

NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ReWaM

Regionales Wasserressourcen-Management
für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



VORWORT



” Intakte Flüsse und Seen sowie sauberes Grundwasser erfüllen vielfältige Funktionen und sind von großem gesellschaftlichem Nutzen. Gewässer sind Lebensraum für Tier- und Pflanzenarten, sie dienen zur Wasserversorgung, zur Energieerzeugung oder zur Erholung.

Die verschiedenen Nutzungsansprüche stehen jedoch untereinander und mit der ökologischen Funktionsfähigkeit der Gewässer häufig in Konflikt. Die Wasserqualität wird zum Beispiel durch Nähr- und Schadstoffeinträge aus Siedlungsgebieten und von landwirtschaftlichen Nutzflächen belastet. Hinzu kommt aber auch die strukturelle Veränderung von Gewässern durch Begräbung, Verbauung oder Abholzung von Auenwäldern. Landnutzungsänderungen in Flusseinzugsgebieten können dazu beitragen, dass das Hochwasserrisiko steigt und Extremereignisse gravierende Folgen haben.

Unsere Gewässer benötigen deshalb einen vorausschauenden Schutz und regionale Lösungsansätze, um den genannten Problemen zu begegnen. Zudem fordert die Europäische Wasserrahmenrichtlinie für alle Gewässer einen guten ökologischen und chemischen Zustand. Auch für Deutschland bedeutet dies erhebliche Anstrengungen in der Umsetzung der Vorgaben. Grundlage dafür ist ein umfassendes Verständnis der ablaufenden Prozesse und ein intelligentes Management der verfügbaren Ressourcen.

Dies ist die Motivation hinter der Fördermaßnahme „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland – ReWaM“, die das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Förderschwerpunkts „Nachhaltiges Wassermanagement“ (NaWaM) seit dem Jahr 2015 mit fast 30 Mio. € gefördert hat.

Eine wichtige Rolle spielt in allen Verbundprojekten die enge Zusammenarbeit zwischen der Wissenschaft und den beteiligten Wirtschaftsunternehmen, aber auch den Kommunen, Behörden und Verbänden – also denjenigen, die direkt oder indirekt für die Unterhaltung und die Bewirtschaftung der Gewässer verantwortlich sind.

Diese Kooperationen und die Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse in Modellregionen, die über die ganze Bundesrepublik verteilt sind, schufen die Basis für eine zielgerichtete Entwicklung von praktikablen Lösungskonzepten sowie langfristig nutzbaren Dienstleistungen und Verfahren. Die Ergebnisse der Projekte werden in der vorliegenden Broschüre präsentiert.

Dr. Karl Eugen Huthmacher
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Inhalt



6 **DIE BMBF-FÖRDERMAßNAHME ReWaM**

Praxisorientierte Forschung für ein regionales Wasserressourcen-Management

GEWÄSSERENTWICKLUNG UND WASSERBEWIRTSCHAFTUNG

14 **In_StröHmunG** – Innovative Systemlösungen für ein transdisziplinäres und regionales ökologisches Hochwasserrisikomanagement und naturnahe Gewässerentwicklung

16 **KOGGE** – Kommunale Gewässer gemeinschaftlich entwickeln im urbanen Raum

18 **NiddaMan** – Entwicklung eines nachhaltigen Wasserressourcen-Managements am Beispiel des Einzugsgebiets der Nidda

20 **StuCK** – Sicherstellung der Entwässerung küstennaher, urbaner Räume unter Berücksichtigung des Klimawandels

22 **WaSiG** – Wasserhaushalt siedlungsgeprägter Gewässer: Planungsinstrumente und Bewirtschaftungskonzepte

GEWÄSSERMONITORING

26 **BOOT-Monitoring** – Bootgestütztes Messsystem für die Erfassung longitudinaler Gewässerprofile der Morphometrie, Wasserqualität und Hydrologie als Teil eines integrierten Gewässermonitorings

28 **HyMoBioStrategie** – Auswirkungen hydromorphologischer Veränderungen von Seeufnern (Bodensee) auf den Feststoffhaushalt, submerse Makrophyten und Makrozoobenthos-Biozönosen mit dem Ziel der Optimierung von Mitigationstrategien

30 **RiverView** – Gewässerzustandsbezogenes Monitoring und Management

GEWÄSSERÖKOLOGISCHE BEWERTUNGSVERFAHREN

- 34 **GroundCare** – Parametrisierung und Quantifizierung von Grundwasser-Ökosystemdienstleistungen als Grundlage für eine nachhaltige Bewirtschaftung
- 36 **RESI** – River Ecosystem Service Index

MANAGEMENT DER WASSERQUALITÄT

- 40 **CYAQUATA** – Untersuchung der Wechselbeziehungen von toxinbildenden Cyanobakterien und Wasserqualität in Talsperren unter Berücksichtigung sich verändernder Umweltbedingungen und Ableitung einer nachhaltigen Bewirtschaftungsstrategie
- 42 **FLUSSHYGIENE** – Hygienisch relevante Mikroorganismen und Krankheitserreger in multifunktionalen Gewässern und Wasserkreisläufen – Nachhaltiges Management unterschiedlicher Gewässertypen Deutschlands
- 44 **MUTReWa** – Maßnahmen für einen nachhaltigeren Umgang mit Pestiziden und deren Transformationsprodukten im Regionalen Wassermanagement
- 46 **PhosWaM** – Phosphor von der Quelle bis ins Meer – Integriertes Phosphor- und Wasserressourcen-Management für nachhaltigen Gewässerschutz
- 48 **SEEZEICHEN** – Tracer-Methoden zur Identifizierung von Grundwasser- und Zuflusseinschichtungen und deren Einfluss auf Wasserqualität und Trinkwassergewinnung
- 50 **KONTAKTE**
- 58 **IMPRESSUM**



Die BMBF-Fördermaßnahme ReWaM

Praxisorientierte Forschung für ein regionales Wasserressourcen-Management

LÜCKEN BEI DER UMSETZUNG WASSER-BEZOGENER RICHTLINIEN SCHLIESSEN

Europäische Gewässer schützen und nachhaltig bewirtschaften: Dies ist Ziel der im Jahr 2000 vom Europäischen Parlament verabschiedeten Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). So soll eine Zustandsverschlechterung der Gewässer vermieden und bis Ende 2015 – spätestens aber bis Ende 2027 – ein guter chemischer und ökologischer Zustand erreicht werden. Bund, Länder und Kommunen haben seither vielfältige Anstrengungen zur Verbesserung des Gewässerzustands unternommen. Im Jahr 2015 erreichten dennoch nur etwa sieben Prozent der berichtspflichtigen Gewässer den guten Zustand.

Neben der WRRL gibt es eine Vielzahl wasserbezogener Richtlinien, die den Umgang mit den Wasserressourcen sowie deren Bewirtschaftung und Nutzung vorgeben: sie regeln beispielsweise das Management von Hochwasserrisiken, den Artenschutz oder die Bade- und Trinkwasserqualität. Für die Umsetzung der Richtlinien sind jeweils unterschiedliche Behörden und PraktikerInnen aus der Wasserwirtschaft verantwortlich. In der Folge werden Gewässer häufig nur sektoral und nicht ganzheitlich betrachtet und bewirtschaftet.

Die Beteiligung einer Vielzahl von Akteuren kann jedoch auch ein Gewinn für den Gewässerschutz sein, der gemeinsames Ziel der verschiedenen wasserbezogenen Richtlinien ist. Unterschiedliche Perspektiven und ein breites Repertoire fachlicher Konzepte und Methoden können es ermöglichen, Hochwasserrisikomanagement, Artenschutz und andere Ziele mit der nachhaltigen Entwicklung der Gewässer

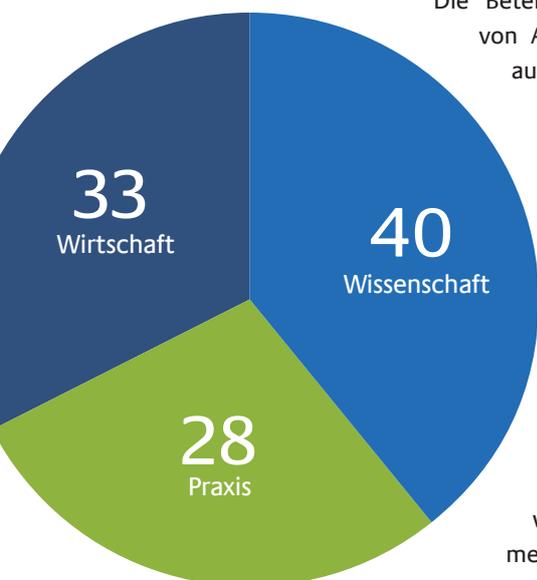


Abb. 1: An der BMBF-Fördermaßnahme beteiligen sich 101 Partner aus Wissenschaft, Wirtschaft und der Praxis (Behörden, Kommunen, Verbände und Verwaltung)

zu verbinden. Hierfür bedarf es des gemeinsamen Willens aller Beteiligten sowie der entsprechenden Auslegung und Umsetzung der jeweils zugrundeliegenden Richtlinien.

FORSCHUNG FÜR DIE PRAXIS

Für ein erfolgreiches Handeln der wasserwirtschaftlichen Praxis gibt es verschiedene Voraussetzungen: a) Ein gutes Prozessverständnis dient allen beteiligten Akteuren und der Öffentlichkeit als gemeinsame Wissens- und Diskussionsgrundlage. b) Weitere Voraussetzung sind wissenschaftlich abgesicherte Indikatoren und Methoden, die es ermöglichen, entscheidungsrelevante Informationen zu generieren. c) Anwendungsbezogene Entscheidungsinstrumente erlauben eine sektorübergreifende Bewertung, um ein allgemein akzeptiertes Vorgehen zu erreichen.

Vor diesem Hintergrund brachte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Jahr 2015 die Fördermaßnahme „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland“ (ReWaM) auf den Weg. Insgesamt fördert das BMBF 15 Verbundprojekte und ein begleitendes Vernetzungs- und Transfervorhaben. Der Förderzeitraum der Projekte endet in 2018 bzw. 2019. ReWaM ist Teil des BMBF-Förderschwerpunktes „Nachhaltiges Wassermanagement“ (NaWaM) im BMBF-Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA³). ReWaM untersetzt das NaWaM-Themenfeld „Wasser und Umwelt“ mit praxisorientierter Forschung.

Ziel von ReWaM ist es, Wege zu untersuchen und aufzuzeigen, wie sich verschiedene Nutzungsformen von Gewässern mit ihrem Schutz in Einklang bringen lassen, um die Vielfalt und Leistungsfähigkeit der unterschiedlichen Gewässerökosysteme dauerhaft zu erhalten. Dies betrifft sowohl ländliche, stadtnahe als auch urbane Regionen. Um den Transfer der Ergebnisse in die Praxis zu gewährleisten und die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an den Bedürfnissen der Anwender auszurichten, sind alle ReWaM-Vorhaben transdisziplinär ausgerichtet. In den Verbänden arbeiten Akteure aus der Wissenschaft, der Wirtschaft sowie der wasserwirtschaftlichen Praxis eng zusammen. Das BMBF fördert 101 Teilprojekte. Diese werden zu etwa je einem Drittel von Institutionen aus der Wissenschaft, Wirtschaft sowie der wasserwirtschaftlichen Praxis durchgeführt. Darüber hinaus sind weitere Organisationen und Firmen als assoziierte Partner oder über Unteraufträge in die Fördermaßnahme eingebunden.

Alle Projekte adressieren die vielfältigen Herausforderungen des regionalen Wasserressourcen-Managements in Regionen mit Modellcharakter. Die Modellregionen verteilen sich über die gesamte Bundesrepublik. Damit ist eine Übertragbarkeit der Projektergebnisse auf andere Regionen in Deutschland sowie das nahe europäische Ausland möglich.

PROJEKTCLUSTER

Die Verbundprojekte bearbeiteten ein breites Themenspektrum mit unterschiedlichen Forschungsansätzen. Die vier Projektcluster verdeutlichen die gemeinsamen Arbeitsfelder der Projekte:

■ Gewässerentwicklung und Wasserbewirtschaftung

Die Verbundprojekte dieses Clusters adressieren integrative Entwicklungs- und Handlungsstrategien für das Wasserressourcen-Management. Im Vordergrund stehen die Vereinbarkeit von Hochwassermanagement und Gewässerentwicklung. Schwerpunkte bilden die Gewässerbewirtschaftung im urbanen Raum, Stadtgewässerentwicklung, Einzugsgebietsmanagement sowie der Siedlungswasserhaushalt und die Regenwasserbewirtschaftung.

■ Gewässermonitoring

Innovative Methoden zur Erfassung von physikalischen und chemischen Parametern in Oberflächengewässern verbinden die Verbundprojekte dieses Clusters. Gewässer sind dynamische Systeme und reagieren in unterschiedlicher Weise auf Stoffeinträge und Veränderungen. Um die Prozesse und ihre Rahmenbedingungen besser als bisher zu erfassen, arbeiten die Verbünde an Messsystemen für alle relevanten Parameter mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Neben klassischen Verfahren wurden (teil-)autonome Messfahrzeuge entwickelt.

■ Gewässerökologische Bewertungsverfahren

Im Fokus dieses Clusters stehen die Analyse und Bewertung von Ökosystemleistungen. Ziel der Forschungsaktivität ist die Entwicklung neuartiger Entscheidungsgrundlagen für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Grund- und Oberflächengewässern. Die Projekte betrachten Bioindikatoren sowie Leistungen, die durch das Gewässer und daran angrenzende Bereiche zur Verfügung gestellt und durch den Menschen in Anspruch genommen werden.

■ Management der Wasserqualität

Die Verbünde dieses Clusters untersuchen neuartige Gewässerverunreinigungen und entwickeln Methoden zur Gefährdungsabschätzung sowie neue Lösungsstrategien. Im Fokus stehen die Trink- und Badegewässerqualität sowie die Wirkungspfade zwischen Grund- und Oberflächengewässern.

Eine besondere gesellschaftliche Relevanz ergibt sich aus dem Einfluss pathogener Keime und toxinbildender Cyanobakterien auf die menschliche Gesundheit.

PROJEKTCLUSTER	BETEILIGTE VERBUNDPROJEKTE
Gewässerentwicklung und Wasserbewirtschaftung	In_StröHmunG KOGGE NiddaMan StucK WaSiG
Gewässermonitoring	BOOT-Monitoring HyMoBioStrategie RiverView
Gewässerökologische Bewertungsverfahren	GroundCare RESI
Management der Wasserqualität	CYAQUATA FLUSSHYGIENE MUTReWa PhosWaM SEEZEICHEN

Abb. 2: Zuordnung der ReWaM-Verbundprojekte in Projektcluster

LENKUNGSKREIS

Ein begleitendes Gremium steht den Verbundprojekten in der BMBF-Fördermaßnahme ReWaM bei ihrer Arbeit zur Seite: In den Lenkungskreis wurden Mitglieder aus Behörden und anderen Institutionen berufen, die im Bereich Wasser und Umwelt tätig sind. Darüber hinaus gehören dem Lenkungskreis die 15 LeiterInnen der Verbundprojekte sowie VertreterInnen des Vernetzungs- und Transfervorhabens ReWaMnet, des BMBFs und der Projektträger an. Der Lenkungskreis unterstützt die Projekte mit Hinweisen zum Praxisbezug und zu weiteren potentiellen Adressaten der gewonnenen Erkenntnisse. Weiterhin gibt er Impulse, damit sich aus den Forschungsvorhaben relevante Querverbindungen ableiten und umsetzen lassen.



Smileus/iStockphoto.com

SYNERGIEN NUTZEN: PROJEKTÜBERGREIFENDE ARBEIT IN QUERSCHNITTSTHEMEN

Zwischen den Projekten bestehen Gemeinsamkeiten hinsichtlich der Methoden, Fragestellungen und der betrachteten Gewässertypen. Neben der Forschungsarbeit sowie der Umsetzung und Implementierung der Erkenntnisse engagierten sich die ReWaM-Konsortien in drei vom ReWaM-Lenkungskreis formulierten projektübergreifenden Querschnittsthemen (QT). Aufgabe von ReWaMnet war es, den Rahmen für den Austausch zu schaffen sowie die Arbeitstreffen organisatorisch und inhaltlich in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Arbeitsgruppensprechern vorzubereiten. Insgesamt fanden zehn Arbeitstreffen in den Querschnittsthemen statt.

■ QT 1 „Wissenstransfer und Praxistransfer“

Die Mitglieder des QT 1 beschäftigten sich mit der Frage, wie Forschungsergebnisse für die Praxis nutzbar werden und

so zur Umsetzung der diversen wasserbezogenen Richtlinien beitragen können. In ReWaM stammen ca. 60 Prozent der beteiligten Partner aus Wirtschaft und Praxis. Um den großen Erfahrungsschatz nutzbar zu machen, wurden im Rahmen eines Workshops die Anforderungen der Wasserwirtschaft für den Wissenstransfer abgefragt. Um die Ergebnisse des Querschnittsthemas über die Projektlaufzeit hinaus verfügbar zu machen, wurden die Erkenntnisse in Checklisten zusammengefasst. Sie stehen frei zur Verfügung und sollen einen erfolgreichen Wissenstransfer zwischen Forschung und verschiedenen Zielgruppen unterstützen.

■ QT 2 „Probenahmestrategien und Methoden“

Ziel des QT 2 war es, Methoden zu vergleichen und Strategien zu entwickeln, mit deren Hilfe sich ausgewählte Parameter effizienter messen und auswerten lassen. Im Fokus standen Online-Sonden, Datenvalidierungsverfahren und



das Thema Datenmanagement sowie die Erfassung der Gewässerstruktur. Es fanden zwei Exkursionen statt: in Rostock und Warnemünde beschäftigten sich die Mitglieder des QT 2 mit den Themen Morphometrie, Geschwindigkeits- und Durchflussmessung sowie kontinuierliche Analytik. Bei einer Exkursion am Bodensee lag der Schwerpunkt auf den Themen Uferrenaturierung, Flusswasserfahnen als Eintragungspfad, Grundwasserzutritt und Grundwasserfauna.

■ QT 3 „Ökosystemleistungen im Gewässermanagement“

QT 3 diente als Basis für den methodischen Austausch zwischen den Projekten, die mit dem Konzept Ökosystemleistungen arbeiten. Innerhalb des Querschnittsthemas wurden zwei Aspekte vertieft: Ziel der Arbeitsgruppe (AG) „Stickstoffretention“ war es, aktuelle Ansätze zur Erfassung, Quantifizierung und Bewertung von Stickstoffverbindungen sowie der Stickstoffretention in verschiedenen Gewässer-

ökosystemen auf verschiedenen Skalenebenen zu sammeln. Die Mitglieder der zweiten AG „Systemübergreifende Betrachtung von Ökosystemleistungen“ befassten sich mit einer Konkretisierung des Konzepts der Ökosystemleistungen für die im ReWaM-Kontext relevanten Gewässersysteme, wie Fluss-Auen-Systeme, Grundwasserleiter und Standgewässer.

VERNETZUNGS- UND TRANSFERVORHABEN ReWaMnet

Die Fördermaßnahme ReWaM wird durch das Vernetzungs- und Transfervorhaben ReWaMnet begleitet. ReWaMnet unterstützt die Verbundprojekte in vielfältiger Weise bei ihrer Arbeit mit dem Fokus auf der Stärkung der projektübergreifenden Zusammenarbeit.

Zusätzlich zur Durchführung der drei ReWaM-Konferenzen wurde der Austausch in Querschnittsthemen initiiert und unterstützt. Der regelmäßig erscheinende Newsletter und die Broschüren zum Projektfortschritt der Verbünde informieren dabei Projektmitarbeiter ebenso wie die Fachöffentlichkeit.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Unterstützung der Projekte beim Transfer übertragbarer Ergebnisse in die wasserwirtschaftliche Praxis. Hierfür wurde beispielsweise ein übergreifendes Wissensmanagement etabliert, das auf der ReWaM-Homepage als Produktbibliothek allgemein verfügbar ist.

Eine zielgruppenorientierte Präsentation der Fördermaßnahme ermöglicht der Einsatz verschiedener Medien wie z. B. eine Touch Table-Anwendung, die auf Messen und Veranstaltungen zum Einsatz kommt. Des Weiteren wurden wissenschaftliche Beiträge in Fachzeitschriften platziert und Themenhefte organisiert. Informationen zu und Neuigkeiten aus ReWaM werden über die Homepage sowie Twitter transportiert und durch die Kooperation mit Lokal- und Fachjournalisten verbreitet.

Das BMBF legte die Durchführung des Vernetzungs- und Transfervorhabens in die Hände der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). Die BfG engagiert sich als Ressortforschungseinrichtung traditionell an der Schnittstelle von Wissenschaft und Politik und ist in verschiedenen Gremien des Bundes und der Länder aktiv. Sie wirkt damit als Multiplikator für die in ReWaM erarbeiteten neuen wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnisse der Gewässerbewirtschaftung.

Das weitreichende Netzwerk und die große Erfahrung der BfG sind ein wichtiger Baustein, um die Erkenntnisse und Lösungen aus ReWaM zu verstetigen und die modellhafte Umsetzung und Erprobung von Maßnahmen in den Modellgebieten auf andere Regionen in Deutschland zu übertragen.

TRANSFER VON ERGEBNISSEN UND ERKENNTNISSEN

Die Umsetzung in der wasserwirtschaftlichen Praxis und damit letztlich der Erfolg einer Fördermaßnahme lässt sich erst einige Jahre nach Abschluss der Forschungsprojekte abschätzen. Die Projekte forschen in ihren Modellregionen mitunter spezifisch für die lokalen Rahmenbedingungen. Ein Merkmal der Fördermaßnahme ist die Übertragbarkeit von Methoden und Lösungen, die von Beginn an berücksichtigt wurde. Daher profitieren bereits jetzt Anwender in Regionen mit ähnlichen Problemstellungen von dem erarbeiteten Erfahrungsschatz. Um die Ergebnisse aus ReWaM zu verstetigen, arbeiten die Verbände gemeinsam mit ReWaMnet daran, dass ihre Forschungsarbeit in die Fachöffentlichkeit getragen wird und Eingang in Leitfäden sowie Normen findet. Bereits während der bisherigen Laufzeit brachten viele Projekte ihre Expertise bei regelgebenden Fachverbänden ein oder berieten Fachpolitiker auf regionaler, nationaler sowie europäischer Ebene.

Am Ende der Förderlaufzeit liegt ein Fokus auch auf der projektübergreifenden Ergebnissynthese. Hierzu bündeln die Verbundprojekte ihre Ergebnisse zu bestimmten Themenfeldern. Bezugnehmend auf aktuelle Diskussionen im Wassersektor greifen die beteiligten Projekte vom Lenkungskreis identifizierte Themenfelder auf und untersetzen sie mit Erkenntnissen aus der eigenen Forschungsarbeit.

Mit Unterstützung von ReWaMnet werden geeignete Formate ausgewählt, um die projektübergreifenden Botschaften zielgerichtet zu kommunizieren.

In der vorliegenden Abschlussbroschüre sind die wesentlichen Erkenntnisse der Projekte zusammengefasst. Eine ausführliche Darstellung sowie weitergehende Ergebnisse können der Produktbibliothek auf der ReWaM-Homepage und den Abschlussberichten der Verbundforschungsvorhaben entnommen werden.

KONTAKT

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Am Mainzer Tor 1 | D-56068 Koblenz
Dr. Sebastian Kofalk | Tel.: +49 261 1306 5330
Alexia Krug von Nidda | Tel.: +49 261 1306 5331

rewamnet@bafg.de
www.bmbf.nawam-rewam.de

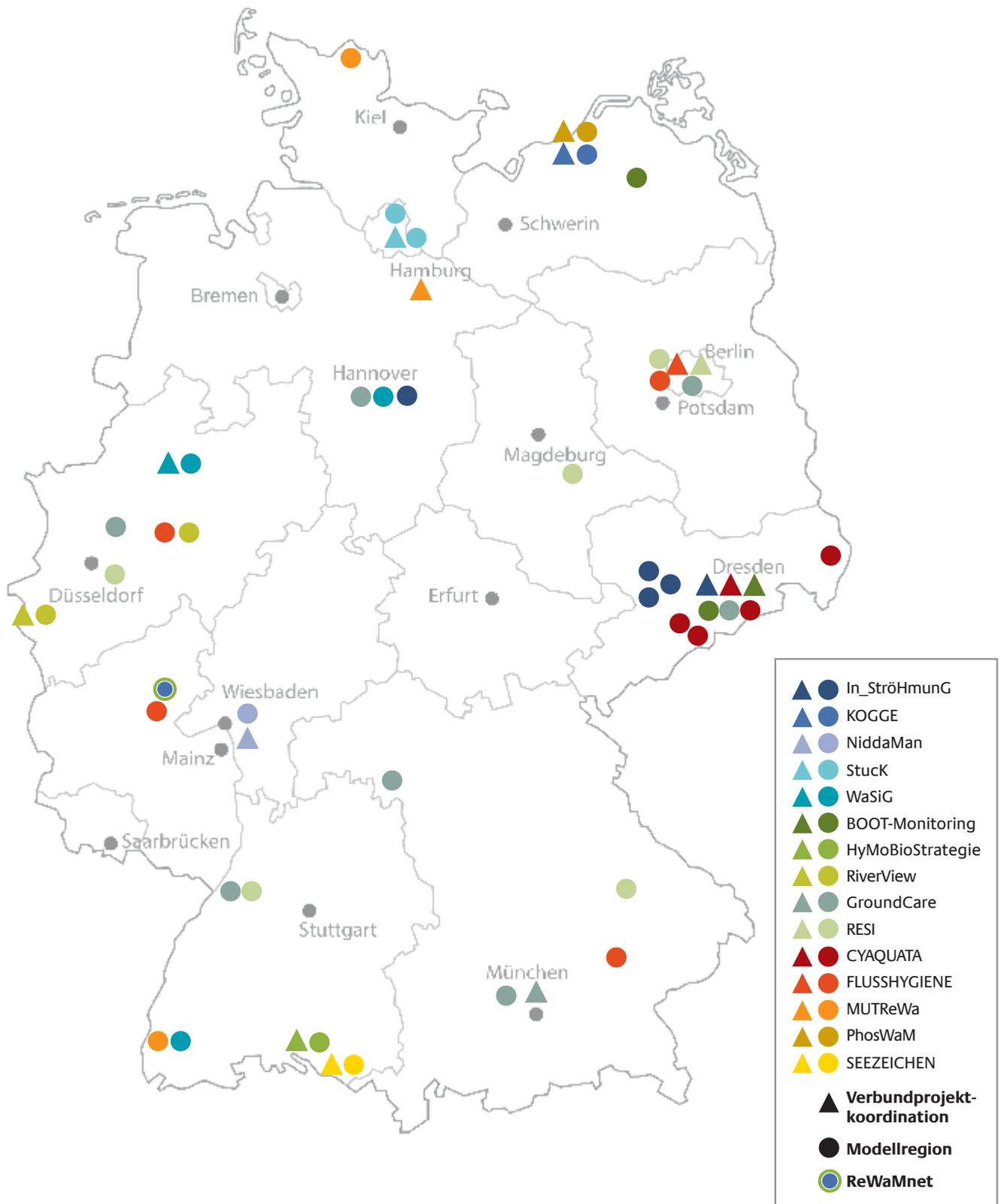


Abb. 3: Modellregionen und Standorte der Verbundprojektkoordinationen in der BMBF-Fördermaßnahme ReWaM.



” KOGGE

Ich habe eine vorbildliche und professionelle Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erlebt. Die beteiligten Partner können stolz auf ihren Beitrag für die Gewässerentwicklung im Raum Rostock sein.

Sebastian Foth,
Wasser- und Bodenverband
„Untere Warnow-Küste“

” WaSiG

Die Mitarbeit in dem Projekt WaSiG war interessant und brachte zusätzliches Know-How. Ob sich die Investition wirtschaftlich für uns bezahlt macht, bleibt abzuwarten.

Thomas Brendt,
BIT Ingenieure AG

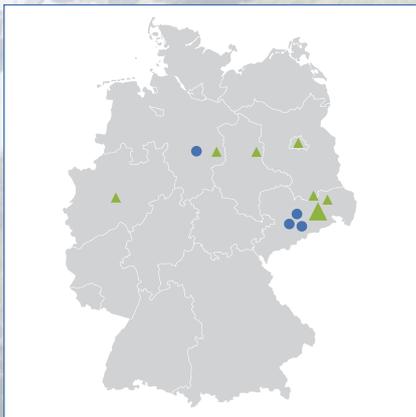
” NiddaMan

Neben vielen praxisrelevanten Erkenntnissen haben sich aus dem Projekt neue Fragen zum Beispiel zur Bedeutung der Verschlammung und deren Auswirkungen auf den ökologischen Gewässerzustand ergeben.

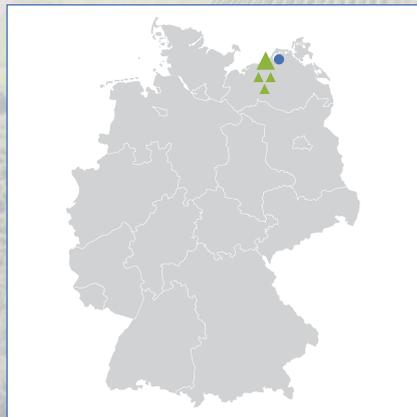
Gerd Hofmann,
Regierungspräsidium Darmstadt

Gewässerentwicklung und Wasserbewirtschaftung

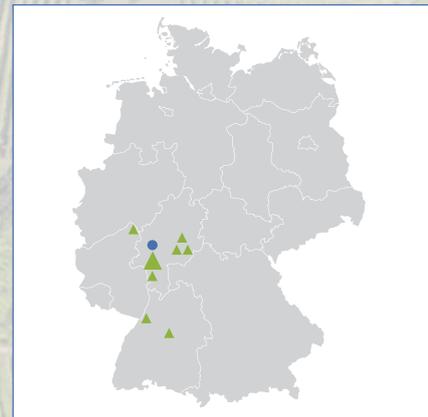
14 In_StröHmunG



16 KOGGE



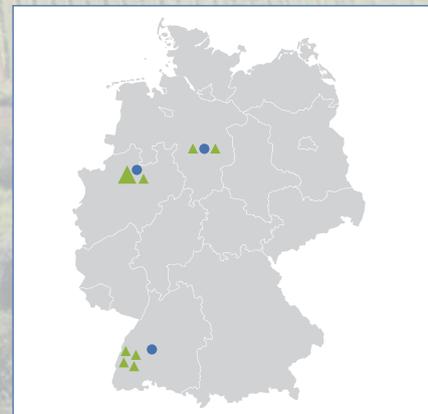
18 NiddaMan



20 Stuck



22 WaSiG



▲ Projektkoordination ▲ Verbundpartner ● Modellregion

» In_StröHmunG

Bei der Methodenentwicklung sollten die Grundlagen des Verwaltungshandelns und die Zwänge der Akteure bei der Gewässerbewirtschaftung berücksichtigt werden, damit die Methoden in der alltäglichen Praxis Anwendung finden können.

Dr. Bernd Spänhoff,
Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie

» Stuck

Die Erkenntnisse aus Stuck fließen zum einen direkt in die Verbesserung des Warndienstes Binnenhochwasser ein und verbessern damit den operativen Hochwasserschutz in der Freien und Hansestadt Hamburg. Zum anderen werden ökologische Aspekte in das Hochwassermanagement eingebracht, die zum Ziel haben, Hochwassermanagement mit ökologischer Aufwertung von Hochwasserrückhalteflächen zu verbinden.

Dieter Ackermann,
Freie und Hansestadt Hamburg

In_StröHmunG – Innovative Systemlösungen für ein transdisziplinäres und regionales ökologisches Hochwasserrisikomanagement und naturnahe Gewässerentwicklung

Das Konsortium hat Instrumente für die nachhaltige Bewirtschaftung von Fließgewässern erarbeitet. Im Fokus stehen Konzepte und Maßnahmen, bei denen die Ziele der Wasserrahmen- (WRRL) und der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) gleichermaßen Beachtung finden.

KERNBOTSCHAFTEN

- Die räumliche und zeitliche Strömungsdiversität ist der Schlüsselfaktor für die Wirksamkeit von Renaturierungsmaßnahmen. Sie ist umso wichtiger, je höher die Wärme- und stoffliche Belastung des Gewässers ist.
- Rehnen vermindern den Sedimenteintrag auf das Vorland, werden in ihrer Gestalt durch die Bewuchsdichte beeinflusst und sind von hoher ökologischer Wertigkeit. Solange Rehnen den Hochwasserschutz nicht beeinflussen, sind keine Maßnahmen notwendig.
- Zur Verbesserung der Flächenverfügbarkeit, um eine naturnahe Gewässerentwicklung in Verbindung mit dem Hochwasserrisikomanagement erfolgreich umzusetzen, sind angepasste Rahmenbedingungen auf allen Handlungsebenen notwendig.
- Ökologische Gewässeraufwertung und Hochwasservorsorge sind integriert zu planen und umzusetzen. Um dies mit nachhaltiger Gewässerunterhaltung erreichen zu können, wurde die Gewässermanagement-Software PROGEMIS® entwickelt.
- Befragungen zeigen, dass die lokale Bevölkerung naturnahe Bäche wertschätzt und sich eine naturnähere Gestaltung der Gewässer wünscht.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Das aktuelle Gewässerbewirtschaftungssystem ist ausgerichtet für die Nutzung der Gewässer und deren Umland durch den Menschen. Die Einflussnahme, insbesondere die direkte Bewirtschaftung durch Ausbau, Nutzung und Unterhaltung, spiegelt sich in der unzureichenden Zustandseinstufung wider. Dies macht einen Wandel hin zu einer integrativ und ökologisch ausgerichteten Entwicklung erforderlich.

Das Projekt In_StröHmunG befasst sich daher mit Systemlösungen, die das Gewässer als natürliches System im Gesamtnatur-

haushalt betrachten. Mit einem besseren Verständnis der Zusammenhänge zwischen Morphodynamik und Ökologie sollen Lösungsansätze für die Bewirtschaftung entwickelt werden, mit denen die Gewässer eine deutlich bessere Qualität erreichen können.

ERGEBNISSE

Die Strömungsdiversität erwies sich neben der Wassertemperatur und sauerstoffzehrenden Stoffbelastungen als ein maßgeblicher Wirkfaktor der Atmungs habitatbedingungen der Biozönose in den Modellgewässern. Daher ist ein möglichst hoher Streckenanteil mit gewässertypspezifischer Strömungsdiversität eine der wichtigsten Voraussetzung für das Erreichen eines guten ökologischen Zustandes. Dennoch zeigte sich, dass Stressoren wie Stoff- und Feinsedimenteinträge die z. T. vorhandenen naturnahen Gewässerstrukturen überprägen und so das Erreichen des guten ökologischen Zustandes verhindern.

In physikalischen Modellversuchen wurde nachgewiesen, dass Ufer- und Böschungsbewuchs die Strömungsdiversität erhöht, und damit verbunden auch die Sohlsubstratdiversität. Gezieltes Auslichten des Böschungsbewuchs (siehe PROGEMIS®) erhöht die Habitatverfügbarkeit für Makrozoobenthos (MZB) und Fische. Die Prognose der Habitatverfügbarkeit kann mit Hilfe der MZB-Habitatmodellierung (Verbindung 2-d-numerischer Methoden mit Reaktionsnormen bestimmter Organismen) erfolgen. Exemplarisch zeigt die Methode für Maßnahmen am Mortelbach die Verbesserung der Habitatverfügbarkeit mehrerer gewässertypspezifischer Arten.

Das Einstellen der Böschungsmahd an den Modellgewässern ließ eine beginnende Eigendynamik und strukturelle Veränderungen erkennen. Auf die Besiedlung durch das MZB hatte dies aber bislang keinen positiven Einfluss. Dies ist ein Hinweis auf das schlechte Wiederbesiedlungspotenzial sowie weitere limitierende Faktoren. An Fließgewässern, die bei Hochwasserereignissen suspendiertes Sohlenmaterial transportieren, entstehen häufig Uferrehnen. Rehnen können einerseits die Hochwassersicherheit negativ beeinflussen (Querschnittsverlust), andererseits vermindern sie Sedimenteinträge auf das Vorland. Physikalische Modellversuche zeigten, dass Uferbewuchs die Gestalt der Rehne beeinflusst, jedoch keine Bedingung für die Entstehung ist. Grundsätzlich ist die Rehnenbildung ein natürlicher Prozess. Eine dauerhafte Freihaltung erfordert daher eine regelmäßige Unterhaltung.

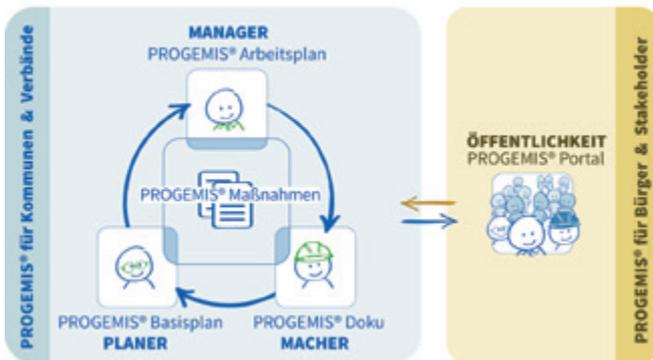


Abb. 1: Module des Gewässermanagementsystems PROGEMIS®.
Grafik: Stowasserplan GmbH & Co. KG

An größeren Gewässern dienen Flutmulden (künstliche Nebenarme) dem Ziel, den Abfluss im Hochwasserfall zu bewältigen. Die Ergebnisse des Projektes weisen darauf hin, dass gewünschte Synergieeffekte zur Schaffung naturschutzfachlich wertvoller Strukturen dem lokalen Hochwasserschutz diametral entgegenstehen können. Diese Erkenntnisse sind explizit nicht auf natürliche Altarm- und Altwasserstrukturen zu übertragen.

Gewässernahe Flächen können oftmals nicht für eigendynamische Prozesse genutzt werden. Bestehende Möglichkeiten zur Verbesserung der Flächenverfügbarkeit, wie z. B. Flächenkauf oder -tausch, können oftmals nicht ausgeschöpft werden. Fördermaßnahmen, die den Bewirtschaftern einen Ausgleich für Ertragsverluste garantieren, können strategisch als Brückenslösung für dauerhafte Flächensicherungskonzepte wie gesetzliche Regelungen und Flurneuordnungsverfahren sein.

Die breite Öffentlichkeit befürwortet eine naturnähere Gestaltung der Gewässer und ihres Umfeldes. Die Auswertung eines Choice-Experimentes zeigte, dass sogar ca. 75 % der Befragten grundsätzlich bereit sind, Kosten für Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässer mitzutragen.

Eine Vorgehensweise zur Erarbeitung eines „Integrierten Gewässerkonzepts“ wurde am Beispiel „Mortelbach“ entwickelt. Es erschließt Synergien zwischen Gewässerentwicklung und Hochwasserschutz systematisch und vermeidet Konflikte. Die Methode ist gut übertragbar und liegt als Methoden- und Ergebnisbericht mit Karten vor.

Für ein effizientes Management von Daten, Zielen, Maßnahmen und Akteuren wurde die Software PROGEMIS® als prozessgestütztes Gewässermanagement- und Informationssystem entwickelt. Sie kann die Ziele und Maßnahmen eines „Integrierten Gewässerkonzepts“ als Eingangsdaten nutzen und ist mobil einsetzbar. Ein transparenter Prozess wird durch ein Informations- und Dialogangebot sichergestellt.



Abb. 2: Messung des Wasserstands am Modellversuch im Wasserbaulabor der TU Dresden im Rahmen einer Diplomarbeit. Der Modellversuch bildet den Mortelbach im Maßstab 1:4 ab. Foto: André Terpe, TU Dresden

FAZIT

Das derzeitige Gewässerbewirtschaftungssystem benötigt eine schrittweise, aber kontinuierliche Anpassung, die stärker die morphodynamischen und ökologischen Grundlagen eines natürlichen Fließgewässers berücksichtigt. Ökologische Gewässerentwicklung und nachhaltiges Hochwasserrisikomanagement benötigen Raum. Hierzu bedarf es Rechtsgrundlagen, welche die Entwicklung der Gewässerfunktionen für Naturhaushalt und Landschaft begünstigen, wie das im Wassergesetz NRW geregelte Verbot der Ackernutzung im Gewässerrandstreifen ab dem 01.01.2022 (§ 31 Abs. 2 Ziff. 2). Mit PROGEMIS® steht ein Softwaretool zur Verfügung, das die Akteure der Gewässerunterhaltung bei der integrativen Planung, Ausführung und Dokumentation von Maßnahmen unterstützt.

KONTAKT

Technische Universität Dresden
Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm
Tel.: +49 351 463 34397
juergen.stamm@tu-dresden.de

www.in-stroehmung.de
Projektlaufzeit: 01.06.2015 – 31.05.2018
Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 52-53



KOGGE – Kommunale Gewässer gemeinschaftlich entwickeln im urbanen Raum

Für eine nachhaltige Entwicklung urbaner Gewässer wurden exemplarisch für die Stadt Rostock methodische Grundlagen geschaffen und ein stadtübergreifendes Gewässerentwicklungskonzept erarbeitet.

KERNBOTSCHAFTEN

- Ein stadtweites Gewässerentwicklungskonzept für Rostock wurde exemplarisch erarbeitet.
- Grundlegend dafür war die Etablierung einer fachübergreifenden Zusammenarbeit. Die Zusammenführung der relevanten Geoinformationen sowie verschiedener wasserwirtschaftlicher, naturwissenschaftlicher und weiterer Modelle erleichtert die Erarbeitung eines gemeinsamen Prozess- und Problemverständnisses erheblich. Dies erfordert auch eine auf gemeinsamen Standards basierende Datenverwaltung.
- Übertragbare Analyse- und Bewertungsverfahren zur hydrologisch-hydraulischen, ökologischen und sozio-kulturellen Einstufung von urban geprägten Kleinstgewässern wurden entwickelt. Für WRRL-nicht-berichtspflichtige Gewässer steht ein neues biodiagnostisches Bewertungsverfahren zur Verfügung. Durch die Berechnung gewässerbezogener Ökosystemleistungen lassen sich Entwicklungsmaßnahmen zielgerichteter ableiten und begründen.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Gewässer erfüllen in Städten und Gemeinden vielfältige Funktionen. Sie dienen der Ableitung von Niederschlagswasser und damit dem Hochwasserschutz, sind Lebensraum für wassergebundene Pflanzen und Tiere, verbessern das Kleinklima von Wohngebieten und dienen als Erlebnisraum für die Bevölkerung. Diese Funktionen systematisch zu erfassen und daraus Konzepte für eine ganzheitliche Gewässerentwicklung abzuleiten, war das Ziel von KOGGE. Modellregion ist die Hansestadt Rostock mit mehr als 200 km kleiner Fließgewässer, 400 Standgewässern sowie einem 1.200 km langen Kanalnetz. Wie in vielen anderen Gemeinden ist der ökologische Zustand der Feuchtgebiete, Fließ- und Standgewässer nicht bekannt und die Funktion als Erlebnis- und Erholungsraum nur eingeschränkt gegeben. Gleichzeitig steigt die hydraulische Belastung von Kanalnetz und Fließgewässern aufgrund von Nachverdichtung und Neuerschließung im Stadtgebiet. Vor diesem

Hintergrund sollte in KOGGE ein übertragbarer Methoden-katalog von der Zustandsanalyse bis zur Maßnahmenplanung entwickelt und angewendet werden.

ERGEBNISSE

Das grundsätzliche Vorgehen im Projekt KOGGE ist in Abbildung 1 zusammengefasst. Alle verfügbaren Daten sowie daraus abgeleitete Ergebnisse wurden durch die Projektpartner in eine gemeinsame Geodateninfrastruktur eingespeist. Zur Nacherhebung fehlender Daten (z. B. Dränflächen, Gewässerprofile, Sonderbauwerke) wurden verschiedene Methoden (Fernerkundung mit unbemannten Luftfahrzeugen, Digitalisierung, terrestrische Vermessung) kombiniert und weiterentwickelt. Zusammen mit einer hoch aufgelösten Realnutzungskartierung konnten so wichtige Informationen, insbesondere für hydraulische und stoffliche Fragestellungen, abgeleitet werden. Parallel erfolgte in Kooperation mit der Stadt Rostock die Festlegung des erforderlichen Schutzniveaus (Wiederkehrintervall einer möglichen Überflutung). Dies ermöglicht eine konsistente hydraulische Risikobewertung mit Integration von Landnutzung, Siedlungsentwässerung und Fließgewässern und die Entwicklung eines stadtübergreifenden integralen Entwässerungsleitplans.

Die Gewässerstrukturgüte wurde gemeinsam mit der sozio-kulturellen Nutzbarkeit des Gewässerabschnitts kartiert und bewertet. Dabei wurde deutliches Verbesserungspotential festgestellt. Für die ökologische Bewertung der kleinen Fließ- und Standgewässer unterhalb der Berichtspflicht wurde ein Bewertungsansatz entwickelt, bei welchem Makrophyten, Makrozoobenthos und Lepidopteren als Bioindikatoren für den Gewässerzustand und wahrscheinliche Belastungsursachen genutzt werden. Alle Informationen wurden konsistent in einem digitalen Gewässer- und Feuchtgebietskataster zusammengeführt, in welchem für 50 m-Fließgewässerabschnitte alle relevanten Attributdaten verfügbar und über topologische Zusammenhänge weitergehende Auswertungen möglich sind. Auf dieser Basis entstand das integrale Gewässerentwicklungskonzept mit gewässerabschnittsscharfen Entwicklungszielen und Maßnahmen zu ihrer Erreichung. Ergänzend wurden wesentliche Gewässerfunktionen mit Ökosystemleistungen bewertet und damit die Bedeutung der Gewässer im gesellschaftlichen Diskurs erheblich gestärkt.

Alle Ergebnisse wurden nutzergruppenspezifisch in thematischen Karten aufbereitet und durch wasserwirtschaftliche Aufgabenträger und die Kommune in sektorale Planungen



übersetzt. So fließen die Ergebnisse u. a. in den neu aufzustellenden Flächennutzungsplan und das begleitende Umwelt- und Freiraumkonzept der Hansestadt Rostock ein. In enger Kooperation mit KOGGE wurde parallel durch die Stadt ein integraler Entwässerungsleitplan erarbeitet. Dieser bildet die Grundlage für die künftige Entwicklung der urbanen Fließgewässer und Regenwasserbewirtschaftung. Beispielhaft wurden integrale Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge und Gewässeraufwertung geplant und teilweise bereits umgesetzt.

FAZIT

Mit dem KOGGE-Ansatz und dem dahinter liegenden Methodenkatalog lassen sich komplexe und mitunter auch widersprüchliche Anforderungen an die Gewässerentwicklung einer fachgerechten und möglichst integralen Lösung zuführen. Mit der thematisch differenzierten Zustandsanalyse der urbanen Kleingewässer, der konsistenten Zusammenführung in einem GIS-basierten Kataster und dem daraus abgeleiteten Entwicklungskonzept wurde eine integrale Planungsgrundlage für die wasserwirtschaftliche und städtebauliche Praxis geschaffen. Es ist erklärtes Ziel aller wasserwirtschaftlichen Akteure und der Hansestadt Rostock, die Ergebnisse aus KOGGE nachhaltig zu pflegen und konsequent in die konkreten Planungen einzu-

bringen. Um die Datenverfügbarkeit und Aktualisierung sicherzustellen sowie künftige Anwender mit den entwickelten Methoden und Produkten zu schulen, plant die Stadt die Einrichtung einer Personalstelle.

Der Abschlussbericht wird das methodische Vorgehen nachvollziehbar erläutern und damit die Nachnutzbarkeit in anderen Kommunen sichern. Dieser wird auf der KOGGE-Homepage zum Download bereitgestellt.

KONTAKT

Universität Rostock
Professur für Wasserwirtschaft
Prof. Dr.-Ing. Jens Tränckner | Tel.: +49 381 498 3640
jens.traenckner@uni-rostock.de

www.kogge.auf.uni-rostock.de
Projektlaufzeit: 01.04.2015 – 30.09.2018
Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 53

NiddaMan – Entwicklung eines nachhaltigen Wasserressourcen-Managements am Beispiel des Einzugsgebiets der Nidda

Im Fokus des Projekts stehen Untersuchungen zur Bedeutung von Spurenstoffen, Effekte bei Wasserlebewesen und geeignete Maßnahmen zur Reduktion der Einträge und Wirkungen für Oberflächengewässer.

KERNBOTSCHAFTEN

- Maßnahmen zur Verbesserung der biologisch-chemischen Wasserqualität sollten kleinere Fließgewässer und Oberläufe einschließen, selbst wenn diese nicht WRRL-relevant sind, da sie eine wichtige Quellressource für die Biodiversität in aquatischen Systemen darstellen.
- Isolierte Maßnahmen zur Renaturierung oder zur Elimination von Spurenstoffen allein reichen nicht, um den chemisch-ökologischen Zustand eines Gewässers zu verbessern.
- Embryotoxische und toxische Wirkpotenziale wurden sowohl im Wasserkörper als auch im Sediment bereits in den Oberläufen von Gewässern nachgewiesen. Aus diesem Grund sollten Maßnahmen auch auf eine Verbesserung der Sedimentqualität abzielen.
- Anteile an gereinigtem Abwasser $\geq 12\%$ im Jahresmittel (TITAN-Analysen) führen im Nidda-Einzugsgebiet zu einer veränderten Artenzusammensetzung des Makrozoobenthos, die den gewässertypspezifischen Referenzbedingungen der Oberflächengewässerverordnung nicht entspricht. Oberhalb des kalkulierten Abwasserjahresmittelwertes sinken die Abundanzen besonders empfindlicher Arten abrupt. Durch eine effektivere, immissionsbezogene Abwasserreinigung kann der kritische Abwasseranteil erhöht werden.
- Die Planung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen sollte die frühzeitige Kommunikation mit und die Beteiligung von Interessengruppen im Sinne eines Kooperationsmanagements vorsehen.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Die Renaturierung begradigter, künstlich abgesicherter und gehölzfreier Gewässerabschnitte ist oft das Mittel der Wahl, um die WRRL umzusetzen und einen naturnahen Zustand von Fließgewässern wiederherzustellen. Dabei ist weitgehend unbekannt, in welchem Umfang andere Belastungsfaktoren, wie z. B. Schad- und Pflanzennährstoffe, den Zustand der Gewässer

und ihrer Lebensgemeinschaften beeinträchtigen. Am Beispiel der Nidda als anthropogen überformtes Fließgewässer mit Modellcharakter für Mitteleuropa wurden Schadstoffeinträge aus Punkt- und diffusen Quellen quantifiziert und hinsichtlich ihrer Wirkung auf Organismen und aquatische Lebensgemeinschaften untersucht. Dabei wurden renaturierte und nicht renaturierte Gewässerabschnitte hinsichtlich der Effizienz wasserwirtschaftlicher Maßnahmen miteinander verglichen sowie ein nachhaltiges Wasserressourcen-Management unter Berücksichtigung sozial-ökologischer Erkenntnisse weiterentwickelt.

ERGEBNISSE

Die Kopplung verschiedener Modelle (Wasserhaushaltsmodell, urbane und rurale Niederschlagsabfluss-Modelle, Stofffluss- und Gewässergütemodell) diente als Grundlage für die Strategieentwicklung im Bereich wasserwirtschaftlicher Planungen. Maßnahmen im Bereich der Siedlungsentwässerung wurden nach einem immissionsbasierten Ansatz entwickelt. Die Ableitung kläranlagen-/mischwasserbezogener und entwässerungsstruktureller Maßnahmen wurde mithilfe modellierter Abflussdaten und Abwasseranteilen im Gewässer erarbeitet. So waren die biologischen Effekte einer Kläranlage der Größenklasse 1 bereits kurz nach ihrer Schließung mehrheitlich im Fließgewässer nicht mehr nachweisbar.

In den meisten Flusseinzugsgebieten in Deutschland lassen sich die erhöhten Phosphor-Einträge auf landwirtschaftliche Emissionen zurückführen. Anders im Einzugsgebiet der Nidda: Im Nebengewässer Usa gehen z. B. 90% der urbanen Phosphor-Einträge auf Kläranlagen zurück. In einem anderen Nebengewässer, der Horloff, stellen Mischwasserüberläufe mit ca. 25% neben den Kläranlagen einen relevanten Eintragspfad für Phosphor dar. Für Carbamazepin sind Kläranlagen in beiden untersuchten Gebieten mit einem Anteil $> 90\%$ die Haupteintragsquelle.

Chemische Untersuchungen von mehr als 150 anthropogenen Spurenstoffen, Metaboliten und Transformationsprodukten spiegeln die typische Belastungssituation kleiner Flüsse mit einem hohen Anteil an gereinigtem kommunalen Abwasser wider. Im Untersuchungsgebiet zeigte sich bei zeitlich hochaufgelösten Messkampagnen, dass einige der in Kläranlagen relativ stabilen polaren Stoffe (z. B. das Schmerzmittel Diclofenac) im Gewässer photochemisch/biologisch abgebaut werden. Jedoch führt dies, aufgrund der hohen Anzahl an Kläranlagen im Untersuchungsgebiet und somit an Einträgen, oft nicht zu einer erkennbaren Verringerung der Konzentrationen durch Abbauprozesse im Gewässer.



Abb. 1: Aktion NiddaLife am Hessischen Tag der Nachhaltigkeit 2016, Foto: Simone Ziebart, Universität Frankfurt

In renaturierten Bereichen wurden z. T. höhere ökotoxische Effekte gemessen als oberhalb einer Maßnahme. Mögliche Ursachen, wie z. B. eine verstärkte Ablagerung belasteter Sedimente in den Renaturierungsbereichen, werden in weiterführenden Studien untersucht.

Der Gesundheitszustand sowohl abundanter als auch in der Nidda exponierter Fische ist bedenklich, insbesondere hinsichtlich der chronischen Schäden im Lebergewebe. Trotz gleichbleibender Flussmorphologie verschwinden sensitive Fischarten auf kurzer Fließstrecke. Es zeigte sich zudem, dass gewässer-morphologische Maßnahmen eine begrenzte Strahlwirkung (500-2.500 m) aufweisen. Dies ist u. U. auf die eingeschränkte Abbaubarkeit vieler Substanzen und das fehlende Wiederbesiedlungspotential, bedingt durch die Einwirkung weiterer Stressoren (z. B. Mischwasserentlastungen, Verschlammung durch Bodenerosion), zurückzuführen.

Gemeinsam mit Vertretern des NiddaMan-Stakeholder-Gremiums wurde ein Kommunikations- und Beteiligungskonzept für die Planung und Umsetzung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen entwickelt. Zum Austausch zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit (Citizen Science) in der Region wurde die interaktive Wissenslandkarte NiddaLand (<http://www.niddaland.de/>) erstellt.

FAZIT

Für das Nidda-Einzugsgebiet wurde nach WRRL ein Handlungsbedarf zur Verbesserung der Ökosystemgesundheit nachgewiesen. Ein limitierter Stoffrückhalt durch Sorptions- und Abbauprozesse und unbekanntes ökotoxikologisches Potenzial von Einzelstoffen/Mischungen gebieten eine Reduzie-



Abb. 2: Aktives Monitoring an einer Probenstelle in der Nidda, Foto: Andreas Dieterich, Universität Tübingen

rung der Einträge aus kommunalen Kläranlagen, Mischwasserentlastungen und diffusen Quellen. So sollten technische/entwässerungsstrukturelle Maßnahmen zur Verbesserung des chemisch-biologischen Gewässerzustandes sowie die Auswahl und Priorisierung von Maßnahmen nicht allein anhand der Größenklasse von Kläranlagen erfolgen, sondern die Aufnahme-fähigkeit des Oberflächengewässers, Kläranlagen aller Größenklassen und Mischwasserentlastungen gleichermaßen berücksichtigen.

Eine ganzheitliche, sektorübergreifende (behördliche) Betrachtung von Fließgewässern lässt eine höhere Effizienz wasserwirtschaftlicher Maßnahmen erwarten. So können z. B. potenziell positive Wirkungen lokaler Maßnahmen im Mittel-lauf eines Gewässers ausbleiben oder unterbunden werden, wenn entsprechende Aktivitäten im Ober-/Unterlauf des Gewässers fehlen.

KONTAKT

Goethe-Universität Frankfurt am Main
Abteilung Aquatische Ökotoxikologie
Prof. Dr. Jörg Oehlmann | Tel.: +49 69 798 42142
oehlmann@bio.uni-frankfurt.de

www.niddaman.de
Projektlaufzeit: 01.05.2015 – 30.04.2018
Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 54

Stuck – Sicherstellung der Entwässerung küstennaher, urbaner Räume unter Berücksichtigung des Klimawandels

In Stuck erfolgt eine umfassende Systemanalyse in zwei ausgewählten Modellregionen im Bereich der Metropolregion Hamburg und eine Auswertung hydrologischer Zusammenhänge von Tide- und Binnenhochwassern. Dies ermöglicht die Entwicklung von Managementstrategien für die betrachteten Gewässer.

KERNBOTSCHAFTEN

- Eine verbesserte, kurzfristige und kleinräumige Niederschlagsvorhersage kombiniert aus Radarmessungen und Modellsimulationen (COSMO-DE-EPS) lässt den Betrieb eines operationellen Abfluss-Vorhersagemodells für urbane Regionen zu. Dessen Ergebnisse präzisieren den Warndienst Binnenhochwasser Hamburg und vergrößern damit Handlungsspielräume/Reaktionszeiten im Hochwasserfall.
- Ökologisches Hochwasserschutzkonzept für Hamburg: Eine gezielte Steuerung der Hochwasserrückhaltebecken ermöglicht eine Optimierung des Hochwasserschutzes bei gleichzeitiger Ausnutzung des größtmöglichen ökologischen Potentials der Flächen und Schaffung ökologisch wertvoller Lebensräume.
- Ein Verfahren zur Schadenspotenzialanalyse wurde entwickelt. So wird die Evaluation verschiedener Szenarien im Hinblick auf eine potentielle Schadensvermeidung möglich. Außerdem eignen sich die Ergebnisse zur Kommunikation und Sensibilisierung der Bevölkerung (Bei einem hundertjährigen Hochwasser (HQ_{100}) in der Modellregion Kollau beträgt das Schadenspotential rund 1,6 Mio. €).

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

In küstennahen urbanen Gewässern ist der Abfluss oft durch Rückstau beeinträchtigt – mit negativen Auswirkungen auf die Binnenentwässerung. Die Bewirtschaftung urbaner Fließgewässer wird bisher kaum interdisziplinär unter ökologischen und ökonomischen Aspekten betrachtet. Neben anderen Zielen untersuchte das Konsortium in Stuck die Entwässerung bei Extremwetterereignissen, wie Starkregen, der zu Binnenhochwasser führt, und Sturmfluten mit Elbehochwasser. Bei zeitgleichem Eintritt dieser Ereignisse wird das Hochwassermanagement urbaner küstennaher Gebiete vor besondere Herausforderungen gestellt. Eine der Kernaufgaben bestand deshalb

darin, ein übertragbares Konzept zu entwickeln. Dieses beinhaltet die Integration ökologischer Aspekte und berücksichtigt die ökonomische Bewertung einzelner Handlungsoptionen. Die starke Ausrichtung von Stuck auf die Erfordernisse der wasserwirtschaftlichen Praxis sichert die Verwendung und Implementierung der Ergebnisse in die Praxis.

ERGEBNISSE

Das in Stuck entwickelte Verfahren erstellt kombinierte Niederschlagsvorhersagen. Diese basieren für die 1.-2. Vorhersagestunde auf Radardaten. Ab der 5. Vorhersagestunde werden COSMO-DE-EPS-Daten verwendet. Dazwischen (3.-4. Vorhersagestunde) erfolgt eine Überlagerung von Radar- und COSMO-DE-EPS-Daten. Die so kombinierten Niederschlagsvorhersagen werden als Ensemble mit 20 Läufen erzeugt und verbessern die Vorhersage deutlich, insbesondere für Starkregenwarnungen. Folgende Produkte werden dafür erzeugt:

1. Kontinuierliche Zeitreihen von 20 Ensembleläufen, Vorhersagezeitraum 0-20 Stunden
2. Fortlaufende Vorhersagebilder der Niederschlagsintensität in mm/h, Vorhersagezeitraum 0-20 Stunden
3. Vorhergesagte Niederschlagsmengen von 20 Ensembleläufen als Summen über verschiedene Zeiträume: 0-2, 0-6, 0-12 und 0-24 Stunden.

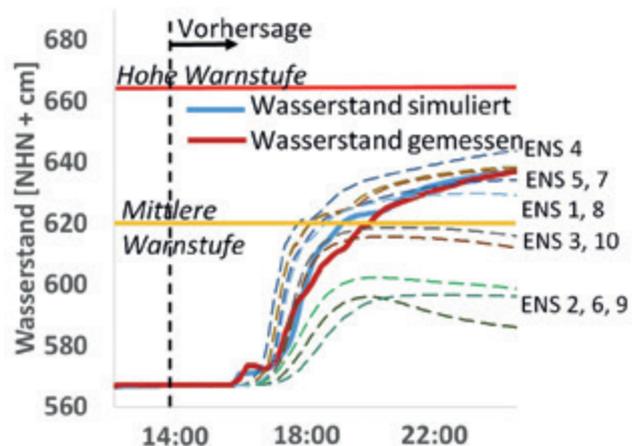


Abb. 1: Ergebnisse des operationellen Modells der Kollau am Pegel Niendorfer Straße. Die Streubreite der Ensembles verdeutlicht die Variabilität der Ergebnisse. Grafik: TUHH



Abb. 2: Durchflussmessungen an der Kollau im Rahmen von Stuck. Foto: LSBG

Mit diesen Vorhersagen wird das operationelle Modell zur Abflussprognose in der Modellregion Kollau betrieben. Dieses Modell liefert fünfminütig eine neue Abflussprognose und schafft damit einen größeren Handlungsspielraum im Hochwassermanagement und ermöglicht, auch im Zusammenhang mit den Niederschlags-Vorhersageprodukten, präzisere Meldungen des Warndienstes Binnenhochwasser Hamburg.

Die Modellierung von Landnutzungs- und Klimaszenarien zeigt für die Modellregion Kollau im Jahr 2035 höhere Abflussspitzen. Bei Annahme einer zunehmenden Bodenversiegelung, u. a. durch Bevölkerungswachstum und zunehmender Wohnbebauung/Nachverdichtung, steigt der Abfluss mit 2,5% nur gering. Wird zur Berücksichtigung des Klimawandels eine Steigerung der Niederschlagsintensität von 15% angenommen, steigen die Abflussspitzen im Jahr 2035 mit etwa 25% deutlich an. Somit vergrößert sich auch die im Ereignisfall überflutete Fläche. Dieser bedeutende Anstieg erfordert umfangreiche Maßnahmen, wie die optimale Steuerung von den in der Modellregion vorhandenen Hochwasserrückhaltebecken. So lässt sich der Anstieg auf nur rund 9% gegenüber heute reduzieren.

Diese Ergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit, zukünftig größere Spielräume und Sicherheitsreserven durch vorausschauendes Handeln zu generieren. Für das schnell reagierende Gewässersystem der Kollau ist auf Basis der optimierten Niederschlagsvorhersagen ein dafür passendes Managementkonzept, beginnend 24 Stunden vor Eintritt des Hochwassers, entwickelt worden. Die Hochwasserrückhaltebecken werden so gesteuert, dass sie selbst, in Form von Trockenbecken, und die Gewässerauen dadurch ökologisch aufgewertet werden. Durch Hochwasserschutzmaßnahmen werden also ökologisch wertvolle Räume geschaffen. In der Modellregion Dove-Elbe setzt das zukünftige Managementkonzept bereits sechs Tage vor dem Eintritt des Hochwasserereignisses ein, da hier längere Fließzeiten vorliegen und entsprechend früher reagiert werden muss, um benötig-

tes Retentionsvolumen zu schaffen. Die Steuerung der komplexen Regelungsstruktur wird hierfür mit Hilfe der Modellierung optimiert und mit Tide- und Niederschlagsvorhersagen verbunden.

Die berechneten Schadenspotenziale haben bei einem HQ_{100} in der Modellregion Kollau eine Höhe von rund 1,6 Mio. Euro. Ein entwickeltes Szenario „zukünftige Landnutzung und

Klimazuschlag“ zeigt eine Ausdehnung der überfluteten Fläche, sodass hier noch mit einem Anstieg des Schadenspotenzials zu rechnen ist. Mit diesen Zahlen erfahren die Kosten von Schutzmaßnahmen eine neue Inwertsetzung, in die auch die Schaffung ökologisch wertvoller Räume einbezogen werden muss.

FAZIT

Stuck entwickelte innovative Handlungskonzepte der tideabhängigen Entwässerung und Steuerungsmöglichkeiten in dicht besiedelten, urbanen Bereichen. Diese erweitern den engen Handlungsspielraum, der in urbanen Bereichen aufgrund vielfältiger Nutzungskonkurrenzen gegeben ist. In den erarbeiteten Konzepten ist der Hochwasserschutz stets gewährleistet. Darüber hinaus werden ökologisch wertvolle Räume geschaffen. Die Projektergebnisse sind in einem zusammenfassenden und einem ausführlichen Projektbericht dargestellt. Durch die von Beginn an großräumige Ausrichtung von Stuck können die entwickelten Konzepte gut auf andere Regionen Norddeutschlands übertragen werden. Die konkrete bauliche Planung und Umsetzung von Maßnahmen waren kein Bestandteil von Stuck. Derzeit wird geprüft, ob eine Realisierung im Anschluss an das Projekt möglich ist.

KONTAKT

Freie und Hansestadt Hamburg
Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer
Prof. Dr. rer. nat. Gabriele Gönnert
Tel.: +49 40 42826 2510
gabriele.goennert@lsbg.hamburg.de

www.stuck-hh.de
Projektlaufzeit: 01.04.2015 – 30.09.2018
Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 56-57

WaSiG – Wasserhaushalt siedlungsgeprägter Gewässer: Planungsinstrumente und Bewirtschaftungskonzepte

Ziel des Projekts ist die Bereitstellung effizienter Planungsinstrumente zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Regenwasser für Kommunen und Planungsbüros.

KERNBOTSCHAFTEN

- Die untersuchten Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung (RWBM) sind langfristig zuverlässig und werden von den Bürgern überwiegend positiv beurteilt.
- Bereits in der Bauleitplanung muss der Flächenbedarf für die RWBM frühestmöglich berücksichtigt werden. Fachleute aus Freiburg, Hannover und Münster haben ihre Erfahrungen in Empfehlungen zur Verwaltungs- und Betriebspraxis zusammengestellt.
- Simulationsmodelle für Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung wurden verbessert, durch ein neu entwickeltes Modul zur Berechnung der potenziellen Verdunstung im urbanen Raum ergänzt und an Messdaten validiert. Sie sind als Open-Source-Software für Anwender und Anbieter von Fachsoftware frei verfügbar.
- Der Wasserhaushalt ist eine wichtige und geeignete Zielgröße der Bauleitplanung. Auf der Basis allgemein verfügbarer Daten und eines allgemein anerkannten Wasserhaushaltsmodells liegt ein neuer GIS-gestützter Berechnungsansatz vor, mit dem ein Referenzzustand für den naturnahen Wasserhaushalt (unbebauter Zustand) ermittelt werden kann.
- Es ist ein hydrometrisches Dienstleistungskonzept zur Erfassung der wasserwirtschaftlichen Wirksamkeit von RWBM erstellt worden.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

In siedlungsgeprägten Gewässern liegen Störungen des Wasserhaushaltes, des hydrologischen Regimes und der hydrologischen Dynamik vor. Diese sind vornehmlich durch die Flächenversiegelung und die überwiegende Ableitung der Niederschlagsabflüsse bedingt. Die mittlerweile erkannten Probleme haben zu einem Wechsel der Paradigmen in der Bewirtschaftung der Niederschlagsabflüsse in Siedlungen geführt. Der neue Ansatz sieht Vermeidung, Versickerung und Verzögerung der Niederschlagsabflüsse anstelle der bisherigen vollständigen und schnellen Ableitung vor. Dieser Paradigmenwechsel führt aber

nicht zwangsläufig dazu, dass siedlungsgeprägte Gewässer sich einem naturnahen Wasserhaushalt angleichen, wie es als Basisgröße eines guten ökologischen Zustandes gefordert wird.



Abb. 1: Gründach-Versuchsanlagen mit Messeinrichtungen in Münster (10 Flächen á 3 m²). Foto: Isabel Scherer, FH Münster

Das Mess- und Untersuchungsprogramm in WaSiG trägt dazu bei, Prozesse des Wasserhaushaltes zu analysieren und Aussagen über die Wirkung von Regenwasserbewirtschaftung in schon bestehenden Siedlungen zu liefern. Die Studien fanden in ausgewählten Quartieren der Städte Freiburg, Hannover und Münster statt. Die Quartiere zeichnen sich dadurch aus, dass die Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung seit bis zu 20 Jahren betrieben werden.

ERGEBNISSE

In WaSiG wurde eine bundesweit einsetzbare Methode entwickelt, mit der Referenzwerte für den Wasserhaushalt in Siedlungsgebieten für eine heutige Kulturlandnutzung ohne Siedlungsanteile berechnet werden. Der GIS-gestützte Berechnungsansatz kombiniert allgemein verfügbare Geo-, Klima- und Nutzungsdaten mit einem allgemein anerkannten Wasserhaushaltsmodell. Eine Validierung erfolgte anhand von Messdaten und anderen Wasserhaushaltsmodellen.

Die Besonderheit urbaner Einzugsgebiete verlangt eine prozessgerechte Berücksichtigung in hydrologischen Modellen. Diese dienen als Planungsinstrumente für die Simulation des kurz- und langfristigen Wasserhaushalts von Siedlungsflächen (Abflussbildung, Grundwasserneubildung und Verdunstung). Die im Projekt weiterentwickelten, frei verfügbaren Simulations-



tools UrbanRoGeR und SWMM-RWB bilden die relevanten hydrologischen Prozesse sowie verschiedene Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung (Dachbegrünungen, teilversiegelte Flächen, Versickerungsanlagen, etc.) zeitlich und räumlich hoch aufgelöst ab. Feldexperimente und Langzeitmessungen von Klimavariablen wurden mit Modellrechnungen zur Sonneneinstrahlung auf Stadtgebietsebene kombiniert. Die Erkenntnisse bilden die Grundlage neuer Ansätze zur Bestimmung der potenziellen Verdunstung für urbane Räume. Die entwickelten Transferfunktionen können in gängige stadthydrologische Modelle integriert werden.

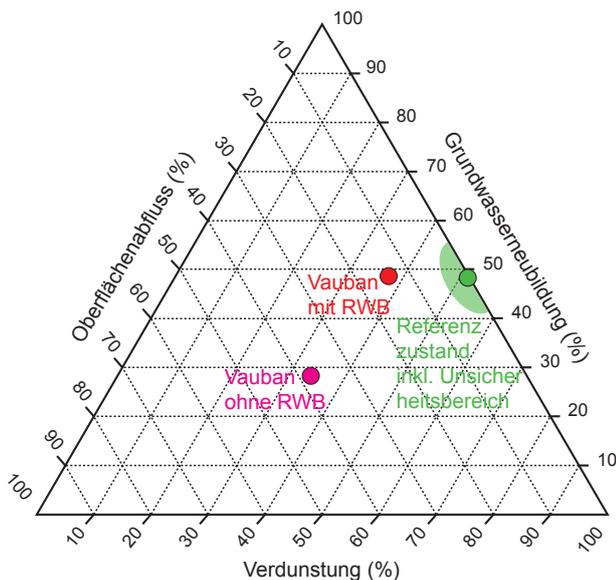


Abb. 2: Vergleich der Wasserbilanzanteile (Oberflächenabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung) für das Jahr 2016 zwischen dem Stadtteil Vauban in Freiburg (aktueller Zustand mit dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen und Szenario ohne die Maßnahmen) und dem Referenzzustand der Umgebung ohne Beeinflussung durch Siedlungen. Grafik: Prof. Dr. Markus Weiler, Uni Freiburg

Langzeitsimulationen weisen einen sicheren Betrieb der meisten betrachteten Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen nach, auch bei stärkeren Niederschlägen als den der Bemessung zugrundeliegenden. Im Praxisbetrieb heben sich insbesondere Mulden-/Mulden-Rigolen durch ein hohes Potenzial für innerstädtischen Überflutungsschutz ab. Allerdings sollten insbesondere bei naturnahen Anlagen Details zur Unterhaltung (z. B. Muldengeometrie, Mahd) bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden, um spätere Kostennachteile zu vermeiden.

Die Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung haben sich im Praxisbetrieb bewährt. Dies ergaben die Analyse der Betriebserfahrungen und ein umfassendes Messprogramm in Siedlungen mit Regenwasserbewirtschaftung. Die untersuchten Mulden-

Rigolen-Systeme, durchlässigen Pflasterungen und Dachbegrünungen in Freiburg, Hannover und Münster sind seit bis zu 20 Jahren in Betrieb. Die Städte haben ihre langjährigen Erfahrungen als Empfehlungen zur Verwaltungs- und Betriebspraxis für andere Kommunen zusammengefasst. Basierend auf einer technisch-organisatorischen Analyse der Messprogramme sowie auf Erfahrungen wurden Handlungsempfehlungen zur Erhebung der wasserwirtschaftlichen Wirksamkeit von RWBM formuliert.

Die Auswertung einer Haushaltsbefragung zur Akzeptanz von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in 24 Quartieren der drei betrachteten Städte zeigte, dass die Befragten den Maßnahmen in ihrem Wohnumfeld aufgeschlossen gegenüberstehen und überwiegend über positive Erfahrungen berichten. Die Akzeptanzanalyse liefert damit eine wichtige Datenbasis zur Begründung zukünftiger Planungsentscheidungen.

FAZIT

In WaSiG konnte gezeigt werden, dass der natürliche Landschaftswasserhaushalt im Siedlungsraum als Planungsgröße wichtig und geeignet ist. Der Wasserhaushalt in Siedlungsgebieten kann durch die Erkenntnisse und erstellten Methoden künftig gezielter dem Landschaftswasserhaushalt angeglichen werden.

Die Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung haben sich in der Praxis bewährt. Hierzu liegen Betriebserfahrungen und Hinweise für effizientes Verwaltungshandeln zur Umsetzung vor. Die Maßnahmen werden von den Bürgern überwiegend befürwortet. Art und Wirkung von Maßnahmen zur Erhöhung der Verdunstung und zum Management der Grundwasserneubildung können dank neuer Methoden bestimmt werden und sollten vermehrt Eingang in die Planung finden. Sollte letztendlich der Referenzzustand nicht oder nicht annähernd erreicht werden können, so sollte eine Regelung über Ersatz- und Ausgleichsmaßnahmen in Betracht gezogen werden.

KONTAKT

Fachhochschule Münster
 Institut für Infrastruktur · Wasser · Ressourcen · Umwelt
 Arbeitsgruppe Siedlungshydrologie und
 Wasserwirtschaft
 Prof. Dr.-Ing. Mathias Uhl | Tel.: +49 251 83 65201
 uhl@fh-muenster.de

www.fh-muenster.de/wasig
 Projektlaufzeit: 01.06.2015 – 30.09.2018
 Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 57



» BOOT-Monitoring

Der Weg vom Forschungsergebnis zur marktreifen Anwendung für die Praxis ist oft aufwendiger als zu Projektbeginn angenommen.

Achim Six,
Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie

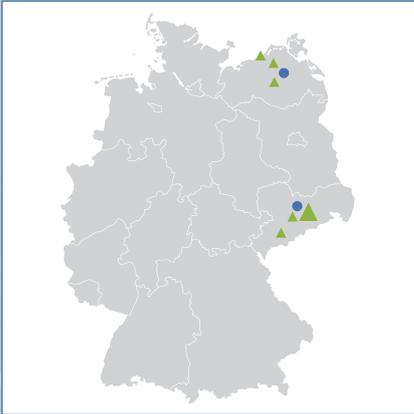
» HyMoBioStrategie

Die Erkenntnisse aus HyMoBioStrategie über Sedimentationseffekte im Renaturierungsbereich gingen in die laufende Ausführungsplanung ein.

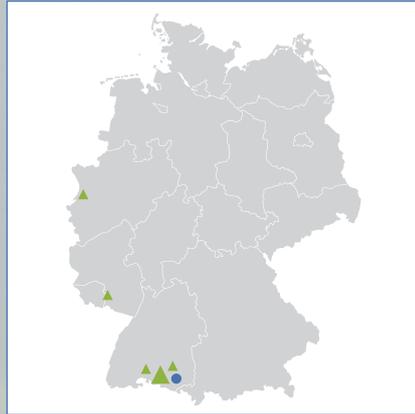
Lothar Heissel,
Regierungspräsidium Tübingen

Gewässermonitoring

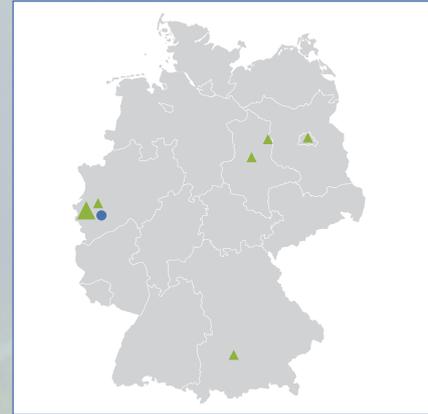
26 BOOT-Monitoring



28 HyMoBioStrategie



30 RiverView



▲ Projektkoordination ▲ Verbundpartner ● Modellregion

” RiverView

Monitoringergebnisse von Fließgewässern mit ausreichender Wassertiefe sind für uns verwertbar und fließen in die Arbeit der Emschergenossenschaft und des Lippeverbandes ein.

Rolf Kemper-Böninghausen,
Emschergenossenschaft Essen / Lippeverband

BOOT-Monitoring – Bootgestütztes Messsystem für die Erfassung longitudinaler Gewässerprofile der Morphometrie, Wasserqualität und Hydrologie als Teil eines integrierten Gewässermonitorings

Eine verbesserte Zustandsbeschreibung und Bewertung der kleinen und mittleren Bäche und Flüsse in Deutschland sind Ziel des Verbundprojekts BOOT-Monitoring.

KERNBOTSCHAFTEN

- Es wurde ein Messkonzept entwickelt, mit dem eine Längsbefahrung von kleinen bis mittleren Fließgewässern auch bei niedrigen Wasserständen oder starker Verkräutung möglich ist. Das modular aufgebaute Messsystem lässt sich in der Verknüpfung mit einer effizienten Befahrungsstrategie an spezifischen Bewertungskriterien anpassen.
- Die raum-zeitlich hochaufgelöste Messung physikalisch-chemischer Gewässerparameter ermöglicht konkrete Punktquellen oder diffuse Eintragsprozesse zu identifizieren und zu beschreiben sowie Abbauprozesse im Gewässer nachzuweisen. Hieraus lassen sich gezielte Maßnahmen zur Belastungsminderung ableiten und die Gewässerbewirtschaftung effizienter gestalten.
- Neue Auswertelgorithmen zur Beschreibung der Gewässermorphologie auf Basis bootgestützter, georeferenzierter Sensortechnik und ggf. auf drohnen- oder satellitengestützter Information ermöglichen eine verbesserte Bewertung der Gewässerstruktur für die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Die Feststellung des ökologischen und chemischen Zustands gemäß WRRL beschränkt sich bislang auf einzelne festgelegte Standorte an Fließgewässern. Bei der Wahl eines geeigneten Messstandorts sollten stoffliche und hydraulische Belastungen in einem Gewässerabschnitt repräsentativ erfasst werden. Dies hat zur Folge, dass häufig schwer zu prüfende Annahmen zum Verlauf zwischen den Messstationen getroffen werden. Vor diesem Hintergrund wurde ein modular aufgebautes Messboot mit zugehörigem Messkonzept entwickelt. Dabei kommt eine Online-Messtechnik zum Einsatz, die Parameter der Wasserqualität, der Gerinnemorphometrie und der Hydrologie eines Fließgewässers kontinuierlich entlang seines Verlaufs erheben kann.

ERGEBNISSE

Das entwickelte Messkonzept schließt eine Lücke, die durch ferngesteuerte Messeinheiten nicht abgedeckt werden kann. Es verfügt über eine hohe Traglast, um eine große Anzahl von Messsonden gleichzeitig mitzuführen und kann trotzdem bei sehr niedrigen Wasserständen eingesetzt werden. Es wurden zwei unterschiedliche Trägersysteme entwickelt, um den unterschiedlichen Anforderungen der Gewässer Rechnung zu tragen. Die als Modellregion betrachtete Tollense in Mecklenburg-Vorpommern ist ein Gewässer des Tieflands mit geringen Fließgeschwindigkeiten und gleichmäßigen Wasserständen. Die Freiburger Mulde ist ein Gewässer des Hügel- und Berglandes mit höheren Fließgeschwindigkeiten, aber teilweise sehr geringen Wassertiefen.

Bei der Auswahl und Anordnung der Messtechnik wurde ein konsequent modularisiertes Konzept umgesetzt, das eine hohe Bandbreite an Messtechnik für die Wasserqualität und Hydrometrie beinhaltet. Die Sensoren werden nach den zu erwartenden Messwerten der zu untersuchenden Gewässer ausgewählt. Um eine hohe Datendichte und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, werden viele Parameter redundant erfasst. Teilweise wurde eine unterschiedliche Instrumentierung an den Pilotgewässern aufgrund von unterschiedlicher Teilfragestellungen angewandt. An der Tollense kam erstmals ein nasschemischer Online-Analysator zum Einsatz, mit dem in hoher Genauigkeit Nährstoffkonzentrationen außerhalb des Messbereichs von üblicher Online-Messtechnik erfasst werden konnten (Abb. 1). So wurden u. a. hochauf-



Abb. 1: Messkonzept für schiffbare Gewässer (Wasser wird durch Messsystem an Bord gepumpt). Foto: Wolfgang Klehr, Uni Rostock



Abb. 2: Messkonzept für flache Gewässer (Schleppverband mit getauchter Sensorik), Foto: Christian Koch, TU Dresden

gelöste Profile der Phosphorkonzentration erfasst. An der Freiberger Mulde kam ein Schleppverband zum Einsatz (Abb. 2). Das System gewährleistet Messungen ab einem Wasserstand von 10 cm und ermöglicht eine schnelle Umgehung von Hindernissen. An diesem Trägersystem wurde erfolgreich ein an einem Schrittmotor angebrachtes Einzelstrahlecholot verwendet. Durch das Schwenken des Echolots ergeben sich Messdaten der Flusssohle über eine Gewässerbite von 5 m. Das Messsignal wird mit den zusätzlich aufgenommenen Gewässertiefen eines ADCP (4-Beam-System) ergänzt. Ein aus diesen Daten interpoliertes Gewässerprofil für einen 4 km langen Abschnitt der Freiberger Mulde ist in Abbildung 3 dargestellt. Die erhaltenen Gewässerprofile werden für die Bewertung der Gewässerstruktur, aber auch zur Berechnung des Durchflusses und der sich daraus ergebenden Fracht-Längsprofile genutzt.

Um ein möglichst genaues Abbild der Gewässersohle zu erhalten, ist eine langsame sinusförmige Gewässerbefahrung nötig, während für reine Konzentrationsprofile eine longitudinale ausreichend ist. Bei mehreren Messkampagnen in der Freiberger Mulde konnte eine sukzessive Abnahme der Nitratkonzentration nachgewiesen werden. Da der Abfluss nicht gleichzeitig zunimmt, konnte damit ein Selbstreinigungspotential des Fließgewässers nachgewiesen werden. Zudem lassen sich Einmischungsprozesse durch Zuflüsse auch mit niedrigeren Konzentrationen identifizieren. Der Zufluss der Zschopau stellt im befahrenen 27 km langen Abschnitt des Pilotgewässers den größten Einfluss dar. Direkt an der Mündung konnten komplexe Durchmischungsprozesse nachgewiesen werden. An der Tollense konnte über die Entwicklung des Durchflusses der diffuse Eintragspfad über z. B. das Grundwasser und der damit verbundenen Nitratfracht quantifiziert werden. Ergänzend wurden Wasser- und Stoffdynamik mit einem verknüpften numerischen 1D-Modell simuliert. Dadurch konnten Einflüsse lokaler Belastungssituationen bewertet werden.

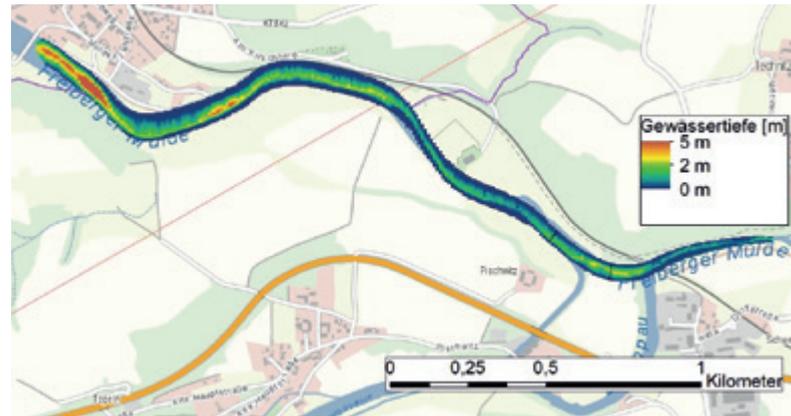


Abb. 3: Gewässerprofil für einen 4 km langen Abschnitt der Freiberger Mulde zwischen Technitz und Westewitz bei einer Messkampagne am 15.08.2017, Grafik: Stefanie Wiek, TU Dresden

Die Bewertung des Gewässerumfeldes und des Längsverlaufs erfolgte mit Satelliten-, Luftbild- und drohnengestützten Fernerkundungsdaten. In Kombination mit den Tiefen- und Querschnittsdaten des Messbootes können mit im Projekt entwickelten und angepassten Metriken die Einzelparameter Laufkrümmung, Längsbänke, Querbauwerke, Tiefenvarianz, Profiltiefe und Breitenvarianz nach den Kriterien des „LAWA vor-Ort Verfahrens“ ausgewertet werden.

FAZIT

Das im Projekt BOOT-Monitoring entwickelte bootgestützte Messkonzept zur Erfassung von morphometrischen, hydrologischen und Wasserqualitäts-Daten gibt den Umweltämtern ein innovatives Werkzeug an die Hand. Es bietet die Möglichkeit, Informationen an mittleren Fließgewässern effizient zu verdichten und Auswirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen zu bewerten. Außerdem erlaubt es eine Erstaufnahme kleinerer Gewässer sowie die Identifikation von Abschnitten mit kritischer Belastung.

KONTAKT

Technische Universität Dresden
 Professur für Siedlungswasserwirtschaft
 Prof. Dr. Peter Krebs | Tel.: +49 351 463 35257
 peter.krebs@tu-dresden.de

www.boot-monitoring.de
 Projektlaufzeit: 01.06.2015 – 30.11.2018
 Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 50

HyMoBioStrategie – Auswirkungen hydromorphologischer Veränderungen von Seeufern (Bodensee) auf den Feststoffhaushalt, submerse Makrophyten und Makrozoobenthos-Biozöosen mit dem Ziel der Optimierung von Mitigationstrategien

HyMoBioStrategie hat mit einem interdisziplinären Ansatz die komplexen Prozesszusammenhänge zwischen einer veränderten Uferstruktur und den daraus folgenden hydromorphologischen Bedingungen und der biozönotischen Struktur identifiziert und neue Mess- und Modellsysteme entwickelt und implementiert. Lösungsvorschläge und Strategien zur Verbesserung des ökologischen Zustands der Ufer und Flachwasserzonen in Seen wurden entwickelt und Empfehlungen zum nachhaltigen Management ausgesprochen.

KERNBOTSCHAFTEN

- Entwicklung eines Sedimenttransportmodells als Prognose-Tool für die Planung zukünftiger Maßnahmen in der Uferzone und deren Auswirkungen auf die Hydro- und Morphodynamik in der Flachwasserzone von Seen
- Neue Methoden zur Charakterisierung und Quantifizierung des Feststofftransports in der Flachwasserzone von Seen sind etabliert und stehen zur Verfügung
- Entwicklung des universell einsetzbaren, autonomen Messsystems Hydrocrawler, z. B. zur hochauflösenden, flächendeckenden Vermessung der Seebodentopographie und Sedimentstratigraphie
- Verbesserung der Beurteilungsverfahren des ökologischen Zustands von Seenufern gemäß der WRRL anhand der beiden biotischen Indikatoren Makrophyten und Makrozoobenthos
- Weiterentwicklung der Qualitäts- und Monitoringstandards im Zuge von Seeuferrenaturierungen basierend auf dem Renaturierungsleitfaden der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)
- Handlungsempfehlungen zum nachhaltigen Management von Flachwasserzonen in Seen unter Berücksichtigung der vorhandenen intensiven Nutzungsansprüche und Nachhaltigkeitskonflikte

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Die Ufer zahlreicher deutscher Seen unterliegen erheblichen strukturellen Beeinträchtigungen. Uferverbauungen und Seennutzungen führen zu Veränderungen der hydrodynamischen Bedingungen in der Flachwasserzone, die sich auf den Feststoff-

transport, die Feststoffbilanz, die Unterwasservegetation und bodenlebende Tiere der Flachwasserzone auswirken können. Über die Prozesszusammenhänge zwischen Uferverbauungen und den hydrodynamischen Bedingungen auf der einen und der biozönotischen Struktur in der Uferzone auf der anderen Seite ist wenig bekannt. Darüber hinaus wird in vielen Alpenseen eine zunehmende Erosion der Litoral-Sedimente beobachtet. Davon besonders betroffen sind archäologische Unterwasserdenkmäler, die der Liste des UNESCO-Welterbes angehören und die es zu erhalten gilt.

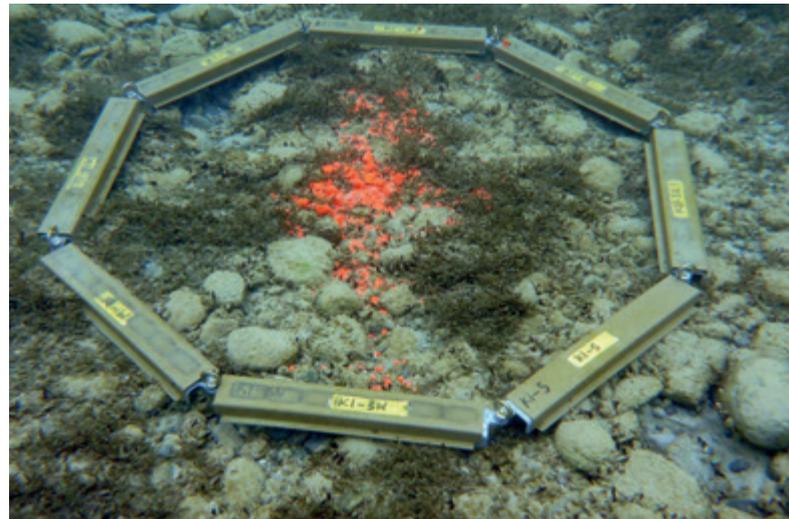


Abb. 1: Kranz aus acht Magnetfallen mit roten Tracern, die durch Welleneinfluss orthogonal zur Uferlinie transportiert wurden.
Foto: Dr. Wolfgang Ostendorp, LAD

ERGEBNISSE

Die Hydro- und Morphodynamik der Flachwasserzone sind von der Ausprägung der strukturellen Beeinträchtigung und der hydrodynamischen Exposition abhängig. Vor allem Hafenanlagen, langgestreckte Ufermauern und Schiffsanleger verändern die Eigenschaften des Oberflächenwellen- und Strömungsfelds und beeinflussen dadurch die Muster des Sedimenttransports. Die größten Effekte treten in Uferabschnitten mit hoher Wellenexposition auf, dabei sind Wasserspiegelschwankungen eine wesentliche Einflussgröße. Neben den energetisch dominanten Windwellen können die durch Schiffe erzeugten Wellen und Strömungen lokal, z. B. an Anlegern, zu großen Sedimentumlagerungen führen. Der Sedimentnettotransport in der Flachwas-



serzone von Seen ist meist uferparallel und sehr gering (im Mittel $< 5 \text{ cm a}^{-1}$ im Bodensee). Dieser unterliegt aber einer hohen räumlichen und zeitlichen Dynamik. Das im Projekt aufgebaute Sedimenttransportmodell kann diese räumliche und zeitliche Dynamik beschreiben, die Auswirkungen von Uferverbauungen auf die Morphodynamik abbilden und ist auf andere große Seen übertragbar.

Die beiden relevanten Qualitätskomponenten der WRRL, Makrozoobenthos und Makrophyten, sind als Indikatoren für strukturell beeinträchtigte Ufer und Substrateigenschaften in der Flachwasserzone ($< 2 \text{ m}$) geeignet. Auf Basis des Vegetationszonen-Konzeptes konnte ein klarer Zusammenhang zwischen der Uferstruktur und der Arten-Zusammensetzung sowie Abundanz der Makrophyten nachgewiesen werden. Das Makrozoobenthos dagegen ist weniger von der Uferstruktur, sondern vielmehr von den Substrateigenschaften, aber auch der Stärke (Magnitude) der Wasserspiegelschwankung und der hydrodynamischen Exposition abhängig. In renaturierten Uferabschnitten und Bereichen denkmalpflegerischer Erosionsschutzeinbauten ist die Wiederbesiedlung durch Makrozoobenthos sehr schnell, wohingegen Makrophyten diese aufgrund der fehlenden Feinsedimente erst nach einigen Jahren vollständig besiedeln.

HyMoBioStrategie hat neue Techniken zur Messung des partikulären Suspensions- und Sohltransports, des Erosions- bzw. Akkumulationsverhaltens der Decksedimente (z. B. Geröll- und Kiestracer, Erosionsmarker, sowie akustische Verfahren (z. B. Fächerecholot, Subbottom-Profilier, Unterwasser-Georadar) entwickelt und in die Anwendung überführt. So sind bereits die kostengünstigen Erosionsmarker und Geröll- und Kiestracer in das Monitoring-Programm zum Schutz von Unterwasserdenkmälern, die zum UNESCO-Weltkulturerbe zählen, implementiert. Mit dem Hydrocrawler wurde ein hochgenaues und autonom arbeitendes Messsystem zur hochauflösenden, flächendeckenden Vermessung der Seebodentopographie und Sedimentstratigraphie entwickelt, das darüber hinaus zur Inspektion von Dämmen und Spundwänden oder der Vermisstensuche eingesetzt werden kann (Abb. 2).

FAZIT

Die Ergebnisse von HyMoBioStrategie sind von erheblicher Bedeutung für die Bewertung von hydromorphologischen Veränderungen an Seeufern im Sinne der WRRL sowie für die Entwicklung uferbezogener Maßnahmenprogramme an größeren Seen der Bundesrepublik Deutschland und des zirkumalpinen Raums. Darüber hinaus konnten neue Mess- und Modellsysteme entwickelt werden, die die Charakterisierung der hydromorphologischen Prozesszusammenhänge in der Flachwasserzone unter Berücksichtigung der Uferstruktur, der hydrodynamischen



Abb. 2: Universell einsetzbares, autonom operierendes Messsystem Hydrocrawler. Messfahrt des Hydrocrawlers zur hochauflösenden, flächendeckenden Vermessung der Seebodentopographie und Sedimentstratigraphie auf dem Bodensee.
Foto: Christian Degel, Fraunhofer IBMT

Exposition und saisonaler Wasserspiegelschwankungen ermöglichen sowie die Planung zukünftiger Maßnahmen in der Uferzone von Seen unterstützen und zur Sicherung des UNESCO-Weltkulturerbes beitragen. Mit dem autonom operierenden Hydrocrawler steht ein in der Praxis universell einsetzbares Messsystem zur Verfügung.

KONTAKT

Universität Konstanz
Arbeitsgruppe Umweltphysik
Dr. Hilmar Hofmann | Tel.: +49 7531 88 3232
hilmar.hofmann@uni-konstanz.de

www.hymobiostrategie.de
Projektlaufzeit: 01.04.2015 – 31.12.2018
Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 52

RiverView – Gewässerzustandsbezogenes Monitoring und Management

Ziel des Projekts ist die Weiterentwicklung eines autonomen Messkatamarans (RiverBoat) als Trägerplattform für hydrophysikalische und -chemische Messsensoren (RiverDetect) und optische sowie sonarbasierte 360°-Gewässerscanning-Einheiten (RiverScan). Die erhobenen Gewässerdaten werden in ein entwickeltes Geodatenbankmanagementsystem (RiverAdmin) überführt, mit Hilfe verschiedener Schnittstellen (App, Webportal) visualisiert und dem Endnutzer bereitgestellt (RiverWorks).

KERNBOTSCHAFTEN

- Im Projekt RiverView werden ganzheitlich und präzise georeferenzierte Gewässerstruktur-, Gewässergüte- und Bilddaten mit einer mobilen Trägerplattform, welche mit modularer Sensorik ausgestattet ist, erhoben.
- Der Praxis stehen repräsentative und hochaufgelöste Daten für wasserwirtschaftliche Planungs- und Überwachungsprozesse bereit (z.B. an industriellen und kommunalen Einleitungen und von renaturierten Bereichen).
- Durch Einsatz des Autopiloten können Aufzeichnungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf exakt gleicher Messstrecke wiederholt werden, sodass Gewässerentwicklungsprozesse nachvollzogen und dokumentiert werden können.
- Die Verarbeitung von 360° Über- und Unterwasseraufnahmen zu einer Rundumbildwelt mit Virtual-Reality-Elementen sowie „ausdruckbare“ 3D-Modelle der Gewässersohle als Hilfsmittel zur Kommunikation von gewässerbaulichen Maßnahmen sind Beispiele für umgesetzte Visualisierungen der Daten.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Das Monitoring von Fließgewässern bildet eine wichtige Grundlage für wasserwirtschaftliche Planungsprozesse mit dem Ziel, eine positive Gewässerentwicklung herbeizuführen. Besonders seit Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) aber auch vor dem Hintergrund des Hochwasserschutzes gewinnt die ganzheitliche Betrachtung zunehmend an Bedeutung. Bisher werden Gewässerdaten hauptsächlich durch stationäre Messanlagen und aufwändige Gewässerbegehungen erhoben. In RiverView wird ein Monitoring-System für Fließgewässer verfolgt, das Gewässerdaten zeitlich und räumlich hochaufgelöst, georeferenziert und reproduzierbar erfasst und somit einen wichtigen Beitrag

zur Maßnahmenfindung in der Wasserwirtschaft liefert. Der Schwerpunkt des Projekts lag auf der Erfassung kleiner und mittlerer Fließgewässer.

ERGEBNISSE

Die Trägerplattform – das RiverBoat – verfügt über eine im Projekt weiterentwickelte Software (Neptus), die es erlaubt, Daten in Echtzeit zu verfolgen sowie die Routen des Autopiloten zu programmieren und zu überwachen. Alle Komponenten der Trägerplattform wurden in Leichtbauweise konstruiert, um das System flexibel an den Einsatzort transportieren zu können.



Abb. 1: RiverBoat mit modularem Kameramodul und Trailer. Foto: FiW e.V.

Das Messsystem nimmt die Gewässerstruktur durch eine Kombination aus optischen und akustischen Verfahren auf. So wird durch die im Projekt entwickelte Überwasser-Mapping-Einheit, bestehend aus Kamera, Global Navigation Satellite System (GNSS) und inertialer Messeinheit (IMU), eine georeferenzierte Aufnahme des Gewässerumfeldes einerseits sowie andererseits eine Vermessung mittels Structure-from-Motion (SfM) möglich. Die Bilder dienen der Veranschaulichung und liefern Informationen über Vegetation und Infrastruktur. Herkömmliche Gewässerschaufen können so durch objektive, bildliche Daten optimiert werden. Die erzeugten Punktwolken dienen der Vermessung (z. B. Bauwerken, Uferlinien). Die Gewässersohle wird ab einer Wassertiefe von 35 cm durch ein Echolot aufgenommen. Eine optische Unterwasser-Mapping-Einheit, bestehend aus Unterwasserkameras und Linienlaser, ergänzt das System und ermöglicht so in Abhängigkeit von Licht- und Sichtverhältnissen die Vermessung von Bereichen, die für das Echolot nicht erreichbar sind. Die Punktwolken werden ebenfalls durch das SfM-Verfahren erzeugt. Fehlen markante Bildpunkte, an denen das Verfahren ansetzen kann, wird die Plattform durch einen



Linienlaser erweitert, wobei die Tiefe der Gewässersohle durch ein geometrisches Verfahren zur Abstandsmessung (Triangulation) ermittelt wird. Durch die Kombination von Überwasser- und Unterwasser-Mapping sowie Echolot kann ein durchgehendes digitales, „ausdruckbares“ Geländemodell erstellt werden.

Als Erweiterung steht zur Ermittlung von Gewässergüteparametern eine Multiparametersonde zur Verfügung. Beim Monitoring von Durchmischungsfahnen nach Einleitungen kann die Sonde direkt am Boot befestigt werden.

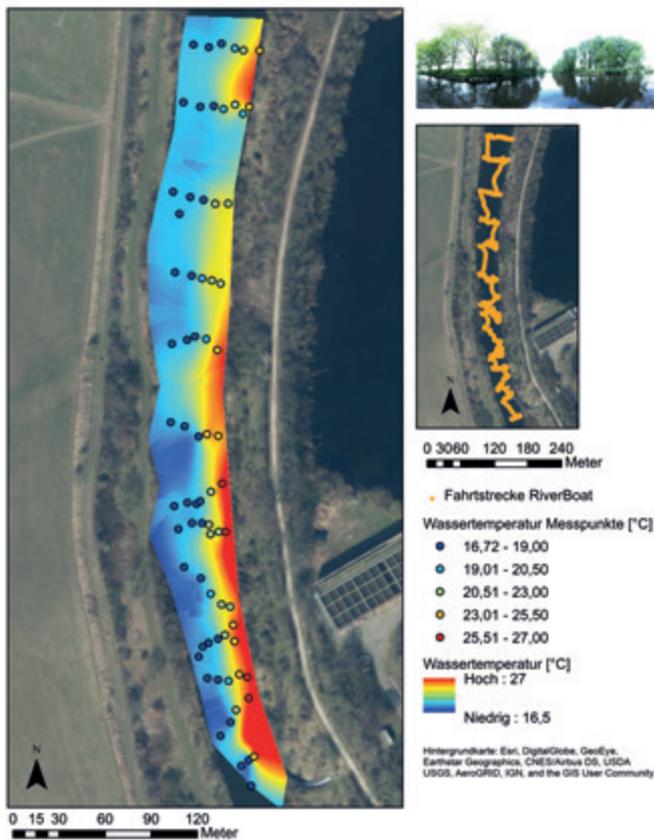


Abb. 2: Einleitungsfahne einer Kläranlage an der Rur visualisiert anhand der Wassertemperatur (Aufnahmedatum: 17.05.2017). Foto: FiW. e.V.

Für die Aufnahme von Tiefenprofilen wird die Multiparametersonde über eine Winde von einem Trailer herabgelassen. Die Datenübertragung erfolgt kabellos. Durch die weiterentwickelte Messfrequenz von 20 Sekunden erfolgt die Aufnahme von Güteparametern wie Temperatur, Sauerstoff oder Trübung mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung. Die Gewässersohle wird durch eine Impuls-Neutron-Neutron-Sonde untersucht, welche über Abklingkurven von Neutronen die stoffliche Zusammensetzung des Gewässeruntergrunds ermittelt.

Die exakte Position der erhobenen Messdaten wird im Projekt mittels Bildorientierung oder Tachymetertracking erreicht, falls der GNSS-Empfang z. B. durch zu viel Vegetation oder Bauwerke wie Brücken gestört ist.

Zur Speicherung der erhobenen Daten dient ein multimodales Datenbankmanagementsystem, das für die projektbedingten Anforderungen zur Aufnahme großer Bilddaten und heterogener Sensordaten entwickelt wurde. Über ein Webportal mit integriertem „Panorama-Viewer“ werden die Daten unterschiedlichen Nutzergruppen zugänglich gemacht.

In den Punktwolken und Videos der Über- und Unterwasser-aufnahmen einschließlich Virtual-Reality-Elementen ist ein virtuelles Gewässerlebnis möglich. Dies ermöglicht, Planungsprozesse zu verdeutlichen und im Rahmen von Partizipationsveranstaltungen (Bürgerbeteiligungen) einzusetzen.

FAZIT

Das RiverView-System realisiert eine objektive Erfassung des Zustandes von Fließgewässern – Über- und Unterwasser. Durch die ganzheitliche Erfassung ist die Identifikation von Belastungsquellen und in Folge dessen eine bedarfsgerechte Planung von Maßnahmen möglich. Neben der Schaffung eines Instruments zur Umsetzung der Unterhaltungsziele von Fließgewässern ist mit der im Rahmen des Projekts stattfindenden Entwicklung ebenso ein Schritt in Richtung Digitalisierung der Wasserwirtschaft vor dem Hintergrund Wasserwirtschaft 4.0. gemacht worden.

Das RiverView-System ermöglicht ein hochaufgelöstes Monitoring von strukturellen Entwicklungen und die Ausbreitung von Wärmefahnen nach Einleitungen sowie die Aufnahme weiterer Parameter, welche Rückschlüsse auf Gewässerprozesse zulassen. Die Integration weiterer Elemente (z. B. Probennehmer) zur Ermittlung der Schadstoffbelastung des Wassers und Sediments befindet sich in Vorbereitung.

KONTAKT

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

Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Bolle | Tel.: +49 241 80 26825
bolle@fiw.rwth-aachen.de

Dr.- Ing. Gesa Kutschera | Tel.: +49 241 80 27971
kutschera@fiw.rwth-aachen.de

www.river-view.de

Projektlaufzeit: 01.06.2015 – 31.05.2018

Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 56



» GroundCare

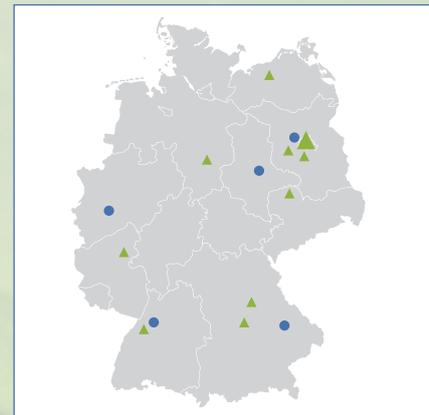
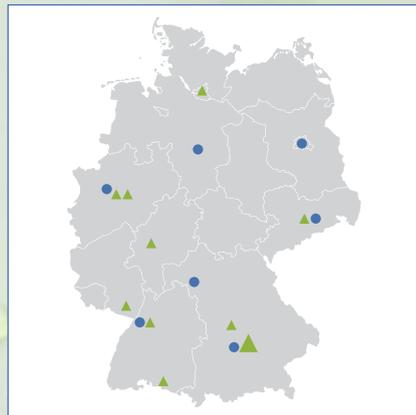
Meine Botschaft an die Wissenschaft: Neue Methoden überzeugen in der Praxis, wenn der Kosten-Nutzen-Vergleich, die Übertragbarkeit auf andere Regionen und der Aufwand stimmen. Das Projekt GroundCare ist auf einem guten Weg, schrittweise in die Praxis eingeführt zu werden.

Martin Böddeker,
GELSENWASSER AG

Gewässerökologische Bewertungsverfahren

34 GroundCare

36 RESI



▲ Projektkoordination ▲ Verbundpartner ● Modellregion



Es zeigte sich, dass viele Ökosystemleistungen von Gewässern und Auen tatsächlich regional differenziert bewertbar sind. Mit dem RESI-Index steht uns ein deutlich größeres Set an Möglichkeiten zur Wertermittlung zur Verfügung.

Kai Deutschmann,
Bayerisches Landesamt für Umwelt



GroundCare – Parametrisierung und Quantifizierung von Grundwasser-Ökosystemdienstleistungen als Grundlage für eine nachhaltige Bewirtschaftung

Ziel des Verbundprojekts ist es, die Funktionsfähigkeit von Grundwasserökosystemen zu evaluieren und ökologische Kenngrößen, die sich als Indikatoren eignen, zu identifizieren. Darüber hinaus entwickelten die ProjektpartnerInnen praxisorientierte, biologisch-ökologische Kriterien und Methoden für ein integriertes Monitoring im Grundwasser.

KERNBOTSCHAFTEN

- Es wurde ein Set ökologischer Bewertungs- und Überwachungskriterien für Grundwasser entwickelt in Anlehnung an WRRL-konforme Verfahren für Oberflächengewässer. Dieses umfasst integrierende mikrobiologische Kenngrößen sowie eine Charakterisierung und Bewertung der Grundwasserfauna.
- Etablierte Probenahmeleitfäden wurden um fehlende Aspekte wie molekularbiologische Analysen und Besammlung der Grundwasserfauna ergänzt.
- Der ökologische Referenzzustand für ausgewählte Grundwasserleiter in Deutschland wurde anhand mikrobiologischer und faunistischer Kriterien definiert.
- Ein Biomonitor zur grundwasserspezifischen ökotoxikologischen Bewertung akuter und chronischer stofflicher Belastungen und zur Online-Qualitätsüberwachung steht marktreif zur Verfügung.
- Eine Sequenzdatenbank und DNA-Barcoding-Protokolle wurden für ausgewählte Grundwassermetazoen etabliert.
- Die Entwicklung eines druckhaltenden Probenahmeerschöpfers zur Entnahme von Grundwasser für spezielle Fragestellungen unter Grundwasserbedingungen wurde abgeschlossen.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Trinkwasser in Deutschland wird zu etwa zwei Dritteln aus Grundwasser gewonnen. Eine gute Grundwasserqualität ist somit von entscheidender Bedeutung für die Versorgungssicherheit. Die Wasserqualität des Grundwassers ist jedoch vielerorts bereits beeinträchtigt oder bedroht, z. B. durch Schadstoffeinträge aus Altlasten, den übermäßigen Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden, aber auch durch Abwasserschadstoffe im Spurenbereich (z. B. Pharmazeutika). Bislang fehlten jedoch standardisierte Indikatoren und Verfahren zur Bewertung

der ökologischen Funktionsfähigkeit und Stresstoleranz von Grundwasserökosystemen. Im deutschen und europäischen Wasserrecht herrscht eine Ungleichbehandlung zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern. Obwohl die Europäische Grundwasserrichtlinie (2006/118/EG) Grundwasser als Ökosystem deklariert, werden bislang ausschließlich physikalisch-chemische Eigenschaften und die Grundwassermenge bei der Bewertung und Überwachung berücksichtigt. GroundCare hat sich daher zur Aufgabe gestellt, ein erstes ökologisches Bewertungskonzept auf Basis mikrobieller Kenngrößen und der Grundwasserfauna zu entwickeln. Dabei wurden in den Untersuchungen verschiedene Nutzungs- und Belastungsaspekte (z. B. Trinkwassergewinnung, Einflüsse aus Altlasten und der Landwirtschaft) als auch geographische und hydrogeologische Unterschiede innerhalb Deutschlands berücksichtigt. Übergeordnetes Ziel ist es, den Umweltbehörden und der wasserwirtschaftlichen Praxis eine erste Toolbox als modulares System und einen Anwenderleitfaden zur Verfügung zu stellen.

ERGEBNISSE

Ausgangspunkt der Arbeiten in GroundCare war eine gestiegene Wahrnehmung der Bedeutung von Grundwasser als Lebensraum und eine damit verbundene Akzeptanz für die Berücksichtigung ökologischer Kriterien.

Aufbauend auf standardisierten mikrobiologischen und faunistischen Kriterien wurde der ökologische Referenzzustand für ausgewählte Grundwasserleiter in Deutschland definiert und ein erstes modulares Bewertungssystem für die Charakterisierung und langfristige Überwachung des Ökosystemzustands entwickelt. Das B-A-E-Konzept setzt auf die Quantifizierung der etablierten mikrobiologischen Kenngrößen Gesamtzellzahl (= Biomasse), intrazelluläres ATP (= Aktivität) und assimilierbarer organischer Kohlenstoff (= Energie) als sensitive Zeiger für die mikrobiologische Qualität. Es verrechnet mit Hilfe eines statistischen Verfahrens (Mahalanobis-Distanz) die drei Indikatorgrößen in einen Indexwert, um so in der Bewertung naturnahe von beeinflussten Grundwässern und/oder Oberflächenwasser zu unterscheiden (Abb. 1).

Ein vergleichbarer Ansatz wurde auch für die Grundwasserfauna entwickelt. Sensitive Indikatorgrößen, wie etwa das Verhältnis von echten (stygobionten) zu eingewanderten und exotischen (stygoxenen) Arten, kommen bei dieser Bewertung zum Einsatz. Zur taxonomischen Klassifizierung wurden DNA-Barcoding-Protokolle entwickelt und eine erste

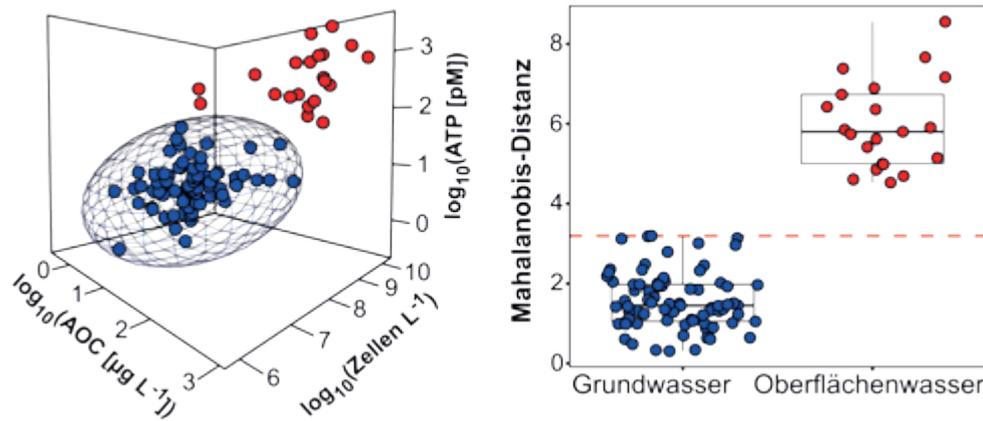


Abb 1: Das B-A-E-Konzept: Die drei etablierten Messgrößen Gesamtzellzahl (GZZ), ATP (Adenosintriphosphat) und assimilierbarer Kohlenstoff (AOC; siehe Text) können über die Mahalanobis-Distanz in einen Indikatorwert verrechnet werden, um so in der Bewertung saubere von beeinflussten Grundwässern und Oberflächenwässern zu unterscheiden.
Grafik: HMGU

Sequenzdatenbank für ausgewählte Grundwassermetazoen (z. B. Amphipoden, Isopoden) etabliert.

Die Basis für die in GroundCare erarbeitete „Bewertungs-Toolbox“ bildete ein Probenahmeleitfaden, der auch molekularbiologische und faunistische Aspekte berücksichtigt. Alle als aussagekräftig befundenen Kenngrößen wurden bezüglich der Analyseprotokolle auf Grundwasserbedingungen hin angepasst und in Ringversuchen validiert. Eine zusammenfassende Methodensammlung liegt vor. Für spezifische Fragestellungen zur Grundwasserbelastung (z. B. pathogene Keime) und speziellen Grundwasserbedingungen (z. B. sauerstofffreie Grundwasser) steht ein in GroundCare entwickelter druckhaltender Probenahmeschöpfer zur Verfügung.

Eine weitere Produktneuentwicklung aus GroundCare ist ein Online-Biomonitor, der eine grundwasserspezifische, ökotoxikologische Stoffbewertung (Tests zur akuten und chronischen Toxizität)



Abb. 2: Ein typischer Bewohner des Grundwasserlebensraumes ist der Höhlenflohkrebs (*Niphargus aquilex*).

und Grundwasser-Qualitätsüberwachung ermöglicht (Abb. 3). Eine gute Basis für zukünftige Grundwasserangepasste Untersuchungen zur Ökotoxikologie bilden auch neue Fortschritte bei der Zucht und Haltung von Grundwasserorganismen.

FAZIT

Grundwasser verdient eine Gleichbehandlung wie Oberflächenwasser im deutschen und europäischen Wassergesetz.

In der Folge bedarf es geeigneter Kriterien und Konzepte für eine Bewertung und Überwachung des ökologischen Zustands und der biologischen Wasserqualität. GroundCare hat dafür eine erste Toolbox entwickelt, um sie den Umweltbehörden und der wasserwirtschaftlichen Praxis in Form eines Leitfadens zur Verfügung zu stellen.



Abb 3: Der Aufbau des Ökotox Biomonitor der Firma LimCo International GmbH. Foto: LimCo International GmbH

KONTAKT

Helmholtz Zentrum München
Institut für Grundwasserökologie
Dr. Christian Griebler | Tel.: +49 89 3187 2564
griebler@helmholtz-muenchen.de

www.helmholtz-muenchen.de/igoe/forschung/drittmittelprojekte/groundcare

Projektlaufzeit: 01.06.2015 – 31.12.2018

Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 51-52

RESI – River Ecosystem Service Index

Im Projekt „River Ecosystem Service Index“ (RESI) wurde ein Ansatz entwickelt, um die Leistungen von Fluss- und Auenökosystemen für die Gesellschaft sektorenübergreifend zu erfassen und darzustellen.

KERNBOTSCHAFTEN

- Der River Ecosystem Service Index ergänzt die derzeitigen zustandsbasierten Bewertungsansätze durch eine funktionsorientierte Bewertung auf der Grundlage von Ökosystemleistungen (ÖSL).
- Der RESI betrachtet Flüsse und Auen in konsistenter Weise und nutzt einen integrativen Ansatz, der versorgende, regulative und kulturelle ÖSL visualisiert. Damit erlaubt der RESI eine sektorenübergreifende Betrachtung sowie einen transparenten Vergleich von Bewirtschaftungsoptionen.
- Die entwickelten Methoden zur Erfassung und Bewertung der ausgewählten ÖSL wurden in Indikatorenblättern zusammengefasst, die zeigen, wie vielfältige Monitoringdaten genutzt und zielgerichtet für Entscheidungsprozesse aufbereitet werden können.
- Der RESI stellt Anknüpfungspunkte zur Ergänzung bestehender Planungsinstrumente bereit, und schafft eine Kommunikationsbasis, um Zielkonflikte in Entscheidungsprozessen zu lösen.
- Eine durchgeführte Umfrage unter Praktikern zeigt, dass diese den Mehrwert des RESI-Ansatzes insbesondere in der fachübergreifenden Abstimmung und der Öffentlichkeitsarbeit sehen.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Flüsse und ihre Auen unterliegen diversen gesellschaftlichen Nutzungsansprüchen und sind dadurch vielerorts stark belastet und verändert. Die Beeinträchtigungen der Ökosysteme schränken ihre direkten und indirekten Beiträge zum menschlichen Wohlergehen – die ÖSL – ein. Die Erarbeitung und Priorisierung von Maßnahmen an Flüssen und Auen stellt Praktiker oft vor die Herausforderung, diverse gesetzliche Zielstellungen z. B. Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), Hochwasserrisikomanagementrichtlinie sowie zusätzliche Interessen (z. B. Schifffahrt, Landwirtschaft, Tourismus) zu berücksichtigen. In solchen komplexen Entscheidungssituationen kann das ÖSL-Konzept zu einem sektorenübergreifen-

den und transparenten Vergleich von Handlungsalternativen beitragen. Daher wurde in einem inter- und transdisziplinären Forschungsprozess a) das ÖSL-Konzept für Flüsse und Auen adaptiert sowie b) Methoden zur räumlichen Erfassung und Bewertung der ÖSL und c) innovative Ansätze zur Visualisierung des Index entwickelt.

ERGEBNISSE

Mit Blick auf die praktische Anwendbarkeit auf Flüsse und Auen konnten in den drei Hauptgruppen versorgende, regulierende und kulturelle ÖSL insgesamt 27 relevante ÖSL identifiziert werden. Für ihre Bewertung wurden konzeptionelle Kernbegriffe abgegrenzt und entsprechend zwischen bereitgestellten ÖSL, d. h. die Leistungsfähigkeit des Ökosystems, und genutzten ÖSL, d. h. den in Anspruch genommenen Teil, unterschieden. Dabei wird die Nutzbarmachung insbesondere von versorgenden und kulturellen ÖSL oft durch menschliche Beiträge unterstützt, wie etwa Düngung oder der Bau von Wegen.

Für alle bearbeiteten ÖSL wurden die jeweiligen Herleitungs-, Methoden- und Datengrundlagen des RESI in einheitlichen Indikatorenkennblättern übersichtlich und anwendungsreif dokumentiert. Die Erfassung der bereitgestellten kulturellen ÖSL (z. B. Landschaftsbild, wasserbezogene Aktivitäten, Natur- und Kulturerbe) baut auf der Dichte oder Anzahl von spezifischen Landschaftsmerkmalen und -elementen auf. Diese Indikatoren konnten bundesweit in homogener Qualität quantifiziert werden. Der menschliche Beitrag zur Nutzbarmachung der ÖSL wurde anhand der vorhandenen Erholungsinfrastruktur quantifiziert. Überdies wurde die Wertschätzung von Flusslandschaften über ein Choice-Experiment ermittelt. Bei den versorgenden ÖSL „Kulturpflanzen“ und „pflanzliche Biomasse“ wird die Bereitstellung über die nutzbare Fläche und das Ertragspotenzial berechnet, während die genutzte ÖSL sich aus dem physischen Ertrag und dem Deckungsbeitrag (€/ha) ergibt. Optional können hier auch die monetären Effekte von Bewirtschaftungsalternativen abgeleitet werden.

Bei regulativen ÖSL entsprechen die bereitgestellten den genutzten ÖSL. Für die Habitatbereitstellung werden neben den gängigen Bewertungen (z. B. Gefährdung) vor allem die spezifischen Besonderheiten eines Standorts der Aue und ihre hydrodynamisch geprägten Charakteristika (Grundwasserabhängigkeit, auentypische Habitate) als Indikatoren genutzt. Die Selbstreinigung von Flüssen wird über den Anteil der zurückgehaltenen Frachten an Stickstoff und Phosphor (%-Retention/km) erfasst. Durch die Kopplung und Weiterentwicklung der

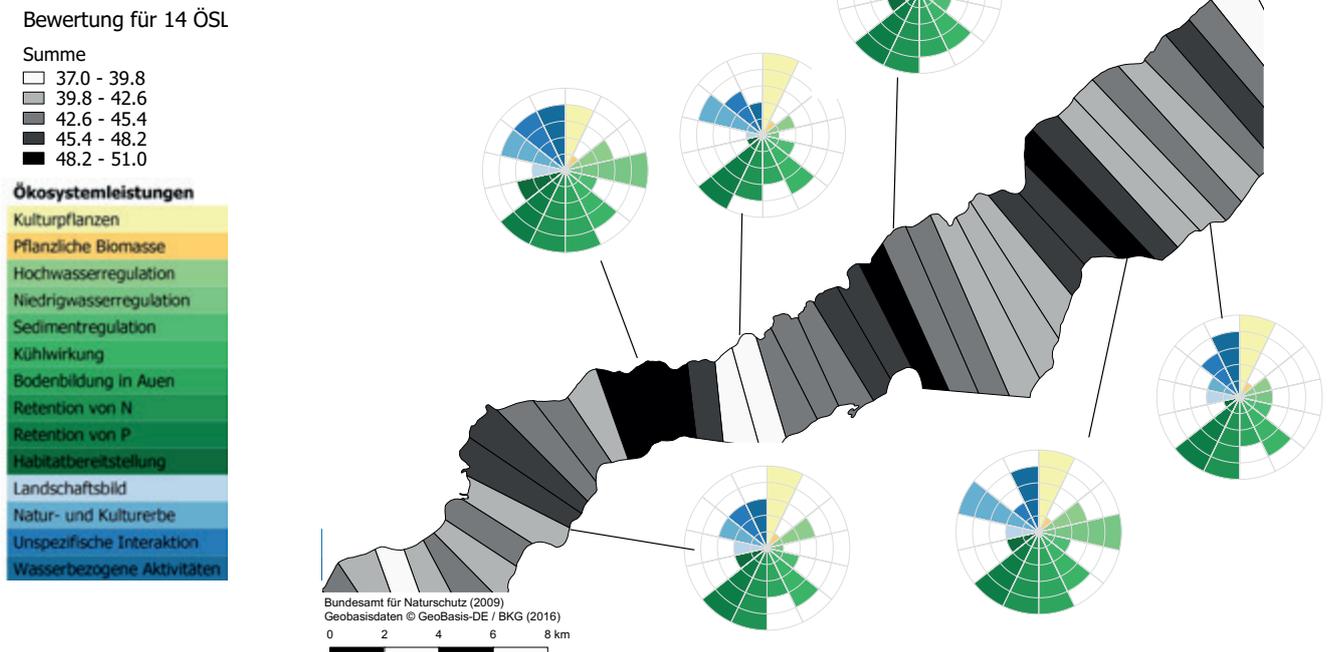


Abb. 1 : Anwendungsbeispiel des RESI an der Donau. Summe der ÖSL pro 1 km Fluss-Auen-Segment, sowie detaillierte Übersicht für min und max Werte. Grafik: Simone Beichler, IGB; RESI-Team

beiden Modelle MONERIS und QSim lässt sich der Effekt veränderter Landnutzungen auf die Nährstoffretention in einem Fluss-Auen-Abschnitt voraussagen. Für die Berechnung des Rückhalts von Treibhausgasen, der Hochwasser- und Niedrigwasserregulation, Sedimentregulation und Kühlwirkung wurde vielfach auf WRRL-Daten zurückgegriffen, und diese durch die Kombination, Überführung in die RESI-Bewertungsskala und Flächennormierung, in einen funktionsorientierten Kontext gesetzt.

Die RESI-Bewertungsskala wurde fünfstufig von 1 (sehr gering bis fehlend) bis 5 (sehr hoch) festgelegt. Alle ÖSL wurden pro Fluss-Auen-Segment mit je 1 km Länge zusammengeführt, wobei der Index die Betrachtung unterschiedlicher räumlicher (gesamtes Segment oder Einzelkompartimente Fluss, Altaue, rezente Aue) sowie kategorischer Ebenen (27 ÖSL, 15 Subgruppen, 3 Hauptgruppen) zulässt. Der RESI wurde in den Modellregionen Donau, Rhein, Elbe, Nahe, Wupper und Nebel erfolgreich getestet. Bei einer durchgeführten Online-Befragung zeigte sich, dass Fachleute aus staatlichen Behörden nur mäßig mit ÖSL vertraut sind, jedoch großes Interesse an der Anwendung des Konzepts in verschiedenen Phasen der Planung haben. Der RESI wird bereits zur Unterstützung eines Raumordnungsverfahrens für eine 80 km lange Flusslandschaft (Donau von Ulm bis Donauwörth) praktisch eingesetzt.

FAZIT

Der ÖSL-Ansatz führt Methoden unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen für die Anwendung in der Praxis zusammen und weist daher vielfältige Anknüpfungspunkte zu bestehenden Planungsinstrumenten auf. Im Sinne eines Übersichtsverfahrens ermöglicht der RESI-Ansatz Praktikern, mithilfe der verfügbaren Daten in frühen Projektstadien die Auswirkungen verschiedener Maßnahmen sowie deren gesellschaftlichen Nutzen zu evaluieren und dies den beteiligten Akteuren sowie der Öffentlichkeit in transparenter Weise zu kommunizieren. Durch den auch im RESI-Anwenderhandbuch dargestellten modularen Aufbau kann der RESI-Index regionspezifisch angepasst werden und ist so für verschiedenste Projekte (z. B. Renaturierungen, Deichrückverlegung, Polderbau) einsetzbar.

KONTAKT

IGB - Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Abteilung Ökosystemforschung
 PD Dr. Martin Pusch | Tel.: +49 30 641 81 685, -681
 pusch@igb-berlin.de

www.resi-project.info

Projektlaufzeit: 01.06.2015-31.10.2018

Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 55



» CYAQUATA

Nur mit transdisziplinär angelegten Projekten können die derzeit noch bestehenden Wissenslücken geschlossen werden.

Dr. Tilo Hegewald,
Landestalsperrenverwaltung
des Freistaates Sachsen

» FLUSSHYGIENE

Die Bündelung der Expertise aus Hochschulen, Behörden und Unternehmen ermöglicht innovative Lösungen und neue Erkenntnisse für die Praxis.

Annika Schönfeld,
Ruhrverband

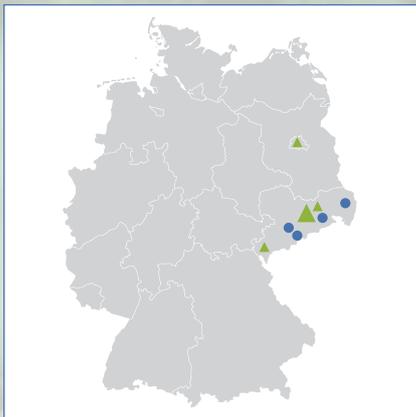
» SEEZEICHEN

Die im Rahmen von SEEZEICHEN durchgeführte Grundwasser-Modellierung ist ein guter Einstieg in die geplanten landesweiten Modellbetrachtungen des Referats Grundwasser der LUBW.

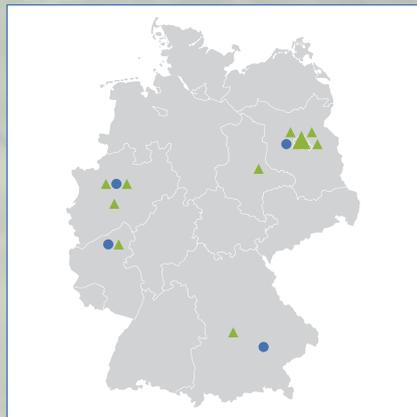
Thomas Gudera,
Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg

Management der Wasserqualität

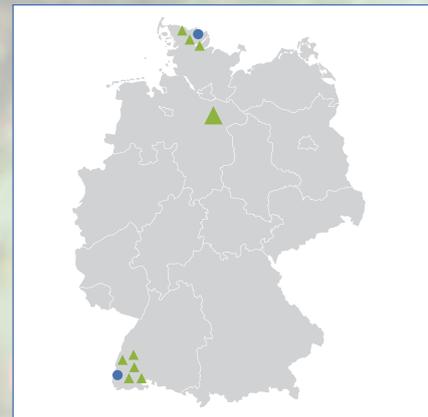
40 CYAQUATA



42 FLUSSHYGIENE



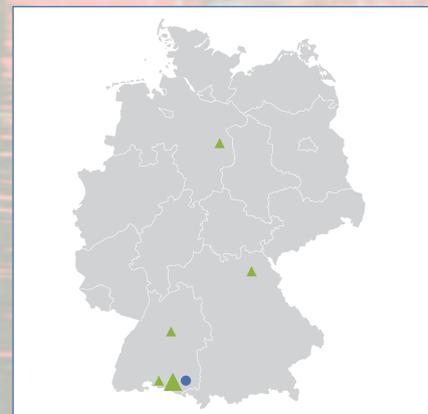
44 MUTReWa



46 PhosWaM



48 SEEZEICHEN



▲ Projektkoordination ▲ Verbundpartner ● Modellregion

MUTReWa

Neben den konkreten Projektergebnissen ist die Referenz eines großen BMBF-Verbundprojekts und die darüber erfolgte Vernetzung mit verschiedenen Partnern eine wichtige Grundlage für unsere künftige Geschäftstätigkeit.

Alexander Krämer,
WWL Umweltplanung und Geoinformatik GbR

PhosWaM

Meßprogramme, Meßnetze und wissenschaftliche Fragestellungen müssen bereits zu Beginn des Projektes mit der Praxis abgestimmt werden, wenn die Ergebnisse in die Praxis überführt werden sollen.

Dr. Ricarda Börner,
Staatliches Amt für Landwirtschaft
und Umwelt Mittleres Mecklenburg

CYAQUATA – Untersuchung der Wechselbeziehungen von toxinbildenden Cyanobakterien und Wasserqualität in Talsperren unter Berücksichtigung sich verändernder Umweltbedingungen und Ableitung einer nachhaltigen Bewirtschaftungsstrategie

Die Wechselbeziehungen zwischen der Wasserqualität in Talsperren und dem Auftreten toxinbildender Cyanobakterien stehen im Fokus des Projektes. Ziel ist die Identifikation von Schlüsselfaktoren für die Entwicklung von Cyanobakterien und die Bildung von Toxinen, um daraus eine nachhaltige Bewirtschaftungsstrategie unter Berücksichtigung sich verändernder Umweltbedingungen abzuleiten.

KERNBOTSCHAFTEN

- Etablierung und Weiterentwicklung neuer Verfahren zur gezielten Detektion von Cyanobakterien: FluoroProbe-Sonde zur *In-situ*-Messung sowie Durchflusszytometrie
- Es wird eine molekularbiologische Methode (PCR) zur Verfügung gestellt, um das genetische Potenzial zur Toxinbildung von Cyanobakterien in Wasserproben nachzuweisen.
- Sich ändernde klimatische Bedingungen führen zu länger andauernden stabilen Schichtungen in Seen und verlängern die Wachstumsperiode für Cyanobakterien.
- Strategien zur Vermeidung von Massenentwicklungen der Cyanobakterien sind die Reduzierung von Nährstoffen (insb. Phosphor), die Vermeidung stärkerer Stauspiegelabsenkungen und eine modifizierte Bewirtschaftung von Vorsperren (Cyanobakterien-Einträge reduzieren) sowie die Durchmischung zur Vermeidung langanhaltender Schichtungen des Wasserkörpers.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Die Konzentration sowie die taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons sind wichtige Parameter zur Bewertung der Wasserqualität in Standgewässern. Aufgrund ihres Potenzials zur Ausbildung von Massenentwicklungen sowie der Fähigkeit zur Bildung von Toxinen kann das Auftreten planktischer Cyanobakterien die Nutzung der Gewässer, z. B. für die Trinkwassergewinnung oder Freizeitnutzung, beeinträchtigen.

Besonders in eutrophen Gewässern traten im gesamten Bundesgebiet wiederholt Massenentwicklungen auf. Aber auch in oligo- und mesotrophen Staugewässern wird eine zunehmende Cyanobakterien-Dominanz verzeichnet.

Im Rahmen von CYAQUATA wurden unterschiedliche Methoden zur Erfassung und Bewertung von Cyanobakterien-Aufkommen kombiniert eingesetzt, um das Auftreten und die Toxinbildung besser zu verstehen. Hierzu wurden neben einem intensiven Monitoring an verschiedenen Talsperren Freiland- sowie Laboruntersuchungen durchgeführt. Mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse und weiterentwickelten Methoden können toxische Massenentwicklungen zukünftig frühzeitiger erkannt und Maßnahmen eingeleitet werden.

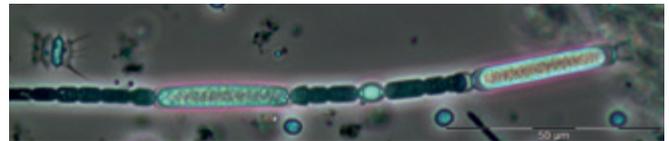


Abb. 1: *Aphanizomenon gracile*, Probe aus Speicher Radeburg II vom 25.09.2017, Vergr. 400fach, Lichtmikroskop Phasenkontrast. Foto: G. Paul, LfULG

ERGEBNISSE

Verschiedene Phytoplanktongruppen können über ihre spezifischen Pigmente photometrisch detektiert und quantifiziert werden. Im Projekt wurde eine Weiterentwicklung der FluoroProbe (bbe Moldaenke) mit einem zusätzlichen Kanal für das Photopigment Phycoerythrin eingesetzt, mit der eine wesentlich verbesserte Erfassung der Cyanobakterien möglich ist. Die regelmäßige Aufnahme von Tiefenprofilen erlaubt eine gezieltere Beprobung und eine Optimierung der tiefenselektiven Rohwasserentnahme bei Trinkwassertalsperren (Abb. 2). Die klassische mikroskopische Methode ergibt ein genaueres Bild der Phytoplanktonzusammensetzung, ist aber wesentlich zeitaufwendiger. Mit der Durchflusszytometrie (Accuri C6) wurde eine weitere geeignete Methode zur Cyanobakterien-Erfassung etabliert, die auch eine Größendifferenzierung der Zellen ermöglicht. Die Differenzierung der anderen Phytoplanktongruppen ist im Vergleich zur FluoroProbe geringer.

Cyanobakterien mit der Fähigkeit zur Toxinbildung stellen eine besonders hohe Gefährdung dar. Mit molekularbiologischen Methoden (PCR) können in Wasserproben jene für die Bildung cyanobakterieller Toxine essentiellen Genabschnitte nachgewiesen und Hepato-, Neuro- oder Cytotoxin-produzierende Cyanobakterien erkannt werden. Bei positivem Nachweis solcher Toxingene empfiehlt das Projektkonsortium den Einsatz

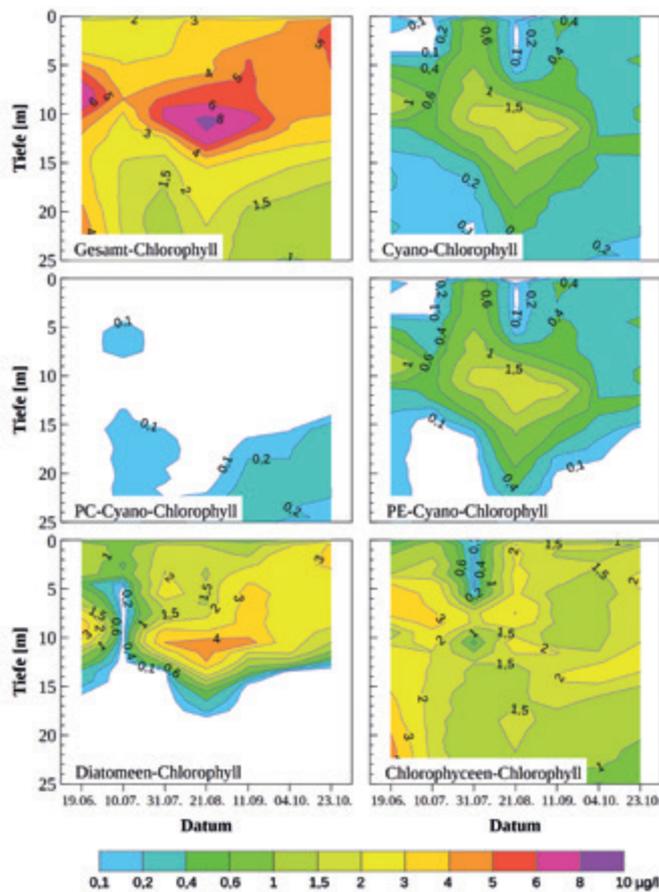


Abb. 2: Jahresverlauf der Chlorophyll-Konzentration für die Phytoplanktongruppen in der Talsperre Gottleuba (gemessen mit FluoroProbe II). Das dargestellte Cyanobakterien-Chlorophyll entspricht der Summe aus dem Chlorophyll der phycocyaninhaltigen (PC-Cyano-Chlorophyll) und phycoerythrinhaltigen Cyanobakterien (PE-Cyano-Chlorophyll). Grafik: LfULG

von Immunoassays (z. B. ELISA) zur einfachen und schnellen Erfassung der Summenkonzentration einer Toxingruppe (z. B. Microcystine). Zur besseren Gefährdungsabschätzung sollten die Einzelsubstanzen (z. B. Microcystin-LR) durch zusätzliche LC-MS/MS-Analysen charakterisiert und quantifiziert werden. Hierfür wurden neue Einzelsubstanzstandards etabliert. Eine noch umfassendere Risikobewertung ist mit zellbasierten Toxizitätstests möglich. Mit der wirkungsbasierten Teststrategie wird die Gesamttoxizität der Probe bestimmt, um auch additive Wirkungen oder neue toxikologisch relevante Cyanotoxine zu erkennen. Das Projektkonsortium wird in seinem Handlungsleitfaden eine Vorgehensweise für die Überwachung von Cyanobakterienentwicklungen in Standgewässern und die Auswahl von Bewirtschaftungsmaßnahmen empfehlen.

Sowohl Monitoring als auch Feld- und Laborversuche bestätigen den erheblichen Einfluss der Nährstoffverfügbarkeit (insb. Phosphor) auf die Entwicklung von Cyanobakterien. Die Nährstoffeinträge müssen daher langfristig gesenkt werden.

In Laborversuchen zeigte die Variation von Klimafaktoren, wie Temperatur, Licht oder atm. CO_2 , keine einheitliche Auswirkung auf Cyanobakterienentwicklung oder Toxinbildung. Allerdings konnten einige Cyanobakterien-Stämme von klimawandelbedingten Änderungen, wie der Erhöhung der Wassertemperatur, profitieren. Die Freilandversuche mit Enclosures bestätigten, dass eine stabilere und länger anhaltende thermische Schichtung die Entwicklung von Cyanobakterien begünstigt. Die Enclosure-Experimente zeigten zudem, dass die Cyanobakterienentwicklung sowohl aus dem Sediment (Frühjahr) als auch durch Einträge aus den Vorsperren stattfindet („Animpfung“, v. a. im Spätsommer). Zur Kontrolle dieser externen Einträge eignen sich die Überwachung der Zuflüsse sowie die gezielte Bewirtschaftung der Vorsperren.

FAZIT

Die im Projekt eingesetzten Methoden zum Monitoring sind verlässlich und bieten die Möglichkeit der Überwachung gefährdeter Bereiche, z. B. Badestellen. Zudem können für die Bewirtschaftung relevante Gewässertiefen, z. B. Entnahmehorizonte, gezielt und regelmäßig beprobt werden. Für Prognosen und eine Früherkennung von Cyanobakterien-Massenentwicklungen sind nach Möglichkeit kontinuierliche Messungen erforderlich. In den untersuchten Talsperren wurden neben Hepatotoxinen auch potentielle Produzenten von Neurotoxinen nachgewiesen. Derzeit zeigen die Untersuchungen keine kritischen Konzentrationen und nur wenige toxikologische Befunde. Dennoch stellen die Neurotoxine eine potentielle, aber bisher kaum beachtete Gefahr dar und sollten aus Vorsorgegründen bei Massenentwicklungen in das Gewässermonitoring einbezogen werden. In den nährstoffarmen Trinkwassertalsperren wurde ein vermehrtes Auftreten von picoplanktischen Cyanobakterien beobachtet, die aufgrund ihrer geringen Größe Probleme bei der Trinkwasseraufbereitung verursachen können. In der Literatur wurde vereinzelt die Produktion von Hepatotoxinen beschrieben. Allerdings gibt es kaum Maßnahmen zum Management dieser bisher wenig erforschten Entwicklungen.

KONTAKT

Technische Universität Dresden
Institut für Wasserchemie
Dr. Hilmar Börnick | Tel.: +49 351 463 35616
hilmar.boernick@tu-dresden.de

www.tu-dresden.de/hydro/cyaquata
Projektlaufzeit: 01.06.2015 – 31.12.2018
Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 50

FLUSSHYGIENE – Hygienisch relevante Mikroorganismen und Krankheitserreger in multifunktionalen Gewässern und Wasserkreisläufen – Nachhaltiges Management unterschiedlicher Gewässertypen Deutschlands



Die Entwicklung von Methoden, um kurzzeitige Verschmutzungsereignisse an Badegewässern vorherzusagen, ist genauso Ziel des Projekts, wie die langfristige, immissionsseitige Bewertung von Bewirtschaftungsmaßnahmen der Stadtentwässerung und Abwasserreinigung bezüglich der hygienischen Wasserqualität.

KERNBOTSCHAFTEN

- Zum Schutz von Badenden vor kurzzeitigen Verschmutzungsereignissen wurden Frühwarnsysteme sowie ein robustes Vorgehen für deren Aufbau entwickelt, um den risikobasierten Bewertungsansatz der Badegewässerrichtlinie (BGRL) auf kurzfristige Prognosen zu übertragen.
- Für humanpathogene Viren sowie virale und bakterielle Indikatoren wurden Richtwerte für Einleitungen aus Kläranlagen, der Misch- und Trennkanalesation sowie Abbau- und Abnahmeraten im Gewässer bestimmt.
- Ein Bedarf, die Liste der in der BGRL geregelten Überwachungsparameter zu ergänzen, wurde nicht abgeleitet.
- Zur Unterstützung der immissionsseitigen Bewertung von Bewirtschaftungsmaßnahmen der Stadtentwässerung und Abwasserreinigung zur Verbesserung der hygienischen Wasserqualität wurde ein allgemeingültiger Hygienebaustein für das Gewässergütemodell QSim entwickelt.
- Ein übertragbares Zahlungsbereitschaftsmodell zur Ermittlung der Nutzen-Seite (Kosten-Nutzen-Analyse) eines neuen Badegewässers steht zur Verfügung.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

In Deutschland wird an vielen Flüssen gebadet. Die hygienische Wasserqualität wird jedoch vielerorts durch Einträge aus der Siedlungsentwässerung und der Landwirtschaft negativ beeinflusst. Vor allem kurzzeitige Verschmutzungen nach starken Regenfällen führen teils zu massiven fäkalen Belastungen, die ein Risiko für Badende darstellen. Für Gewässerabschnitte, die von vielen unterschiedlichen Belastungsquellen beeinflusst werden, fehlen bislang verlässliche Methoden, um a) die Relevanz der verschiedenen Eintragspfade zu bewerten, b) die Wirksamkeit von Maßnahmen vorherzusagen und c) die Bevölkerung rechtzeitig über das Auftreten und die Dauer von kurzzeitigen Verschmutzungen zu informieren. Die Umsetzung der Europäischen Badegewässerrichtlinie ist unter solchen Randbedingungen deshalb nur schwer möglich. Weiter steht das Flussbaden anderen Gewässernutzungen und Bewirtschaftungszielen entgegen. Im Projekt FLUSSHYGIENE sollten daher Instrumente entwickelt und angewendet werden, die es den zuständigen Behörden ermöglichen, Badegewässer an Flüssen mit vielfältigen Nutzungen kosteneffizient und mit höchstmöglichem Gesundheitsschutz zu bewirtschaften.

ERGEBNISSE

Die Untersuchungen in FLUSSHYGIENE wurden an den strukturell sehr unterschiedlichen Flüssen Isar, Ilz, Rhein, Mosel, Ruhr, Spree und Havel durchgeführt. Analysen spezifischer DNA-Sequenzen zeigten, dass fäkalen Belastungen an der Isar vorwiegend menschlichen Ursprungs sind, während an der Ilz Einträge sowohl aus dem Siedlungs- als auch aus dem landwirtschaftlichen Bereich von Bedeutung sind. Durch ereignisbezogene Probennahmen an Einleitpunkten im Trenngebiet und



Frachtberechnungen wurde gezeigt, dass Fehlan schlüsse den wesentlichen Belastungspfad fäkaler Belastungen darstellen können mit Regenwasserkonzentration von 10^5 - 10^6 *Escherichia coli* MPN/100ml (Vergleich: Regenwasser ohne Fehlan schlüsse 10^3 - 10^4 *E.coli* MPN /100ml, Ablauf kommunaler Kläranalgen ohne Desinfektion 10^4 - 10^5 *E.coli* MPN/100ml). In Berlin wurde durch zwei fließzeitkonforme Beprobungen von Mischwasserentlastungsereignissen die zeitliche Abnahme sowie der physikalisch-biologische Abbau von Fäkalindikatoren und humanpathogenen Viren quantifiziert. Für die Fäkalindikatoren *E.coli* und intestinale Enterokokken wurden Abnahmeraten zwischen 0,025 und 0,045 h^{-1} ermittelt, für humane Adenoviren 0,04 h^{-1} , für somatische Coliphagen 0,025-0,065 h^{-1} , für F-spezifische Bakteriophagen 0,01-0,08 h^{-1} . Für Noroviren sind die ermittelten Abnahmeraten von 0,02-0,022 h^{-1} aufgrund der Analyse methode mit größeren Unsicherheiten behaftet. Als spezifischer Abbauprozess wurde das mikrobielle Nahrungsnetz inklusive des Verlustprozesses „Fraß durch Protozoen“ durch heterotrophe Flagellaten und Ciliaten an allen Gewässern untersucht. Die ermittelten Konsumptionsraten von Protozoen auf Bakterien zeigten geringe Unterschiede zwischen den Flüssen und betrug im Median 0,01 h^{-1} . Dies entspricht 22-40% der gemessenen Abnahmeraten. Ein längeres Überdauern von Viren im Vergleich zu Bakterien wurde bei hohen Temperaturen im Sommer nicht festgestellt.

Mit Hilfe eines neuen Bewertungsansatzes wurden modellbasiert Frühwarnsysteme an den Fließgewässern aufgebaut. Diese nutzen die 90. und 95. Perzentile der A-posteriori-Vorhersageverteilung statistischer Regressionsmodelle zur tagesaktuellen Bewertung der Badegewässerqualität und erweitern dadurch den Klassifikationsansatz der europäischen BGRL für kurzfristige Bewertungen. Der Bewertungsansatz wurde auf europäischer Ebene bei Anhörungen zur aktuell stattfindenden Überarbeitung der europäischen BGRL vorgestellt.

Auf Basis der quantifizierten Abnahmeraten wurde ein Hygienebaustein für das Gewässergütemodell QSim entwickelt und für die immissionsseitige Bewertung von Maßnahmen der Stadtentwässerung und Abwasserreinigung genutzt. Die durch die notwendigen Maßnahmen entstehenden Kosten wurden der Zahlungsbereitschaft der Berliner Bevölkerung gegenübergestellt. Letztere wurde in einer repräsentativen Telefonumfrage mit 46% der befragten Bevölkerung und einem durchschnittlichen Betrag von 33 € ermittelt. Zusammen mit den Ergebnissen des BMBF-Projekts „Sichere Ruhr“ wurde ein gemeinsames Zahlungsbereitschaftsmodell aufgebaut. Durch eine Konstellationsanalyse wurde zudem gezeigt, dass neben der Wasserqualität unklare Anforderungen und Haftungsrisiken für interessierte Akteure die zentralen Hemmnisse für neue Flussbadegewässer sind.



Abb. 1 links: Badende in Berlin. Foto: Pablo Castagnola, Berliner Wasserbetriebe
Abb. 2 oben: Stentor (Trompetentierchen) sitzt auf jeglichen Untergründen und frisst Bakterien aus dem Freiwasser. Foto: Universität zu Köln

FAZIT

Aufgrund der vielfältigen Nutzungen und der oft stark schwankenden Wasserqualität stellt die Implementierung von Badegewässern an Flüssen ohne besondere Anforderungen an die Planung, Überwachung und Bewirtschaftung ein Risiko für Badende dar. Die in FLUSSHYGIENE erarbeiteten Werkzeuge ermöglichen es jedoch:

1. die Herkunft fäkaler Belastungen zu verorten,
2. die Wirksamkeit von Maßnahmenkombinationen vorherzusagen,
3. die Bevölkerung durch zeitnahe Information vor Belastungssituationen zu schützen und
4. neue Standorte vor dem Hintergrund unterschiedlicher Nutzungen zu bewerten.

Die erarbeiteten Ergebnisse und Methoden stehen innerhalb eines Leitfadens zur Bewirtschaftung kurzzeitiger Verschmutzungen sowie einer Checkliste zur Eröffnung neuer Flussbadegewässer in kompakter Form zur Verfügung.

KONTAKT

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH
Dr. Pascale Rouault | Tel.: +49 30 53653 816
pascale.rouault@kompetenz-wasser.de

www.kompetenz-wasser.de/FLUSSHYGIENE
Projektlaufzeit: 01.06.2015 – 30.11.2018
Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 50-51

MUTReWa – Maßnahmen für einen nachhaltigeren Umgang mit Pestiziden und deren Transformationsprodukten im Regionalen Wassermanagement

Die Wirkung von Gewässerbewirtschaftungsmaßnahmen (GBM) auf die Mobilisierung und Transformation von Pflanzenschutzmitteln (PSM) aus der Intensivlandwirtschaft sowie Bioziden aus urbanen Gebieten stehen im Zentrum des Projekts.

KERNBOTSCHAFTEN

- Für die untersuchten PSM und Biozide konnte ein Vielfaches an Transformationsprodukten (TPs) nachgewiesen werden. Diese weisen oftmals eine vergleichbare Toxizität bei Bakterien und Makrophyten, jedoch höhere Mobilität und Persistenz als die Muttersubstanzen auf.
- Im Gegensatz zu den untersuchten Pestiziden konnten einige TPs als langfristige Hintergrundbelastung im Gewässer nachgewiesen werden.
- Die Belastung von Grundwasser, Fließgewässern und Söllen mit PSM und TP-Rückständen liegt teils oberhalb von Umweltqualitätsnormen (UQN) und gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW). Für TPs fehlen vergleichbare Normen für Oberflächengewässer.
- Wenn End-of-pipe-Maßnahmen gewählt werden, dann können Retentionsteiche bei Basisabfluss sowie Feuchtfächen bei Ereignisabfluss Beiträge zum PSM-Rückhalt leisten.
- In Siedlungsgebieten muss bei Regenwasserversickerung mit einem Eintrag von bioziden Wirkstoffen (z. B. aus Fassadenanstrichen) in das Grundwasser gerechnet werden. Deshalb sollte die Filterwirkung von Anlagen überwacht werden.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Bei der Bewertung von GBM zur Verbesserung des ökologischen Zustands von Grund- und Oberflächengewässern wurden mögliche Effekte auf eine verstärkte Mobilisierung von Pestiziden und insbesondere ihrer TPs bislang vernachlässigt.

Es wurde daher untersucht, a) welche Prozesse zur Mobilisierung und Transformation von PSM aus der Landwirtschaft sowie von Bioziden aus urbanen Gebieten relevant sind, b) wie die aktuelle Gewässerbelastung in den Studiengebieten ist, c) welche untersuchten GBM den Stoffeintrag reduzieren und d) welche Empfehlungen in das regionale Wassermanagement der Studiengebiete implementiert werden können.

ERGEBNISSE

In Laborstudien zum photolytischen und biologischen Abbau von vier PSM und vier Bioziden waren insgesamt 32 TPs analytisch zugänglich (13 bisher unbekannt). Die aus der Strukturformel und dem analytischen Verhalten ableitbaren Eigenschaften dieser TPs lassen vermuten, dass sie größtenteils mobiler und persistenter als ihre Muttersubstanzen sind. Untersuchungen zur Gentoxizität zeigten keine Effekte. Bakterientoxizitätstests hingegen lieferten vereinzelt Hinweise auf eine akute und chronische Wirkung. Untersuchungen zum Vorkommen von Makrophytenarten in Kleingewässern (Schleswig-Holstein) und zur Auswirkung der untersuchten PSM lieferten zudem einen deutlichen Hinweis auf eine ökotoxikologische Gefährdung.

Der Nachweis von 17 TPs im Grund- und Oberflächenwasser zeigt eine Verlagerung von PSM und ihrer TPs, die teils zu dauerhaften Überschreitungen des GOWs im Grundwasser führte (z. B. für Metazachlor-TP in Schleswig-Holstein). Anzahl und Konzentration nachgewiesener PSM-Rückstände in Fließgewässern zeigten studiengietsübergreifend eine deutliche Abhängigkeit von Niederschlagsereignissen sowie von Applikationsraten. Zusätzlich wurde deutlich, dass TPs als Rückstände auch aus Vorjahres-Applikationen in die Gewässer eingetragen wurden. Stehende Kleingewässer (Sölle), die durch ihre Lage direkt in Agrarflächen besonders gefährdet sind, zeigten ebenfalls dieses Verhalten. Die Relevanz der einzelnen Eintragspfade ist noch zu prüfen.

Ein Eintrag von Bioziden und deren TPs durch urbane Regenwasserversickerung in das Grundwasser ist für einen Stadtteil von Freiburg nachweisbar. Die Barrierewirkung der untersuchten Mulden-Rigolen-Versickerung bezüglich einer Schadstoffkontamination des Grundwassers ist demnach unzureichend. Untersuchungen weisen auf einen Einfluss der Anlagenalterung hin. Die Relevanz weiterer Eintragspfade sowie die Verallgemeinerung müssen noch geprüft werden. Mit dem FReWaB-Plus-Modell wurde ein einfaches und effizientes Instrument zur Erfassung von Biozidausträgen aus Dach- und Fassadenflächen (Regenwasserabfluss) entwickelt und getestet. Es kann studiengietsübergreifend in der Stadtplanung eingesetzt werden.

In einem intensiv bewirtschafteten Weinbaugebiet wurde mit Unterstützung der Gemeinde Eichstetten ein Bachlauf mit zugehörigen Hochwasserrückhaltebecken umgestaltet. Es zeigte sich, dass die angelegten Feuchtfächen hauptsächlich während Abflussereignissen eine Retentions- und Verdünnungswirkung aufwiesen. Ergänzende Untersuchungen (u. a. OTIS-



Abb. 1: Fassadenberegnungsversuche zur Erfassung des lokalen Biozidaustrags. Foto: Jens Lange, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Modell) ergaben, dass die offene Wasserfläche am effektivsten arbeitete. Ergebnisse für einen Retentionsteich im Kielstaugebiet belegen ebenfalls einen PSM-Rückhalt im länger andauernden Basisabfluss.

Messergebnisse und Möglichkeiten zur Eintragsreduzierung von PSM wurden in Gesprächen mit Akteuren der Land- und Wasserwirtschaft erörtert. Es zeigte sich, dass es aufgrund betriebswirtschaftlicher Nachteile viele Vorbehalte gibt und gesetzliche Verbindlichkeiten essentiell für eine bessere Akzeptanz wären. In Eichstetten am Kaiserstuhl wurden ca. 150 Winzer im Rahmen einer verpflichtenden „Fortbildung zur Sachkunde Pflanzenschutz“ unmittelbar vor Beginn der Spritzmittelsaison über MUTReWa-Ergebnisse informiert. Das nachfolgende chemische Monitoring deutet auf einen bewussteren PSM-Einsatz und damit auf die Wirksamkeit der Kommunikationsmaßnahme hin.

FAZIT

Trotz der Befunde von Pestiziden und TPs mit zum Teil hohen Konzentrationen in den Gewässern lässt sich unter den gegenwärtigen rechtlichen Rahmenbedingungen lediglich ein Handlungsbedarf nach dem Verschlechterungsgebot der EU-WRRL ableiten. Es existieren verschiedene Richtwerte für Höchstkonzentrationen von TPs im Grundwasser, die nicht harmonisiert sind. Für TPs in Oberflächengewässern gibt es bislang keine UQN. Es bedarf daher einheitlicher Richt-/Grenzwerte, insbesondere auch um Reduktionsmaßnahmen von Einträgen rechtlich verbindlich umzusetzen.

Die Anzahl potenziell umweltrelevanter Stoffe wurde durch TPs vervierfacht. Aufgrund der auch zukünftig zu erwartenden Zunahme und Vielfalt zu berücksichtigender Stoffe und dem damit verbundenen steigenden Untersuchungsaufwand, stößt die Festlegung relevanter Spurenstoffe und dazu notwendige Gefährdungsbewertung schnell an ihre Grenzen. Es zeigte sich zudem, dass End-of-pipe-Maßnahmen nur begrenzten Einfluss haben. Vielmehr sollte zur Eintragsverminderung der Fokus auf Maßnahmen an der Quelle gelegt werden und vermehrt Stoffe zum Einsatz kommen, die besser abbaubar sind und keine bedenklichen TPs bilden.

Für urbane Gebiete stehen vielfältige Verminderungsstrategien zum Biozideinsatz, z. B. alternative Fassadengestaltung oder neuentwickelte Farben, zur Verfügung. Eine gesetzliche Verpflichtung, z. B. für Stadtplaner, Betriebe und Architekten, sich zum Thema zu informieren, könnte für Aufklärung und mehr Akzeptanz sorgen. Basierend auf Erkenntnissen aus MUTReWa wurden zudem erste Maßnahmen (z. B. Verbot der Direktversickerung von Dachabflüssen, Bezuschussung zur Fassadensanierung mit unbelasteten Produkten, kontrollierbare zentrale Regenwasserversickerung in der Stadtplanung) erfolgreich im Studiengebiet umgesetzt.

KONTAKT

Leuphana Universität Lüneburg
 Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie
 Prof. Dr. Klaus Kümmerer
 Tel.: +49 4131 677 2893, -2894
klaus.kuemmerer@leuphana.de

www.mutrewa.de
 Projektlaufzeit: 01.04.2015 – 31.05.2018
 Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 53-54

PhosWaM – Phosphor von der Quelle bis ins Meer – Integriertes Phosphor- und Wasserressourcen-Management für nachhaltigen Gewässerschutz

Da das Verbundprojekt PhosWaM später als die anderen Projekte der Fördermaßnahme startete, werden nachfolgend die Zwischenergebnisse dargestellt.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Phosphor (P) ist eines der wichtigsten Elemente für das Wachstum von Land- und Wasserpflanzen. Während in landwirtschaftlich genutzten Flächen durch den Entzug von Biomasse oft ein Mangel des Nährstoffs vorliegt, der durch Düngung ausgeglichen wird, ist P in vielen Gewässern im Überschuss vorhanden und führt zu Eutrophierung. Diese ist nicht nur in Binnengewässern, sondern auch in der Ostsee immer noch eines der größten Probleme für den Gewässerschutz. Phosphorverbindungen gelangen auf unterschiedlichen Pfaden über Seen, Flüsse und Ästuar in die Meere.

Im Rahmen von PhosWaM werden anhand von Prozess- und Modellstudien Quellen, Transportwege, Umsatzprozesse sowie Rückhaltemaßnahmen von P-Verbindungen im Warnow-Einzugsgebiet (zweitgrößtes deutsches Ostsee-Einzugsgebiet) und angrenzenden Küstengewässern untersucht. Resultierend daraus werden Vorschläge zur Optimierung der Monitoringkonzepte und Maßnahmenprogramme zur Verringerung der P-Belastung erarbeitet.

ZWISCHENERGEBNISSE

Um die punktuellen Messungen zu ergänzen und Szenarien (P-Reduktionsmaßnahmen, Klimawandel) berechnen zu können, wurde ein ökohydrologisches Modell (SWAT – Soil and Water Assessment Tool) für die Warnow aufgesetzt. Durch eine Modellerweiterung (Berücksichtigung von Dränagen) gelang es, Phosphorfrachten in ihrer zeitlichen Dynamik pfad-spezifisch (Oberflächenabfluss, Dränagen, Grundwasser, Kläranlagen) sehr gut auf Teileinzugsgebietsebene über einen Zeitraum von 20 Jahren abzubilden. Parallel wurde ein regionales Ostsee-Ökosystemmodell (ERGOM – Ecological Regional Ocean Model) aufgesetzt und erweitert. Durch eine Kopplung der Modelle kann der P-Transport und der P-Umsatz aus modellierten Flusseinträgen der Warnow in der Ostsee nachverfolgt werden. Zusätzlich wird derzeit ein Phosphor-Index für das Einzugsgebiet angepasst und angewendet. Dieser Index ermöglicht dem Praktiker vor Ort eine Risikoabschätzung für diffuse P-Austräge und die Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen. Ergänzend dazu finden Düngungsversuche statt, um den Einfluss von z. B. Gärresten auf diffuse P-Austräge zu ermitteln.

Seit Mitte 2016 werden umfangreiche Probenahmen entlang des gesamten Gewässersystems der Warnow bis in die Küstengewässer durchgeführt und alle P-Fractionen in ihrer saisonalen und räumlichen Variation untersucht. Die Fractionen werden nach ihrem Verhalten in der sogenannten Molybdänblau-Methode definiert: gelöster reaktiver P (DRP), gelöster nicht-reaktiver P (DNP), partikulärer reaktiver P (PRP) und partikulärer nicht-reaktiver P (PNP). Die Gesamtposphor-Zusammensetzung unterscheidet sich sowohl nach Eintragsquellen als auch entlang der Fließstrecke in Abhängigkeit von den Niederschlagsmengen und Jahreszeiten. Dies sollte z. B. bei einer Maßnahmenauswahl berücksichtigt werden. Besonders hohe P-Konzentrationen treten in niederschlagsreichen Zeiträumen, aber auch im Sommer bei Freisetzung aus Sedimenten in Seen auf. Es zeigte sich, dass nicht nur DRP (auch als Phosphat bekannt) eine Nahrungsquelle für Algen ist, sondern auch andere P-Fractionen. In der Unterwarnow (Mündungsbereich der

Foto oben/unten: Probenahme in einem kleinen Fließgewässer im Warnoweinzugsgebiet, oberhalb einer verrohrten Strecke und am Rohrauslass, u.a. zur Analyse der P-Fractionen später im Labor
Foto: Lisanne Petry, IOW (oben), Inga Krämer, IOW (unten)





Warnow) wird P zurückgehalten. Für Fließgewässer und Seen wird im Projekt eine Methodik entwickelt, um die Sedimente hinsichtlich ihrer P-Dynamik zu charakterisieren und die Umweltbedingungen zu identifizieren, durch die sie zu Senken oder Quellen werden. Da bei diesen Gewässern eine enge Verbindung zwischen Gesamtphosphor (TP) und organischem Kohlenstoff besteht, wird geprüft, ob der organische Gehalt, der einfacher und kostengünstiger zu bestimmen ist, möglicherweise als stellvertretendes Maß für die P-Belastung von Gewässern fungieren kann.

Um landwirtschaftliche Maßnahmen zur Erreichung der politisch gesetzten Ziele zu unterstützen, werden Möglichkeiten zur wasserseitigen P-Reduzierung untersucht. Der Versuch der kontrollierten Dränung zeigte, dass die Spitzen von größeren Abflussereignissen und damit die TP-Frachten reduziert werden. Allerdings stiegen die Frachten in Folge wieder an, sodass insgesamt kein großer Minderungseffekt auftrat. Für den Einsatz einer Filterbox am Dränauslass wurden verschiedene Filtermaterialien auf ihre Eignung zur P-Reduktion im Labor überprüft und eins für den nun folgenden Test im Feld ausgewählt. Im Untersuchungsgebiet befinden sich v. a. im

Foto oben/unten: Probennahme mit dem Forschungsboot „Klaashahn“ auf der Unterwarnow (Mündungsbereich) zur „Verfolgung“ des Phosphors aus dem Warnow-Einzugsgebiet bis in die Ostsee
Foto: Christoph Kamper, IOW



Ackerland >3.500 Verrohrungen mit insgesamt 950 km Länge (14% des Fließgewässernetzes). An offenen und verrohrten Fließgewässerstrecken wird untersucht, wie sich diese in Bezug auf P-Rückhalt und -Umsetzung unterscheiden und was eine Offenlegung ändern würde. Kleine Kläranlagen (< 10.000 Einwohnerwerte) müssen gesetzlich über keine P-Eliminierung verfügen und spielen daher in dünn besiedelten Regionen für P-Austräge in die Gewässer eine Rolle. Für die ca. 85 Kläranlagen im Warnow-Einzugsgebiet wurde ein übertragbarer Ansatz zur Priorisierung von Anlagen mit besonders dringendem Optimierungsbedarf entwickelt. In Folge werden nun an ausgewählten Anlagen beispielhaft entsprechende Maßnahmen umgesetzt. Ergänzend werden Daten und Publikationen zu weiteren wasserseitigen P-Reduktionsmaßnahmen ausgewertet und verglichen. Die Ergebnisse werden mit den Modellen auf das gesamte Gebiet hochgerechnet.

AUSBLICK

Nach Auswertung der Messreihen werden die Ergebnisse in die nun folgenden Arbeiten aufgenommen. So wird eine Abstimmung mit den Modellierern stattfinden, um die Ergebnisse auf das Einzugsgebiet hochzurechnen. Zum Projektende können dann detaillierte Beiträge zur Zustandsbewertung von Fließ- und Standgewässern hinsichtlich ihrer P-Belastung, Erkenntnisse zur Steuerung von P-Freisetzung und -Retention in den Sedimenten von Fließ- und Standgewässern sowie sachgerechte Vorschläge für geeignete Maßnahmen zur Erhöhung der P-Retention im Warnow-Einzugsgebiet abgegeben werden. Zudem liefern die Arbeiten Aussagen, inwieweit bestehende Monitoring- und Modellierungsansätze, die nur TP und/oder Phosphat beachten, ausreichen, wenn es um die P-Belastung und Maßnahmen in einem Gewässersystem geht, und welches Eutrophierungspotential in den bisher nicht exakt erfassten Fraktionen des P-Pools liegt.

KONTAKT

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde
Dr. Inga Krämer | +49 381 5197 3471
inga.kraemer@io-warnemuende.de

www.phoswam.de

Projektlaufzeit: 01.03.2016 – 28.02.2019

Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 54-55

SEEZEICHEN – Tracer-Methoden zur Identifizierung von Grundwasser- und Zuflusseinschichtungen und deren Einfluss auf Wasserqualität und Trinkwassergewinnung

Das Projekt beschäftigt sich mit wesentlichen Eintragspfaden von Wasserinhaltsstoffen in Seen, wobei grundwasserbürtige Einträge, Flusswasserfahnen und oberflächliche Einträge betrachtet werden. Durch die Kombination von Mess-, Auswert- und Modellkonzepten sollen diese detektiert, quantifiziert und Impaktzonen ausgewiesen werden. Der Forschungsschwerpunkt des Projekts liegt auf Arbeiten im Bodensee. Ergänzend werden Ammersee und Steißlinger See betrachtet, wobei der Fokus auf dem Eintragspfad Grundwasser liegt.

KERNBOTSCHAFTEN

- Zur vollständigen Beschreibung der Stofftransportwege in Seen wurde erstmals ein gekoppeltes Modellsystem aus numerischem Grundwasser- und hochaufgelöstem 3-dimensionalen (3-dim) hydrodynamischen Seemodell entwickelt. Es dient der Untersuchung und Quantifizierung von Zuströmen, Transportwegen, Verweilzeiten und Interaktionsbereichen im hydrogeologischen Kontext und im See selbst.
- Eine Methoden-Toolbox zur Detektion und Quantifizierung von Grundwasser in Seen wurde entwickelt. Mit ihr können Grundwasserzutritte identifiziert, lokalisiert und quantifiziert werden.
- Eine wichtige Rolle bei der Betrachtung verschiedener Eintragspfade kommt dem Konzept der Wasserkörpersignaturen („fingerprint“) zu, die aus den biologischen, chemischen, physikalischen und isopenanalytischen Eigenschaften eines Wasserkörpers gebildet werden.
- Räumlich hochaufgelöste 3-dim. hydrodynamische Modelle wurden u. a. eingesetzt, um punktuelle Messungen zu interpretieren, Ausbreitungspfade zu bestimmen und ein Prozessverständnis für die komplexen Mischungs- und Transportvorgänge zu erhalten.

HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Der Bodensee unterliegt, wie auch die beiden anderen untersuchten Seen Ammersee und Steißlinger See, einem großen anthropogenen Nutzungsdruck. Dabei gilt es, diese einzigartigen Naturräume langfristig durch vorsorgenden Gewässerschutz zu bewahren. Dies ist auch die Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Trinkwasserversorgung.

Seen allgemein sind in ein komplexes hydro(geo-)logisches System eingebettet. Die unterschiedlichen Eintragspfade, wie Flüsse, Grundwasserzutritte und atmosphärische Einträge, beeinflussen durch die Zusammensetzung ihrer Wasserinhaltsstoffe die Wasserqualität von Seen entscheidend.

Das Projekt SEEZEICHEN hat sich zum Ziel gesetzt, die Einflussbereiche dieser unterschiedlichen Eintragspfade als Impaktzonen zu identifizieren, zu charakterisieren und deren Bedeutung für den Gewässerschutz und die Trinkwasserversorgung zu beurteilen. Die Arbeitshypothese des Projekts besagt, dass sich jeder Eintragspfad physikalisch, chemisch und biologisch vom Seewasser unterscheidet, d. h. eine spezifische Wasserkörpersignatur besitzt („fingerprint“). Diese spezifischen Wasserkörpersignaturen können genutzt werden, um die Interaktion zwischen den jeweiligen Eintragspfaden und dem See zu beschreiben und Transport- und Mischungsprozesse zu quantifizieren.

ERGEBNISSE

Basierend auf der Implementierung und Validierung eines einzugsgebietsweiten Grundwassermodells für den Bodensee konnte erstmalig die Grundwasserexfiltration für den gesamten See auf etwa $3 \text{ m}^3/\text{s}$ bestimmt werden.

Erstmals wurde eine operative Kopplung eines Grundwassermodells mit einem 3-dim hydrodynamischen Seemodell realisiert. Dies gestattet eine integrative modelltechnische Betrachtung des Gesamtsystems sowie des hydrogeologischen Kontexts (Abb. 1).

Mit umfangreichen Messkampagnen wurden der hydrogeologische Kontext und die Zuflüsse des Bodensees näher untersucht und die zeitlich hochvariablen Wasserkörpersignaturen für wesentliche Eintragspfade – oberirdische Zuflüsse und Grundwasserleiter – bestimmt.

Durch seeweite Messkampagnen, wie auch lokal hochverdichtete Messraster im Bereich von Flussmündungen, konnten sowohl seeweite Ausbreitungsprozesse als auch die auf kleinen Raum-Zeitskalen stattfindenden Transport- und Mischungsprozesse für die über unterschiedliche Eintragspfade eingebrachten Wasserinhaltsstoffe bestimmt werden. Anhand der Wasserkörpersignaturen werden mit qualitativen und quantitativen statistischen Methoden und chemischen Simulationsmodellen (PHREEQC) Transport- und Mischungsprozesse von Wasserinhaltsstoffen analysiert.

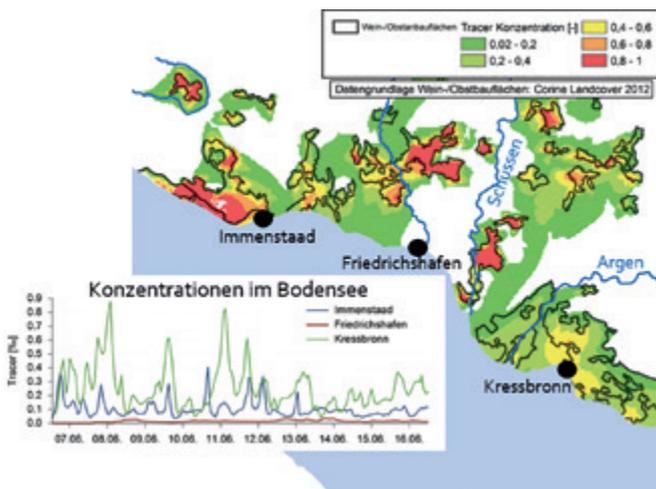


Abb. 1: Berechneter Anteil an Neubildungswasser aus Wein- und Obstbauflächen im Einzugsgebiet des Bodensees und berechneter Anteil des Grundwassers an drei ufernahen Standorten im Bodensee. Grafik: SEEZEICHEN-Konsortium

Im Bodensee wurden in den zwei sehr unterschiedlichen Arealen Birnau (Steilhang, tertiärer Grundwasserleiter) und Mehrerau (Flachwasserzone, quartärer Grundwasserleiter) Werkzeuge der Methoden-Toolbox Grundwasser (Messmethoden, Auswertekonzepte und numerische Modelle) angewandt und Grundwasserzutritte detektiert. Um punktuelle Messungen in den raum-zeitlich hochvariablen Kontext der Seedyndynamik zu stellen und besser interpretieren zu können, wurde ein 3-dim hydrodynamisches Modell (Gitterweite $dx=10$ m) für diese Standorte aufgesetzt. Damit kann der sehr kleinräumige Einflussbereich des Grundwassers in Mehrerau an zwei Baggerlöchern auch flächig sichtbar gemacht werden. Mit einem 3-dim hydrodynamischen Modell wurde mit einem inversen Simulationsensemble der Grundwasserzufluss mit etwa jeweils 100 l/s bestimmt. Dieser Wert stimmt gut mit lokalen Ergebnissen des einzugsgebietsbasierten Grundwassermodells überein, die eine Grundwasserexfiltration von etwa 400 bis 500 l/s für den Bereich Bregenz-Mehrerau ergeben.

Ein großes Potential zur Detektion von Flusswasserfahnen im seeweiten Kontext haben die stabilen Isotope $\delta^{18}\text{O}$ und δD . Mit einem gekoppelten Modellsystem (3-dim hydrodynamischen und Tracertransport-Modell) können Transport- und Mischungsprozesse von Flusswasserkörpern im seeweiten Kontext simuliert werden.

Zudem besteht die Möglichkeit, Ausbreitungsprozesse für sehr unterschiedliche Stoffklassen mit Tracerkaskaden-Simulationen detailliert abzubilden und Impaktzonen auszuweisen. Die entsprechende Methodik wird für das operative Online-Informationssystem BodenseeOnline (www.bodenseeonline.de) angepasst und implementiert.



Abb. 2: Mit dem Forschungsschiff Kormoran auf der Suche nach anderen Wasserkörpern im Bodensee. Foto: LUBW

FAZIT

Das Projekt SEEZEICHEN hat einen umfangreichen Kanon von Mess-, Auswerte- und Modellkonzepten auf drei sehr unterschiedliche Seen – Bodensee, Ammersee, Steißlinger See – angewandt. Die betrachteten Methodenkombinationen wurden entwickelt, um wesentliche Eintragspfade von Wasserinhaltsstoffen in Seen zu detektieren und entsprechende Ausbreitungsprozesse und Einflussbereiche quantifizieren zu können. Eine „Methoden-Toolbox Grundwasser“ liefert umfassende Informationen, um das komplexe Thema Grundwasserexfiltration in Seen qualitativ und quantitativ zu betrachten und steht für weitere Anwendungen in der wasserwirtschaftlichen Praxis bereit. Eine kompakte Dokumentation der Ergebnisse und Weiterverbreitung in die wasserwirtschaftliche Praxis wird in Zukunft im Rahmen der neu gegründeten DWA-Arbeitsgruppe „Grundwasser See Interaktionen“ erfolgen.

KONTAKT

Landesanstalt für Umwelt,
Messung und Naturschutz Baden-Württemberg
Institut für Seenforschung
Dr. Thomas Wolf | Tel.: +49 75 43 30 42 15
thomas.wolf@lubw.bwl.de

www.seezeichen-bodensee.de
Projektlaufzeit: 01.04.2015 – 30.09.2018
Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 56



Kontakte

BOOT-Monitoring

PROJEKTKOORDINATION

Technische Universität Dresden

Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft
Professur Siedlungswasserwirtschaft | D-01062 Dresden
Prof. Dr. Peter Krebs | Tel.: +49 351 463 35257
peter.krebs@tu-dresden.de
Dipl.-Hydrol. Stefanie Wiek | Tel.: +49 351 463 40544
stefanie.wiek@tu-dresden.de

VERBUNDPARTNER

AMC-Analytik & Messtechnik GmbH Chemnitz

Messsystementwicklung
Heinrich-Lorenz-Straße 55 | D-09120 Chemnitz
Dr. Frank Neubert | Tel.: +49 371 38388 0
frank.neubert@amc-systeme.de

biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Nebelring 15 | D-18246 Bützow
Dr. Dr. Dietmar Mehl | Tel.: +49 284619167 0
dietmar.mehl@institut-biota.de

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Land- wirtschaft und Geologie

Abteilung 4 – Wasser, Boden, Wertstoffe
Zur Wetterwarte 11 | D-01109 Dresden
Karin Kuhn | Tel.: +49 351 8928 4000
karin.kuhn@smul.sachsen.de

Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburger Seenplatte

Dezernat Wasserrahmenrichtlinie und Gewässerkunde
Neustrelitzer Straße 120 | D-17033 Neubrandenburg
Dr. Thilo Koegst | Tel.: +49 395 380 69 430
t.koegst@stalums.mv-regierung.de

Technische Universität Dresden

Professur für Geoinformatik
Helmholtzstraße 10 | D-01069 Dresden
Prof. Dr. Lars Bernard | Tel.: +49 351 463 35880
lars.bernard@tu-dresden.de

Universität Rostock

Professur für Wasserwirtschaft
Satower Straße 48 | D-18059 Rostock
Prof. Dr.-Ing. Jens Tränckner | Tel.: + 49 381 498 3640
jens.traenckner@uni-rostock.de

CYAQUATA

PROJEKTKOORDINATION

Technische Universität Dresden

Institut für Wasserchemie | D-01062 Dresden
Dr. Hilmar Börnick | Tel.: +49 351 463 35616
hilmar.boernick@tu-dresden.de
Dr. Kristin Zoschke | Tel.: +49 351 463 34967
kristin.zoschke@tu-dresden.de

VERBUNDPARTNER

Cyano Biotech GmbH

Magnusstraße 11 | D-12489 Berlin
Dr. Dan Kramer | Tel.: +49 30 63924481
dan.kramer@cyano-biotech.com

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Abteilung 4 – Wasser, Boden, Wertstoffe
August-Böckstiegel-Straße 1 | D-01326 Dresden
Karin Kuhn | Tel.: +49 351 89284 400
karin.kuhn@smul.sachsen.de

Technische Universität Dresden

Ökologische Station Neunzehnhain
D-01062 Dresden
Dr. Lothar Paul | Tel.: +49 37367 2401
lothar.paul@tu-dresden.de

Umweltbundesamt

Dienststelle Bad Elster
Heinrich-Heine-Straße 12 | D-08645 Bad Elster
Dr. Tamara Grummt | Tel.: +49 37437 76354
tamara.grummt@uba.de

FLUSSHYGIENE

PROJEKTKOORDINATION

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Cicerostraße 24 | D-10709 Berlin
Dr. Pascale Rouault | Tel.: +49 30 53653 816
pascale.rouault@kompetenz-wasser.de
Wolfgang Seis | Tel.: +49 30 536 53 807
wolfgang.seis@kompetenz-wasser.de

VERBUNDPARTNER

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160 | D-86179 Augsburg
Dr. Margit Schade | Tel.: +49 821 9071 5871
margit.schade@lfu.bayern.de

Berliner Wasserbetriebe

Neue Jüdenstraße 1 | D-10179 Berlin
Regina Gnirß | Tel.: +49 30 86 44 1628
regina.gnirss@bwb.de

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Referat U2: Ökologische Wirkungszusammenhänge
Am Mainzer Tor 1 | D-56068 Koblenz
Dr. Helmut Fischer | Tel.: +49 261 1306 5458
helmut.fischer@bafg.de

Dr. Schumacher – Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt

Südwestkorso 70 | D-12161 Berlin
Dr.-Ing. Frank Schumacher | Tel.: +49 30 269329 90
schumacher@wasserundumwelt.de

inter 3 GmbH

Otto-Suhr-Allee 59 | D-10585 Berlin
Dr. Susanne Schön | Tel.: +49 30 3434 7452
schoen@inter3.de

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH (IWW)

Moritzstraße 26 | D-45476 Mülheim an der Ruhr
Dipl.-Volksw. Andreas Hein | Tel.: +49 208 40303 340
a.hein@iww-online.de

Ruhrverband

Planungsabteilung
Kronprinzenstraße 37 | D-45128 Essen
Annika Schönfeld | Tel.: +49 201 178 2377
asf@ruhrverband.de

Umweltbundesamt

FG III.4 Mikrobiologische Risiken
Wörlitzer Platz 1 | D-06844 Dessau-Roßlau
PD Dr. rer. nat. Hans-Christoph Selinka
Tel.: +49 30 8903 1303
hans-christoph.selinka@uba.de

Universität zu Köln

Biozentrum der Universität zu Köln
Zoologisches Institut
Zülpicher Str. 47b | D-50674 Köln

Prof. Dr. Hartmut Arndt | Tel.: +49 221 470 3100
hartmut.arndt@uni.koeln.de

GroundCare

PROJEKTKOORDINATION

Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt GmbH

Institut für Grundwasserökologie
Ingolstädter Landstr. 1 | D-85764 Neuherberg
Dr. Christian Griebler | Tel.: +49 89 3187 2564
griebler@helmholtz-muenchen.de
Dr. Astrid Meyer | Tel.: +49 89 3187 2602
astrid.meyer@helmholtz-muenchen.de
Dr. Maria Avramov | Tel.: +49 89 3187 3289
maria.avramov@helmholtz-muenchen.de

VERBUNDPARTNER

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160 | D-86179 Augsburg
Dr. Stefan Herb | Tel.: +49 9281 1800 4910
stefan.herb@lfu.bayern.de

BGD ECOSAX GmbH

Tiergartenstraße 48 | D-01219 Dresden
Dr. Ina Hildebrandt | Tel. +49 351 47 87 898 04
i.hildebrandt@bgd-ecosax.de

DVGW-Forschungsstelle TUHH

Technische Universität Hamburg | Am Schwarzenberg-Campus 3 | D-21073 Hamburg
Dr. Bernd Bendinger | Tel. +49 40 42878 3095
bendinger@tuhh.de

DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)

Karlsruher Straße 84 | D-76139 Karlsruhe
Prof. Dr. Andreas Tiehm | Tel. +49 721 9678 137
andreas.tiehm@tzw.de

GELSENWASSER AG

Willy-Brandt-Allee 26 | D-45891 Gelsenkirchen
Martin Böddeker | Tel. +49 209 708 477
martin.boeddeker@gelsenwasser.de

Institut für Grundwasserökologie GmbH

An der Universität in Landau | Fortstr.7 | D-76829 Landau
PD Dr. Hans Jürgen Hahn | Tel. +49 6341 280 31590
hjahn@groundwaterecology.de



Kontakte

Justus-Liebig-Universität Gießen

Institut für Tierökologie
Heinrich-Buff-Ring 26 | D-35392 Gießen
Dr. Jürgen Marxsen | Tel. +49 64199 35750
juergen.marxsen@allzool.bio.uni-giessen.de

Limco International GmbH

Technologiezentrum Konstanz
Blarerstrasse 56 | D-78462 Konstanz
Dr. Almut Gerhardt | Tel. +49 7531 991 3594
almutg@web.de

Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH

Willy-Brandt-Allee 26 | D-45891 Gelsenkirchen
Melanie Schneider | Tel.: +49 209 708 376
melanie.schneider@wwu-labor.de

HyMoBioStrategie

PROJEKTKOORDINATION

Universität Konstanz

Limnologisches Institut, Arbeitsgruppe Umweltphysik
Mainaustr. 252 | D-78464 Konstanz
Dr. Hilmar Hofmann | Tel.: +49 7531 88 3232
hilmar.hofmann@uni-konstanz.de

VERBUNDPARTNER

Universität Konstanz

Limnologisches Institut
Arbeitsgruppe Aquatische Ökologie
Mainaustr. 252 | D-78464 Konstanz
Prof. Dr. Karl-Otto Rothhaupt | Tel.: +49 7531 88 3530
karl.rothhaupt@uni-konstanz.de

Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg im Regierungspräsidium Stuttgart

Arbeitsstelle für Feuchtboden- und
Unterwasserarchäologie
Fischersteig 9 | D-78343 Gaienhofen-Hemmenhofen
Dr. Renate Ebersbach | Tel.: +49 7535 9377 7111
renate.ebersbach@rps.bwl.de

Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik

Hauptabteilung Ultraschall
Ensheimer Straße 48 | D-66386 St. Ingbert
Christian Degel | Tel.: +49 6897 9071 370
christian.degel@ibmt.fraunhofer.de

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Institut für Seenforschung
Argenweg 50 / 1 | D-88085 Langenargen
Dr. Martin Wessels | Tel.: +49 7543 304 171
martin.wessels@lubw.bwl.de

Ianaplan GbR

Lobbericher Str. 5 | D-41334 Nettetal
Dr. Klaus van de Weyer | Tel.: +49 2153 97 1920
klaus.vdweyer@ianaplan.de

In_StröHmung

PROJEKTKOORDINATION

Technische Universität Dresden

Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik
D-01062 Dresden
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm
Tel.: +49 351 463 34397
juergen.stamm@tu-dresden.de
Dipl.-Ing. Nadine Müller | Tel.: +49 351 463 32964
nadine_mueller@tu-dresden.de

VERBUNDPARTNER

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)

Theodor-Heuss-Allee 17 | D-53773 Hennef
Dipl.-Biol. Sabine Thaler | Tel.: +49 2242 872 142
thaler@dwa.de

Hochschule Magdeburg-Stendal

Institut für Wasserwirtschaft und Ökotechnologie
Breitscheidstraße 2 | D-39114 Magdeburg
Prof. Dr. rer. nat. Volker Lüderitz | Tel.: +49 391 8864 367
volker.luederitz@hs-magdeburg.de

Institut für ökologische

Wirtschaftsforschung GmbH, gemeinnützig

Forschungsfeld Umweltökonomie und Umweltpolitik
Potsdamer Str. 105 | D-10785 Berlin
Prof. Dr. Jesko Hirschfeld | Tel.: +49 30 884 5940
jesko.hirschfeld@ioew.de

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Land- wirtschaft und Geologie

Abteilung 4 – Wasser, Boden, Wertstoffe
Zur Wetterwarte 11 | D-01109 Dresden

Dr. Bernd Spänhoff | Tel.: +49 351 8928 4419
bernd.spaenhoff@smul.sachsen.de

Stowasserplan GmbH & Co. KG

Hauptstraße 47f | D-01445 Radebeul
Dr.-Ing. Andreas Stowasser | Tel.: +49 351 3230 0460
stowasser@stowasserplan.de

Technische Universität Braunschweig

Leichtweiß-Institut für Wasserbau, Abteilung Wasserbau
Beethovenstraße 51 a | D-38106 Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Dittrich
Tel.: +49 531 391 3940
a.dittrich@tu-braunschweig.de

Technische Universität Dresden

Institut für Hydrobiologie
Zellescher Weg 40 | D-01217 Dresden
Univ.-Prof. Dr. Thomas Berendonk
Tel.: +49 351 463 34956
thomas.berendonk@tu-dresden.de

KOGGE

PROJEKTKOORDINATION

Universität Rostock

Professur für Wasserwirtschaft
Satower Straße 48 | D-18059 Rostock
Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner
Tel.: +49 381 498 3640
jens.traenckner@uni-rostock.de
M. Sc. Anne Walter | Tel.: +49 381 498 34701
anne.walter@uni-rostock.de

VERBUNDPARTNER

biota – Institut für ökologische

Forschung und Planung GmbH

Nebelring 15 | D-18246 Bützow
Dr. rer. nat. Dr. agr. Dietmar Mehl | Tel.: +49 38461 91670
dietmar.mehl@institut-biota.de
Dr. rer. nat. Volker Thiele | Tel.: +49 38461 91670
volker.thiele@institut-biota.de

EURAWASSER Nord GmbH Rostock

Carl-Hopp-Straße 1 | D-18069 Rostock
Dipl.-Ing. Robert Ristow | Tel.: +49 381 8072 801
r.ristow@eurawasser.de

Universität Rostock

> **Professur für Hydrologie und Meteorologie**

Satower Straße 48 | D-18059 Rostock
Prof. Dr. rer. nat. Konrad Miegel | Tel.: +49 381 498 3660
konrad.miegel@uni-rostock.de

> **Professur für Geodäsie und Geoinformatik**

Justus-von-Liebig-Weg 6 | D-18059 Rostock
Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill | Tel.: +49 381 498 3200
ralf.bill@uni-rostock.de

Wasser- und Bodenverband „Untere Warnow-Küste“

Alt Bartelsdorfer Straße 18a | D-18146 Rostock
Dipl.-Ing. Heike Just | Tel.: +49 381 490 9766
just@wbv-mv.de

MUTReWa

PROJEKTKOORDINATION

Leuphana Universität Lüneburg

Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie
Scharnhorststr. 1 C13.311b | D-21335 Lüneburg
Prof. Dr. Klaus Kümmerer | Tel.: +49 4131 677 2893, -2894
klaus.kuemmerer@leuphana.de
Dr. Oliver Olsson | Tel.: +49 4131 677 2291
oliver.olsson@leuphana.de

VERBUNDPARTNER

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

> **Professur für Hydrologie**

Fahnenbergplatz | D-79098 Freiburg
Prof. Dr. Jens Lange | Tel.: +49 761 203 3546
jens.lange@hydrology.uni-freiburg.de

> **Professur für Bodenökologie**

Bertoldstr. 17 | D-79098 Freiburg
Prof. Dr. Friederike Lang | Tel.: +49 761 203 3625
fritzi.lang@bodenkunde.uni-freiburg.de

Christian-Albrecht-Universität zu Kiel

Institut für Natur- und Ressourcenschutz
Abteilung Hydrologie & Wasserwirtschaft
Olshausenstr. 75 | D-24118 Kiel
Prof. Dr. Nicola Fohrer | Tel.: +49 431 880 1276
nfohrer@hydrology.uni-kiel.de

Gemeinde Eichstetten am Kaiserstuhl

Hauptstraße 43 | D-79356 Eichstetten/Kaiserstuhl
Michael Bruder | Tel.: +49 7663 9323 13
bruder@eichstetten.de



Kontakte

Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH

Stuthagen 25 | D-24113 Molfsee
Christof Martin | Tel.: +49 4347 99973 0
c.martin@gfnmbH.de

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein

Hamburger Chaussee 25 | D-24220 Flintbek
Dr. Frank Steinmann | Tel.: +49 4347 704 450
frank.steinmann@llur.landsh.de

Stadt Freiburg im Breisgau Wasserwirtschaft und Bodenschutz

Umweltschutzamt, Abteilung III/ Fachbereich
Wasserwirtschaft und Bodenschutz
Talstraße 4 | D-79102 Freiburg
Thomas Weber | Tel.: +49 761 201 6161
thomas.Weber@stadt.freiburg.de

WWL Umweltplanung und Geoinformatik GbR

Mozartweg 8 | D-79189 Bad Krozingen
> Alexander Krämer | Tel.: +49 7633 10187 0
alexander.kraemer@wwl-web.de
> Johannes Engel | Tel.: +49 7633 10187 0
johannes.engel@wwl-web.de

NiddaMan

PROJEKTKOORDINATION

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Abteilung Aquatische Ökotoxikologie
Max-von-Laue-Str. 13 | D-60438 Frankfurt am Main
Prof. Dr. Jörg Oehlmann | Tel.: +49 69 798 42142
oehlmann@bio.uni-frankfurt.de
Dr. Ulrike Schulte-Oehlmann | Tel.: +49 69 798 42147
schulte-oehlmann@bio.uni-frankfurt.de

VERBUNDPARTNER

Brandt Gerdes Sitzmann

Wasserwirtschaft GmbH

Pfungstädter Straße 20 | D-64297 Darmstadt
Dr.-Ing. Stefan Wallisch | Tel.: +49 6151 94 5315
s.wallisch@bgswasser.de

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Referat G2: Gewässerchemie
Am Mainzer Tor 1 | D-56068 Koblenz

Prof. Dr. Thomas Ternes | Tel.: +49 261 1306 5560
ternes@bafg.de

Eberhard Karls Universität Tübingen

Abteilung Physiologische Ökologie der Tiere
Auf der Morgenstelle 5 | D-72076 Tübingen
Prof. Dr. Heinz-R. Köhler | Tel.: +49 7071 297 8890
heinz-r.koehler@uni-tuebingen.de

ISOE - Institut für sozial-ökologische Forschung GmbH

Hamburger Allee 45 | D-60486 Frankfurt am Main
Dr. Oliver Schulz | Tel.: +49 69 707 69 1949
schulz@isoe.de

Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
Gotthard-Franz-Str. 3 | D-76131 Karlsruhe
Dr.-Ing. Stephan Fuchs | Tel.: +49 721 608 46199
stephan.fuchs@kit.edu

Technische Universität Darmstadt

Institut IWAR
Franziska-Braun-Straße 7 | D-64287 Darmstadt
Prof. Dr. Susanne Lackner | Tel.: +49 6151 16-20309
s.lackner@iwar.tu-darmstadt.de

UNGER ingenieure Ingenieurgesellschaft mbH

FB Abwasserreinigung / Stadtentwässerung
Julius-Reiber-Straße 19 | D-64293 Darmstadt
Dipl.-Ing. Stefan Knoll | Tel.: +49 6151 60356
s.knoll@unger-ingenieure.de

PhosWaM

PROJEKTKOORDINATION

Leibniz-Institut für

Ostseeforschung Warnemünde

Seestr. 15 | D-18119 Rostock
Dr. Inga Krämer | +49 381 5197 3471
inga.kraemer@io-warnemuende.de

VERBUNDPARTNER

biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Nebelring 15 | D-18246 Bützow
Dr. Dr. Dietmar Mehl | +49 38 461 91670
dietmar.mehl@institut-biota.de

Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg

Erich-Schlesinger-Straße 35 | D-18059 Rostock
Dr. Ricarda Börner | +49 381 331 67443
R.Boerner@stalumm.mv-regierung.de

Universität Rostock

> **Professur für Ressourcenschutz und Bodenphysik**

Justus-von-Liebig-Weg 6 | D-18051 Rostock
Prof. Dr. Bernd Lennartz | Tel.: +49 381 498 3180
bernd.lennartz@uni-rostock

> **Professur für Pflanzenbau**

Justus-von-Liebig-Weg 6 | D-18059 Rostock
apl. Prof. Dr. habil. Bettina Eichler-Löbermann
Tel.: +49 381 498 3064
bettina.eichler@uni-rostock.de

> **Professur für Wasserwirtschaft**

Satower Str. 48 | D-18059 Rostock
Prof. Dr.-Ing. Jens Tränckner | Tel.: +49 381 498 3640
jens.traenckner@uni-rostock.de

> **Professur für Standortkunde und Landschaftsökologie**

Justus-von-Liebig-Weg 6 | D-18059 Rostock
Dr. Uwe Buczko | Tel.: +49 381 498-3103
uwe.buczko@uni-rostock.de

RESI

PROJEKTKOORDINATION

IGB – Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei

Abteilung Ökosystemforschung
Müggelseedamm 301 | D-12587 Berlin
PD Dr. Martin Pusch | Tel.: +49 30 64181 685, -681
pusch@igb-berlin.de
Dr. Simone Beichler | Tel.: +49 30 64181 759
beichler@igb-berlin.de

VERBUNDPARTNER

biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Nebelring 15 | D-18246 Bützow
Dr. Dr. Dietmar Mehl | Tel.: +49 38 461 91670
dietmar.mehl@institut-biota.de

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Referat U2: Ökologische Wirkungszusammenhänge
Am Mainzer Tor 1 | D-56068 Koblenz

Dr. Helmut Fischer | Tel.: +49 261 1306 5458
helmut.fischer@bafg.de

DHI-WASY GmbH

Volmerstraße 8 | D-12489 Berlin
Dipl.-Biochem. Antje Becker | Tel.: +49 30 67999 8927
abe@dhigroup.com

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ

Department Naturschutzforschung
Permoserstraße 15 | D-04318 Leipzig
Dipl.-Ing. Mathias Scholz | Tel.: +49 341 235 1644
mathias.scholz@ufz.de

KIT – Karlsruher Institut für Technologie

Auen-Institut
Josefstraße 1 | D-76437 Rastatt
Dr. Christian Damm | Tel.: +49 7222 3807 14
christian.damm@kit.edu

Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt

Aueninstitut Neuburg
Schloss Grünau | D-86633 Neuburg an der Donau
Dr. Barbara Stammel | Tel.: +49 8431 64 759 12
barabara.stammel@ku.de

Leibniz-Universität Hannover

Institut für Umweltplanung
Herrenhäuser Straße 2 | D-30419 Hannover
Prof. Dr. Christina von Haaren | Tel.: +49 511 762 2652
haaren@umwelt.uni-hannover.de

ÖKON Gesellschaft für Landschaftsökologie, Gewässerbiologie und Umweltplanung mbH

Hohenfelder Str. 4 | D-93183 Kallmünz
Dr. Francis Foeckler | Tel.: +49 9473 95 1740
foeckler@oekon.com

Technische Universität Berlin

Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung
EB 4-2 Straße des 17. Juni 145 | D-10623 Berlin
Dr. Alexandra Dehnhardt | Tel.: +49 30 314 21358
alexandra.dehnhardt@tu-berlin.de



Kontakte

RiverView®

PROJEKTKOORDINATION

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

Kackertstr. 15-17 | D-52056 Aachen

Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Bolle | Tel.: +49 241 80 26825

bolle@fiw.rwth-aachen.de

Dr.-Ing. Gesa Kutschera | Tel.: +49 241 80 27971

kutschera@fiw.rwth-aachen.de

VERBUNDPARTNER

DBM – Dr. Buckup

Hohenwarther Str. 2 | D-39126 Magdeburg

Dr. Klaus Buckup | Tel.: +49 391 505715

dbmbuckup@aol.com

EvoLogics GmbH

Ackerstraße 76 | D-13355 Berlin

Dr. Rudolf Bannasch | Tel.: +49 30 4679 8620

riverview@evologics.de

GEO-DV GmbH Ingenieurbüro für Datenmanagement und Vermessung

Hoher Weg 7 | D-39576 Stendal

Gerd Heller | Tel.: +49 3931 212797

geo-dv@t-online.de

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

> Geodätisches Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik und Geoinformationssysteme

Mies-van-der-Rohe-Str. 1 | D-52074 Aachen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Blankenbach

Tel.: +49 241 80 95300

blankenbach@gia.rwth-aachen.de

> Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Mies-van-der-Rohe-Straße 17 | D-52056 Aachen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf

Tel.: +49 241 80 25263

schuettrumpf@iww.rwth-aachen.de

SEBA Hydrometrie

GmbH & Co. KG

Gewerbestr. 61A | D-87600 Kaufbeuren

Dr. Issa Hansen | Tel.: +49 8341 9648 470

hansen@seba.de

Marcus Sattler | Tel.: +49 8341 9648 48

sattler@seba.de

SEEZEICHEN

PROJEKTKOORDINATION

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg

Institut für Seenforschung

Argenweg 50 / 1 | D-88085 Langenargen

Dr. Thomas Wolf | Tel.: +49 7543 304215

thomas.wolf@lubw.bwl.de

VERBUNDPARTNER

Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH

Heißbrühlstraße 21B | D-70565 Stuttgart

Dr.-Ing. Ulrich Lang | Tel.: +49 711 23719 3603

lang@kobus-partner.com

Universität Bayreuth

Limnologische Forschungsstation

Universitätsstr. 30 | D-95447 Bayreuth

Dr. Benjamin Gilfedder | Tel.: +49 921 55 2223

benjamin-silas.gilfedder@uni-bayreuth.de

Technische Universität Braunschweig

Institut für Geosysteme und Bioindikation

Langer Kamp 19c | D-38106 Braunschweig

Prof. Dr. Antje Schwalb | Tel.: +49 531 391 7241

antje.schwalb@tu-bs.de

Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung

Qualitätssicherung und Forschungslabor

Süßenmühle 1 | D-78354 Sipplingen

Dr.-Ing. Roland Schick | Tel.: +49 7551 833 1200

roland.schick@bodensee-wasserversorgung.de

Stuck

PROJEKTKOORDINATION

Freie und Hansestadt Hamburg - Landesbetrieb

Straßen, Brücken und Gewässer

Sachsenfeld 3-5 | D-20097 Hamburg

Prof. Dr. rer. nat. Gabriele Gönnert

Tel.: +49 40 42826 2510

gabriele.goennert@lsbg.hamburg.de

Dr. Heiko Westphal | Tel.: +49 40 42826 2251

heiko.westphal@lsbg.hamburg.de

VERBUNDPARTNER

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut gGmbH

Oberhafenstraße 1 | D-20097 Hamburg
Dr. Malte Jahn | Tel.: +49 40 340576 351
jahn@hwwi.org

hydro & meteo GmbH & Co. KG

Breite Straße 6-8 | D-23552 Lübeck
Dr. Thomas Einfalt | Tel.: +49 451 7027 333
einfalt@hydrometeo.de

Technische Universität Hamburg

Institut für Wasserbau
Denickestraße 22 | D-21073 Hamburg
Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle | Tel.: +49 40 42878 4600
froehle@tuhh.de

Universität Hamburg

- > **Biozentrum Klein Flottbek**
Abteilung Angewandte Pflanzenökologie
Ohnhorststr. 18 | D-22609 Hamburg
Prof. Dr. Kai Jensen | Tel.: +49 40 42816 576
kai.jensen@uni-hamburg.de
- > **Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit**
Institut für Bodenkunde
Allendeplatz 2 | D-20146 Hamburg
Prof. Dr. Annette Eschenbach | Tel.: +49 40 42838 2008
annette.eschenbach@uni-hamburg.de

WaSiG

PROJEKTKOORDINATION

Fachhochschule Münster

Institut für Infrastruktur · Wasser · Ressourcen · Umwelt,
Arbeitsgruppe
Siedlungshydrologie und Wasserwirtschaft
Corrensstr. 25 | D-48149 Münster
Prof. Dr.-Ing. Mathias Uhl | Tel.: +49 251 83 65201
uhl@fh-muenster.de
Dr. Hedwig Roderfeld | Tel.: +49 251 83 65349
hedwig.roderfeld@fh-muenster.de

VERBUNDPARTNER

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

- > **Professur für Hydrologie**
Fahnenbergplatz | D-79098 Freiburg
Prof. Dr. Markus Weiler | Tel.: +49 761 203 3535
markus.weiler@hydrology.uni-freiburg.de

Prof. Dr. Tobias Schütz | Tel.: +49 651 201 3071
tobias.schuetz@uni-trier.de

- > **Professur für Humangeographie**

Werthmannstraße 4 (wg. Renovierung vorübergehend Schreiberstraße 20) | D-79098 Freiburg
Prof. Dr. Tim Freytag | Tel.: +49 761 203 8970
tim.freytag@geographie.uni-freiburg.de

badenova AG & Co. KG

Tullastraße 6 | D-79108 Freiburg
Sven Ernst | Tel.: +49 761 279 2378
sven.ernst@badenova.dee

BIT Ingenieure AG

Talstraße 1 | D-79102 Freiburg
Thomas Brendt | Tel.: +49 761 29657 22
thomas.brendt@bit-ingenieure.de

Landeshauptstadt Hannover

Stadtentwässerung
Sorststraße 16 | D-30165 Hannover
Dr.-Ing. Hans-Otto Weusthoff | Tel.: +49 511 168 47310
hans-otto.weusthoff@hannover-stadt.de

Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH

Stiftstraße 12 | D-30159 Hannover
Dr.-Ing. Erik Ristenpart | Tel.: +49 511 70139 14
ristenpart@ifs-hannover.de

Stadt Freiburg im Breisgau, Umweltschutzamt

Abteilung III / FB Wasserwirtschaft und Bodenschutz
Talstraße 4 | D-79102 Freiburg
Thomas Weber | Tel.: +49 761 2016161
thomas.weber@stadt.freiburg.de

Stadt Münster

Tiefbauamt
Albersloher Weg 33 | D-48155 Münster
Sonja Kramer | Tel.: +49 251 492 6948
kramersonja@stadt-muenster.de



Kontakte

ReWaMnet

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Referat C: Controlling, Öffentlichkeitsarbeit
Am Mainzer Tor 1 | D-56068 Koblenz
rewamnet@bafg.de | Tel.: +49 261 1306 5331

- **Dr. Sebastian Kofalk** | Leitung ReWaMnet
- **Alexia Krug von Nidda** | Projektkoordination
- **Dr. Berenike Meyer** | Vernetzung und Transfer
- **Dr. Janina Onigkeit** | Vernetzung und Transfer
- **Dominik Rösch** | Öffentlichkeitsarbeit
- **Stefanie Wienhaus** | Projektassistentin

Impressum

Herausgeber:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Am Mainzer Tor 1 | 56068 Koblenz
Postfach 200253 | 56002 Koblenz
www.bafg.de

Redaktion:

Dominik Rösch, Dr. Berenike Meyer, Dr. Janina Onigkeit, BfG
Vernetzungs- und Transfervorhaben ReWaMnet
für die BMBF-Fördermaßnahme „Regionales
Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen
Gewässerschutz in Deutschland (ReWaM)“

Bildnachweise Cover

(v. l. o. n. r. u.) W. Klehr, Uni Rostock; C. Kamper, IOW;
N. Rütz, Justus-Liebig Universität Gießen; PD Dr. M. Pusch,
IGB; FiW e.V.; © Smileus /iStockphoto.com; C. Degel,
Fraunhofer IBMT; G. Paul, LfULG; Freie und Hansestadt
Hamburg - LSBG; A. Dieterich, Universität Tübingen

Grafisches Konzept und Layout:

macondo publishing GmbH,
Marion Lenzen, Gesa Weber

Druck:

Druckerei des Bundesministeriums für Verkehr
und digitale Infrastruktur (BMVI)
Robert-Schumann-Platz 1 | D-53175 Bonn

Bezug über:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Am Mainzer Tor 1 | D-56068 Koblenz

Download:

www.bmbf.nawam-rewam.de

Beiträge:

ReWaM-Verbundprojekte, Vernetzungs-
und Transfervorhaben ReWaMnet

Zitiervorschlag:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.) (2018): Ergebnisse,
ReWaM – Regionales Wasserressourcen-Management
für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland.
DOI: 10.5675/REWAM_AB2018

Ansprechpartner beim BMBF:

Dr. Christian Alecke – Bundesministerium für
Bildung und Forschung (BMBF)
Referat 724 – Ressourcen und Nachhaltigkeit
Heinemannstr. 2 | D-53170 Bonn
Tel.: +49 228 9957 3890
christian.alecke@bmbf.bund.de

Ansprechpartner beim Projektträger:

Dr. Sebastian Hoechstetter – Projektträgerschaft
Ressourcen und Nachhaltigkeit
Projektträger Jülich, Geschäftsbereich Nachhaltigkeit
Forschungszentrum Jülich GmbH
Zimmerstraße 26-27 | D-10969 Berlin
Tel.: +49 30 20199 3186
s.hoechstetter@fz-juelich.de

Koblenz, Mai 2018
1. Auflage

