

Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung

Ergebnisse aus den INIS-Projekten



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF

Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung

Ergebnisse aus den INIS-Projekten

Inhalt

Inhaltsverzeichnis

04	Die BMBF-Fördermaßnahme INIS – Forschung für die Wasserinfrastrukturen von morgen
10	INIS-Verbundprojekte – Übersicht
	Integrierte Konzepte für Wasser, Abwasser und Energie
12	KREIS – Kopplung von regenerativer Energieversorgung mit innovativer Stadtentwässerung
14	NaCoSi – Nachhaltigkeitscontrolling siedlungswasserwirtschaftlicher Systeme – Risikoprofil und Steuerungsinstrumente
16	netWORKS 3 – Potenzialabschätzung und Umsetzung wasserwirtschaftlicher Systemlösungen auf Quartiersebene in Frankfurt am Main und Hamburg
18	SinOptiKom – Sektorübergreifende Prozessoptimierung in der Transformation kommunaler Infrastrukturen im ländlichen Raum
20	TWIST++ – Transitionswege Wasserinfrastruktursysteme: Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum
	Konzepte und Systeme zur Sicherung der Wasserversorgung
22	EDIT – Entwicklung und Implementierung eines Anreicherungs- und Detektionssystems für das Inline-Monitoring von wasserbürtigen Pathogenen in Trink- und Rohwasser
24	NAWAK – Entwicklung nachhaltiger Anpassungsstrategien für die Infrastrukturen der Wasserwirtschaft unter den Bedingungen des klimatischen und demografischen Wandels
	Anpassungs- und Optimierungsstrategien für die Stadtentwässerung
26	KURAS – Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme
28	SAMUWA – Die Stadt als hydrologisches System im Wandel – Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts
30	SYNOPSE – Synthetische Niederschlagszeitreihen für die optimale Planung und den Betrieb von Stadtentwässerungssystemen
	Verfahren für eine nachhaltige Abwasseraufbereitung
32	nidA200 – Nachhaltiges, innovatives und dezentrales Abwasserreinigungssystem inklusive der Mitbehandlung des Biomülls auf Basis alternativer Sanitärkonzepte
34	NoNitriNox – Planung und Betrieb von ressourcen- und energieeffizienten Kläranlagen mit gezielter Vermeidung umweltgefährdender Emissionen
36	ROOF WATER-FARM – Sektorübergreifende Wasserressourcennutzung durch gebäudeintegrierte Landwirtschaft
38	Kontaktdaten der Forschungsverbände
52	Impressum

Die BMBF-Fördermaßnahme INIS – Forschung für die Wasserinfrastrukturen von morgen

FORSCHUNG FÜR DIE WASSERINFRASTRUKTUREN VON MORGEN

Die nachhaltige Nutzung der Ressource Wasser stellt angesichts der klimatischen, demografischen und ökonomischen Veränderungen eine der großen gesellschaftlichen Herausforderungen der Zukunft dar. Die Wasserwirtschaft ist in einem hoch urbanisierten Land wie Deutschland ein essenziell wichtiger Teil der Daseinsfürsorge, der mit vielen anderen Bereichen verflochten ist. Die Infrastrukturen der Wasserwirtschaft sorgen im Spannungsfeld zwischen Umwelteinflüssen und anthropogenen Eingriffen für die sichere Versorgung mit Trinkwasser, für hygienische Verhältnisse in Siedlungen, für Schutz vor Überschwemmungen und für den Erhalt der Umwelt. Sie ermöglichen dadurch eine Vielzahl von wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aktivitäten.

Viele Infrastrukturen in diesem Bereich weisen in Deutschland bereits eine lange Nutzungsdauer auf. Dadurch ergibt sich kurz- und mittelfristig ein erheblicher Reinvestitionsbedarf. Das über Jahrzehnte gewachsene komplexe System der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung gerät darüber hinaus zunehmend unter Veränderungsdruck. Neben steigenden Anforderungen an Ressourceneffizienz und ökologische Nachhaltigkeit ergeben sich insbesondere Probleme aufgrund demografischer Veränderungen und des Klimawandels. Unter den sich ändernden Rahmenbedingungen treten verschiedene infrastrukturelle Schwachstellen zutage. Die Siedlungswasserwirtschaft an die genannten Veränderungen anzupassen verlangt nach neuen bereichsübergreifenden Lösungsansätzen: durch integrierte Betrachtung ökologischer, sozio-ökonomischer und technischer Aspekte der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung.

WASSERINFRASTRUKTUREN AUF DIE PROBE GESTELLT

Demografischer Wandel verändert Wasserbedarf und Wasserqualität

Abnehmende und steigende Bevölkerungszahlen in Verbindung mit zunehmenden Wanderungsbewegungen sowohl innerhalb Deutschlands als auch durch Zuzug nach Deutschland führen zu größeren regionalen Unterschieden in der Bevölkerungsdichte. Sinkender Wassergebrauch infolge abnehmender Bevölkerungszahlen und zurückgehender industrieller und gewerblicher Wasserbedarfe führt bereits heute vielerorts zu Unterauslastungen der Siedlungswasserwirtschaftlichen Anlagen und Netze. Damit verbunden sind erhebliche betriebstechnische Probleme sowie tendenziell steigende Wasserpreise und Abwassergebühren. Die Kosten zum Betrieb der vorhandenen Netze und Anlagen müssen von immer weniger Menschen getragen werden. Die Kapazitäten anzupassen ist vielerorts der einzig erfolgversprechende Weg, um auch künftig Ver- und Entsorgungssicherheit zu gewährleisten und die Wasserinfrastruktur bei weiterhin bezahlbaren Preisen zu sichern.

Nicht nur die Bevölkerungszahl und damit die regionale Bevölkerungsdichte verändern sich, sondern auch das Durchschnittsalter in der Gesellschaft. Eine der Folgen: Ab etwa dem 40. Lebensjahr steigt die Anzahl der jährlich pro Kopf verordneten Arzneimittel linear an – dies führt zu höheren Konzentrationen von verschiedenen Arzneimittelrückständen im Abwasser.

Anpassungsbedarf der Infrastrukturen steht im Wettstreit mit bezahlbaren Wasserdienstleistungen

Nach Angaben des Branchenbildes der deutschen Wasserwirtschaft 2015 haben die Unternehmen der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in den letzten Jahren sechs bis sieben Milliarden Euro pro Jahr in den Erhalt der Infrastruktur investiert. Im Bereich der Trinkwasserversorgung belaufen sich die jährlichen Investitionen auf über zwei Milliarden Euro, wobei der überwiegende Anteil davon, bis zu zwei Drittel, in die Rohrnetze investiert wird. Die Investitionsquote von etwa 19 % des Gesamtumsatzes ist verglichen mit anderen Wirtschaftsbereichen sehr hoch. Im Bereich der Abwasserentsorgung wurden in den letzten Jahren zwischen vier und fünf Milliarden Euro jährlich investiert.

Das hochgerechnete Anlagevermögen der öffentlichen Abwasserinfrastruktur wird je nach Quelle mit etwa 700 bis 937 Milliarden Euro angegeben. Aus den Zahlen wird ersichtlich, dass die Anlagen der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung hohe Anlagevermögen darstellen, deren Erhalt und Erneuerung erheblicher Aufwendungen bedarf. Alleine die jährlichen Investitionen für die Substanzerhaltung der Abwasserinfrastruktur wären erst bei einer Lebensdauer von bis zu 250 Jahren ausreichend – tatsächlich ist die Lebensdauer viel geringer. Die Investitionen müssten etwa um den Faktor 2 bis 3 höher sein als gegenwärtig.

Daraus wird deutlich, dass wir auf Kosten kommender Generationen leben. Parallelen zum „Investitionsstau“ bei Straßen, Brücken und Schienennetzen liegen auf der Hand. Bei der öffentlichen Abwasserentsorgung besteht angesichts der Erfordernisse aus Klimawandel, demografischen Entwicklungen sowie Gewässer- und Ressourcenschutz dringender Handlungsbedarf.

Zunehmende Klimaextreme bedingen komplexe Herausforderungen

In Deutschland werden zukünftig vermehrt milde, feuchte Winter und Extremwetterlagen im Sommer (Starkregenereignisse, Hitzeperioden) auftreten. Die regionalen Unterschiede dieser Ausprägungen des Klimawandels nehmen zu. Trockenperioden in der Vegetationszeit werden eine verstärkte und effiziente Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen erfordern und damit den Wasserverbrauch steigen lassen. In wasserärmeren Regionen kann dies zu Wasserknappheit führen und den Ausbau von teuren Fernversorgungssystemen nötig machen. Trockenheitsbedingte mengen- und qualitätsbezogene Beeinträchtigungen der Trinkwasserversorgung treten bislang meist nur räumlich und zeitlich begrenzt auf. Doch überlastete Kanäle als Folge von Starkregen mit innerstädtischen Überflutungen und gewässerschädigenden Mischwasserüberläufen sind bereits bedrohliche und weitverbreitete Phänomene.

Die geschilderten Herausforderungen erfordern sehr komplexe Lösungen. So bedarf es Verbesserungen bei der Überwachung des Trinkwassers, um kurzfristige Schwankungen schneller zu erfassen. Versorgungsstrategien müssen den potenziellen Auswirkungen des Klimas auf die Verfügbarkeit und Qualität von Wasserressourcen stärker als bisher Rechnung tragen. Neben dem Nutzen oder Schaffen von Retentionsräumen und dem Optimieren der Kanalnetzsteuerung geht es darum, die Kanalnetze durch ein verstärktes Regenwassermanagement in der Fläche mehr zu entlasten. Gefragt ist in diesem Zusammenhang die gesamte Grünflächen-, Verkehrs- und Stadtentwicklung. Außerdem ergeben sich neue Anforderungen an den Objektschutz und das Baurecht. Schließlich müssen sich Öffentlichkeit, Verwaltung und Politik jeweils im Rahmen ihrer Möglichkeiten an der Bewältigung dieser Herausforderungen beteiligen.

Tab. 1: INIS-Verbundprojekte nach thematischen Clustern

Integrierte Konzepte	KREIS NaCoSi netWORKS 3 SinOptiKom TWIST++
Wasserversorgung	EDIT NAWAK
Stadtentwässerung	KURAS SAMUWA SYNOPSIS
Abwasseraufbereitung	nidA200 NoNitriNox ROOF WATER-FARM

Energie- und Ressourceneffizienz müssen verbessert werden

Neben dem Ausbau der Energieerzeugung auf Basis Erneuerbarer Energien und intelligenter Energiespeicherung steht besonders das Thema Energieeffizienz im Fokus der Klima- und energiepolitischen Ziele der Bundesregierung. Auch die Siedlungswasserwirtschaft ist gefordert, ihren Beitrag zur Energiewende zu leisten. Insbesondere Kläranlagen weisen ein hohes Energieeinsparpotenzial auf. Es geht dabei um verfahrenstechnische Optimierung wie auch um Effizienzsteigerung der eingesetzten Aggregate. Den Energieverbrauch bei der Abwasserentsorgung zu reduzieren kann also den CO₂-Ausstoß wirksam verringern. Kläranlagen sind jedoch nicht nur große Energieverbraucher, sondern können auch Energie liefern. Faulgase aus der Schlammbehandlung und durch die Mitvergärung von organischen Abfällen lassen sich für die Stromproduktion in Blockheizkraftwerken nutzen. Im Abwasser sind weitere wichtige Ressourcen enthalten, etwa die Nährstoffe Phosphor, Nitrat und Kalium. Sie in pflanzenverfügbarer Form zurückzugewinnen kann wesentlich dazu beitragen, Stoffkreisläufe, insbesondere in der Landwirtschaft, zu schließen. Phosphor und Kalium gelten global betrachtet als kritische Ressourcen, und auch Nitrat könnte aufgrund seiner energieintensiven Herstellung bei steigenden Energiepreisen zum knappen Gut werden. Die Abwasserbehandlung sollte daher nicht allein dem Gewässerschutz unterworfen sein, sondern zur Verwertung von Nährstoffen beitragen. Neben der Rückgewinnung von im Abwasser transportierten Nährstoffen stehen mögliche Verfahrensverbesserungen durch neuartige Sanitärtechnologien im Fokus. Ein weiterer Technologieansatz ist die Rückgewinnung von Phosphor aus der Klärschlammmasche von Monoverbrennungsanlagen.

DIE BMBF-FÖRDERMASSNAHME INIS

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Fördermaßnahme „Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung“ (INIS) aufgelegt und mit einem Fördervolumen von rund 33 Mio. Euro ausgestattet. Verankert ist die Fördermaßnahme im Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement“ (NaWaM), der Bestandteil des BMBF-Programms „Forschung für nachhaltige Entwicklung“ (FONA) ist.

13 Verbundprojekte erforschten seit 2013 neue Ansätze in der Wasserwirtschaft mit dem Ziel, innovative und umsetzbare Lösungen zu entwickeln, mit denen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung an sich verändernde Rahmenbedingungen in Deutschland angepasst werden können. In der vorliegenden Broschüre präsentieren die INIS-Forschungsprojekte ihre wichtigsten Ergebnisse und Kernbotschaften, die in drei Jahren von den Verbundpartnern erarbeitet wurden. Die Broschüre erscheint zur Abschlusskonferenz der Fördermaßnahme im April 2016. Teilweise werden die Arbeiten noch bis Ende 2016 fortgesetzt. Die für die Praxis relevanten Ergebnisse werden darüber hinaus in einem thematisch gegliederten INIS-Handbuch festgehalten, das gegen Ende 2016 erscheinen wird.

Die Forschungsprojekte umfassen ein breites Themenspektrum in den folgenden vier thematischen Clustern:

- » Integrierte Konzepte für Wasser, Abwasser und Energie
- » Anpassungs- und Optimierungsstrategien für die Stadtentwässerung
- » Verfahren für eine nachhaltige Abwasseraufbereitung
- » Konzepte und Systeme zur Sicherung der Wasserversorgung.

Die Übersicht (Tab. 1) zeigt, wie die Forschungsprojekte in den thematischen Clustern verortet sind. Die Einordnung orientiert sich an den Schwerpunkten der Forschungsaktivitäten. Tatsächlich reichten die jeweiligen Arbeitsprogramme der Projekte oft über die Themen eines einzigen Clusters hinaus.

Integrierte Konzepte für Wasser, Abwasser und Energie

Im Fokus eines Teils der Forschungsprojekte steht die Erarbeitung integrierter Konzepte für Wasser-, Abwasser- und Energie-nutzung. Diese Projekte befassten sich bei der Entwicklung solcher integrierter Konzepte mit den Rahmenbedingungen des Wandels städtischer Wasserinfrastrukturen und suchten Wege zur Umsetzung integrierter Systemlösungen. Sie analysierten Transformationsprozesse und lenken den Blick auf die Komplexität von Entscheidungs- und Planungsprozessen in städtischen und ländlichen Räumen. Neben der Analyse der Umweltauswirkungen verschiedener Optionen und der Durchführung von Kosten- und Nutzenanalysen standen Fragen nach der Nutzerakzeptanz, den rechtlich-institutionellen Rahmenbedingungen und den notwendigen Planungsprozessen sowie Managementinstrumenten auf der Forschungsagenda. In einigen Projekten wurden Simulations- und Entscheidungswerkzeuge entwickelt, die die verschiedenen Zielgruppen dabei unterstützen sollen, ihre Gestaltungsmöglichkeiten adäquat zu nutzen. Große Bedeutung kommt gleichzeitig der exemplarischen baulichen Umsetzung von integrierten Lösungen einschließlich der Weiterentwicklung und Optimierung von Infrastruktursystemen, Technologien und Verfahren zu, die jeweils die Besonderheiten unterschiedlicher Siedlungsräume berücksichtigen.

Anpassungs- und Optimierungsstrategien für die Stadtentwässerung

Ein anderer Teil der Forschungsprojekte konzentriert sich auf die Anpassung und Optimierung von Stadtentwässerungssystemen. Die Schwerpunkte in diesen Projekten lagen auf der Entwicklung und Erprobung nachhaltiger Konzepte für die Regenwasserbewirtschaftung einerseits und für den Betrieb, Ausbau oder Umbau von Stadtentwässerungssystemen andererseits. Sie untersuchten zudem notwendige Abstimmungen zwischen planerischen Instrumenten und organisatorischen Prozessen, um z.B. die Stadtentwässerung mit der Stadtentwicklungs- und Freiraumplanung stärker verknüpfen zu können. Ein weiterer Fokus lag in der Verbesserung der Datengrundlagen für die Planung und Steuerung von Kanalnetzen.

Verfahren für eine nachhaltige Abwasseraufbereitung

Nachhaltige Verfahren der Abwasseraufbereitung stehen im Zentrum einer dritten Gruppe von Forschungsprojekten. Einer der Forschungsschwerpunkte lag dabei auf dezentralen und ge-

bäudeintegrierten Abwasseraufbereitungstechnologien, die Verfahren zur Nährstoffrückgewinnung für Düngezwecke und der Wiederverwendung von Abwasserteilströmen für die Bewässerung enthalten. Hygienefragen sind hier von großem Interesse. Erarbeitet wurden zudem Möglichkeiten zur Betriebsoptimierung zentraler Kläranlagen, die gleichzeitig den Energiebedarf reduzieren, die Nitratelimination maximieren und klimaschädliche Emissionen von z.B. Lachgas, Nitrit oder Methan minimieren. Über die technische Ebene hinausgehend setzten sich diese Projekte mit Begleitaspekten der Realisierung auseinander.

Konzepte und Systeme zur Sicherung der Wasserversorgung

Einen vierten Themencluster bilden Forschungsprojekte, die sich auf unterschiedliche Weise mit der Sicherung der Wasserversorgung befassten. Spezielle Herausforderungen sind verringerte mittlere Wasserentnahmen aus den Trinkwassernetzen, denen klimawandelbedingte gleichbleibende oder sogar erhöhte Spitzenlasten gegenüberstehen, sowie die Zunahme von Hoch- und Niedrigwasserereignissen. Die Folgen sind Veränderungen des Wasserangebots und der Wasserqualität z.B. durch Salzwasserintrusion in trinkwasserrelevante Grundwasserleiter, aber auch hygienische Beeinträchtigungen des Trinkwassers, z.B. durch dessen längere Verweilzeiten im Netz. Zum einen setzten sich die Projekte daher mit Strategien zur langfristigen Anpassung der Trinkwasserversorgung an neue Herausforderungen auseinander. Zum anderen beschäftigten sie sich mit der Entwicklung von zuverlässigen stationär und mobil einsetzbaren Schnelldetektions- und -warnsystemen für das Online-Monitoring von mikrobiologischen Wasserverunreinigungen in Roh- und Trinkwasser.

PRAXIS, PRAXIS, PRAXIS

Kennzeichnend für alle Forschungsprojekte der Fördermaßnahme INIS sind die interdisziplinäre Vorgehensweise sowie das enge Zusammenwirken von Wissenschaft und Praxis. Etwa die Hälfte der insgesamt 98 Teilprojekte wurde von Kommunen, Unternehmen, Zweckverbänden und sonstigen Einrichtungen der Praxis durchgeführt. Weitere Praxisakteure waren als assoziierte Partner oder über Unteraufträge eng in die Verbünde eingebunden. Eine Übersicht über die gut 40 einzelnen Modellgebiete zeigt Abb. 1. Aus der Darstellung wird deutlich, dass die Modellgebiete eine Vielzahl unterschiedlicher Regionen in Deutschland abdecken. Der Modellcharakter der Forschungsprojekte und die Erprobung in Kommunen und Regionen mit unterschiedlichen lokalen Rahmenbedingungen unterstützen und stärken die Übertragbarkeit der Ergebnisse.

PROJEKTÜBERGREIFENDE FRAGESTELLUNGEN ZU VERNETZUNG UND TRANSFER

Jedes der INIS-Forschungsprojekte ist in Ziel und Ansatz einzigartig. Gleichzeitig existieren zwischen den Projekten vielfältige Berührungspunkte und Schnittmengen. Die wichtigsten projektübergreifenden Fragestellungen wurden gleich zu Beginn der Fördermaßnahme gemeinsam identifiziert. Ein breit angelegter Austausch zu diesen Querschnittsthemen bildete das Grundgerüst für die Vernetzung der INIS-Forschungsprojekte und für die Synthese der Ergebnisse. Die Bearbeitung der Querschnittsthe-

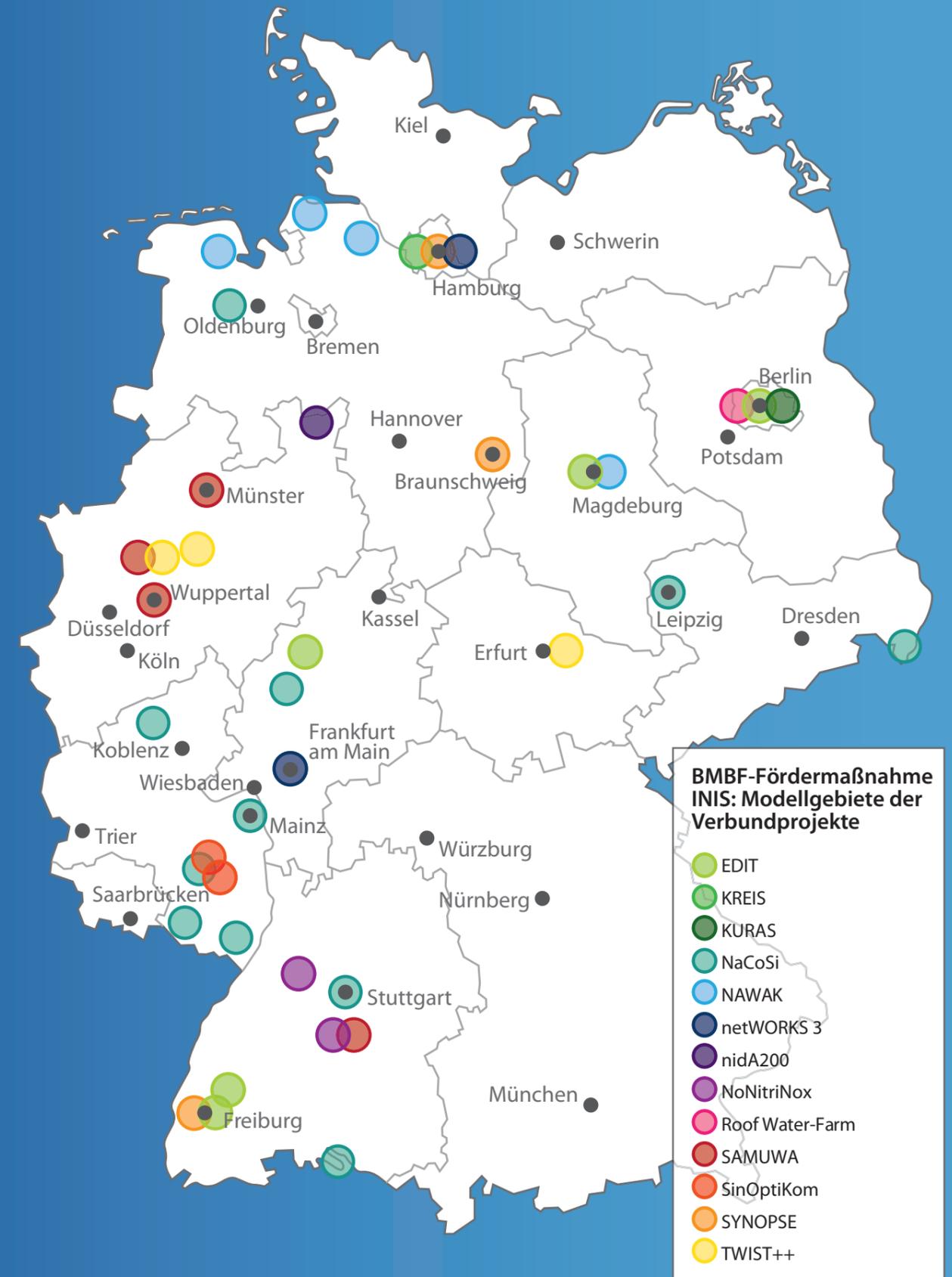


Abb. 1: BMBF-Fördermaßnahme INIS – Übersicht über die Modellgebiete

men hat zur Folge, dass die INIS-Fördermaßnahme als Ganzes mehr wurde als die Summe ihrer Teile. Einige der Querschnittsthemen dienten dem Austausch mit thematisch verwandten Fördermaßnahmen innerhalb des BMBF-Förderschwerpunktes NaWaM. Sie erfüllten somit eine Brückenfunktion. Daneben existierten übergreifende Fragestellungen, die insbesondere einem internen Austausch innerhalb der Fördermaßnahme INIS über Methoden und deren Anwendung dienten. Nicht zuletzt gab es die transferorientierten Querschnittsthemen, die über INIS und NaWaM hinaus relevant sind für Praxis, Politik und allgemeine Öffentlichkeit.

Vernetzung mit anderen Fördermaßnahmen im BMBF-Förderschwerpunkt NaWaM

Bei der Umsetzung von neuen wasserwirtschaftlichen Systemlösungen müssen hohe Gesundheits- und Umweltstandards eingehalten werden. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf Hygiene und persistente Spurenstoffe. Hier ergaben sich Anknüpfungspunkte zwischen INIS und der gleichfalls im Rahmen von NaWaM angesiedelten Fördermaßnahme RiSKWa, die innovative Technologien und Konzepte zum Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf thematisiert. Im Mittelpunkt des Austausches standen Analytik- und Monitoringstandards, die im Rahmen der Fördermaßnahme RiSKWa entwickelt wurden, und deren Weiterführung durch die relevanten INIS-Projekte.

Dem Thema Energieeffizienz und -gewinnung ist mit ERWAS ebenfalls eine eigene Fördermaßnahme im Rahmen von NaWaM gewidmet. Gleichzeitig ist dies auch ein Fokus von intelligenten Systemlösungen und spielt entsprechend oft eine Rolle in den in INIS geförderten Vorhaben. Erforscht werden verschiedene Aspekte der Wärmerückgewinnung aus Abwasser bzw. aus Abwasserteilströmen, der Kopplung der Wärmerückgewinnung mit der Wärmeversorgung von Siedlungen bis hin zur energetischen Optimierung der Abwasserreinigung. Mitunter werden spezielle Fragen behandelt, z.B. hinsichtlich des Umgangs mit unerwünschten Nebeneffekten einer energetischen Optimierung von Aufbereitungsverfahren. Im Letztgenannten wird das Thema angeschnitten, das für den Austausch im Querschnittsthema Wasser-Energie-Nexus zentral wurde, das Zusammenspiel von Wirtschaftlichkeit, Effizienz und Versorgungssicherheit.

Methodische Fragen

Die multikriterielle Bewertung ist zentraler Bestandteil der Umsetzung von multifunktionalen und intelligenten Infrastruktursystemen. Ob es sich um das Management von Zukunftsrisiken, um die Wahl zwischen verschiedenen Systemlösungen und Technikoptionen oder um die Optimierung bzw. Steuerung von Anlagen und Verfahren handelt, stets gilt es, eine Vielzahl von Faktoren zu erfassen und zwischen diesen abzuwägen. Dies erfordert zwingend eine multikriterielle Bewertung der zugrunde liegenden Ziele und Wirkungen von Maßnahmen und Entscheidungen. Im INIS-internen Austausch der Forschungsprojekte wurde festgestellt, dass die unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien die Entscheidungen im Sinne der Optimierung erheblich beeinflusst. Es muss somit eine politische und/oder gesamtgesellschaftliche Diskussion zur Feststellung von Präferen-



Abb. 2: Grauwasserrecyclinganlage der Wohnanlage „Block 6“ in Berlin. Foto: E. Nolde/Flickr

zen im Sinne eines verbindlichen Wertesystems für die öffentliche Daseinsvorsorge „Wasser“ geben.

Weitere Schwerpunkte in den Verbundprojekten waren die Betrachtung von Szenarien und die Entwicklung von Modellen mit dem Ziel, die Wirkungen bestimmter Entscheidungen oder Maßnahmen in der Zukunft abzuschätzen und zu bewerten. Mit Hilfe fundierter erstellter Szenarien können die Auswirkungen erheblicher Ungewissheiten zukünftiger Entwicklungen den verschiedenen kommunalen Akteuren vor Augen geführt werden. Mit den entwickelten Simulationsmodellen können die möglichen Entwicklungspfade bewertet werden. Modelle und Szenarien tragen dazu bei, die zukünftig notwendige Auslegung von Infrastrukturen zu begründen, und können ein wichtiges Instrument der Kommunikation mit unterschiedlichen Stakeholdern sein. Zahlreiche Software-Tools zur Modellierung und zur Entscheidungsunterstützung wurden im Rahmen der Fördermaßnahme entwickelt und erprobt.

Die Separierung von Abwasser in verschiedene Teilströme (Schwarz-, Braun-, Gelb- und Grauwasser) ermöglicht einerseits die Aufbereitung und das trinkwassersparende Recycling von Wasser, andererseits die gezielte Rückgewinnung und Nutzung von (Nähr-)Stoffen. Bislang war die Vergleichbarkeit von Forschungsergebnissen und Betriebserfahrungen mit unterschiedlichen Verfahrenstechniken aufgrund der Verschiedenartigkeit der Ausgangsprodukte und des Fehlens von Standards kaum gegeben. Im Rahmen der INIS-Fördermaßnahme konnte hier ein großer Schritt in die richtige Richtung getan werden. Versuchsanalytik und -design wurden diskutiert und angepasst, um Forschungsergebnisse besser vergleichen zu können. Die De-

monstration von integrierten Konzepten bzw. Teilaspekten der Konzepte mit separierten Teilströmen werden in einigen Pilotanlagen umgesetzt, und die Funktionalität wird gezeigt. Die Umsetzungen der integrierten Konzepte sind angestoßen und werden im Nachgang zu den Projekten fertiggestellt und in der Praxis betrieben. Dieser Demonstrationsprozess muss sicher weitergeführt werden, um mehr Akzeptanz für und Vertrauen in neuartige und dezentrale Technologien zu generieren. Darüber hinaus führt die zunehmende Betriebserfahrung zu einer besseren Datenlage. Diese wird es zukünftig ermöglichen, nutzungsbezogene Qualitätsanforderungen zu definieren.

Transferorientierte Fragen

Für die Realisierung intelligenter und multifunktionaler Infrastruktursysteme ist die Auseinandersetzung mit dem institutionellen Rahmen der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung erforderlich. Als Institutionen werden in diesem Zusammenhang bestimmte Handlungsmuster bzw. Regelmäßigkeiten der Interaktion von Akteuren verstanden. Ein Anpassungsbedarf an das technische Regelwerk wurde im Zuge der Technologie-Entwicklungen identifiziert. In diesem Schwerpunkt wurde auch projektübergreifend diskutiert, inwieweit ein Institutionenwandel mit der Implementierung neuartiger Infrastrukturlösungen einhergeht bzw. einhergehen muss und welche Voraussetzungen es dafür bedarf. Zu diesem komplexen Thema konnten erste Beiträge erarbeitet werden. Hier besteht aber noch weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Innerhalb der einzelnen INIS-Projekte wurden Lösungsansätze zur Organisationsform, Finanzierung oder Anpassung des Gebührensystems untersucht, beispielsweise für den Betrieb dezentraler Systeme zur Wiederverwendung von Wasser oder Energie aus Teilströmen.

Im Querschnittsthema Stadt- und Freiraumplanung standen die Bedeutung und die Folgen des notwendigen Umbaus der Wasserinfrastrukturen für die Stadt der Zukunft im Mittelpunkt. Diskutiert wurden Möglichkeiten einer institutionell und inhaltlich engeren Verzahnung von Siedlungswasserwirtschaft und Stadtentwicklungskonzepten sowie tragfähige Planungsinstrumente. Diesem Schwerpunkt kommt eine besondere Bedeutung zu, da alle zuvor beschriebenen Themen und Erkenntnisse relevant sind und in die Diskussionen einfließen. Zu berücksichtigen sind die Modellierung und Betrachtung von Szenarien, Abwasser-Teilströmen sowie Planungs- und Entscheidungshilfen, die Anpassung an den institutionellen Rahmen und insbesondere die Kommunikation zwischen den Akteuren. Um die Ergebnisse aus den Forschungsvorhaben in die Praxis umzusetzen, müssen die Planungsprozesse optimiert werden. Alle Akteure der Stadtentwicklung und Siedlungswasserwirtschaft müssen sehr früh – am besten von Beginn des Planungsprozesses an – beteiligt sein. Ihre Nichtbeteiligung wurde als wesentliches Hemmnis für die Umsetzung innovativer Konzepte identifiziert.

Der in INIS bearbeitete Wandel hin zu neuartigen Infrastruktursystemen in der Wasserver- und Abwasserentsorgung erfordert Überzeugungs- und Vermittlungsarbeit mit Blick auf die potenziellen Nutzer der Systeme, seien dies kommunale Entscheidungsträger, Anlagenbetreiber oder private Haushalte. Hierzu müssen die Ergebnisse aus INIS zielgruppengerecht aufberei-

tet und kommuniziert werden. Diese Herausforderung wird im Querschnittsthema Akzeptanz und Kommunikation aufgegriffen. Hier werden Schnittstellen zwischen dem übergreifenden Kommunikationsansatz des Vernetzungs- und Transfervorhabens INISnet und den einzelnen Aktivitäten in den Verbundprojekten diskutiert und verbunden sowie Akteure der Praxis in den Ergebnistransfer einbezogen.

DAS VERNETZUNGS- UND TRANSFERVORHABEN INISnet

Die Forschungsprojekte der BMBF-Fördermaßnahme INIS wurden vom Vernetzungs- und Transfervorhaben INISnet begleitet. Die Aufgaben von INISnet bestehen in der öffentlichen Präsentation der Fördermaßnahme als Ganzes, der Stärkung der Zusammenarbeit der Forschungsprojekte untereinander sowie der Unterstützung des Transfers der Ergebnisse in Forschung und Praxis.

INISnet wird bis Ende 2016 von zentralen Multiplikatoren der deutschen Wasserwirtschaft, dem Deutschen Institut für Urbanistik (Difu), der Forschungsstelle des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW) an der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) und der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) gemeinsam durchgeführt.

INISnet hat die Partner aus den 13 geförderten Verbundvorhaben und insgesamt 80 beteiligten Institutionen zur Bearbeitung von insgesamt acht Querschnittsthemen zusammengebracht und bei ihrer Arbeit inhaltlich und organisatorisch unterstützt. Zusätzlich zu den drei im Rahmen der Fördermaßnahme organisierten Konferenzen wurden die INIS-Themen während der Projektlaufzeit in zahlreiche weitere Fachveranstaltungen und Fachpublikationen eingespeist. Die Verbreitung der Forschungsergebnisse in eine möglichst große Fachöffentlichkeit konnte so unterstützt werden. Durch die Beteiligung der regelgebenden Fachverbände an INISnet ist der Ergebnistransfer in die Gremien gesichert.

Die vorliegende Broschüre fasst die Abschlussergebnisse der INIS-Verbundprojekte zusammen. Weitere Informationen zum BMBF-Förderschwerpunkt NaWaM, zur Fördermaßnahme INIS und zu den einzelnen INIS-Forschungsprojekten hält die Internetpräsenz der Fördermaßnahme bereit:

www.bmbf.nawam-inis.de

KONTAKT

Deutsches Institut für Urbanistik (Difu)
Zimmerstraße 13–15 | 10969 Berlin
Dr. Jens Libbe
Tel.: +49 30 39001115
libbe@difu.de

www.bmbf.nawam-inis.de

Projektlaufzeit: 01/2013 – 12/2016



INIS-Verbundprojekte

	Integrierte Konzepte
12	KREIS
14	NaCoSi
16	netWORKS 3
18	SinOptiKom
20	TWIST++
	Wasserversorgung
22	EDIT
24	NAWAK
	Stadtentwässerung
26	KURAS
28	SAMUWA
30	SYNOPSE
	Abwasseraufbereitung
32	nidA200
34	NoNitriNox
36	ROOF WATER-FARM

Kopplung von regenerativer Energiegewinnung mit innovativer Stadtentwässerung

HINTERGRUND

Mit KREIS werden innovative Konzepte und Verfahren für die Versorgung und Entsorgung urbaner Räume am Beispiel eines innerstädtischen Wohngebietes inmitten von Hamburg erforscht und weiterentwickelt. KREIS ist die Abkürzung für „Kopplung von regenerativer Energiegewinnung mit innovativer Stadtentwässerung“ und beschäftigt sich u.a. mit der Strom- und Wärmeerzeugung aus Abwasser bzw. Biogas.

Ziel von KREIS war es, die großtechnische Umsetzung des Hamburg Water Cycle® (HWC) im Stadtquartier Jenfelder Au wissenschaftlich zu begleiten, d.h. den Planungs- und Bauprozess sowie die Inbetriebnahme der technischen Systeme mit vorbereiteten Untersuchungen zu unterstützen sowie Methoden zur integrativen Bewertung ökonomischer, ökologischer und soziologischer Aspekte zu entwickeln.



Abb. 1: Teststrecke zur Überwachung von Inkrustationen im Unterdrucksystem. Foto: HAMBURG WASSER

ERGEBNISSE

Weil es der Bauzeitenplan für das Stadtquartier Jenfelder Au erforderte, hatte KREIS bereits Ende 2011 und somit wesentlich früher als alle anderen INIS-Projekte begonnen.

Die Vorbereitungsphase KREIS (1) ist abgeschlossen, und ihre zehn wichtigsten Ergebnisse sind:

- » Die Auslegung der Technik zur Ableitung und Behandlung von Grau- und Schwarzwasser zur Umsetzung im Bauprojekt wurde ermöglicht. Für weitere Forschungszwecke wurden diverse Entnahmestellen für Schwarz-/Grauwasser und Gärreste (Medienschlamm) sowie Teststrecken zur Überwachung von Inkrustationen im Unterdrucksystem errichtet (s. Abb. 1). Ferner wurden die baulichen Voraussetzungen für eine mobile Dosiereinheit zur Co-Fermentation sekundärer Bioressourcen sowie diverse Probenahmestellen geschaffen.
- » Die Neuartigkeit des HWC mit dem Unterdrucksystem für die Schwarzwasserentwässerung betrifft alle Akteure und bedarf einer guten Abstimmung zwischen Planung und Ausführung des Bauprojekts Jenfelder Au. Um fehlerhafte Bauausführungen und ggf. Nachbesserungen zu vermeiden und den Wohnkomfort langfristig zu sichern, wurde ein Handbuch „Unterdruckentwässerung – Ein Leitfaden für die Installation in Gebäuden“ erarbeitet.
- » Diverse Optionen für die Wärme- und Stromversorgung unter Einbeziehung der Biogasnutzung aus der Schwarzwasser- und Bioressourcenvergärung wurden dynamisch simuliert und detailliert bewertet (s. Abb. 2).
- » Um bislang fehlende Kenntnisse über die Beschreibung und Behandlung von Grauwasser zu gewinnen, wurden an drei verschiedenen Grauwassersystemen in Deutschland die Konzentrationen, Abflüsse und Temperaturen bestimmt und daraus einwohnerspezifische Frachten ermittelt. Hierzu wurde ein eigens auf Probenahmen in unmittelbarer Nähe zum Abwasserentstehungsort angepasstes Entnahmesystem eingesetzt. Grauwasser kann nun deutlich besser charakterisiert werden.
- » Sekundäre Bioressourcen (Co-Substrate), die in unmittelbarer Nähe zum Stadtquartier gesammelt und für die Energieerzeugung durch anaerobe Fermentation genutzt werden können, sind mit Rasenschnitt und Fettwasser identifiziert worden. Deren Vor- und Mitbehandlungsoptionen wurden erprobt und beschrieben.
- » Die anaerobe Schwarzwasserbehandlung mit und ohne Co-Substrat konnte sowohl in CST-Reaktoren (continuous flow stirred-tank) als auch in UASB-Reaktoren (upflow anaerobic sludge blanket) stabil betrieben werden (s. Abb. 3). Mit dem UASB-Verfahren konnten bezogen auf die zugeführte organische Feststofffracht deutlich höhere Gaserträge erzielt werden.
- » Da wenig über den anaeroben Ab-/Umbau von Arzneimitteln bekannt ist, wurden zunächst zu untersuchende Stoffe nach

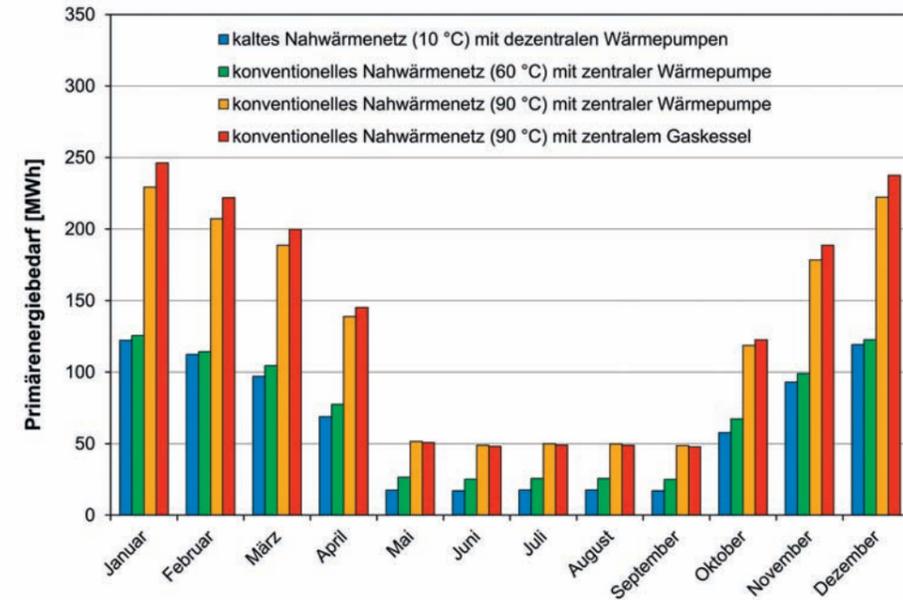


Abb. 2: Primärenergiebedarf verschiedener Konzepte zur Wärmeversorgung im Stadtquartier Jenfelder Au. Grafik: Solar- und Wärmetechnik Stuttgart

ihrer Relevanz ausgewählt. Die Ergebnisse der Abbauprobe zeigen Unterschiede im Verhalten je nach Reaktorsystem (UASB besser als CST), Substratmischung und dadurch Raumbelastung. Auf Basis der Ergebnisse konnte ein neues Behandlungsdesign abgeleitet werden.

- » Die Grundlagen für die Bilanzierung und Bewertung sowohl des im Bauprojekt realisierten HWC als auch der im Forschungsprojekt KREIS entwickelten Systeme wurden geschaffen. Erste theoretische Berechnungen zum Energiekonzept und zur Verwendung von Küchenabfallzerkleinerern müssen im Praxisbetrieb überprüft werden. Die Referenz-Geruchsmessung im Baugebiet zeigt eine deutliche Vorbelastung, insbesondere infolge einer Hefefabrik und der Gastronomie im Umfeld.
- » Mit einer intensiven Öffentlichkeitsarbeit in Form von Ausstellungen, Plakaten, Fachaufsätzen in nationalen und internationalen Zeitschriften, Vorträgen bei nationalen und internationalen Konferenzen sowie Internetauftritten wurde ein hoher Bekanntheitsgrad des Projektes erreicht.
- » Das praktizierte Forschungsverbundmanagement hat sich bewährt und maßgeblich zur Erreichung der Projektziele beigetragen, auch wenn es aufgrund neuer Vorgehensweisen relativ aufwändig war.

FAZIT

Die „Vorbereitungsphase“ KREIS (1) endete im Februar 2015. Neben den obligatorischen Abschlussberichten der einzelnen Partner wurde ein Synthesebericht erstellt, der die Zielsetzungen, das Vorgehen und die wesentlichen Ergebnisse des Verbundprojektes zusammenfasst.

Ein Förderantrag zur Weiterführung der wissenschaftlichen Begleitung des Demonstrationsvorhabens wurde gestellt. In dieser „Betriebsphase“ KREIS (2) stehen die Optimierung und Weiterentwicklung des kombinierten Energieversorgungs- und Abwasserentsorgungskonzeptes sowie Untersuchungen der

ökonomischen Machbarkeit, ökologischen Bewertung und gesellschaftlichen Akzeptanz im Vordergrund. Im Ergebnis sollen Erkenntnisse und Erfahrungen gesammelt werden, die sowohl direkt im Stadtquartier Jenfelder Au verwertbar als auch übertragbar auf ähnliche Umsetzungen des HAMBURG WATER Cycle® im In- und Ausland sind.



Abb. 3: Versuchsstand zum anaeroben Abbau von Arzneimitteln aus Schwarzwasser. Foto: Bauhaus-Univ. Weimar

KONTAKT

Bauhaus-Universität Weimar
Professur Siedlungswasserwirtschaft
Coudraystraße 7 | 99423 Weimar

Prof. Dr.-Ing. J. Londong
Tel.: +49 3643 584615
joerg.londong@uni-weimar.de

www.kreis-jenfeld.de

Projektlaufzeit: 11/2011–02/2015

Nachhaltigkeitscontrolling siedlungswasserwirtschaftlicher Systeme – Risikoprofil und Steuerungsinstrumente

HINTERGRUND

Klimawandel, demografische Veränderungen oder auch steigende Energiepreise stellen die Unternehmen der Siedlungswasserwirtschaft vor neue Herausforderungen. Darüber hinaus verändern sich die Anforderungen an die technische Auslegung und die Organisation der Unternehmen durch neue politische Rahmenseetzungen und Einflussnahmen sowie rechtliche Zielvorgaben auf europäischer und nationaler Ebene. Diese erschweren das traditionell zukunftsgerichtet Denken und insbesondere das Handeln zusätzlich.

ERGEBNISSE

Das im NaCoSi-Verbund entwickelte Nachhaltigkeitscontrolling unterstützt siedlungswasserwirtschaftliche Aufgabenträger dabei, unternehmensspezifische Nachhaltigkeitsrisiken systematisch zu identifizieren, zu analysieren und im Hinblick auf Handlungsnotwendigkeiten zu bewerten. Im Rahmen der Pilotphase wurde es von den Praxispartnern erfolgreich getestet.

Grundlage des Nachhaltigkeitscontrollings ist ein vom Projektverbund entwickeltes Zielsystem für nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft. Insgesamt 15 Nachhaltigkeitsziele aus fünf Kategorien betreffen die zentralen Bereiche, die für eine langfristige und nachhaltige Entwicklung von Unternehmen der Trinkwasserversorgung und der Abwasserbeseitigung relevant sind. Zielverfehlungen, das heißt mögliche Nachhaltigkeitsrisiken, werden dabei über Wirkungspfade beschrieben. Diese zeigen kleinteilige lineare Ursache-Wirkung-Beziehungen auf.

Das Nachhaltigkeitscontrolling basiert auf vier ineinandergreifenden Instrumenten (s. Abb. 1). Die Analyse der gegenwärtigen Risikosituation im Unternehmen wird im Risikoprofil dargestellt. Die Risikosituation wird über eine Datenabfrage für die einzelnen Unternehmen ermittelt. Die Risikomatrizen geben dabei Aufschluss, wie die einzelnen Risiken über die Nachhaltigkeitsziele verteilt sind. Das Monitoring bildet Veränderungen über die Zeit ab und wirkt, wiederholt angewandt, als Frühwarnsystem. Ausgehend von den Risikoprofilen werden in szenariobasierten Planspielen Handlungsalternativen für die Ver- und Entsorgungsunternehmen erarbeitet und in mögliche Maßnahmen überführt.

Unternehmensspezifische Nachhaltigkeitsberichte bauen auf den Ergebnissen der Datenabfrage auf und sind das zentrale Pro-

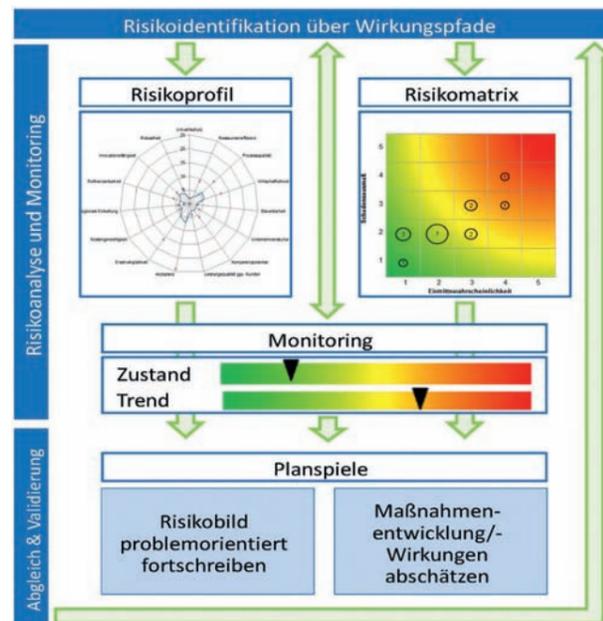


Abb. 1: Schematische Darstellung des Nachhaltigkeitscontrollings. Grafik: Projekteigene Darstellung

dukt für die Praxis. Sie können von den Unternehmen zukünftig unter anderem als Grundlage für strategische Entscheidungen, für die Kommunikation mit kommunalen Auftraggebern, der Öffentlichkeit, Kunden oder anderen Stakeholdern eingesetzt werden.

In der Pilotphase zeigte sich deutlich: Wichtiges Handlungsfeld ist das Thema „Instandhaltung der Wasserinfrastruktur: finanzielle und organisatorische Spielräume“. Hierfür wurden im Rahmen der szenariobasierten Planspiele Maßnahmen entwickelt, mit denen Risiken frühzeitig begegnet werden kann. Szenariobasierte Planspiele anzuwenden – dies bestätigte die Pilotphase – eröffnet eine langfristige Perspektive auf Entwicklungen im Unternehmen. Zudem bietet sich so die Möglichkeit, Handlungsoptionen in fiktiven Entscheidungssituationen durchzuspielen, Querbezüge und Nebeneffekte aufzuzeigen sowie die Wirkung einzelner Maßnahmen abzuschätzen. Durch diesen erweiterten



Abb. 2: Planspielworkshop beim Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) in Frankfurt a. M. am 24./25. Juni 2015. Foto: Alexander Sonnenburg

Blick wird das Risikomanagement unterstützt; dieses wird, so die Praxispartner, zukünftig in den Unternehmen (vermehrt) Anwendung finden. Zudem hat sich herausgestellt, dass die Anwenderfreundlichkeit – auch für kleinere Unternehmen – gesteigert wird, wenn sich die Datenabfrage in zwei Module (Basis und Komplement) splittet. Das Basis-Modul umfasst zentrale Wirkungspfade aus allen 15 Nachhaltigkeitszielen, welche Risiken repräsentieren, die vom Projektverbund als besonders wichtig erachtet werden. Dieses Basis-Modul wird bei der Datenerhebung obligatorisch abgefragt. Ergänzend können vom Unternehmen aus dem Komplement-Modul weitere Bereiche gewählt werden, um so das Risikoprofil unternehmensspezifisch zu vervollständigen.

Dem NaCoSi-Verbundprojekt gelang es, wichtige Nachhaltigkeitsrisiken der Siedlungswasserwirtschaft zu benennen und sie übergeordneten Kategorien zuzuordnen. Die Nachhaltigkeitsrisiken werden nach wissenschaftlichen Methoden aggregiert und bewertet. In den Nachhaltigkeitsberichten werden die Nachhaltigkeitsrisiken so dargestellt, dass sie von den Unternehmen gegenüber kommunalen Auftraggebern, Kunden oder anderen Stakeholdern verständlich kommuniziert werden können. Über das Komplement-Modul lässt sich das Controlling dem unternehmensspezifischen Nachhaltigkeitsverständnis gemäß anpassen. Es schafft im Vergleich zu bestehenden Systemen für die Bewertung und Entwicklung von Unternehmenshandlungen einen weiterführenden Nutzen.

FAZIT

Das NaCoSi-Verbundprojekt entwickelte gemeinsam mit Forschungs- und Praxispartnern ein wissenschaftlich fundiertes, praxistaugliches Instrument zum Nachhaltigkeitscontrolling, das bereits die ersten Anwendungstests bestanden hat.

In der engen Zusammenarbeit mit den Praxispartnern wird deutlich: Es besteht erheblicher Bedarf, sich jetzt und dauerhaft mit den langfristigen Risiken der Siedlungswasserwirtschaft auseinanderzusetzen, damit zukünftige Risiken oder Schäden verhindert oder zumindest mit gezielten Maßnahmen minimiert werden können.

Obwohl sich die Risikoprofile siedlungswasserwirtschaftlicher Unternehmen deutlich voneinander unterscheiden, ähneln sich deutschlandweit deren zukünftige Herausforderungen. Daher empfiehlt sich ein reger Austausch der Akteure der Siedlungswasserwirtschaft – sowohl unternehmensübergreifend als auch zwischen Wissenschaft und Praxis. So können ein gemeinschaftliches Verantwortungsgefühl und gemeinsame Strategien entstehen.

KONTAKT

TU Darmstadt – Institut IWAR
 Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz
 Franziska-Braun-Straße 7 | 64287 Darmstadt

Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban
 Tel.: +49 6151 1620805
 w.urban@iwar.tu-darmstadt.de

Dr. Alexander Sonnenburg
 Tel.: +49 6151 1620806
 a.sonnenburg@iwar.tu-darmstadt.de

www.nacosi.de

Projektlaufzeit: 05/2013 – 04/2016



Potenzialabschätzung und Umsetzung wasserwirtschaftlicher Systemlösungen auf Quartiersebene in Frankfurt am Main und Hamburg

HINTERGRUND

Die Betreiber der kommunalen Wasserver- und Abwasserentsorgung stehen infolge des Klimawandels, steigender Energiekosten und des demografischen Wandels vor großen Herausforderungen. Sie können aber auch auf neuartige Systemalternativen zurückgreifen. Diese sind zwar bislang noch nicht großflächig verbreitet, besitzen aber durchaus das Potenzial, den Herausforderungen zu begegnen und dabei neue Geschäftsfelder zu eröffnen.

Es ist Ziel von netWORKS 3, Kommunen und Wasserwirtschaft dabei zu unterstützen, rational über ihre angemessene Weiterentwicklung zu entscheiden und den dafür nötigen Umbau ihrer siedlungswasserwirtschaftlichen Systeme anzugehen.

ERGEBNISSE

Identifikation von Transformationsräumen

Entwicklungsdynamik und Transformationsaufwand sind entscheidend, wenn es darum geht, attraktive Teilräume für Transformationsprozesse zu identifizieren. Als direkte Auswahlkriterien werden von kommunalen Experten Bebauungsdichte, Lage und Marktfähigkeit sowie Komplexität der bestehenden Infrastruktur benannt. Auch die Anzahl der involvierten Akteure, deren Nutzungs-/Interessenlagen und die Besitzverhältnisse sind wichtig, um den Aufwand abzuschätzen. Mit Blick auf das zeitliche Gelegenheitsfenster sollte sich die Planung noch im Stadium vor dem verbindlichen Bebauungsplan befinden.

Bewertung von alternativen Systemlösungen

Beim Bewerten von Wasserinfrastruktursystemen für spezifische Teilräume ist nicht nur der Transformationsaufwand zu berücksichtigen, sondern auch die langfristigen ökologischen, ökonomischen und infrastrukturellen Wirkungen einer Umgestaltung. Wichtig ist dabei, sowohl den Teilraum als auch die Gesamtstadt bzw. das Gesamtsystem im Blick zu behalten. Nur in der ganzheitlichen Betrachtung kann ein möglicher Mehrwert sicher bestimmt werden.

Höhere Ressourceneffizienz neuartiger Systemvarianten lässt sich theoretisch über die Wiedernutzung von Teilströmen als Betriebswasser und die Rückführung der enthaltenen Abwas-

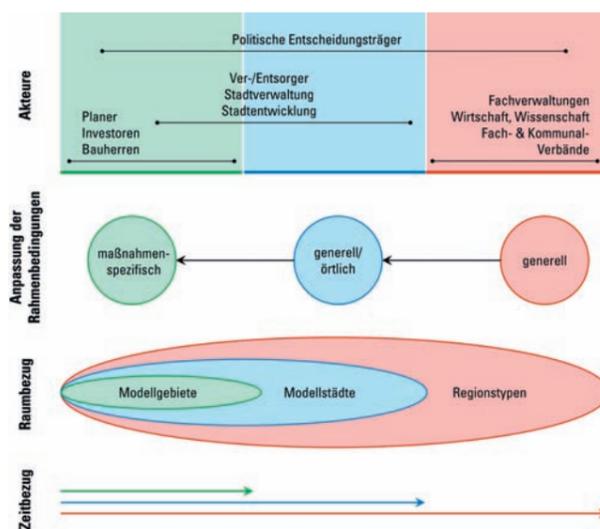


Abb. 1: Rahmen für die integrierte Bewertung von Wirkung und Transformationsaufwand auf Ebene der Modellgebiete, der Modellstädte und unterschiedlicher Regionstypen. Grafik: Forschungsverbund netWORKS, 2016

serwärme erreichen. Es bedarf in der Praxis jedoch sinnvoller Nutzungskonzepte, die über den Einsatzort „Toilettenspülung“ hinausgehen.

Empirische Erhebungen zeigen: Die Bewohnerschaft ist überwiegend aufgeschlossen gegenüber einer Betriebswassernutzung und erachtet entsprechende Systeme als sinnvoll. Das reibungslose und unauffällige Funktionieren muss dabei garantiert sein. Fachleute unterschätzen häufig die Aufgeschlossenheit auf Nutzerseite.

Bedeutung von Kooperationsmanagement

Bewusst gestaltetes Kooperationsmanagement kann die Umsetzung neuartiger Wasserinfrastrukturen erleichtern. Es ist wichtig, die verschiedenen einzubindenden Akteure zusammenzubringen und zu motivieren – dies ganz besonders, solange es noch keine Planungsroutine in der Realisierung teilräumlich angepasster Lösungen gibt. Hier kommt zunächst der strategischen Planung auf Seiten der Stadtverwaltung eine entscheidende Rolle zu. Es gilt, neue Akteure (z.B. Energieanbieter) zu beteiligen, in-



Abb. 2: Impressionen vom Bau des Passivhauses durch die ABG FRANKFURT HOLDING in Frankfurt am Main, in dem Wärmerückgewinnung aus Abwasser und Grauwassernutzung umgesetzt werden. Fotos: ISOE, 2015

stitutionelle Arrangements zu verändern (z.B. Zusammenarbeit von Abwasser- und Wasserspante) sowie Aufsichts- und Genehmigungsbehörden (z.B. Umwelt-, Wasser- und Gesundheitsbehörde) frühzeitig einzubinden. Auch sollten Planer von Hausinfrastrukturen und das Installationsgewerbe unterstützt werden. Kooperationsmodelle sind hilfreich, um Rollen und Aufgaben der verschiedenen Akteure genau zu benennen und günstige Konstellationen der Zusammenarbeit aufzuzeigen.

Spielräume siedlungswasserwirtschaftlicher Akteure

Eine Vielzahl an Innovationsbarrieren erschwert es siedlungswasserwirtschaftlichen Akteuren, alternative Lösungsansätze in Betracht zu ziehen. Zentrale Barrieren sind technisch-organisatorische Pfadabhängigkeiten, die Kapitalintensität der vorhandenen Infrastrukturen, die vernetzten Folgen bei gleichzeitig großer Unsicherheit über die Wirtschaftlichkeit und den rechtlichen Rahmen im Falle von Systemänderungen. Aber auch Ängste und Vorbehalte relevanter Akteure haben Einfluss.

Gleichzeitig ergeben sich neue Geschäftsfelder für Unternehmen: in der Kopplung von Wasser und Energie (Wärme, Strom), dem Betrieb de-/semizentraler Anlagen und der Vertiefung der Wertschöpfungskette mit Fokus Wasserressourcenmanagement.

Auch auf rechtlicher Seite sind Instrumente vorhanden, den Innovationsweg zu beschreiten. So sind öffentliche und zivilrechtliche Verträge derzeit die rechtssichersten und praxistauglichsten Instrumente, um Systemvarianten oder einzelne Technikmodule zu realisieren. Das Bauplanungsrecht bietet eine Reihe an Möglichkeiten, die Implementierung von einzelnen Techniken in Neubaugebieten vorzuschreiben.

Umsetzung auf Blockebene in Frankfurt am Main

In Frankfurt am Main trifft Theorie auf Praxis: Auf Blockebene wird die Umsetzung erprobt. 66 Wohneinheiten und eine Kindertagesstätte entstehen in einem Gebäudekomplex, in dem zukünftig Wärme aus dem Abwasser zurückgewonnen und dazu genutzt wird, das Trinkwasser zu erwärmen. Zusätzlich wird in einer Hälfte des Gebäudes Grauwasser aufbereitet und für die Toilettenspülung wiederverwendet. Dabei zeigen sich die Herausforderungen bei der Umsetzung neuartiger Infrastrukturen: Neue Technologiekomponenten sind notwendig, Haustechnikanbieter

und Installateure müssen sich umstellen und neues Wissen plus Praxiserfahrung erlangen. Die Wohnungen sind zum Juni 2016 bezugsfertig.

FAZIT

- » Die Transformation hin zu einer nachhaltigeren Wasserinfrastruktur wird erleichtert, wenn sich die verschiedenen Akteure untereinander abstimmen. Eine zentrale Rolle in diesem Koordinationsprozess kommt der strategischen Stadtentwicklung der Kommune zu. Daher ist diese auch erster Adressat für die Kommunikation der Forschungsergebnisse des Projekts.
- » Der Kommune obliegt die kommunale Daseinsvorsorge. Sie ist dem örtlichen Gemeinwohl verpflichtet und prädestiniert, den Transformationsprozess im Gemeinwohlinteresse zu koordinieren. In der operativen Umsetzung und im Betrieb können vielfältige unternehmerische Strategieoptionen sinnvoll sein.
- » Die Wasserinfrastruktur wird sich zukünftig durch Kombination, Diversifizierung und Koexistenz verschiedener Systeme ausweisen. Um das jeweils optimale technische System für eine Kommune oder die ideale Systemvariante für jede einzelne bauliche Maßnahme zu bestimmen, bedarf es einer Prüfung von Fall zu Fall.

KONTAKT

ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung
Hamburger Allee 45 | 60486 Frankfurt am Main

Dr.-Ing. Martina Winker
Tel.: +49 69 707691953
winker@isoe.de

www.networks-group.de

Projektlaufzeit: 05/2013 – 10/2016



Sektorübergreifende Prozessoptimierung in der Transformation kommunaler Infrastrukturen im ländlichen Raum

HINTERGRUND

Die Infrastrukturen der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung werden in ländlichen Regionen zunehmend durch den demografischen und wirtschaftsstrukturellen Wandel in ihrer Funktionalität und ihrem wirtschaftlichen Betrieb beeinträchtigt. Erfordernisse der Nachhaltigkeit, des Klimaschutzes und der Klimaanpassung verstärken den Anpassungsdruck. Ziel des Verbundvorhabens SinOptiKom ist die Entwicklung eines innovativen softwaregestützten Optimierungs- und Entscheidungssystems. Mit diesem können mögliche Zukunftsszenarien und Handlungsoptionen systematisch analysiert und multikriteriell bewertet werden. Damit sollen strategische Entscheidungen vorbereitet werden, mit denen sich die genannten Herausforderungen durch langfristig ausgerichtete Konzepte und Maßnahmen zur Anpassung, Weiterentwicklung und Transformation bestehender Infrastruktursysteme bewältigen lassen.

ERGEBNISSE

Optimierungs- und Entscheidungsmodell

Das im Verbundvorhaben SinOptiKom als Demonstrator entwickelte Optimierungs- und Entscheidungssystem besteht aus drei Komponenten: Pre-Processing-Tool mit Datenbank und Szenario-Manager, mathematisches Optimierungsmodell und Auswertungs-Tool.

Über das Pre-Processing-Tool werden die Eingangsdaten aufbereitet und in der Wissensdatenbank für das Optimierungsmodell abgelegt. Mit Hilfe des Szenario-Managers können Nutzer durch Auswahl und Kombination unterschiedlicher Entwicklungsszenarien (z.B. zu Bevölkerungsentwicklung, Siedlungsstruktur, Wasserverbrauch, Kosten und rechtlichen Rahmenbedingungen) sowie geeigneter Anpassungsmaßnahmen individuelle Szenarien generieren. Diese stellen die Grundlage für den nachfolgenden Optimierungsprozess dar. Durch unterschiedliche Gewichtung der Bewertungskriterien kann die Zielfunktion der Optimierung individuell an unterschiedliche Präferenzen angepasst werden.

Das mathematische Optimierungsmodell erzeugt mittels linearer Optimierung für die gewählten Szenarien optimale strategische Entscheidungen zur Weiterentwicklung der Wasserinfrastruktursysteme über den gewählten Betrachtungszeitraum (50 Jahre).



Abb. 1: Ansicht der ländlichen Modellregion und Struktur des Verbundprojektes SinOptiKom (Arbeitspakete). Foto: Verbandsgemeinde Rockenhausen. Grafik: TU Kaiserslautern

Die dem Modell unterlegten Handlungsoptionen sind die Sanierung oder Erneuerung bestehender Anlagen, deren Ergänzung oder Ersatz mit alternativen, auch dezentralen Lösungen zur Anpassung oder schrittweisen Transformation der Infrastruktursysteme. Dabei sind Maßnahmen der Siedlungsentwässerung, Stoffstromtrennung, Regenwasserbewirtschaftung und Abwasserreinigung inklusive Wasser- und Nährstoffrecycling sowie Maßnahmen zur Energiegewinnung auswählbar.

Mit Hilfe des Auswertungs-Tools wird das Optimierungsergebnis als Abfolge strategischer Entscheidungen zielgruppenangepasst aufbereitet und visualisiert.

Modellanwendung

Das Optimierungssystem wurde auf einzelne Ortsgemeinden und ein gesamtes Verbandsgemeindegebiet der betrachteten Modellregionen angewendet. Bei den Handlungsoptionen wurde auf das Abwassersystem mit einem breiten Entscheidungsraum und vielfältigen Einzelmaßnahmen zur Bewirtschaftung von Schmutz- und Regenwasser fokussiert. Im ländlichen Raum sind die Veränderungen der Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur im Zuge des demografischen Wandels von besonderer Bedeutung. Diese Treiber wurden auf Grundlage einer Cross-Impact-Analyse in drei unterschiedlichen Szenarien der Sied-



Abb. 2: Darstellung im Demonstrator: Vorhandene Kanalhaltungen in ausgewählten Siedlungseinheiten. Grafik: TU Kaiserslautern

lungsentwicklung zusammengefasst betrachtet. Neben dem Bestandsszenario ohne wesentliche zeitliche Änderungen wurden ein Trendszenario mit Entdichtungs- und Zersiedlungseffekten sowie ein Szenario der Dorfkernsanierung im Szenario-Manager implementiert.

Für die Wasserversorgung wurde in Abstimmung mit den kommunalen Projektpartnern und den Wasserbehörden die Beibehaltung zentraler Versorgungsstrukturen vorgegeben. Auswirkungen und notwendige Maßnahmen aufgrund zurückgehender Wasserverbräuche wurden außerhalb des Optimierungs- und Entscheidungsmodells analysiert und bewertet.

Für die Abwassersysteme wurden die Bewertungskriterien Kosten, ökologische Auswirkungen, Flexibilität, Akzeptanz, Wasserhaushalt (Regenwasser) und Ressourcenschonung (Schmutzwasser) in die Zielfunktion aufgenommen. Die Modellanwendung zeigt: Die „optimalen Entscheidungen“ werden maßgeblich von der Gewichtung der Bewertungskriterien beeinflusst. Dezentral ausgerichtete Maßnahmen der Stoffstromtrennung mit getrennter Schwarzwasser- und Grauwasserbehandlung und die Errichtung dezentraler Pflanzenkläranlagen werden bei hervorgehobener Gewichtung der Ressourcenschonung und der Flexibilität ausgewählt. Eine einheitliche Gewichtung über die Kosten führt dagegen zum Erhalt zentraler Systeme. Die Umsetzung dezentraler Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung wird durch die Kriterien Wasserhaushalt, Kosten, ökologische Auswirkungen und Flexibilität gleichermaßen gestützt.

Die „neue Vielfalt“ dezentraler und zentraler Komponenten der Wasserinfrastruktur führt zu unterschiedlichen Kostenstrukturen (öffentlich – privat) und zusätzlichen Kostenaspekten (Ersparnis durch Grauwasserrecycling, Gewinn durch Wertstoffrückgewinnung und Energieerzeugung in Biogasanlagen). Hier könnte es angezeigt sein, derzeitige Gebührenmodelle und Kostenrechnungen anzupassen.

FAZIT

Die Vielzahl an Einflussgrößen mit unterschiedlichen zukünftigen Entwicklungen (Bevölkerungszahlen, Verbrauchsverhalten, Siedlungsentwicklung, Klimawandel, rechtliche Anforderungen usw.) lässt sich durch das systematische Erstellen von Entwicklungsszenarien abbilden. Dabei erforderten die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten unterschiedlicher Entwicklungen und Optionen eine Eingrenzung bei der Einspeisung in das Optimierungs- und Entscheidungsmodell. Für eine hohe Transparenz der Ergebnisse und ein gutes Verständnis bei den Zielgruppen der Modellanwendung kommt der problemorientierten Visualisierung mit intuitiver Ergebniserfassung besondere Bedeutung zu. Daraus ergeben sich folgende „Kernbotschaften“:

- » Die relevanten Einflussgrößen und Rahmenbedingungen für Planung, Bau und Betrieb kommunaler Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen unterliegen in ihrer zukünftigen Entwicklung erheblichen Ungewissheiten. Sie müssen über eine systematische Szenarienbetrachtung abgebildet und in ihren jeweiligen Auswirkungen aufgezeigt werden.
- » Diese Ungewissheiten erfordern eine größere Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Infrastruktursysteme. Die Ergänzung zentral ausgerichteter Systeme mit dezentralen Elementen und gegebenenfalls die stufenweise, langfristig ausgerichtete Systemtransformation erscheinen hierbei zielführend.
- » Die Komplexität strategischer Entscheidungsfindungen erfordert, auch angesichts der Langfristigkeit ihrer Auswirkungen, die Unterstützung durch intelligente, mathematisch und informationstechnologisch basierte Optimierungs- und Entscheidungssysteme.

KONTAKT

TU Kaiserslautern
 Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft
 Paul-Ehrlich-Straße 14 | 67663 Kaiserslautern

Prof. Dr.-Ing. T. G. Schmitt
 Tel.: +49 631 2052946
 theo.schmitt@bauing.uni-kl.de

www.sinoptikom.de

Projektlaufzeit: 05/2013–04/2016



Transitionswege Wasserinfrastruktursysteme: Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum

HINTERGRUND

Um den Umgang mit Wasser, Energie und Ressourcen nachhaltiger zu gestalten, müssen die heutigen Wasserinfrastruktursysteme an kommende Herausforderungen angepasst und im Hinblick auf weitere Veränderungen maßgeblicher Rahmenbedingungen flexibler ausgelegt werden. Der Projektverbund TWIST++ entwickelte ressourceneffizientere Infrastrukturkonzepte, für die Umsetzung notwendige technische Teilkomponenten, Software-Tools zur Planung, Vermittlung (Serious Game) und Entscheidungsunterstützung sowie ein umfassendes Bewertungssystem für innovative, integrierte Wasserinfrastrukturkonzepte. Um die Ergebnisse praktisch umsetzen zu können, wurden konkrete Planungsvarianten für drei Modellgebiete (Lünen, Wohlsborn-Rohrbach und Zeche Lippe-Westerholt) erarbeitet. Die für die Umsetzung relevanten Treiber und Hemmnisse einschließlich der maßgeblichen institutionellen Rahmenbedingungen wurden analysiert.

ERGEBNISSE

Die Arbeiten im Projektverbund zur (Weiter-)Entwicklung von Technikkomponenten und technischer Konzepte betreffen verschiedene Teilaufgaben: Anpassungen bei nachrüstbaren Unterdruckentwässerungssystemen auf Haushalts- oder Einzugsgebietsgröße, Untersuchung der Fit-for-purpose-Aufbereitung verschiedener (Roh-)Wässer mittels Membrantechnik, Grauwasserbehandlung mit Wärmerückgewinnung auf Haushaltsebene, anaerobe Schwarzwasserbehandlung und Nährstoffrückgewinnung aus Schwarzwasser, Urin und aus geeigneten Gewerbe- und Industrieabwässern sowie Lösungen für alternative Löschwasserbereitstellung und die hydraulische Anpassung der Trinkwassernetze bei deutlich geringerem Trinkwasserbedarf. Die Untersuchungsergebnisse und die erzielten technischen und ökonomischen Verbesserungen (vgl. „Techniksteckbriefe“ unter <http://www.twistplusplus.de/twist-de/ergebnisse>) bilden eine wichtige Grundlage, um neue Konzepte, beispielsweise für die Modellgebiete, zu planen.

Das Zusammenspiel der in TWIST++ entwickelten Software-Tools ist in Abbildung 1 dargestellt. Besondere Kennzeichen dieses Ansatzes sind:

- » integriertes System für Wasserversorgung und Abwasserentsorgung,
- » standardisierte und offene Schnittstelle zwischen Planung- und Unterstützungssystem (PUS) und Geoinformationssystem (TWIST-FluGGS),
- » direkte Kopplung und Datentransfer zwischen PUS und Serious Game,
- » Integration innovativer Technikkomponenten im Trinkwasser- und Abwasserbereich,
- » Optimierung der Löschwasserbereitstellung sowie
- » Integration des multikriteriellen TWIST++-Bewertungsverfahrens.

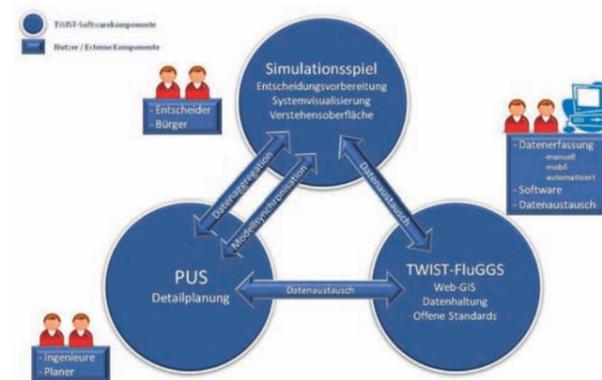


Abb. 1: Zusammenspiel der verschiedenen Software-Produkte in TWIST++. Grafik: Projekteigene Darstellung

Ziel des entwickelten digitalen Lernspiels Serious Game war es, komplexe Sachverhalte in spielerischer Form zu vermitteln, um die Verständnislücke zwischen Experten (Ingenieuren), Entscheidungsträgern sowie Nichtexperten (Bürgerinnen und Bürgern) zu schließen. Durch die direkte Übertragung der Planungsdaten wurde es möglich, die Spielwelt aus verdichteten PUS- und GIS-Daten aufzubauen. Damit stellt das Spiel ein wichtiges Kommunikationsinstrument dar, mit dem innovative Konzepte in ihren vernetzten Zusammenhängen zum Umfeld erklärt und in Langzeitbetrachtungen bewertet werden können.

Im Projektverbund wurde ein praktisch anwendbarer multikriterieller Bewertungsansatz für eine Nachhaltigkeitsbewertung

Urban (i.WET-Konzept)

Recycling von Regenwasser und Grauwasser, Wärme-Rückgewinnung aus Grauwasser, biologische Aufbereitung integriert mit Bioenergiegewinnung und Landschaftsgestaltung (Energieallee, Grauwassergarten)
 → sukzessive Einführung mit der Gebäudesanierung

Restabwasser: Ableitung mittel- bis langfristig über eine Vakuumkanalisation zur Kläranlage, Nutzung als Co-Substrat zur Biogasgewinnung
 → sukzessive Einführung mit der Kanalsanierung

Trinkwassernetz: erhöhte Flexibilität bei der hydraulischen Kapazität, Verwendung neuer Entwurfselemente bei der Planung (z.B. semi-vermaschte Verästelungsnetze), nach Bedarf trinkwasserunabhängige Löschwasserbereitstellung

Ländlich

Trennung der Abwasserteilströme Schwarz- und Grauwasser (im Haus durch Inlinerverfahren oder Neuverlegung)

Integration mit der Landwirtschaft, netzentkoppelte Löschwasserbereitstellung

→ Gesamtstrategie und Zeitplan zur schrittweisen Umsetzung innerhalb von sieben Jahren

Übers. 1: Wesentliche Bausteine und Kennzeichen der entwickelten Konzepte für die drei Modellgebiete

einschließlich geeigneter Bewertungskriterien und Indikatoren erarbeitet. Er baut auf einer Defizitanalyse bestehender Bewertungsverfahren auf und berücksichtigt die besonderen Anforderungen an die Nachhaltigkeitsbewertung von Wasserinfrastruktursystemen.

Für die Modellgebiete Lünen in Nordrhein-Westfalen (städtischer Raum mit Gewerbe und Industrie, 87.000 Einwohner, Bevölkerungsrückgang) und Wohlsborn-Rohrbach in Thüringen (zwei Dörfer im ländlichen Raum mit überwiegend sanierungsbedürftigen Teilortskanälen mit 500 bzw. 200 Einwohnern) wurden auf Basis der neu entwickelten bzw. bereits zur Verfügung stehenden Technikkomponenten zukunftsfähige Infrastrukturkonzepte erarbeitet (s. Übersicht 1). Das urbane Konzept i.WET ist ebenfalls Ausgangsbasis für das 3. Modellgebiet, die ehemalige Zeche Westerholt. Es wurde jedoch entsprechend der besonderen Rahmenbedingungen (belastete Böden, teilweise neu zu errichtende Infrastrukturen, möglichst starker Rückhalt von Regenwasser) angepasst. Trinkwasserversorgung und Löschwasserbereitstellung wurden so ausgelegt, dass aufgrund der Unsicherheit hinsichtlich des künftigen Bedarfs die hydraulische Kapazität ein Höchstmaß an Flexibilität aufweist. Der Projektverbund bereitete die Umsetzung der Konzepte in den Modellgebieten planerisch vor. Zusätzliches Kennzeichen der Konzepte ist ihre hohe Flexibilität, so dass es sehr gut möglich ist, sie zu übertragen und an andere Rahmenbedingungen anzupassen.

Die Konzepte umzusetzen erfordert neue Leitbilder und Zielgrößen sowie angepasste strategische Planungsinstrumente. Bürgerinformation und -beteiligung sind weitere wichtige Elemente. Schließlich müssen auch die bestehenden technischen Regelwerke angepasst, (verwaltungs-)rechtliche Hemmnisse abgebaut und gegebenenfalls neue Organisations- und Finanzierungsmodelle angewendet werden.

FAZIT

Wichtige Veränderungen im Umfeld und neue Herausforderungen bedingen eine Anpassung und Weiterentwicklung der Wasserinfrastrukturen. Die Projektergebnisse verdeutlichen: Technische, aber auch nichttechnische Innovationen stehen zur Verfügung, um zu nachhaltigen und zukunftsfähigen Wasserinfrastruktur-Lösungen zu kommen. Sie ermöglichen es, nachhaltige Konzepte zur energetischen und stofflichen (Wieder-)Nutzung von (Ab-)Wasser umzusetzen. Auch die zur Konzeption, Planung und Entscheidungsunterstützung benötigten Software-Tools wurden im Rahmen von TWIST++ erarbeitet. Die Ergebnisse aus den Modellgebieten zeigen: Die Transition bestehender Wasserinfrastrukturen auf Gebäude- wie auf Quartiersebene ist technisch und organisatorisch möglich und zur Verbesserung der Zukunftsfähigkeit bestehender Systeme sinnvoll und erforderlich. Um ressourcenorientierte Konzepte auf breiter Front umzusetzen, bedarf es des Abbaus rechtlicher und organisatorischer Hemmnisse beispielsweise durch Fortschreibung des technischen Regelwerks.

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)
 Breslauer Straße 48 | 76139 Karlsruhe

Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand
 Tel.: +49 721 6809119
 thomas.hillenbrand@isi.fraunhofer.de

www.twistplusplus.de

Projektlaufzeit: 06/2013 – 09/2016



Entwicklung und Implementierung eines Anreicherungs- und Detektionssystems für das Inline-Monitoring von wasserbürtigen Pathogenen in Trink- und Rohwasser

HINTERGRUND

Die Bereitstellung gesundheitlich unbedenklichen, hygienisch einwandfreien Trinkwassers ist eine wesentliche Errungenschaft weit entwickelter Staaten. Bislang fehlen aber zuverlässige, stationär und mobil einsetzbare Schnelldetektions- und -warnsysteme für mikrobiologische Wasserverunreinigungen. Der heute gängige Nachweis bakterieller Indikatorkeime durch Erregeranzucht im Labor ist für eine zeitnahe Alarmierung einer Kontamination mit Krankheitserregern (Bakterien, Viren und Parasiten) nicht geeignet. Ein kontinuierliches Monitoring würde zudem dynamische Kontaminationsprozesse in Leitungssystemen besser abbilden.

Hierzu erfolgten in EDIT die Entwicklung, Erprobung und vorbereitende Implementierung eines kontinuierlichen Aufkonzentrierungssystems mit integrierter molekularbiologischer Multianalytdetektion für wasserbürtige Pathogene und Indikatororganismen.

ERGEBNISSE

Im Rahmen des Projektes EDIT wurde ein Funktionsmuster eines Hygiene-Online-Monitoring-Systems (HOLM) entwickelt. Dieses setzt sich modular aus verschiedenen Teilsystemen zusammen, ist automatisierbar und erlaubt den Nachweis wichtiger wasserbürtiger Bakterien und Viren (s. Übers. 1).

Bakterien	Viren	Phagen
- <i>Escherichia coli</i>	- Norovirus GGI-II	- MS2
- <i>Enterococcus faecalis</i>	- Adenovirus 40,41,52	- PhiX174
- <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	- Enteroviren	
- <i>Campylobacter jejuni</i>		(zum Zweck
- <i>Klebsiella pneumoniae</i>		der System-
- <i>Klebsiella oxytoca</i>		validierung)

Übers. 1: Liste der Erreger, die im Rahmen von EDIT nachgewiesen werden

Auf die Probenahme folgen drei Ankonzentrierungsschritte, eine weitere Probenaufbereitung, die eigentliche Detektion und schließlich die Ergebnisbereitstellung (s. Abb. 1).

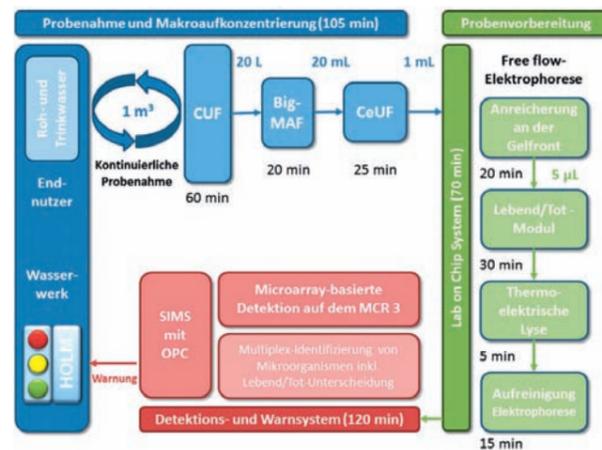


Abb. 1: Aufbau und Ablauf des in EDIT entwickelten HOLM-Systems. Grafik: Projekteigene Darstellung

Die erste Stufe stellt die Crossflow-Ultrafiltration (CUF) dar, über die Volumina von mehreren hundert bis tausend Litern auf rund 20 l aufkonzentriert werden. Die zweite Ankonzentrierungsstufe besteht aus einer monolithischen Affinitätsfiltration (MAF) mit anschließender zentrifugaler Ultrafiltration (CeUF), welche die Trübung weitgehend beseitigt und die 20 l-Probe auf 1 ml aufkonzentriert. Die dritte Ankonzentrierungsstufe bildet ein Lab-on-Chip-System, das mittels einer Freifluss-Elektrophorese Erreger aus der Flüssigkeit extrahiert und an einer Hydrogelfront so ankonzentriert, dass das Volumen auf etwa 5 µl reduziert werden kann. Im selben Mikrochip erfolgen daraufhin eine Extraktion und Aufreinigung der Nukleinsäuren. Anschließend werden die Extrakte an die automatisierte Mikroarray-Analyseplattform (MCR3) übergeben. Dort werden nach einer Amplifikation die RNA/DNA-Extrakte identifiziert. Da nur von lebenden Organismen ein Infektionsrisiko ausgeht, wurde zusätzlich eine Lebend-Tot-Unterscheidung implementiert.

Über eine eigens entwickelte smartphone- und tablet-taugliche App werden Informationen zur Probe, Probenahme sowie eine Vielzahl von Betriebsparametern erfasst. Diese Daten sollen nicht nur eine umfassende Dokumentation ermöglichen, sondern im Falle einer Fehlbedienung oder eines Defektes auch die Fehlersuche erleichtern.



Abb. 2: Erprobung des CUF-Systems bei den Berliner Wasserbetrieben. Foto: Daniel Karthe



Abb. 3: Praxis-Schulung an der Technischen Universität München. Foto: Daniel Karthe

Nach einer Erprobung und Verbesserung der Makro-Ankonzentrierung im Sommer 2014 (s. Abb. 2) wurden im Laufe des Jahres 2015 die weiteren Systemkomponenten fertiggestellt und im Labor erprobt. Derzeit laufen bei den in das Projekt eingebundenen Wasserversorgern Vergleichstests, in deren Rahmen auch der praktische Mehrwert des HOLM im Vergleich zu etablierten Nachweismethoden untersucht wird. Wichtige Voraussetzung hierfür waren neben der Durchführung von Schulungsmaßnahmen auch gemeinsame Workshops mit den Praxispartnern aus der Wasserversorgung (s. Abb. 3).

FAZIT

Der demografische Wandel wie auch der Klimawandel stellen besondere Herausforderungen für die Trinkwasserhygiene dar. Aus diesem Grund besteht ein Bedarf an innovativen Monitoringverfahren, die mögliche Kontaminationen schneller, sensitiver und auf Basis einer erweiterten Zahl mikrobiologischer Parameter erkennen können. Innovative Hygiene-Monitoringsysteme, wie

das in EDIT entwickelte Aufkonzentrierungs- und Detektionsverfahren für Bakterien und Viren in Roh- und Trinkwasser, bieten für Wasserversorger beim operativen und investigativen Monitoring Vorteile hinsichtlich ihrer Schnelligkeit und des deutlich erweiterten Erregerspektrums. Die erhöhte Sensitivität, Schnelligkeit und Erweiterung des Spektrums mikrobiologischer Indikatoren erlauben es darüber hinaus, die Charakteristika von Einzugs- und Versorgungsgebieten genauer zu erfassen, Ursachen von Kontaminationen zeitnah zu erkennen, aber auch die hygienische Unbedenklichkeit mit höherer Gewissheit aufzuzeigen, als es konventionelle Verfahren erlauben.

KONTAKT

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)
Department Aquatische Ökosystemanalyse und Management
Brückstraße 3 a | 39114 Magdeburg

Dr. Daniel Karthe
Tel.: +49 391 8109104
daniel.karthe@ufz.de

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK)
Georges-Köhler-Allee 103 | 79110 Freiburg

Dr. Gregory Dame
Tel.: +49 761 2037267
dame@imtek.de

www.ufz.de/index.php?de=32485

Projektlaufzeit: 06/2013 – 12/2016



Entwicklung nachhaltiger Anpassungsstrategien für die Infrastrukturen der Wasserwirtschaft unter den Bedingungen des klimatischen und demografischen Wandels

HINTERGRUND

Bei der Planung zukünftiger Investitionen in die zentrale Wasserversorgungsinfrastruktur stehen die Wasserversorgungsunternehmen vor großen Herausforderungen: Es gilt die Folgen des Klimawandels, demografischer Veränderungen wie auch bereits gefällter oder zukünftiger energiepolitischer Entscheidungen zu bewerten. Diese Einflussgrößen sind in stetigem Wandel und hängen in starkem Maße voneinander ab (s. Abb. 1).

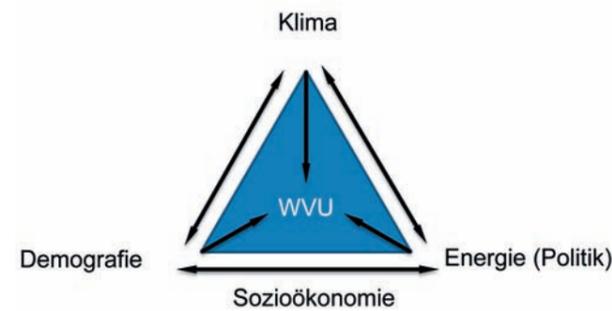


Abb. 1: Die Wasserversorgungsunternehmen (WVU) im Spannungsfeld sich gegenseitig beeinflussender Einflussgrößen. Grafik: GRS gGmbH, J. Wolf

Die Anforderungen sind komplex und erfordern integrierte Antworten. Dabei müssen in vielen Regionen wasserwirtschaftliche Einflussgrößen im Zusammenhang mit physikalisch nicht trivialen Problemstellungen (z.B. Salzwasserintrusion in einen Süßwasseraquifer) und gesellschaftlichen Fragestellungen (z.B. Bevölkerungsentwicklung, technologischer Fortschritt und rechtliche Rahmenbedingungen) betrachtet werden. Um eine Akzeptanz der Ergebnisse zu erreichen, bedarf es interdisziplinärer Ansätze und eines möglichst hohen Maßes an Partizipation von Akteuren aus nicht-wissenschaftlichen Bereichen.

Das Vorhaben NAWAK erarbeitet in diesem Spannungsfeld ein geeignetes Planungsinstrumentarium. Es soll bereits eingetretene oder in Zukunft zu erwartende Beeinträchtigungen auf der Angebots- und Nachfrageseite der Wasserversorgung sowie den Einfluss möglicher Maßnahmen aufzeigen und bewerten und somit als wertvolle Grundlage zur Ableitung regionaler Anpassungsstrategien für die Wasserversorgung dienen. Modellregionen zum Einsatz des Planungsinstrumentariums sind erstens

das Einzugsgebiet des Wasserwerkes Sandelermöns des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes (OOWV), zweitens die Wasserversorgung im Elbe-Weser-Dreieck am Beispiel der Wasserversorgung im Stader Land (TWV Stader Land) und im Land Hadeln (WV Land Hadeln) sowie drittens das Versorgungsgebiet der Heidewasser GmbH in Sachsen-Anhalt.

ERGEBNISSE

Auf der Grundlage der in allen drei Modellregionen durchgeführten Situationsanalysen wurde der Datenbestand untersucht und durch das Errichten neuer Messstellen (Grundwassermessstellen, Klimastationen) sowie durch neue Messungen (chemische Analysen von Grundwasser und Oberflächengewässer, geoelektrische Messungen) signifikant verbessert. So ermöglichte beispielsweise das Verknüpfen von geologischen Daten und elektrischen Widerstandsmessungen eine detaillierte regionale Kartierung der Süß-/Salzwassergrenzfläche. Für den mit Blick auf die Anpassungsstrategien gewählten Bewertungszeitraum bis zum Jahr 2050 wurden klimatische Szenarien abgeleitet. Diese basieren auf verschiedenen Emissionsszenarien des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC; „A1B mittleres Szenario, Trendfortschreibung“, „A2 Negativszenario“ und „B1 Interventionsszenario“) sowie Prognosen zum Meeresspiegelanstieg. Grundlagen lieferten die Ergebnisse aus dem statistischen Modell WETTREG (statistisches regionales Klimamodell; Globalmodell: ECHAM5). Das Projekt leitete auch drei sozioökonomische Entwicklungen ab: „Grüne Welt-Szenario“, „Basisszenario“ und „Wachstumsszenario“. Dabei wurden allgemeine regionalwirtschaftliche Wachstumstrends, die demografische Entwicklung sowie sektorspezifische Trends und Nutzungskonkurrenzen zwischen öffentlicher Wasserversorgung, Industrie, Landwirtschaft, aber auch der Wasserbedarf zur Sicherung der Ökosystemdienstleistungen berücksichtigt. Diese Szenarienbeschreibungen integrierte NAWAK für die Modellregion Sandelermöns in die Prototypen des Planungsinstrumentariums (s. Abb. 2).

In Abstimmung mit den lokalen Akteuren wurde für das Planungsinstrumentarium eine Liste notwendiger zu modellierender Bewertungsgrößen erarbeitet. Diese Liste umfasst Wasserhaushaltsgrößen (z.B. Grundwasserneubildung), chemische

Daten (z.B. Chlorid-Gehalt im Grundwasser) sowie Verweilzeiten im Rohrnetz. Die für die Berechnung der Bewertungsgrößen notwendigen Grundlagen werden zurzeit für die neun zugrunde gelegten Szenarien (Kombination aus den drei klimatischen und den drei sozioökonomischen Szenarien) mit dem Wasserhaushaltsmodell Panta Rhei, dem Grundwasserströmungs- und Transportmodell d³f++ sowie dem Rohrnetzmodell STANET ermittelt und schrittweise in das Planungsinstrumentarium implementiert (s. Abb. 3).

Parallel zur Implementierung des Planungsinstrumentariums und der berechneten Ergebnisse wird der Partizipationsprozess im Vorhaben organisiert. Seit Beginn von NAWAK sind lokale Stakeholder aus Landwirtschaft, Industrie und Wasserversorgung in das Projekt eingebunden. Höhepunkt des Partizipationsprozesses werden zwei Regionalforen zum Klimawandel und den demografischen Entwicklungen sein. In diesen Veranstaltungen sollen Ergebnisse und erste mit dem Planungsinstrumentarium bewertete Maßnahmen diskutiert werden.

FAZIT

Die Herausforderungen bei der Planung künftiger Investitionen liegen in den sich ändernden Einflussgrößen, das sind vor allem Klima, Demografie und die energiepolitischen Rahmenbedingungen. Diese Einflussgrößen hängen in starkem Maße voneinander ab. Dies führt zu einer enormen Komplexität der bei der Planung zu beantwortenden Fragen und einem hohen Grad an Ungewissheit. Die im Vorhaben NAWAK durchgeführten Arbeiten und Analysen zeigen: Die singuläre Betrachtung einer Herausforderung reicht nicht aus. Stattdessen ist ein integrativer, interdisziplinärer Ansatz bei der Problemlösung erforderlich.

Anpassungsstrategien sind ein sinnvolles Element, diesen Herausforderungen zu begegnen. Insbesondere helfen sie dabei, die Komplexität (z.B. durch Ermittlung sensibler Parameter) und Ungewissheit (z.B. durch Einsatz von Szenarien) in den Fragestellungen zu beherrschen. Komplexität und Ungewissheit lassen sich prinzipiell aber nur bis zu einem gewissen Grad eingrenzen; es verbleiben eine der Fragestellung inhärente Komplexität und Ungewissheit, die auch in den nicht-wissenschaftlichen Bereich kommuniziert werden müssen. Um eine belastbare Grundlage für Anpassungsstrategien, die auch eine Priorisierung der Zielsetzungen ermöglichen müssen, zur Verfügung zu stellen, ist es erforderlich, Datenlage und Prozessverständnis zu verbessern. Zu letzterem gehören insbesondere auch Effekte oder Abhängigkeiten zwischen den Einflussgrößen, die erst aus einer integrativen, interdisziplinären Betrachtung resultieren. Lokale Akteure in den gesamten Prozess der Erstellung von Anpassungsstrategien einzubinden ist eine Voraussetzung dafür, solche Anpassungsstrategien im beschriebenen Spannungsfeld später auch erfolgreich umzusetzen.

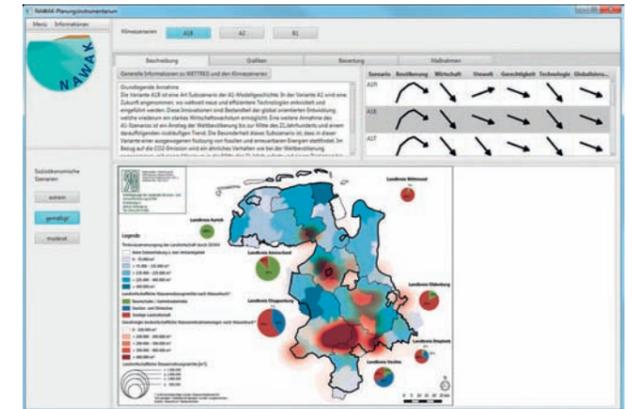


Abb. 2: Heatmap des landwirtschaftlichen Wasserbedarfs im Planungsinstrumentarium. Die Karte zeigt die Trinkwasserversorgung durch den OOWV auf Gemeindeebene (blau) und die genehmigten landwirtschaftlichen Wasserentnahmemengen gemäß des Wasserbuches (rot) sowie in Kreisdiagrammen die Verteilung der Wassernutzungsrechte nach landwirtschaftlichen Sektoren. Grafik: TU Braunschweig, M. Gelleszun

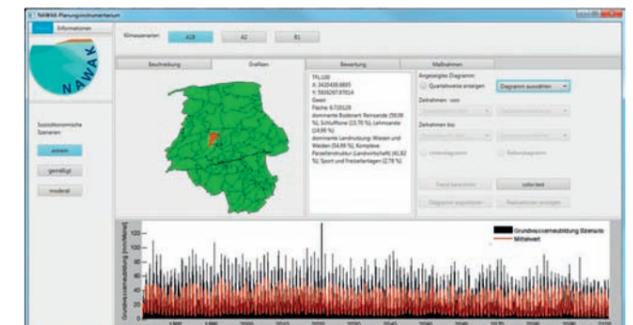


Abb. 3: Darstellung der Grundwasserneubildung einer ausgewählten (rot) Teilfläche (Zeitraum 1970 bis 2100) für Szenario A1B im Planungsinstrumentarium. Grafik: TU Braunschweig, M. Gelleszun

KONTAKT

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Theodor-Heuss-Straße 4 | 38122 Braunschweig

Dr. Jens Wolf
Tel.: +49 531 8012228
jens.wolf@grs.de

www.oowv.de/wissen/wasserschutz/projekte/informationen-zum-projekt-nawak/

Projektlaufzeit: 07/2013 – 01/2017

Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme

HINTERGRUND

Im Bereich des Abwasser- und Regenwassermanagements in urbanen Räumen sind Konzepte gefragt, die zum einen die Entsorgungssicherheit gewährleisten, zum anderen einen Beitrag zur Lösung der mit der urbanen Hydrologie eng verknüpften Umweltprobleme leisten. Die Entwicklung von Maßnahmenstrategien zur Anpassung der entsprechenden stadttechnischen Infrastruktur an den Klimawandel und weitere erwartete Veränderungen ist bereits in vollem Gange. Um die Strategien umzusetzen und zu operationalisieren, fehlt es jedoch an weitergehenden Untersuchungen zur Wirksamkeit und Optimierung der Maßnahmen sowie zum Wirkungspotenzial von Maßnahmenkombinationen. Diese Maßnahmen betreffen die Entwässerungsplanung ebenso wie die verbindliche Gebäude-, Raum- und Umweltplanung sowie das Setzen von Anreizen.

Die integrierte Beschreibung der Effekte von Maßnahmen auf urbane Abwasser- und Regenwassersysteme wurde darum im Projekt KURAS umfassend und skalenübergreifend behandelt. Ziele sind die Erarbeitung und die modellhafte Demonstration von Konzepten eines nachhaltigen Umgangs mit Abwasser und Regenwasser für Kommunen und Abwasserentsorger.

ERGEBNISSE

Schwerpunkt Regenwasserbewirtschaftung

Im Projekt wurden 27 etablierte Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung untersucht – in den sieben Kategorien Gebäudebegrünung, Regenwassernutzung, Versickerung, Entsiegelung, künstliche Wasserflächen, Reinigung und Stauraum im Kanal. Ausgangshypothese der Arbeiten war, dass durch geeignete (skalenübergreifende) Kombinationen dieser Maßnahmen ein erhöhter Nutzen erreicht werden kann, der sich an den Herausforderungen in einem konkreten Stadtquartier orientiert.

Im ersten Schritt wurden alle Maßnahmen bezüglich Nutzen und Kosten quantitativ bewertet. Diese Bewertung geht weit über wasserwirtschaftliche Kriterien hinaus. Sie berücksichtigt den Nutzen für Gebäudebewohner, Freiraumqualität, Stadtklima, Biodiversität, Grundwasser und Oberflächengewässer sowie die direkten Kosten und die Ressourcennutzung. Ergebnis ist eine Bewertungsmatrix, die eine Auswahl geeigneter Maßnahmen für das Erreichen der angestrebten Ziele unterstützen kann. Die Bewertungsmatrix wurde in KURAS beispielhaft für zwei Berliner



Abb. 1: Schematische Darstellung der Betrachtungsebenen im Projekt KURAS. Grafik: Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB)

Stadtquartiere angewendet. Basis war eine Analyse der dortigen Ausgangssituation, bei der der Bedarf von betroffenen Stakeholdern und die Machbarkeit der unterschiedlichen Maßnahmen berücksichtigt wurden. Es ergaben sich drei Maßnahmenkombinationen pro Beispielgebiet. Sie werden aktuell bezüglich der erwarteten Nutzen und Kosten bewertet und sollen schließlich durch die Stakeholder hinsichtlich ihrer Praktikabilität beurteilt werden. Anreize für die Umsetzung werden aufgrund von Stakeholder-Analysen und ökonomischen Wirkungspfaden (wer zahlt, wer gewinnt?) vorgeschlagen. Zudem werden Empfehlungen ausgesprochen, wie sich der institutionelle Rahmen so anpassen lässt, dass Hemmnisse in der Umsetzung abgebaut werden. Neben einzelnen Normen und Gesetzen liegt ein wichtiger Fokus auf dem Planungsprozess und insbesondere der Frage, wie Belange der Regenwasserbewirtschaftung darin frühzeitig und besser berücksichtigt werden können.

Schwerpunkt Abwassersystem

Um die für das gesamte Abwassersystem (vom Einleiter bis zur Kläranlage) effektivsten Maßnahmenstrategien gegen die mit Unterlast und Überlast verbundenen Probleme systematisch zu untersuchen, wurde das Abwassersystem in vier Themenschwerpunkte (Forschungscluster) unterteilt: Oberfläche, Kanalsystem, Pumpsystem und Kläranlage.

Innerhalb dieser Cluster wurde im ersten Schritt eine Vielzahl an Maßnahmen sowohl experimentell als auch über Simulationsmodelle untersucht und in einem Maßnahmenkatalog zusammengefasst.

Im zweiten Schritt wurden Maßnahmenkombinationen zusammengestellt, um zwei übergeordnete Ziele zu erreichen: Zum einen sollte es Maßnahmenkombinationen geben, die bestimmten negativen Auswirkungen von Überlast und Unterlast im Kanal gezielt entgegenwirken. Dabei geht es beispielsweise darum,

- » Überflutungen und Überstaus zu reduzieren,
- » Mischwasserüberläufe zu verringern,
- » Kanalablagerungen zu vermindern,
- » Ablaufwerte der Kläranlage zu verbessern.

Zum anderen wurden Maßnahmenkombinationen definiert, mit denen sich das Gesamtsystem (hier: Berliner Abwassersystem anhand des Modellgebietes Wilmersdorf) verbessern lässt. Sie umfassen zwei Kombinationen mit unterschiedlichem baulichem und zeitlichem Aufwand.

Als Rahmenbedingungen für die Modellierung der Maßnahmenkombinationen im Gesamtsystem wurden neben Klimaszenarien für das Jahr 2050 auch Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung und verschiedene Wassergebrauchsszenarien zugrunde gelegt. Daraus wurden für die simulative Analyse ein Basisszenario sowie Entwicklungsszenarien für Überlast und Unterlast erstellt. Die Wirksamkeit von Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen wurde über Simulation als Veränderung gegenüber dem Basisszenario dargestellt.

Flankiert von einer Kostenbewertung und Risiko- sowie SWOT-Analyse sollen die ausgewählten Maßnahmenkombinationen als Empfehlungen dienen und Handlungsoptionen für Betreiber urbaner Abwassersysteme aufzeigen, um die in naher Zukunft zu erwartende Verschärfung der Unterlast- und Überlastproblematik anzugehen. An den Schnittstellen Kanal und Oberfläche werden in beiden Schwerpunktthemen dieselben Ansätze genutzt, allerdings in unterschiedlichem Detaillierungsgrad. Die entwickelten Methoden der übergeordneten Planung sind daher sowohl einzeln für die Regenwasserbewirtschaftung oder die Abwassersysteme als auch kombiniert für beide Aufgabenbereiche einsetzbar.

FAZIT

- » Eine integrierte, skalenübergreifende Betrachtung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung und des Abwassermanagements ist wichtig, um erstens unterschiedliche Nutzen abzudecken, die über die primären Ziele jeder einzelnen Maßnahme hinausgehen, und um zweitens urbane Abwassersysteme an Veränderungen wie die Folgen des Klimawandels, demografische Entwicklungen und sich änderndes Verbraucherverhalten anzupassen. Dies ermöglicht einerseits, entstehende Synergien zu nutzen, andererseits lassen sich so potenzielle negative Wechselwirkungen von Teilsystemen vermeiden.
- » Die in KURAS erstellten Maßnahmenbewertungen für Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme erlauben es, ge-

zielt sehr unterschiedliche Maßnahmen mit Blick auf konkrete Problemstellungen auszuwählen. Sie können damit als Entscheidungshilfe einer integrierten Planung für Städte genutzt werden.

- » Bei der Planung eines nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftungs- und Entwässerungskonzepts ist es notwendig, unterschiedliche Akteure zu berücksichtigen. Neben den verantwortlichen Wasserver-/entsorgern und Akteuren aus Stadtplanung und Politik sind dies auch Interessenvertreter unterschiedlicher Belange (z.B. Baugesellschaften, Umweltverbände).
- » KURAS unterstützt die Umsetzung der Ergebnisse einerseits durch weiterentwickelte Software-Tools und Arbeitshilfen, andererseits durch Vorschläge zur Gebäude- und Quartierzertifizierung für Wasser sowie zu übergeordneten Planungsinstrumenten für die urbane Abwasser- und Regenwasserbewirtschaftung.



Abb. 2: Pumpe im Hauptpumpwerk Wilmersdorf, Berlin – neuralgischer Bestandteil des Abwassersystems. Foto: FG Fluidsystemdynamik, TU Berlin

KONTAKT

Kontakt Abwassersystem:

TU Berlin, Fachgebiet Fluidsystemdynamik, Sekr. K2
Straße des 17. Juni 135 | 10623 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Paul Uwe Thamsen
Tel.: +49 30 31425262
paul-uwe.thamsen@tu-berlin.de

Kontakt Regenwasserbewirtschaftung:

Kompetenzzentrum Wasser Berlin
Cicerostaße 24 | 10709 Berlin

Dr. Andreas Matzinger
Tel.: +49 30 53653824
andreas.matzinger@kompetenz-wasser.de

www.kuras-projekt.de

Projektlaufzeit: 06/2013 – 10/2016

Die Stadt als hydrologisches System im Wandel – Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts

HINTERGRUND

Die konventionelle Siedlungsentwässerung ist geprägt von statisch betriebenen Anlagen, die auf Planungshorizonte von mehreren Jahrzehnten bemessen werden. Die so entstandenen unflexiblen Systeme sind zunehmend einem Wandel der Rahmenbedingungen ausgesetzt. Dabei treffen großräumige Veränderungen in Demografie und Klima auf lokale Entwicklungen in den einzelnen Kommunen. Im Verbundforschungsvorhaben SAMUWA wurden die bisherigen Ansätze in Planung und Betrieb von Entwässerungssystemen kritisch geprüft. Es wurden Wege aufgezeigt, wie sich mit intelligenten und integrativen Systemlösungen und Bewirtschaftungskonzepten ein dynamisches und anpassungsfähiges Management des stadthydrologischen Gesamtsystems erreichen lässt.

ERGEBNISSE

Im Verbund lieferten 14 Teilprojekte Lösungen zu verschiedenen Problemstellungen als Schritte zu einem nachhaltigen und anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts. Kern aller Arbeiten war die eng aufeinander abgestimmte Entwicklung planerischer Methoden, hierfür erforderlicher IT-Werkzeuge und organisatorischer Prozesse. Entwicklung und pilothafte Anwendung erfolgten in den Modellgebieten Wuppertal, Münster, Reutlingen sowie im Emschergebiet. Wesentliche Ergebnisse und Produkte des Verbundvorhabens sind somit

- » Lösungen für konkrete Probleme in den Modellgebieten,
- » Werkzeuge zur Lösung in Form von Planungsmethoden und Software sowie
- » Leitfäden für die praktische Anwendung.

Die Ergebnisse der Teilprojekte lassen sich in drei Schwerpunkten zusammenfassen:

Im Schwerpunkt „Bestand verbessern“ wurden Möglichkeiten aufgezeigt, konventionelle Kanalnetze durch den Einsatz innovativer Software zu optimieren und zu intelligenten flexiblen Systemen weiterzuentwickeln. Eine wesentliche Innovation stellt dabei ein stochastischer Niederschlagsgenerator dar, der synthetische, räumlich und zeitlich korrelierte Niederschlagszeitreihen in fünfminütiger Auflösung über mehrere Jahrzehnte erzeugen kann. Er bietet somit die Möglichkeit, die ungleichmäßige



Abb. 1: Einrichtung einer Durchflussmessung für die Abflusssteuerung in Reutlingen. Foto: ISWA, Universität Stuttgart, 2015

Überregnung bei der Planung von Entwässerungssystemen zu berücksichtigen. Auf dieser Basis wurden am Beispiel der Stadt Reutlingen die Reserven ermittelt, die sich im Kanalnetz aus der ungleichmäßigen Belastung ergeben. Für dieses Entwässerungssystem wurde auch eine Abflusssteuerung entwickelt und im Juni 2014 in Betrieb genommen. Ziel dieser Steuerung ist es, die räumliche Inhomogenität der Belastung auszugleichen, das verfügbare Speichervolumen im Netz optimal zu nutzen und somit die Gewässerbelastung durch Überlaufereignisse zu minimieren. Die Steuerung ist als Prototyp für eine allgemeine Anwendung in Mischsystemen konzipiert. Um die weitere Verbreitung der Abflusssteuerung in der Praxis zu fördern, wurde außerdem ein vereinfachter Simulator entwickelt. Er ermöglicht es, die Wirkung einer solchen Maßnahme im Zusammenwirken von Kanalnetz, Regenbecken und Kläranlage mit geringem Aufwand einzuschätzen.

In Wuppertal wurde weltweit erstmalig eine verschmutzungsabhängige Verbundsteuerung eines Kanalnetzes umgesetzt.

Abflüsse in verrohrten Bachläufen und Regenwasserkanälen werden dabei abhängig von ihrer in Echtzeit gemessenen Verschmutzung entweder zur Kläranlage oder in die Wupper abgeleitet. Die Abfluss- und Verschmutzungsdaten wurden kontinuierlich in hoher zeitlicher Auflösung gemessen, ausgewertet und in die Weiterentwicklung der Steuerung eingespeist. Als ergänzendes Produkt ist dabei ein auf die Anwendung in Kanalnetzen spezialisiertes Messdatenmanagementsystem entstanden.

Der Schwerpunkt „Zukunft planen“ erweitert den Planungsansatz von der Siedlungsentwässerung auf den innerstädtischen Wasserhaushalt sowie die Stadt- und Freiraumplanung. Um die Auswirkungen von Neuerschließungen auf den lokalen Wasserhaushalt zu quantifizieren, wurde das Wasserbilanzmodell „WABILA“ entwickelt. Mit diesem Werkzeug können schon in einer frühen Planungsphase Konzepte für eine dezentrale und semizentrale Niederschlagswasserbewirtschaftung ausgearbeitet und in die Erschließungsplanung eingebracht werden. Für Bestandsgebiete wurde ebenfalls ein GIS-Tool entwickelt, mit dem sich das Potenzial solcher Bewirtschaftungsmaßnahmen ermitteln lässt. In enger Abstimmung zwischen Ingenieuren und der Landschaftsplanung wurden stadt- und freiraumplanerische Strategien zur Entwicklung attraktiver urbaner Freiräume erarbeitet, die auch wasserwirtschaftliche Anforderungen angemessen berücksichtigen. In zwei Pilotstudien in Wuppertal und Gelsenkirchen wurden Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung und der Überflutungsvorsorge in den laufenden Stadtentwicklungsprozess integriert und konkrete Gestaltungsvorschläge erarbeitet.

Im Schwerpunkt „Hemmnisse überwinden“ wurden die derzeitige Organisation von Planungsabläufen und deren institutionelle Rahmenbedingungen analysiert, um Hemmnisse zu identifizieren und Lösungsmöglichkeiten auszuarbeiten. Im Modellgebiet Münster wurde beispielhaft ein GIS-gestütztes zentrales Informationsportal implementiert, das den Datenfluss für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit aller urbanen Planungsbereiche gewährleisten soll. Ein Leitfaden „Governance“, der sich an Kommunen und Planungsakteure richtet, beschreibt Anpassungsmöglichkeiten von Prozessen und Strukturen für eine integrierte und partizipative Planung in den Bereichen Siedlungsentwässerung, Stadtentwicklung, Freiraumplanung, Umwelt und Verkehr.

Die Ergebnisse sind durch Beiträge zu sechs Arbeits- und Merkblättern in das Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) sowie in die Entwurfsfassung der DIN EN 752 eingeflossen. Eine vollständige Darstellung der Ergebnisse mit der Möglichkeit zum Download von Leitfäden und Software-Produkten findet sich unter www.samuwa.de.

FAZIT

Die als Ergebnis von SAMUWA bereitgestellten Methoden und Werkzeuge leisten einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung

der Effizienz konventioneller Entwässerungssysteme sowie zur Etablierung integrierter Planungsprozesse für eine wassersensitive Stadtentwicklung. Aus den Erfahrungen bei der Bearbeitung lassen sich folgende Kernbotschaften ableiten:

- » Robuste und flexible Lösungen ermöglichen eine zukunftsfähige Gestaltung des urbanen Wasserhaushalts.
- » Der Weg in die Zukunft führt über die Optimierung des Bestands.
- » Wassersensitive Stadtentwicklung erfordert integrierende Planungsprozesse.



Abb. 2: Schematische Darstellung eines wasserbezogenen städtebaulichen Leitbildes am Beispiel des Modellgebietes Wuppertal/Varresbeck. Grafik: Institut für Landschaftsplanung und Ökologie (ILPÖ), Universität Stuttgart, 2015

KONTAKT

Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2 | 70569 Stuttgart

Dr.-Ing. Ulrich Dittmer
Tel.: +49 711 68569350
ulrich.dittmer@iswa.uni-stuttgart.de

M.Sc. Anna Bachmann
Tel.: +49 711 68565788
anna.bachmann@iswa.uni-stuttgart.de

www.samuwa.de

Projektlaufzeit: 07/2013 – 12/2016

SYNOPSIS

Synthetische Niederschlagszeitreihen für die optimale Planung und den Betrieb von Stadtentwässerungssystemen

HINTERGRUND

Um Stadtentwässerungssysteme mittels Niederschlag-Abfluss-Modellen zu planen und zu optimieren, werden lange, kontinuierliche und zeitlich hoch aufgelöste Niederschlagsreihen benötigt. Da beobachtete Zeitreihen dieser Qualität in Deutschland nicht flächendeckend vorliegen, führen Planungskonzepte, die ungeeignete Daten verwenden, oft zu unwirtschaftlichen und nicht-nachhaltigen Ergebnissen. Eine Alternative ist die Verwendung synthetischer Niederschlagsreihen. Ziel des Projektes SYNOPSIS war die Untersuchung und Weiterentwicklung von Methoden zum Erzeugen synthetischer Niederschlagsdaten; dabei wurden verschiedene stadthydrologische Anwendungsbereiche berücksichtigt. Als erster Schritt in Richtung einer bundesweit übertragbaren Datengenerierungsmethode wurden im Rahmen von SYNOPSIS die Bundesländer Niedersachsen und Baden-Württemberg sowie die drei Städte Hamburg, Braunschweig und Freiburg i. Br. als Modellgebiete betrachtet.

ERGEBNISSE

Das Projekt untersuchte drei unterschiedliche Niederschlagsmodelle, die Regenreihen in einer zeitlichen Auflösung von fünf Minuten erzeugen, hinsichtlich ihrer Eignung für die Stadtentwässerung: ein parametrisch-stochastisches Modell der Universität Hannover, ein nicht-parametrisch-stochastisches Modell der Universität Stuttgart, basierend auf dem NiedSim-Ansatz, sowie eine an der Universität Augsburg angewandte stochastische Methode auf Grundlage von Ergebnissen eines numerischen Klimamodells.

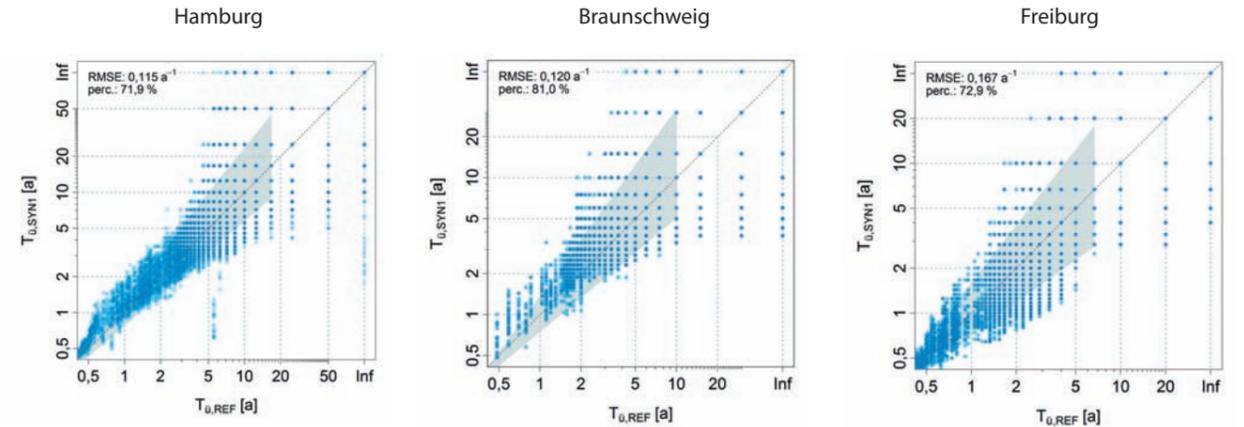
Die synthetischen Regenreihen wurden in verschiedener Weise auf Plausibilität geprüft. Hierzu gehörte einerseits der Vergleich mit gemessenen Zeitreihen, der anhand verschiedener Niederschlagscharakteristika und statistischer Kenngrößen durchgeführt wurde. Andererseits wurden die synthetischen Niederschläge als Belastung für die Kanalnetzmodelle der drei Untersuchungsgebiete verwendet. So wurde geprüft, ob unter Ansatz der synthetischen Niederschläge das Verhalten der Kanalnetze in Bezug auf Überstauhäufigkeiten und -volumina sowie Schmutzfrachtentlastungen ausreichend gut wiedergegeben wird. Als Vergleich dienen Simulationsergebnisse auf Grundlage gemessener Regenreihen.

Die Analysen und Vergleiche führten zu einer sukzessiven Anpassung aller drei Niederschlagsmodelle an die real beobachteten Verhältnisse und an die Erfordernisse der Stadtentwässerung. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Simulationsergebnisse von Überstauwiederkehrzeiten in den drei betrachteten Städten für eines der Niederschlagsmodelle und bei Verwendung von Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), jeweils im Vergleich zur Verwendung der örtlichen Referenzzeitreihe. Die Untersuchungen lieferten als weiteres Ergebnis: Die Güte der synthetischen Niederschlagszeitreihen variiert je nach Ort, nach betrachtetem Dauerstufe der Ereignisse und nach untersuchtem Kriterium (Überstauhäufigkeit oder -volumen, Entlastungshäufigkeit, -volumen oder Fracht). Besonders gut eignen sich die Regendaten aller Modelle für die Berechnung von Mischwasserentlastungen und die Durchführung von Schmutzfrachtnachweisen.

Um die Güte zu beurteilen, wurden die Kanalnetz-Simulationsergebnisse der synthetischen Zeitreihen mit denen umliegender hochauflösender DWD-Messstationen verglichen, da diese in der Praxis oft die einzige verfügbare Datengrundlage darstellen. Hier zeigte sich: Die synthetischen Niederschläge erzeugen in der Regel gleich gute oder bessere Ergebnisse als die Messstationen, wenn Letztere in einer Entfernung zum Untersuchungsgebiet von mehr als etwa zehn bis 20 km liegen. Als Vorteil der synthetischen Daten erwies sich hier vor allem die Zeitreihenlänge. Die Aufzeichnungen einiger DWD-Stationen sind nämlich heute noch zu kurz, um die langfristige Variabilität des Niederschlags sicher abzubilden.

Um die Niederschlagsmodelle mit Blick auf Klimaprojektionen anzupassen, sind noch weitere Forschungsarbeiten notwendig, da das Änderungssignal bezüglich des Niederschlags nicht eindeutig ist. Im Rahmen des Projektes wurde aufgezeigt, dass sich die Modelle für eine derartige Anwendung generell eignen. Ebenfalls untersucht wurde die Generierung räumlich konsistenter Niederschlagszeitreihen an mehreren Punkten, um den Einfluss ungleichmäßiger Überregnung abzubilden. Da die Berücksichtigung der räumlichen Variabilität des Niederschlags zu einem erheblichen Einsparpotenzial bei der Auslegung der Entwässerungssysteme führen kann, wird diesem Aspekt auch beim Generieren synthetischer Niederschlagsdaten ein hoher Stellen-

Synthetisches Niederschlagsmodell 1



DWD-Station in repräsentativer Entfernung

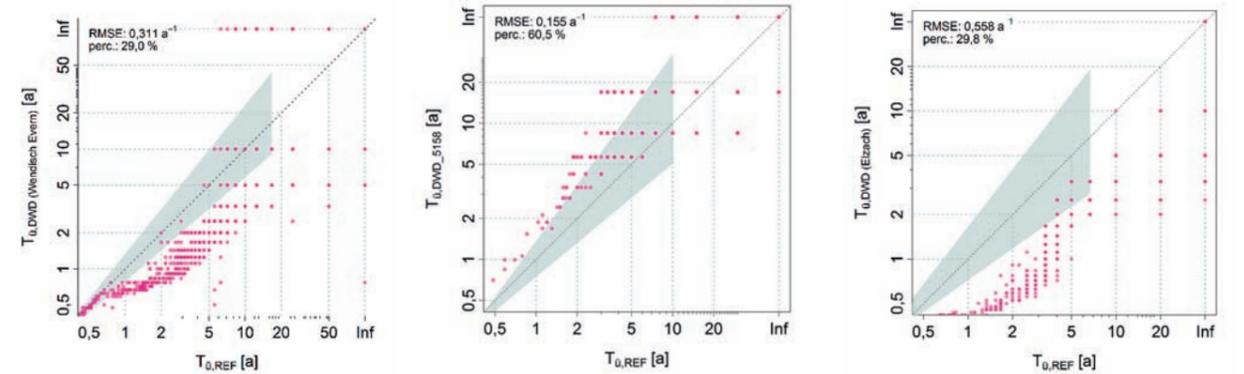


Abb. 1: Überstauwiederkehrzeiten von Schächten simuliert auf Grundlage synthetischer Niederschlagszeitreihen (blau) und DWD-Zeitreihen (pink), jeweils im Vergleich zur örtlichen Referenzzeitreihe (Grauer Bereich = Validierungsbereich abgeleitet aus stochastischen Unsicherheiten der Referenzzeitreihe, RMSE = Mittlere quadratische Abweichung der Ergebnisse aller Schächte zu Referenzergebnissen innerhalb des Validierungsbereiches als Überstauhäufigkeit pro Jahr, Perc.= Anteil der Schächte mit Ergebnissen innerhalb des Validierungsbereiches, Inf= Schächte, welche nicht überstaut wurden und denen daher keine Wiederkehrzeit zugeordnet werden kann). Grafik: Projekteigene Darstellung

wert beigemessen. Die Entwicklung der Niederschlagsmodelle ist hier noch nicht abgeschlossen und wird auch über das Ende des Projektes hinaus weiterverfolgt werden.

FAZIT

Das Projekt SYNOPSIS zeigte: Synthetische Niederschlagszeitreihen stellen eine Alternative für die Anwendung in der Stadtentwässerung dar, wenn ortsnahe, zeitlich hoch aufgelöste Messreihen fehlen oder zu kurz sind. In synthetischen Niederschlagszeitreihen liegt großes Potenzial für die Anwendungen der Stadtentwässerung. Sie tragen dazu bei, Kanalnetzplanungen nachhaltiger und ökonomischer zu gestalten.

Als Projektergebnis werden Empfehlungen für die Anwendung der synthetischen Niederschläge in der Praxis gegeben. Dabei wird hervorgehoben: Die auf stochastischen Prozessen basierende Niederschlagsgenerierung bedeutet immer eine zufällige Variabilität in der synthetischen Zeitreihe. Dem wird dadurch Rechnung getragen, dass die Unsicherheitsbandbreite durch die Simulation mehrerer Realisationen abgebildet wird. Gerade im Hinblick auf die möglichen Auswirkungen des Klimawandels und weitere unsichere Zukunftsprognosen wird durch das SYNOPSIS-

Projekt ein Bewusstsein dafür geschaffen, Unsicherheitsbetrachtungen zum Standardwerkzeug in der Planung zu machen.

KONTAKT

Leibniz Universität Hannover
 Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau
 Appelstraße 9 a | 30167 Hannover

Prof. Uwe Haberlandt
 Tel.: +49 511 7622237
 haberlandt@iww.uni-hannover.de

Dipl.-Hydrol. Hannes Müller
 Tel.: +49 511 7623729
 mueller@iww.uni-hannover.de

www.bmbf.nawam-inis.de/inis-projekte/synopsis

Projektlaufzeit: 05/2013 – 10/2016

nidA200



Nachhaltiges, innovatives und dezentrales Abwasserreinigungssystem inklusive der Mitbehandlung des Biomülls auf Basis alternativer Sanitärkonzepte

HINTERGRUND

In Deutschland besteht im ländlichen Raum und in peripheren Siedlungen Bedarf an zukunftsfähigen dezentralen Abwasserentsorgungssystemen, die bei geringem technischem Aufwand ökologisch und ökonomisch nachhaltig sind und gute Reinigungsleistungen erzielen.

Das nidA200-Projekt entwickelte solche Konzepte, die auf Trennung der Abwasser-Teilströme durch alternative sanitäre Anlagen beruhen. Durch neuartige Komponenten wird, neben einer sehr guten Abwasserreinigung, eine hohe Phosphor-Rückgewinnungsrate sowie eine weitgehende Elimination pathogener Mikroorganismen und Mikroschadstoffe erreicht. Eine besondere Rolle spielen dabei Massenalgenkulturen, die leicht geerntet werden können und ganzjährig wachsen. Ebendiese könnten zudem beim Umsetzen der vierten Reinigungsstufe eine richtungsweisende Bedeutung für die Zukunft einnehmen.

ERGEBNISSE

Auf Grundlage der im Vorfeld erzielten Ergebnisse wurden zwei Anlagenkonzepte (eine Maximal- und eine Minimalversion) in Zusammenarbeit aller Projektpartner erstellt. Abbildung 2 zeigt das SIMBA#-Simulationsmodell der Maximalversion.

Nachdem das Abwasser bereits am Entstehungsort mithilfe alternativer Sanitäranlagen in Teilströme getrennt wurde, gelangen das Grau- und das Braunwasser (das auch geringe Mengen Gelbwasser enthalten kann) separat in die dezentrale Kläranlage. Das Gelbwasser muss getrennt gesammelt und in einer zentralen Kläranlage entsorgt werden.

Das Grauwasser wird in einer kleinen Vorklärung von möglichen grob partikulären Stoffen befreit. Anschließend wird es zunächst in einer Belebung mit geringem Schlammalter (drei bis fünf Tage) und dann in einem speziell entwickelten Massenalgenkultur-Röhrensystem (MAK-Röhrensystem) behandelt. Bei Letzterem handelt es sich um eine Algen-Bakterien-Mischkultur, die auf hohe Wachstumsraten und sehr schnelle Sedimentation selektiert wurde. Durch diese Algenkultur können sehr geringe Ablaufwerte, insbesondere für Stickstoff (N) und Phosphat (P), erzielt werden. Es konnten Aufnahmeleistungen von 0,04 bis 0,14 g

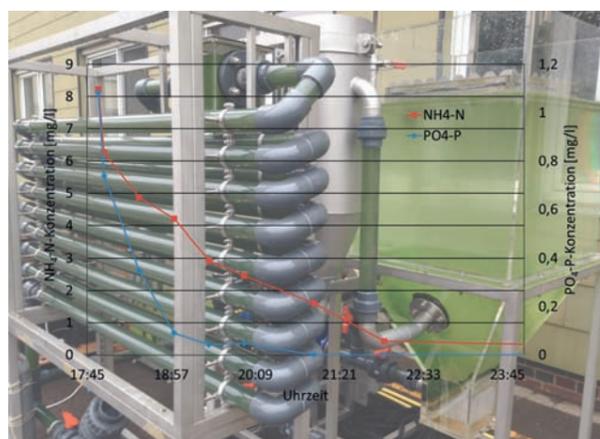
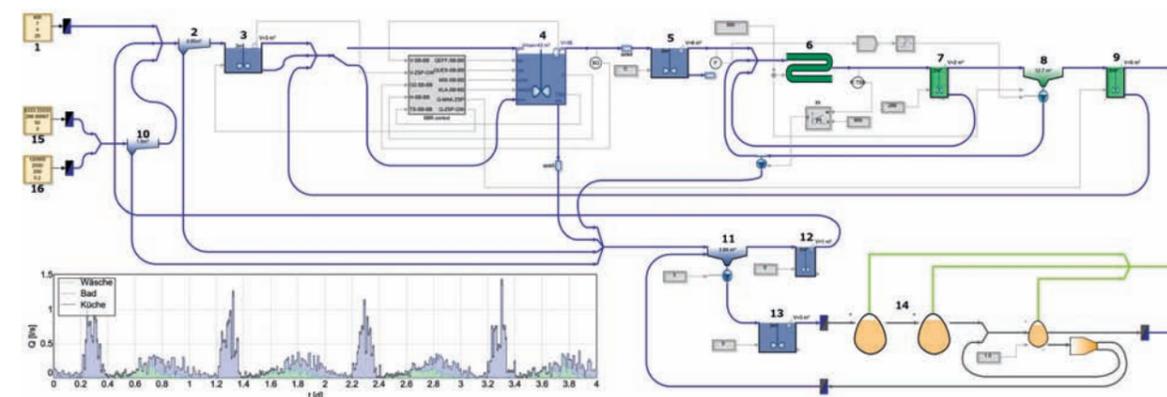


Abb. 1: Aufnahme der Nährstoffe über Nacht. Grafik: LimnoSun GmbH

P/m²*d und 0,3 bis 1,0 g N/m²*d erreicht werden. Dabei erfolgt die Aufnahme eines großen Teils des N und P in den ersten Minuten nach Zugabe des Grauwassers. Dies konnte in einer Anlage im Pilotmaßstab gemessen und später in der Simulation bestätigt werden. Des Weiteren ließ sich nicht nur eine Reduktion der Nährstoffe im Ablauf erzielen, sondern auch eine deutliche Minderung von Bakterien, Viren und Mikroschadstoffen. So betragen die Eliminationsraten der Algenkulturen bis zu 99,996 % für Enterobacteriaceen und bis zu 99,95 % für *E. coli*. Für Norovirus konnten Eliminationsraten von über 95 % bestimmt werden. Für die Mikroschadstoffelimination wurden mehrere Substanzen untersucht; beispielhaft konnte für Ibuprofen eine Elimination von 97 % gemessen werden.

Auch der Biomassezuwachs der Algen wurde ermittelt, der sich im Sommer auf bis zu 17,6 g TS/(m²*d) und im Winter bis zu 4,5 g TS/(m²*d) als Monatsmittelwerte beläuft. Aufgrund dieses Zuwachses muss regelmäßig Algenschlamm geerntet werden. Die Ernte ist wegen der schnellen Sedimentationsfähigkeit der Algen in einem konischen Algen-Nachklärbecken ohne großen technischen Aufwand möglich. Bemerkenswert ist, dass selbst im ertragschwächsten Wintermonat Dezember der durchschnittliche Algenertrag immer noch rund 25 % des ertragsstärksten Monats Juni ausmachte. Damit besteht die Möglichkeit eines jahresdurchgängigen Betriebes.



- | | | | |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|
| 01 Grauwasser | 05 Zwischenspeicher Belebung | 09 Zwischenspeicher MAK | 13 Schlamm-speicher |
| 02 Vorklärbecken Grauwasser | 06 MAK-Röhrensystem | 10 Vorklärbecken Braunwasser | 14 Faulung |
| 03 Zwischenspeicher Grauwasser | 07 Rezykulationszylinder | 11 Schlammwaschanlage | 15 Braunwasser |
| 04 Belebung | 08 Algennachklärbecken | 12 Trübwasserspeicher | 16 Bioabfälle |

Abb. 2: Fließbild der nidA200-Anlage im Rahmen des SIMBA-Simulationsmodells mit der Darstellung der Grauwasserdynamik. Grafik: Institut für Automation und Kommunikation e.V.

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die stoßweise N- und P-Aufnahme in einem Photobioreaktor, der unter völliger Dunkelheit mit Grauwasser gefüttert wurde. Es ist sehr gut zu erkennen, dass auch außerhalb der Fotosynthesephase eine große N- und P-Aufnahmekapazität besteht. Im Hintergrund ist die Pilotanlage dargestellt. Links im Bild sind die Röhren zu erkennen, auf der rechten Seite ist der Absetztrichter gezeigt, aus dem unten die Algen abgezogen werden können und oben der gereinigte Klarwasserüberstand ablaufen kann.

Im Rahmen der Maximalversion wird das Braunwasser zusammen mit dem Algenschlamm und den Schlämmen aus der Vorklärung des Grauwassers in die Schlammwaschanlage gegeben. Diese wurde im Rahmen des Projektes entwickelt und im Pilotmaßstab sowie in der Simulation getestet. Die Nährstoffe aus der Faulungsstufe werden in den Schlämmen aufkonzentriert, und relativ nährstoffarmes Wasser wird verdrängt. Die Schlämme können anschließend in der Faulung verwertet werden. Das verdrängte nährstoffarme Schlammwasser wird in die Vorklärung der Grauwasserbehandlung gegeben und im weiteren Verlauf vom anschließenden MAK-Röhrensystem gereinigt. Die Minimalversion der Anlage beschränkt sich auf eine Reinigung des Grauwassers, das den größten Volumenanteil des Abwassers ausmacht.

Im Rahmen des Projektes wurde der Biogasertag der speziellen MAK-Algen getestet, welcher mit rund 300 m³/t oTS ermittelt werden konnte. Dieser relativ niedrige Wert lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass nur die Algen, die lange anaerobe Phasen überstehen, aufgrund der speziellen Verfahrenstechnik überhaupt positiv selektiert werden.

Mithilfe der Simulation, für die neue Modellkomponenten entwickelt wurden, konnten verschiedene Verfahren getestet und optimiert werden.

FAZIT

Die vorgestellte Anlagenkonzeption zeichnet sich durch Energieeffizienz, sehr gute Reinigungsleistung, nahezu vollständige Rückgewinnung von Nährstoffen und hohen Hygienestandard aus. Algenmassenkulturen können eine Alternative zu einer vierten Reinigungsstufe sein, da sie Phosphat und Ammonium aus Grauwasser nahezu vollständig zurückgewinnen, Mikroschadstoffe eliminieren und ganzjährig zu betreiben sind.

Die dynamische Modellierung und Simulation bestätigt zum einen die Reinigungsleistung der im Projekt entwickelten Anlagenkonzepte. Sie erlaubt zum anderen deren Testung durch die dynamische Modellierung des Grauwasseranfalls auf Grundlage variierender Bevölkerungsstrukturen (s. Grauwasserdynamik in Abbildung 2).

KONTAKT

LimnoSun GmbH
Eickhorster Straße 3 | 32479 Hille

Dr. Niels Christian Holm
Tel.: +49 5703 5155423
holm@limnosun.de

www.limnosun.de/projekte

Projektlaufzeit: 05/2013 – 10/2016

NoNitriNox

Planung und Betrieb von ressourcen- und energieeffizienten Kläranlagen mit gezielter Vermeidung umweltgefährdender Emissionen

HINTERGRUND

Insbesondere der Energiebedarf (Stromverbrauch) von Kläranlagen stellt eine signifikante Komponente des Gesamt-Energiebedarfs von Kommunen dar. In der Praxis umgesetzte Energieeffizienzmaßnahmen haben aber bewiesen: Bei guter Planung und Inbetriebnahme lässt sich die Energieeffizienz von Kläranlagen verbessern. Mit der Einführung entsprechender Methoden werden jedoch auch Risiken und Nachteile sichtbar: Neben der potenziellen Maximierung von NH_4 -Emissionen und verschlechterten Schlammeigenschaften besteht auch die Gefahr erhöhter Emissionen von Nitrit, Lachgas (N_2O) und Methan. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen des Forschungsvorhabens NoNitriNox ein Planungswerkzeug mit intelligenten Regelungskonzepten erarbeitet. Es berücksichtigt auch die Quantifizierung umweltgefährdender Nitrit-, Lachgas- und Methanemissionen.

ERGEBNISSE

In enger wissenschaftlicher Abstimmung wurde zunächst ein Simulationssystem entwickelt. Es beschreibt neben Nitrat- und Ammonium-Stickstoff auch wichtige Zwischenprodukte wie Nitrit und Lachgas. Die im Simulationssystem benutzten Modelle wurden auf Basis existierender Modellvorstellungen in ein erweitertes Belebtschlammmodell weiterentwickelt und ergänzt. Die so entstandenen Modelle sind weiterhin konform zu den Standard-Technik-Belebtschlammmodellen (ASM1, ASM3) und den Bemessungsvorschriften der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA).

Parallel wurden Laborversuche im Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) Stuttgart durchgeführt. Mit ihnen sollten die entwickelten Modellvorstellungen verifiziert und modifiziert sowie die Bedingungen für das Auftreten der relevanten Zwischenprodukte während der Denitrifikation und Nitrifikation ermittelt werden. Geeignete Laboraufbauten und Messverfahren wurden entwickelt und getestet. Mit Hilfe der Laborergebnisse wurden Modellhypothesen erstellt und geprüft. Die Sensitivität unbekannter Parameter des entwickelten Modells wurde analysiert, und eine erste Modellkalibrierung wurde durchgeführt (s. Abb. 1). Ziel ist hierbei, einen Parametersatz auszuarbeiten, mit dem möglichst viele Experimente näherungsweise reproduziert werden können.

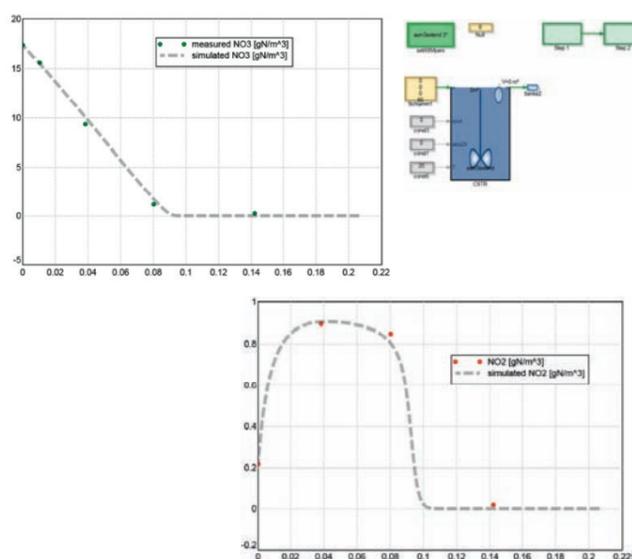


Abb. 1: Simulation und Messdaten ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$) für ein Denitrifikationsexperiment (rechts oben: Simulationsmodell). Grafik: ifak e.V.

Für die großtechnische Verifikation wurden Messeinrichtungen entwickelt und Simulationsmodelle der beiden großtechnischen Anlagen erstellt. Der Abwasserverband Steinlach-Wiesaz betreibt die Verbandskläranlage in Dußlingen mit einer Ausbaugröße von mehr als 100.000 EW. Die Kläranlage wird als Anlage mit vorgeschalteter Denitrifikation betrieben und kann daher als gutes Testbeispiel für viele Kläranlagen ähnlicher Bauart in Deutschland dienen. Das Klärwerk Pforzheim, welches die Abwasserversorgungen für rund 250.000 EW übernimmt, verfügt über eine vorgeschaltete und eine nachgeschaltete Denitrifikationsstufe mit externer Kohlenstoffzugabe. Bedingt durch die hohe Nitratbelastung im Zulauf der Anlage aus dem Abwasser von Scheideanstalten, die vielfältige Online-Messtechnik und die hohe Laborqualifikation sind die Bedingungen für eine Simulation der Teilprozesse und die Mitbetreuung der Messreihen bezüglich der Gasemissionen aus der Abwasserreinigung sehr gut.

Im belüfteten Nitrifikationsbecken konnte eine direkte Korrelation der Lachgasemission mit der Ammoniumkonzentration im

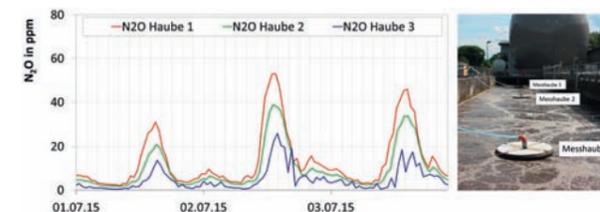


Abb. 2: Lachgasemissionen im Nitrifikationsbecken der Kläranlage Dußlingen (Fließrichtung: Haube 1-->2-->3). Grafik: ISWA Stuttgart, Abwasserverband Steinlach-Wiesaz

Belebungsbecken nachgewiesen werden. Ein Anstieg der Ammoniumbelastung im Tagesgang führt zu einer erhöhten Emissionsfracht an Lachgas. Mit fortschreitender Nitrifikation in Fließrichtung sinken die Lachgasemissionen (s. Abb. 2). Das im Projekt entwickelte Modell wird derzeit mit den großtechnischen Ergebnissen verifiziert.

Um das Projektziel – Maßnahmen zur Kläranlagenertüchtigung bezüglich Emissionen, Ablaufwerten und Energieverbrauch zu bewerten – in einem Planungswerkzeug zu vereinen, wurden Basisentwicklungen für das fundierte Abschätzen von Energieverbräuchen beim Kläranlagenbetrieb durchgeführt. Die optimale Umsetzung dieses Potenzials ist allerdings eine herausfordernde interdisziplinäre Ingenieursaufgabe. Bei Gewährleistung, besser noch Optimierung der verfahrenstechnischen Funktion der Kläranlage als Aufgabe für Verfahreningenieure (Siedlungswasserwirtschaft) muss eine abgestimmte Maschinenteknik (Pumpenstaffeln, Belüfterelemente, Belegungsdichte, Luftverteilsystem, Gebläsestaffel, Schieberauslegung) installiert werden, um die Anforderungen mit hohem Wirkungsgrad umzusetzen. Letztlich muss eine entsprechend ausgelegte Automatisierungstechnik mit Hilfe der Ausrüstung das Verfahren stabil, schnell und lastabhängig in den jeweils besten Arbeitspunkten halten. Ein leistungsfähiges Werkzeug für alle drei Aufgaben ist die Nutzung der Simulation. Um die Interaktionen zwischen Verfahren, Ausrüstung und Automation zu analysieren, wird ein Simulationswerkzeug benötigt, mit dem das Zusammenspiel aller Komponenten beschrieben werden kann. Dafür wurden Ressourcen des Projektes NoNitriNox eingesetzt, um das Simulationswerkzeug SIMBA# des Projektpartners ifak – Institut für Automation und Kommunikation um eine Modellbibliothek zur Beschreibung der Luftversorgung zu ergänzen. Die neue Modellbibliothek beinhaltet Komponenten zur Beschreibung von

- » Gebläsen und Gebläsesteuerungen,
- » Rohrleitungen mit typischen Einbauten,
- » Regelventilen (konventionell und Neuentwicklungen) und
- » Belüfterelementen (Einrichtungen zum feinblasigen Eintrag von Luft in Belebungsbecken),

die untereinander oder in Verbindung mit einem verfahrenstechnischen Kläranlagenmodell verschaltet werden können. Selbstverständlich kann auch die Funktion der Automatisierungstechnik bis ins Detail berücksichtigt werden. Die Modeller-

weiterungen zur Beschreibung von Lachgasemissionen wurden ebenfalls in diesem Simulator umgesetzt.

Als letzte Komponente wurden alle wesentlichen regelungstechnischen Optionen (siehe u.a. DWA A 268) zusammengestellt, die das Verhalten (Ablaufwerte, umweltgefährdende Emissionen und Betriebskosten) einer Kläranlage verbessern können. So wurden unterschiedliche Varianten der Belüftungssteuerung, die in der Fachwelt diskutiert werden, mit dem neuen Werkzeug analysiert. Hieraus resultierende Hinweise zur regelungstechnischen Auslegung wurden erarbeitet und publiziert. Erste Ergebnisse zur Analyse regelungstechnischer Maßnahmen, die zu signifikanten Energieeinsparungen führen, deuten an, dass es teilweise zu leicht erhöhten Lachgasemissionen kommen kann. Allerdings übersteigt in der Regel der Klimaeffekt des zur Erzeugung der eingesparten Energie emittierten CO_2 die erhöhten Lachgasemissionen um eine Größenordnung. Detailliertere Analysen werden noch durchgeführt, und die Optionen zur Betriebsoptimierung der beiden beteiligten Kläranlagen werden exemplarisch zusammengefasst.

FAZIT

Im Ergebnis von NoNitriNox entsteht ein integriertes Planungswerkzeug, mit dem

- » die verfahrenstechnische Funktion von Kläranlagen detailliert beschrieben werden kann,
- » sich Emissionen von Nitrit und Lachgas abschätzen lassen,
- » die Funktion der maschinentechnischen Ausrüstung detailliert geplant werden kann (insbesondere Belüftungssysteme) und
- » (fast) alle Optionen zur operativen Verbesserung des Kläranlagenbetriebes entwickelt und detailliert analysiert werden können.

Als Ergebnis des Projektes kann konstatiert werden: Die Auslegung von Verfahrenstechnik, Maschinenteknik und Automatisierung lässt sich mit dem neuen Werkzeug energetisch optimieren, die Funktion der Kläranlage bezüglich der Abwasserreinigung wird gesichert, unerwünschte Emissionen können abgeschätzt und, wenn notwendig, reduziert werden.

KONTAKT

ifak – Institut für Automation und Kommunikation e.V.
Werner-Heisenberg-Straße 1 | 39106 Magdeburg

Dr. Jens Alex
Tel.: +49 391 9901469
jens.alex@ifak.eu

www.bmbf.nawam-inis.de/inis-projekte/nonitrinox

Projektlaufzeit: 06/2013 – 05/2016



Sektorübergreifende Ressourcennutzung durch gebäudeintegrierte Farmwirtschaft

HINTERGRUND

ROOF WATER-FARM (RWF) untersucht Ansätze, Nahrungsmittel in Dachgewächshäusern zu produzieren und diese nachhaltig mit aufbereitetem Wasser und Nährstoffen aus Gebäuden zu versorgen. Die Forschung wird in der Pilotanlage in Berlin-Kreuzberg umgesetzt. Das integrierte Wasserkonzept des Gebäudekomplexes Bernburger Straße 22 – ein zwischen Eigentümer und Land Berlin kooperativ entwickeltes Projekt – bietet geeignete Voraussetzungen: Häusliches Abwasser aus Badewannen, Duschen, Waschbecken und Küchen wird getrennt abgeleitet, zu Betriebswasser aufbereitet und zur Toilettenspülung und Bewässerung der Mietergärten wiederverwendet. Regenwasser wird im bewachsenen Bodenfilter verdunstet. ROOF WATER-FARM entwickelt neue gebäudeintegrierbare Verfahren, um Regen-, Grau- und Schwarzwasser für die Kultivierung von Pflanzen (Hydroponik) und Fischen (Aquaponik) im Testgewächshaus zu nutzen. Übertragbarkeit, Alltagstauglichkeit und Akzeptanz der multifunktionalen Infrastruktur werden untersucht.



Abb. 1: Erntedankfest des Projektes im Herbst 2015. Besucher in der Pilotanlage des Projektes in Berlin-Kreuzberg informieren sich über Technologien und stadträumliche Perspektiven der Forschung. Quelle: ROOF WATER-FARM, Foto: Tim Nebert

ERGEBNISSE

Technologische Entwicklung: Betriebswasseraufbereitung und -nutzung, Düngemittelproduktion und Farmtechnik

» Es wurde nachgewiesen, dass die Grauwasseraufbereitung störungsfrei, ohne hygienisches Risiko und wirtschaftlich be-

trieben wird. Die Wasserqualität bezüglich der organischen Bestandteile inklusive Stickstoff sowie die Hygienewerte, Schwermetall- und Spurenstoffkonzentrationen liegen niedriger als Werte in Abläufen von Großkläranlagen. Problemstoffe, die in Großkläranlagen bisher nicht biologisch zu eliminieren sind (z.B. Acesulfam, Diclofenac), werden hier deutlich reduziert. Im nächsten Schritt sollten über Wärmerückgewinnung täglich mehr als 100 kWh Abwärme nutzbar gemacht werden. (Nolde & Partner)

- » Die Entwicklung eines Verfahrens zum Aufbereiten von Schwarzwasser wurde abgeschlossen. Die Pilotanlage zur Produktion von NPK-Flüssigdünger liefert täglich mehrere hundert Liter Flüssigdünger. Darin enthaltene Konzentrationen an Stickstoff, Phosphor und Kalium düngen Pflanzen im Gewächshaus. Die Analytik auf Hygieneparameter, Schwermetalle und Spurenstoffe ergab, dass der NPK-Flüssigdünger hygienisch unbedenklich und schadstofffrei ist. (Fraunhofer UMSICHT)
- » Im Testgewächshaus wurden der Einsatz von Betriebswasser aus der Grauwasseraufbereitung in der Aquaponik und der Einsatz von NPK-Flüssigdünger in der Hydroponik getestet. Bewässerungswasser und Produkte wurden auf Parameter der Hygiene und auf Spurenstoffe analysiert. Das aufbereitete Grauwasser ist für die Fisch- und Pflanzenzucht geeignet. Der NPK-Flüssigdünger ist für die Pflanzenzucht geeignet. Die Produkte Fisch und Pflanze sind frei von Spurenstoffen, hygienisch unbedenklich und gemäß erfolgter sensorischer Überprüfung für den menschlichen Verzehr geeignet. (TERRA UR-BANA)
- » Mittels einer Ökobilanz wurden die Prozesse der Wasser- und Nährstoffbereitstellung für die Salatproduktion im Vergleich zu einem Referenzszenario (konventionelle Bereitstellung von Leitungswasser und Mineraldünger) beurteilt. Ergebnisse zeigen, dass die dezentrale Bereitstellung von Wasser und Dünger ähnlich effizient ist wie die konventionelle Bereitstellung von Dünger und Wasser. Wird zusätzlich ein Beheizen des Gewächshauses in der Bilanz mit berücksichtigt, ist mit Blick auf Klimawandel und Primärenergiebedarf die Art der Bereitstellung von Wasser und Nährstoffen eher von nachrangiger Bedeutung. Weitere technische Optimierungen sollten durchgeführt werden wie zum Beispiel die Nutzung von kostenloser bzw. preiswerter Abwärme im Niedertemperaturbereich, um das RWF-Konzept noch attraktiver gegenüber konventionellem Anbau zu machen. (Fraunhofer UMSICHT)

Anwendungsbereiche der Technologie – Stadtraum, Gebäudetypologien und Innovationspotenziale

- » Anhand von ausgewählten Berliner Modellquartieren und durch Festlegen von RWF-Gebäudetypologien wurden Potenziale der stadträumlichen Übertragbarkeit ermittelt. Dazu gehören auf nutzbare Wasserströme (Regen-, Grau- und Schwarzwasser) abgestimmte RWF-Varianten. Anwendungsuntersuchungen der Typologien Wohnungs-, Gewerbe- und Bildungsbau wurden durchgeführt. (TUB-ISR)
- » Diffusionspotenziale wurden als narrative Szenarien mit Akteursinterviews, Gebäudestudien, beispielhaften Betreibermodellen und planerischen Entwicklungsthesen dargestellt. (TUB-ISR)
- » Eine Simulation der RWF-Dachgewächshauspotenziale für Berlin zeigte besonders hohe Gewächshauspotenziale von bis zu 2.000 ha für die Regenwasservarianten. Die Grauwasservarianten (inklusive Betriebswassernutzung für WC) könnten auch bei geringeren Flächenpotenzialen (1.100 ha) berlinweit den häuslichen Trinkwasserverbrauch um bis zu 15 % und die häusliche Abwasserproduktion um bis zu 20 % reduzieren. (inter 3)
- » Mit Hilfe einer integrierten, multikriteriellen Bewertung konnten Innovationspotenziale und Risiken identifiziert werden. Damit ließen sich die Stärken der RWF-Varianten im Vergleich zum konventionellen System herausarbeiten und die Varianten untereinander vergleichen. Hohe Ressourcenpotenziale der Grau- und Schwarzwasservarianten stehen einer einfachen und günstigeren Umsetzung der Regenwasservarianten gegenüber. (inter 3)
- » Die RWF-Varianten haben spezifische Charakteristika und Potenziale. Die Grau- und Schwarzwasservarianten sind wegen des höheren technischen Aufwandes und der Abhängigkeit von Abwasserquellen in der Umsetzung teurer und aufwändiger als die Regenwasservarianten. Sie bieten jedoch erheblich größere Produktions- und Ressourceneffizienz sowie Anschlussmöglichkeiten an weitere Technologien. (inter 3)

Kommunikation, Akteure und Anwender

- » Die Online-Plattform www.roofwaterfarm.com wurde entwickelt und zum Anwenderportal erweitert. (TUB-ISR)
- » Die Innovationsarena der RWF-Infrastruktur wurde mittels Konstellationsanalyse untersucht. Es wurden akteurspezifische Handlungsempfehlungen für die Umsetzung abgeleitet. Besonders kritische Bereiche wie Betreiberkonzepte, Gebäudeinfrastruktur und Lebensmittelrecht wurden identifiziert. (inter 3)
- » Durch Veranstaltungen auf dem Gelände der Pilotanlage wurde prozessbegleitend Öffentlichkeitsarbeit realisiert. Die Nachfrage nach Führungen, Medienpräsenz und steigende Besucherzahlen belegen öffentliches Interesse an der Anwendung der Technologie, den internationalen Maßstab des Forschungsansatzes und eine grundlegende Akzeptanz der Technologie durch das Fachpublikum. (alle Projektpartner)
- » Es wurden Fachbeiträge sowie Kommunikationsmaterialien für Anwender der Bereiche Planung, Bau, Betrieb, Bildung und Ausbildung publiziert. (alle Projektpartner)



Abb. 2: Online-Plattform des Projektes. Öffentlichkeitsarbeit und Online-Anwenderportal fördern die Akzeptanz und Verbreitung der Technologie. Quelle: ROOF WATER-FARM, Foto: Marc Brinkmeier

FAZIT

- » Das RWF-Konzept beweist: Dezentrale Abwasseraufbereitungstechnologie mit Nahrungsmittelproduktion zu verknüpfen ist technisch möglich, hygienisch sicher und von hohem öffentlichem Interesse.
- » Das RWF-Konzept ist ein wertvoller Beitrag zu multifunktionaler, nachhaltiger Infrastrukturentwicklung und Resilienz.
- » Übertragbarkeitsstudien und öffentliches Interesse zeigen die grundsätzliche Machbarkeit und Akzeptanz des sektorübergreifenden Konzeptes.
- » Mit der breiten Umsetzung des RWF-Konzeptes können Häuser und Quartiere in Zukunft statt Abwasser hochwertiges Betriebswasser und frische Nahrungsmittel produzieren.
- » Für die breite Umsetzung des Ansatzes müssen noch Geschäftsmodelle, Anreizsysteme und Referenzprojekte geschaffen werden.

KONTAKT

Technische Universität Berlin
Institut für Stadt- und Regionalplanung (ISR)
Fachgebiet Städtebau und Siedlungswesen
Hardenbergstraße 40 a, Sekr. B9 | 10623 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Angela Million
a.million@isr.tu-berlin.de
Tel.: +49 30 31428101

Dr.-Ing. Anja Steglich
a.steglich@isr.tu-berlin.de
Tel.: +49 30 31428093

Dr.-Ing. Grit Bürgow
g.buergow@isr.tu-berlin.de
Tel.: +49 30 31428093

www.roofwaterfarm.com

Projektlaufzeit: 07/2013 – 06/2016



Kontaktdaten der Forschungsverbände

Kontakte

Forschungsverbund EDIT

PROJEKTKOORDINATION

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ
Department Aquatische Ökosystemanalyse und Management
Brückstraße 3 a | 39114 Magdeburg
Dr. Daniel Karthe
Tel.: +49 391 8109104
daniel.karthe@ufz.de

FORSCHUNGSPARTNER

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK)
Georges-Köhler-Allee 103 | 79110 Freiburg
Dr. Gregory Dame
Tel.: +49 761 2037267
dame@imtek.de

**DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. –
Technologiezentrum Wasser**
Karlsruher Straße 84 | 76139 Karlsruhe
Dr. Andreas Tiehm
Tel.: +49 721 9678137
andreas.tiehm@tzw.de

Fraunhofer IOSB
Institutsteil Angewandte Systemtechnik (AST)
Am Vogelherd 50 | 98693 Ilmenau
Dr.-Ing. Buren Scharaw
Tel.: +49 3677 461121
buren.scharaw@iosb-ast.fraunhofer.de

**Technische Universität München – Institut für Wasserchemie
und chemische Balneologie**
Marchioninistraße 17 | 81377 München
Dr. Michael Seidel / Prof. Dr. Reinhard Niessner
Tel.: +49 89 218078238
Michael.Seidel@ch.tum.de

PRAXISPARTNER

Berliner Wasserbetriebe
Wasserversorgung
Neue Jüdenstraße 1 | 10179 Berlin
Dipl.-Ing. Fereshte Sedehizade
Tel.: +49 30 86445538
Fereshte.Sedehizade@bwb.de

GWK Präzisionstechnik GmbH
Gollierstraße 70 | 80339 München
Christian Heese
Tel.: +49 89 72649600
christian.heese@gwk-munich.com

R-Biopharm AG

An der neuen Bergstraße 17 | 64297 Darmstadt
Dr. Silvia Vosseler
Tel.: +49 6151 8102691
s.vosseler@r-biopharm.de

Forschungsverbund KREIS

PROJEKTKOORDINATION

Bauhaus-Universität Weimar
Professur Siedlungswasserwirtschaft
Coudraystraße 7 | 99423 Weimar
Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong
Tel.: +49 3643 584615
joerg.londong@uni-weimar.de

Hamburger Stadtentwässerung AöR
Abteilung Technologieentwicklung
Billhorner Deich 2 | 20539 Hamburg
Dr. Kim Augustin
Tel.: +49 40 788882600
kim.augustin@hamburgwasser.de

FORSCHUNGSPARTNER

Bauhaus-Universität Weimar
Professur Biotechnologie in der Ressourcenwirtschaft
Coudraystr. 7 | 99423 Weimar
Prof. Dr.-Ing. Eckhard Kraft
Tel.: +49 3643 584621
waste@bauing.uni-weimar.de

Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen
Marienstrasse 7 a | 99423 Weimar
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hans Wilhelm Alfen
Tel.: +49 3643 584592
wilhelm.alfen@uni-weimar.de

Hochschule Ostwestfalen-Lippe

Professur für Biologische Abwasserreinigung und
Abwasserwertung
An der Wilhelmshöhe 44 | 37671 Höxter
Prof. Dr.-Ing. Martin Oldenburg
Tel.: +49 5271 687240
martin.oldenburg@hs-owl.de

ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung

Institutsbereich Wasser und nachhaltige Umweltplanung
Hamburger Allee 45 | 60486 Frankfurt am Main
Dr. Engelbert Schramm
Tel.: +49 69 707691917
schramm@isoe.de

Öko-Institut e.V.

Büro Berlin
Schicklerstraße 5–7 | 10179 Berlin
Dipl.-Ing. Günter Dehoust
Tel.: +49 30 405085355
g.dehoust@oeko.de

Steinbeis-Transferzentrum Solar- und Wärmetechnik

Pfaffenwaldring 6 | 70550 Stuttgart
Dr.-Ing. Harald Drück
Tel.: +49 711 68563553
drueck@swt-stuttgart.de

Technische Universität Hamburg-Harburg

Institut für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz
Eissendorfer Straße 42 | 21079 Hamburg
PD Dr.-Ing. habil. Ina Körner
Tel.: +49 40 428783154
i.koerner@tuhh.de

PRAXISPARTNER

Buhck Umweltservices GmbH & Co. KG
Südring 38 | 21465 Wentorf/b.Hbg.
Dipl.-Ing. Wolfram Gelpke
Tel.: +49 40 736093191
wgelpke@buhck.de

Consulaqua Hamburg GmbH

Ausschläger Elbdeich 2 | 20539 Hamburg
Dipl.-Geol. Sören Kathmann
Tel.: +49 40 788889524
skathmann@consulaqua.de

VacuSaTec® – Vacuum Sanitärtechnik GmbH & Co. KG

Salzmannstraße 56 a | 48147 Münster
Thomas Deipenbrock
Tel.: +49 251 92456236
thomas.deipenbrock@vacusatec.com

Forschungsverbund KURAS

PROJEKTKOORDINATION

Technische Universität Berlin
FG Fluidsystemdynamik, Sekr. K2
Straße des 17. Juni 135 | 10623 Berlin
Prof. Dr.-Ing. Paul Uwe Thamsen
Tel.: +49 30 31425262
paul-uwe.thamsen@tu-berlin.de

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Cicerostraße 24 | 10709 Berlin
Dr. Andreas Matzinger
Tel.: +49 30 53653824
andreas.matzinger@kompetenz-wasser.de

FORSCHUNGSPARTNER

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH
Zimmerstraße 13–15 | 10969 Berlin
Dr. Darla Nickel
Tel.: +49 30 39001207
nickel@difu.de

Freie Universität Berlin

AB Hydrogeologie
Malteserstraße 74–100 | 12249 Berlin
Dr. Andreas Winkler
Tel.: +49 30 83870614
rnlab@zedat.fu-berlin.de

Hochschule Neubrandenburg

Brodaer Straße 2 | 17033 Neubrandenburg
Prof. Dr. Manfred Köhler
Tel.: +49 395 56934001
koehler@hs-nb.de

ifak – Institut für Automation und Kommunikation e.V.

Werner-Heisenberg-Straße 1 | 39106 Magdeburg
Dr. Jens Alex
Tel.: +49 391 9901469
jens.alex@ifak.eu

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH

Moritzstraße 26 | 45476 Mülheim an der Ruhr
Andreas Hein
Tel.: +49 208 40303340
a.hein@iww-online.de

Leibniz Universität Hannover

Institut für Meteorologie und Klimatologie
Herrenhäuser Straße 2 | 30419 Hannover
Prof. Dr. Günter Gross
Tel.: +49 511 7625408
gross@muk.uni-hannover.de

Technische Universität Kaiserslautern
FG Siedlungswasserwirtschaft
Paul-Ehrlich-Straße 40 | 67663 Kaiserslautern
Prof. Dr. Theo G. Schmitt
Tel.: +49 631 2052946
theo.schmitt@bauing.uni-kl.de

Umweltbundesamt
Schichauweg 58 | 12307 Berlin
Dr. Hartmut Bartel
Tel.: +49 30 89034156
hartmut.bartel@uba.de

PRAXISPARTNER
Ramboll Studio Dreiseitl
Nußdorfer Straße 9 | 88662 Überlingen
Gerhard Hauber
Tel.: +49 7551 928831
gerhard.hauber@dreiseitl.com

Berliner Wasserbetriebe
Forschung und Entwicklung
Cicerostraße 24 | 10709 Berlin
Jan Waschnewski
Tel.: +49 30 86442438
jan.waschnewski@bwb.de

GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Große Pfaßstraße 5 a | 30161 Hannover
Dr. Björn Büter
Tel.: +49 511 3887200
bueter@geo-net.de

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
Rennbahnallee 109 a | 15366 Hoppegarten
Prof. Dr. Heiko Sieker
Tel.: +49 3342 35950
h.sieker@sieker.de

ASSOZIIERTE PARTNER
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin
Abteilung ZF, Ministerielle Grundsatzangelegenheiten
Württembergische Straße 6 | 10707 Berlin
Brigitte Reichmann
Tel.: +49 30 901394322
brigitte.reichmann@senstadtum.berlin.de

Forschungsverbund NaCoSi

PROJEKTKOORDINATION
Technische Universität Darmstadt, Institut IWAR
FG Wasserversorgung und Grundwasserschutz
Franziska-Braun-Straße 7 | 64287 Darmstadt

Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban
Tel.: +49 6151 1620805
w.urban@iwar.tu-darmstadt.de

Dr. Alexander Sonnenburg
Tel.: +49 6151 1620806
a.sonnenburg@iwar.tu-darmstadt.de

FORSCHUNGSPARTNER
aquabench GmbH
Ferdinandstraße 6 | 20095 Hamburg
Dr. Kay Möller
Tel.: +49 40 47112425
k.moeller@aquabench.de

ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung
Hamburger Allee 45 | 60486 Frankfurt am Main
Dr. Alexandra Lux
Tel.: +49 69 707691927
lux@isoe.de

Technische Universität Darmstadt, Institut IWAR
FG Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft
Franziska-Braun-Straße 7 | 64287 Darmstadt
Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek
Tel.: +49 6151 1620720
l.schebek@iwar.tu-darmstadt.de

Universität der Bundeswehr München
Professur Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik
Werner-Heisenberg-Weg 39 | 85577 Neubiberg
Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Krause
Tel.: +49 89 60042698
steffen.krause@unibw.de

Universität Leipzig
Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement
Grimmaische Straße 12 | 04109 Leipzig
Prof. Dr.-Ing. Robert Holländer
Tel.: +49 341 9733871
hollaender@wifa.uni-leipzig.de

Forschungsverbund NAWAK

PROJEKTKOORDINATION
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Theodor-Heuss-Straße 4 | 38122 Braunschweig
Dr. Jens Wolf
Tel.: +49 531 8012228
jens.wolf@grs.de

FORSCHUNGSPARTNER
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik
Stilleweg 2 | 30655 Hannover
Dr. Helga Wiederhold
Tel.: +49 511 6433520
helga.wiederhold@liag-hannover.de

Technische Universität Braunschweig
Leichtweiß-Institut für Wasserbau
Abteilung für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Gewässerschutz
Beethovenstraße 51 a | 38106 Braunschweig
Prof. Dr. rer. nat. H. M. Schöniger
Tel.: +49 531 3917129
m.schoeniger@tu-bs.de

PRAXISPARTNER
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Betriebsstelle Aurich
Oldersumer Straße 48 | 26603 Aurich
Dieter de Vries
Tel.: +49 4941 176157
dieter.devries@nlwkn-aur.niedersachsen.de

Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband
Georgstraße 4 | 26919 Brake
Egon Harms
Tel.: +49 4401 9163380
harms@oowv.de

ASSOZIIERTE PARTNER
Heidewasser GmbH
An der Steinkuhle 2 | 39128 Magdeburg
Bernd Wienig
Tel.: +49 391 289680
b.wienig@heidewasser.de

UNTERAUFTRAGNEHMER
Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH (ARSU)
Escherweg 1 | 26121 Oldenburg
Prof. Dr. U. Scheele
Tel.: +49 441 9717496
scheele@arsu.de

Küste und Raum – Ahlhorn & Meyerdirks GbR
Heidebergstr. 82 | 26316 Varel
Dr. Frank Ahlhorn
Tel.: +49 4451 808683
frank.ahlhorn@kueste-und-raum.de

Forschungsverbund netWORKS 3

PROJEKTKOORDINATION
ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung
Hamburger Allee 45 | 60486 Frankfurt am Main
Dr.-Ing. Martina Winker
Tel.: +49 69 7076919 53
winker@isoe.de

FORSCHUNGSPARTNER
Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH
Zimmerstraße 13–15 | 10969 Berlin
Dr. Jens Libbe
Tel.: +49 30 39001115
libbe@difu.de

Technische Universität Berlin
FG Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik
Bereich Infrastrukturmanagement und Verkehrspolitik (IM-VP)
Straße des 17. Juni 135 | 10623 Berlin
Prof. Dr. Thorsten Beckers
Tel.: +49 30 31423243
tb@wip.tu-berlin.de

PRAXISPARTNER
ABG FRANKFURT HOLDING
Wohnungsbau- und Beteiligungsgesellschaft mbH
Niddastraße 107 | 60329 Frankfurt am Main
Frank Junker
Tel.: +49 69 2608276
f.junker@abg-fh.de

ABGnova GmbH
Ginnheimer Straße 48 | 60487 Frankfurt am Main
Sabine Kunkel
Tel.: +49 69 21384104
s.kunkel@abgnova.de

Hamburger Stadtentwässerung AöR
Billhorner Deich 2 | 20539 Hamburg
Thomas Giese
Tel.: +49 40 788882600
thomas.giese@hamburgwasser.de

UNTERAUFTRAGNEHMER
COOPERATIVE Infrastruktur und Umwelt
Am Seegärtchen 23 | 64354 Reinheim
Dr.-Ing. Bernhard Michel
Tel.: +49 6162 9117434
b.michel@cooperative.de

Forschungsverbund nidA200

PROJEKTKOORDINATION
LimnoSun GmbH
Eickhorster Straße 3 | 32479 Hille
Dr. Niels Christian Holm
Tel.: +49 5703 5155423
holm@limnosun.de

FORSCHUNGSPARTNER
ifak – Institut für Automation und Kommunikation e.V.
Werner-Heisenberg-Straße 1 | 39106 Magdeburg
Dr. Jens Alex
Tel.: +49 391 9901469
jens.alex@ifak.eu

Institut für Hygiene und Umwelt
Abteilung Medizinische Mikrobiologie
Marckmannstraße 129 a | 20539 Hamburg
Prof. Dr. Peter Roggentin
Tel.: +49 431 332213
propero@t-online.de

PRAXISPARTNER
Gemeinde Hille
Am Rathaus 4 | 32479 Hille
Lothar Riechmann
Tel.: +49 571 4044215
l.riechmann@hille.de

Forschungsverbund NoNitriNox

PROJEKTKOORDINATION
ifak – Institut für Automation und Kommunikation e.V.
Werner-Heisenberg-Straße 1 | 39106 Magdeburg
Dr. Jens Alex
Tel.: +49 391 9901469
jens.alex@ifak.eu

FORSCHUNGSPARTNER
Universität Stuttgart
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2 | 70569 Stuttgart
Carsten Meyer
Tel.: +49 711 68563754
carsten.meyer@iswa.uni-stuttgart.de

PRAXISPARTNER
Abwasserverband Steinlach-Wiesaz
Langer Wasen 9 | 72144 Dußlingen
Michael Landenberger
Tel.: +49 7071 79528812
av-steinlach-wiesaz@t-online.de

Stadt Pforzheim – Eigenbetrieb Stadtentwässerung Pforzheim
Abteilung 4 – Betrieb
75158 Pforzheim | Wolfgang Körber
Tel.: +49 7231 392465
wolfgang.koerber@stadt-pforzheim.de

Weber-Ingenieure GmbH
Bauschlotter Straße 62 | 75177 Pforzheim
Dr.-Ing. Tobias Morck
Tel.: +49 7231 583153
tobias.morck@weber-ing.de

Forschungsverbund ROOF WATER-FARM

PROJEKTKOORDINATION
Technische Universität Berlin
Projektleitung:
Institut für Stadt- und Regionalplanung
FG Städtebau und Siedlungswesen, Sekr. B9
Hardenbergstraße 40 a | 10623 Berlin
Prof. Dr.-Ing. Angela Million (geb. Uttke)
Tel.: +49 30 31428101
a.million@isr.tu-berlin.de

Projektmanagement:
Zentraleinrichtung Wissenschaftliche Weiterbildung und Kooperation, kubus, Sekr. FH10-1
Fraunhofer Straße 33–36 | 10587 Berlin
Dipl.-Ing. Gisela Prystav
Tel.: +49 30 31424617
gisela.prystav@tu-berlin.de

FORSCHUNGSPARTNER
Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)
Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
Dr.-Ing. Ilka Gehrke
Tel.: +49 208 85981260
ilka.gehrke@umsicht.fraunhofer.de

inter 3 GmbH – Institut für Ressourcenmanagement
Otto-Suhr-Allee 59 | 10585 Berlin
Dr. Susanne Schön
Tel.: +49 30 34347452
schoen@inter3.de

TERRA URBANA Umlandentwicklungsgesellschaft mbH
Nächst Neuendorfer Landstraße 6 a | 15806 Zossen
Dr. rer. nat. Jens Dautz
Tel.: +49 3377 300796
jdautz@terraurbana.de

ASSOZIIERTE PARTNER
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin
Abteilung Z „Zentrales“
Ministerielle Grundsatzangelegenheiten
Brigitte Reichmann
Tel.: +49 30 901394322
brigitte.reichmann@senstadtum.berlin.de

UNTERAUFTRAGNEHMER
Nolde & Partner
Innovative Wasserkonzepte
Marienburger Straße 31 a | 10405 Berlin
Dipl.-Ing. Erwin Nolde
Tel.: +49 30 46601751
erwin.nolde@t-online.de

Forschungsverbund SAMUWA

PROJEKTKOORDINATION
Universität Stuttgart
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2 | 70569 Stuttgart

Dr.-Ing. Ulrich Dittmer
Tel.: +49 711 68569350
ulrich.dittmer@iswa.uni-stuttgart.de

M.Sc. Anna Bachmann
Tel.: +49 711 68565788
anna.bachmann@iswa.uni-stuttgart.de

FORSCHUNGSPARTNER
Bergische Universität Wuppertal
FB Architektur
Lehrstuhl Städtebau
Pauluskirchstraße 7 | 42285 Wuppertal
Prof. Dr.-Ing. Tanja Siems
Tel.: +49 202 4394262
siems@uni-wuppertal.de

Fachhochschule Münster
Institut für Wasser, Ressourcen, Umwelt
Johann-Krane-Weg 25 | 48149 Münster
Prof. Dr. Mathias Uhl
Tel.: +49 251 8365201
uhl@fh-muenster.de

ifak – Institut für Automation und Kommunikation e.V.
Werner-Heisenberg-Straße 1 | 39106 Magdeburg
Dr. Manfred Schütze
Tel.: +49 391 9901470
manfred.schuetze@ifak.eu

Universität Stuttgart
Institut für Landschaftsplanung und Ökologie
Keplerstraße 11 | 70174 Stuttgart
Prof. Dipl.-Ing. Antje Stokman
Tel.: +49 711 68583380
as@ilpoe.uni-stuttgart.de

Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung
Pfaffenwaldring 61 | 70569 Stuttgart
Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. András Bárdossy
Tel.: +49 711 68564679
Andras.Bardossy@iws.uni-stuttgart.de

PRAXISPARTNER
aqua_plan Ingenieurgesellschaft für Problemlösungen in Hydrologie und Umweltschutz mbH
Amyastraße 126 | 52066 Aachen
Dipl.-Ing. Gerhard Langstädtler
Tel.: +49 241 4007010
gl@aquaplan.de

Dr. Pecher AG
Klinkerweg 5 | 40699 Erkrath
Dr. Holger Hoppe
Tel.: +49 2104 939695
holger.hoppe@pecher.de

Emschergenossenschaft/Lippeverband
Kronprinzenstraße 24 | 45128 Essen
Dr. Jürgen Mang
Tel.: +49 201 1043234
mang.juergen@eglv.de

InfraConsult Gesellschaft für Infrastrukturplanung mbH
Schaiblestraße 1 | 70499 Stuttgart
Dipl.-Ing. Ulrich Haas
Tel.: +49 711 8822871
ulrich.haas@infraconsult.de

Stadt Münster
Tiefbauamt
Stadthaus 3 | 48155 Münster
Michael Grimm
Tel.: +49 251 492660
Grimm@stadt-muenster.de

Stadtentwässerung Reutlingen
Marktplatz 22 | 72764 Reutlingen
Arno Valin
Tel.: +49 7121 3032575
arno.valin@reutlingen.de

WSW Energie & Wasser AG
Bromberger Straße 39–41 | 42281 Wuppertal
Dipl.-Ing. Udo Lauersdorf
Tel.: +49 202 5694466
udo.lauersdorf@wsw-online.de

Forschungsverbund SinOptiKom

PROJEKTKOORDINATION
Technische Universität Kaiserslautern
FG Siedlungswasserwirtschaft
Postfach 3049 | 67653 Kaiserslautern
Prof. Dr.-Ing. Theo G. Schmitt
Tel.: +49 631 2052946
theo.schmitt@bauing.uni-kl.de

FORSCHUNGSPARTNER
Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering (IESE)
Fraunhofer-Platz 1 | 67663 Kaiserslautern
Prof. Dr. Peter Liggesmeyer
Tel.: +49 631 68001601
peter.liggesmeyer@iese.fraunhofer.de

Technische Universität Kaiserslautern
Lehrstuhl Stadtplanung, Fachbereich Raum- und Umweltplanung
Pfaffenbergstraße 95 | 67663 Kaiserslautern
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Steinebach
Tel.: +49 631 2052547
steineb@rhrk.uni-kl.de

AG Optimierung, Fachbereich Mathematik
Postfach 3049 | 67653 Kaiserslautern
Prof. Dr. Sven Krumke
Tel.: +49 631 2054808
krumke@mathematik.uni-kl.de

AG Computergrafik und HCI
Postfach 3049 | 67653 Kaiserslautern
apl. Prof. Dr. Achim Ebert
Tel.: +49 631 2053502
ebert@cs.uni-kl.de

PRAXISPARTNER
FIRU mbH – Forschungs- und Informations-Gesellschaft für Fach- und Rechtsfragen der Raum- und Umweltplanung
Bahnhofstraße 22 | 67655 Kaiserslautern
Dipl.-Ing. Sabine Herz
Tel.: +49 631 3624523
s.herz@firu-mbh.de

igr AG
Luitpoldstraße 60 a | 67806 Rockenhausen
Dipl.-Ing. Stefanie Seiffert
Tel.: +49 6361 919233
s.seiffert@igr.de

Mittelrheinische Treuhand GmbH
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft
Steuerberatungsgesellschaft
Hohenzollernstraße 104–108 | 56068 Koblenz
Dipl.-Math. oec. Dr. Harald Breitenbach
Tel.: +49 261 3031268
breitenbach@m-treuhand.de

Verbandsgemeinde Enkenbach-Alsenborn
Hauptstraße 18 | 67677 Enkenbach-Alsenborn
Dipl.-Ing. Michael Marques Alves
Tel.: +49 6305 71161
michael.marquesalves@enkenbach-alsenborn.de

Verbandsgemeinde Rockenhausen
Bezirksamtsstraße 7 | 67806 Rockenhausen
Bernhard Persohn
Tel.: +49 6361 924241
bernhard.persohn@rockenhausen.de

Forschungsverbund SYNOPSE

PROJEKTKOORDINATION
Leibniz Universität Hannover
Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau
Appelstraße 9 a | 30167 Hannover

Prof. U. Haberlandt
Tel.: +49 511 7622237
haberlandt@iww.uni-hannover.de

Dipl.-Hydrol. Hannes Müller
Tel.: +49 511 7623729
mueller@iww.uni-hannover.de

FORSCHUNGSPARTNER
Universität Augsburg
Institut für Geographie
Lehrstuhl für Regionales Klima und Hydrologie
Universitätsstraße 10 | 86159 Augsburg
Prof. H. Kunstmann
Tel.: +49 821 5982298
harald.kunstmann@kit.edu

Universität Stuttgart
Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung
Lehrstuhl für Hydrologie und Geohydrologie
Pfaffenwaldring 61 | 70569 Stuttgart
Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. András Bárdossy
Tel.: +49 711 68564663
Andras.Bardossy@iws.uni-stuttgart.de

PRAXISPARTNER
Dr.-Ing. Pecher & Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Marienfelder Allee 135 | 12277 Berlin
Dipl.-Ing. K.-J. Sympher
Tel.: +49 30 75659680
Klaus.sympher@pecherundpartner.de

Hamburger Stadtentwässerung AÖR
Billhorner Deich 2 | 20539 Hamburg
Dipl.-Ing. A. Kuchenbecker
Tel.: +49 40 78880
andreas.kuchenbecker@hamburgwasser.de

Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH
Engelbosteler Damm 22 | 30167 Hannover
Dr. L. Fuchs
Tel.: +49 511 9719321
l.fuchs@itwh.de

Stadtentwässerung Braunschweig GmbH
Taubenstraße 7 | 38106 Braunschweig
Dipl.-Ing. A. Hartmann
Tel.: +49 531 38345000
andreas.hartmann@se-bs.de

Forschungsverbund TWIST++

PROJEKTKOORDINATION
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)
Breslauer Straße 48 | 76139 Karlsruhe

Dr.-Ing. Harald Hiessl
Tel.: +49 721 6809200
harald.hiessl@isi.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand
Tel.: +49 721 6809119
t.hillenbrand@isi.fraunhofer.de

FORSCHUNGSPARTNER
Bauhaus-Universität Weimar
Professur Siedlungswasserwirtschaft
Coudraystraße 7 | 99423 Weimar
Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong
Tel.: +49 3643 584615
joerg.londong@uni-weimar.de

Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen
Marienstraße 7 a | 99423 Weimar
Dipl.-Ing. Ilka Nyga
Tel.: +49 3643 584591
ilka.nyga@uni-weimar.de

Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH (ILS)
Brüderweg 22–24 | 44135 Dortmund
Martin Schulwitz
Tel.: +49 231 9051215
martin.schulwitz@ils-forschung.de

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH
Justus-von-Liebig-Straße 10 | 64584 Biebesheim am Rhein
Dr.-Ing. Christian Sorge
Tel.: +49 208 40303610
c.sorge@iww-online.de

Universität Stuttgart
Lehrstuhl Siedlungswasserwirtschaft und Wasserrecycling
Bandtäle 2 | 70569 Stuttgart
Dipl.-Ing. Ralf Minke
Tel.: +49 711 68565423
ralf.minke@iswa.uni-stuttgart.de

PRAXISPARTNER
Abwasserzweckverband Nordkreis Weimar
Markt 2 | 99439 Buttstedt
Georg Scheide
Tel.: +49 36451 738788
anw.nordkreis-weimar@t-online.de

CURRENTA GmbH & Co. OHG

Kaiser-Wilhelm-Allee | 51368 Leverkusen
Karl-Heinz Stuerznickel
Tel.: +49 214 3031945
karl-heinz.stuerznickel@currenta.de

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

Theodor-Heuss-Allee 17 | 53773 Hennef
Dr. Christian Wilhelm
Tel.: +49 2242 872165
wilhelm@dwa.de

HST Systemtechnik GmbH & Co. KG

Sophienweg 3 | 59872 Meschede
Dipl.-Ing. Günther Müller-Czygan
Tel.: +49 291 992944
g.mueller@systemtechnik.net

RAG Montan Immobilien GmbH

Im Welterbe 1–8 | 45141 Essen
Kim Alexander Troidner
Tel.: +49 201 3781858
kim.troidner@rag-montan-immobilien.de

Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen AöR

Borker Straße 56–58 | 44534 Lünen
Claus Externbrink
Tel.: +49 2306 91042
Claus.Externbrink@sal-abwasser.de

takomat GmbH

Neptunplatz 6 b | 50823 Köln
Daniel Schwarz
Tel.: +49 221 58479726
dan@takomat.com

tandler.com GmbH

Am Griesberg 25–27 | 84172 Buch am Erbach
Gerald Angermair
Tel.: +49 8709 94041
angermair@tandler.com

Wupperverband

Untere Lichtenplatzer Straße 100 | 42289 Wuppertal
Dipl.-Ing. Karl-Heiz Spies
Tel.: +49 202 583260
Sps@Wupperverband.de

3S Consult GmbH

Schillerplatz 2 | 01309 Dresden
Ingo Kropp
Tel.: +49 351 4824531
kropp@3sconsult.de

INISnet

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH

Zimmerstr. 13–15 | 10969 Berlin
Dr. Jens Libbe
Tel.: +49 30 39001115
libbe@difu.de

Dr.-Ing. Darla Nickel
Tel.: +49 30 39001207
nickel@difu.de

Dr. Stephanie Bock

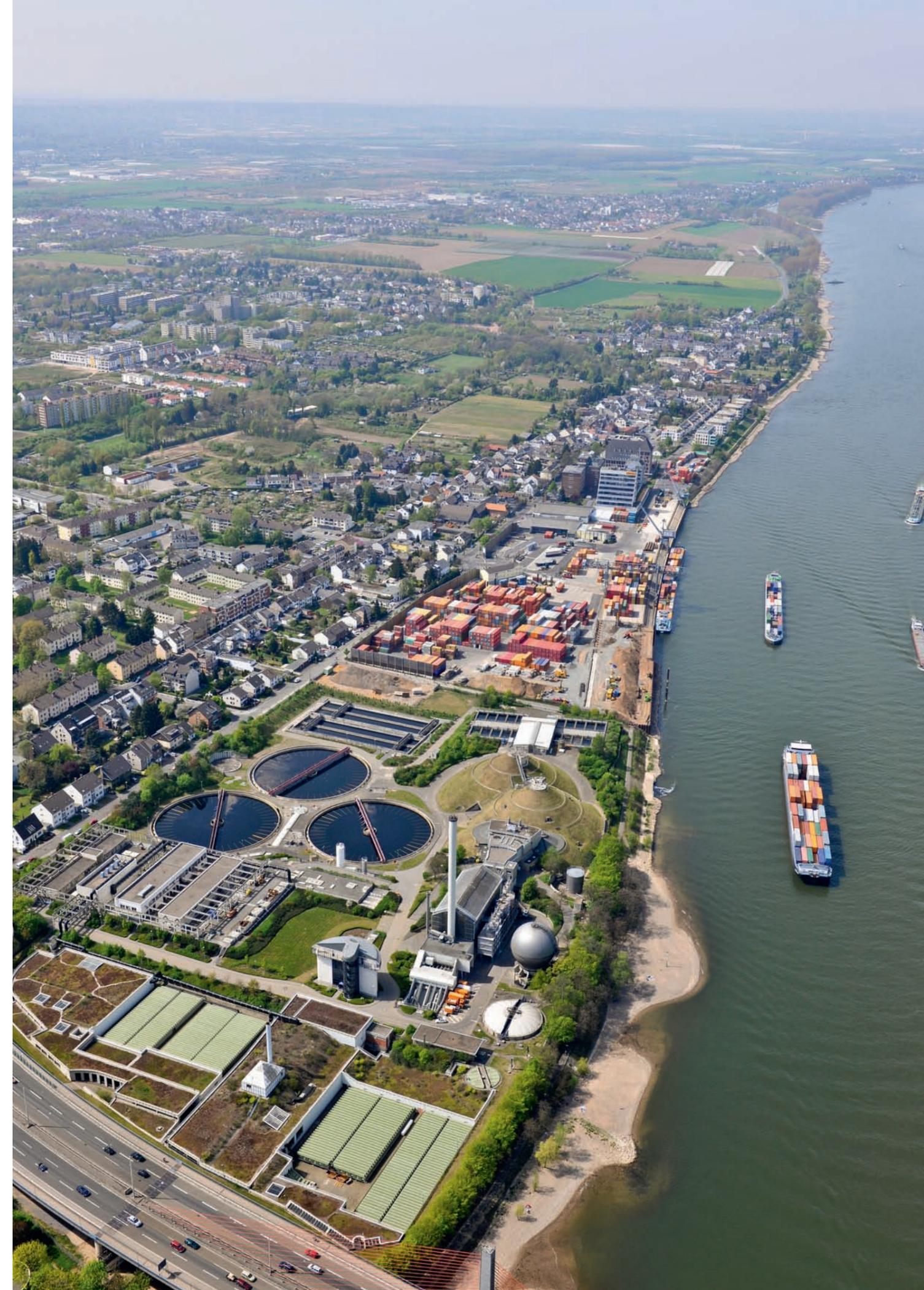
Tel.: +49 30 39001189
bock@difu.de

DVGW-Forschungsstelle TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg
Am Schwarzenberg-Campus 3 | 21073 Hamburg
Margarethe Langer
Tel.: +49 40 428783914
margarethe.langer@tuhh.de

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

Theodor-Heuss-Allee 17 | 53773 Hennef
Dr. Christian Wilhelm
Tel.: +49 2242 872165
wilhelm@dwa.de



Impressum

Herausgeber:

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), Zimmerstraße 13–15, 10969 Berlin

Redaktion:

Vernetzungs- und Transfervorhaben INISnet für die BMBF-Bekanntmachung „Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung“ (INIS)

Fotonachweise

Cover (v.l.n.r.):

Luftbild Bonn/bilderbuch-bonn.de, Pixler/Fotalia.com, igr AG
Phase4Photography/shutterstock.com, ROOF WATER-FARM, BUW, matsue/iStockphoto.com
Institut für Hygiene und Umwelt, HAMBURG WASSER, D. Karthe

Innenteil:

Andreas Hoffmann (S. 10/11), DWA (S. 38/39), Luftbild Bonn/bilderbuch-bonn.de (S. 49)
Urheber der übrigen Abbildungen sind die jeweiligen Verbundprojekte, soweit nicht anders angegeben.

Grafisches Konzept und Layout:

Nicole Rabe, Grafikbüro grafikrabe

Druck:

Spree Druck Berlin GmbH, Berlin

Bezug über:

Nadine Dräger (Difu)
Tel.: +49 30 39001202, draeger@difu.de

Download:

www.bmbf.nawam-inis.de
www.fona.de/de/19767

Beiträge:

Koordinatorinnen und Koordinatoren der INIS-Verbundprojekte, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Vernetzungs- und Transfervorhabens INISnet

Ansprechpartner beim BMBF:

Dr. Helmut Löwe – Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat 724 – Ressourcen und Nachhaltigkeit, 53170 Bonn
Tel.: +49 228 99572110
helmut.loewe@bmbf.bund.de

Ansprechpartner beim Projektträger:

Dr. Reinhard Marth – Projektträgerschaft Ressourcen und Nachhaltigkeit
Projektträger Jülich, Geschäftsbereich Nachhaltigkeit
Forschungszentrum Jülich GmbH
Zimmerstraße 26–27, 10969 Berlin
Tel.: +49 30 201993177
r.marth@fz-juelich.de

Berlin, April 2016

1. Auflage – 1.000 Stück