

Wasserbauliche Strategien für die Zukunft - Binnenschifffahrt und Hochwasserschutz

Dr.-Ing. Jürgen Stamm
Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

1 Einleitung

Deutschland verfügt über ein wirtschaftlich leistungsfähiges Wasserstraßennetz. Die Transportleistung der Binnenschifffahrt beträgt rund 65 Milliarden Tonnenkilometer pro Jahr, das entspricht ca. 80 % der Transportleistung der Bahn im Güterfernverkehr. In den deutschen Seehäfen an Nord- und Ostsee werden jährlich rund 2590 Millionen Tonnen Güter umgeschlagen. Zum Hauptnetz mit circa 4.800 Kilometern (Wasserstraßenklasse IV und höher) zählen die Magistralen Rhein (mit den Nebenflüssen Neckar, Main, Mosel und Saar), Donau, Weser und Elbe mit Saale und Havel, die Oder sowie die verbindenden Kanalsysteme. Das Bundeswasserstraßennetz ist ein wesentlicher Bestandteil des "nassen" Transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN) und dementsprechend leistungsfähig zu erhalten und zu gestalten.

Die verkehrsbezogene Leistungsfähigkeit des Bundeswasserstraßennetzes hängt wesentlich von der ganzjährig garantierten Fahrrinntiefe und -breite ab sowie von der nutzbaren Flottenstruktur, d.h. insbesondere der Einsatzfähigkeit von wirtschaftlichen Schiffsgrößen. Die Erreichung dieser derart umrissenen verkehrlichen Ziele wird mit Hilfe diverser, den jeweiligen Situationen angepasster fluss- und stauregelnder Maßnahmen unterstützt.

Die Entwicklung angemessener Anpassungsstrategien setzt die rechtzeitige Erfassung möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf die Schiffbarkeit der Flüsse voraus. Das Spektrum der Anpassungsstrategien ist grundsätzlich vielfältig, die Auswahl geeigneter Maßnahmen erfolgt nach eingehender Beurteilung der Auswirkungen, die sich sowohl auf die Hochwasser- als auch auf die Niedrigwassersituation beziehen können.

2 Regelungsziele und -konzepte für das Wasserstraßennetz

2.1 Regelungsziel: Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs

Alle flussbaulichen Maßnahmen zur Verbesserung der Schiffbarkeit werden so geplant, dass sie das hydraulische und morphologische System flussbezogen und unter Berücksichtigung der verkehrlichen Anforderungen optimieren. Das oberste Ziel ist dabei die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs. Besonderer Wert wird darauf gelegt, die

Eingriffe in die Umwelt zu minimieren und auf keinen Fall den Hochwasserschutz zu beeinträchtigen. Hierzu werden Fluss- und Stauregelungsmaßnahmen so konzipiert, dass sie sowohl hinsichtlich der Strömung, der Sedimentbewegung und der Fahrdynamik die gewünschten kurz- und langfristigen Effekte erzeugen.

Die Berücksichtigung weiterer Ziele, z.B. des Naturschutzes, der Energiewirtschaft oder des Hochwasserschutzes geschieht, führt meist im Vergleich zu einem ausschließlich verkehrlich optimierten System zu Modifikationen. Diese kombinierte Zielsetzung durch intelligente konstruktive und betriebliche Lösungen zu erreichen, ist Aufgabe des Wasserbaus.

2.2 Regelungskonzept: Die Wasserstraße im Gleichgewicht

Die Regelung von Flüssen ist ein langfristiger Prozess, bei dem der anthropogene Eingriff in ein Flusssystem und seine Reaktion darauf so zusammenwirken, dass nach einem längeren Zeitraum ein neues Gleichgewicht entsteht, mit dem die gesellschaftlichen Anforderungen besser erreicht werden. In Anbetracht der langen Reaktionszeit und der natürlichen hydrologischen und morphologischen Dynamik eines Flusses wird man sich durch Bau- oder Rückbaumaßnahmen einem geplanten Sollzustand mehr oder weniger schnell annähern, ihn aber in den meisten Fällen nie so exakt wie geplant erreichen. Regelungskonzepte werden also ständig überprüft und hinsichtlich neuer Anforderungen überdacht und angepasst.

Grundsätzlich zielten und zielen verkehrswasserbaulich initiierte flussbauliche Maßnahmen auf die Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse bei Niedrig- bis Mittelwasser ab, wobei in der Regel das Hochwasserbett bereits ausgebaut worden war. Die Flussregelung zur Sicherung verlässlicher Schifffahrtsbedingungen besteht im ersten Schritt im planmäßigen Ausbau und später in der Unterhaltung der Wasserstraße entsprechend der festgelegten Sollwerte von Regelungsparametern unter Beachtung und Nutzung natürlicher Entwicklungsprozesse. Sie ist mit baulichen Maßnahmen (Errichtung, Anpassung oder Instandsetzung von Regelungsbawerken, z.B. Bühnen, Parallelwerke, Sohlschwellen) verbunden und wird durch weitere Maßnahmen (z.B. Sedimentmanagement) ergänzt.

Das Regelungsziel wird nicht durch die Bauwerke allein erreicht, sondern in Kombination mit der Reaktion des Flusses. Flussregelung setzt somit die Betrachtung des Flusses als ein „dynamisches System“ voraus, in welchem die Bauwerke natürliche morphologische Umformungsprozesse lenken und der Strom einem neuen dynamischen Gleichgewicht zugeführt wird. Entsprechend der Zeitskalen und der Varianz der natürlichen Prozesse wird das angestrebte neue dynamische Gleichgewicht nicht direkt nach Umsetzung baulicher Eingriffe erreicht.

Die unterschiedlichen Regelungsparameter müssen in ihrem Wechselspiel betrachtet werden, da verschiedene Aspekte das Regelungskonzept beeinflussen, so u.a.

- die Gestaltung des Strombettes (Hochwasser-, Mittelwasser-, Niedrigwasserbett) für die Wasserabfuhr
- die Abflussmengen
- die geologische Beschaffenheit des Flusstals und der Feststofftransport (z.B. Sohlkornzusammensetzung, Geschiebe- und Schwebstofffrachten)

- die Navigationsbedingungen (angestrebte Fahrrinntiefe, -breite, Krümmungsradien, Gefälle)
- die Auswirkungen auf Naturschutz und Landeskultur und
- weitere Nutzungsarten (z.B. Fischerei, Landwirtschaft).

Darüber hinaus sind verschiedene Einzelphänomene (z.B. Transportkörper, Eis) zu berücksichtigen.

Innerhalb des Regelungskonzepts bestehen lokale Handlungsspielräume. So können zusätzliche Anforderungen unter genauer Beachtung der lokalen hydraulisch-morphologischen und verkehrlichen Verhältnisse im Rahmen einer individuellen Bewertung berücksichtigt werden, ohne dass ein neues Regelungskonzept aufgestellt werden muss.

2.3 Methoden und Modelle

Die Erarbeitung und Fortentwicklung von Regelungskonzepten stützt sich heute in der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) im Wesentlichen auf hydrodynamisch-morphologische Modellverfahren, in Ergänzung durch physikalische Laboruntersuchungen und in Verbindung mit speziellen Naturuntersuchungen.

In der BAW werden seit den 1980er Jahren hydronumerische Modelle zur Simulation der Strömungsvorgänge entwickelt und eingesetzt. Die eindimensionalen rein hydraulischen Modellierungsverfahren wurden früh durch Feststofftransportverfahren erweitert, die bis heute auf der Basis eines großen Erfahrungsschatzes erfolgreich fortentwickelt und eingesetzt werden. In den frühen 1980er Jahren wurden die ersten zweidimensionalen tiefengemittelten Verfahren entwickelt und in der Projektbearbeitung eingeführt. In den letzten Jahren werden zunehmend dreidimensionale hydraulische und morphologische Verfahren, an deren internationaler Weiterentwicklung die BAW maßgeblich beteiligt ist, mit hoher Auflösung für die Strecken- und Bauwerksmodellierung eingesetzt [HERVOUT UND BATES, 2000; CASSULLI UND ZANOLLI, 2002; CASSULLI UND LANG, 2004; MALCHEREK ET AL, 2005; GRIEBEL ET AL, 1998; STRYBNY ET AL., 2006].

Die Ermittlung des Verkehrsflächenbedarfs mittels fahrdynamischer Modelle ist eine wesentliche Grundlage zur Minimierung verkehrswasserbaulicher Maßnahmen. Die Kopplung der hydronumerischen Modelle mit den fahrdynamischen Modellen der BAW ermöglicht Trassierungen auch in hoch komplizierten Strecken und die Durchführung von Befahrbarkeitsanalysen zu möglichen Verkehren in bestehenden Wasserstraßen [KOLAROV, 2006]

Bei der fortlaufenden Weiterentwicklung der Verfahren liefern die physikalischen Bauwerks- und Flussmodellversuche der BAW wertvolle wissenschaftlich-technische Grundlagen. Beispielhaft seien hier das physikalische Feststofftransportmodell der Oder bei Hohenwutzen und der Schleusenversuchsstand Minden angesprochen [BAW MITTEILUNGSHEFT 90, 2007].

3 Anpassungsstrategien

3.1 Maßnahmenübersicht

Die aus unterschiedlichen Klimaszenarien ableitbaren Auswirkungen auf Binnenwasserstraßen lassen vielseitige Interpretationen zu und sind als langfristige Trendaussagen zu verstehen. Verkehrswasserbauliche Anpassungsstrategien können erst nach einer Beurteilung differenzierter Auswirkungsprognosen auf Wasserstraßen einer Auswahl und Optimierung zugeführt werden. Die Klimaszenarien zeigen Einflüsse auf die Hochwasserverhältnisse ebenso wie auf die Niedrigwasserverhältnisse. Letztere sind für die Schifffahrt von besonderer Relevanz.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung veröffentlicht Ende 2007 eine Bestandsaufnahme „Zukunft gestalten im Zeichen des Klimawandels – 1. Schritt Schifffahrt und Wasserstraßen“, in der ein von den vier dem Geschäftsbereich zugehörigen Bundesbehörden – dem Deutschen Wetterdienst, dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, der Bundesanstalt für Gewässerkunde und der Bundesanstalt für Wasserbau – abgestimmtes Projektpaket definiert wurde, mit dem Ziel, mögliche klimabedingte Auswirkungen auf die Binnen- und Seeschifffahrt sowie entsprechende Anpassungsmaßnahmen zu ermitteln (BMVBS, 2007).

Die klassischen flussbaulichen Regelungsmaßnahmen wie der Bau von Buhnen, Leitwerken, Deckwerken, Sohlbefestigungen, Staustützung, etc. und deren Auswirkung auf die Hydraulik und den Geschiebehalt eines Flusses sind heute weitgehend bekannt. Eine Anpassung dieser Maßnahmen an sich ändernde Randbedingungen, wie z.B. an geänderte hydrologische Verhältnisse, sind in konstruktiver Hinsicht möglich. Anpassungsmöglichkeiten können grundsätzlich unterschieden werden in Maßnahmen zur Niedrigwassererhöhung, zur Hochwasserreduzierung und zur nautischen Unterstützung. Im Einzelnen umfasst dies, die

- Maßnahmen im Flussschlauch, zur Verbesserung der Befahrbarkeit während Niedrigwasser durch flexible, abflussabhängige Bauwerksgeometrie
- Prüfung der Anpassungsmöglichkeit bestehender Bauwerke zwecks hydraulisch-morphologischem Ausgleich der (klimatisch bedingten) Veränderungstendenz
- Sedimentmanagement zur Unterstützung eines dynamischen Sohlengleichgewichts
- Nutzung bzw. Nutzbarmachung durchgehender Übertiefen
- Abflussbewirtschaftung (Speichernutzung)
- Vegetationspflege und Vorlandgestaltung
- Modifikation des Abflussquerschnitts durch z.B. Deichrückverlegung, Anlage von Flutrinnen, Altarmbindung
- Sicherstellung der Hochwasserneutralität (u. a. HW-Abfuhr durch Schleusen)
- Operationelle Informationssysteme (z.B. Vorhersage, elektronische Fahrrinneninformationssysteme, Schiffsführungssysteme)

Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass auch auf schiffbaulicher Seite Anpassungspotenzial an mögliche Auswirkungen der Klimawandels besteht, wie z.B. die Verbesserung der Manövrierfähigkeit, angepasste Schiffskonstruktionen, etc.

Naturschutz“
am 22.11.2007 im
BfN, Bonn

In den folgenden Abschnitten werden beispielhaft die Auswirkungen der Anlage von Nebenrinnen, der Altarmenbindung, der Ufergehölz- bzw. Auwaldentwicklung und des Sedimentmanagements auf Hydraulik und Morphologie beleuchtet.

3.2 Anlage von Nebenrinnen und Altarmenbindung

Bei der Anlage von Nebenrinnen oder der Altarmenbindung entstehen Parallelfießstrecken, die den Abflussquerschnitt vergrößern. Aus hydraulischer und morphologischer Sicht sind damit die Absenkung des Wasserspiegels und der Fließgeschwindigkeiten im Hauptstrom und damit die Verminderung der Geschiebetransportkapazität verbunden. Folglich wird sich Geschiebe im Hauptstrom eher ablagern können, was im Maßnahmenbereich zu einer Fahrrinntiefenverminderung und im Unterstrom zu einem Geschiebedefizit führen kann. Durch die Vergrößerung des Abflussquerschnitts erhöht sich das Wasserspiegelgefälle nach Oberstrom, wodurch das dortige Transportvermögen erhöht wird. Weiterhin ist zu beachten, dass es durch Ablagerungen in den Parallelfießstrecken zu Geschiebeentzug aus dem Hauptstrom kommen kann (s. Abb. 1). Durch diesen Geschiebeeintrag kann sich ein erhöhter Unterhaltungsaufwand zur Freihaltung der Parallelfießstrecken ergeben. Erfahrungen mit Nebenrinnen in den Niederlanden finden sich beispielsweise in RIJKSWATERSTAAT (2004) und BIJ DE VAATE ET AL (2007).



Abb. 1: Eintrag von Flusssedimenten in einen wieder angeschlossenen Altarm an der Elbe (Kurzer Wurf bei El-km 250)

In staugeregelten Strecken sind durch die Anlage von Nebenrinnen keine oder nur geringfügige Beeinträchtigungen der Schifffahrt zu erwarten.

3.3 Vegetations- und Vorlandpflege

Die Ufergehölz- und Auwaldentwicklung im Deichvorland kann als Strömungshindernis wirken und ist hydraulisch gesehen wie eine Einengung des Fließquerschnitts zu betrachten. Diese wirkt durch Konzentration des Abflusses im Hauptstrom erhöhend auf den Wasserspiegel und die Schubspannung, was zu Erosion im Maßnahmenbereich und Sedimentation ober- und unterstrom führen kann. Dieser Entwicklung kann entgegen gewirkt werden, wenn man die Entwicklung mit anderen Maßnahmen wie dem Anschluss von Nebenrinnen oder Altarmen kombiniert oder Gehölze in relativ hoch gelegenen oder schwach durchströmten Flächen anlegt.

Es ist vorteilhaft, Maßnahmen gegen Treibholzaustrag vorzusehen, und vor allem mit Blick auf die östlichen Wasserstraßen Deutschlands sei an die Begünstigung von Eisentstehung und Eisstau durch zusätzlichen Vorlandbewuchs erinnert. Strömungsberuhigte Zonen im Vorland können langfristig durch Sedimentation zu Vorlandaufhöhungen neigen, die das Hochwasserschutzniveau einschränken (Abb. 2). Zur Pflege von derart entwickelten Vorländern eignet sich das Konzept der zyklischen Verjüngung [BAPTIST, 2005]. Nach einem festgelegten Plan werden Teilflächen nach dem Ablauf von einigen Jahrzehnten auf den Stock gesetzt. Zusätzlich müssen Vorlandaufhöhungen beseitigt und zusedimentierte Parallelfließstrecken beräumt werden.



Abb. 2: Bis zu 2 m hohe Ablagerungen infolge des Hochwassers 2002 am Elbufer bei Riesa

3.4 Sedimentmanagement

Unter der Bezeichnung „Sedimentmanagement“ werden alle unmittelbaren Maßnahmen zur Steuerung des Sedimenthaushaltes verstanden. Bei Sedimentumlagerungen wird das entnommene Material in der Regel in der Nähe der Entnahmestelle im Gewässerbett wieder eingebracht. Bei einer Geschiebezugabe hingegen wird hauptsächlich Material von außerhalb des Gewässerbetts dem Fluss zur Verminderung einer langfristigen und großräumigen Eintiefung der Sohle als Folge eines vorhandenen Geschiebedefizits zugeführt.

Zur Erreichung eines dynamischen Sohlengleichgewichtes ist es zweckmäßig, großräumige Feststoffdefizite bzw. Überangebote durch unmittelbare Maßnahmen auszugleichen und regionalen Ungleichgewichten im Geschiebetransport flussregelnd entgegenzuwirken (z. B. durch Nachregelung, Rückbau, Uferrehnenabtrag, Vorlandtieferlegung) bzw. mit Hilfe von Stabilisierungsmaßnahmen oder mittels Grobkornanreicherung den Erosionswiderstand der Sohle zu erhöhen. Aus ökonomischen Gründen sollten sich die hinsichtlich Zugabe- und Entnahmemengen minimierten Eingriffe auf möglichst wenige Bereiche beschränken, jedoch eine möglichst großräumige Wirkung zeitigen.

Sedimentmanagement erfordert ein Gesamtkonzept und damit auch eine Nassbaggerstrategie [Stamm & Schmidt, 2006]. Dieses Gesamtkonzept umfasst die unmittelbaren Maßnahmen, die im Kontext einer gesamtheitlichen Flussregelung zu sehen sind und berücksichtigt die qualitativen Aspekte des Sedimentes, da sie einen wesentlichen Einfluss auf die Kostensituation haben. Ferner erfordert Sedimentmanagement eine skalenübergreifende Betrachtung vielseitiger natürlicher und anthropogener Aspekte sowie eine langfristige Erfolgskontrolle. Angesichts der anfallenden Datenmengen ist der Einsatz IT-gestützter Recherche- und Analysewerkzeuge unabdingbar. Der Einsatz eines professionellen Datenmanagements in Verbindung mit hydromorphologischen Modellierungen sowie qualitativ hochwertigen Naturuntersuchungen werden zur Optimierung des Sedimentmanagements beitragen. Die mathematischen Modelluntersuchungen werden zu einem besseren Verständnis der komplexen Wirkungszusammenhänge führen und damit eine Feinabstimmung der unterschiedlichen Maßnahmen ermöglichen. Eine derart optimierte Nassbaggerstrategie stellt einen unverzichtbaren Baustein für ein nachhaltiges Management der Binnenwasserstraßen dar [STAMM UND SCHMIDT, 2006].

4 Zusammenfassung und Ausblick

Als Folge des Klimawandels können wesentliche, die nautischen Verhältnisse bestimmende Faktoren (Abfluss, Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit, deren Verteilung in Raum und Zeit, Gewässergeometrie etc.) Änderungen erfahren und ganz allgemein die Randbedingungen für die Binnenschifffahrt ungünstiger werden (ausgeprägtere Extrema, höhere Varianz). Welche Änderungen wann und vor allem in welchem Ausmaß eintreten werden, lässt sich derzeit in der für Planungen erforderlichen Verlässlichkeit nicht angeben. Ungeachtet dessen können natürlich für angenommene Änderungen im Rahmen von Szenarien die Konsequenzen für die schifffahrtlichen Verhältnisse ermittelt und die Eignung unterschiedlicher Gegenmaßnahmen bewertet werden. Dies gelingt um so besser, je mehr über die Bandbreiten der möglichen Änderungen bekannt ist und die Szenarien ein realistisches Spektrum möglicher Entwicklungen abdecken.

Aus Sicht der Schifffahrt ist mit einer möglichen Zunahme extremer Abflusssituationen sicherlich die größte Problematik verbunden. Mit einer Zunahme von Abflusssituationen, an denen der HSW überschritten wird, nehmen die Ausfalltage für die Schifffahrt in gleichem Maße zu. Wie ausgeprägt diese Überschreitungen zukünftig ausfallen, ist aus Sicht des Hochwasserschutzes von eminenter Bedeutung, für die wirtschaftliche Situation der Binnenschifffahrt jedoch ist die Anzahl der Ausfalltage entscheidend. Diese resultieren natürlich – wie der Sommer 2003 eindrücklich gezeigt hat - ebenso aus Niedrigwassersituationen. Aus

Sicht der Befahrbarkeit ist die Situation bei Niedrigwasser jedoch anders zu bewerten als bei Hochwasser: während ab einem bestimmten Wasserstand (HSW – Höchster Schifffahrtswasserstand) kein Schiffsverkehr mehr erlaubt ist, kann der Niedrigwassersituation in gewissen Grenzen durch Abladeverringern und/oder Einsatz von kleineren Schiffen mit geringerem Tiefgang, also unter Inkaufnahme wirtschaftlicher Nachteile, begegnet werden. Bereits heute reagiert die Schifffahrt durch Teilabladung auf niedrigere Wasserstände.

Der Situation im Niedrigwasserbereich kann aber nicht nur von Seiten der Schifffahrt, sondern auch von Seiten des Verkehrswasserbaus flexibler begegnet werden als im Fall der vergleichsweise starren HSW-Grenze. Es ist daher folgerichtig, dass die verkehrswasserbaulichen Anstrengungen auf die Entwicklung insbesondere solcher Maßnahmen gerichtet sind, die es ermöglichen, die nutzbare Abladetiefe und damit das Transportvermögen für geringe Abflüsse zu erhöhen ohne die schiffsinduzierten Belastungen auf Sohle und Ufer zu vergrößern.

Grundsätzlich kann die Befahrbarkeit bei Niedrigwasser sowohl mit betrieblichen als auch mit baulichen Maßnahmen auf Seiten der Wasserstraße bzw. des Wasserstraßensystems und auf Seiten des Schiffbaus verbessert werden. Neben den Optimierungsmöglichkeiten mit Hilfe der klassischen, statischen Regelungsmaßnahmen sind hier insbesondere auch neue Formen dynamischer, d. h. temporär wirkender Flussbauwerke denkbar. Darüber hinaus bieten betriebliche Maßnahmen auf Seiten des Wasserstraßensystems (z. B. Wassermengenbewirtschaftung, Geschiebemanagement), auf verkehrlicher Seite (z. B. Telematikeneinsatz, automatisierte Schiffssteuerung) als auch auf schiffbaulicher Seite (z. B. Antriebs- und Steuersysteme, Tiefgang) Optimierungspotential im Hinblick auf die zu erwartenden Änderungen. Um zukünftig eine Befahrbarkeit der Wasserstraßen auch unter den Randbedingungen reduzierter Abflüsse zu ermöglichen, kommt der Weiterentwicklung und dem Einsatz telematischer Informationssysteme und der kontinuierlichen Bereitstellung hochwertiger aktueller Daten insbesondere zu Gewässergeomorphologie und Wasserspiegel besondere Bedeutung zu.

Literatur

Baptist, MJ (2005): Modelling Floodplain Biogeomorphology, Delft University Press, 193 S.

BAW MITTEILUNG SHEFT 90, (2007): Wasserbauliches Versuchswesen

Bij de Vaate, A., Klink, A.G., Greijdanus-Klaas, M., Jans, L.H., Oosterbann, J., Kok, F.

(2007): Effects of Habitat Restoration on the Macroinvertebrate Fauna in Foreland along the River Waal, the main Distributary in the Rhine Delta. *River. Res. Appl.* 23: 171-183

BMVBS (2007): Zukunft gestalten im Zeichen des Klimawandels – 1. Schifffahrt und Wasserstraßen, Bestandsaufnahme. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (im Druck).

Casulli V, Zanolli P. (2002): Semi-implicit numerical modelling of non-hydrostatic free-surface flows for environmental problems. *Mathematical and Computer Modelling* 2002; 36:1131--1149.

- Casulli, V., Lang, G. (2004): Mathematical model UnTRIM, Validation Document. Technical report, Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg. Version 1.0.
- Griebel, M., Dornseifer, T., Neunhoeffler, T. (1998): Numerical Simulation in Fluid Dynamics, a Practical Introduction, SIAM, Philadelphia, 1998
- Hervouet, J.-M. and Bates, P. (2000): The Telemac Modelling System. Hydrol. Process. 14, Issue 13
- Kolarov, P. (2006): Simulation von Schiffsbewegungen im Fließgewässer, Bericht 3-2006, Universität Rostock, Shaker Verlag Aachen..
- Malcherek, A., Piechotta, F., Knoch, D. (2005): Mathematical module Sedimorph: Validation Document. Technical Report, Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg. Version 1.1.
- Rijkswaterstaat (2004): Evaluatie nevengeulen Gemeensche Waard 1996 – 2002; RIZA rapport 2004.24
- Stamm, J., Schmidt, A. (2006): Geschiebemanagement an schiffbaren Flüssen. Internationales Wasserbausymposium Aachen 2006: Spannungsfeld Fließgewässer. Mitteilungen 146, S. F/1-27.
- Strybny, J., Thorenz, C., Croce, R., Engel, M. (2006): A Parallel 3D Free Surface Navier-Stokes Solver for High Performance Computing at the German Waterways Administration. ICHE, Philadelphia, Sept. 10 – Sept. 13. 2006.