ausstattung für das Steuern eines Schiffs besitzt. Dadurch kann eine Begegnung von zwei selbst gesteuerten Schiffen realisiert werden. Sollte die Untersuchung vier eigenständig gesteuerte Schiffe erfordern, so kann der Simulator in Karlsruhe mit dem Simulator für Seeschiffe in der Dienststelle in Hamburg verknüpft werden. Für die Erhöhung der Verkehrsdichte können weitere Schiffe, die dann jedoch computergesteuert u. a. auf einer vorgegebenen Bahn fahren, in die Simulation integriert werden.



Bild 4: Binnenschiffsführungssimulator der BAW Karlsruhe

Der Schiffsführungssimulator ist damit für hoch aufgelöste fahrdynamische Untersuchungen in Wasserstraßen einsetzbar. Seine besondere Stärke besteht in der Möglichkeit, Manöversituationen, wie z.B. Begegnungen, An- und Ablegemanöver und Ein- und Ausfahrten in Häfen und Schleusen untersuchen zu können. In diesen Situationen fährt man im Allgemeinen nach Sicht und bei schlechter Sicht nach Radar, was durch den ANS5000 simuliert werden kann.

Modellierung des Fahrtreviers

Ein Fahrtrevier besteht grundsätzlich aus zwei Anteilen. Soll im Rahmen von fahrdynamischen Untersuchungen das Schiff nach Sicht oder nach Radar gefahren werden, so muss ein entsprechendes Sichtmodell angefertigt werden. Die Datenbasis für ein derartiges Modell bildet die elektronische Navigationskarte (ENC). Diese beinhaltet u. a. Informationen zu Uferlinien, Bauwerken am und im Gewässer, Schifffahrtszeichen, Fahrrinnen und Wassertiefen. Aus diesen Informationen wird unter Nutzung von Befliegungsdaten der NASA das Basisgelände als Sichtmodell erstellt. Aus dem Basisgelände wird während der Simulation das Radarbild generiert. Soll eine Fahrt nach Sicht simuliert werden, so muss das Basismodell je nach Anforderung verfeinert werden.

Die Wasserbauwerke (Schleusen und Brücken) müssen in Einzelanfertigung als dreidimensionale Objekte erstellt werden, da eventuelle Kollisionen ausschließlich mit diesen Objekten bestimmt werden können. Sofern eine Reduzierung des Windeinflusses aufgrund von Bebauung nicht berücksichtigt werden muss, können Gebäude und Vegetation an Land vereinfacht mittels Fotoleinwänden dargestellt werden. Andernfalls sind die Bauwerke am Ufer und evtl. die Vegetation ebenfalls als dreidimensionale Objekte zu erstellen. Seitens der BAW wurden Verfahren entwickelt, mit

denen die Erstellung derartiger Modelle automatisiert möglich ist. Diese Verfahren greifen auf Informationen aus der DBWK, Laserscanbefliegungen oder Informationen aus den Katasterämtern zurück, um Informationen zu Lage und Höhe der Bauwerke zu erhalten. Nach einer Verfeinerung der Auflösung des Geländemodells wird die Bebauung platziert und mit generischen Texturen versehen. Für den Neckar sind zunächst Sichtmodelle für das Ober- und Unterwasser der Schleuse Heidelberg für jeweils drei Abflüsse erstellt worden. In diesen Modellen sind die Bauwerke am und im Gewässer dreidimensional ausmodelliert. Die Stadtbebauung wird mittels Fotowänden dargestellt.

Der zweite Teil des Fahrtreviers bildet die Grundlage für die eigentliche Simulation. Auch in diesem Fall nutzt der Simulator die ENC als Datenbasis. Für eine Befahrbarkeitsanalyse sind detailliertere Tiefen- sowie Strömungsinformationen erforderlich, als diejenigen, die in den Navigationskarten enthalten sind. Die BAW betreibt für alle Schifffahrtsstraßen zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Modelle, die den Anforderungen der Simulationen genügen und dementsprechend hoch aufgelöste Wasserstands- und Strömungsfelder liefern. Mittels selbst definierter Objekte werden zweidimensionale tiefengemittelte Strömungsfelder in die ENC integriert, die bei der Berechnung der hydraulischen Kräfte, die auf den Schiffskörper wirken, Berücksichtigung finden. Des Weiteren werden die gepellten Sohldaten in die ENC ergänzt, wodurch eine detaillierte Beschreibung der Unterwassergeometrie möglich wird.

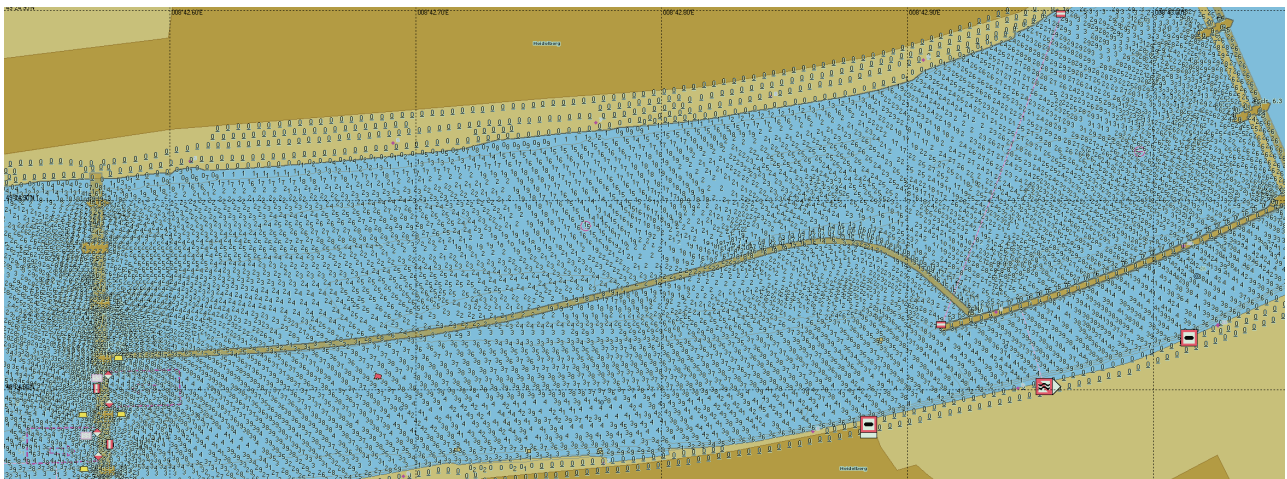


Bild 2: ENC mit Strömungsinformationen im Unterwasser der Schleuse Heidelberg

Modellierung eines 135 m langen üGMS

Ein Schiffsmodell besteht ebenfalls aus zwei Komponenten, dem Sichtmodell und dem fahrdynamischen Modell. Um die Planungsarbeiten für die Schleusenverlängerungen am Neckar zeitnah unterstützen zu können, wurde als erstes das 135 m lange üGMS „Vigilia“ im Binnenschiffsführungssimulator nachgebildet. Da es sich bei Schleusenein- und -ausfahrten um Manöversituationen handelt, die nach Sicht gefahren werden, ist der Schiffsführungssimulator für derartige fahrdy-

namische Untersuchungen besonders geeignet. Das hierzu benötigte Sichtmodell wurde auf der Grundlage der Baupläne und Fotos der Vigilia erstellt.

Das im ANS5000 enthaltene Bewegungsmodell realisiert die Bewegung für 6 Freiheitsgrade (Bewegung entlang der Achsen des schiffsfesten Koordinatensystems X surge, Y sway, Z heave und Drehung um diese Achsen X roll, Y pitch und Z yaw). Die Grundlagen bilden die Kirchhoffschen Bewegungsgleichungen eines Schiffs. Berücksichtigt werden neben der Wirkung der hydrodynamischen Massen und des Trägheitsverhaltens des Schiffs inklusive der Maschinenanlagen auch Effekte wie Squat, Banking, Wechselwirkung Schiff/Schiff, Wind und Windabschattung, Leinen- und Ankerkräfte sowie die Kollision Schiff/Schiff und Schiff/Ufer. Die Besonderheiten der Propulsions- und Ruderanlagen eines Binnenschiffs werden ebenfalls berücksichtigt. Insgesamt sind für ein Schiffsmodell bis zu 2.200 Koeffizienten zu kalibrieren.

Für die Ermittlung der Fahreigenschaften eines Binnenschiffs wurden in der BAW Schiffsmanöver, aufbauend auf den von der IMO empfohlenen Standard-Manövern, entwickelt und in Naturversuchen durchgeführt. In der Voraus- und Rückwärtsfahrt sind das im Einzelnen Manöver zur Bestimmung der Abhängigkeit von Maschinendrehzahl, Beschleunigungsverhalten und Schiffsgeschwindigkeit. Hierzu wird zum einen stufenweise bis zur Maximalgeschwindigkeit beschleunigt und zum anderen die maximale Drehzahl aus dem Stand ($v=0\text{m/s}$) heraus vorgegeben. Nach Erreichen der Maximalgeschwindigkeit wird das Schiff aufgestoppt bzw. treiben gelassen (EOT=0%). Hieraus kann der Bremsweg bzw. der Schiffswiderstand abgeleitet werden. Zur Bestimmung der Kursstabilität, der Drehfähigkeit, des Anschwenk- und Stützverhaltens des üGMS werden Drehkreis- und Zig-Zag-Manöver durchgeführt. Die Wirksamkeit des Querstrahlruders wird sowohl im Stand als auch in der Vorausfahrt untersucht. Während der Messfahrten auf der Teststrecke in den Niederlanden wurden alle Schiffsbewegungen mittels GPS aufgenommen. Parallel dazu wurden alle notwendigen Maschinenparameter (Maschinendrehzahl, Ruderwinkel, Bugstrahlrudereinsatz etc.) und die Kommandos aus dem Steuerhaus, die zu diesen Zuständen geführt haben, fortlaufend zeitbezogen erfasst.

Bei der nachfolgenden Modellierung am Simulator wurden alle Kommandofolgen, die vom Steuerhaus an das Schiff gegeben wurden, zeitsynchron nachgestellt. In einem ersten Schritt wurden alle Maschinenmodelle so kalibriert, dass die „Maschinen“ am Simulator mit der gleichen Verzögerung auf die Kommandos reagieren. Im zweiten Schritt wurden die Manövrierkoeffizienten, die die Bewegung des Schiffs beschreiben, kalibriert, so dass alle Manöver aus den Naturversuchen nachgefahren werden konnten. Bei der durchgeführten Kalibrierung zeigte sich, dass jedes einzelne Manöver für sich exakt simuliert werden kann. Die Herausforderung besteht jedoch darin, dass für ein Schiff ein Koeffizientensatz alle durchgeführten Manöver beschreiben soll. Dies ist nur mit einer gewissen Abweichung überhaupt möglich.

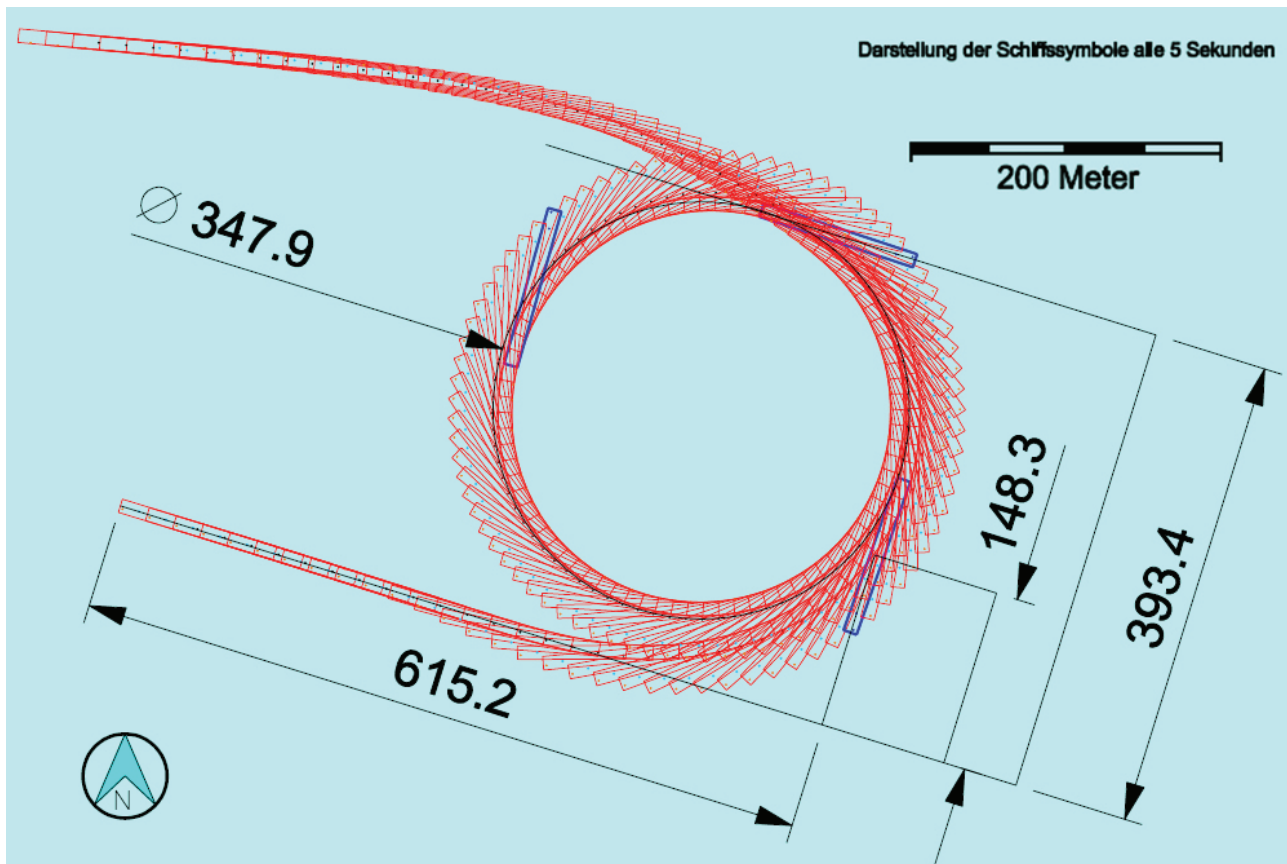


Bild 3: Drehkreis Manöver

Bankingeffekte lassen sich nur schwer und auch nur teilweise mit Hilfe von Naturuntersuchungen kalibrieren. Aus diesem Grund wurde das DST in Duisburg beauftragt, entsprechende CFD Berechnungen auf einem Großrechner durchzuführen. Diese Berechnungen wurden mit Hilfe von Modellversuchen in einer Schlepprinne kalibriert. Bei diesen Versuchen wurden die Bankingkräfte für ein senkrechttes Ufer und für eine 1:3 geneigte Böschung ermittelt, wobei der Abstand zum Ufer, Fahrgeschwindigkeit, Tiefgang, Wassertiefe und die eingesetzte Maschinenleistung variiert wurden.

Im letzten Schritt erfolgt die Feinabstimmung. Hierfür wird der Schiffsführer des modellierten Schiffs in die BAW eingeladen, um vorgegebene Manöver nachzufahren bzw. sein Schiff in für ihn normalen Situationen zu steuern. Stellt der Schiffsführer Abweichungen im Fahrverhalten fest, so werden die Ursachen ermittelt und die Abweichungen beseitigt. Es wird angestrebt, dass der Schiffsführer bestätigt, dass sich das Schiff auf dem Simulator so verhält, wie das Schiff, das er in natura fährt. Im Fall des üGMS Vigilia erhielt die BAW die Bestätigung durch den Schiffsführer.

Fahrdynamische Untersuchungen auf dem Binnenschiffssimulator

Die im Simulator implementierten Modellverfahren sind für die Ausbildung des nautischen Personals auf Seeschiffen ausgelegt, deren grundsätzlich richtige Wirkungsweise wurde überprüft, teil-

weise erweitert bzw. an die Anforderungen der BAW für den Bereich Binnenschifffahrt angepasst (Ruderkraftberechnung, Bugstrahler, etc.).

Für die Bewertung einer Ein- bzw. Ausfahrtsituation an einem Schleusenvorhafen kann mit dem Simulator wie folgt vorgegangen werden. Das Fahrgebiet wird für den derzeitigen Zustand und den zu untersuchenden Fall in oben beschriebener Weise aufbereitet. Ein ortskundiger Schiffsführer oder ein Nautiker des zuständigen WSA stellt den derzeitigen Zustand am Simulator nach. Bei Bedarf können die Szenarien auch durch mehrere Schiffsführer bewertet werden. Mit diesen Fahrten soll festgestellt werden, ob die zu untersuchende Situation den tatsächlichen Gegebenheiten entspricht. Darüber hinaus kann sich der Schiffsführer an die Arbeit am Simulator gewöhnen. Die Simulation der eigentlichen Planungssituation erfolgt nach Abschluss der vorbereitenden Arbeiten. Dazu wird das zu untersuchende Szenario mehrfach durchfahren, wobei die Randbedingungen wie Sicht, Tageszeit, Wind, Regen etc. variiert werden. Auch eine Radarnavigation bei schlechten Radarbedingungen kann getestet werden. Während der Untersuchung am Simulator werden alle anfallenden Daten aufgezeichnet. Dies sind zum einen die notwendigen Manöver, die der Schiffsführer einleiten muss, um die Situation zu bewältigen und zum anderen die hydraulischen Kräfte, die am Schiffskörper während der Simulation auftreten. Mit Hilfe dieser Informationen werden die Situationen bewertet und ggf. in Zusammenarbeit mit den Wasserbaureferaten Hinweise erarbeitet, wie durch eine optimierte Gestaltung des Vorhafens die Einfahrt erleichtert werden kann. Durch den Einsatz des Simulators können in die Bewertung einer fahrdynamischen Untersuchung erstmalig auch die subjektiven Eindrücke des Schiffsführers bzw. Nautikers einfließen, wodurch eine deutlich verbesserte Aussage erwartet wird.

Literatur

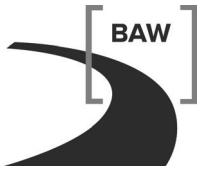
Brix, J.: Manoeuvring Technical Manual, Seehafen Verlag, 1993

Hecht, H.; et al.: The Electronic Chart, 2. Edition, Geomares Publishing, Lemmer, The Netherlands, 2009

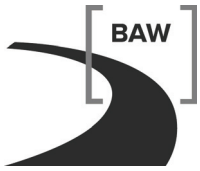
Helmers, W.; van Dieken, F.: Handbuch der Schiffführung Müller/Krauss, Band 2: Teil A Schifffahrtsrecht I und Manövrieren, 9. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1988

www.elwis.de

www.imo.org



Notizen



Notizen



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Kußmaulstraße 17 · 76187 Karlsruhe
Tel. 0721 97 26-0 · Fax 0721 97 26-45 40

Wedeler Landstraße 157 · 22559 Hamburg
Tel. 040 81 908-0 · Fax 040 81 908-373

Am Ehrenberg 8 · 98693 Ilmenau
Tel. 03677 669-0 · Fax 03677 669-33 33

www.baw.de