

Zwischen Überflutungsschutz und Gewässerentwicklung – gemeinsame hydraulische Bewertung von Kanalnetz und Einleitgewässer

Boris Richter*, Frauke Kachholz**, Henri Hoche***,
Sebastian Foth****

Universität Rostock, *Professur für Wasserwirtschaft, **Professur für Hydrologie

***Eurawasser Nord GmbH

****Wasser und Bodenverband „Unterer Warnow-Küste“

1 Einleitung und Zielstellung

1.1 Veranlassung

Seit Anbeginn der menschlichen Siedlungsgeschichte sind das Gewässer und der Mensch unzertrennlich miteinander verbunden. Da wo der Mensch vor ca. 4.000 Jahren sesshaft wurde, war ein Gewässer nicht weit. Daher sind Konflikte zwischen Mensch und Gewässer ständige Begleiter unserer Zivilisation. In der jüngeren Vergangenheit der Siedlungswasserwirtschaft sind immer öfter Schlagwörter wie beispielsweise „Starkregen“, „Hochwassermanagement“, „urbane Überflutungsvorsorge“ und „kommunales Risikomanagement“ im Fokus der öffentlichen und fachlichen Diskussion anzutreffen.

Ohne Zweifel ist in der Siedlungswasserwirtschaft diese inhaltliche Auseinandersetzung zum Schutz der Bevölkerung vor Hochwasser, aber auch zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen eines der wichtigsten Aufgabenfelder. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge sowie einer Vielzahl an Einflussfaktoren auf ein urban geprägtes Gewässer besteht nach wie vor wissenschaftlicher Forschungsbedarf in diesem Aufgabenfeld. Dies hat auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) erkannt und im Rahmenprogramm für nachhaltige Entwicklung (FONA³) ein Förderprogramm für ein „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland“ (ReWaM) aufgestellt.

1.2 Regionale Forschung in Kooperation mit den Vorhabenträgern

Im Rahmen des ReWaM-Forschungsvorhabens existieren mehrere Verbundprojekte, die sich unter anderem mit dem Thema Hochwassermanagement sowie Gewässerentwicklung auseinandersetzen.

Eines dieser Verbundprojekte ist das Projekt „KOGGE“ (**K**ommunale **G**ewässer **g**emeinschaftlich **e**ntwickeln im urbanen Raum), welches sich konkret mit der Fragestellung Überflutungsschutz im urbanen Raum versus Gewässerentwicklung im urbanen Raum auseinandersetzt. Gerade für Kleingewässer in urbanen Gebieten existieren keine klaren Bewertungsmaßstäbe, da diese bisher nicht nach EU-Wasserrahmenrichtlinie berichtspflichtig sind. Jedoch erfüllen gerade diese wichtigen Funktionen zur Entwässerung des Siedlungsgebietes, als Lebensraum für wassergebundene Flora und Fauna, sowie als Erlebnis- und Erholungsraum für die Bevölkerung.

Aus Sicht der Unterhaltung sind es sind die kleinen Gewässer, die den Großteil des Einzugsgebiets (EZG) berichtspflichtiger Gewässer prägen. Gewässer 2. Ordnung, die auf Grund von nachgewiesenen Defiziten durch Unterhaltungspflichten und/oder Ausbaumaßnahmen in ihrer Funktionalität aufgewertet werden sollen, müssen daher in ihrer Eigenentwicklung begleitet werden, um die angestrebten Ziele zu erreichen (Thiele, Wanke 2009).

Bis heute werden vielfach die drei Funktionen eines Gewässers fachlich separat voneinander thematisiert, diskutiert und betrachtet. Aber auch innerhalb der einzelnen Funktionen erfolgt wiederum eine getrennte Betrachtung der einzelnen Kriterien.

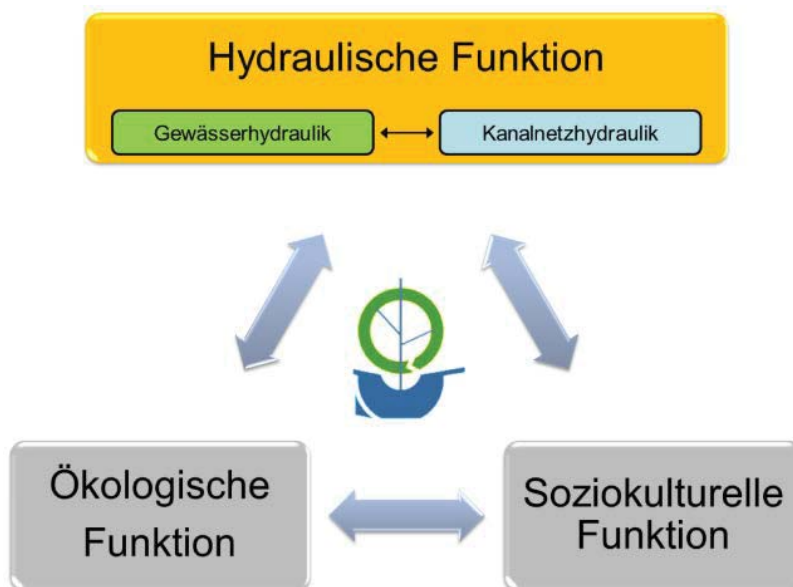


Abbildung 1: Funktionen eines Gewässers

1.3 Hydraulische Funktion – Wechselwirkung zwischen Kanalnetz und Fließgewässer

Da hier der Schwerpunkt auf die hydraulische Funktion gelegt wird, soll am Beispiel der hydraulischen Bewertung diese Problematik kurz dargestellt werden. Die angesprochene thematische Trennung beginnt bereits bei der juristischen Verantwortlichkeit für die Bewirtschaftung und Instandhaltung von Kanalnetzen und Gewässern.

Diese Trennung ist historisch gewachsen und bis dato überall in Deutschland anzutreffen. So befinden sich i.d.R. Abwasserzweckverbände oder Kommunen in der Verantwortung für die Entwässerung von Siedlungsflächen, hingegen liegen die Vorflutgewässer zur Entwässerung ländlicher Flächen zumeist in der Verantwortung der Umweltbehörden bzw. Wasser- und Bodenverbände.

Die Entscheidung des jeweiligen Wasser- und Bodenverbandes über die Unterhaltung eines Gewässers 2. Ordnung richtet sich in erster Linie nach den individuellen hydraulischen Anforderungen. Diese ergeben sich aus der Beschaffenheit des Einzugsgebietes sowie den dortigen Nutzungsverhältnissen und bedingen das jeweilige Ausbauprofil des Gewässers. Zudem spielt in diesem Zusammenhang das Schadenspotential eine Rolle. So fließt bei der Entscheidung mit ein, ob das EZG von der Siedlungsstruktur her ländlich oder urban geprägt ist. Die Sicherung des Abflusses ist dabei ebenso wichtig wie die Förderung der Eigenentwicklung (biota, 2015).

In Stadtgebieten treffen nun Kanalisation und Vorflutgewässer unweigerlich aufeinander und verschmelzen ggf. sogar miteinander. So wird aus einem Fließgewässer schnell eine Anlage mit doppelter Funktion (Multifunktionsanlage). Mit diesem fließenden Übergang entsteht gleichzeitig ein Konflikt innerhalb der juristischen Verantwortlichkeit. Aber nicht nur dort, auch bei der hydraulischen Betrachtung kommen rasant fachliche Probleme auf, da die geltenden Berechnungsansätze nach jeweiligem Regelwerk (DVWK-M 220/1991; DWA-A 118) nicht mehr greifen. Diese Probleme führen sich oftmals fort in der öffentlichen und medialen Diskussion bei auftretenden Überflutungsereignissen im urbanen Bereich. Der Umgang mit verrohrten Gewässern 2. Ordnung, welche als Multifunktionsanlagen dienen, gestaltet sich in enger Zusammenarbeit zwischen der Unteren Wasserbehörde und dem Wasser- und Bodenverband. Im Zuge geplanter Ausbaumaßnahmen erfolgt die Einschätzung der Belastbarkeit bestehender Kanalsysteme aus hydraulischer Sicht. Unerlässlich sind dabei die Datenbasis sowie die Erfahrungen des WBV hinsichtlich der unterhaltenen Vorflutgewässer.

Durch konkrete Berechnungsansätze sowie eine bilaterale Kopplung der EZG lassen sich die Einschätzung und Beurteilung einzelner Belastungen/Lastfälle möglicherweise vereinfachen sowie das Spektrum an erforderlichen Maßnahmen erweitern.

Die Realität sieht aber anders aus. Dem Regentropfen, der aus der Wolke hinab zur Erde fällt, ist es vollkommen gleich in welcher Zuständigkeit er auf die Oberfläche gelangt. Er folgt dem Weg des Wassers, letztendlich egal wie lange der Weg auch ist, bis ins Meer. Objektiv und damit realistisch betrachtet stehen der Überflutungsschutz und der Gewässerschutz in ständiger Interaktion zueinander. Aus diesem Grund ist unter anderem auch eine gemeinsame hydraulische Bewertung von Kanalnetz und Gewässer notwendig. Ziel muss es zukünftig sein, die Wechselwirkungen von Kanalnetzen und Vorflutgewässer modellieren zu können, um ein Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge, welches durch die DWA-M 119 gefordert wird, etablieren zu können. Dies kann ausschließlich über eine bilaterale Kopplung von Kanalnetzmodellen und Gewässermodellen erreicht werden. Besteht eine bilaterale Modellkopplung, so ist der Grundstein zur gemeinsamen hydraulischen Bewertung gelegt und die bis dato existierende Trennung aufgehoben.

2 Methode

Ziel einer bilateralen Kopplung von Kanalnetz und Fließgewässer ist es, einerseits die hydraulische Belastung der urbanen Fließgewässerabschnitte durch das Trennsystem sowie andererseits die Rückkopplung aus dem Fließgewässernetz zu erfassen, da auch ein erhöhter Wasserstand im Vorflutgewässer die Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes beeinträchtigen kann. Die Dimensionen konnte bisher, ohne eine Kopplung beider Systeme, nur schwer ermittelt werden. Daher ist gerade für die stark vernetzten norddeutschen Entwässerungssysteme, die oft durch ein geringes Gefälle geprägt sind, eine gekoppelte Betrachtung ratsam. Der aktuelle Stand der Technik ermöglicht die Modellkopplung, da die notwendigen Ressourcen in Form von Hardware- sowie Softwareprodukten verfügbar sind (Busch, 2012).

Für die Beschreibung der Wirkungsweise der bilateralen Kopplung zwischen Kanalnetz und Fließgewässer wurde ein Gewässerabschnitt des Schmarler Baches ausgewählt, der ein rein ländliches sowie ein relativ homogenes, urbanes Einzugsgebiet aufweist.

Es wurde ganz bewusst auf die Modellierung des gesamten Gewässers verzichtet, da andere Abschnitte des Schmarler Baches gemischte Einzugsgebiete aufweisen, welche die zu zeigenden Effekte mit Unschärfen beeinträchtigt hätten. Die Grenze zwischen dem ländlichen und urbanen Einzugsgebiet ist in der Abbildung 2 ersichtlich.

2.1 Oberflächenmodell des urbanen Einzugsgebietes

Das Rainfall-Runoff-Modell des urbanen Einzugsgebiets wurde mit MIKE URBAN by DHI erstellt. Die an das Kanalnetz angeschlossenen Flächen wurden mit Hilfe der vorhandenen Realnutzungskartierung bestimmt. So erhielt jedes Teilnetz sein spezifisches Einzugsgebiet. Die Teileinzugsgebiete wurden jedem Schacht eineindeutig durch Thiessen-Polygone zugeordnet. Der Versiegelungsgrad wurde flächengewichtet durch Verschneidung mit der Realnutzungskartierung für jedes Teileinzugsgebiet bestimmt.

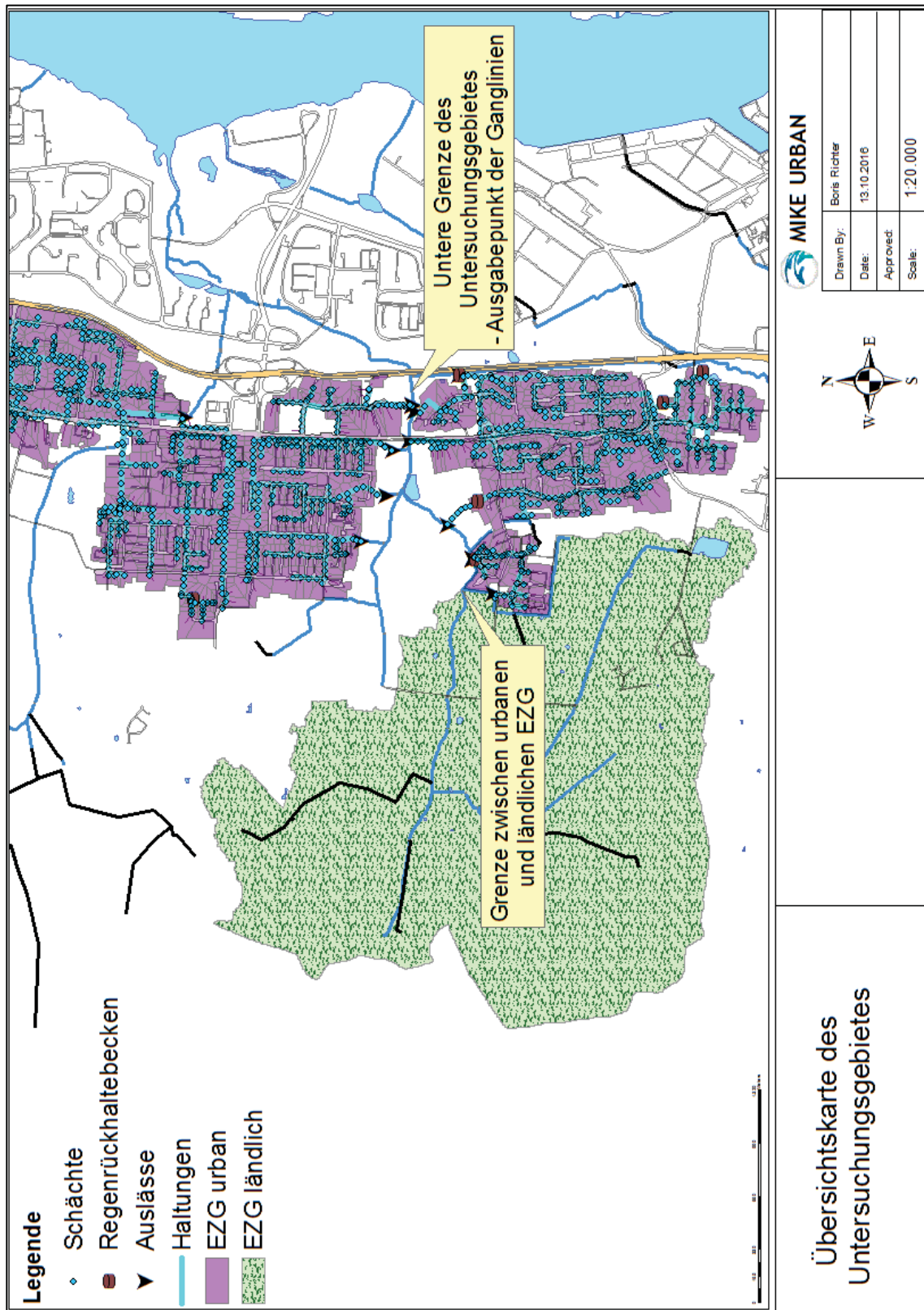


Abbildung 2: Übersichtskarte Untersuchungsgebiet – Datengrundlage von EURAWASSER und biota bereitgestellt

2.2 Hydrologisches Modell des ländlichen Einzugsgebietes

Für das oberhalb liegende, ländlich geprägte Einzugsgebiet des Schmarler Baches wurde unter Nutzung der Software MIKE SHE by DHI ein Niederschlags-Abflussmodell aufgestellt. Das Einzugsgebiet ist 6,5 km² groß und wird maßgeblich durch Landwirtschaft und Obstbau geprägt. Grundlegend besteht das Modell aus verschiedenen Teilmodellen, dem Klima-, dem Oberflächenabfluss-, dem Boden- und dem Grundwassermodell. Außerdem hält es eine Schnittstelle für das Fließgewässermodell bereit, welches mithilfe der Software MIKE 11 abgebildet wird.

Das Klima-Modul dient maßgeblich der Ermittlung der landnutzungsabhängigen, realen Evapotranspiration, welche sich aus der Transpiration der Pflanzen, der Interzeption und der Evaporation der Bodenoberfläche zusammensetzt. Eine wichtige Eingangsgröße ist hierbei die Grasreferenzverdunstung, die anhand der Daten der Lysimeterstation Groß Lüsewitz (ca. 30 km östlich vom Modellegebiet) berechnet wurde.

Der Niederschlagsanteil, der nicht direkt verdunstet, wird an das Oberflächenmodell übergeben. Hier wird in Abhängigkeit von Geländegefälle, Oberflächenrauigkeit und Bodenleitfähigkeit berechnet, welcher Anteil des auftreffenden Niederschlags oberflächlich abfließt, in Mulden gespeichert wird oder infiltriert und damit in die Bodenzone gelangt. Bodenparameter, wie die Wasserleitfähigkeit und die Lagerungsdichte, wurden auf Grundlage der vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V bereitgestellten Konzeptbodenkarte im Maßstab 1:25.000 bestimmt.

Das Schichtmodell der gesättigten Grundwasserzone wird anhand der Landesbohrdaten erstellt. So besteht der Untergrund im Einzugsgebiet hauptsächlich aus Geschiebemergel. Ein flächendeckender oberflächennaher Grundwasserleiter ist nicht vorhanden. Das Grundwasser reagiert entsprechend träge auf die Dynamik der Niederschläge.

2.3. Hydraulisches Modell des Kanalnetzes

Das 1D Kanalnetzmodell wurde ebenfalls mit MIKE URBAN by DHI erstellt. Dabei wurde das Kanalnetz zu einem Grobnetz vereinfacht, um die Modellstabilität zu erhöhen. Insbesondere für Haltungen kleinerer Dimensionen ist der Datenbestand teils lückenhaft. Für die Netzvereinfachung wurden alle Haltungen kleiner DN 300 entfernt. Das Rainfall-Runoff-Modell wurde daher für das betreffende Stadtgebiet anhand der Grobnetzstruktur aufgebaut.

Die Widerstandsbeiwerte sind haltungsspezifisch anhand des Materialtyps zugeordnet.

2.4 Hydraulisches Modell des Fließgewässers

Das 1D Modell des Fließgewässers wurde mit MIKE 11 by DHI erstellt. Es beruht auf den gleichen Berechnungsansätzen des Kanalnetzes und ist mit diesem koppelbar. Die Querprofile bzw. Sonderbauwerke wurden zuvor terrestrisch vermessen und in das Modell eingearbeitet. Der MANNING-STRICKLER-Beiwerte (k_{st}) wurde mit $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ festgelegt. Dies entspricht nach EINSTEIN/HORTON einem Fließgewässer mit Grasbewuchs an der Böschung und Verkrautung im Sohlbereich.

2.5 Bemessungsregen

Der Bemessungsregen wurde nach dem KOSTRA-DWD-2000 generiert. Der Verlauf des Regenereignisses entspricht dem Modellregen nach EULER Typ 2. Inwieweit eine Aktualisierung nach dem neuen Atlas (KOSTRA-DWD-2010) im laufenden Projektbetrieb sinnvoll ist, wird derzeit geprüft. In dieser Untersuchung wurden keine Klimazuschläge angewendet, da der aktuelle Zustand für eine methodische Analyse ausreichend ist. Dieses Paper spiegelt den aktuellen Forschungsstand des Projektes KOGGE wider und sollte daher als methodisches Zwischenkonzept verstanden werden, das die Möglichkeiten einer gekoppelten hydraulischen Modellierung aufzeigt. Nachhaltige Ergebnisse können erst nach Projektende ausgegeben werden (1. Quartal 2018). Bis dahin werden auch verschiedene Szenarien simuliert, um mögliche Entwicklungen hinsichtlich des Klimawandels bzw. potentieller Neubebauung zu berücksichtigen.

Festlegung des Wiederkehrintervalls

Aufgrund der komplexen Vernetzung zwischen Kanalnetz und Fließgewässer ist eine eindeutige Zuordnung des relevanten Bemessungsregens à priori nicht möglich. Wie bereits erläutert, gelten für Fließgewässer meist strengere Auflagen. In einer gekoppelten Simulation ist es jedoch wenig sinnvoll, das Einzugsgebiet des Kanalnetzes mit einem 100-jährigen Regenereignis zu simulieren, da das System nicht für solch starke Niederschlagsintensitäten ausgelegt bzw. dimensioniert wird. Die Folge wäre ein durchgängiges Versagen des Entwässerungssystems. Ziel ist es jedoch, die Schwachstellen des Kanalnetzes, insbesondere bei Rückstauverhältnissen, zu identifizieren.

In dieser Untersuchung wurde daher das Wiederkehrintervall 20 Jahre gewählt, was auch der geforderten Überflutungssicherheit für Wohngebiete nach DIN EN 752-2 entspricht. Eine 2D-Überflutungsmodellierung ist noch nicht Bestandteil dieser Studie. Eine potentielle Überflutungsgefährdung wird in diesem Modell ab einem Überstau von 15 cm über Geländeoberkante angenommen, da diese Höhe in etwa einem Hochbord im Straßenbereich entspricht. Die Idee besteht darin, dass sich bei Überschreiten dieser 15 cm Marke das Stauwasser aus dem Straßenbereich oberirdisch in die anliegenden Grundstücke verteilt. Inwieweit diese vorläufig festgelegte Marke belastbar ist, wird innerhalb des Projektes parallel für ausgewählte Lupengebiete durch gekoppelte 2D Modellierung untersucht. Die Ergebnisse sind noch nicht verfügbar.

Bestimmung der Dauerstufe

Da der Bemessungsregen für die Einzugsgebiete im vernetzten Modell-gebiet global angewendet werden soll, wurden zwei Varianten mit unterschiedlicher Regendauer ausgewählt, die sich aus dem Abflussverhalten des ländlichen sowie des urbanen Einzugsgebietes begründen.

Die Variante 1 (V1) ist aus den Vorgaben der urbanen Einzugsgebiete abgeleitet. Nach Tabelle 1 wird für die an das Trennsystem angeschlossenen Flächen eine Dauerstufe von 15 min angesetzt. Das urbane Einzugsgebiet ist hauptsächlich durch Plattenbausiedlungen geprägt, die einen großen Grünflächenanteil aufweisen. Das Oberflächengefälle ist ebenfalls sehr gering.

Tabelle 1: Nach Tabelle 4. DWA A 118 (Bröker 2006)

Mittlere Geländeneigung	Befestigung	Kürzeste Regendauer
< 1%	≤ 50%	15 min
	> 50%	10 min
1 % bis 4 %		10 min
> 4 %	≤ 50%	10 min
	> 50%	5 min

Die Variante 2 (V2) wurde zusätzlich in die Untersuchung aufgenommen, um die mögliche Überlagerung der Abflusswellen aus dem Siedlungsgebiet und dem langsam reagierenden ländlichen Einzugsgebiet im gekoppelten System zu prüfen. Als maßgebliches Niederschlagsereignis wurde ein 6-stündiger Regen mit einem Wiederkehrintervall von 20 Jahren gewählt.

Dabei entspricht die gewählte Dauer der hydrologisch ermittelten Konzentrationszeit des ländlichen Einzugsgebiets, also der Fließzeit, die ein Wasserpartikel benötigt, um vom entferntesten Punkt des Einzugsgebietes zum Gebietsauslass zu gelangen. Zu diesem Zeitpunkt kommen die Abflussanteile aller Teilflächen gleichzeitig im Auslassprofil an, womit maximale Scheitelabflusswerte erreicht werden. Dieser Theorie liegt die Annahme zugrunde, dass das Einzugsgebiet gleichmäßig und vollständig überregnet wird.

Vergleich der Modellregen von Variante 1 und 2

Bei beiden Varianten beginnt das Ereignis 6 Stunden nach Simulationsbeginn (entspricht der dargestellten Uhrzeit). Somit hat das gekoppelte Modell die Möglichkeit, sich einzuschwingen. Ein gekoppelter Hotstart beider Systeme ist bisher nicht möglich. Während der Einschwingphase strömt das Wasser aus dem Fließgewässer in das Kanalnetz, um alle erreichbaren Senken (Haltungen und Schächte) zu füllen. Die Wasserstände an den Übergabepunkten (Auslässe) sind nach dem Einschwingen identisch. Somit entspricht der Wasserstand des Auslasses vom Kanalnetz dem des Einlasses im Fließgewässer.

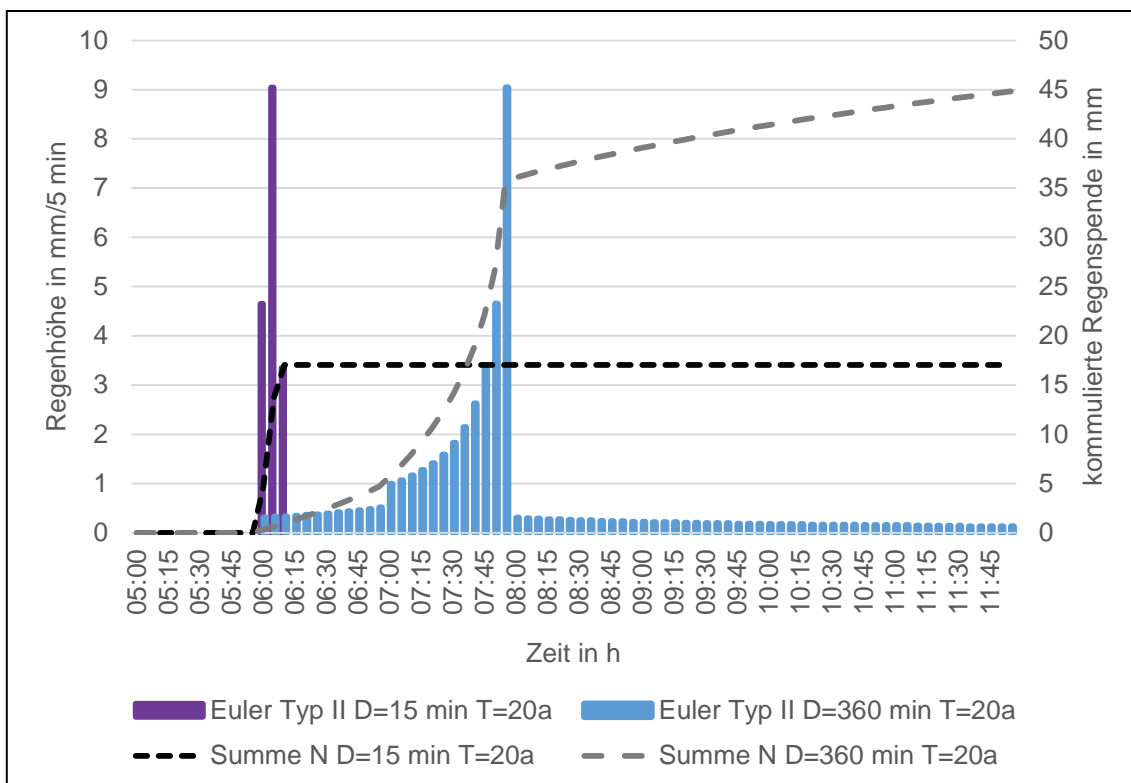


Abbildung 3: Vergleich der Modellregen Variante 1 und Variante 2

Die maximale Intensität ist allein von dem Wiederkehrintervall abhängig und ist dementsprechend für beide Modellregen identisch. Das gesamte Abflussvolumen ist durch die Dauerstufe geprägt und in der Abbildung 3 als kumulierte Regenspende dargestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Einfluss der Kopplung auf das Fließgewässer (Vorflut)

Die Abbildung 4 zeigt die Zeitserien der zwei Varianten. Diese wurde für den Flusskilometer 2405 des Schmarler Bachs aufgenommen und beinhalten die Wasserstände in Abhängigkeit vom Modellregen am letzten talseitigen Querprofil des Untersuchungsgebietes. Die genaue Lage ist in der Karte (Abb. 2) eingezeichnet. Dieser Ausgabepunkt wurde beabsichtigt gewählt, um eine vergleichende Auswertung der urbanen sowie ländlichen Welle gleichermaßen zu ermöglichen.

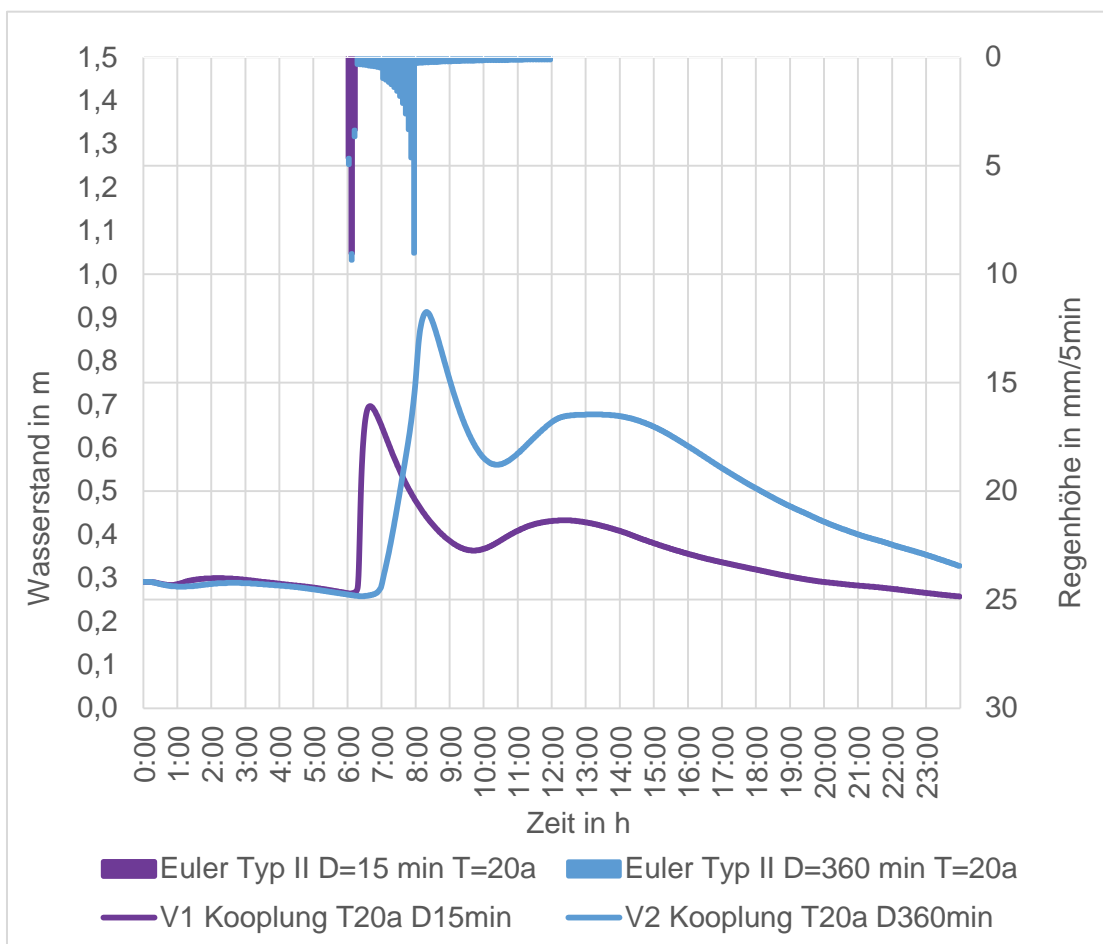


Abbildung 4: Vergleich der Ganglinien des Wasserstandes an Flusskilometer 2407

Die Primärachse bildet die Wasserstände in Abhängigkeit von der Zeit ab. Die Sekundärachse zeigt den in Abbildung 3 erläuterten variantenbezogenen Eingangsregen. Der Modellregen V2 mit der deutlich längeren Dauerstufe von 6h führt zu einer höheren Amplitude des Hochwasserscheitelpunktes. Sowohl der erste Peak, der durch das urbane Einzugsgebiet gespeist wird als auch der zweite Peak, der die Hochwasserwelle des ländlichen Einzugsgebiets beschreibt, überragt die der Variante 1. Beide Ganglinien ähneln sich in Form und Ausprägung. Die ländliche Welle folgt in diesem speziellen Untersuchungsgebiet der urbanen Welle. Auch der zeitliche Versatz zwischen den Peaks ist bei beiden Varianten nahezu identisch.

Es stellt sich die Frage ob, insbesondere bei Variante 2, sich die ländliche Hochwasserwelle mit der urbanen Welle vereinigt und somit zu einer Verschärfung der Hochwassersituation führt. Um dies näher zu prüfen wurden neben der gekoppelten Variante auch zwei Zusatzvarianten untersucht, wobei jeweils das urbane bzw. ländliche Einzugsgebiet aus dem Gesamtmodell ausgeschnitten wurde. Dadurch konnte die urbane bzw. ländliche Welle separat abgebildet werden. Die hydraulischen Transportmodelle blieben gekoppelt, um gegenseitige Wechselwirkungen berücksichtigen zu können.

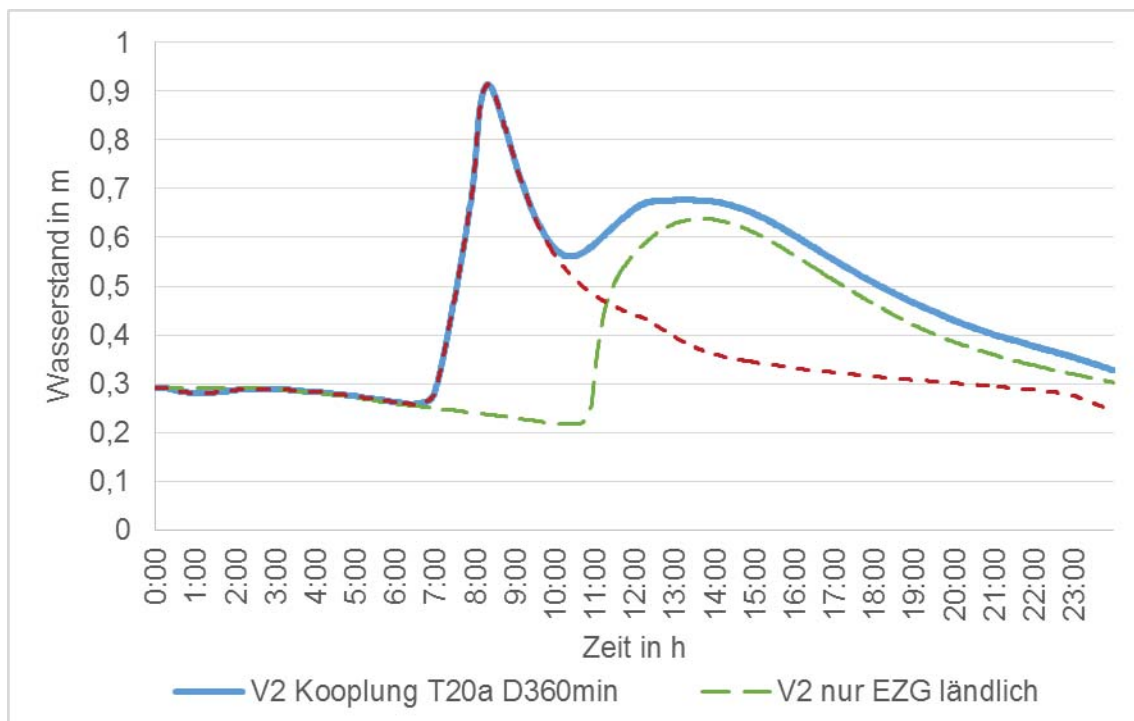


Abbildung 5: Detaillierte Untersuchung der Einzugsgebiet spezifischen Ganglinien

Das Ergebnis der detaillierten Untersuchung der ursachengerechten Hochwasserwelle wird in Abbildung 5 dargestellt. Die urbane Hochwasserwelle (1. Peak) wird bei diesem Regenereignis durch die ländliche Welle nicht beeinflusst. Der maximale Peak wird nur durch die urbane Welle geformt. Dies liegt in diesem konkreten Fall an der besonderen Niederschlagsdynamik des Modellregens, welcher selbst bei langen Dauerstufen die höchste Amplitude auf den Niederschlagsbeginn setzt. Auch bei einer längeren Dauerstufe wird es bei einem Modellregen nach dem Euler Typ II nicht dazu kommen, dass sich die ländliche Welle unter die urbane schiebt. Ein Blockregen bzw. eine Modellregengruppe könnte zu völlig anderen Ergebnissen führen, da eine gegenseitige Beeinflussung der Hochwasserwellen dann denkbarer wäre. Dies soll in nachfolgenden Untersuchungen innerhalb des Forschungsprojektes näher untersucht werden. Ziel soll es sein, durch weitere Untersuchungen den für das konkrete System wirklich kritischen Bemessungsregen zu identifizieren, der ggf. auch bei relativ geringer Intensität bzw. kurzem Wiederkehrintervall zu relevanten Gefährdungssituationen führen kann.

3.2 Einfluss der Kopplung auf das Kanalnetz

Der Großteil der Hansestadt Rostock wird durch ein Trennsystem entwässert. Die Warnow bildet als Vorflut die Ausnahme. Die Auslässe des Kanalnetzes münden hauptsächlich in Gewässer zweiter Ordnung.

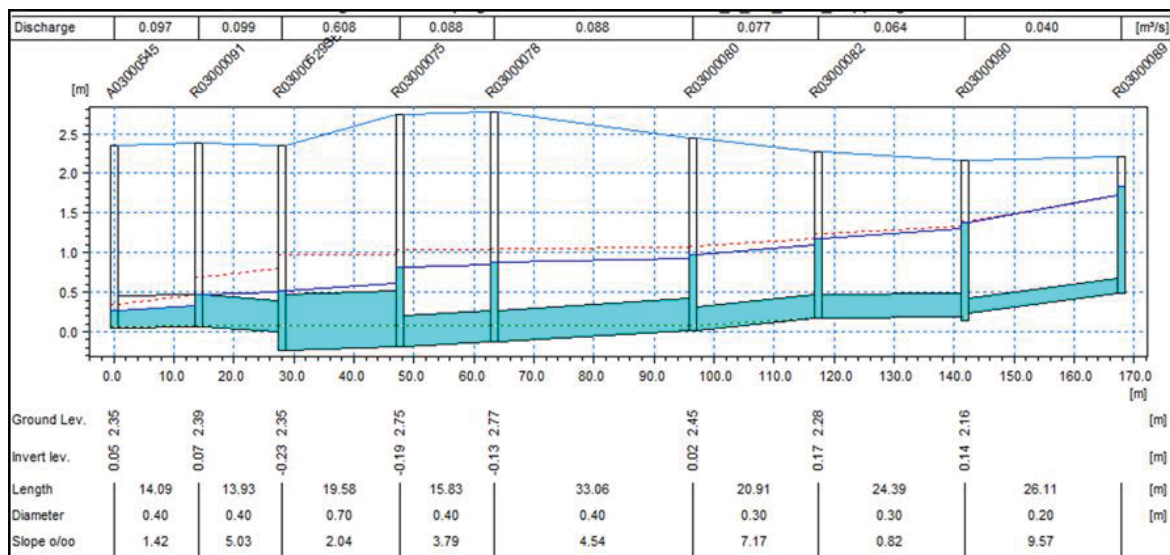


Abbildung 6: Längsprofil des Kanalnetzes Modellregen V1 – ohne Rückstau

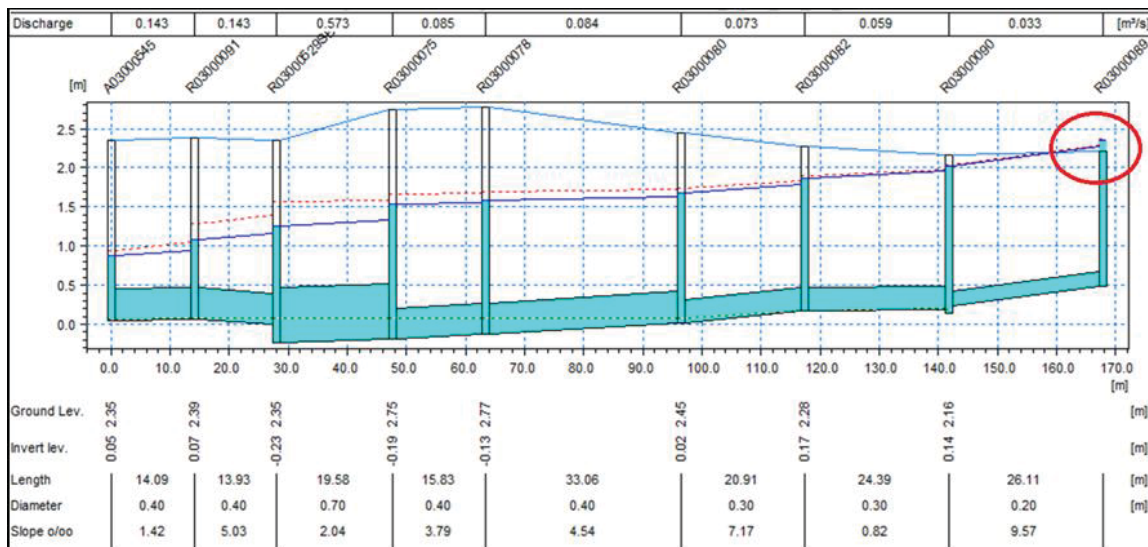


Abbildung 7: Längsprofil des Kanalnetzes Modellregen V1 – mit Rückstau aus dem FG

Es konnte keine Beeinträchtigung der Abflusskapazität des Kanalnetzes simuliert werden, da in den Varianten V1 und V2 die ländliche Welle stets der urbanen Welle folgte. Es wurden jedoch in der Realität Zustände beobachtet, die auf Rückstau aus dem Fließgewässer hinweisen. Diese Situation wird im folgenden Szenario näher untersucht.

Dabei wurde das Fließgewässer zunächst mit dem Modellregen V2 beschickt. Durch die flache, langgestreckte ländliche Hochwasserwelle wurde ein Mindestabfluss von 0,5 m³/s über eine Dauer von ca. 4,5h generiert. Dabei stellte sich ein Pegel von ca. 0,9 m über NN über einen Zeitraum 2h ein. Innerhalb dieses Zeitfensters wurde das Einzugsgebiet mit dem Modellregen V1 beregnet.

Die Abbildung 6 und Abbildung 7 verdeutlichen den Einfluss des Rückstaus. Das Kanalnetz wäre ohne Rückstau aus dem Vorfluter in der Lage, den Modellregen V1 ohne Überstau abzuführen. Bei diesem Szenario kommt es jedoch unter Rückstaubedingungen in der gekoppelten Simulation zu einem Versagen des Entwässerungsnetzes. Der Schacht ganz rechts in der Abbildung 6 hat eine Wassersäule von ca. 20 cm über Geländeoberkante. Unter solchen Bedingungen kann es bereits zu räumlich begrenzten Überflutungen kommen, obwohl das Gewässer nicht über die Ufer tritt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Am hier vorgestellten Beispiel des sowohl ländlich als auch urban geprägten Schmarler Baches konnte dargestellt werden, dass eine bilaterale Kopplung zwischen dem urban geprägten Kanalnetz und dem ländlich geprägten Fließgewässer, besonders für stark vernetzte Entwässerungssysteme, im norddeutschen Tiefland empfehlenswert ist, um die Vorgaben für ein kommunales Risikomanagement nach DWA-M 119 umzusetzen. Für das Modellgebiet konnten die hydraulischen Wechselwirkungen simuliert werden, die unter bestimmten negativen Randbedingungen zu einer Verschärfung der Hochwassersituation führen. Damit stellt sich grundsätzlich die Frage, ob der von der DWA-A 118 empfohlene Modellregen nach EULER Typ II für die gemeinsame Betrachtung von Kanalnetz und Fließgewässer ausreichend ist.

In dieser Fragestellung besteht noch weiterer Forschungsbedarf. Insbesondere die Modellierung mit regional spezifischen Modellregengruppen bzw. Blockregen in unterschiedlichen Dauerstufen und Intensitäten ist notwendig, um kritische Rückkopplungen der Entwässerungssysteme zu identifizieren.

Die gekoppelte Modellierung hat aufgezeigt, dass in niedrig gelegenen urbanen Gebieten der Rückstau aus einem Fließgewässer die Abflusskapazität des Kanalnetzes soweit beeinträchtigen kann, dass ein kritischer Überstau (>15 cm über GOK) auch mehrere hundert Meter entfernt indirekt durch den Vorfluter verursacht werden kann.

5 Literatur

- BIOTA. 2015. „Gewässerentwicklungs- und Pflegeplan (GEPP), Gewässerabschnitt des Radelbach zwischen den Ortslagen Rövershagen und Niederhagen (BA 2) sowie Niederhagen und Kreisverkehr L22 (BA 1.1).“.
- Bröker, Holger W. 2006. Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. März 2006. DWA-Regelwerk : A, Arbeitsblatt 118. Hennef: DWA Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser und Abfall.
- Busch, Martin. 2012. Zur effizienten Kopplung von Simulationsprogrammen. Kassel: Kassel University Press. Zugl. Kassel, Univ., Diss., 2012. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0002-32978>.
- Coupling Modelling of Urban Development and Flood Risk – an Attempt for a Combined Software Framework. 2015.

- DHI. 2014. „MIKE 11: A Modelling System for Rivers and Channels.“ Reference Manual.
- Eckhardt, Klaus. 2014. Hydrologische Modellierung - Ein Einstieg mithilfe von Excel. Berlin [u.a.]: Springer Spektrum.
- Fletcher, Tim D. und A. Deletic. 2007. Data requirements for integrated urban water management. Urban water series - UNESCO-IHP v. 1. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Gichamo, T. Z., I. Popescu, A. Jonoski und D. Solomatine. 2012. „River cross-section extraction from the ASTER global DEM for flood modeling.“ *Environmental Modelling & Software* 31:37–46.
- Jeppson, Roland W. 2011. Open channel flow: Numerical methods and computer applications. Boca Raton, FL: CRC Press.
- LfU Teil2. 2002. „Hydraulik naturnaher Fließgewässer: Teil 2 – Neue Berechnungsverfahren für naturnahe Gewässerstrukturen.“
- Li Chuanqi und Wang Wei. 2012. „Urban flood modeling using 1D-2D coupled Hydraulic Models.“ *DISASTER ADVANCES* 5 (4): 1086–90.
- Morgenschweis, Gerd. 2010. Hydrometrie: Theorie und Praxis der Durchflussmessung in offenen Gerinnen. VDI-Buch. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Proverbs, D., C. A. Brebbia und E. Penning-Rowsell, Hg. 2008. FLOOD RECOVERY, INNOVATION AND RESPONSE 2008.
- Samuels, Paul. 2008. Flood Risk Management: Research and Practice. Hoboken: CRC Press.
- Sole, A., L. Giosa, L. Nolè, V. Medina und A. Bateman. „Flood risk modelling with LiDAR technology.“ In FLOOD RECOVERY, INNOVATION AND RESPONSE 2008, hg. v. D. Proverbs, C. A. Brebbia und E. Penning-Rowsell, 27–36.
- Thiele, V. und H. Wanke. 2009. „Wasser und Abfall: Dynamik der Wiederbesiedlung eines stark degradierten Gewässerabschnittes bei unterschiedlichen Sanierungsverfahren.“ (5).
- Universität Karlsruhe (TH), Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik. „Hydraulik naturnaher Fließgewässer: Teil 1 – Grundlagen und empirische hydraulische Berechnungsverfahren.“

M.Sc. Boris Richter
Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Professur für Wasserwirtschaft
Satower Straße 48
18059 Rostock
Tel.: +49 (0) 381 / 498 3469
Fax: +49 (0) 381 / 498 3462
E-Mail: boris.richter@uni-rostock.de

M.Sc. Frauke Kachholz
Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Professur für Hydrologie
Satower Straße 48
18059 Rostock
Tel.: +49 (0) 381 / 498 3470
Fax: +49 (0) 381 / 498 3462
E-Mail: frauке.kachholz@uni-rostock.de

Dipl.-Ing. Henri Hoche
Eurawasser Nord GmbH
Carl-Hopp-Straße 1
18069 Rostock
Tel.: +49 (0) 381 / 8072 - 846
Fax: +49 (0) 381 / 8072 - 372
E-Mail: henri.hoche@eurawasser.de

M.Sc. Sebastian Foth
Wasser- und Bodenverband
Untere Warnow-Küste
Alt Bartelsdorfer Straße 18a
18146 Rostock
Tel.: +49 (0) 381 / 4909768
Fax: +49 (0) 381 / 44024612
E-Mail: sebastian.foth@wbv-mv.de