

4/2018



Veranstaltungen

Gewässergütemodellierung:
Trends und Perspektiven

6. Workshop am 23./24. Oktober 2018 in Koblenz

Koblenz, Oktober 2018

Impressum

Herausgeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz
Tel.: +49 (0)261 1306-0
Fax: +49 (0)261 1306 5302
E-Mail: posteingang@bafg.de
Internet: <http://www.bafg.de>

Druck: Druckerei des BMVI

ISSN 1866 – 220X

DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2018.4

Zitiervorschlag:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Gewässergütemodellierung: Trends und Perspektiven.
6. Workshop am 23./24. Oktober 2018 in Koblenz. – Veranstaltungen 4/2018, Koblenz, Oktober 2018,
44 S.; DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2018.4

Inhalt

Einleitung.....	5
Einsatz der Gewässermodellierung in Wissenschaft und Praxis – Übersicht zu Modellsystemen und den räumlichen und zeitlichen Anwendungsbereichen	7
Florian Blaswich und André Niemann	
Evaluierung von Nährstoffbilanzmodellen für die zukünftige Flussgebietsbewirtschaftung	9
Michael Rode, Jeanette Völker, Thomas Grau, Dietrich Borchardt, Michael Trepel und Gregor Ollesch	
Instationärer Bilanzausgleich in HYDRAX am Beispiel der staugeregelten Berliner Gewässer	11
Frank Schumacher	
Reduzierung der Effekte von Mischwasserüberläufen durch Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung – eine Modellstudie	13
Mathias Riechel, Andreas Matzinger, Pascale Rouault, Matthias Pallasch, Bernd Heinzmann und Kay Joswig	
Flusshygiene in Berlin: Modellentwicklung und Maßnahmenmodellierung.....	15
Annette Becker, Tanja Bergfeld-Wiedemann, Volker Kirchesch und Helmut Fischer	
Modellierung von Phytoplankton in großen Flüssen unter Erwärmung: Auswirkungen auf die Regulierungsleistung von Weidegängern	17
José Ricardo Ruiz Albizuri, Markus Weitere und Karin Frank	
Das Gewässergütemodell QSim für den tschechischen Teil der Elbe: Anwendung auf aktuelle Zustände und Klimawandelszenarien	19
Luboš Mrkva, Volker Kirchesch und Andreas Schöl	
Operationalisierung von QSim für Klimawandel-Projektionsdienste	21
Matthias Rothe, Volker Kirchesch und Helmut Fischer	
Einzugsgebietsweite Simulation und Projektion von Fließgewässertemperaturen mit dem Wasserhaushalts- und Wassertemperaturmodell LARSIM-WWM	23
Ingo Haag und Dirk Aigner	

Das Temperatur-Messprogramm „Lippe“ – nicht NUR – als Grundlage für die Modellierung.....	25
Sibylle Jacob und Bernd Mehlig	
Detaillierte Ermittlung der Ufervegetation und Ableitung von Empfehlungen zur Anpassung der Parameter des DWA-Gewässergütemodells.....	27
Seyed Sina Tabatabaei, Gesa Kutschera und Ekkehard Christoffels	
Anwendung des DWA-Gewässergütemodells bei der Bewertung des Einflusses verschiedener Karstquellen und Nebengewässer auf die Wasserqualität der Altmühl in der Südlichen Frankenalb.....	29
Eva Olmo Gil, Martin Trappe, Benno Kügel und Ulrich Kaul	
Schadstofftransport in der Binnenelbe bei Hoch- und Niedrigwasser – Modellierung mit D-WAQ und QSim	31
Martin Labadz, Gerd Hübner, Daniel Schwandt und Volker Kirchesch	
Modellierung des Schadstofftransportes in Gewässern am Beispiel der Elbe.....	33
Francois Leesch	
Wie die Phytoplanktonentwicklung in der Mittel- und Unterelbe den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe steuert – Modellierungen mit 1D/2D-QSim.....	35
Andreas Schöl, Birte Hein, Carsten Viergutz, Jens Wyrwa und Volker Kirchesch	
Modellierung der saisonalen Dynamik von Nährstoffen, Phytoplankton und Sauerstoff in der Tide-Elbe mit SCHISM-ECOSMO.....	37
Johannes Pein, Richard Hofmeister und Emil V. Stanev	
Ein modulares Modellsystem für eine benthisch-pelagische Kopplung im Elbeästuar	39
Carsten Lemmen, Johannes Pein und Richard Hofmeister	
Die Saar – 40 Jahre Untersuchung und Modellierungen	41
Volker Kirchesch	

Einleitung

Mit Gewässergütesimulationen wird ein breites Spektrum an Umweltthemen wie Sauerstoffhaushalt, Eutrophierung und Nährstoffbewirtschaftung sowie Folgen des Klimawandels analysiert. Dazu müssen numerische Modelle für biologische Vorgänge mit Simulationen von Hydrologie, Hydrodynamik, Physik und Chemie ineinander greifen.

Mit dem Gewässergütemodell QSim besitzen wir in der Bundesanstalt für Gewässerkunde langjährige Erfahrungen bezüglich eindimensionaler Simulationen in großen Fließgewässern, welche wir zunehmend auf geschichtete Gewässer und Ästuare ausdehnen, die inzwischen auch mit mehrdimensionalen Modellen untersucht werden.

Dieses Spektrum sowie Themen an den Schnittstellen zu anderen Modellansätzen und Gewässersystemen werden auf dem sechsten Workshop zur Gewässergütemodellierung vorgestellt und diskutiert werden. Die ersten vier Workshops zielten auf Ergebnisse interner und externer QSim-Anwendungen, beim fünften Workshop hatten wir bereits Modell Anwender von anderen Modellansätzen eingeladen. Mit dem jetzigen Workshop wollen wir einen noch größeren Rahmen bieten, um mit dem Fachpublikum aus Bundes- und Landesbehörden, Beratungsbüros und Verbänden sowie aus Forschung und Lehre über den derzeitigen Stand von Gewässergütemodellierungen mit verschiedenen Modellansätzen zu diskutieren und gemeinsam zukünftige Entwicklungs- und Anwendungsperspektiven zu erörtern.

Ein besonderer Anlass für den Workshop ist der Umstand, dass unser QSim-Entwickler Volker Kirchesch zum November 2018 in den Ruhestand geht. In seinem Abschlussvortrag wird er die fortlaufende Weiterentwicklung des Gewässergütemodells QSim am Beispiel der seit 40 Jahren für die Saar laufenden Arbeiten vorstellen. Dabei wurden die Gütemodellierungen durch umfangreiche eigene Messungen ergänzt, um die verschiedenen Prozesse in der Saar analysieren, modellieren und bewerten zu können.

Einsatz der Gewässermodellierung in Wissenschaft und Praxis – Übersicht zu Modellsystemen und den räumlichen und zeitlichen Anwendungsbereichen

Florian Blaswich und André Niemann

Gewässergütemodelle sind in der Wasserwirtschaft und Bewirtschaftungsplanung langjährig etablierte Instrumente. Auf die Fließgewässer einwirkende Belastungen wie z. B. Schadstoff- und Feinsedimenteinträge üben einen direkten Einfluss auf die Zusammensetzung der Organismengemeinschaft der aquatischen Flora und Fauna sowie auch deren Habitate aus. Gewässergütemodelle finden vor diesem Hintergrund ihre Anwendung als oft hochspezialisierte Analyse- und Entscheidungsunterstützungssysteme. So können die jeweiligen Auswirkungen von Systemzuständen ob mit oder ohne Maßnahmenbildung vorlaufend prognostiziert, bilanziert und interpretiert werden. Im Zuge der wachsenden Digitalisierung der Wasserwirtschaft und der immer weiter steigenden Verfügbarkeit auch qualitativ unterschiedlicher Messdaten und Vorhersageinformationen ergeben sich des Weiteren ggf. neue Chancen für die Lösung von Bewirtschaftungsfragen mithilfe einer Gewässergütemodellierung.

Der vorgesehene Beitrag gibt einen Überblick über den nationalen und internationalen Einsatz von gewässergütebezogenen Modellen in Wissenschaft und Praxis. Hierzu werden die verfügbaren Modellansätze und -systeme in ihren Eigenschaften und Möglichkeiten zunächst vergleichend vorgestellt. Die jeweiligen Anwendungsbereiche werden zudem interpretiert und in ihren Unterschieden ausgewiesen. Dabei wird insbesondere auf die Möglichkeiten einer unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Skalierung eingegangen.

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. André Niemann

Zentrum für Wasser- und Umweltforschung
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft,
Universität Duisburg-Essen
Universitätsstr. 15
45141 Essen
Tel.: 0201/ 183 2225
E-Mail: andre.niemann@uni-due.de

Koautor:

Florian Blaswich

Zentrum für Wasser- und Umweltforschung
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft,
Universität Duisburg-Essen

Evaluierung von Nährstoffbilanzmodellen für die zukünftige Flussgebietsbewirtschaftung

Michael Rode, Jeanette Völker, Thomas Grau,
Dietrich Borchardt, Michael Trepel und Gregor Ollesch

Im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist es erforderlich, die Nährstoffbelastung von Grund- und Oberflächengewässern für größere Einzugsgebiete zu quantifizieren. Hierbei ist eine Abschätzung der Belastung hinsichtlich der wichtigsten Eintragspfade aus diffusen und punktuellen Quellen erforderlich. Hierfür werden Nährstoffmodelle für die Entscheidungsunterstützung notwendig. Im Rahmen der Untersuchung wurden die bisher im Flussgebiet der Elbe und weiteren Flussgebieten eingesetzten Nährstoffbilanzmodelle bewertet und hinsichtlich eines identifizierten Anforderungsprofils auf deren Eignung untersucht. Die Anforderungen an Nährstoffbilanzmodelle beziehen sich insbesondere auf die zentralen Elemente zur Erreichung der Wasserbewirtschaftungsziele gemäß der Umsetzung der WRRL: hohe zeitliche und räumliche Diskretisierung, Modellsicherheit und die genaue Abbildung von Maßnahmen für die Planung und Umsetzung. Eine hohe Modellsicherheit ist notwendig für die Akzeptanz bei Maßnahmenträgern, insbesondere dann, wenn es sich um freiwillige Maßnahmen handelt.

Derzeit in der Praxis im Elbegebiet eingesetzte Modelle bilden den Ist-Zustand hinsichtlich der Nährstoffeintragspfade für große Einzugsgebiete zufriedenstellend anhand von Jahresbilanzen ab. Hinsichtlich der Abbildung von Maßnahmeneffekten und längerfristigen Prognosen zeigen sich jedoch Defizite durch die stark vereinfachte Berechnung des hydrologischen Kreislaufs. Da der Nährstofftransport und -umsatz im Fließkontinuum von der Landfläche über das Gewässernetz entscheidend von der quantitativen Hydrologie geprägt wird, ist eine möglichst genaue Abbildung des Wasserhaushalts und seiner zeitlichen Variabilität erforderlich.

Um zukünftig die Qualität der Modellierung zu verbessern, ist eine zeitlich höher aufgelöste Modellierung des Wasser- und Stoffhaushalts erforderlich. Dies ist gleichzeitig mit höheren Anforderungen an die Parametrisierung und Validierung der Modelle verbunden. In einer stringenten Abstimmung von kontinuierlicher Nährstoffmodellierung und gezieltem Gewässermonitoring werden erhebliche Potenziale zur Verbesserung der Datengrundlage und Modellvalidität gesehen.

Mittelfristig sollte für ein effizientes Gewässermanagement die Entwicklung eines flächendeckenden, einheitlichen Nährstoffmodellsystems für Flussgebiete bzw. deutschlandweit angestrebt werden. Eine zentrale Innovation eines solchen Ansatzes gegenüber den derzeit verwendeten Nährstoffbilanzmodellen besteht u. a. in einer deutlich verbesserten Abbildung der Wasserflüsse. In Zukunft wird weiterhin eine integrale Betrachtung der Nährstoffflüsse zwischen Binnenland und Randmeeren für Prognosen zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie notwendig, um langfristig die Schutzziele der Meere zu sichern.

Kontakt:

Prof. Dr. Michael Rode

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ
Department Aquatische Ökosystemanalyse
Brückstraße 3a
39114 Magdeburg
Tel.: 0391/ 810 9650
E-Mail: michael.rode@ufz.de

Koautoren:

Dr. Jeanette Völker, Thomas Grau, Prof. Dr. Dietrich Borchardt

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ
Department Aquatische Ökosystemanalyse

PD Dr. Michael Trepel

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung
des Landes Schleswig-Holstein
Referat Schutz der Binnengewässer, Anlagenbezogener Gewässerschutz
Mercatorstraße 3, 24106 Kiel

Dr. Gregor Ollesch

Flussgebietsgemeinschaft Elbe
Otto-von-Guericke-Straße 5, 39104 Magdeburg

Instationärer Bilanzausgleich in HYDRAX am Beispiel der staugeregelten Berliner Gewässer

Frank Schumacher

Bereits beim Vergleich der an zwei Pegeln ober- und unterstrom gemessenen Durchflüsse wird immer eine mehr oder weniger große Bilanzdifferenz zwischen dem oberen Zu- und dem unteren Abfluss bestehen.

Dies kann zum einen dem Messfehler bzw. der unterschiedlichen Messgenauigkeit, zum anderen aber auch – und das vor allem in staugeregelten Fließgewässern – geänderten Wasserständen geschuldet sein.

Insbesondere bei seenartig erweiterten Gewässern wie z. B. der Berliner Stauhaltung Mühlen-
damm/Kleinmachnow mit einer mehr als 20,7 km² großen Wasserfläche führen bereits geringe Wasserstandsänderungen zu großen Änderungen im Wasservolumen. So entspricht z. B. das Anheben des Wasserspiegels in dieser Stauhaltung um nur einen Zentimeter am Tag einem Zufluss von 2,4 m³/s, der nicht abflusswirksam wird – und umgekehrt.

Während bei der instationären hydronumerischen Berechnung die Änderung des Wasservolumens ΔV auf der Grundlage der Saint-Venant-Gleichungen (HYDRAX) berücksichtigt wird, führt hingegen eine über den Berechnungszeitraum unausgeglichene Wasserbilanz aufgrund fehlerbehafteter Eingabewerte der Zu- und Abflüsse zu einem nicht plausiblen An- oder Abstieg der Wasserstände und damit zu einem Scheitern jeglicher Kalibrierbemühungen.

Konnte bisher der Bilanzfehler nur vorab händisch und damit zeitaufwendig und fehleranfällig korrigiert werden, so ist in HYDRAX seit neuestem ein allgemein konfigurierbarer, weitestgehend automatisierter Bilanzausgleich im Auftrag der SenUVK, Berlin implementiert, mit dem die Durchflusszeitreihen von ausgewählten Zu- und Abfluss-Randbedingungen oberhalb eines Bezugspunktes nach den folgenden zwei Ansätzen korrigiert werden können:

1. Sollwertorientierter Bilanzausgleich: Der Bilanzfehler wird gewichtet auf den Sollwert der Durchflüsse am Bezugspunkt und die Randbedingungen verteilt. Dabei wird unterstellt, dass auch die Durchflüsse der Sollwert-Zeitreihe fehlerbehaftet sind.
2. Sollwertfixierter Bilanzausgleich: Der Bilanzfehler wird nur gewichtet auf die Randbedingungen verteilt, sodass am Bezugspunkt die vorgegebene Sollwert-Zeitreihe des Durchflusses berechnet wird.

In einem komplexen Gewässersystem, wie z. B. dem Berliner mit insgesamt fünf Stauhaltungen, können auch mehr als ein Bezugspunkt mit zugehörigen, zu korrigierenden Durchfluss-Randbedingungen definiert werden – also z. B. der Pegel Tiefwerder mit dem Soll-Durchfluss für die Havel und damit für die Zuflüsse in die Stauhaltung Spandau und der Pegel Sophienwerder als der Bezugspunkt für die Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet von Spree und Dahme.

Der iterative Bilanzausgleich kann insbesondere bei schlechter Datenqualität in einem ersten Schritt zu unplausiblen Durchflusswerten einzelner Randbedingungen führen. So sind im Allgemeinen negative Zuflüsse (Nebengewässer usw.) nicht möglich, ebenso kann der Durchflusswert, z. B. durch die hydraulische Leistungsfähigkeit eines Wehrs, nach oben begrenzt sein. Entsprechend können für jede in den Bilanzausgleich einbezogene Randbedingung eine obere und untere Grenze definiert werden. Der ggf. diese Grenzwerte über- bzw. unterschreitende Durchflussanteil, der eigentlich dieser Randbedingung zuzuordnen wäre, wird in einem weiteren Iterationsschritt auf die dann noch verbleibenden Randbedingungen aufgeteilt, usw.

Letztlich kann auch die Datenqualität für jede Randbedingung über einen Gewichtungsfaktor berücksichtigt werden, wodurch ohnehin unsicherere Eingangswerte, wie z. B. die der flächenhaften Verdunstung, stärker korrigiert werden als andere.

Im Ergebnis wird mit dem nun in HYDRAX automatisierten, instationären Bilanzausgleich eine durch den Anwender weitgehend frei konfigurierbare und damit nach seiner Einschätzung plausible, d. h. über den Berechnungszeitraum ausgeglichene Wasserbilanz erhalten, die die Grundlage aller weiteren Betrachtungen bildet.

Kontakt:

Dr. Frank Schumacher

Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt

Südwestkorso 70

12161 Berlin

Tel.: 030/ 269 329 91

E-Mail: schumacher@wasserundumwelt.de

Reduzierung der Effekte von Mischwasserüberläufen durch Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung – eine Modellstudie

Mathias Riechel, Andreas Matzinger, Pascale Rouault,
Matthias Pallasch, Bernd Heinzmann und Kay Joswig

Der Regenwasserabfluss von versiegelten Flächen kann zu erheblichen Beeinträchtigungen von Flüssen und Seen führen. Hauptproblem in den Berliner Fließgewässern sind nach Mischwasserüberläufen auftretende Sauerstoffdefizite. Für eine nachhaltigere Regenwasserbewirtschaftung steht eine Vielzahl von Maßnahmen zur Verfügung, deren Potenzial bisher jedoch nicht vollständig genutzt wird.

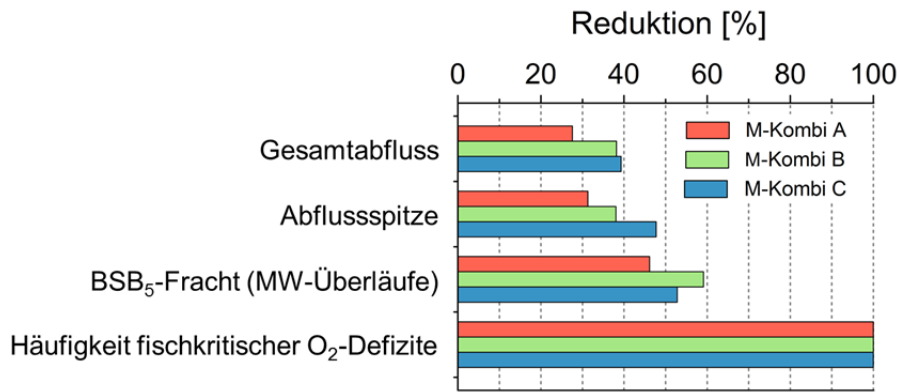
Im Rahmen des BMBF-Projekts KURAS wurden für ein 100 ha großes Stadtquartier der Berliner Mischkanalisation drei verschiedene Kombinationen von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung hinsichtlich ihres Effektes auf den Landwehrkanal und die dortige Fischfauna untersucht. Dabei kam eine Modellkette aus drei Teilmodellen zum Einsatz:

- i) das Niederschlags-Abfluss-Modell STORM,
- ii) das Kanalnetz- und Schmutzfrachtmodell InfoWorks CS und
- iii) das Gewässergütemodell HYDRAX / QSim.

Die untersuchten Maßnahmenkombinationen erfassen 30 bis 45 % der befestigten Fläche und haben einen Schwerpunkt auf der Dachbegrünung, der Fassadenbegrünung, verschiedenen Versickerungsvarianten, Baumrigolen und der Regenwassernutzung. Bei zwei der drei Maßnahmenkombinationen wird zudem durch variable Wehre im Kanal zusätzliches Mischwasser zurückgehalten.

Die Simulationsergebnisse für ein durchschnittliches Niederschlagsjahr zeigen, dass durch die dezentralen Maßnahmen im Stadtgebiet 28 bis 39 % des ursprünglichen Niederschlagsabflusses zurückgehalten werden können. Die Abflussspitze kann durch Maßnahmen wie die Dachbegrünung sogar überproportional stark um bis zu 48 % reduziert werden. Nach Kombination mit den zentralen Maßnahmen im Kanal können die ins Gewässer eingeleiteten Schmutzfrachten (gemessen am biologischen Sauerstoffbedarf BSB_5) um 46 bis 59 % vermindert werden.

Durch die Maßnahmen können bis zu zwei Drittel der auftretenden Mischwasserüberlaufereignisse vermieden werden. Kritische Sauerstoffdefizite im Gewässer ($< 2 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ in $\geq 30 \text{ min}$) kommen für alle drei Maßnahmenkombinationen gar nicht mehr vor. Die folgende Abbildung zeigt die Effekte der Maßnahmen auf den verschiedenen Betrachtungsebenen.



Die Arbeiten zeigen, dass Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung einen erheblichen Beitrag zum lokalen Gewässerschutz leisten können. Mit der entwickelten und validierten Modellkette mit den Betrachtungsebenen i) Stadtgebiet, ii) Kanalisation und iii) Gewässer lassen sich Maßnahmen so planen, dass der Gewässereffekt maximiert werden kann.

Kontakt:

Mathias Riechel

Kompetenzzentrum Wasser gGmbH
Cicerostraße 24
10709 Berlin
Tel.: 030/ 536 53834
E-Mail: mathias.riechel@kompetenz-wasser.de

Koautoren:

Dr. Andreas Matzinger, Dr. Pascale Rouault

Kompetenzzentrum Wasser gGmbH

Matthias Pallasch

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
Rennbahnallee 109A, 15366 Hoppegarten

Dr. Bernd Heinzmann, Kay Joswig

Berliner Wasserbetriebe
Neue Jüdenstraße 1, 10179 Berlin

Flusshygiene in Berlin: Modellentwicklung und Maßnahmenmodellierung

Annette Becker, Tanja Bergfeld-Wiedemann, Volker Kirchesch
und Helmut Fischer

Die Dynamik der mikrobiologisch-hygienischen Belastung im Gewässer wird mit dem prozessbasierten Gütemodell QSim am Beispiel von zwei Modellgebieten in Berlin abgebildet und simuliert. Dabei wird für die Jahre 2016 und 2017 jeweils die Sommersaison von Mai bis Oktober in 15-Minuten-Zeitschritten modelliert. Das Gebiet „Vorstadtspreewald“ umfasst den östlichen Bereich des Stadtgebietes. Als Belastungsquellen dominieren neben Kläranlagen Regenwassereinleitungen (Trennsystem, 93 Einleitstellen). Im westlichen Modellgebiet „Stadtspreewald“ hingegen führen bei Niederschlag die Mischwassereinleitungen zu deutlichen hygienischen Belastungen (Mischwassersystem, 176 Einleitstellen). Die Modellstruktur stellt aufgrund der hohen Zahl an Randbedingungen (gesamt ca. 450) und der Komplexität des Gewässernetzes (56 Stränge, 5 Stauhaltungen) eine Herausforderung für Datenhandling und Software dar.

Neben dem Modellaufbau wird beschrieben, wie der Hygienebaustein in QSim aufgebaut, kalibriert und validiert wurde. Bei der Konzeption des Hygienebausteins wurde voneinander unabhängig eine Verlustrate im Dunkeln und im Licht implementiert. Während erstere von der Temperatur abhängt und eine Grundverlustrate darstellt, wird letztere im Wesentlichen durch die Lichtdosis bestimmt. Zunächst wurden die 5 zur Beschreibung der Prozesse verwendeten kalibrierbaren Parameter aus Kurzzeitexperimenten abgeleitet. Diese werden im Weiteren als „default-Werte“ bezeichnet. Mit experimentellen Daten aus mehrwöchigen Fließrinnenexperimenten des Umweltbundesamtes (UBA) wurden schließlich für mehrere Keime (*E. coli*, Enterokokken, F+Coliphagen, somatische Coliphagen) angepasste Kalibrierungen ermittelt. Diese zeigen für *E. coli* gegenüber den default-Werten eine etwas höhere Grundverlustrate bei gleichzeitig deutlich niedrigerer Licht-Verlustrate. Alle drei Parametersätze sowie die Nullhypothese „kein Abbau“ wurden in den Modellgebieten im Vergleich mit Messwerten getestet. Dabei zeigt sich, dass die Annahme einer Verlustrate auf jeden Fall bei der Modellierung hygienischer Belastung nötig ist, die default-Werte des Lichtabbaus die Verluste im Gewässer jedoch stark überschätzen. Die Berechnungen mit der UBA-Parametrisierung der Dunkel-Verlustrate alleine oder kombiniert mit der Licht-Verlustrate stimmten hingegen gut mit den Messwerten überein. Durch Herabsetzung der UBA-Licht-Verlustrate auf ein Drittel des ursprünglichen Wertes wurde schließlich für den Datensatz die beste Parametereinstellung gefunden.

Neben den Einträgen und Verlustprozessen wird die Dynamik der hygienischen Belastung durch Verdünnung (Zuflüsse) und Transport (Dispersion) gesteuert, welche ebenfalls im

Modell abgebildet werden. Die Ergebnisse können daher die Unterschiede an verschiedenen Stellen im Modellgebiet und insbesondere an den Badestellen visualisieren. Es zeigen sich auch deutliche und systematische Unterschiede für die verschiedenen betrachteten Organismen.

Schließlich wird im Modell die Wirksamkeit von geplanten Maßnahmenzenarien abgebildet und statistisch ausgewertet und so eine Grundlage zu deren Bewertung geschaffen.

Kontakt:

Dr. Annette Becker

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56068 Koblenz

Tel.: 0261/ 1306 5520

E-Mail: becker@bafg.de

Koautoren:

Dr. Tanja Bergfeld-Wiedemann, Volker Kirchesch, Dr. Helmut Fischer

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Modellierung von Phytoplankton in großen Flüssen unter Erwärmung: Auswirkungen auf die Reguleungsleistung von Weidegängern

José Ricardo Ruiz Albizuri, Markus Weitere und Karin Frank

Benthische Filtrierer (BF) können die Phytoplanktondichten reduzieren und damit die Eutrophierung in verschiedenen aquatischen Ökosystemen, inklusive großer Flüsse, kontrollieren. Jedoch hängt diese biologische Kontrolle von Faktoren ab, welche die BF-Aktivität beeinflussen, wie z. B. eine Temperaturerhöhung. Die Erwärmung kann das Verhältnis zwischen BF-Filtrierrate und Planktonwachstumsrate potenziell verändern.

Um die Auswirkungen der Temperatur auf die Eutrophierungskontrolle durch BF zu analysieren, haben wir ein räumlich-explizites Computersimulationsmodell entwickelt. Dieses Modell simuliert die Dynamik einer Phytoplanktonpopulation, die durch einen homogenen Flusskanal fließt, während sie von BF (in vielen Flüssen die dominante asiatische Körbchenmuschel *Corbicula fluminea*) beweidet wird. Das Modell beinhaltet die thermischen Reaktionen von Phytoplanktonwachstum und BF-Weiden unter dem Einfluss relevanter Faktoren: Wassertiefe und -geschwindigkeit, Licht und Trübung, BF-Dichten und die initiale (flussaufwärts) Phytoplanktonkonzentration (hier: Pin-Wert).

Die Ergebnisse zeigen, dass Beweidung durch BF die Reaktion des Phytoplanktons auf die Erwärmung qualitativ verändern kann. Bei niedrigen und gemäßigten Temperaturen kann die BF-Beweidung den positiven Effekt der Erwärmung auf die Phytoplanktondichte (bei rein wachstumskontrolliertem Phytoplankton) umkehren. Dabei ist die Reaktion des weidegesteuerten Phytoplanktons auf Erwärmung und Pin-Wert nicht linear: Die Eutrophierung kann mit einem leichten Anstieg in Temperatur oder Pin-Wert sprunghaft zunehmen, insbesondere im Temperaturbereich von sommerlichen Hitzewellen.

Insgesamt zeigt diese Arbeit, dass die Kontrollmechanismen (BF-Kontrolle gegenüber reiner Wachstumskontrolle) berücksichtigt werden müssen, wenn Vorhersagen über die Auswirkungen der Erwärmung auf die Phytoplanktonkonzentration in Flüssen gemacht werden. Dabei können in BF-kontrollierten Systemen bereits geringe Änderungen der Rahmenbedingungen (Temperatur, Pin) zu sehr starken Änderungen der Phytoplanktondichten führen.

Kontakt:

Dr. José Ricardo Ruiz Albizuri

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH

Permoserstraße 15

04318 Leipzig

Tel. 0341/ 235 1718

E-Mail: ricardo.ruiz@ufz.de

Koautoren:

Prof. Dr. Markus Weitere

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH

Brückstraße 3a, 39114 Magdeburg

Prof. Dr. Karin Frank

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH

Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

Das Gewässergütemodell QSim für den tschechischen Teil der Elbe: Anwendung auf aktuelle Zustände und Klimawandelszenarien

Luboš Mrkva, Volker Kirchesch und Andreas Schöl

Die Gewässergüte ist ein dauerhaftes Thema im Rahmen des Gewässermanagements und hat angesichts der zunehmenden Nutzung der Ressource Wasser durch die wachsende Weltbevölkerung eine globale Bedeutung. Gerade hinsichtlich zu erwartender Klimaänderungen wird die Verfügbarkeit von Wasser mit akzeptabler Qualität zunehmend wichtig. Wir konzentrieren uns hier auf die Gewässergüte in einem ausgewählten Flussabschnitt der tschechischen Elbe, welcher mit Hilfe des Gewässergütemodells QSim simuliert und analysiert wurde. Der modellierte Elbeabschnitt beginnt am Wehr Srnojedy (Flusskilometer 960, Bezugspunkt ist die Mündung der Elbe in die Nordsee). Auf der Strecke stromab bis Schmilka (der tschechisch-deutschen Grenze, km 726) gibt es 23 Wehre, deren Berücksichtigung für die Simulation der Wasserspiegellage und des Wassertransports erforderlich ist. Basierend auf gemessenen Eingangsparametern für den Zeitraum 2010-2015 werden die Wasserverweilzeit und die Qualitätsparameter Sauerstoff, Nährstoffe und Chlorophyll simuliert und validiert. Die Abweichungen zwischen gemessenen und simulierten Daten in den Längsprofilen der Parameter Chlorophyll und Sauerstoff werden diskutiert und in einem Szenario der starke Einfluss des *Grazings* (Fraßdrucks) auf das Phytoplankton durch aktive benthische Filtrierer untersucht. In das Modell werden auch Szenarien des Klimawandels mit veränderten Randbedingungen wie Lufttemperatur, Abfluss und Wassertemperatur eingeführt. Insgesamt wurden 6 verschiedene Klimawandel-Szenarien basierend auf 3 Klimamodellketten verwendet, um die Entwicklung in der nahen Zukunft (2035) und der fernen Zukunft (2085) abzuschätzen. Es ist die ALA_ ARP (CHMI) Modellkette, die die stärksten Auswirkungen darstellt, CLM_Q0 (ETHZ), die ungefähr den Mittelwert aller Modelle darstellt, und REMO_EH5 (MPI), die nur leicht negative oder sogar positive Änderungen in der Hydrologie voraussagt. Als Datenquelle werden die Ergebnisse des Projekts „Unterstützung der langfristigen Planung und des Vorschlags für Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Wasserwirtschaft im Kontext des Klimawandels“ verwendet (T. G. Masaryk Water Research Institute und CHMI, 2015). In diesen Klimaszenarien werden neben anderen signifikanten Veränderungen des Abflusses die Perioden mit geringen Abflüssen zunehmen, was zu einer signifikanten Verlängerung der Wasserverweilzeiten führt. Für alle Szenarien wird ein deutlicher Anstieg der Wassertemperatur festgestellt. Im Referenzzeitraum (2010-2015) wird die Temperatur von 25 °C selten erreicht, während in der fernen Zukunft eine variierende Anzahl an Tagen mit Wassertemperaturen von ≥ 25 °C erreicht wird, zum Beispiel an mehr als 20 Tagen im REMO_EH5-Szenario.

Kontakt:

Luboš Mrkva

Charles University, Faculty of Science
Department of Physical Geography and Geoecology
Albertov 6
128 43 Praha 2
Tschechien
Tel.: +420 221 951 125
E-Mail: mrkval@natur.cuni.cz

Koautoren:

Volker Kirchesch, Andreas Schöl

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz

Operationalisierung von QSim für Klimawandel-Projektionsdienste

Matthias Rothe, Volker Kirchesch und Helmut Fischer

Infolge des globalen Klimawandels verändert sich die Wasserbeschaffenheit der Gewässer in Deutschland und damit auch ihr ökologisches Wirkungsgefüge. Wie diese Veränderungen zukünftig aussehen werden, ist – aufgrund der Komplexität der Systeme und der Unsicherheiten der Klimaprojektionen selbst – mithilfe einer verbal-argumentativen Herangehensweise kaum zu ermitteln. Mit deterministischen Gewässergütemodellen können jedoch zentrale Wasserbeschaffenheitsparameter wie zum Beispiel Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Algenbiomasse für zukünftige Klimabedingungen berechnet und so der zu erwartende Änderungshorizont dieser Parameter bestimmt werden. In unserem Beitrag werden die allgemeine Vorgehensweise sowie spezifische Anpassungsschritte vorgestellt, die notwendig sind, um mit dem Gewässergütemodell QSim der Bundesanstalt für Gewässerkunde Aussagen zur zukünftigen Wasserbeschaffenheit der großen Flüsse Deutschlands treffen zu können. Wir zeigen Ansätze zur Datenaufbereitung und -integration, die einen operationellen Betrieb des Modells in einem Klimadienst ermöglichen.

Kontakt:

Dr. Matthias Rothe

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56068 Koblenz

Tel.: 0261/ 1306 5581

E-Mail: rothe@bafg.de

Koautoren:

Volker Kirchesch, Dr. Helmut Fischer

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Einzugsgebietsweite Simulation und Projektion von Fließgewässertemperaturen mit dem Wasserhaushalts- und Wassertemperaturmodell LARSIM-WWM

Ingo Haag und Dirk Aigner

Mit LARSIM-WWM können der terrestrische Wasserhaushalt, der resultierende Abfluss sowie die Wassertemperatur der Fließgewässer innerhalb eines Modells berechnet werden. Da es sich bei LARSIM um ein einzugsgebietsbezogenes hydrologisches Modell handelt, das nur durch meteorologische Daten angetrieben wird, müssen keine Randbedingungen für Zuflüsse bzw. Zufluss-Temperaturen vorgegeben werden. Vielmehr werden unter Berücksichtigung der im Modell berechneten Abflussbildung, der resultierenden Durchflüsse in den Gewässerabschnitten und der Gerinnegeometrie die jeweiligen Wassertemperaturen auf physikalischer Basis simuliert. Zudem können lokale Wärmequellen wie z. B. Kühlwassereinleitungen oder Kläranlagen berücksichtigt werden (HAAG & LUCE 2008).

Ursprünglich wurde das Modell primär zum operationellen Management sommerlicher Niedrigwasser- und Hochtemperaturphasen entwickelt (HAAG et al. 2005; KREMER & BRAHMER 2013). Inzwischen wird es vermehrt auch als wasserwirtschaftliches bzw. gewässerökologisches Planungs- und Analysewerkzeug verwendet. Die in Baden-Württemberg landesweit vorliegenden LARSIM-WWM wurden beispielsweise schon erfolgreich zur Projektion der in Folge des Klimawandels zu erwartenden Änderungen der Wassertemperaturen und Abflüsse genutzt. Demnach ist für Baden-Württemberg auf der Basis von zwei Klimaprojektionen für die nahe Zukunft (2021 - 2050) mit einem räumlich differenzierten Anstieg der mittleren Wassertemperaturen um ca. 0,5 bis 1,0 K zu rechnen. Die Auswertung weiterführender gewässerökologischer Kennwerte, die Abfluss und Wassertemperatur berücksichtigen, legt u. a. eine Häufung ökologisch kritischer Situationen und eine längszonale Verschiebung der aquatischen Lebensgemeinschaften zugunsten wärmeliebender Arten nahe (HAAG 2017).

Da LARSIM-WWM selbst nur meteorologische Daten zum Antrieb benötigt, aber keine Zufluss-Randbedingungen, ist es auch sehr gut geeignet, um belastbare Zufluss-Randbedingungen für detailliertere flussbezogene Gewässergütemodelle vorzugeben. Dadurch wird das bei Klimafolgestudien mit Flussmodellen häufige Problem der Abschätzung von Zufluss-Randbedingungen im Zukunftszeitraum gelöst (vgl. BADDE et al. 2014).

Literatur

BADDE, U., T. BERGFELD-WIEDEMANN, P. BODERIE, G. BRAHMER, N. DEMUTH, I. HAAG, P. KRAHE (2014): Estimation of the effects of climate change scenarios on future Rhine water temperature development - Extensive Version. IKS Report No. 214 en.

- HAAG, I. (2017): Regionalisierung und Simulation der Wassertemperatur – Ergebnisse und Bewertung. 6. KLIWA-Symposium 2017, KLIWA-Berichte, Heft 22, pp. 120-132.
- HAAG, I., A. LUCE (2008): The integrated water balance and water temperature model LARSIM-WT, Hydrological Processes. 22, pp. 1046-1056.
- HAAG, I., A. LUCE, U. BADDE (2005): Ein operationelles Vorhersagemodell für die Wassertemperatur im Neckar. Wasserwirtschaft, 95(7/8), pp. 45-51.
- KREMER, M., G. BRAHMER (2013): Simulation und Vorhersage von Wassertemperaturen an hessischen Fließgewässern. Jahresbericht 2012 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, pp. 31-38.

Kontakt:

Dr. Ingo Haag

HYDRON, Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

Ritterstraße 9

76137 Karlsruhe

Tel. 0721/ 8601 8110

E-Mail: ingo.haag@hydron-gmbH.de

Koautor:

Dirk Aigner

HYDRON, Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

Das Temperatur-Messprogramm „Lippe“ – nicht NUR – als Grundlage für die Modellierung

Sibylle Jacob und Bernd Mehlig

Das LANUV betreibt seit 2014 ein Wassertemperaturmodell der Lippe, mit dem diverse Fragestellungen zum Temperaturhaushalt bearbeitet werden. Im Rahmen der ersten Lippemodellierungen (bis 2016) stellte sich heraus, dass die bisher vorliegenden Daten über Wärmeeinträge und Gewässertemperaturen keine ausreichende Grundlage bieten, um die Einflüsse, die im Zusammenwirken den Wärmehaushalt der Lippe im Jahresgang maßgeblich bestimmen, verlässlich zu identifizieren und hinreichend zu quantifizieren.

Daher werden seit Anfang 2017 im Rahmen eines Messprogramms einzigartiger Größe im gesamten Lippegebiet 39 Gewässertemperaturmessungen und neben den bereits vorhandenen Pegeln sieben weitere Wasserstands-/Abflussmessungen an Nebengewässern über einen Zeitraum von fast drei Jahren (Feb. 2017 bis Oktober 2019) durchgeführt. Alle Messstellen werden durch eine monatliche Kalibrierungsmessung mithilfe eines geeichten Handthermometers über den gesamten Zeitraum qualitätsgesichert.

Neben dem Temperaturverlauf der Lippe wird der Einfluss der Wehre (Messungen vor/hinter acht Wehren sowie an drei Wehren zusätzliche Messungen im Wehrstau unter der Oberfläche und an der Sohle), der Einfluss der Nebengewässer sowie des Stevereinzugsgebiets in Hinblick auf die Wassertemperatur untersucht. Außerdem wird mithilfe dieser Messungen das bereits vorhandene Lippemodell sowohl in Hinblick auf die Eingangsdaten, als auch in Hinblick auf die Modellvalidierungs- und Kalibrierungsmöglichkeiten verbessert. Die Möglichkeit zur Szenariensimulation wird so auch auf ganzjährige Niedrigwasserszenarien und Klimawandelszenarien erweitert.

Im aktuellen Projektverlauf sind insbesondere die folgenden Fragestellungen von Bedeutung:

- > Darstellung des Einflusses der Nebengewässer im Vergleich zu den bisherigen Berechnungen mit Schätzwerten
- > Belastungsszenarien z. B. Kläranlagen im Winter
- > Klimawandelszenarien
- > Szenarien der möglichen Bewirtschaftung und Minderung von Wärmebelastungen (Dies beinhaltet Effekte technischer Wärmerückgewinnung oder Vermeidung, Beschattung usw. und deren Beitrag für eine Reduzierung der Wassertemperaturen.)
- > Einfluss der Wehre auf die Wassertemperatur im Lippelängsverlauf
- > Betrachtung von Auffälligkeiten, die durch das Messprogramm erkannt wurden und weiter untersucht werden müssen

Kontakt:

Sibylle Jakob

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Auf dem Draap 25

40221 Düsseldorf

Tel.: 0211/ 1590 2251

E-Mail: sibylle.jakob@lanuv.nrw.de

Koautor:

Bernd Mehlig

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Detaillierte Ermittlung der Ufervegetation und Ableitung von Empfehlungen zur Anpassung der Parameter des DWA-Gewässergütemodells

Seyed Sina Tabatabaei, Gesa Kutschera und
Ekkehard Christoffels

Im Rahmen der Fördermaßnahme „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland (ReWaM)“ im Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement (NaWaM)“ wurde das Projekt RiverView® durch das BMBF gefördert. Innerhalb dieses Projekts wurde ein autonom operierender Messkatamaran, das RiverBoat, entwickelt. Dieses System ist u. a. mit mehreren Fotokameras ausgerüstet, die für Gewässerabschnitte detailgetreue Aufnahmen zur Beschattung (Höhe, Kronenbreite, Dichte, Uferabstand) entlang eines Fließgewässers liefern. Diese Daten können als Eingabewerte für die Gewässergütemodellierung genutzt werden.

Bei der Gewässergütemodellierung spielt die Beschattung entlang der Fließgewässer, insbesondere bei kleinen und mittleren Fließgewässern, eine entscheidende Rolle, da hierdurch der Einfall des Sonnenlichts abgeschwächt wird. Zu den strahlungsempfindlichen Parametern zählen die wasserwirtschaftlich bedeutsamen Parameter Sauerstoff, Wassertemperatur und das Algenwachstum. Im Rahmen des Vortrags wird mit Hilfe des DWA-Gewässergütemodells aufgezeigt, dass die detaillierte Ermittlung der Ufervegetation mit dem RiverBoat eine praxisnahe Möglichkeit darstellt, die Datenlage zur Beschattung zu verbessern und wirklichkeitsnähere Ergebnisse bei der Gütesimulation zu erzielen.

Kontakt:

Seyed Sina Tabatabaei

atd Ingenieurgesellschaft für Abwasserwirtschaft
und technische Dienstleistungen mbH

Krefelder Straße 147

52070 Aachen

Tel.: 0241/ 169 89-0

E-Mail: tabatabaei@atdgmbh.de

Koautoren:

Dr. Gesa Kutschera

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V.

Kackertstraße 15-17, 52072 Aachen

Dr. Ekkehard Christoffels

IBC Ingenieurtechnische Beratung Christoffels

Jagdrain 5, 52391 Vettweiß

Anwendung des DWA-Gewässergütemodells bei der Bewertung des Einflusses verschiedener Karstquellen und Nebengewässer auf die Wasserqualität der Altmühl in der Südlichen Frankenalb

Eva Olmo Gil, Martin Trappe, Benno Kügel und Ulrich Kaul

Die hydrologischen Bedingungen von Karstgebieten und ihre Wasserqualität werden bereits seit geraumer Zeit für wissenschaftliche Fragestellungen untersucht. Die Altmühl unterliegt durch den Nährstoffeintrag aus der stark landwirtschaftlich genutzten Region Mittelfranken einer sehr hohen Belastung, bevor sie in das Karstgebiet der Südlichen Frankenalb eintritt. Nährstoffe und Pestizide, die sich im Karstwasser der Südlichen Frankenalb befinden, und die aus der Landwirtschaft oder anderen anthropogenen Punktquellen stammen, gelangen durch Karstquellen und Nebengewässer in die Altmühl. Hierbei ist zu klären, wie sich diese Einträge bei verschiedenen Witterungssituationen verhalten und sich auf die Altmühl auswirken, da die Karsttributäre aus der tiefen und der seichten Karstregion kommen, und der Abfluss der Altmühl sowie aller Tributäre auf Niederschläge in unterschiedlicher Weise reagiert.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine Verknüpfung der Einzugsgebietsparameter von Karstquellen sowie ihrer hydrologischen und chemischen Charakteristika mit den Veränderungen im Bereich des Vorfluters und deren Entwicklung bei bestimmten klimatischen und hydrologischen Szenarien herzustellen. Die Auswirkungen der Karstquellen auf den Vorfluter werden beschrieben basierend auf Konzentrationsänderungen von Nitrat und o-Phosphat sowie der physikalischen Parameter Temperatur, elektrische Leitfähigkeit und pH entlang des Vorfluters über einen längeren Zeitraum, einer zeitgleichen Datenreihe von hydrologischen, physikalischen und chemischen Parametern für verschiedene Karstquellen und anderer Karsttributäre und einer Modellierung der für die Gewässergüte relevanten biologischen und physikochemischen Parameter der Altmühl mithilfe des DWA-Gewässergütemodells. Drei Abflussszenarien (Hochwasser, Mittelwasser und Niedrigwasser) werden modelliert, um die Bedeutung von Karstquellen und Nebengewässer besser zu verstehen und darstellen zu können.

Kontakt:

Dr. Eva Olmo Gil

Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt
Lehrstuhl für Physische Geographie
Ostenstraße 18
85072 Eichstätt
E-Mail: evaolmogil@gmail.com

Koautoren:

PD Dr. Martin Trappe

Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt
Lehrstuhl für Physische Geographie

Prof. Dr. Benno Kügel

Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt / Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt
Auf der Schanz 26, 85049 Ingolstadt

Ulrich Kaul

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg

Schadstofftransport in der Binnenelbe bei Hoch- und Niedrigwasser – Modellierung mit D-WAQ und QSim

Martin Labadz, Gerd Hübner, Daniel Schwandt und
Volker Kirchesch

Die Wasserführung in Fließgewässern hat erheblichen Einfluss auf den Eintrag, Transport und Austrag von Schwermetallen und Arsen. Am Beispiel der Elbe werden zwei numerische Modelle eingesetzt, um den Stofftransport beim Hochwasser 2013 und Niedrigwasser 2015 zu untersuchen. Folgende Hypothesen wurden aufgestellt:

- (1) Bei Hochwasser sind Auenbereiche und Bühnenfelder signifikante Schwermetallsenken.
- (2) Bei Niedrigwasser erfolgen die wesentlichen Einträge von Schwermetallen, Arsen und Chlorid aus Punktquellen.

Für das Hochwasserereignis 2013 werden Transport und Ausbreitung von Schwermetallen und Arsen mit dem Wasserqualitätsmodell D-WAQ modelliert, welches mit dem zweidimensionalen hydrodynamischen Modell Delft3D gekoppelt ist. Dieses hochaufgelöste Modell hat eine Gitternetzweite von 25 m und simuliert den Abschnitt der Elbe zwischen Wittenberge und Geesthacht (Elbe km 451,1 bis km 585,9). Das validierte hydrodynamische Modell erreicht eine gute Übereinstimmung von gemessenen und simulierten Abflussdaten. Erste Ergebnisse der D-WAQ Modellkalibrierung zeigen eine zufriedenstellende Abbildung des Schwermetall- und Arsentransportes.

Das Modell QSim ist ein eindimensionales Gewässergütemodell mit geringen Rechenzeiten, das für die betrachteten Fragestellungen um die Module *Schwermetalle* (Cadmium, Kupfer, Nickel und Zink) und *konservative Substanzen* erweitert wurde. Mit QSim wird der Stofftransport beim Niedrigwasser 2015 an der Binnenelbe zwischen Schmilka und Geesthacht (Elbe km 3,9 bis km 585,9) simuliert. Das Ergebnis wird mit einer Bilanz der eingetragenen Frachten und Frachtberechnungen an Gütemessstellen verglichen. Für Chlorid wurde eine gute Übereinstimmung festgestellt. Die Modellierung der Schwermetalle ist noch nicht abgeschlossen.

Erste Ergebnisse der Modelle sowie damit verbundene Herausforderungen und Probleme werden vorgestellt.

Kontakt:

Dr. Martin Labadz

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56068 Koblenz

Tel.: 0261/ 1306 5484

E-Mail: labadz@bafg.de

Koautoren:

Dr. Gerd Hübner, Dr. Daniel Schwandt, Volker Kirchesch

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Modellierung des Schadstofftransportes in Gewässern am Beispiel der Elbe

Francois Leesch

Die Tideelbe ist ein komplexes Ökosystem. Strömungstechnisch suchen der Oberwasserabfluss und die Tide nach einem dynamischen Gleichgewicht. Aus ökologischer Sicht spielen zusätzlich die Tiefe der Elbe (bis zu ca. 20 m) sowie der Einfluss von salzhaltigem Wasser eine wichtige Rolle. Auch anthropogene Einflüsse sind nicht von der Hand zu weisen. Hierzu gehören u. a. die Beeinflussung des Sediment- und Sauerstoffhaushalts durch den Hamburger Hafen, Einleitungen von Industrie und Kraftwerken sowie der Fahrrinnenausbau.

Um die komplexen hydrodynamischen und ökologischen Prozesse in der Tideelbe abzubilden und mithilfe von computergestützten numerischen Algorithmen zu quantifizieren, hat DHI bereits in den 1990er-Jahren ein dreidimensionales Transportmodell entwickelt, kommerziell betrieben und kontinuierlich verbessert. Bei MIKE3 wird ein Finite-Volumen-Ansatz verwendet, um in einem geschichteten Netz die Hydrodynamik, Dichteströmung und Temperatur zu berechnen. Aufbauend auf diesem Modellgerüst werden verschiedene Module verwendet, um die Verbreitung von konservativen Schadstoffen, die Sauerstoffzehrung und den Stoffkreislauf abzubilden.

Der Vortrag zeigt am Beispiel der Elbe bei Brunsbüttel die durch den laufenden Industriebetrieb entstehende Staubverteilung im Gewässerkörper. Bei einem weiteren Projekt wurde in dem gleichen Elbeabschnitt die Verdriftung von Finteneiern untersucht. Schließlich wird die Modellierung der Sauerstoffzehrung durch Sedimentfreisetzung an der Schleuse Reiherstieg im Hamburger Hafen aufgezeigt.

Abschließend werden in dem Vortrag aktuelle Trends der ökologischen Modellierung bei DHI vorgestellt. Hierzu gehört das Modul ECOLAB zur benutzerdefinierten Abbildung des Stoffkreislaufs, das „Agent Based Modelling“ zur Simulation der Reaktion von Tieren auf unterschiedliche Stressfaktoren im Gewässer und die akustische Modellierung bei Rammerschalluntersuchungen.

Kontakt:

Francois Leesch

DHI WASY GmbH

Office Hamburg

Kontorhaus "Hammaburg"

Spaldingstraße 210

20097 Hamburg

Tel.: 040/ 9436 1530

E-Mail: frle@dhigroup.com

Wie die Phytoplanktonentwicklung in der Mittel- elbe den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe steuert – Modellierungen mit 1D/2D-QSim

Andreas Schöl, Birte Hein, Carsten Viergutz, Jens Wyrwa und
Volker Kirchesch

Die Mittel- und untere Elbe und deren Abflussbedingungen steuern die Belastung des limnischen Abschnitts der Tideelbe (km 586 bis km 645) mit gelösten Wasserinhaltsstoffen und partikulär gebundenen Stoffen. Dieser Eintrag bestimmt wesentlich den ökologischen Zustand der Tideelbe. Ein besonderer Aspekt dabei ist der Zusammenhang von Produktion von Algenbiomasse in der Mittel- und unteren Elbe und Abbau von Algenbiomasse stromab in der Tideelbe – eine typische Eutrophierungssequenz mit weitreichenden Folgen für die Wasserbeschaffenheit und insbesondere den Sauerstoffhaushalt in der Tideelbe. Der Eintrag von lebenden Algen und leicht abbaubaren, algenbürtigen Kohlenstoffverbindungen aus der Mittel- und unteren Elbe in das Ästuar führt dort im Sommer zu heterotrophen Bedingungen und als Folge zu starken Sauerstoffdefiziten. Mit dem hydraulischen Modell HYDRAX und dem Gewässergütemodell QSim wird die Phytoplanktonentwicklung für die deutsche Elbe bis zum Wehr Geesthacht (km 0 bis 585) für die Jahre 2010 bis 2016 simuliert und so die Belastung der Tideelbe mit organischem Kohlenstoff, der im Wesentlichen aus lebender Algenbiomasse und Detritus besteht, ermittelt. Mit diesen modellierten Eingangsdaten wird dann für die Jahre 2010 und 2011 in der Modelkombination UnTRim² und QSim eine 2d-Modellierung des Phytoplanktons sowie der Nährstoffe und des Sauerstoffgehaltes für die Tideelbe vorgestellt und die Ergebnisse mit Messdaten verglichen. Zudem werden die im Modell QSim bestimmten Prozessraten für das Phytoplankton und die Sauerstoffbilanz abschnittsweise dargestellt und deren Bedeutung interpretiert. Die Analyse der modellierten Prozessraten bezüglich des Rückgangs der Algen in der Tideelbe zeigt, dass das Netto-Algenwachstum in den tiefen Abschnitten des Ästuars aufgrund der Lichtlimitierung negative Raten annimmt und gleichzeitig starke Verluste durch den Wegfraß durch das Zooplankton auftreten.

Kontakt:

Andreas Schöl

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56068 Koblenz

Tel.: 0261/ 1306 5514

E-Mail: schoel@bafg.de

Koautoren:

Dr. Birte Hein, Dr. Carsten Viergutz, Dr. Jens Wyrwa, Volker Kirchesch

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Modellierung der saisonalen Dynamik von Nährstoffen, Phytoplankton und Sauerstoff in der Tide-Elbe mit SCHISM-ECOSMO

Johannes Pein, Richard Hofmeister und Emil V. Stanev

Das hydrodynamische Modell SCHISM wurde mit dem biologischen Modell ECOSMO gekoppelt, um die saisonale Dynamik von Nährstoffen, Phytoplankton und Sauerstoff in der Tide-Elbe zu simulieren. Das gekoppelte physikalisch-biologische Modell ist die erste Anwendung des für ozeanische Verhältnisse entwickelten ECOSMO auf einem 3D unstrukturierten Gitter in einem Ästuar. Mit SCHISM werden die Tidedynamik sowie die saisonale Dynamik von Wasserstand, Salzgehalt und Temperatur mit hohem Realismus reproduziert. Es wird gezeigt, dass ECOSMO die dominierenden biologischen Prozesse in der Tide-Elbe abbilden kann. Die Simulation wird durch einige Sensitivitätsexperimente erweitert.

Kontakt:

Dr. Johannes Pein

Helmholtz-Zentrum Geesthacht GmbH
Zentrum für Material- und Küstenforschung
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht
Tel.: 04152/ 87 1564
E-Mail: johannes.pein@hzg.de

Koautoren:

Dr. Richard Hofmeister, Prof. Dr. Emil Stanev

Helmholtz-Zentrum Geesthacht GmbH
Zentrum für Material- und Küstenforschung

Ein modulares Modellsystem für eine benthisch-pelagische Kopplung im Elbeästuar

Carsten Lemmen, Johannes Pein und Richard Hofmeister

Flüsse sind die Hauptquelle von Nährstoffen und damit assoziierter Eutrophierung in Küstenseen. Nährstoffe im Fluss gelangen jedoch nicht direkt in das Küstenmeer, ein Großteil des Materials wird im Ästuar biogeochemisch prozessiert und verändert, sowohl im Wasserkörper als auch an und in der Sohle. In diesem Vortrag beschreiben wir die technische Seite eines und erste Ergebnisse aus einem benthisch-pelagisch gekoppelten ästuarinen Modellsystem, welches die Tideelbe und den angrenzenden Teil der südlichen Nordsee abbildet. Dieses Modellsystem besteht aus dem unstrukturierten hydrodynamischen Modell SCHISM mit integriertem pelagischen Ökosystemmodell ECOSMO, bidirektional gekoppelt mithilfe der modularen Kopplungsinfrastruktur MOSSCO/ESMF an das vertikal auflösende Boden-diagenesemodell OMeDia.

Kontakt:

Dr. Carsten Lemmen

Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung
Max-Planck-Str. 1
21502 Geesthacht
Tel.: 04152/ 87 2013
E-Mail: carsten.lemmen@hzg.de

Koautoren:

Johannes Pein, Dr. Richard Hofmeister

Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung

Die Saar – 40 Jahre Untersuchung und Modellierungen

Volker Kirchesch

Die Saar entspringt in den nördlichen Vogesen und mündet nach 227 km bei Konz in die Mosel. Die Sauerstoffgehalte zeigen über 40 Jahre bis heute eine deutliche Belastung der Saar an. Die Ursachen hierfür haben sich im Laufe der Zeit stetig verändert.

Zum einen wurde der ca. 100 km lange deutsche Abschnitt der Saar in den Jahren 1974-2000 zur Großschiffahrtsstraße ausgebaut. Dabei wurden neue Wehranlagen errichtet und der Flusslauf um ca. 10 km verkürzt. Die Flussquerschnitte wurden vergrößert, die Wassertiefen erhöht und die Uferböschungen befestigt. Dies hat deutliche Auswirkungen auf die Hydrologie, insbesondere wurde die Fließgeschwindigkeit durch den Ausbau stark verringert und dadurch die Aufenthaltszeiten des Wassers erhöht. Im Sommer bei niedrigen Abflüssen führen die niedrigen Fließgeschwindigkeiten zu einer geringen atmosphärischen Wiederbelüftung der Saar. Insbesondere in den tiefen Stauhaltungen Mettlach und Serrig kommt es dann bei geringer Turbulenz und starker Sonneneinstrahlung zusätzlich zu einer Schichtung des Wasserkörpers, d. h. hohe Sauerstoffwerte an der Oberfläche, niedrige in den tieferen Schichten. Dadurch wird der atmosphärische Sauerstoffeintrag über die Gewässeroberfläche zusätzlich verringert.

Zum anderen zeichnete sich die Saar zu Beginn der Ausbaumaßnahmen durch eine hohe Abwasserbelastung aus, die zum Teil bereits in Frankreich in die Saar und einige ihrer Nebenflüsse gelangte. Parallel zum Ausbau hat sich die Abwasserbelastung im Laufe der Jahre durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen deutlich verringert, allerdings besteht immer noch Handlungsbedarf. Die Veränderungen der Belastung über die letzten 40 Jahre werden am Beispiel des Ammoniumgehaltes vorgestellt. Die Auswirkungen des Ausbaus auf den Stoffhaushalt der Saar werden anhand von umfangreichen Gütemodellergebnissen erläutert und Sauerstoffstützungsmaßnahmen und deren Kostenaufteilung vorgestellt. Parallel zu den Gütemodellarbeiten hat die Bundesanstalt für Gewässerkunde die Gewässergüte der Saar über die letzten Jahrzehnte mithilfe umfangreicher Messungen erfasst und „saarspezifische“ Prozesse untersucht. Die Ergebnisse sind in die Weiterentwicklung des Gewässergütemodells QSim eingeflossen. Dadurch ist mit QSim ein Instrument entstanden, mit dessen Hilfe der Stoffhaushalt der Saar analysiert werden kann, um Empfehlungen hinsichtlich einer Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse in der Saar geben zu können.

Kontakt:

Volker Kirchesch

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56068 Koblenz

Tel.: 0261/ 1306 5537

E-Mail: volker.kirchesch@bafg.de

In der Reihe BfG-Veranstaltungen sind bisher u. a. erschienen:

- 1/2011 Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Zustands in Wasserstraßen
- 2/2011 Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen
- 3/2011 Zeitgemäße Erfassung und Bereitstellung von Geobasisdaten für die WSV
- 4/2011 EurAqua Symposium Impact of climate change on water resources – 200 years hydrology in Europe – a European perspective in a changing world
- 5/2011 Schadstoffdynamik in Flussgebieten – Ursachen, Wirkungen und Konsequenzen stofflicher Veränderungen in Raum und Zeit

- 1/2012 Partikuläre Stoffströme in Flusseinzugsgebieten
- 2/2012 Überregionale Wasserbewirtschaftung – Entwicklung und Einsatz eines Informationssystems und verschiedener Modelle
- 3/2012 Dynamik des Sedimenthaushaltes von Wasserstraßen
- 4/2012 Pathogenic *Vibrio* spp. in Northern European Waters
- 5/2012 Baumaterialien und Oberflächengewässer
- 6/2012 Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen
- 7/2012 Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen. 2. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen

- 1/2013 Wissen was war ... – Rückblick auf hydrologische Extreme
- 2/2013 Die Bundeswasserstraßen im Blickfeld ökologischer Zielsetzungen gemäß WRRL – Erreichtes und Erreichbares
- 3/2013 Geomorphologische Prozesse unserer Flussgebiete
- 4/2013 FLYS goes WEB: Eröffnung eines neuen hydrologischen Fachdienstes in der BfG
- 5/2013 Neue Entwicklungen in der Gewässer Vermessung
- 6/2013 Die Zukunft des Wasserhaushaltes im Elbeinzugsgebiet / Budoucnost vod-ního režimu v povodí Labe
- 7/2013 Bioakkumulation in aquatischen Systemen: Methoden, Monitoring, Bewertung
- 8/2013 Geodätische Arbeiten für Bundeswasserstraßen

- 1/2014 Artenschutz in der Praxis – Erfahrungen mit Ersatzquartieren und der Umsiedlung von streng geschützten Arten
- 2/2014 Ästuare und Küstengewässer der Nordsee
- 3/2014 Schadstoffe in Bundeswasserstraßen – Nutzergerechte Verfügbarkeit von Informationen

- 1/2015 Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen. 4. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen
- 2/2015 Wasserstraßenbezogene geodätische Anwendungen und Produkte der Fernerkundung
- 3/2015 Ökosystemleistungen – Herausforderungen und Chancen im Management von Fließgewässern
- 4/2015 Qualitativ-gewässerkundliche Aspekte der WSV-Arbeit

- 1/2016 Sedimentbilanzen in Flussgebieten – von der Quelle bis zur Mündung

- 1/2017 Geodätische Beiträge zum Systemverständnis für Bundeswasserstraßen und sonstige Gewässer
- 2/2017 Korrosionsschutz im Stahlwasserbau – Zulassung, Einsatz, Umweltaspekte
- 3/2017 Statistische Methoden in der hydrologischen Vorhersagepraxis und deren Nutzen
- 4/2017 Radioaktivität in Forschung und Umwelt – 60 Jahre Radiologie in der Bundesanstalt für Gewässerkunde
- 5/2017 Modellierung aktueller Fragestellungen zur Wassermengenbewirtschaftung an Bundeswasserstraßen

- 1/2018 Messtechnik und Methoden in der Gewässermorphologie
- 2/2018 Möglichkeiten und Perspektiven von Biotestverfahren in der Gewässerüberwachung und Bewertung
- 3/2018 Großräumige Abflussmodellierung – 50 Jahre hydraulische Modellierung in der BfG