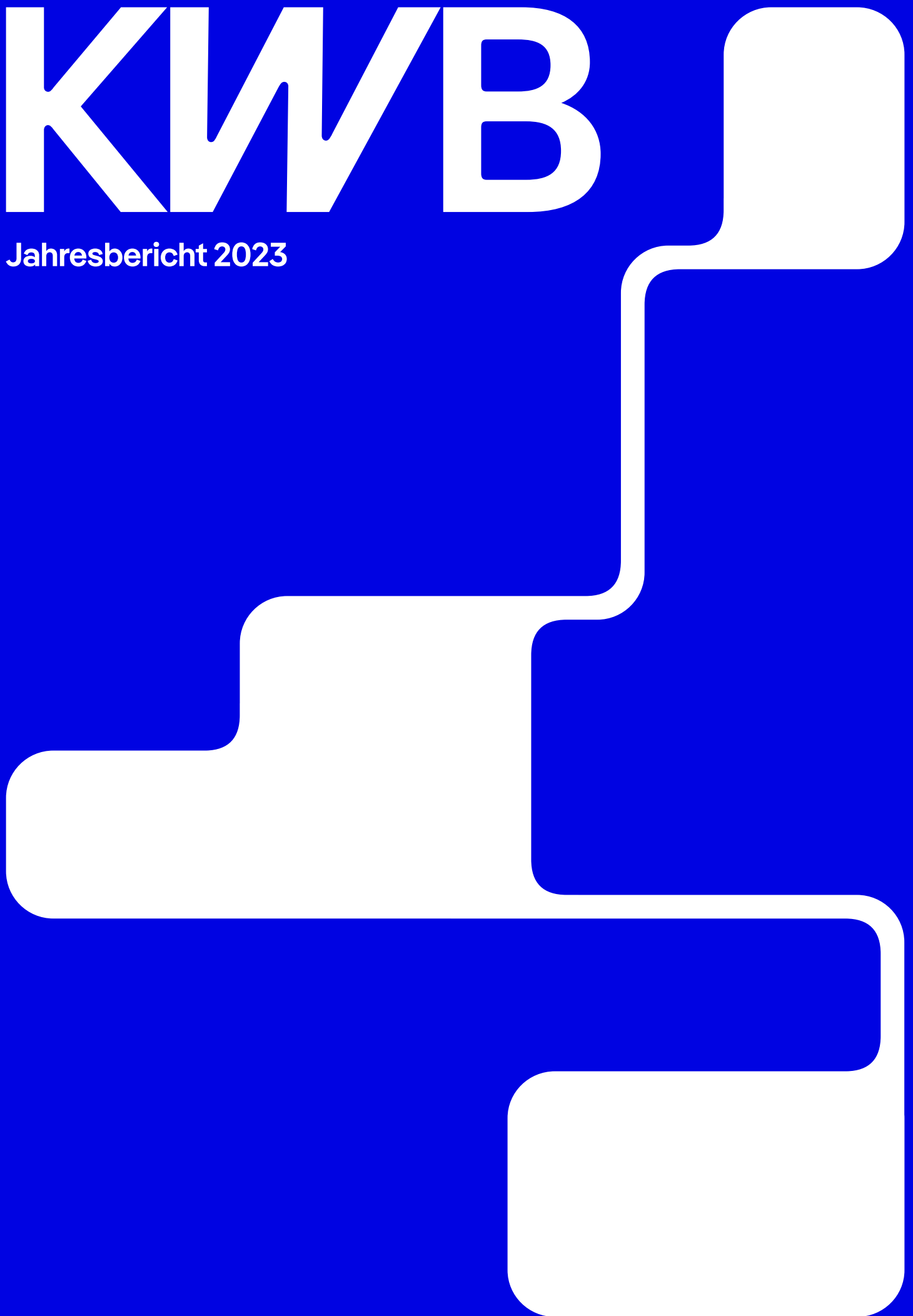


KWVB

Jahresbericht 2023



Editorial	2
Grußwort	2
Vision & Mission	4
Executive Summary	6
Eintauchen	10
Verbessertes Asset Management dank Machine Learning	12
Was hat Wasser in der Stadt mit unserer Gesundheit zu tun?	16
Interview mit Prof. Dr. Christoph Donner	22
Projektauswahl	26
Rausschwimmen	46
Klimaneutralität in der Wasserwirtschaft	48
Lehren aus der Gasknappheit zur Sicherung der Wasserversorgung Deutschlands	54
SWIM:AI	60
Anlegen	64
Team	66
Hinter den Kulissen	70
Projektübersicht	74
Publikationen	76
Literaturangaben & Bildnachweise	78

Grußwort

Wasser ist kostbarer und knapper denn je. Die Wasserwirtschaft steht vor wachsenden Herausforderungen der quantitativen und qualitativen Sicherung dieser wertvollen Ressource. Diese Herausforderungen sind vielfältig und umfassen Anpassungen an den Klimawandel, die Digitalisierung und den Erhalt unserer aktuellen sowie die Planung unserer künftigen Infrastrukturen und Versorgungsnetze.



Prof. Dr. Christoph Donner (links)
Nicolas Zimmer (rechts)

Um diese großen Aufgaben zu bewältigen, braucht es innovative Ideen, die Zusammenarbeit vieler Akteur:innen und einen starken Umsetzungswillen. Genau in dieser Sphäre bewegt sich das KWB. In der angewandten Wasserforschung ist das KWB eine wichtige und zentrale Institution der Metropolregion Berlin/Brandenburg, in Deutschland und in Europa. Es ist Innovationslabor, Think-Tank und kompetente Beratungsinstanz für die Praxis. Seine Mitarbeitenden denken voraus, vermitteln ihr Wissen und tragen aktiv zu Veränderungen bei.

In den letzten 12 Monaten gab es viele spannende Entwicklungen am KWB. Jochen Rabe hat seine Tätigkeit als Geschäftsführer beendet, nachdem er drei Jahre erfolgreich gemeinsam mit dem KWB-Team Themen wie Digitalisierung, Smart Cities und Hydroinformatik vorangetrieben hat. Interimsweise besetzt Prof. Dr. Martin Jekel die Position des Geschäftsführers. Er ist ein Experte, der sich wissenschaftlich so lange und intensiv mit dem Thema Wasser auseinandergesetzt hat, wie kaum jemand in Berlin und schon eine entscheidende Rolle bei der Gründung des KWB vor über 20 Jahren spielte. Mit ihm schließt sich ein Kreis, der ein solides Fundament bildet, gemeinsam mit zahlreichen lokalen, nationalen und internationalen Partnern die Herausforderungen der Gegenwart und Zukunft anzugehen. Als Gesellschafter und Forschungspartner sind wir fördernder und unterstützender Wegbegleiter und planen unsere Zusammenarbeit in den kommenden Jahren noch weiter zu intensivieren.

Um die Qualitäten des KWB und seiner Mitarbeitenden wissend, schätzen wir deren Engagement und Willen, eine aktive Rolle im Rahmen der Leitlinien des Klima- und Transformationsfonds, der milliarden-schwere Investitionen in den Klimaschutz ermöglicht, zu übernehmen. Durch eine sichere Grundfinanzierung für das KWB würde die Metropolregion Berlin/Brandenburg einen zuverlässigen Zugang zu intellektuellen und personellen Ressourcen zur Lösung sich verschärfender Wasserprobleme erhalten. Die exzellenten Fachleute im KWB sind nicht nur engagierte Teamplayer, sondern auch Expert:innen darin, große Verbundprojekte mit Leidenschaft zu leiten und die erforderlichen Fördermittel und Finanzierungen einzuwerben, von denen sowohl ihre Partner:innen als auch die ganze Region profitieren.

Wir möchten uns deshalb bei allen Mitarbeitenden für ihr außerordentliches Engagement bedanken und wünschen ihnen weiterhin viel Erfolg. Wir freuen uns auf die weitere Zusammenarbeit bei spannenden Projekten für unsere gemeinsame Zukunft. Das KWB ist unverzichtbar.

Prof. Dr. Christoph Donner

Vorstandsvorsitzender Berliner Wasserbetriebe,
Vorsitzender des Aufsichtsrats des KWB

Nicolas Zimmer

Vorstandsvorsitzender Technologiestiftung Berlin,
Vorsitzender der Gesellschafterversammlung des KWB

Vision & Mission

Wir freuen uns, hier unsere überarbeitete Vision und Mission vorzustellen, die wir in einem partizipativen Prozess mit unseren Mitarbeitenden entwickelt, verdichtet und zu Papier gebracht haben. Unsere neue Vision und die daraus abgeleitete Mission sind der Kern unserer Organisation, unserer täglichen Arbeit und unseres Antriebs.

Vision

Mit angewandter Forschung und praxisnahen Lösungen sorgen wir für eine nachhaltige Bewirtschaftung des urbanen Wasserkreislaufs und einen achtsamen Umgang mit unserer Umwelt.

Mission

Vordenken

Für die entscheidenden Herausforderungen rund um den urbanen Wasserkreislauf, wie Anpassungen an den Klimawandel, Umwelt- und Ressourcenschutz sowie Digitalisierung, entwickeln und verknüpfen wir innovatives Wissen durch engagierte und praxisnahe Forschung. Unsere Arbeit ist wissenschaftlich fundiert, erfindungsreich, zuweilen unbequem und immer am Puls der Zeit.

Vermitteln

Wir kooperieren eng mit nationalen und internationalen Partner:innen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung. Wir sind unabhängig und vernetzen Akteur:innen, Stakeholder und Organisationen im Wassersektor und weit darüber hinaus. Durch das Teilen unseres Wissens und unsere Kommunikation in die Breite der Gesellschaft schaffen wir Bewusstsein für die essenzielle Bedeutung des Wassers.

Verändern

Unsere Arbeit, Ideen und anwendbaren Lösungen wirken in die Gesellschaft hinein. Das von uns vermittelte Wissen fördert einen lebendigen Austausch und befähigt, informierte Entscheidungen zu treffen und Veränderungen positiv zu gestalten. Wir engagieren uns für eine lebenswerte Zukunft.

Executive Summary

Geschäftsführer
Prof. Dr. Martin Jekel



Sehr geehrte Damen und Herren,

am 4. März 1999 erhielt ich eine Anfrage per E-Mail von Dr. Bodo Weigert, damals Geschäftsführer des Vereins Wasserforschung e.V. in Berlin. Ich war in den USA zu einem Forschungsaufenthalt bei Dr. Jörg Drewes, der seinerzeit als Post-Doc an der Arizona State University in Tempe tätig war. Damals fanden die Verkaufsverhandlungen des Berliner Senats zur Teilprivatisierung der Berliner Wasserbetriebe (BWB) statt. Einer der Anbieter, damals noch Vivendi, heute Veolia, bot an, die Institutionalisierung eines Kompetenzzentrums Wasserforschung in Berlin zu finanzieren. Darauf entwickelte ich innerhalb eines Tages ein Konzept, das die Gründung eines Berliner Wasserforschungsinstituts, BWI, vorsah. Am 8. März wurde das Konzept von der Senatsverwaltung für Wissenschaft, Forschung und Kultur direkt für die Verkaufsverhandlungen eingereicht. Am 2. Juli 1999 wurde das Ergebnis der Verhandlungen mit den Anbietern, u.a. Vivendi, vom Regierenden Bürgermeister Eberhard Diepgen der Presse mitgeteilt, dabei wurde die Gründung des Kompetenzzentrums Wasser direkt genannt. Wenn man sich den kurzen Zeitraum von ca. 4 Monaten von der Idee bis zur Beschlussfassung ansieht, dann kann man nur staunen.

Letztlich wurde dann nach fast drei Jahren Verhandlungen 2001 das Kompetenzzentrum Wasser Berlin als gGmbH gegründet. Ich konnte ein halbes Jahr als einer der zwei Geschäftsführer die Gründungsphase des KWB begleiten. Die TU Berlin, an der ich die Professur für Wasserreinigung seit 1988 innehatte, war damals einer der Gesellschafter. Dazu wurden eine Reihe von gemeinsamen Projekten entwickelt und durchgeführt, z.B. zu Spurenstoffen in der Uferfiltration (NASRI).

Warum erwähne ich das? Ich wurde trotz meines Ruhestandes von Prof. Dr. Christoph Donner, dem neuen Vorstandsvorsitzenden der BWB und Vorsitzenden des Aufsichtsrats des KWB, gebeten, kurzfristig die Geschäftsführung ab 1. Juni 2023 für eine Übergangszeit zu übernehmen. Diese Anfrage konnte ich, bei all den langjährigen Verbindungen zum KWB und seinen Beschäftigten sowie zu den BWB, nicht ablehnen.

Das KWB hat sich thematisch in den zwei Dekaden seines Bestehens sehr gut weiterentwickelt, mit neuen Themen und Forschungsbereichen und mit einer stetig gewachsenen Belegschaft. Was das konkret bedeutet, zeigt Ihnen unser neuer Jahresbericht.

Unser erster Artikel gibt Ihnen einen Einblick, wie wir unser bereits erfolgreich in Berlin eingesetztes innovatives Tool für Alterungsprognosen von Abwasser- und Wassernetzen SEMAplus nun auch in Lausanne implementieren (siehe ab Seite 12). In einem Interview mit Verantwortlichen des Service de l'eau de la Ville de Lausanne erfahren Sie mehr darüber, wie die Stadt und ihre Bevölkerung von SEMAplus profitieren wird und wie sich die Zusammenarbeit mit uns für ein besseres Asset Management gestaltet.

Im zweiten Artikel geht darum, wie Wasser, Stadt und Gesundheit zusammenhängen. Gerade im Hinblick auf wachsende und sich verdichtende Städte und immer mehr Starkregenereignisse und höhere Temperaturen als Folge des Klimawandels ist eine Neuausrichtung in der städtischen Planung unausweichlich. Wie unsere Forschung dazu einen wichtigen Beitrag leisten kann, erfahren Sie ab S. 16.

Wie erwähnt haben die BWB einen neuen Vorstandsvorsitzenden, Prof. Dr. Donner, den Sie ab S. 22 besser kennenlernen können. Erfahren Sie, welche Rolle das KWB im Kontext der Strategien für die BWB und für ganz Berlin aus seiner Sicht spielen wird, wie sich unsere zukünftige Zusammenarbeit gestaltet und welche Bedeutung das Wasser für Christoph Donner auch jenseits seines Berufs hat.

Im zweiten Abschnitt des Jahresberichts, schwimmen wir wieder ein wenig raus und werfen einen Blick in die Zukunft. Den Anfang macht ein Artikel zur Klimaneutralität in der Wasserwirtschaft, der der Frage nachgeht, ob diese nur eine bloße Utopie ist – mehr dazu ab S. 48. Ab S. 54 diskutieren wir dann, welche Lehren aus der drohenden Gasknappheit, die uns vor allem Ende 2022 und Anfang 2023 in Atem gehalten hat, zur Sicherung der Wasserversorgung in Deutschland gezogen werden könnten.

Und schließlich stellen wir Ihnen im letzten Artikel ab S. 60 noch SWIM:AI vor, unser Tool auf Grundlage datengestützter Modelle zur Vorhersage der Badegewässerqualität in Flüssen und Seen. Dabei schrecken wir auch nicht zurück, etwas tiefer in technische Details einzutauchen.

Wasser gilt so selbstverständlich als elementare Ressource für unser Leben, dass man sich bis 2018 zu wenig Gedanken über die möglichen Entwicklungen durch den Klimawandel gemacht hat. Sicherlich gab es Prognosen aufgrund vieler Modelle für das erwartbare Dargebot in den nächsten Dekaden. Aber die Realität hat uns hier überholt, mit fünf ungewöhnlich trockenen Jahren und 2023 wird das nicht aufholen, nur weil es sich bisher als eher normales Niederschlagsjahr darstellt. Das akkumulierte Niederschlagsdefizit von ca. 500 – 700 mm kann so schnell nicht ausgeglichen werden. Für 2022 kann ich hier auf die Niederschlagssumme von nur 350 mm in Berlin-Dahlem verweisen, das sind Werte, die man eigentlich nur in Steppen und wüstenartigen Regionen findet. Der gesamte Osten der Bundesrepublik ist bekanntlich besonders gefährdet, aber auch andere Regionen leiden bereits unter Mangelerscheinungen im Wasserhaushalt. Zahlreiche Berichte haben das auch für alle Bürger:innen dargelegt, wie etwa ein am 14. August 2023 ausgestrahlter Film des ZDF in „frontal“ zum Thema „Deutsche Flüsse in Not – Verteilungskampf ums Wasser“.

Das KWB ist trotz dieser unsicheren Zeiten gut aufgestellt und wir blicken mit Einfallsreichtum, Mut und Zuversicht in die Zukunft. Dieser positive Ausblick ist zum einen der erfolgreichen wirtschaftlichen Entwicklung am KWB im Jahr 2023 geschuldet – und auch für die kommenden Jahre konnten wir bereits einen Zuwachs an Projektmitteln sichern. Zum anderen ist dem Optimismus unseren Mitarbeitenden zu verdanken, die sich engagiert, kompetent und wissenshungrig dafür einsetzen, zukunftsweisende nationale und internationale Forschungsprojekte für das KWB zu akquirieren und zu bearbeiten. Ich bedanke mich hier ausdrücklich bei der Belegschaft, die mich auch sehr freundlich empfangen hat, was mir einen schnellen Einstieg ermöglicht hat.

Ich wünsche Ihnen viel Freude mit unserem Jahresbericht. Er soll Sie inspirieren und Ihnen Einblick in die zahlreichen Herausforderungen rund um Wasser und Stadt, Klimawandel und Digitalisierung geben.

Haben Sie Teil an unserem pragmatischen Optimismus und zögern Sie nicht, uns zu kontaktieren, wenn Sie Fragen und Themen rund ums Wasser im urbanen Raum haben.



Prof. Dr. Martin Jekel

Geschäftsführer | Oktober 2023

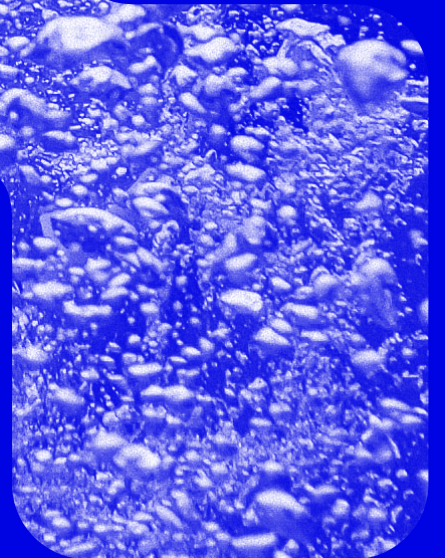
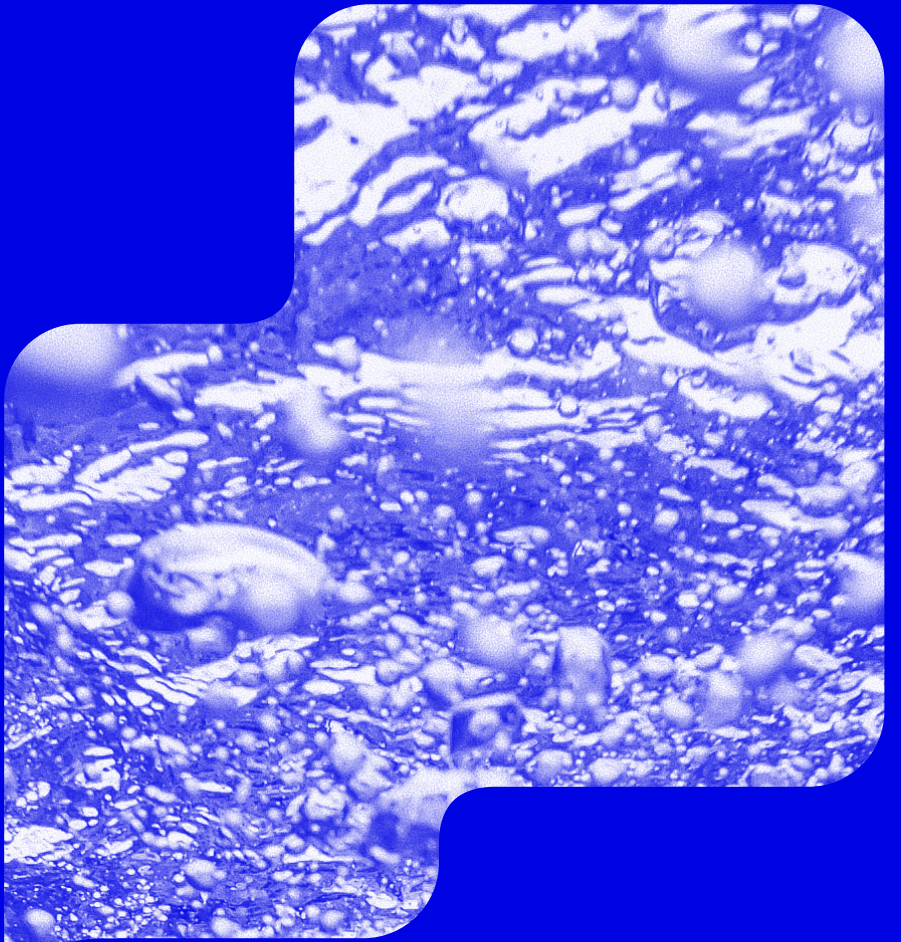


Eintauchen

Tauchen Sie ein und erfahren Sie mehr über die jüngsten Entwicklungen der angewandten Forschung am KWB. Mit dabei sind Alterungsprognosen von Abwasser- und Wassernetzen in der Schweiz, das Zusammenspiel aus Wasser, Stadt und Gesundheit sowie ein Interview mit dem neuen Chef der Berliner Wasserbetriebe.

Was uns 2023 beschäftigte, erfahren Sie in folgenden Artikeln:

- ▶ Verbessertes Asset Management dank Machine Learning
- ▶ Was hat Wasser in der Stadt mit unserer Gesundheit zu tun?
- ▶ Interview mit Prof. Dr. Christoph Donner
- ▶ Projektauswahl



Verbessertes Asset Management dank Machine Learning

SEMAplus in Lausanne

Dr. Nicolas Caradot



Mit der Einführung von SEMAplus, einem innovativen Tool für Alterungsprognosen von Abwasser- und Wassernetzen, macht die Stadt Lausanne einen großen Schritt in Richtung Zukunft des Wasser-Managements. Entwickelt in enger Zusammenarbeit mit den Berliner Wasserbetrieben wird diese innovative Software-Lösung die Instandhaltung von Kanalisations- und Wassernetzen für künftige Generationen verändern. Derzeit wird SEMAplus bereits in Berlin für über 10.000 km Abwasserkanalnetzwerke eingesetzt, um die jährliche finanzielle Planung der Kanalsanierung zu optimieren.

Das Problem der alternden Wasser- und Abwassernetze, das erhebliche Investitionen für die Sanierung erfordert, wird mit SEMAplus auf eine neue Weise angegangen. Die auf maschinellem Lernen basierende Softwarelösung liefert schnelle und genaue Informationen zur Lokalisierung dringender Sanierungsbedarfe und bietet eine solide Grundlage für langfristige Investitionsplanungen. Mit einer lediglich geringen Menge an Inspektionsdaten macht SEMAplus den Prozess der Wartungsplanung viel einfacher.

Unser Hauptziel ist es, ein umfassendes Werkzeug zur Verfügung zu stellen, das alle Schlüsselaufgaben der Instandhaltung und Sanierungsplanung integriert, von der Datenerfassung vor Ort (z.B. TV-Befahrungen von Abwasserkanälen oder Lokalisierung von Rohrbrüchen) bis hin zur Priorisierung von Rohrerneuerungen. Dabei wird das Tool um ein neues Modul erweitert, das den Zustand von Kanälen automatisch anhand von Kanalinspektionsberichten bewertet. Aus der Modellierung ergibt sich eine Rangliste sowohl aller inspizierten als auch nicht inspizierten Abwasserkanäle, die nach ihrem unmittelbaren Sanierungsbedarf sortiert sind.

SEMAplus wird auch darüber hinaus neue Machine-Learning-Techniken nutzen, um die Genauigkeit von Vorhersagen zu verbessern. Dies ist von entscheidender Bedeutung, da genaue Ergebnisse sofort helfen, Entscheidungen über lokale Baumaßnahmen zu treffen. Ein weiteres spezielles Modul wird für die Priorisierung der Sanierungsbedürfnisse von Kanalhaltungen entwickelt, die besonders das Risiko und die Folgen von Ausfällen berücksichtigen. Die zugrunde liegende Analyse wird in enger Zusammenarbeit mit Expert:innen der französischen Forschungsinstitute Institut national de la recherche agronomique (INRAE) und Institut National des sciences appliquées de Lyon (INSA) durchgeführt. Dabei werden zusätzliche Kriterien für die Auswirkungen oder die Anfälligkeit berücksichtigt, um Prioritäten für Sanierungsinvestitionen zu setzen (z.B. unter stark befahrenen Straßen oder in Wasserschutzgebieten).

Auf strategischer Ebene wird SEMAplus den zukünftigen Zustand des Lausanner Netzes in den nächsten zehn Jahren simulieren. Diese Simulation wird wertvolle Erkenntnisse liefern, um die Relevanz vorgeschlagener Investitionen zu erläutern. Schließlich wird auch das bestehende Tool für das Asset Management des Trinkwassernetzes in Lausanne aktualisiert und in SEMAplus integriert.

SEMAplus soll das Asset Management in Lausanne verbessern, indem es schnelle und genaue Informationen liefert, um dringenden Sanierungsbedarf zu erkennen und die Grundlage für eine langfristige Investitionsplanung zu schaffen. ►



Agnès Martinez

Netzwerkingenieurin bei Service de l'Eau de la Ville de Lausanne | Trinkwasser und Abwasserentsorgung | Smart Cities



Perrine Ziegler

Ingenieurin bei Service de l'eau de la Ville de Lausanne | Nachhaltiges Wassernetz



Dominique Zürcher

Stellv. Abteilungsleiter, Bereichsleiter Netzwerktechnik & Hydraulik bei Service de l'eau de la Ville de Lausanne

Wir haben Agnès Martinez, Perrine Ziegler und Dominique Zürcher von Service de l'Eau de la Ville de Lausanne über ihre Erfahrungen mit SEMAplus, die Zusammenarbeit mit dem KWB und die positiven Effekte unserer Lösung für Lausanne befragt:

Wie wird die Stadt Lausanne und ihre Bevölkerung von SEMAplus profitieren? Was ist Ihre Zukunftsvision für das Kanalisationsnetz von Lausanne und wie ist diese mit SEMAplus verbunden?

Mit SEMAplus erhalten wir ein effizientes Asset-Management-Tool, das für beide von uns verwalteten Netze – Trinkwassernetze und Abwassernetze – eingesetzt werden kann. Dank dieses Tools werden wir in der Lage sein, die Erneuerung oder Sanierung von Leitungen gezielter vorzunehmen. Wir sind davon überzeugt, dass wir mit SEMAplus die Effizienz der von uns erbrachten Dienstleistungen steigern können, indem wir unsere Richtlinien zur Vermeidung von Ausfällen verbessern und das bei gleichbleibendem Niveau der jährlichen Investitionen. Auf diese Art und Weise werden wir die Investitionsplanung optimieren und die Steuerlast für Endkund:innen verringern. Diese profitieren außerdem von einem Trinkwassernetz mit weniger Ausfällen und einer geringeren Umweltbelastung aufgrund von defekten Abwasserleitungen.

Wie haben Sie zum ersten Mal von SEMAplus erfahren?

Wir waren Teil des früheren europäischen Forschungsprojekts Care-W zum Asset Management des Trinkwassernetzes. Nach 10 Jahren der Anwendung dieser Methode waren wir mit den Ergebnissen sehr zufrieden und wollten einen ähnlichen Ansatz für Abwassernetze entwickeln. Wir wandten uns an

unsere Kontakte aus dem Care-W-Projekt (Yves le Gat von INRAE und Frédéric Cherqui von INSA), die uns von der in Berlin verwendeten Methode erzählten. Wir setzten uns mit Nicolas Caradot in Verbindung, der uns mit dem SEMAplus-Tool bekannt machte.

Was hat Sie an SEMAplus gereizt und wie sind Sie zu dem Entschluss gekommen, es in Lausanne anzuwenden?

SEMAplus verfolgt einen ähnlichen Ansatz wie der, den wir für das Trinkwassernetz verwendet haben: Auf der Grundlage der Daten, die wir über unsere Infrastruktur haben, und der Beobachtungen, die wir durch TV-Befahrung machen, können wir den Zustand unserer gesamten Infrastruktur einschätzen. Vor allem die Flexibilität des Tools und die Möglichkeit, zusätzliche Module anzupassen und zu entwickeln, geben uns eine Lösung an die Hand, die gleichzeitig für Kanalisations- und Trinkwassernetze verwendet werden kann. Außerdem denken wir, dass das KWB als Entwickler von SEMAplus über ein starkes Know-how und genaue Kenntnisse zu diesen Themen verfügt.

Können Sie uns über einige Details der Implementierung von SEMAplus in Lausanne berichten? Was sind die Herausforderungen und wie gehen Sie diese an?

In Lausanne stehen wir vor zwei großen Herausforderungen. Die eine besteht darin, ein Tool zu entwickeln, das sowohl für Kanalisations- als auch für Trinkwassernetze verwendet werden kann.

Die andere besteht darin, fünf zusätzliche Module zu entwickeln, die in das bestehende SEMAplus-Tool integriert werden. Unser Ziel (ein Tool für das gesamte Asset Management beider Netze zu haben) ist ehrgeizig, aber wir können uns auf das Forschungsteam (KWB, INRAE und INSA) verlassen, das uns leitet, von seinem großen Fachwissen in jedem Bereich profitieren lässt und uns gute Ratschläge gibt.

Was sind die nächsten großen Meilensteine der Anwendung von SEMAplus in Lausanne?

Für das Trinkwassernetz besteht der nächste Meilenstein darin, die Implementierung unserer bestehenden Methodik in das SEMAplus-Tool abzuschließen. Dies bedeutet die Entwicklung von zwei spezifischen Modulen: eines zur Vorhersage der Ausfallwahrscheinlichkeit jeder Leitung, das zweite



Kanalansierungsbaustelle in Lausanne

zur Priorisierung der Erneuerung jeder Leitung unter Verwendung einer multikriteriellen Analyse. Für das Kanalnetz besteht der nächste Meilenstein darin, unsere Zustandsbewertungsmethode zu kalibrieren und zu validieren (Aggregation von Schäden zu einer allgemeinen Zustandsnote) und den ersten Durchlauf des Haltungssimulators durchzuführen, um einen Eindruck vom Zustand unserer gesamten Infrastruktur zu erhalten, einschließlich der Rohre, die noch nie inspiziert wurden. Diese Ziele sollen bis Ende 2024 erreicht werden.

Der Einsatz von SEMAplus in Lausanne erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen den drei Forschungspartnern KWB, INSA und INRAE. Was sind die Vorteile dieser Zusammenarbeit?

Der Vorteil dieser Zusammenarbeit liegt in der Nutzung des Fachwissens der einzelnen Forschungspartner: KWB bei der Modellierung der Alterung von Abwasserkanälen und der Entwicklung neuer Module für SEMAplus; INRAE bei der Modellierung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Trinkwasserleitungen und bei ihren Kenntnissen bezüglich der Berücksichtigung von Unsicherheiten; INSA bei der Entwick-

lung von Methoden zur Bewertung des Zustands von Abwasserleitungen und zur Anwendung der Multi-kriterienanalyse, um Prioritäten für die Erneuerung oder Sanierung von Abwasser- und Trinkwassernetzen zu setzen.

SEMAplus wird von mehreren Betreibern eingesetzt. Was versprechen Sie sich von der Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Städten? Wie kann sie zur Anwendung von SEMAplus und zur Verbesserung des Asset Managements in Lausanne im Allgemeinen beitragen?

Die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Städten ist wirklich interessant, denn obwohl die Art der Infrastruktur oder die Organisation der Betreiber unterschiedlich sein kann, sind die Herausforderungen, denen wir uns gegenübersehen, oft die gleichen. Indem wir vom Feedback anderer Betreiber profitieren, können wir unsere eigenen Herausforderungen besser einschätzen. Es entstehen auch Synergien, wenn Betreiber die gleichen Bedarfe haben, sodass wir Daten und Informationen austauschen können, um spezifische Herausforderungen anzugehen. ●

Was hat Wasser in der Stadt mit unserer Gesundheit zu tun?

Lisa Junghans

Dr. Andreas Matzinger



Wasser ist eine der wichtigsten überlebensnotwendigen Ressourcen, die wir auf unserem Planeten haben. Der Zugang zu sauberem und ausreichendem Wasser ist nicht überall auf der Welt gewährleistet und durch die Klimaveränderung werden immer mehr Regionen von diesem Problem betroffen, so auch unsere. Die Folgen davon sind nicht nur für die Umwelt verheerend, sondern auch für unsere Gesellschaft und Städte und für unsere Gesundheit.

„Mit unseren praxisnahen Lösungen aus zahlreichen Projekten rund um den Wasserkreislauf tragen wir zu einer nachhaltigen und gesunden Welt für künftige Generationen bei.“

Umso wichtiger ist es, dass wir unser Wasser schützen und nachhaltig nutzen. Denn nur so können wir unsere Resilienz stärken und uns auf die Herausforderungen der Zukunft vorbereiten. Genau hier setzen wir mit unserer angewandten Forschung an. Mit unseren praxisnahen Lösungen aus zahlreichen Projekten rund um den Wasserkreislauf tragen wir zu einer nachhaltigen und gesunden Welt für künftige Generationen bei. Dies zeigt zum Beispiel unsere Arbeit für sogenannte blaugrüne Infrastruktur sowie für die bessere Qualität öffentlicher Badegewässer.

Grüne Lungen für eine gesunde Zukunft: Die Blaugrüne Infrastruktur

Nach heftigen Regenfällen im Juli 2017 kam es in Berlin zur Überflutung vieler Straßen, Gebäudekeller und U-Bahnhöfe. Die Wassermassen sammelten sich vor allem in tiefergelegenen Gebieten der Stadt und führten zu Schäden an Eigentum und Infrastruktur. Ein Jahr später folgte eine Hitzewelle mit überdurchschnittlich hohen Temperaturen und langer Trockenheit in den

Berliner Innenstadtbezirken. Die hohen Gebäude und asphaltierten Straßen speicherten die Hitze auch über Nacht, mit gesundheitlichen Folgen vor allem für Kleinkinder und Senior:innen.


Die zwei Beispiele zeigen, inwiefern die Versiegelung der Böden in Städten durch Straßen und Bebauung im Sommer zu Hitzeinseln und Überflutungen führen kann. Gerade im Hinblick auf weiter wachsende und sich verdichtende Städte aufgrund steigender Wohnungsnachfrage sowie mehr Starkregenereignisse und höhere Temperaturen als Folge des Klimawandels ist eine Neuausrichtung der städtischen Planung unausweichlich.

Eine Lösung für diese Entwicklung ist eine klimaangepasste und wassersensible Stadtentwicklung. Dabei wird ein Gebiet so geplant oder umgebaut, dass das Regenwasser vor Ort zurückgehalten, verdunstet, versickert oder genutzt werden kann und nicht über die Kanalisation abfließt. Denn durch eine solche lokale Bewirtschaftung kann der Regenwasserabfluss deutlich reduziert werden und die Verdunstungskühlung bewirkt eine signifikante Reduzierung der Temperaturen. Eine solcher Wandel von Abfluss zu Versickerung oder Verdunstung kann durch blaugrüne Infrastrukturen in bestehende urbane Gebiete integriert werden.

Unter blaugrüner Infrastruktur versteht man eine Art von Infrastruktur, die sowohl aus Elementen der Natur als auch aus künstlichen Elementen besteht und darauf abzielt, die natürliche Umwelt in städtischen Gebieten zu verbessern. Wir verwenden in der Folge eine vereinfachte Definition nach Sichtbarkeit von „Grün“ oder „Blau“, die sich in der Planung, insbesondere von Regenwasserbewirtschaftung bewährt hat (Anterola et al., 2020).

„Grün“ steht entsprechend für Elemente, wie Dachbegrünung, Grünflächen oder Versickerungsmulden, „Blau“ für Wasserflächen oder Wasserspiele.

Zusammen bilden diese Elemente der blaugrünen Infrastruktur ([Abbildung S. 18-19](#)) eine nachhaltige Methode, um die Umwelt in städtischen Gebieten zu verbessern und die Lebensqualität der Menschen zu erhöhen. Sie sind daher zentral für eine zukunftsorientierte klimaangepasste Stadtentwicklung. ►



Fassadenbegrünung zur Isolation von Häusern gegenüber Hitze sowie Kälte

Mulden zur Speicherung von Wasser für Bäume

Grünstreifen ermöglichen Wasserversickerung im Straßenraum

Wasserspiele sorgen für Verdunstungskühlung zur Reduktion von Hitzeinseln

Dachbegrünung hält Regenwasser zurück und sorgt für Verdunstungskühlung

Teilversiegelte Parkplätze ermöglichen Versickerung von Wasser

Multifunktionale Rückhalteräume speichern Regenwasser und reduzieren die Einleitung ins Kanalnetz

Grünflächen zur Versickerung und Verdunstung von Wasser im öffentlichen Raum

Urban Gardening zur aktiven Nutzung von Regenwasser

Bessere Badegewässerqualität

In Deutschland gibt es zwei Systeme zur Entsorgung von Abwasser. Im Trennsystem fließt das Schmutzwasser aus den Toiletten, Duschen und Waschmaschinen in einen Abwasserkanal und wird zur Kläranlage transportiert. Regenwasser wird in separaten Rohren abgeleitet und in der Regel Gewässern zugeleitet. Im Mischsystem dagegen werden Regen- und Schmutzwasser in einem gemeinsamen Kanal zur Kläranlage geleitet. In Deutschland wird das Mischsystem in etwa der Hälfte der Kanalisation eingesetzt.

Das Mischsystem ist billiger als das Trennsystem, aber bei starkem Regen kann das System überlaufen, sodass ungereinigtes Schmutzwasser in die Flüsse abgeleitet wird. Eine solche Einleitung in Gewässer, auch Mischwasserüberlauf genannt, kann zu gesundheitlichen Problemen für Mensch und Tier führen.

Forscher:innen des KWB haben in der Havel in Berlin untersucht, wie sich die hygienische Belastung im Gewässer nach Mischwasserüberläufen verändert. Daraus haben sie ein Modell entwickelt, das vorhersagt, wann es gesundheitsschädlich sein kann, in der Havel zu schwimmen. Bei dem Modell mit dem Namen SWIM:AI handelt es sich um ein statistisches Computermodell, das mit digitalen Gewässer- und Regenwetterdaten gefüttert wird, die in Berlin täglich bereitgestellt werden. Seit 2019 wird die Berliner Öffentlichkeit so über die aktuelle Badegewässerqualität an ausgewählten Badestellen informiert (und zwar hier: <https://www.badestellen.berlin.de>). Unser Hydroinformatik-Team arbeitet daran, SWIM:AI für weitere Gewässer auch außerhalb Berlins zur Anwendung zu bringen. Mehr dazu können Sie auf S. 60 nachlesen.

Neben der einen Vorhersage der Badegewässerqualität ist es aber auch essentiell, die Belastungen öffentlicher Badegewässer generell zu reduzieren. Blaugrüne Infrastruktur kann hier einen wesentlichen Beitrag leisten. Durch die Verdunstung und Versickerung von Regenwasser wird dieses teilweise oder komplett von der Kanalisation abgekoppelt. Dies führt direkt zu einer Reduktion von Mischwasserüberläufen bei Starkregen und damit zu einem Schutz der Gesundheit.

„Gerade im Hinblick auf weiter wachsende und sich verdichtende Städte aufgrund steigender Wohnungsnachfrage sowie mehr Starkregenereignisse und höhere Temperaturen als Folge des Klimawandels ist eine Neuausrichtung der städtischen Planung unausweichlich.“

Weniger Hitzestress

Es ist bekannt, dass hohe Temperaturen Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen haben. Durch den Klimawandel treten in vielen Regionen der Welt immer häufiger und intensiver Hitzewellen auf, die zu gesundheitlichen Problemen bis hin zum Tod führen können. Neben der Hitze am Tag sind auch „tropische Nächte“ mit Temperaturen über 20° C gesundheitlich relevant.

Im „Basisbericht Umweltgerechtigkeit des Landes Berlin“ wurde genauer untersucht, wie unterschiedliche Bevölkerungsgruppen von



Umweltbelastungen, insbesondere Hitze betroffen sind. Beeinträchtigungen des menschlichen Wohlbefindens führen beispielsweise zu Unwohlsein, Unaufmerksamkeit und einer verminderten Leistungsfähigkeit. Anhaltende oder extreme Hitze kann sogar zu einem Versagen von Organen und im schlimmsten Fall zum Tod führen.

„Eine klimaresiliente Stadtentwicklung ist für die Gesundheit der städtischen Bevölkerung unverzichtbar.“

Blaugrüne Infrastruktur kann dazu beitragen, die Hitzebelastung in Städten zu reduzieren, indem sie Änderungen in der Flächennutzung und Gebäudebeschaffenheit bewirkt. Mit ausreichend Wasser versorgte Bäume und Wasserflächen wie Teiche haben den besten Einfluss auf die Reduktion des Hitzestresses am Tag, da sie Schatten spenden und eine kühlende Wirkung durch Verdunstung erzeugen. Entsiegelte Flächen wie Grün- oder Rasenflächen können tagsüber weniger Wärme speichern und geben dadurch nachts weniger Wärme ab, kühlen also ihre Umgebung auch in der Nacht. Auch Gebäudebegrünungen setzen Wärme in Verdunstungskälte um und verringern die Erwärmung von Gebäuden und haben sogar auf Quartiersebene einen positiven Einfluss auf das Mikroklima. Grüne und blaue Bausteine sind somit ein wichtiger Bestandteil einer gesundheitsförderlichen Stadtentwicklung, da sie zur Verringerung von thermisch bedingten Krankheitsbelastungen beitragen können, insbesondere bei älteren, kranken und sehr jungen Menschen.

Schönere Stadt

Neben besserer Badewasserqualität und weniger Hitzebelastung können blaugrüne Infrastrukturmaßnahmen auch die Lebensqualität in anderen Bereichen deutlich erhöhen: Beispielsweise haben blaugrüne Elemente nachweisbare gesundheitsförderliche Effekte. Eine ästhetisch positiv wahrgenommene Stadtnatur kann Menschen dazu moti-

vieren, sich mehr zu bewegen. Schon allein das Betrachten von Pflanzen und Vegetation trägt zur Stressreduktion bei und hat positive Auswirkungen auf das körperliche Wohlbefinden. Zudem kann eine Reduktion von Lärm und die Bindung von Schadstoffen durch blaugrüne Infrastrukturen dazu beitragen, das Auftreten von Herz-Kreislauf- sowie Atemwegserkrankungen und subjektivem Stress zu verringern.

Die Beispiele zeigen, dass eine wassersensible und klimaangepasste Stadtentwicklung in der heutigen Zeit von entscheidender Bedeutung ist, da der Klimawandel zu einer zunehmenden Häufigkeit extremer Wetterbedingungen wie Hitze- und Starkregenereignissen führt. Passgenaue blaugrüne Infrastrukturlösungen können helfen, diesen Problemstellungen entgegenzuwirken.

Derzeit arbeiten Forscher:innen am KWB gemeinsam mit weiteren Partnerorganisationen beispielsweise an intelligenten Planungstools, um blaugrüne Elemente in der Planung von Stadtquartieren so effizient wie möglich einzusetzen und suchen nach Möglichkeiten, wie die städtische Bevölkerung zielgenau vor Starkregen gewarnt werden kann (mehr dazu erfahren Sie auf S. 42, wo es um unser Projekt Smart Water geht). Außerdem wird untersucht, wie die Stadt durch die Umsetzung von blaugrünen Infrastrukturmaßnahmen aus Sicht des Wasserhaushaltes quasi zum Wald gemacht werden kann (zu unserem Projekt AMAREX können Sie im letzten Jahresbericht oder auf unserer Website mehr erfahren).

Während die Forschung durch neue Erkenntnisse den Einsatz blaugrüner Infrastrukturmaßnahmen noch effizienter und effektiver machen wird, sollten sich Städte aber schon heute dem Thema annehmen. Denn eines liegt auf der Hand: Eine nachhaltige Stadtentwicklung kann nicht nur die Attraktivität für Bewohner:innen durch höhere Lebensqualität steigern oder Standortvorteile aufgrund ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Wetterextremen im wirtschaftlichen Wettbewerb mit anderen geltend machen. Eine klimaresiliente Stadtentwicklung ist für die Gesundheit der städtischen Bevölkerung unverzichtbar. Städte sollten also heute schon alles daransetzen, diese Transformation einzuleiten, wenn sie in der Zukunft bestehen wollen. ●

Interview mit Prof. Dr. Christoph Donner



Seit Anfang 2023 ist Prof. Dr. Christoph Donner neuer Vorstandsvorsitzender unseres Gesellschafters Berliner Wasserbetriebe und als solcher auch Vorsitzender unseres Aufsichtsrats. Der nordrhein-westfälische Wasserspezialist war zuvor bei den Hildesheimer Harzwasserwerken, wo er als Technischer Geschäftsführer tätig war.

Wir haben Christoph Donner zu Zukunftsthemen der Wasserbranche, zur Rolle der Forschung und zu unserer zukünftigen Zusammenarbeit befragt.

Wenn man die Wasserbranche in Berlin, Deutschland und Europa als Ganzes betrachtet, welche Zukunftsthemen werden uns in den nächsten Jahren besonders beschäftigen?

Die wesentlichen Herausforderungen der Wasserwirtschaft sind die Sicherung der quantitativen und qualitativen Wasserressourcen, die Fachkräftegewinnung, die Infrastruktur und nicht zuletzt auch die Finanzierung der notwendigen Zukunftsinvestitionen des lebenszyklusbedingten Umbaus vorhandener Infrastruktur. Dazu kommen Treiber wie der Klimawandel, Pandemien und Wirtschaftskrisen. Und natürlich ist die Digitalisierung in ihrem ganzen Umfang von zukünftig vielleicht autonom arbeitenden Werken über Smart-City-Lösungen bis zu neuen Interaktionen mit Kund:innen und Gebührenmodellen ein wichtiger Baustein, um unsere Unternehmen und Ressourcen effizient und nachhaltig steuern zu können.

Auf den ersten Blick niederschwellige Lieferkettenherausforderungen wie zum Beispiel seit 2022 bei den Fällmitteln zeigen auch, dass diese Veränderungen sehr viel weitreichendere Auswirkungen auf die Resilienz der Prozesse und die zukünftigen Aufbereitungsverfahren besitzen.

Entscheidend wird sein, die Wasserwirtschaft teils völlig neu, auch radikaler zu denken. Zum Beispiel bei der Frage, wie wir Kulturlandschaften so umbauen, dass sie das Wasser halten, statt es abzuleiten. Oder dabei, wofür wir künftig Wasser in Trinkwasserqualität zur Verfügung stellen und für welche Zwecke auch anders aufbereitetes Wasser ausreicht.

Welche Rolle sollte dabei die Forschung einnehmen?

Unsere Forscher:innen am KWB und in der Forschungs- und Entwicklungsabteilung der Berliner Wasserbetriebe haben für mich eine zentrale Funktion: Als Sensoren, als Labor, als Pionier:innen, die Ideen entwickeln und austesten, und als Motor von Innovation. Dabei braucht es stets den Fokus auf die praktische Relevanz für unsere Arbeit entlang des Wasserkreislaufs. Er ist essenziell für die Zukunftsfähigkeit der Wasserbetriebe – und übrigens auch der blau-grünen Metropole, zu der wir Berlin machen wollen. Das heißt für mich auch: Es geht nur gemeinsam Hand in Hand.

Was muss passieren, damit innovative Lösungen schneller in Praxis umgesetzt werden?

Auch als Gründungsmitglied des Water Innovation Circle (WIC) vom Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) und der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) engagiere ich mich besonders für mehr Tempo bei der Umsetzung von Innovationen, weil wir viel mehr Innovation und Transfers aus anderen Bereichen benötigen, um die großen Zukunftsthemen zu lösen. Hier ist das KWB auch im Verbund mit den Berliner Wasserbetrieben und deren eigener Forschungsabteilung sowie mit der Vernetzung mit den Wissenschaftspartnern in der Region und darüber hinaus strukturell schon sehr gut aufgestellt.

Genau diese Schwarmintelligenz müssen wir besser nutzen, um die Symbiose in der Zusammenarbeit von angewandter Forschung und Praxis in die nächste Evolutionsstufe zu bringen.

Selbstredend müssen wir auch die Politik für die Gesetzgebung und auch die behördlichen Partner für eine mutigere und beschleunigte Umsetzung von Innovationen gewinnen. Leider ist der Etat des Bundesforschungsministeriums (BMBF) gerade gekürzt worden.

Weil wir eben nicht darauf bauen können, dass unsere Innovationsthemen eine staatliche Förderung erfahren, sollten wir branchenintern eine 1%-vom-Umsatz-Regelung für Forschung und Entwicklung etablieren, um diese für unsere Entwicklung immens wichtigen Vorhaben abzusichern und voranzutreiben. ►

Und wir müssen als Wasserwirtschaft schneller und mutiger bei der Umsetzung von Innovationen werden. Wenn wir nur handeln, wenn es eine umfangreiche Referenzliste gibt, kommen wir nicht schnell genug auf das notwendige Entwicklungstempo.

Wieder zurück nach Berlin: An vielen Stellen funktioniert der Wissenstransfer hervorragend. Bei den sich rasant verändernden Zukunftsanforderungen an die Metropolregion Berlin-Brandenburg haben wir die Aufgabe und Verpflichtung, für unsere und zukünftige Generationen die wasserwirtschaftlichen Infrastrukturen und Nutzungsarten nachhaltig auszugestalten. Was für eine wundervolle Aufgabe und Verantwortung.

Neuer Vorstandsvorsitzender und Strategien der Berliner Wasserbetriebe

Sie sind seit Januar 2023 Vorstandsvorsitzender der Berliner Wasserbetriebe. Können Sie uns Ihre wichtigsten strategischen Ansätze in der Weiterentwicklung des Unternehmens nennen und diese kurz erläutern?

Im Mittelpunkt des Zielbildes der Wasserbetriebe sehe ich uns als Unternehmen, das die Wasserressourcen der Region integriert bewirtschaftet – vom Grundwasser bis hin zum Regentropfen. Und als Unternehmen, das gemeinsam mit den Brandenburger Versorgern eine nachhaltige Ressourcenplanung aufgelegt hat. Die umfasst das Trinkwasser ebenso wie das Abwasser, denn beides lässt sich nicht auf ein Bundesland isoliert betrachten. Ich möchte, dass wir die Digitalisierung unserer Prozesse weiter vorangetrieben haben bis hin zu KI-gestützten Tools, wo sie Sinn ergeben.

Die Regenwasseragentur als tolles Schnellboot, das in den ersten fünf Jahren ihres Bestehens schon eine Menge erreicht hat, gehört ebenso in diese Strategie, wie die Berliner Stadtwerke. Wir arbeiten an vielen Stellen an gemeinsamen Projekten, zum Beispiel bei der Ausstattung unserer Werkdächer mit Photovoltaik oder bei der Nutzung der Abwasserwärme. Im Bereich der Geothermie kann ich mir da noch mehr vorstellen, das möchte ich unter unserer Federführung ausbauen.

Drei Dinge sind mir zum Erreichen dieser Ziele besonders wichtig: Erstens, die Klarheit in unserem Investitionsprogramm: Was brauchen wir, wofür müssen wir Geld ausgeben, welche alternativen Lösungen haben wir? Zweitens, welche

Aufgaben sollten wir in Zukunft vielleicht noch übernehmen, um unsere Ressource noch nachhaltiger bewirtschaften zu können? Drittens, die Effizienz: Wir müssen unsere Kraft und unsere Zeit für die Dinge aufwenden, die wesentlich sind – und die auch in einer bestimmten Zeit erledigen. So schaffen wir Mehrwert.

„Weil wir eben nicht darauf bauen können, dass unsere Innovationsthemen eine staatliche Förderung erfahren, sollten wir branchenintern eine 1%-vom-Umsatz-Regelung für Forschung und Entwicklung etablieren, um diese für unsere Entwicklung immens wichtigen Vorhaben abzusichern und voranzutreiben.“

Welche Rolle kann das KWB im Kontext Ihrer Strategien für die Berliner Wasserbetriebe und für ganz Berlin spielen?

Vorab möchte ich sagen, dass Jochen Rabe mit dem KWB-Team erfolgreich neue Schwerpunkte entwickelt und gesetzt hat. Dafür danke ich sehr und dieser Arbeit gebührt mein Respekt. Dasselbe gilt selbstredend auch für Prof. Dr. Martin Jekel, den wir als Interimsgeschäftsführer gewinnen konnten. Es gibt in Berlin nach meiner Meinung niemanden, der sich schon so lange und intensiv wissenschaftlich mit dem Thema Wasser auseinandersetzt – ein absoluter Gewinn für das KWB!

Das KWB besetzt heute nahezu alle wichtigen Themen rund um das urbane Wassermanagement. Es ist Think-Tank, Innovationslabor und wichtige Beratungsinstanz für die Praxis. Nach den bahnbrechenden Forschungserfolgen etwa mit SEMAplus erhoffe ich mir insbesondere im Bereich der Digitalisierung neue Impulse für unser Unternehmen. Auch beim Thema „Abwasser als Ressource“ möchte ich nicht nur an die bestehende Forschung anknüpfen, sondern das Thema gemeinsam mit dem KWB weiterdenken.

Das KWB ist besonders durch seine internationale Anbindung – etwa im Projekt digital-water.city – ein wertvoller Partner für uns. Zugleich sind die Wasserbetriebe als größtes integriertes Unternehmen der



deutschen Wasserwirtschaft das perfekte Praxislabor für das KWB, besonders in Verbindung mit unserer hauseigenen Forschungsabteilung. Das zeigt sich in Projekten wie IMPETUS und SmartWater ebenso wie netWORKS4 mit wichtigen Beiträgen zur Klimarechtigkeit und -resilienz oder auch bei GeoSalz, von dem wir uns wichtige Erkenntnisse zu Bewirtschaftung unseres Grundwassers erhoffen.

„Das KWB ist besonders durch seine internationale Anbindung ein wertvoller Partner für uns. Zugleich sind die Wasserbetriebe als größtes integriertes Unternehmen der deutschen Wasserwirtschaft das perfekte Praxislabor für das KWB, besonders in Verbindung mit unserer hauseigenen Forschungsabteilung.“

Was wünschen Sie sich für die zukünftige Zusammenarbeit zwischen Wasserbetrieben und KWB?

Ich wünsche mir, dass wir fokussiert und im Bewusstsein der jeweiligen Stärken an die Projekte herangehen: gemeinsam, wo es sinnvoll ist, allein, wenn uns das weiterbringt. Aber unter einem strategischen Dach und immer zum Wohle unserer Stadt und ihrer wichtigsten Ressource. Auf jeden Fall möchte ich in drei Jahren das 25jährige Bestehen des

KWB gemeinsam feiern. Denn wir haben vieles gemeinsam: Berlin, das Wasser, eine nicht enden wollende Begeisterung für alle Themen rund um den urbanen Wasserkreislauf und jede Menge Know-how, mit dem wir die Stadt lebenswerter machen.

Haben Sie auch jenseits Ihrer beruflichen Tätigkeit eine besondere Beziehung zum Wasser?

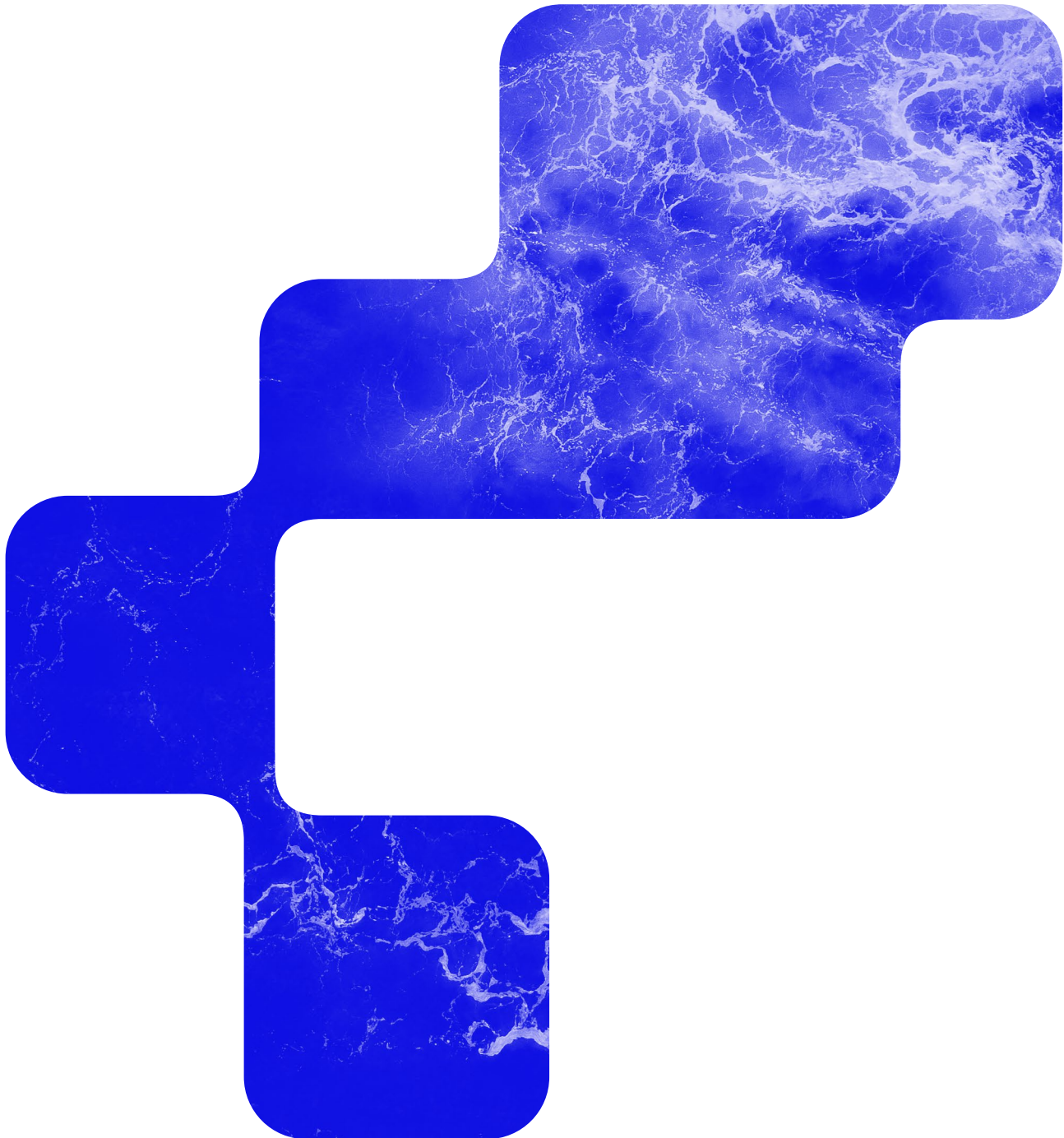
Natürlich. Wasser ist mein Element! Als kleiner Junge habe ich im Sauerland am Bach Dämme gebaut, den Wasserfluss beobachtet. Das prägt. Mein Arbeitsweg führt mich jeden Morgen die Spree entlang – und meine Joggingstrecke am Abend. Ich freue mich auf den Tag, an dem dort vielleicht auch wieder Schwimmen möglich ist. Bis es so weit ist, ziehe ich meine Bahnen in der Schwimmhalle auf der Fischerinsel.

Aber noch mal zu unserem Kernthema: Ich möchte meinen Beitrag dazu leisten, gemeinsam mit den verschiedenen Akteuren in Berlin-Brandenburg ein klares Zukunftsbild für die Wasserwirtschaft zu entwickeln. Dazu müssen wir Annahmen der Rahmenbedingungen und deren Entwicklung in den nächsten Jahrzehnten treffen und dabei definieren, welche Leistungen wir zu diesen Zeitpunkten im Rahmen der Daseinsvorsorge leisten müssen und wie wir dazu gemeinsam die Infrastruktur und die Prozesse gestalten. Dabei wäre es klug, modularer zu denken und auch bereit zu sein, Infrastruktur und Prozesse neu zu denken. ●

Die Fragen stellte Moritz Lembke-Özer.

Projektauswahl

- ▶ ULTIMATE
- ▶ AD4GD
- ▶ ABLUFT 2
- ▶ DIGIWAVE
- ▶ GEOSALZ
- ▶ SAFECREW
- ▶ SEMA BERLIN 3
- ▶ SMART WATER
- ▶ WATERMAN



ULTIMATE

Projektvolumen

16,6 Mio. € (Gesamtvolumen), finanziert durch EU Horizon2020 – Grant agreement ID: 869318

Partnerinstitutionen

KWR Water Research Institute; Eurecat Centre Tecnològic; Università Politecnica delle Marche; Water Europe; The University of Exeter; Ethnicon Metsovoion Polytechnion; Cranfield University; Strane Innovation; ESCI – European Science Communication Institute gGmbH; The Galilee Society – The Arab National Society for Health Research & Services (R.A.); Mekorot Water Company LTD; Greener than Green Technologies S.A.; Aquabio Limited; Aguas Industriales de Tarragona S.A.; Consorzio Aretusa; Agrobics LTD; West Systems S.r.l.; Alberta S.A.; SUEZ RR IWS Chemicals France; NTNU: Norges Teknisk – Naturvitenskapelige Universitet; Kalundborg Forsyning A/G; Novozymes A/S; X-Flow B.V.; Consorzio polo Tecnologico Magona

Kontakt

Dr. Anne Kleyböcker

► (I) Hierfür wird ein sogenannter elektrostimmulierter anaerober Reaktor (ELSAR™) gebaut. Zeitgleich wird das Verfahren in einer entsprechenden Pilotanlage getestet und optimiert. In dem Verfahren finden bioelektrochemische Prozesse statt, durch die z.B. besonders gut organische Stoßbelastungen abgebaut werden können und so zu einem stabilen Biogasbildungsprozess beitragen. Der Prozess zeichnet sich zudem durch eine hohe Methanausbeute aus.

Wassernutzung in der Industrie für eine intelligente Wasserwirtschaft

Der Green Deal der Europäischen Kommission strebt eine nachhaltigere europäische Wirtschaft an. Ein zentraler Aspekt dabei ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft. In Europa ist die Industrie nach der Landwirtschaft der größte Wasserverbraucher und produziert wertvolles Abwasser. Aus diesem Abwasser können verschiedene Materialien und Energie zurückgewonnen werden und zudem kann es mithilfe geeigneter Technologien zu qualitativ hochwertigem Wasser aufbereitet werden, das sich zur Wiederverwendung in der Industrie eignet. Das Projekt ULTIMATE etabliert und fördert deshalb die Kooperation zwischen der Industrie und dem Wassersektor, um beiderseitige Vorteile zu erzielen. Diese Zusammenarbeit wird als Water Smart Industrial Symbiosis bezeichnet.

An neun Standorten in Spanien, Schottland, den Niederlanden, Frankreich, Dänemark, Italien, Griechenland, Tschechien und Israel arbeiten der Wassersektor mit der Agrar- und Nahrungsmittelindustrie, der chemischen, petrochemischen, biotechnologischen und der Getränkeindustrie im Rahmen von ULTIMATE zusammen. 24 verschiedene Pilotanlagen werden entwickelt und optimiert, um Wasser, Materialien und Energie im Kreislauf zu führen.

Mittlerweile sind 21 Pilotanlagen erfolgreich in Betrieb. Zur gleichen Zeit befinden sich eine industrielle Pilotanlage zur Rückgewinnung von Schwefel aus dem Abgas einer Verbrennungsanlage für giftige Abfallstoffe und eine großtechnische Anlage zur Produktion von Biogas aus Brauereiabwasser noch im Bau. Die Biogasanlage nutzt ein neues Verfahren, das weltweit erstmals großtechnisch in Lleida (ES) umgesetzt wird. ► (I)

In Lleida, Tarragona (ES) und Kalundborg (DK) haben wir bereits erfolgreich qualitativ hochwertiges Wasser, das als Kühlwasser eingesetzt werden kann, aus Brauereiabwasser, petrochemischen Abwasser und biotechnologisch/pharmazeutischem und kommunalem Abwasser produziert. Pläne zur großtechnischen Umsetzung in Tarragona und Kalundborg sind in der Entwicklung. Parallel dazu wird weiterhin im Pilotmaßstab optimiert und Technologien zur Behandlung von Konzentraten aus der Umkehrosmose, wie die Membrandestillation, werden getestet.

In Nafplio (EL) wurde erfolgreich ein Solarreaktor eingesetzt, um organische Verbindungen aus der Fruchtsaftproduktion effektiv abzubauen. In Nieuw Prinsenland (NL) wird Gewächshausabwasser so behandelt, dass es wieder zur Bewässerung verwendet werden kann. Dabei besteht die Herausforderung darin, hohe Salzgehalte zu entfernen. Hierfür wurde erstmalig der Prozess der Elektrodialyse erfolgreich getestet. Dieser bietet den Vorteil, dass er gegenüber einer Umkehrosmose nur ein Viertel bis zu einem Zehntel der Energie verbraucht.



Standorte der ULTIMATE-Fallstudien

Lea Conzelmann (links) und Projektleiterin Dr. Anne Kleyböcker (rechts) vor der sich im Bau befindlichen ELSAR-Anlage in Lleida (Spanien)

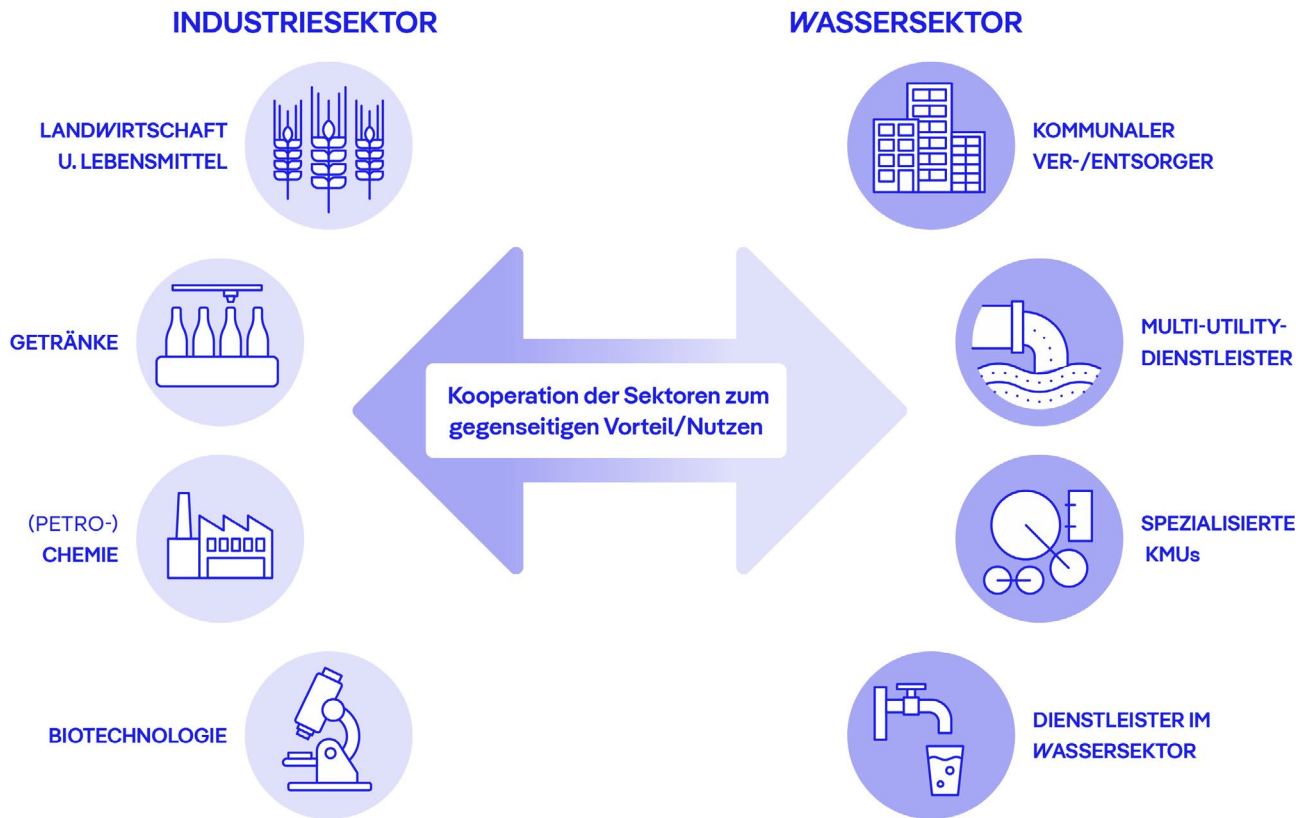


Auch in Italien stellt der hohe Salzgehalt im Abwasser eine Herausforderung für die Wiederverwendung in der Industrie und Landwirtschaft dar. Durch das Eindringen von Meerwasser in die Kanalisation kann es zu hohen Salzfrachten kommen. Hierfür wurde ein komplexes Monitoringsystem implementiert und mithilfe eines sogenannten „Matchmaking“-Systems sollen bei hohen Frachten unterschiedliche Wasserströme so miteinander vereint werden, dass ein Salzgehalt vermieden und so eine landwirtschaftliche und industrielle Nutzung möglich wird.

In Schottland wird erfolgreich hochwertiger Dünger in Form von Struvit und Diammoniumsulfat aus dem Abwasser einer Whiskydestillerie gewonnen. Dabei werden die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff aus dem Abwasser mittels einer Vorbehandlung entfernt, um in einer weitergehenden Behandlung das Wasser für industrielle Zwecke zurückzugewinnen.

In Israel werden verschiedene anaerobe Verfahren getestet, um saisonale hohe organische Frachten aus der Olivenölherstellung zu behandeln und gleichzeitig Biogas als Energiequelle zurückzugewinnen. Das Olivenmühlenabwasser enthält auch Polyphenole, die die methanogenen Mikroorganismen, die für den Biogasbildungsprozess verantwortlich sind, inhibieren können. Durch einen innovativen Adsorptions-/Extraktionsprozess werden die Polyphenole als hochwertiges Produkt zurückgewonnen, um Prozessstörungen im Biogasreaktor zu vermeiden.

Im Rahmen des ULTIMATE-Projekts entwickeln wir zusammen mit anderen H2020-Projekten eine Internet-Wissensplattform namens „Water Europe Marketplace“. Auf dieser Plattform werden unsere Fallstudien präsentiert, entwickelte Technologien erklärt und langfristig alle Projektergebnisse zusammengefasst. Die Plattform wird von Water Europe gehostet und steht den Nutzer:innen auch nach dem Ende von ULTIMATE sowie neuen Projekten zur Präsentation zur Verfügung. Erfahren Sie mehr über die Plattform unter <https://mp.watereurope.eu/>.



Intelligente Symbiosen zwischen Wasser- und Industriesektor

Projektvolumen

4,14 Mio. € (Gesamtvolumen), finanziert durch EU Horizon 2020

Partnerinstitutionen

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals; Open Geospatial Consortium Europe; European Centre for Medium-Range Weather Forecasts; Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik; ATOS IT Solutions and Services Iberia SL; European Centre for Certification and Privacy; Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk; Mandat International; Design Terminal; IoT Lab; Aston University

Kontakt

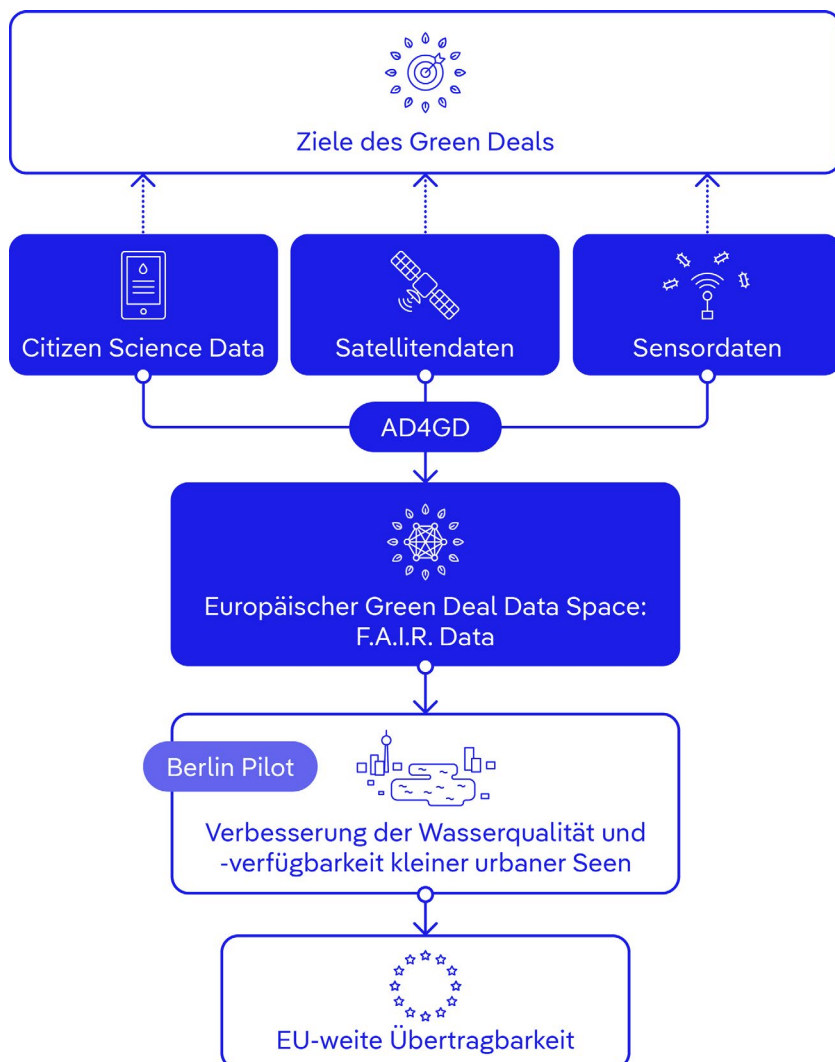
Malte Zamzow
Dr. Andreas Matzinger

Daten für den Green Deal

Europa hat das ehrgeizige Ziel, bis 2050 der erste klimaneutrale Kontinent zu sein. Der Green Deal der Europäischen Kommission zielt darauf ab, die Biodiversität zu erhalten und die Auswirkungen des Klimawandels und die Umweltverschmutzung zu reduzieren. Die Komplexität umwelttechnischer Herausforderungen erfordert häufig eine Verknüpfung unterschiedlicher Daten, die im Zuge der Digitalisierung immer zahlreicher erhoben werden. Ihre Verwendungsmöglichkeiten sind jedoch eingeschränkt, da sie häufig Teil vieler kleiner dezentraler Netzwerke und deshalb schwer auffindbar und zugänglich sind.

Das Projekt AD4GD hat sich zum Ziel gesetzt, einen gesamteuropäischen Datenraum (Green Deal Data Space – GDDS) zu gestalten, in dem für den Green Deal relevante Daten sowie Services zu den Daten nach dem FAIR-Prinzip vorliegen. FAIR steht für „auffindbar“ (findable), „zugänglich“ (accessible), „interoperabel“ (interoperable) und „wiederverwendbar“ (reusable). Durch die Entwicklung intelligenter Werkzeuge auf lokaler und globaler Ebene wird eine effiziente Verknüpfung von Fernerkundungs-

Abb. A: Schematische Darstellung der Entwicklung eines Green Deal Data Space im Projekt AD4GD entlang der Berliner Pilotstudie zu kleinen Seen



daten (Remote Sensing), Sensordaten (Internet of Things), sozio-ökonomischen Daten und Citizen-Science-Daten gewährleistet. Um semantische und technologische Lücken zu überwinden, werden neue Interoperabilitätskonzepte entwickelt und bestehende Datenstandards integriert.

AD4GD geht weit über ein konzeptionelles Projekt hinaus. Es entwickelt sich entlang von drei Pilotprojekten zu den Themen Biodiversität, Klimawandel und Zero Pollution, wobei das KWB für letzteres zuständig ist. Das Pilotprojekt in Berlin befasst sich mit der Wasserqualität und -verfügbarkeit kleiner urbaner Seen. Für Seen mit einer Größe von weniger als 50 ha ist nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie ein Monitoring nicht verpflichtend. Entsprechend gering ist meist das Wissen über diese Gewässer. In urbanen Gebieten sind sie jedoch wichtige Orte für Biodiversität, wirken Hitzeinseln entgegen und steigern als Erholungsraum die Lebensqualität.

In Berlin gibt es mehrere hundert kleine Seen, deren Wasserqualität stark durch die urbanen Einzugsgebiete beeinflusst wird. Die Wasserverfügbarkeit hängt unter anderem vom Versiegelungsgrad der umliegenden Stadtfläche und dem Entwässerungssystem ab. Das Pilotprojekt zielt darauf ab, das vorhandene Wissen über einige wenige regelmäßig beprobte Seen auf andere Gewässer zu übertragen, um auf aktuelle und zukünftige Herausforderungen bezüglich der Wasserqualität und -verfügbarkeit reagieren zu können. Der Zustand der Seen soll möglichst automatisiert erfasst und ausgewertet werden, um auch mit begrenztem Personalbestand die große Anzahl an Seen abdecken zu können. Wir untersuchen unter anderem die Nutzung von Satellitendaten ▶ (1) zur Beschreibung von Veränderungen in der Wasserqualität und im Wasservolumen kleiner Seen, die Einbeziehung von Anwohner:innen ins Monitoring sowie die Nutzung von abfließendem Regenwasser aus städtischen Gebieten, um das Austrocknen kleiner Seen in Trockenzeiten zu verhindern, ohne die Wasserqualität signifikant zu beeinträchtigen.

▶ (1) Fernerkundungsdaten zur Bewertung der Wasserqualität von kleinen Seen

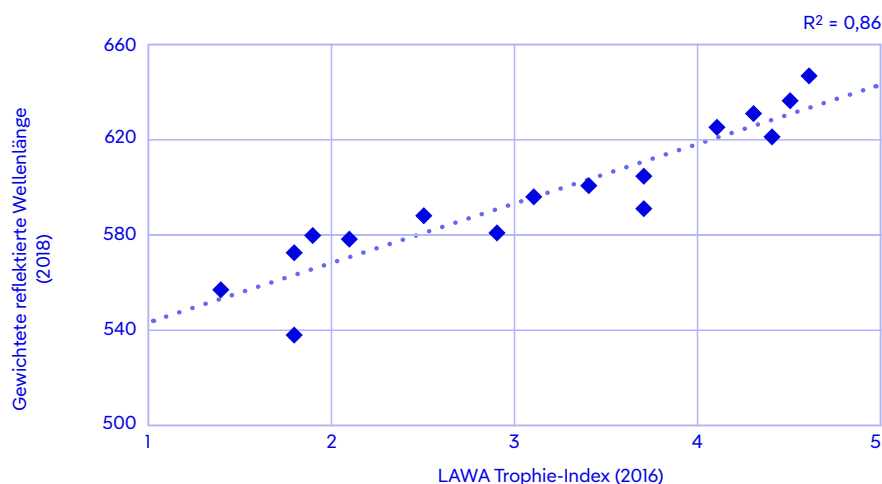
Die Satelliten des ESA-Programms Sentinel-2 messen alle fünf Tage die Reflektion bestimmter Wellenlängen an verschiedenen Orten weltweit. Neben sichtbarem Licht werden auch Wellenlängen im nahen Infrarotbereich erfasst.

Die Farbe des Wassers und somit auch die Reflektion ändern sich je nach Wasserinhaltsstoffen. Prinzipiell reflektieren trübe Gewässer Wellen im nahen Infrarotbereich und die Farbe Rot stärker als Blau und Grün. Bei großen Gewässern wird das bereits genutzt, um den Chlorophyllgehalt oder die Trübung abzuschätzen. Bei kleinen Seen stehen jedoch nur wenige Pixel des Satellitenbildes zur Verfügung, da die Auflösung der Satellitenbilder je nach Wellenlänge bis zu 60 x 60 m beträgt. Aussagen zu konkreten Konzentrationen sind dadurch stark fehleranfällig und gelten als unzuverlässig.

Um langfristige Trends eines Gewässers aufzuzeigen, sind exakte Chlorophyll- oder Trübungswerte nicht zwingend notwendig. Es wäre bereits hilfreich den Trophie-Index als akkumulierenden Gewässerparameter abschätzen zu können. Der Trophie-Index beschreibt den Nährstoffgehalt eines Gewässers und umfasst mehrere Messungen zur Phosphorkonzentration, zum Chlorophyll a-Gehalt und zur Trübung eines Gewässers. Er reicht von 0 (sehr Nährstoffarm bzw. oligotroph) bis 5 (sehr nährstoffreich bzw. polytroph).

In einem ersten Schritt wurde deshalb untersucht, ob die Informationen eines einzigen Pixels über ein Jahr gemittelt mit dem Trophie-Index korrelieren. Die reflektierten Wellenlängen eines Pixels wurden als gewichtetes Mittel zu einer durchschnittlichen Wellenlänge zusammengefasst (gewichtete reflektierte Wellenlänge). Anschließend wurden 15 Brandenburger Seen ausgewählt, für die eine Berechnung des Trophie-Index vorlag. Der Vergleich mit den Satellitendaten aus dem Jahr 2018 legt nahe, dass ein deutlicher Zusammenhang besteht ($R^2 = 0,86$) (siehe ▶ Abb. B). In weiteren Schritten müssen das Verfahren optimiert, die Übertragungsfähigkeit auf kleine Seen überprüft und die Sensitivität unter Verwendung zeitlich gemittelter Satellitendaten ermittelt werden.

Abb. B: Zusammenhang zwischen Trophie-Index und reflektierter Wellenlänge



ABLUFT 2

Projektvolumen

190.600 €, finanziert durch die Berliner Wasserbetriebe

Partnerinstitutionen

Berliner Wasserbetriebe

Kontakt

Jonas Hunsicker
Dr. Ulf Miehe

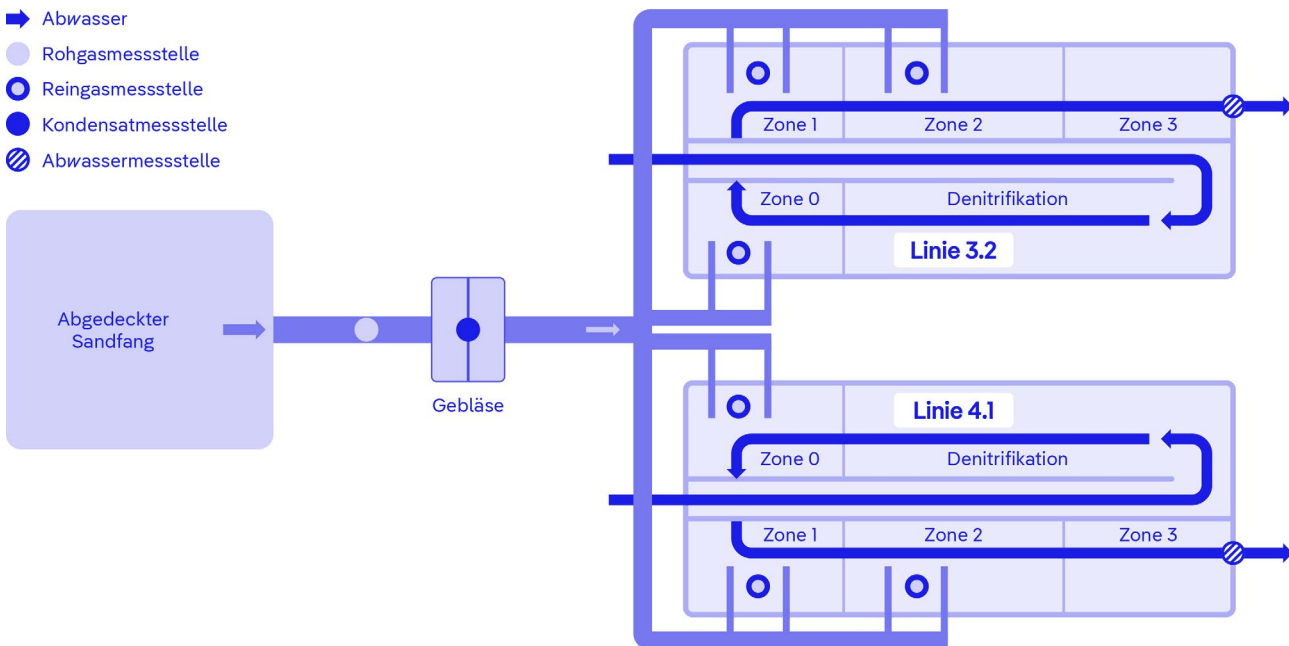
► (I) Im Vergleich zu anderen Verfahren wie der chemischen H_2S -Absorption in einem Chemowäscher oder der H_2S -Adsorption in Aktivkohlefiltern werden für diese Art der Behandlung keine Chemikalien oder Aktivkohle benötigt. Die Energie, die zum Eintrag der Abluft in die Belebungsbecken verbraucht wird, kann außerdem teilweise (je nach Wirkungsgrad des Gebläses) bei der normalen Belüftung des Beckens eingespart werden, da der Sauerstoffgehalt in der Abluft praktisch genauso hoch ist wie in der Umgebungsluft.

Keine faulen Eier

Schwefelwasserstoff (H_2S) ist ein farbloses, giftiges und äußerst übelriechendes Gas (Achtung, faule Eier!). Es entsteht als Nebenprodukt bei der Zersetzung von organischen Materialien, die schwefelhaltige Verbindungen enthalten. So zum Beispiel auch bei langen Aufenthaltszeiten von Abwasser im Kanalnetz. Sein Geruch ist ab Konzentrationen von über 250 ppm (0,025%) für Menschen nicht mehr wahrnehmbar und das Einatmen bei Konzentrationen von über 500 ppm (0,05%) führt zu Bewusstlosigkeit und ist lebensgefährlich.

Die für das Berliner Kanalnetz typischen langen Verweilzeiten des Abwassers im Netz sorgen dafür, dass das Abwasser am Zulauf zu den Klärwerken hohe Konzentrationen an gelöstem H_2S aufweist. Im Klärwerk Schönerlinde der Berliner Wasserbetriebe (BWB) gas H_2S im turbulent durchströmten Einlaufbauwerk und im belüfteten Sandfang der ersten (mechanischen) Reinigungsstufe aus. Um Geruchsbelästigungen und eine Gefährdung der Mitarbeitenden zu vermeiden, wird daher die H_2S -haltige Luft (Abluft) über dem Sandfang abgesaugt und einer Behandlung zugeführt.

Im Projekt Abluft 1 hat das KWB Vorversuche zur Abluftmitbehandlung in den Belebungsbecken des Klärwerks Schönerlinde durchgeführt. ► (I) Hier haben wir wissenschaftlich erwiesen, dass beim Einblasen der Abluft aus dem Sandfang in das Belebungsbecken das korrosive und giftige H_2S in ungiftiges Sulfat (SO_4) oxidiert wird.



Verfahrensschema der Anlage zur Abluftmitbehandlung in den Belebungsbecken



Haube auf Zone 0 der Halblinie 3.2 in Schönerlinde (Reingasmessstelle)

Die Abluftmitbehandlung in den Belebungsbecken der BWB wurde erstmals großtechnisch in der Kläranlage Schönerlinde umgesetzt und die innerbetriebliche Prüfung der Anlage ab Mitte Juni 2022 für ein Jahr vom KWB wissenschaftlich begleitet. Um alle relevanten Stoffströme (Gas, Abwasser, Kondensat) korrekt zu erfassen, wurden die Messungen im Vorfeld detailliert geplant und mit den BWB abgestimmt. Hier kam sowohl unsere Expertise in der Beprobung dieser Stoffe als auch unser Prozessverständnis für Kläranlagen zum Tragen. ► (2)

Unsere Arbeit in Schönerlinde führen wir auch nach der einjährigen wissenschaftlichen Begleitung fort. Es werden weiterhin Daten der Messtechnik ausgewertet, präsentiert und Versuchsreihen geplant. So vertiefen wir unser Prozessverständnis für die Abluftmitbehandlung in der Belebung und zeigen Optimierungspotenziale für den Anlagenbetrieb auf.

► (2) Durch den langen Untersuchungszeitraum konnte das Verhalten der Anlage im Sommer- und Winterbetrieb untersucht werden. Um das Risiko für die Mitarbeitenden und die Reinigungsleistung der Anlage umfassend zu erfassen und entsprechend minimieren zu können, wurden außerdem äußerst seltene Betriebszustände der Anlage wie der Notbetrieb sowie der maximale Ablufteintrag in das Belebungsbecken untersucht.

Projektvolumen

1,2 Mio. € (Gesamtvolumen), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

Partnerinstitutionen

Xylem Services GmbH; Stadtwerke Bad Oeynhausen AöR; Masasana GmbH; Schölzel Consulting

Kontakt

Jonas Hunsicker
Dr. Ulf Mieke

► (1) Bad Oeynhausen ist eine Stadt im Kreis Minden-Lübbecke im Nordosten von Nordrhein-Westfalen. Die Stadt wurde im 19. Jahrhundert als Kurbad gegründet, nachdem auf ihrem Gebiet eine Thermalquelle erbohrt worden war. In der Folgezeit entwickelte sie sich zu einem Kurort von überregionaler Bedeutung mit einem ursprünglich von Peter Joseph Lenné gartenarchitektonisch gestalteten Kurpark. Bad Oeynhausen ist mit knapp 50.000 Einwohnern die zweitgrößte Stadt im Kreis. Sie liegt zwischen dem Wiehengebirge im Norden und dem Lipper Bergland im Süden im Tal der Werre, die im Stadtteil Rehme in die Weser mündet.

► (2) Erklärbare KI, auch bekannt als XAI (Explainable Artificial Intelligence), bezeichnet Methoden und Techniken in der Anwendung von künstlicher Intelligenz, bei denen die Ergebnisse der Entscheidungsfindung klar verständlich sind für Menschen. Im Grunde genommen ist es das Gegenteil von der sogenannten Blackbox-KI, bei der Entscheidungsfindungsprozesse und -parameter oft unklar und unverständlich sind. Erklärbare KI ist von entscheidender Bedeutung, um das Vertrauen in KI-Systeme zu erhöhen und ihre Akzeptanz in verschiedenen Sektoren zu fördern. Es ermöglicht den Nutzern, die Entscheidungsprozesse der KI zu verstehen und gegebenenfalls zu hinterfragen oder zu kontrollieren.

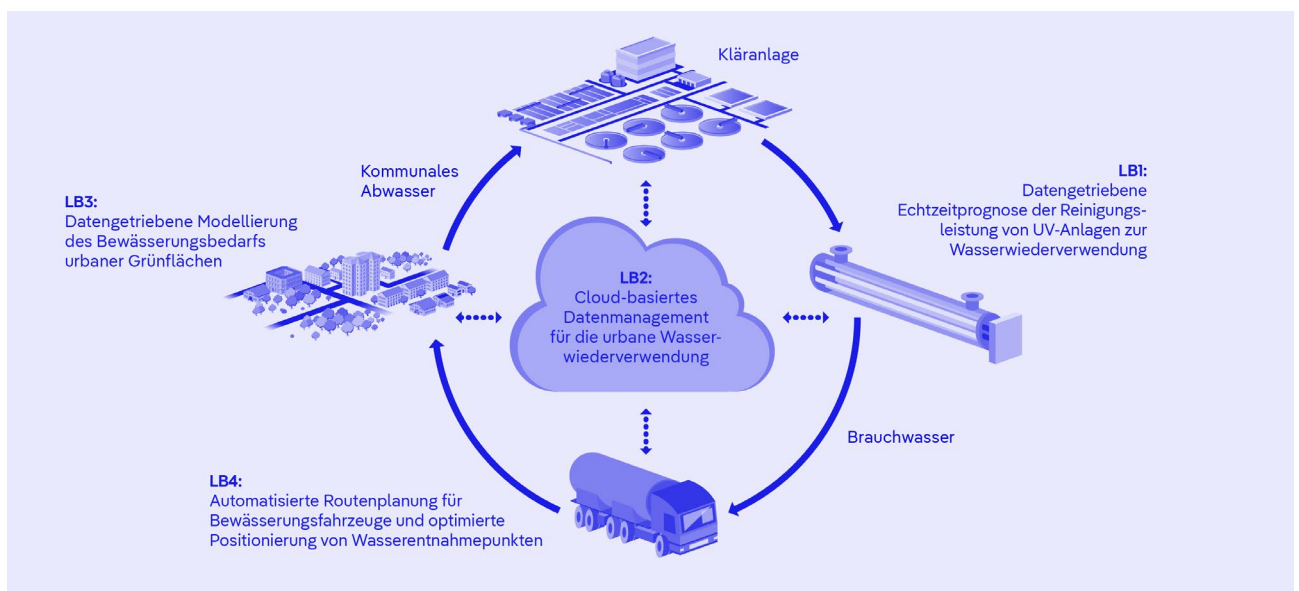
Bewässerung von Stadtgrünflächen: Digitale Lösungen für die Wasserwiederverwendung

Die Bewässerung urbaner Grünflächen wird in vielen Regionen Deutschlands zu einer immer größeren Herausforderung. Längere und heißere Trockenperioden erfordern intensivere Bewässerung insbesondere von Jungbäumen, während die Wasserknappheit vor allem in den Sommermonaten zunimmt. Die Einführung von Maßnahmen zur Wasserwiederverwendung und damit die Entkopplung der Grünflächenpflege von möglichen Engpässen bei der Trinkwasserversorgung gewinnt daher zunehmend an Bedeutung.

Im Rahmen des Projektes DigiWaVe, koordiniert vom KWB, sollen digitale mit analogen Lösungen zur Wasserwiederverwendung kombiniert werden. Am Modellstandort Bad Oeynhausen ► (1) sollen Instrumente entwickelt werden, um Kommunen bei der Planung und Umsetzung zu unterstützen. Für dieses Ziel arbeiten wir mit den Stadtwerken Bad Oeynhausen, Betreiber der Kläranlage und zugleich Wasserversorger; Xylem Services, einem Hersteller von UV-Desinfektionsanlagen; Masasana, einer Software-Consulting Firma mit Spezialisierung auf KI-Lösungen und Schölzel Consulting, einer praxiserfahrenen selbstständigen Ingenieurin, zusammen.

Als Fortsetzung zu den bisherigen Arbeiten des KWB zum Thema Wasserwiederverwendung werden in DigiWaVe vier digitale Lösungsbausteine entwickelt und erprobt, um die Wasserwiederverwendung in Kommunen zu unterstützen:

1. Ein Echtzeitprognosemodell der Reinigungsleistung von UV-Anlagen zur Wasserwiederverwendung: Das KWB testet verschiedene Vorhersagealgorithmen zur Echtzeitprognose der mikrobiellen Wasserqualität. Diese sollen Betreiber einer Wasserwiederverwendung bei der Implementierung technischer Risikomanagementmaßnahmen unterstützen gemäß der neuen EU-Verordnung zur Wasserwiederverwendung, der noch in Arbeit befindlichen Merkblattreihe 1200 „Wasserwiederverwendung“ der deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall DWA sowie der DIN 19650 „Bewässerung – Hygienische Belange von Bewässerungswasser“. Ziel ist es, dass das Modell möglichst nachvollziehbar ist und gleichzeitig die sichere Einhaltung der Qualitätsziele gewährleistet („erklärbare KI“ ► (2)).
2. Ein Cloud-basiertes Datenmanagement für die urbane Wasserwiederverwendung: Die Vernetzung und Automatisierung von Anlagen und Prozessen sowie die Optimierung der Bereitstellung und des Austauschs von Daten werden hier vom KWB und Xylem behandelt. Die Zusammenführung von Daten aus unterschiedlichen Datenquellen auf einer Plattform stellt dabei eine Herausforderung dar, insbesondere wenn diese für Echtzeitprognosen



Schema des Zusammenspiels der Lösungsbausteine im Projekt DigiWaVe

genutzt werden sollen bzw. Teile der Daten Informationen über die kritische Infrastruktur enthalten.

3. Ein Modell des Bewässerungsbedarfs der urbanen Grünflächen: Im Modell soll ausschließlich auf bereits vorhandene Datenquellen, wie Wetterdaten, Vegetationsdaten des Grünflächenamtes und Satellitenbilder aus dem europäischen Erdbeobachtungsprogramm Copernicus zurückgegriffen werden. Zur Validierung des Modells werden an fünf in der Stadt verteilten Referenzpflanzungen Bodenfeuchtemessungen durchgeführt. Das Wasserbedarfsprognosemodell ohne Sensornetze stellt im Kontext der urbanen Grünflächenpflege eine Neuheit dar und soll die Wiederverwendbarkeit in anderen Städten erhöhen. Zusätzlich wird ein Webinterface zur Bereitstellung der Ergebnisse des Modells in enger Zusammenarbeit mit den Nutzenden entwickelt.

4. Eine automatisierte Routenplanung für die Bewässerungsfahrzeuge sowie eine optimierte Positionierung von Wasserentnahmepunkten: Ein Routenplanungstool wird entwickelt, das automatisch Routenpläne für Bewässerungsfahrzeuge erstellt. Grundlage dafür sollen unter anderem die prognostizierten Bewässerungsbedarfe aus Lösungsbaustein 3 bilden. Hier wird das komplexe Problem der schnellsten Routenfindung bei mehreren Wegpunkten („Traveling Salesman Problem“) behandelt. Unser Ansatz ist es, über Clusterung, also Zusammenschluss von Bewässerungsgebieten, die Komplexität zu verringern, ohne die Qualität der Routenpläne zu beeinträchtigen. Zusätzlich wird die optimale Verteilung von Wasserentnahmepunkten entlang einer möglichen Standleitung durch das Stadtgebiet ermittelt.

Die Zusammenarbeit der Projektpartner und der Einsatz neuer Technologien machen das inter- und transdisziplinäre Projekt DigiWaVe zu einer vielversprechenden Möglichkeit, den Herausforderungen der Wasserknappheit und des Klimawandels für die Bewässerung urbaner Grünflächen zu begegnen.

Projektvolumen

345.000 €, finanziert durch die Berliner Wasserbetriebe

Partnerinstitutionen

Berliner Wasserbetriebe

Kontakt

Dr. Christoph Sprenger
Dwight Baldwin

Was tun mit dem Salzwasser tief unter den Berliner Brunnen?

Tief unter Berlin sowie in einem großen Teil des norddeutschen Beckens befindet sich Grundwasser, das durch die Überreste alter Ozeane einen außerordentlich hohen Salzgehalt aufweist. In den meisten Fällen ist dieses hochsalzige Wasser durch dicke, undurchlässige Tonschichten vom frischen Grundwasser getrennt. In bestimmten Regionen Berlins weisen diese undurchlässigen Barrieren jedoch Lücken auf oder sind nicht ausreichend mächtig, sodass sich das Salzwasser mit dem darüber liegenden Süßwasser vermischen und an die Oberfläche gelangen kann.

Um die Trinkwasserversorgung der Stadt zu gewährleisten, stützt sich Berlin auf bis zu vier miteinander verbundene Grundwasserleiter, zusammen ergeben diese den so genannten Süßwasserkomplex. Ergänzt wird die Trinkwasserversorgung durch Uferfiltration und Grundwasseranreicherung. In den meisten Fällen wird der Süßwasserkomplex durch eine geologische Schicht, den so genannten Rupelton, mit einer Dicke von 80 bis 100 Metern vom darunter liegenden Salzwasserstockwerk abgeschirmt. Durchbrüche im Rupelton, wie z.B. Gletschererosionsrinnen, können jedoch die Aufwärtsbewegung von hochkonzentriertem Salzwasser erleichtern, was zu einer Verunreinigung der Süßwasserreserven führt. Während dieser Prozess auf natürliche Weise abläuft, kann die lokale Entnahme von Grundwasser die Situation durch die Mobilisierung von salzhaltigem Tiefenwasser verschärfen, so auch in Berlin und Brandenburg.

Die Grundwasserprobenahme an einer Messstelle





Während der Grundwasserprobenahme werden physikochemische Parameter (pH, Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff, Redoxspannung) in einer Durchflusszelle gemessen.

In fünf der neun von den Berliner Wasserbetrieben (BWB) betriebenen Wasserwerken wurden in einzelnen Brunnen erhöhte Natriumchloridwerte festgestellt. Darüber hinaus zeigen historische Daten, dass Versalzungserscheinungen an hydraulischen Austrittsstellen bereits vor über einem Jahrhundert auftraten, noch bevor das Grundwasser für Trinkwasserzwecke genutzt wurde. Derzeit werden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, um die komplizierten Beziehungen zwischen dem salzhaltigen Tiefengrundwasser und dem von den städtischen Brunnen genutzten Grundwasser besser zu verstehen. Im Rahmen des GeoSalz-Projekts wurden Messketten installiert, um den Salzeintrag in Trinkwasserbrunnen festzustellen ► (1), die besonders anfällig für geogene Verunreinigungen sind. Die Brunnen werden regelmäßig beprobt und überwacht, und das Eindringen von Salzwasser wird mit numerischen Modellen in verschiedenen Maßstäben simuliert ► (2).

Das Projekt GeoSalz zielt darauf ab, den Salzwassereintrag zu modellieren und innovative Konzepte für die Überwachung des Salzgehalts in Brunnen zu entwickeln, die besonders anfällig für das Eindringen von Salzwasser sind. Durch ein tieferes Verständnis der Faktoren, die zur Versalzung beitragen, und durch die Vorhersage künftiger Szenarien spielt GeoSalz eine entscheidende Rolle bei der Einführung nachhaltiger Bewirtschaftungspraktiken für Brunnen, wodurch Salzwassereintrag minimiert werden soll.

► (1) Überwachung des Salzwassereintrags

Im Rahmen des GeoSalz-Projekts wird die zeitliche und räumliche Dynamik des Salzeintrags durch Wasserprobenahmen an mehreren Beobachtungspunkten in unterschiedlichen Tiefen des Grundwasserleiters beobachtet. Mit einer speziellen Sonde messen wir die Schwankungen von Temperatur, elektrischer Leitfähigkeit und Druck entlang von Beobachtungsbrunnen in Tiefen bis zu 100 Meter unter der Erdoberfläche. Vor Ort werden Messungen der elektrischen Leitfähigkeit und des pH-Werts mit einer Durchflusszelle durchgeführt. Zur weiteren Analyse werden Wasserproben entnommen, die auf ihre hydrochemische Zusammensetzung und Isotopensignaturen untersucht werden – insbesondere den Isotopen von Sauerstoff und Wasserstoff ($\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^2\text{H}$). Die Hydrochemie des Grundwassers gibt Aufschluss über geochemische Reaktionen im Grundwasserleiter, wie Versalzung oder Auffrischung, und die stabilen Isotopenverhältnisse ermöglichen Erkenntnisse über die Mischungsverhältnisse der unterschiedlichen Wässer.

► (2) Modellierung der Salzwasserwanderung

Die Modellierung im Projekt GeoSalz umfasst zwei Ansätze: (i) die Anpassung und Erweiterung des bestehenden numerischen Modells der BWB und (ii) ein konzeptionelles Modell für den brunnennahen Bereich zur Darstellung wesentlicher struktureller und hydrogeologischer Parameter, ihrer Veränderung und der Bewertung der Auswirkungen einer intensiven Grundwasserbewirtschaftung auf das Potenzial des Salzwasseraufstiegs. Mithilfe dieses Modells können wir besser verstehen, wie Trinkwasserbrunnen vor qualitativen Beeinträchtigungen geschützt werden können und somit die Trinkwassergewinnung in Gebieten optimieren, die bereits unter dem Einfluss des Salzwasseraufstiegs stehen.

Projektvolumen

4 Mio. € (Gesamtvolumen), finanziert durch die Europäische Union

Partnerinstitutionen

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches – Technischwissenschaftlicher Verein e.V.; Politecnico di Milano; BioDetection Systems B.V.; Fundacio Eurecat; Umweltbundesamt; Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - Ufz; Consorci Concessionari d'Aigües per als Ajuntaments i Industries de Tarragona; Tutech Innovation GmbH; Metropolitana Milanese Spa; Multisensor Systems Limited

Kontakt

Dr. Christoph Sprenger
Dr. Ulf Mieke

► (1) Die Ultrafiltration ist eine wirksame Technik zur Trennung von Partikeln aus Flüssigkeiten anhand ihrer Größe. Bei der Beprobung wird das Wasser durch eine Filtermembran mit einer definierten Porengröße gepumpt. Diese Porengröße ermöglicht es, Mikroorganismen wie Bakterien und Viren zurückzuhalten, während das Wasser durch die Membran fließt. Die zurückgehaltenen Organismen können dann weiter untersucht werden, um verschiedene mikrobiologische Indikatoren zu identifizieren. Die Beprobung mit Ultrafiltration bietet mehrere Vorteile. Sie ermöglicht eine effektive Konzentration der Organismen und die Analyse und Detektion von Mikroorganismen, insbesondere bei geringen Konzentrationen. Zudem ist die Methode einfach und kostengünstig, was sie zur praktikablen Option für die regelmäßige Überwachung der Wasserqualität macht.

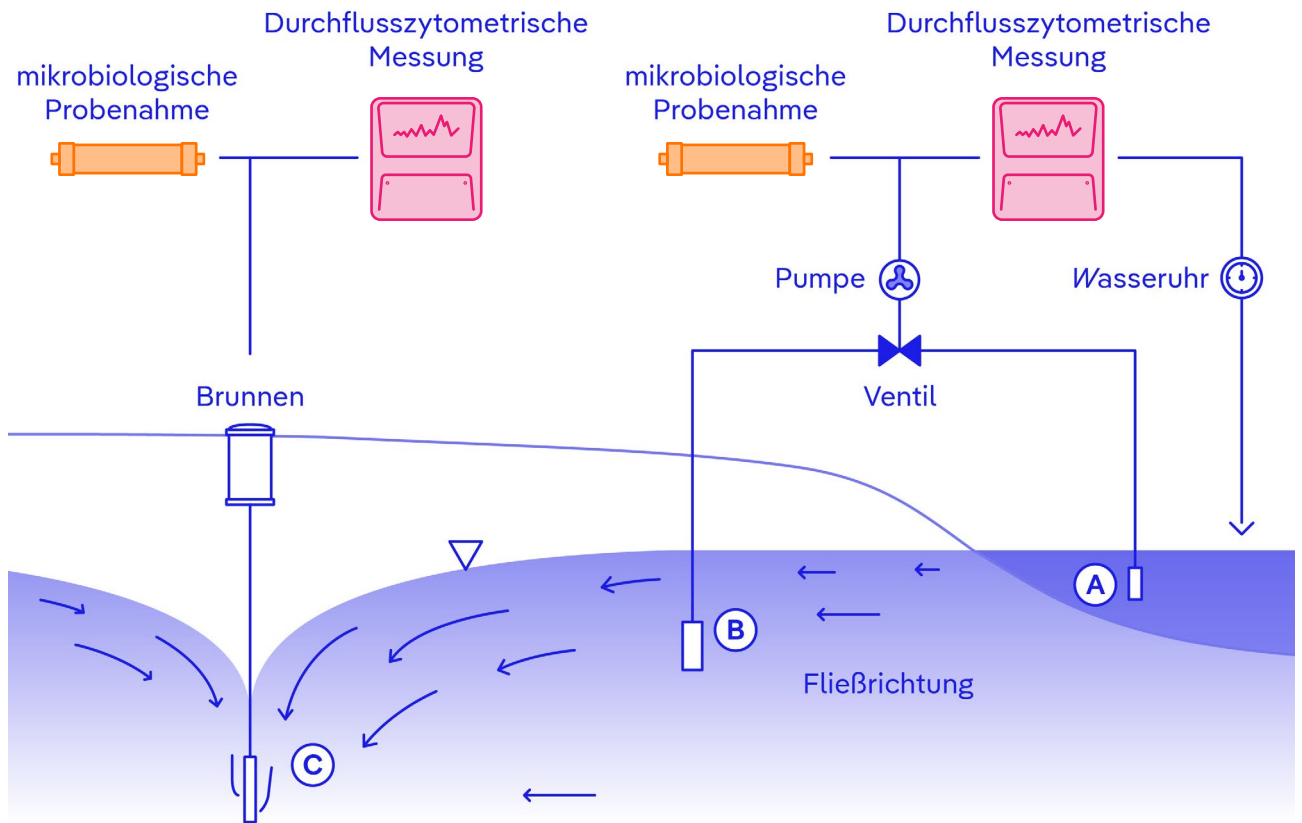
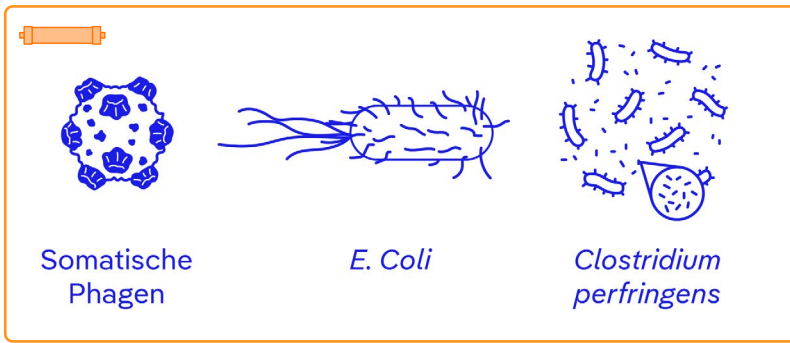
► (2) Die Durchführung einer QMRA für die naturnahe Wasseraufbereitung bietet eine wissenschaftlich fundierte Methode, um das Risiko mikrobieller Kontamination für die Trinkwasserversorgung abzuschätzen, Wissenslücken zu identifizieren und, falls notwendig, Maßnahmen zur Risikominderung zu entwickeln. Sie unterstützt die Entscheidungsfindung und die Entwicklung von Richtlinien zur Gewährleistung einer sicheren Trinkwasserversorgung. QMRA steht für „Quantitative Microbial Risk Assessment“, zu Deutsch quantitative mikrobielle Risikobewertung. Dabei handelt es sich um eine Methode zur Bewertung des mikrobiologischen Risikos, das von pathogenen Mikroorganismen, also Krankheitserregern, ausgeht. Krankheitserreger können beispielsweise durch Verschmutzungen aus der Landwirtschaft oder auch über fäkal belastete Oberflächengewässer in den Grundwasserleiter gelangen. Bei einer QMRA werden zunächst relevante Daten über die Konzentrationsbereiche von Krankheitserregern im Rohwasser gesammelt. Darüber hinaus wird die Entfernungseistung der Trinkwasseraufbereitung gegenüber Mikroorganismen entlang der gesamten Aufbereitungskette vom

Naturnahe Trinkwassergewinnung unter die Lupe genommen

Die mikrobiologische Sicherheit von Trinkwasser ist von entscheidender Bedeutung, um die Übertragung von Krankheiten zu verhindern. Eine gängige Methode zur Trinkwasserdesinfektion ist die chemische Behandlung vor und während der Verteilung im Trinkwassernetz. Allerdings können bei dieser Methode Desinfektionsnebenprodukte (DNP) entstehen, von denen einige ein Risiko für die menschliche Gesundheit darstellen. Untersuchungen zeigen, dass sich von den derzeit über 600 charakterisierten DNP mehr als 100 genotoxisch sind (DeMarini, 2020). Die Trinkwassergewinnung durch Uferfiltration oder Grundwasseranreicherung ist eine naturnahe Methode, um die mikrobielle Sicherheit von Trinkwasser zu gewährleisten. Durch ausreichend lange Aufenthaltszeiten des Infiltrats im Grundwasserleiter wird dabei eine mikrobiologisch einwandfreie Qualität sichergestellt. In Berlin erfolgt die Gewinnung und Aufbereitung von etwa 70 % des Trinkwassers auf diese Weise.

Das Projekt SafeCREW untersucht beide Ansätze, die technische und naturnahe Aufbereitung, zur Sicherung der Wasserqualität unter Berücksichtigung möglicher zukünftiger Risiken im Zusammenhang mit dem Klimawandel. In zwei Fallstudien in Spanien und Italien liegt der Fokus auf der Untersuchung bekannter und bisher unbekannter DNP, dem Einfluss von Kunststoffmaterialien zur Leitungsinstandhaltung auf die DNP-Bildung und der Modellierung der DNP-Bildung im Trinkwassernetz unter verschiedenen Randbedingungen. Die dritte Fallstudie konzentriert sich auf Berlin und Hamburg. In beiden Städten erfolgt die technische Trinkwasseraufbereitung durch eine Belüftung und Schnellsandfiltration ohne chemische Desinfektion. Hier werden mögliche Einflüsse des Klimawandels untersucht, die den bisherigen Verzicht auf eine chemische Desinfektion in Frage stellen könnten. Hierzu gehören Veränderungen in der Wasserzusammensetzung, der Temperatur oder der Untergrundpassage.

Insbesondere die Untergrundpassage im Grundwasserleiter spielt in Berlin eine wichtige Rolle, da sie die wichtigste hygienische Barriere für mikrobiologisch einwandfreies Trinkwasser bei der Uferfiltration und Grundwasseranreicherung darstellt. Mikrobiologische Messungen im Grundwasserleiter sind jedoch eine Herausforderung, da mit herkömmlichen Methoden die zu untersuchenden Indikatoren oft schon nach kurzer Aufenthaltszeit nicht mehr nachweisbar sind. Das KWB wird eine geländetaugliche Probenahme-Methode zur Gewinnung von Bakterien, Viren und Parasiten aus großvolumigen Wasserproben durch Einsatz einer Ultrafiltration ► (1) anwenden, die vom TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser (Karlsruhe, Dresden) und der Blue Biolabs GmbH (Berlin) entwickelt wurde. Dadurch lässt sich der Rückhalt von Pathogenen in der Untergrundpassage besser abschätzen und führt zu einer Neubewertung gesund-



Schematische Darstellung der Messungen und Probenahme im Gelände. Vor-Ort-Messungen mit einer Durchflusssytometrie und Probenahme mittels Ultrafiltrationsmodulen

heitlicher Belastungen durch eine quantitative mikrobiologische Risikobewertung (QMRA) ► (2).

SafeCREW trägt dazu bei, die europäische Wasserwirtschaft auf die Herausforderungen des Klimawandels vorzubereiten und den Schutz der Trinkwasserverbraucher:innen in der EU zu stärken. In diesem Kontext leisten wir einen besonderen Beitrag, indem wir methodische Erweiterungen und Datenerhebungen im Feld durchführen, um das Risikomanagement für Standorte mit naturnaher Wasseraufbereitung zu unterstützen.

Rohwasser bis hin zum Trinkwasser bestimmt. Anschließend werden mathematische Modelle verwendet, um zu berechnen, wie hoch das potenzielle Risiko ist, Krankheitserreger über das Trinkwasser aufzunehmen. Anhand dieser Berechnungen wird die Wahrscheinlichkeit von Infektionen und die Schwere von Krankheitsausbrüchen abgeschätzt.

Projektvolumen

90.000 €, finanziert durch die Berliner Wasserbetriebe

Partnerinstitution

Berliner Wasserbetriebe

Kontakt

Lukas Guericke
Dr. David Steffelbauer
Dr. Nicolas Caradot

Schlauchlining – eine langfristige Sanierungsstrategie?

Um die Nutzungsdauer von Schlauchlinern zu bewerten, konzentrierte sich das Projekt auf Schäden, die diese Nutzungsdauer verkürzen könnten, und wie diese vermieden werden können. Von insgesamt 21 Interviewpartner:innen wurden die Probleme Aushärtungsdefizite (ca. 48 %), Faltenbildung, Spülschäden, Beschädigung der Innenfolie, Probleme mit Anschlüssen (jeweils ca. 24 %), Unterkonfektionierung (ca. 19 %) und Ausbeulungen/Verformungen (ca. 14 %) genannt (Mehrfachnennungen waren möglich).

Aushärtungsdefizite sind ein häufiges Problem beim Einbau von Schlauchlinern. Während bei früheren Systemen Synthefaserliner mit wärmeinitiiertem Aushärtung (durch Warmwasser oder Wasserdampf) verwendet wurden, hat sich seit den 2000er Jahren ein Trend zur Verwendung von Glasfaserlinern mit UV-initiiertem Aushärtung entwickelt. Dies führte zu einer Änderung der Steuerparameter des Aushärtungsprozesses. Neue Parameter, wie die Lichtintensität, Temperatur und Geschwindigkeit des Lampenzugs erhöhen die Komplexität der Gewährleistung eines vollständig ausgehärteten Liners und somit die Unsicherheiten in der Prognose der Nutzungsdauer. Die Interviews zeigten einen höheren Bedarf an einer umfassenderen Qualitätssicherung des Einbauprozesses (ca. 33 %), insbesondere mit einer Aushärtungsprüfung durch Messung des Reststyrolgehalts (29 %).

Schlauchliner sind auf eine Nutzungsdauer von 50 Jahren ausgelegt, könnten jedoch bei guter Einbauqualität und Berücksichtigung der weiteren in Abbildung B gezeigten Einflussfaktoren diese Spanne überschreiten. Basierend auf diesen Voraussetzungen schätzten 71 % der Befragten die Nutzungsdauer länger als 50 Jahre ein, wobei 33 % von einer Nutzungsdauer von 70 Jahren oder länger ausgingen. 24 % der Befragten verglichen die Nutzungsdauer von Schlauchlinern mit der von neuen PVC-Rohren, die laut Folkman (2014), Meerman (2008) und Whittle and Tennakoon (2005) über 100 Jahre halten sollen. Die Untersuchungen deuten darauf hin, dass eine wissenschaftlich fundierte und belastbare Überprüfung der ursprünglich von den Herstellern angegebenen und in den Regelwerken übernommenen Nutzungsdauer von 50 Jahren erforderlich ist.

Kanalsanierung ganz ohne Baugrube und gesperrte Straßen

Das Kanalnetz hat die wichtige Aufgabe, Schmutz- und Regenwasser sicher zu Kläranlagen und Einleitstellen zu befördern. Wie jedes andere Bauwerk haben auch Kanäle eine begrenzte Nutzungsdauer. Die grabenlose Sanierung beschädigter Kanäle spart im Vergleich zur Erneuerung in offener Bauweise viel Zeit und Kosten. Das sogenannte Schlauchlining ist derzeit das am stärksten wachsende Sanierungsverfahren unter den grabenlosen Technologien (Berger et al., 2020). Dabei wird ein in Reaktionsharz getränkter flexibler Schlauch aus Trägermaterial über die Einstiegsschächte in den zu sanierenden Kanal eingebracht und ausgehärtet (siehe Abb. A). Dadurch entsteht ein Kunststoffrohr im Kanalrohr (engl.: CIPP = Cured in Place Pipe). Diese Methode wurde erstmals 1971 in London angewendet und ist seit über 50 Jahren im Einsatz (Bueno, 2021). Seitdem wurde sie weit verbreitet angewendet.

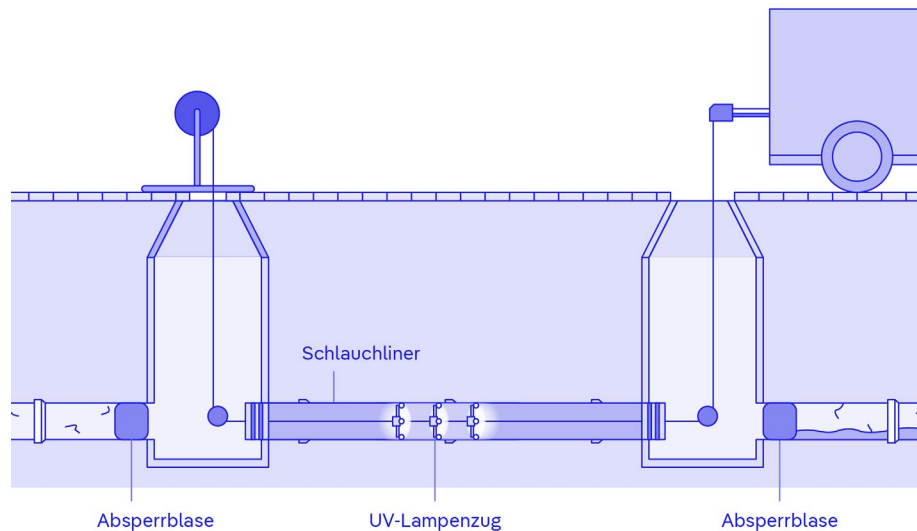


Abb. A: Aushärtung eines Schlauchliners während des Einbauprozesses mithilfe eines UV-Lampenzugs

Der verstärkte Einsatz dieser Technologie erzielt vielversprechende Sanierungsergebnisse. Allerdings wirft er auch die Frage nach der potenziellen Nutzungsdauer auf. Laut Herstellerangaben und der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) geht man momentan von einer „wirtschaftlich angemessene Nutzungsdauer“ von 50 Jahren aus. Die verwendeten Materialien und Einbauverfahren haben sich in den letzten 30 Jahren kontinuierlich weiterentwickelt. Daher ist ein 30 Jahre alter Schlauchliner nur bedingt mit einem 5 Jahre alten vergleichbar. Angesichts dieser Unsicherheiten bezüglich der tatsächlichen Nutzungsdauer von Schlauchlinern ist eine gründliche Untersuchung und ggf. Überarbeitung der in den Regelwerken festgelegten Nutzungsdauer dringend erforderlich.

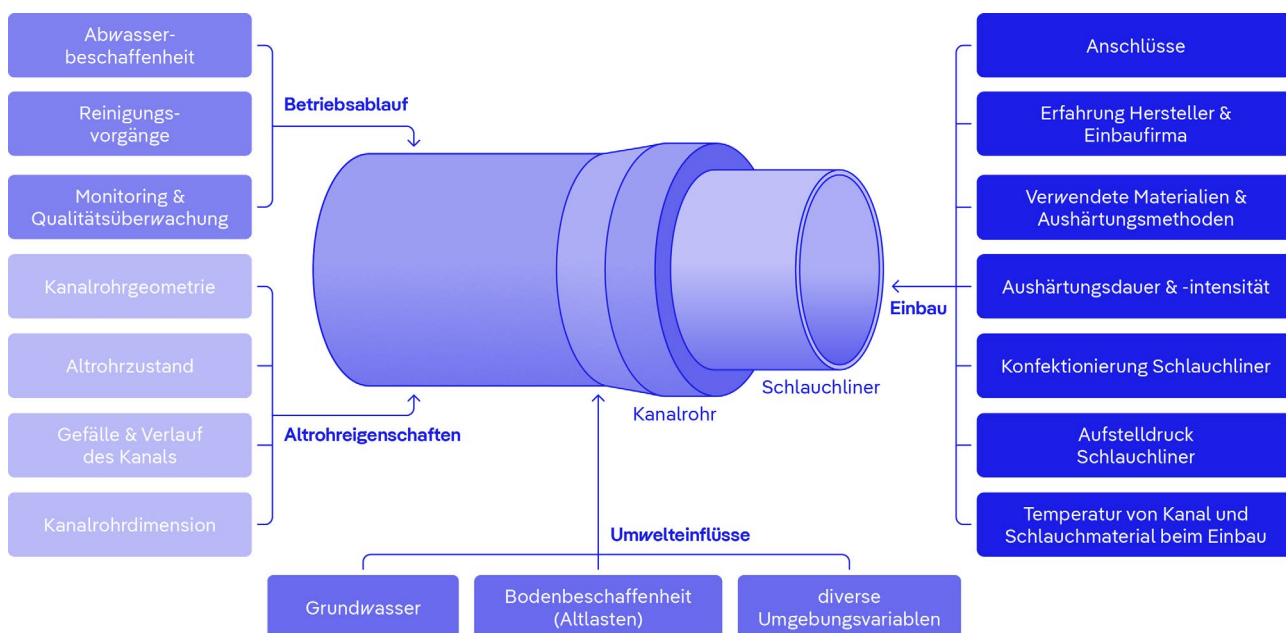
Um die Frage nach der Nutzungsdauer von Schlauchlinern zu beantworten, müssen Schäden, die diese verkürzen, und Maßnahmen zur Gewährleistung einer langen Nutzungsdauer berücksichtigt werden. Im Projekt SEMA Berlin 3, das eng an unser Tool SEMAplus geknüpft ist ► (1) und dieses ideal ergänzt, widmen wir uns diesen Themen mithilfe von drei Methoden: einer Literaturrecherche, einer Analyse der Schäden an eingebauten Schlauchlinern und einer Interviewkampagne mit Betreibern von Stadtentwässerungen, Herstellern von Schlauchlinern, Forschungsinstituten, Beratungsunternehmen und Prüflaboren, um deren Erfahrungen und Einschätzungen zu erhalten.

Die Untersuchung ergab eine Vielzahl von Einflussfaktoren, denen Schlauchliner ausgesetzt sind und von denen ihre Nutzungsdauer abhängt. Die in **Abbildung B** gezeigten Einflüsse auf einen Schlauchliner umfassen neben Einbauprozessen, Umwelt- und Betriebseinflüssen auch Entscheidungsprozesse des strategischen Asset Managements. Die Nutzungsdauer von Schlauchlinern hängt in erster Linie von der Qualität des Einbaus ab. Eine lange Nutzungsdauer von Schlauchlinern ist daher sehr wahrscheinlich, wenn ein mangelfreier Einbau gewährleistet werden kann. Wie bei neu zu bauenden Kanälen sollten Schlauchliner nur von geschulten und erfahrenen Einbaufirmen installiert sowie eine umfassende Qualitätssicherung durchgeführt werden.

Bei der Diskussion über die Nutzungsdauer stellt sich auch die Frage nach den Möglichkeiten der Folgesanierung. Dieses Thema sowie detaillierte Schadensanalysen, Präventivmaßnahmen, eine Literaturrecherche und Datenauswertung werden im Projektbericht behandelt, der im November/Dezember 2023 erscheinen wird. Mit der Forschung zur Nutzungsdauer von Schlauchlinern trägt das KWB aktiv zur Entwicklung innovativer Lösungen für nachhaltige Sanierungsstrategien bei.

► (1) SEMAplus ist eine Lösung, die statistische Methoden sowie Verfahren des maschinellen Lernens verwendet, um Prognosen zum Bestand und Zustand von Kanalnetzen zu erstellen. Über die Simulation unterschiedlicher Sanierungsstrategien zur Zustandsentwicklung der Kanäle kann ein maßgeschneidertes und optimiertes Sanierungskonzept gemäß individueller Anforderungen erstellt werden. SEMAplus wurde durch das KWB in enger Zusammenarbeit mit den Berliner Wasserbetrieben, direkt für die Praxis entwickelt, ist in Berlin seit 2019 in der betrieblichen Anwendung und momentan auch Bestandteil eines Forschungsprojekts in Lausanne (siehe dazu auch S. 12).

Abb. B: Einflüsse auf die Nutzungsdauer einer gelinerten Kanalhaltung



Projektvolumen

2,4 Mio. € (Gesamtvolumen), finanziert durch das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) und die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)

Partnerinstitutionen

Technologiestiftung Berlin; Berliner Wasserbetriebe; Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen

Assoziierte Partner

Bezirksamt Pankow, Stadtentwicklungsamt; Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg, Straßen- und Grünflächenamt; Berliner Regenwasseragentur

Kontakt

Lisa Junghans
Franziska Knoche
Paul Schütz
Dr. Andreas Matzinger

Blaugrüne Infrastruktur

Blaugrüne Infrastruktur kombiniert natürliche und künstliche Elemente, um die Umwelt in städtischen Gebieten zu verbessern. Mit „Grün“ sind Dachbegrünung, Grünflächen und Versickerungsmulden gemeint, während „Blau“ für Wasserflächen und Wasserspiele steht.

Durch die Implementierung von blaugrüner Infrastruktur können städtische Gebiete klimaangepasster gestaltet und gleichzeitig die Lebensqualität der Bevölkerung verbessert werden. Dies ist von großer Bedeutung für eine zukunftsorientierte Stadtentwicklung.

Anzahl der Tropennächte [n/a]

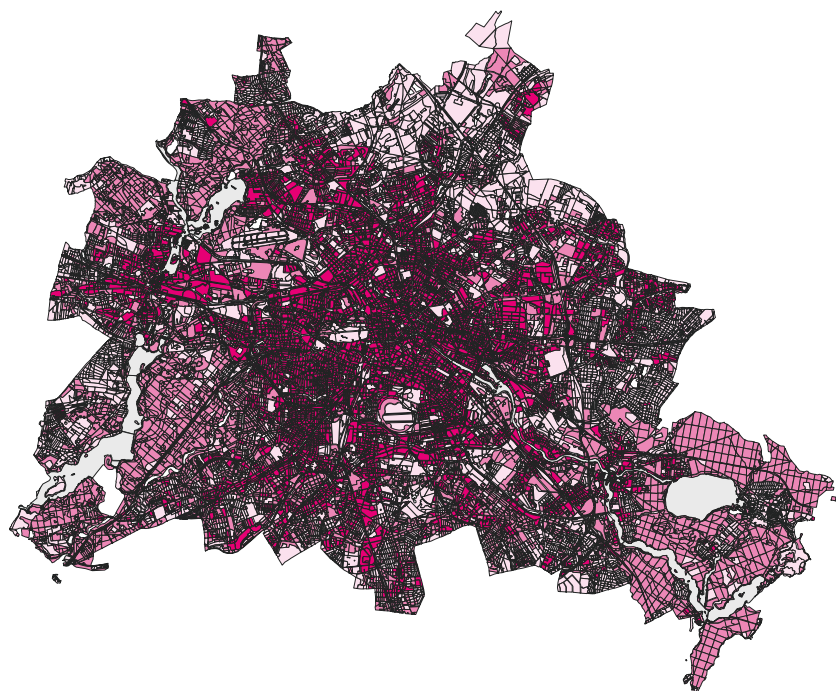
- 1,4 – 5,6
- 5,6 – 6,7
- 6,7 – 12,3

Mit digitalen Tools zur klimaresilienten Stadt

Die internationalen Klimaverhandlungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass trotz der Bemühungen vieler Staaten die Umsetzung der vereinbarten Klimaziele zur Einhaltung der 1,5-Grad-Obergrenze stockt. Gleichzeitig werden die Auswirkungen des Klimawandels immer deutlicher. Dies gilt auch in besonderem Maße in Städten, wo die Auswirkungen des Klimawandels durch zunehmende Versiegelung von Flächen zusätzlich verstärkt werden.

Als Konsequenz haben viele Städte und Kommunen Klimaanpassungspläne erarbeitet, um die Resilienz städtischer Infrastrukturen zu stärken und somit die Lebensqualität der Stadtbevölkerung zu verbessern. Ein zentrales Thema ist dabei Wasser: einerseits im Kontext von Überflutungen und Gewässerbelastungen nach Starkregen und andererseits in Bezug auf anhaltende Hitze und Dürre durch ausbleibenden Regen. Durch die lokale Nutzung von Regenwasser können die Folgen des Klimawandels abgemildert werden. Blaugrüne Infrastrukturen erhöhen im Hochsommer beispielsweise die Verdunstungskühlung und reduzieren damit die Temperatur umliegender Quartiere. Zudem führen sie zu einem geringeren Abfluss des Regenwassers in die Kanalisation und tragen zur Bewässerung von Bäumen und Pflanzen bei.

Im Rahmen der Strategie „Gemeinsam Digital: Berlin“ führt das KWB für die Senatskanzlei das Smart Water Modellprojekt durch, um die Auswirkungen des Klimawandels mittels geeigneter Klimaanpassungsmaßnahmen einzudämmen. Das Hauptziel des Projekts ist es, den Senatsverwaltungen und Bezirksämtern zu ermöglichen, das Thema Klimaanpassung in ihre Verwaltungsprozesse zu integrieren, um eine schnellere Umsetzung zu erreichen.



Die Berliner Wasserbetriebe, die Technologiestiftung Berlin sowie die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen und die Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt sind aktive Projektpartner. Zusätzlich unterstützen die Bezirke Pankow und Friedrichshain-Kreuzberg sowie die Berliner Regenwasseragentur das Projekt. Die Fördergelder werden im Rahmen des Programms „Modellprojekte Smart Cities“ bereitgestellt, das von der Bundesregierung unterstützt wird. Konkret entwickelt das KWB drei digitale Prototypen, ein Planungs- und ein Visualisierungstool sowie ein digitales Kommunikationskonzept:

1. Das Planungstool wird mit dem Ziel entwickelt, sowohl die Landes- als auch Bezirksverwaltung bei der Integration blaugrüner Infrastrukturen zu unterstützen. Diese sollen helfen Hitzeinseln einzudämmen sowie die Gewässerbelastung und Überflutung von Straßen durch Starkregenereignisse zu reduzieren. Dafür wird eine kartenbasierte Webanwendung konzipiert, in der sowohl die Orte mit erhöhter Hitzebelastung dargestellt werden als auch jene, die bei Starkregen überflutet werden. Darauf aufbauend wird der Prototyp verschiedene blaugrüne Infrastrukturmaßnahmen vorschlagen und deren Machbarkeit darlegen, z.B. im Hinblick auf Flächenverfügbarkeit, Denkmalschutz, Gasleitungen und Kanalnetze sowie die verkehrstechnische Eignung von Flächen. Mit diesen Informationen wird das Tool sowohl in der strategischen Planung als auch in konkreten Umsetzungskonzepten von blaugrüner Infrastruktur Anwendung finden.

2. Das zweite Tool ist ein Instrument zur Visualisierung und Sensibilisierung der Bevölkerung für Klimaanpassungsmaßnahmen, insbesondere für blaugrüne Infrastruktur. Es soll beispielsweise in Bürger:innenbeteiligungsprozessen eingesetzt werden, um einerseits Akzeptanz für die verschiedenen blaugrünen Maßnahmen zu schaffen und andererseits für aktives Engagement der Bewohner:innen dieser Quartiere zu werben.

3. Zudem entwickeln wir ein Konzept zur verbesserten digitalen Kommunikation während Starkregenereignissen. Dadurch optimieren wir die Hochwasservorhersage sowie die (Früh-)Warnsysteme und planen, adressenspezifische Informationen zu Hochwasser- und Starkregengefahren anzubieten. Außerdem wird die behördeninterne Kommunikation zwischen den Bürger:innen, den Senatsverwaltungen, der Feuerwehr, Polizei sowie dem Technischen Hilfswerk verbessert.

Alle drei Prototypen basieren auf einer interoperablen Datenplattform, die bestehende und neu generierte Daten mit Modellen verknüpft. Diese Plattform wird parallel entwickelt und am Ende des Projekts an die Verwaltung übergeben. Mit unserem Projekt Smart Water leisten wir gemeinsam mit unseren Partnern einen entscheidenden Beitrag, die Auswirkungen des Klimawandels in Berlin abzumildern und die Stadt zu einer smarten und klimaresilienten Metropole zu machen.

Projektvolumen

4,4 Mio. € (Gesamtvolumen), finanziert durch Interreg Baltic Sea Region (Europäische Union)

Partnerinstitutionen

Region Kalmar Kreis; Kommune Kalmar; Kalmar Wasser; Kommune Vastervik; Kommune Braniewo; Verband der polnischen Kommunen Euroregion Ostsee; Technische Universität Danzig; Wirtschaftskammer „Polnische Wasserwerke“; Bornholms Wasser A/S; Bornholms Abwasser A/S; Verband „Region Kleipeda“; Verwaltung der Kreisgemeinde Kleipeda; Universität Kleipeda; Planungsregion Kurzeme; Kommune Saldus

Kontakt

Elisa Rose

Pia Schumann

Dr. Ulf Miehe

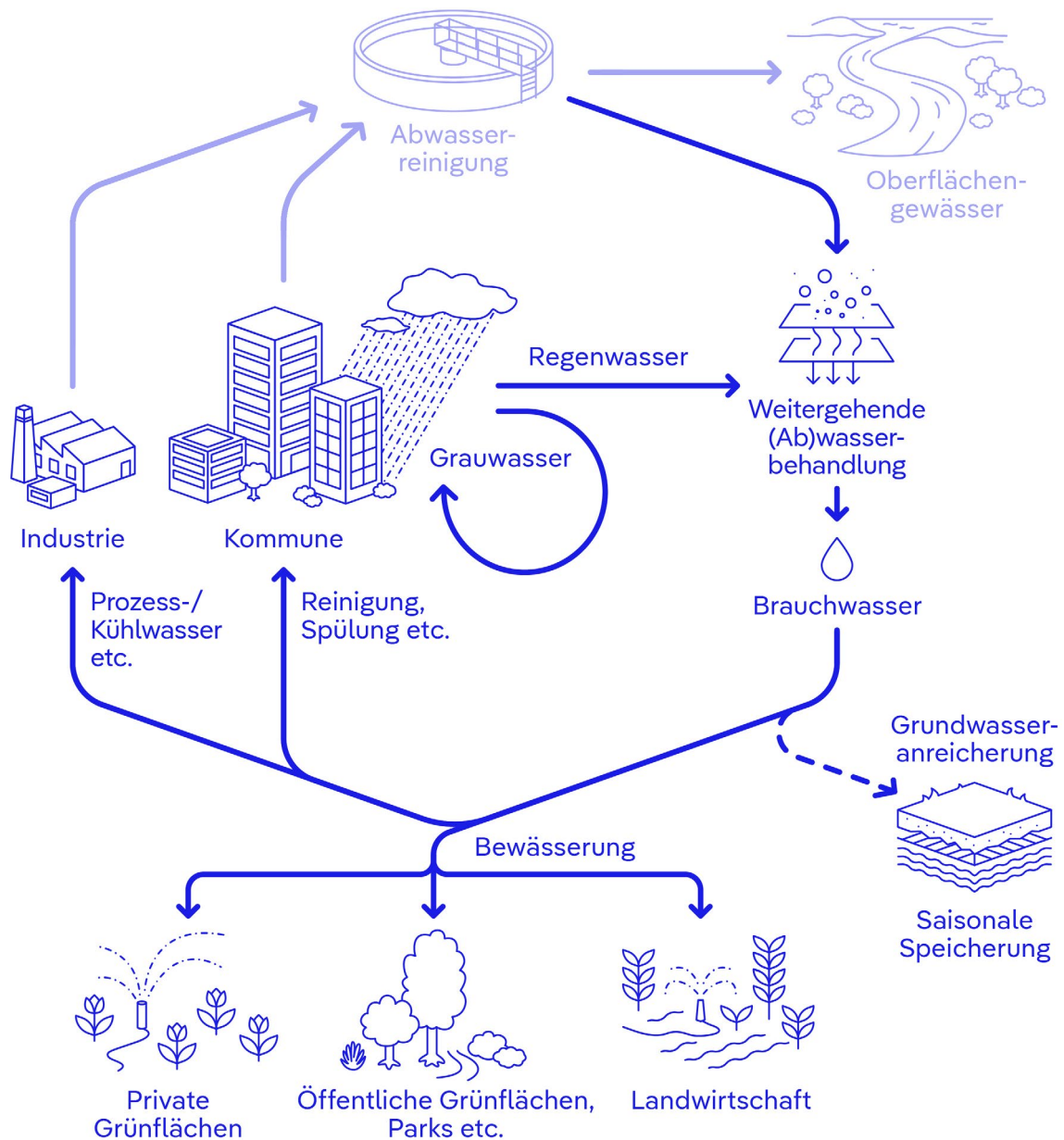
Fit für die Zukunft durch Wasserwiederverwendung – Lokaler Kapazitätsaufbau in der Ostseeregion

Die Auswirkungen des Klimawandels stellen die Wasserwirtschaft der Ostseeanrainer vor große Herausforderungen. Immer häufiger kommt es zu extremen Wetterereignissen, so zum Beispiel zu Dürren, die die Wassernutzung insbesondere für die Bewässerung einschränken. Vorhersagen zufolge wird sich die Wasserknappheit in Zukunft noch verschärfen. In diesem Zusammenhang stellt die Wiederverwendung von Wasser eine wichtige Lösung zur Entlastung der Wasserressourcen dar und gewinnt für lokale, regionale und sogar transnationale Stakeholder zunehmend an Bedeutung.

Im Rahmen des WaterMan-Projekts bringt das KWB gemeinsam mit 15 Partnern die Wasserwiederverwendung als neues Element der Wasserwirtschaft in der Ostseeregion mit dem Ziel voran, die Wasserversorgung klimaresistenter zu machen. In der Ostseeregion gibt es vereinzelte Beispiele für die Nutzung alternativer Wasserressourcen, wie aufbereitetem Abwasser und urbanem Regenwasserablauf, eine breitere Anwendung steht jedoch noch aus. Die wichtigsten Akteure für die Wasserwiederverwendung sind lokale Behörden und Wasser- sowie Abwasserunternehmen. Das von der EU geförderte WaterMan-Projekt zielt darauf ab, das Wissen und die Kapazitäten dieser Schlüsselakteure für dieses noch neue Thema aufzubauen.

Der Kapazitätsaufbau im WaterMan-Projekt, das im Rahmen des Programms Interreg Baltic Sea Region gefördert wird, beinhaltet einen transnationalen Gruppen-Lernprozess. Kommunen und Wasser- sowie Abwasserunternehmen aus neun Anrainerstaaten der Ostsee werden gemeinsam beispielhafte Wasserwiederverwendungsstrategien für ausgewählte Modellregionen erarbeiten. Das vom Kreis Kalmar in Schweden koordinierte Projekt kombiniert Maßnahmen zur Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser, zur Nutzung von Regenwasser sowie urbanem Regenwasserablauf und zur Förderung der Akzeptanz bei Stakeholdern und Verbraucher:innen. In einer Reihe von sechs sich ergänzenden Pilotmaßnahmen zur Wasserwiederverwendung in Dänemark, Polen, Lettland, Litauen, Schweden und Deutschland werden konkrete Lösungen für typische Anwendungsfälle getestet und validiert. Forschungseinrichtungen und Fachleute stellen ihre Expertise zur Verfügung und unterstützen den Aufbau von Kapazitäten in einer Reihe von Workshops und Schulungen.

Das KWB unterstützt die Projektpartner bei der Umsetzung ihrer Pilotmaßnahmen und der Entwicklung einer zukunftsorientierten Wasserwiederverwendungsstrategie. Zu diesem Zweck entwickeln wir gemeinsam mit den Projektpartnern Anleitungen zu



Wasserkreislauf mit Möglichkeiten der Wasserwiederverwendung (ohne Trinkwassernutzung)

etablierten Methoden und Instrumenten für die Anwendung im Kontext der Wasserwiederverwendung. Dies wird den lokalen Akteuren unter anderem dabei helfen, ihren Bedarf an Wasserwiederverwendung zu ermitteln, eine entsprechende chemische und mikrobiologische Risikobewertung durchzuführen und eine geeignete umweltfreundliche Wasseraufbereitungstechnologie auszuwählen ▶ (1). Im Rahmen des Projekts wird schließlich ein umfassender und konkreter Leitfaden für andere lokale Behörden und Wasser- sowie Abwasserunternehmen entwickelt.

Mit unserem Fachwissen über Wasserwiederverwendung, mit dem Austausch von Erfahrungen und der Schulung praktischer Fähigkeiten in Bezug auf Risiko- und Lebenszyklusanalysen leisten wir im Rahmen des WaterMan-Projekts einen wichtigen Beitrag zur Entlastung der natürlichen Wasserressourcen und zum Aufbau einer klimaresistenten Wasserwirtschaft in der Ostseeregion.

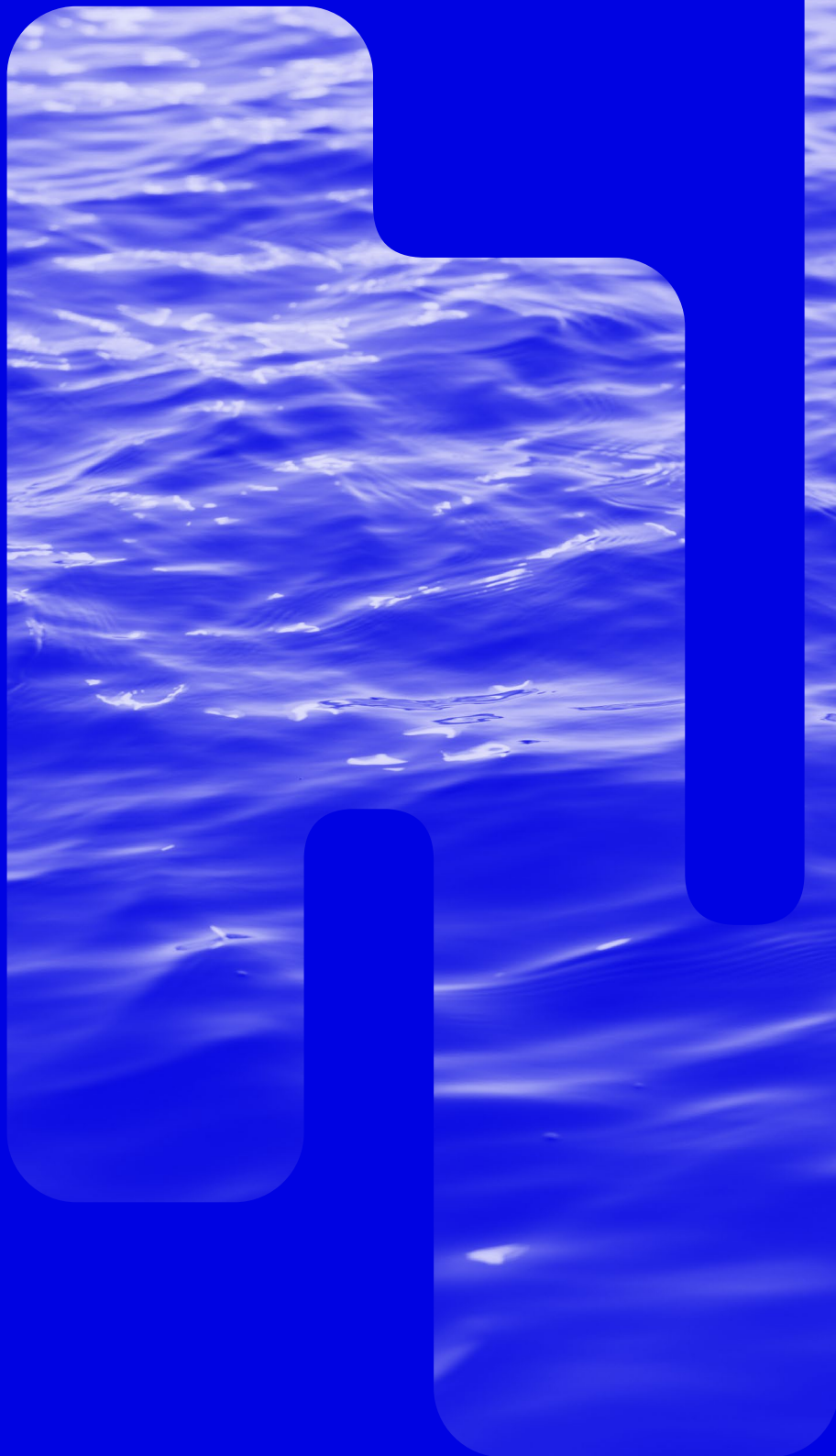
▶ (1) Im Juni 2023 haben wir einen ersten Workshop mit den Projektpartnern durchgeführt. Dieser umfasste verschiedene Optionen zur Wasserwiederverwendung und dazu geeignete Aufbereitungstechnologien, Lebenszyklusanalysen sowie Risikobewertung und -management. Vertreter:innen aus allen sechs Ländern kamen dafür in Schweinfurt zusammen, um am Workshop teilzunehmen und das durch den Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft der TU München geleitete Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „Nutzwasser“ zu besichtigen: Dabei konnten die Teilnehmenden Einblick in die Wasserwiederverwendung einer kommunalen Kläranlage für Bewässerung von Pflanzen und Sportfeldern erhalten und vom regen Austausch mit Expert:innen der TU München und des lokalen Abwasserentsorgungsunternehmens Stadtentwässerung Schweinfurt zu Erfahrungen mit lokalen Entscheidungsträger:innen und Endnutzer:innen sowie zu Risikomanagement, Akzeptanz und Nachfrage profitieren.

Raus- schwimmen

Rausschwimmen heißt bei uns, einen Blick in die Zukunft zu werfen. Lesen Sie, ob die Klimaneutralität in der Wasserwirtschaft reine Utopie ist, was man aus dem Gasmangel für die Wasserversorgung lernen kann und wie unser Tool SWIM:AI die Vorhersage der Badegewässerqualität in Flüssen und Seen in die Zukunft führt.

Folgende Artikel lassen
Sie in die Zukunft blicken:

- ▶ Klimaneutralität in der Wasserwirtschaft
- ▶ Lehren aus der Gasknappheit zur Sicherung
der Wasserversorgung Deutschlands
- ▶ SWIM:AI



Klimaneutralität in der Wasserwirtschaft: realistisch oder utopisch?

Dr. Christian Remy

Der menschengemachte Klimawandel ist eines der drängendsten globalen Umweltprobleme, da seine negativen Auswirkungen auf Mensch und Ökosysteme signifikant, vielfältig und schwer abzuschätzen sind. Die Erwärmung der Atmosphäre durch den erhöhten Ausstoß von Treibhausgasen (THG) stellt auch die Wasserwirtschaft vor neue Herausforderungen, denn sowohl die Verfügbarkeit als auch die Verteilung von Wasser werden sich in Zukunft deutlich verändern. Gleichzeitig trägt auch die Wasserwirtschaft durch den Bau und Betrieb ihrer Infrastruktur zur Emission von THG bei. Die Forderungen nach einer „klimaneutralen“ Wasserver- und entsorgung werden immer lauter und entsprechend haben sich mittlerweile viele große und kleine Unternehmen im Wassersektor die Klimaneutralität als strategisches Ziel gesetzt und bemühen sich, ihre THG-Emissionen zu senken.

Was aber bedeutet eigentlich „klimaneutral“? Obwohl der Begriff in aller Munde ist, fehlen oft eine genaue Vorstellung und Definition. Und ohne eine Definition ist es schwierig, sowohl den eigenen Stand der THG-Emissionen zu erfassen als auch konkrete Ziele und geeignete Maßnahmen zur Reduktion auszuarbeiten, umzusetzen und transparent zu berichten. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob die Wasserwirtschaft überhaupt in der Lage ist, in absehbarer Zukunft vollständig klimaneutral zu werden, und wie die Schritte dahin aussehen könnten. Wie realistisch ist also die Forderung nach einer klimaneutralen Wasserwirtschaft?

„Klimaneutralität“ – was heißt das eigentlich?

Die Bilanzierung von THG-Emissionen in der gesamten Wertschöpfungskette eines Unternehmens basiert heute auf dem international anerkannten Greenhouse Gas Protocol aus dem Jahr 2004. (WRI/WBCSD, 2004) In dieser Methodik ist festgehalten, welche THG-Emissionen zu berücksichtigen sind und wie diese erfasst werden können. Per Definition werden dabei alle relevanten THG erfasst, also nicht nur CO₂, sondern auch Lachgas (N₂O), Methan (CH₄) und weitere THG. Deren Wirkung auf die Erderwärmung ist unterschiedlich, sodass zur Berechnung und Aufsummierung allen Gasen ein Wirkfaktor relativ zu CO₂ zugeordnet wird („CO₂-Äquivalente“, auch als CO₂e bezeichnet). Lachgas zum Beispiel wirkt 265-mal intensiver als CO₂, und auch Methan ist 28-mal schädlicher fürs Klima, jeweils bezogen auf einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren (IPCC, 2023).

Eine weitere wichtige Vorgabe des Protokolls ist die Einteilung der THG-Bilanz in drei verschiedene Bereiche (engl: scope) (siehe Abb. A). Dabei beschreibt „Scope 1“ die direkten THG-Emissionen, die beim Betrieb der unternehmenseigenen Infrastruktur vor Ort entstehen. Diese sind unter direkter Kontrolle des Unternehmens und können damit auch direkt beeinflusst werden. „Scope 2“ umfasst die indirekten THG-Emissionen, die bei der Bereitstellung von eingekauftem Strom, Wärme oder Kälte verursacht werden. Also zum Beispiel die

Emissionen am Kohlekraftwerk, die bei der Erzeugung von Netzstrom für ein Unternehmen anfallen. Der letzte Bereich, „Scope 3“, bildet alle weiteren Prozesse und Vorgänge ab, die mit der unternehmerischen Tätigkeit zusammenhängen und dem eigenen Betrieb vor- bzw. nachgelagert sind. Dieser Bereich ist unterteilt in 15 einzelne Kategorien und reicht von eingekauften Gütern (z.B. Chemikalien oder Papier) über den Bau von Infrastruktur und die Entsorgung von Abfällen bis zum Arbeitsweg der eigenen Mitarbeitenden und deren Dienstreisen (WRI/WBCSD, 2013). Über diese drei Bereiche sind am Ende alle Aktivitäten in der THG-Bilanz erfasst, die für die Geschäftstätigkeit des Unternehmens relevant sind und von ihr verursacht werden.

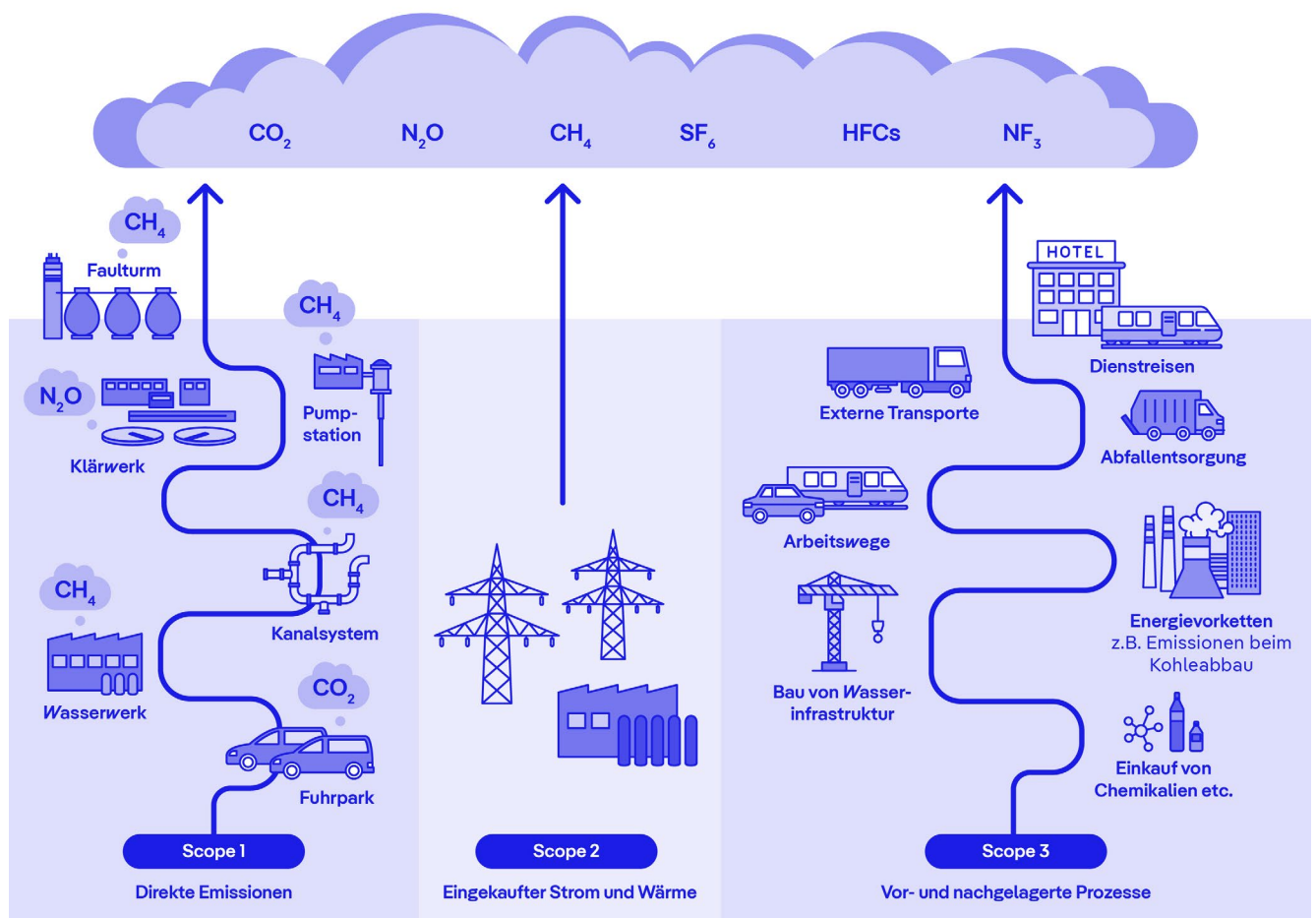
Um eine umfassende THG-Bilanz eines Unternehmens zu erstellen, müssen alle drei Bereiche betrachtet und zu einer gemeinsamen Summe aufgerechnet werden. Erst wenn diese Gesamtsumme aller Aktivitäten bilanziell „null“ ist, ist die Klimaneutralität erreicht. Damit wird deutlich, dass echte Klimaneutralität mehr ist als nur die Nutzung von grünem

Strom oder die Umstellung der Fahrzeugflotte auf E-Mobilität. Die Wasserwirtschaft ist beim Klimaschutz damit auch von vielen anderen Sektoren abhängig, deren Produkte oder Dienstleistungen bei der Wasserver- und -entsorgung gebraucht werden.

Scopes in der Wasserwirtschaft

Bei den energiebedingten THG-Emissionen (Scope 2) ist der Stromverbrauch für den Betrieb von Wasserver- und Abwasserentsorgung der mit Abstand wichtigste Faktor in der Bilanz. Energie zu sparen und möglichst effizient einzusetzen, wird bereits von vielen Unternehmen als Ziel verfolgt und trägt aktiv zum Klimaschutz bei. Auch die Eigenerzeugung von Strom und Wärme, z.B. durch die Nutzung von Faulgas aus der Klärschlammbehandlung oder den Betrieb von eigenen Windrädern, ist eine gute Option, um klimaneutrale Energie aus erneuerbaren Quellen zu erzeugen und so den Netzbezug zu verringern. Daneben ist auch der gezielte Einkauf von zertifiziertem „grünem“ Strom geeignet, den Energieverbrauch ►

Abb. A: Bilanzrahmen der Treibhausgasemissionen im Wassersektor für die drei Bereiche (engl. Scopes) des Greenhouse Gas Protocol



klimatefreundlicher zu gestalten und die Klimabilanz zu verbessern. Durch die fortschreitende Energiewende wird Netzstrom zukünftig immer klimaschonender aus Wind, Sonne und anderen erneuerbaren Quellen erzeugt, sodass dieser Faktor perspektivisch weniger relevant für die Klimabilanz wird. Das KWB konnte in Studien zeigen, dass zukünftig die Abgabe von aufbereitetem Faulgas als Biomethan deutlich vorteilhafter für den Klimaschutz wird als die Verstromung vor Ort: Dieses erneuerbare „grüne Gas“ hilft anderen Sektoren, wie der Wärmeerzeugung oder dem Verkehr, ihre THG-Emissionen mit einem klimafreundlicheren Brennstoff zu verringern und entlastet somit die globale Klimabilanz effektiver als eine lokale Erzeugung von Strom (Remy et al., 2022).

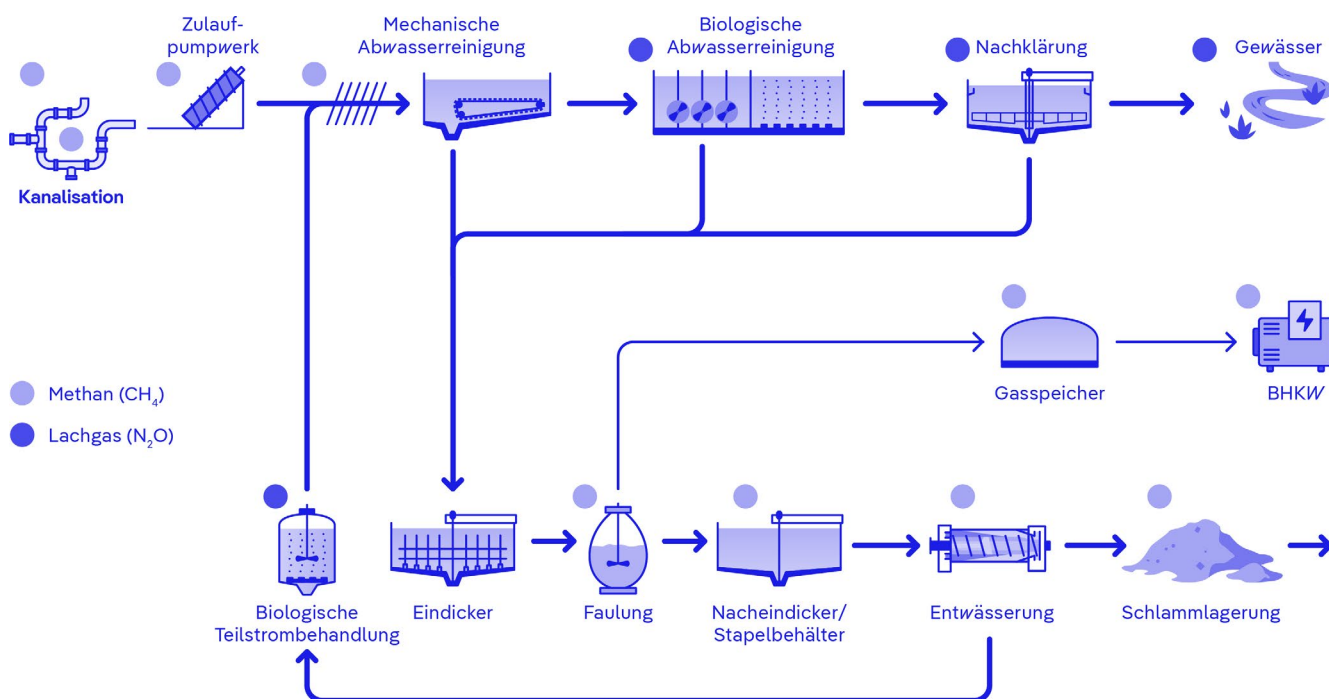
Ein weiterer relevanter Beitrag entsteht über die direkten THG-Emissionen aus dem Betrieb von Wasserwerken, Kanalsystemen und Klärwerken (Scope 1) (siehe Abb. B). Dabei spielen Lachgas und Methan eine Hauptrolle, die deutlich klimaschädlicher sind als CO_2 . Lachgas kann beim biologischen Umsatz von Stickstoff in der Abwasserbehandlung entstehen, wenn die beteiligten Bakterien durch wechselnde Bedingungen unter Stress geraten und aus dem im Abwasser enthaltenen Stickstoff Lachgas produzieren. Diese Mechanismen sind mittlerweile gut erforscht, aber die Emissionen von Lach-

gas im Betrieb eines Klärwerks können nur über gezielte Langzeitmessungen erfasst und bewertet werden. Da die Lachgasemissionen örtlich und zeitlich stark schwanken können, ist das keine leichte Aufgabe.

„Eine echte Klimaneutralität ist mehr als nur die Nutzung von grünem Strom oder die Umstellung der Fahrzeugflotte auf E-Mobilität.“

Das KWB führt im Rahmen des Projekts LASSO Messungen von Lachgas auf einem Berliner Klärwerk durch und tauscht sich mit anderen Betreibern und Forschenden intensiv aus, unter anderem im entsprechenden Arbeitskreis der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA). Auch Methan kann sich bei sauerstoffarmen Verhältnissen aus den organischen Bestandteilen des Abwassers bilden, insbesondere im Kanalnetz und bei der Faulung von Klärschlamm. Die Erfassung dieser diffusen Methanemissionen ist ebenfalls eine Herausforderung, aber es gibt bereits geeignete Messverfahren und auch erste erfolgreiche Maßnahmen zur Vermeidung von Methanemissionen.

Abb. B: Mögliche Quellen für direkte Emissionen von Lachgas und Methan bei der Abwasserbehandlung



Insgesamt ist der Bereich der direkten THG-Emissionen aus der Wasserwirtschaft jedoch noch nicht systematisch erfasst und bilanziert. Hier wird zukünftig durch Vorgaben aus der EU in der neuen Kommunalabwasserrichtlinie ein gezieltes und dauerhaftes Monitoring notwendig werden. Neben der Erfassung können dann auch geeignete Maßnahmen zur Reduktion von Lachgas- und Methanemissionen entwickelt, erprobt und bewertet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Wasserwirtschaft national betrachtet nur wenige Prozent der Gesamtemissionen an Lachgas und Methan verursacht, während andere Sektoren (u.a. Landwirtschaft, Abfall) deutlich mehr beitragen.

„Das große Ziel der Klimaneutralität in der Wasserwirtschaft kann nur in Zusammenarbeit mit anderen Sektoren und Unternehmen erreicht werden, da die Wasserwirtschaft über Lieferketten, Bauleistungen und Energiebezug eng mit diesen verknüpft ist.“

Der Bereich der vor- und nachgelagerten THG-Emissionen (Scope 3) rückt seit einiger Zeit immer mehr in den Fokus der Betrachtung: durch die vielen verschiedenen Kategorien und beteiligten Akteure ist es jedoch nicht einfach für die Unternehmen, diesen Bereich zu erfassen und entsprechend zu bilanzieren. Für viele Einzelaspekte fehlt eine praktikable Methodik, um sowohl die notwendigen Daten aus dem Unternehmen als auch die jeweiligen THG-Faktoren in geeigneter Form zu sammeln und auszuwerten. Das KWB arbeitet seit langer Zeit an THG-Bilanzen für den

Wassersektor und hat in vielen nationalen und internationalen Projekten Verfahren und Konzepte umfassend untersucht und bewertet. Aktuell erarbeiten wir zusammen mit den Berliner Wasserbetrieben im Projekt SCOPE3M eine Methodik, um die unternehmensweiten THG-Emissionen im Scope 3 mit vertretbarem Aufwand zu erfassen und berichten zu können. Im ersten Schritt ist dabei die Definition der wesentlichen Kategorien und Bestandteile wichtig, um Aufwand und Nutzen der Klimabilanz in Einklang zu bringen und auf die Ziele abzustimmen: Brauche ich eine erste Abschätzung meiner Klimabilanz mit geringem Aufwand oder will ich konkrete Informationen und Ansatzpunkte für Strategien und Klimaschutzmaßnahmen erarbeiten, berichten und in ihrer Wirkung verfolgen? Dazu passend können verschiedene Ansätze entwickelt werden, um die einzelnen Bereiche sinnvoll und nachvollziehbar zu erfassen und auch die beteiligten Mitarbeitenden im Unternehmen gut einzubinden. Für eingekaufte Chemikalien oder die Abfallentsorgung können beispielsweise Durchschnittswerte aus Datenbanken oder Studien genutzt werden, wenn der entsprechende Lieferant oder Dienstleister noch keine eigene THG-Bewertung liefern kann. Bei Bauprojekten wird es durch die Vielzahl unterschiedlicher Vorgänge und Akteure deutlich komplexer, eine komplette THG-Bilanz zu erfassen. Hier sind verschiedene Detailtiefen der Betrachtung hilfreich, um den Beteiligten geeignete Hebel zum klimafreundlicheren Bauen aufzuzeigen und gleichzeitig den Aufwand der Bilanzierung überschaubar zu halten. Dabei hilft ein Blick über die Landesgrenzen: Auch in Ländern wie Dänemark, England und Frankreich gibt es vergleichbare Entwicklungen zur THG-Bilanzierung im Wassersektor, die eine Inspiration und Orientierung bieten. Perspektivisch können durch eine genauere Erfassung dann auch geeignete Maßnahmen entwickelt werden, um die THG-Emissionen im Scope 3 deutlich zu reduzieren. ►

Keine Utopie: Klimaneutralität in der Wasserwirtschaft

Eine umfassende Klimabilanz des Unternehmens zu erstellen, ist eine nicht zu unterschätzende Aufgabe und erfordert Ressourcen und Zeit. Neben einer geeigneten Methodik ist dabei auch die Zusammenarbeit im Unternehmen zwischen vielen unterschiedlichen Bereichen wichtig und von Anfang an mitzudenken. Wir unterstützen diese Aufgabe mit wissenschaftlichem Know-how und praxisnahen Methoden, um den Klimaschutz in der Wasserwirtschaft voranzubringen und in der täglichen Praxis zu verankern. Dabei spielen zukünftige Anforderungen zum Monitoring und zur Berichterstattung von THG-Emissionen eine große Rolle, wie sie zum Beispiel in der Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung der EU gefordert werden. (EFRAG, 2022)

Wie aber ist der Ausblick? Kann die Wasserwirtschaft in absehbarer Zeit vollständig klimaneutral werden? Und: Wie soll das funktionieren? Letztlich kann dieses große Ziel nur in Zusammenarbeit mit anderen Sektoren und Unternehmen erreicht werden, da die Wasserwirtschaft über Lieferketten, Bauleistungen und Energiebezug eng mit diesen verknüpft ist. Es gilt, bei den betrieblichen Beschlüssen zu Investitionen und Strategien den Klimaschutz als wichtige Entscheidungsgrundlage miteinzubeziehen und klimafreundliche Produkte, Verfahren und Infrastrukturen zu nutzen. Dazu ist das Wissen über die eigene Klimabilanz und die Wirkung verschiedener Maßnahmen und Alternativen entscheidend, damit Unternehmen informierte Entscheidungen treffen und so aktiv zum Klimaschutz beitragen können. Geeignete Wege sind im Energiesektor bereits gut absehbar und werden über die Energiewende politisch gesteuert. Bei den direkt verursachten Emissionen von Lachgas und Methan ist die Erfassung und Bewertung noch schwierig und auch geeignete Maßnahmen zur Reduktion sind noch zu erarbeiten und zu überprüfen. Bei der komplexen Bilanzierung des Bereichs Scope 3 ist es sinnvoll, eine sektorweit abgestimmte Bilanzmethodik zu entwickeln und damit allen Unternehmen in der Wasserwirtschaft eine vergleichbare Grundlage für ihre Klimabilanz zu bieten.

Die vollständige Klimaneutralität der Wasserver- und entsorgung erscheint aus heutiger Sicht noch weit entfernt: Auch wenn zukünftig vermehrt grüne Energie und klimafreundliche Chemikalien verfügbar werden, sind die direkten Emissionen von Lachgas und Methan auf Klärwerken deutlich schwieriger zu erfassen und wahrscheinlich auch nicht vollständig zu vermeiden. Daneben verursachen die anstehenden großen Aufgaben zum Erhalt und Ausbau der Infrastruktur, aber auch die steigenden Anforderungen z.B. in der Abwasserreinigung (4. Reinigungsstufe) weiteren Aufwand in der Klimabilanz. Hier ist eine sorgfältige Abwägung der unterschiedlichen Ziele wichtig: Priorität hat immer noch die Kernaufgabe der nachhaltigen Wasserver- und entsorgung, aber sie sollte so klimafreundlich wie möglich erfolgen. Vollständige Klimaneutralität kann letztlich nur durch die Klimaneutralität von allen Produkten und Dienstleistungen erreicht werden, die in der Wasserwirtschaft genutzt werden. Zugute kommt uns dabei die gemeinsame Anstrengung aller Sektoren, die THG-Emissionen ihrer Aktivitäten langfristig zu senken. Am Ende können unvermeidbare THG-Emissionen dann durch geeignete Förderung von anderen Klimaschutzmaßnahmen über Kompensation bilanziell neutralisiert werden. Das sollte aber keine Ausrede sein, um den eigenen Klimaschutz in der Wasserwirtschaft zu vernachlässigen: Bereits heute sind durch geeignete Maßnahmen deutliche Beiträge für einen klimafreundlicheren Wassersektor möglich. Dabei spielt neben einer praktikablen Bilanzierungsmethodik auch ein regelmäßiges und transparentes Monitoring und Reporting eine große Rolle, um die eigenen Bemühungen im Klimaschutz deutlich zu machen und das gesamte Unternehmen auf diesen Weg mitzunehmen. Denn: Klimaschutz ist kein „nice-to-have“ mehr, sondern eine essentielle Aufgabe um eine nachhaltige Zukunft von uns allen auf diesem Planeten zu ermöglichen. ●

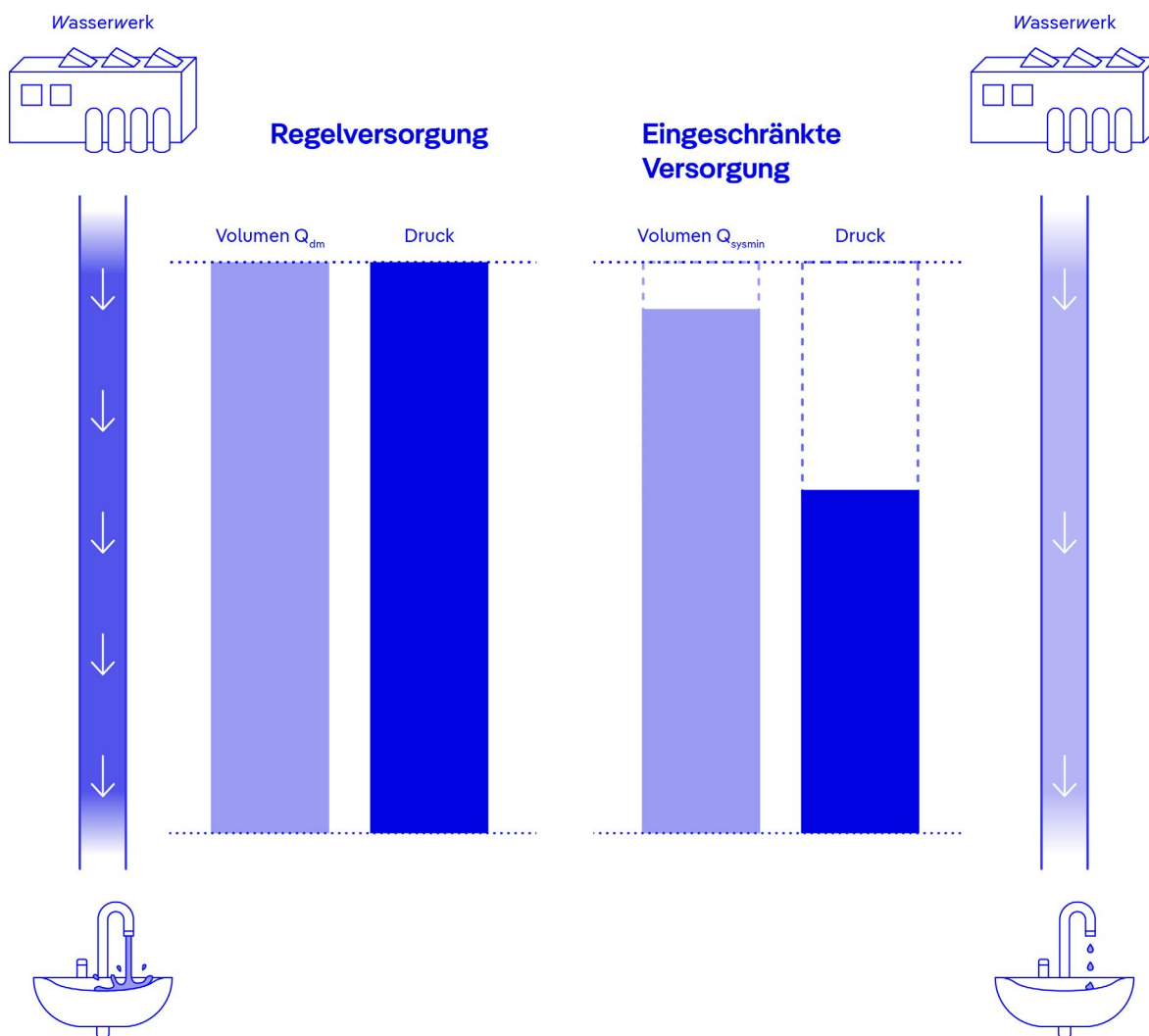


Vorsicht ist besser als Nachsicht

Lehren aus der Gasknappheit zur Sicherung der Wasserversorgung Deutschlands

Dr. Lisa Broß

Abb. A: Aufrechterhaltung der leitungsgebundenen Trinkwasserversorgung



Es war einmal ein kalter Winter in Deutschland. Jeden Tag heizten die Menschen gemütlich ihre Wohnungen und die Wirtschaft florierte so wie immer. Fossile Brennstoffe wurden in Hülle und Fülle aus der Ferne importiert und jeder genoss ein sorgenfreies Leben. Mit diesem Gefühl der Sicherheit war es jedoch bald aus, als die Realität mit voller Wucht zuschlug. Ein nahe gelegener Krieg unterbrach die Versorgungsketten, was zu einer Verknappung der fossilen Brennstoffe führte und die Energiepreise in die Höhe schnellen ließ, während die Regierung eilends versuchte, Gas für die Haushalte aufzutreiben. Die Auswirkungen auf die Gesellschaft waren erheblich und der Ruf nach einem Umstieg von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energien wurde laut. Das Ziel: Eine nachhaltige Energieversorgung für Deutschland. Sollte dieser Traum Wirklichkeit werden?

„Um die Resilienz und Sicherheit von Wasserversorgungssystemen zu verbessern, ist eine angemessene Notfallplanung von entscheidender Bedeutung, anstatt sich auf Ad-hoc-Bewältigungsmaßnahmen zu verlassen.“

Die aktuelle Situation der Energieversorgung in Deutschland ist natürlich wesentlich komplexer. Die Herausforderungen und Veränderungen im Energiesektor sind enorm und werden durch verschiedene Faktoren wie die Pariser Klimaziele, den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen vorangetrieben. Durch den russischen Angriffskrieg

gegen die Ukraine ist jedoch die Energiesicherheit in den Vordergrund gerückt und sie ist nun relevanter und entscheidender denn je. Sowohl die Europäische Union als auch die deutsche Regierung streben nach einer vollständigen Unabhängigkeit von russischem Öl und Gas.

Der vom Menschen verursachte Klimawandel beeinflusst den Wasserkreislauf und die Verfügbarkeit von Wasserressourcen. Padron et al. (2020) zeigen auf, dass sich in den letzten drei Jahrzehnten die durchschnittliche Wasserverfügbarkeit während des trockensten Monats im Vergleich zur ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts regional unterschiedlich verändert hat. In einigen Regionen, auch in Europa, hat die Wasserverfügbarkeit zugenommen, während sie anderswo abgenommen hat. Auch Deutschland steht gegenwärtig vor Herausforderungen im Zusammenhang mit Wasserressourcen. Sinkende Grundwasserspiegel, verringerte Grundwasserneubildung, niedrige Oberflächenwasserstände und erhöhter Wasserverbrauch an heißen Tagen führen zu einem Ungleichgewicht der Wasserressourcen und beeinträchtigen die Speicherkapazität, wie La Jeunesse et al. (2016) hervorheben. Diese Situation stellt eine Bedrohung für die Sicherheit der Trinkwasserversorgung in bestimmten Teilen des Landes dar. In den vergangenen sechs Jahren, insbesondere seit 2018, hatten die deutschen Wasserversorgungsunternehmen erhebliche Schwierigkeiten, die öffentliche Wasserversorgung in den Sommermonaten sicherzustellen. Mehrere Studien, darunter Ashoori et al. (2016), Toth et al. (2018), Manouseli et al. (2019) und Xenochristou et al. (2020), haben eine positive Korrelation zwischen Wasserbedarf und Temperatur nachgewiesen. Eine Umfrage unter 28 Wasserversorgern in Deutschland ergab, dass fast 60 % von ihnen im Sommer 2018 Spitzenwerte bei der Wasserabgabe meldeten, ►

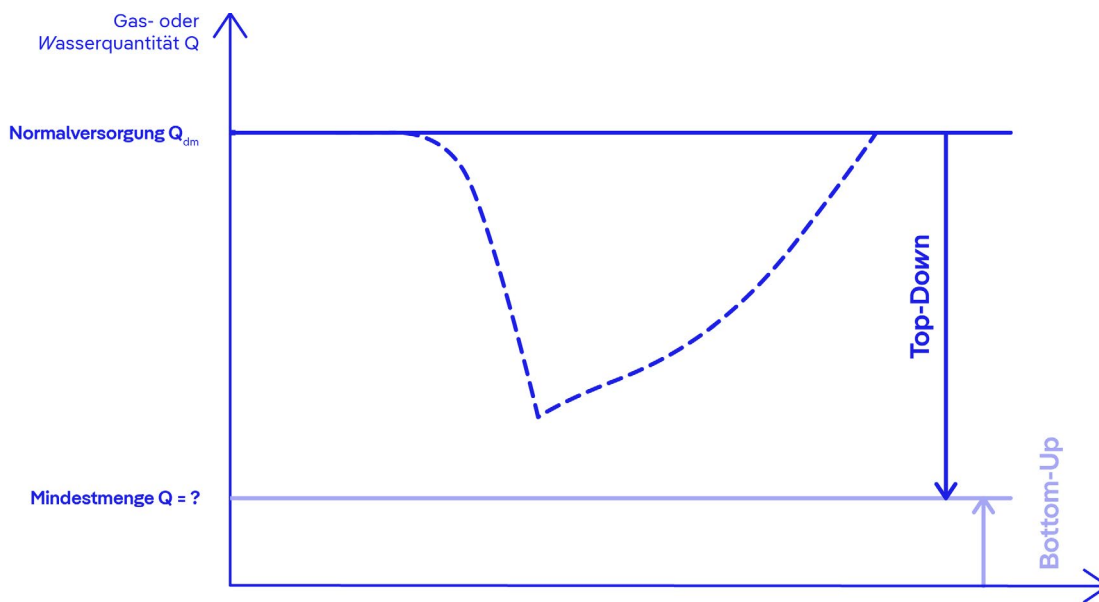


Abb. B: Betrachtungsweisen für die Ermittlung der benötigten Wassermenge

die zwischen 100 und 150 % der durchschnittlichen Tagesabgabe für Juli und August lagen, wie Simon et al. (2019) belegen. Darüber hinaus verzeichnete ein Drittel der Versorgungsunternehmen in den beiden Sommermonaten Höchstwerte von 150 bis 200 % des durchschnittlichen Tagesabflusses.

Die Gas- und Wasserversorgung in Deutschland steht also vor ähnlichen Herausforderungen, auch wenn sie von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst werden, wie z.B. dem Rückgang des Angebots, der Einschränkung des Verbrauchs und der Sicherstellung wesentlicher öffentlicher Dienstleistungen in Notfällen. Bei der Gasversorgung gibt es einen Mangel an lokalen Gasressourcen, wodurch Deutschland stark von Lieferungen aus anderen Regionen abhängig ist. Eine mögliche Lösung dafür ist die Substitution von Gas durch erneuerbare Energieträger. Dies würde sowohl die Knappheit als auch die Abhängigkeit von externen Gaslieferanten verringern. Bei der Wasserversorgung wird das Wasser in der Regel in der Nähe des örtlichen Standorts gewonnen. Wenn es hier zu einer Verknappung kommt, ist der Ersatz der Wassergewinnung eine schwierige Aufgabe, die erhebliche und kostspielige infrastrukturelle Veränderungen erfordert, deren Durchführbarkeit fraglich ist. Es können jedoch

Maßnahmen ergriffen werden, um die Auswirkungen der Wasserknappheit abzuschwächen: Durch wirksame Wassersparinitiativen kann die Nachfrage nach Trinkwasser gesenkt werden. In einigen Fällen kann zudem Wasser von geringerer Qualität für bestimmte Zwecke verwendet werden.

Um eine zuverlässige Wasserversorgung zu gewährleisten, muss die kurzfristige Resilienz der Wasserversorgungssysteme verbessert werden. Diese hängt von den vorhandenen Fähigkeiten zur Reaktion auf Schäden und deren verursachenden Gründen sowie der Verfügbarkeit von Ressourcen ab, die begrenzt und lokal/regional unterschiedlich verteilt sind. Die Resilienz kritischer Infrastrukturen, wie der Gas- oder Wasserversorgung, wird häufig anhand einer leistungsbasierten Resilienzkurve bewertet, wie in den Studien von Bruneau et al. (2003), Cimellaro et al. (2007), McDaniels et al. (2008) und Zobel (2010) beschrieben. Bei Anwendung auf ein Wasserversorgungssystem stellt diese Kurve den durchschnittlichen täglichen Wasserbedarf (Q_{dm}) dar, der bei normalem Betrieb an die Verbraucher:innen geliefert wird. Die Kurve kann dann den zeitlichen Verlauf der Beeinträchtigung durch ein Schadensereignis darstellen und die Auswirkungen auf die Leistung des Systems veranschaulichen.

Sicherstellung der Wasserversorgung

Russlands Gaslieferungen nach Deutschland sind in den Jahren 2022 und 2023 deutlich zurückgegangen. Sowohl die Europäische Kommission als auch die deutsche Regierung ergreifen proaktive Maßnahmen für den Fall eines akuten Gasnotstands. Der Gasnotstandsplan der Europäischen Staatengemeinschaft fordert eine 15%ige Reduzierung des Gasverbrauchs der Mitgliedsländer. Falls freiwillige Einsparungen nicht ausreichen, kann in Deutschland die Bundesnetzagentur als Bundeslastverteiler eingreifen. Nicht geschützte Kund:innen sind solche, die nicht in eine der drei Kategorien fallen: (i) Haushaltskund:innen und kleine und mittlere Unternehmen aus dem Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, (ii) die soziale Grundversorgung und (iii) Fernwärmanlagen, die zuvor genannten Kund:innengruppen mit Wärme versorgen und ihren Brenn-

„Um eine sichere Wasserversorgung zu gewährleisten, wird die Einrichtung eines von einer zentralen staatlichen Behörde verwalteten Registers ähnlich der Gasplattform empfohlen, bei dem große Wasserkunden ihren Mindestwasserbedarf anmelden müssen.“

stoff nicht wechseln können. Um das Einsparpotenzial bei den nicht geschützten Kund:innen zu ermitteln, hat die Bundesnetzagentur eine digitale Plattform eingerichtet, auf der sich alle großen Gasverbraucher registrieren und ihren Mindestgasbedarf angeben müssen. Dieser Top-down-Ansatz hilft bei der Ermittlung der technischen Mindestmengen, die zur Aufrechterhaltung eines funktionierenden Systems erforderlich sind, wie Fekete et al. (2021) erläutern. Die von der Plattform gesammelten Daten unterstützen die Bundesnetzagentur dabei, im Krisenfall fundierte Entscheidungen über notwendige Angebotsreduzierungen zu treffen.

Die Bestimmung der benötigten Wassermenge kann sowohl mit einem Bottom-up- als auch mit einem Top-down-Ansatz erfolgen (siehe Abb. B). Beim Bottom-up-Ansatz liegt der Fokus auf der Bestimmung der minimalen Menge Wasser, die benötigt wird, um den lebensnotwendigen Bedarf zu decken. Dabei wird davon ausgegangen, dass es eine Untergrenze gibt, unterhalb derer die Verbraucher:innen nicht ausreichend mit Wasser versorgt werden können. Der Top-down-Ansatz hingegen zielt darauf ab, akzeptable Verluste bei der Menge oder Qualität des Wassers festzulegen. Er berücksichtigt die technischen Mindestwassermengen, die erforderlich sind, um das Gesamtsystem funktionsfähig zu halten oder um einen kritischen „Point of no Return“ zu vermeiden (Bross et al., 2019). Der Bottom-up-Ansatz basiert also auf den Bedürfnissen der Verbraucher:innen, während der Top-down-Ansatz die Anforderungen des technischen Systems, insbesondere des Wasserverteilungsnetzes, beachtet.

In der Trinkwasserversorgung werden Mindestversorgungsstandards durch die zum Überleben oder zur medizinischen Versorgung notwendige Wassermenge angegeben, insbesondere im Rahmen der humanitären Hilfe (Sphere, 2018; UNHCR, 1992). Im Regelbetrieb und bei eingeschränkten Versorgungsszenarien müssen die deutschen Trinkwasserversorgungsnetzbetreiber mindestens 50 Liter pro Person und Tag über die leitungsgebundene Versorgung bereitstellen (BMI, 2016). Die genaue Menge, die für die Aufrechterhaltung der leitungsgebundenen Trinkwasserversorgung erforderlich ist, hängt jedoch von verschiedenen Faktoren ab, wie z.B. der Struktur des Versorgungsnetzes, dem Versorgungsdruck und der Möglichkeit, bestimmte Gebiete vorübergehend abzuschalten (Bross et al., 2019). Um den sicheren Betrieb von Wasserversorgungssystemen angesichts der Auswirkungen des Klimawandels zu gewährleisten, ist es wichtig, Mindestwassermengen durch einen Top-down-Ansatz zu ermitteln. Dazu werden hydraulische Modelle eingesetzt, um potenzielle Wassersparmaßnahmen zu analysieren. Darüber hinaus ist die Bestimmung der Mindestanforderungen für Großverbraucher, insbesondere für kritische Infrastrukturen wie Krankenhäuser, von entscheidender Bedeutung. ►

Um eine sichere Wasserversorgung zu gewährleisten, wird die Einrichtung eines von einer zentralen staatlichen Behörde verwalteten Registers ähnlich der Gasplattform empfohlen, bei dem große Wasserkunden ihren Mindestwasserbedarf anmelden müssen. In Deutschland sollte die Verwaltung einer solchen Plattform der obersten Wasserbehörde der Bundesländer übertragen werden und dadurch von den umfangreichen Kenntnissen der Behörde profitieren. Bei der Einrichtung des Registers ist es wichtig, den Verwendungszweck des Wassers zu berücksichtigen, um die Verschwendung wertvoller Ressourcen zu vermeiden. Die Wasserversorgungsunternehmen können so in Zeiten der Wasserknappheit auf relevante Daten zugreifen und Anpassungen bei der Netzversorgung und -verwaltung vornehmen, um eine effiziente Wasserverteilung zu gewährleisten.

Wir brauchen den Wandel - jetzt

Über die Abhängigkeit Europas von russischem Gas und die möglichen Folgen von Projekten wie der Nord-Stream-2-Pipeline wurde bereits viel Literatur veröffentlicht (Balmaceda, 2013, 2021; Gustafson, 2020). Doch erst der russische Angriffskrieg gegen die Ukraine und die daraufhin gegen Russland verhängten Sanktionen haben die Dringlichkeit zu handeln verdeutlicht. Dieser erhöhte Druck hat zu einem Abbau von Hindernissen und einer spürbaren Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energieerzeugung geführt. Dennoch zeigen die politischen Diskussionen um den verstärkten Einsatz von Kohlekraftwerken und die Verlängerung der Laufzeiten von Kernkraftwerken, dass der Übergang zu einem reformierten Energieerzeugungssystem nur um den Preis erheblicher Rückschritte beim Klimaschutz zu erreichen scheint.

Der Klimawandel wird drastische Auswirkungen auf die Wasserversorgung haben. Sowohl die Verfügbarkeit als auch die Qualität des Rohwassers werden beeinträchtigt. Während dem Klimawandel in den letzten Jahren viel Aufmerksamkeit zuteil wurde, kann sich der Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit schnell verschieben, wenn unmittelbare Krisen entstehen, wie z.B. Russlands Angriffskrieg gegen die Ukraine und die darauf folgende Gasverknappung (Spisak et al., 2022). Wir dürfen jedoch nicht auf Veränderungen warten, bis eine Eskalation unvermeidbar wird. Sofortige Maßnahmen sind erforderlich, um die zukünftige Wasserversorgung sicherzustellen. Der Klimawandel hat bereits zu regionalen Störungen der Wasserverfügbarkeit geführt. Um die Resilienz und Sicherheit von Wasserversorgungssystemen zu verbessern, ist eine angemessene Notfallplanung von entscheidender Bedeutung, anstatt sich auf Ad-hoc-Bewältigungsmaßnahmen zu verlassen (Bross et al., 2020). In diesem Zusammenhang sind Organisationen wie das KWB von großer Bedeutung, indem sie forschungsbasierte Lösungen entwickeln, die die großen Herausforderungen angehen und praktisch anwendbar sind. ●



SWIM:AI

Maschinelles Lernen und Schwimmen für alle!

Wolfgang Seis

Dr. David Steffelbauer

Der Zugang zu Umweltdaten wird durch digitale Dienste und frei zugängliche Plattformen immer leichter. So bietet beispielsweise der Deutsche Wetterdienst Zugang zu meteorologischen Daten, während das Berliner „Wasserportal“ Daten zur Hydrologie und Wasserqualität bereitstellt. Diese erhöhte Verfügbarkeit ebnet den Weg für neue digitale Dienste, die Entscheidungsprozesse in der Wasserwirtschaft unterstützen können.

Ein Beispiel ist der Einsatz datengestützter Modelle zur Vorhersage der Badegewässerqualität in Flüssen und Seen, die für kurzfristige Verschmutzungen anfällig sind. Studien haben gezeigt, dass Daten über Niederschläge, Durchflussmengen und Einleitungen aus städtischen Entwässerungssystemen (z.B. aus der Mischwasserkanalisation und Regenwassereinleitungen) Spitzenwerte der fäkalen Verschmutzung zuverlässig vorhersagen können. Im Gegensatz zu Labormethoden, bei denen man lange auf die Ergebnisse warten muss, stehen Umweltdaten schnell, teilweise in Echtzeit, zur Verfügung. Dadurch ermöglicht ein modellgestützter Ansatz eine schnelle Reaktion auf kurzfristig auftretende Verschmutzungsereignisse und verbessert somit die Information und letztendlich den Gesundheitsschutz von Badenden, die rechtzeitig vor einem Kontakt zu unbehandeltem Abwasser gewarnt werden können.

Trotz der Vorteile eines modellgestützten Wasserqualitätsmanagements ist dieses noch eher die Ausnahme als die Regel. Neben der oft geringen Datenlage von Fäkalindikatoren, wird die breitere Anwendung durch die erforderlichen Programmier- und Modellierungskennnisse erschwert. Die Hydroinformatik-Gruppe des KWB hat diese Herausforderung erkannt und widmet sich der Erforschung neuer Modellierungsansätze und Datenquellen für die Wasserwirtschaft sowie der Entwicklung benutzungsfreundlicher Softwarelösungen.

Vor diesem Hintergrund freuen wir uns, SWIM:AI vorstellen zu können. SWIM:AI ist eine Software, die bereits in der Praxis eingesetzt wird und die Entwicklung und Nutzung von Modellen des maschinellen Lernens (ML-Modelle) für das Badegewässermanagement erleichtern soll. Mit SWIM:AI können auch Nutzende ohne fortgeschrittene Programmierkenntnisse ihre eigenen ML-Modelle trainieren und auswerten. Die Software bietet außerdem ein flexibles Datenübertragungsmodul, das den Datentransfer durch die Nutzung standardisierter Schnittstellen erleichtert.

SWIM:AI baut auf der Expertise des KWB im Bereich des Managements von Badegewässern auf. Diese Expertise wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts FLUSSHYGIENE, dem LIFE-Projekt iBathWater und dem H2020-Projekt digital-water.city entwickelt. Schauen wir uns genauer an, was SWIM:AI als Lösung für den Gesundheitsschutz der Badenden besonders macht.

Unterstützung für fundierte Entscheidungen

Mit SWIM:AI haben wir uns zum Ziel gesetzt, den Prozess der Erstellung und Implementierung von ML-Modellen für Behörden und Verantwortliche, die für Badegewässer zuständig sind, zu vereinfachen. Bei Vorliegen informativer historischer Datensätze können diese Modelle Verschmutzungsereignisse in Badegewässern zuverlässig vorhersagen. SWIM:AI kann jedoch noch mehr als nur die Wasserqualität vorhersagen. Es bietet den Nutzenden ein umfassendes Instrumentarium zur Verwaltung von Datenquellen, zur Entwicklung von Vorhersagemodellen und zur Erstellung wiederkehrender Vorhersagen für bestimmte Badegewässer.

Es ist an dieser Stelle wichtig zu betonen, dass die endgültige Entscheidung, ob das Schwimmen sicher ist, immer noch bei den zuständigen Behörden liegt. Die Aufgabe von SWIM:AI ist es, datengestützte Empfehlungen zu geben, um Entscheidungsprozesse zu unterstützen.

Mehrere Services

SWIM:AI ist ein Softwarepaket, das den Nutzenden mehrere Services zur Verfügung stellt:

Service 1: Modellierungs-Engine und Content Management System (CMS)

Mit diesem Dienst können Nutzende das Vorhersagepotenzial von ML-Modellen erschließen, indem sie wertvolle Erkenntnisse aus gepaarten historischen Daten gewinnen. Durch die Ableitung von Modellparametern während des Trainingsprozesses und die Visualisierung der Trainingsergebnisse ermöglichen wir es den Nutzenden, die Vorhersagegenauigkeit eines bestimmten konfigurierten Modells zu bewerten.

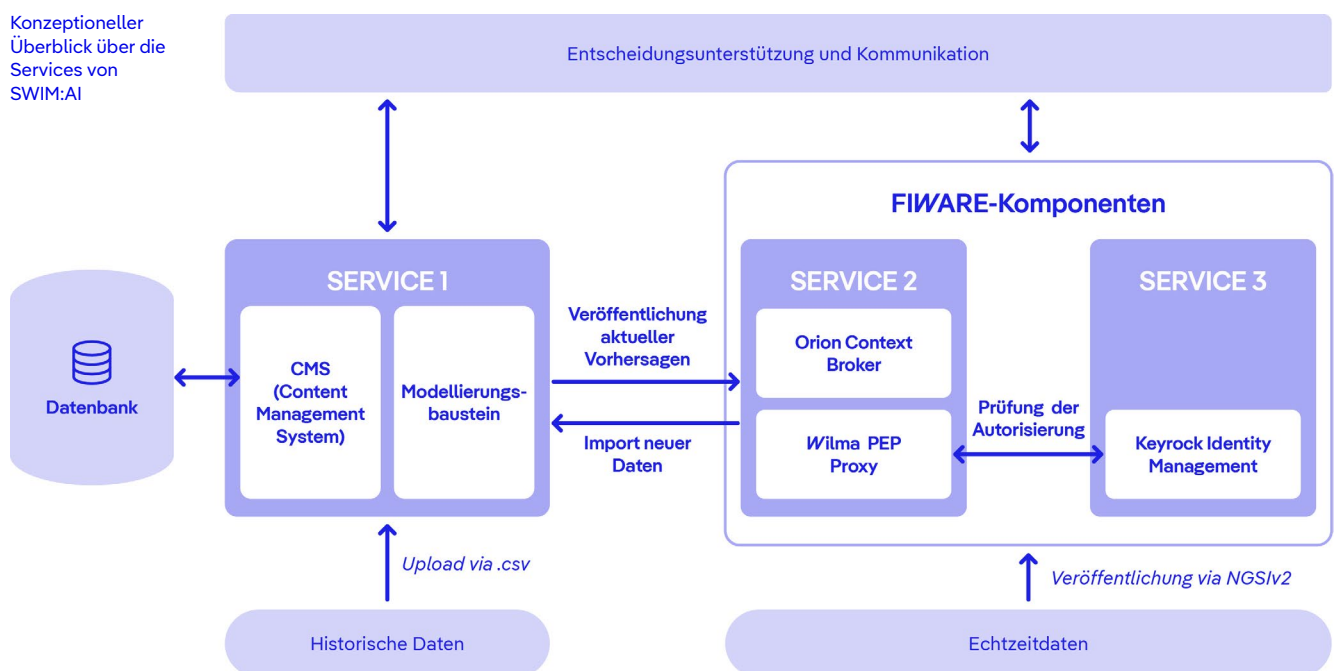
Unsere grafische Nutzungsoberfläche macht den Trainingsprozess besonders einfach. Mit einer einfachen Drag-and-Drop-Funktion auf einer interaktiven Karte können Sensoren und Datenquellen leicht erstellt, gelöscht und aktualisiert werden. Die Datenquellen können entweder als „BathingSpot“ (Zielvariable) oder als „FeatureData“ (Vorhersagevariablen)

klassifiziert werden. Wir konzentrieren uns auf fäkale Indikatororganismen als Zielvariable, während zu den Vorhersagevariablen hydrologische Größen wie vorangegangener Niederschlag, Durchfluss des Flusses und Einleitungen aus Kläranlagen und Mischwasserüberläufen gehören. Um historische Daten für das Training hochzuladen, können Nutzende eine .csv-Datei verwenden, die sicher in einer PostgreSQL-Datenbank gespeichert wird.

Sobald die Daten vorhanden sind, können die Nutzenden verschiedene Ziel- und Vorhersagevariablen auswählen und verschiedenste Modelle konfigurieren. Nach dem Modelltraining stehen mehrere Indikatoren zur Verfügung, um die Güte des angepassten Modells zu überprüfen. Schließlich haben die Nutzenden die Möglichkeit, zwischen der Verwendung eines einzigen Modells oder mehrerer Modelle für periodische Vorhersagen zu wählen.

Service 2: Das Datenübertragungsmodul

Sobald das ML-Modell vollständig trainiert ist und von den Nutzenden als nützlich eingeschätzt wird, benötigt es neue Eingabedaten, um aktuelle Vorhersagen zu erstellen. Diese Daten basieren auf den in der Trainingsphase verwendeten Vorhersagevariablen. Um die Vorhersagen auf dem neuesten Stand zu halten, ist es wichtig, die neuesten Daten in das System zu integrieren. ▶



In SWIM:AI haben wir diesen Prozess durch die Implementierung einer standardisierten API auf der Grundlage des FIWARE NGSI-v2-Standards vereinfacht. FIWARE bietet Open-Source-Softwarekomponenten, die speziell für Smart-City- und Internet-of-Things (IoT) -Lösungen entwickelt wurden. Eine der Schlüsselkomponenten ist der Orion Context Broker, der den nahtlosen Austausch von Daten zwischen Datenanbietern und Nutzenden ermöglicht.

Unser System macht die Kompatibilität mit verschiedenen Exportformaten überflüssig, sodass ein problemloser Datenaustausch möglich ist. Datenlieferanten, wie z.B. Wasserversorgungsunternehmen, behalten stets die volle Kontrolle über ihre Daten. Sie können entscheiden, welche Daten geteilt werden, ohne dass sie direkten Zugriff auf ihre IT-Systeme gewähren müssen. Indem sie ihre Daten im Orion Context Broker veröffentlichen, stellen sie die Datenintegrität sicher.

Service 3: Absicherung des Orion Context Brokers
Der Orion Context Broker bietet von Haus aus keine Authentifizierung oder Autorisierung. Um unbefugten Zugriff auf den Orion Context Broker zu verhindern, implementiert SWIM:AI zusätzliche FIWARE-Sicherheitskomponenten: das KeyRock Identity Management und den Wilma PEP Proxy Server. Jede Dateneinheit in der Datenbank des Context Brokers ist mit einem bestimmten Benutzer:in oder Eigentümer:in im KeyRock Identity Management-System verknüpft. Daher haben nur autorisierte Nutzende, die Eigentümer:innen eines bestimmten Sensors sind, die Möglichkeit, Datenquellen zu ändern und zu aktualisieren.

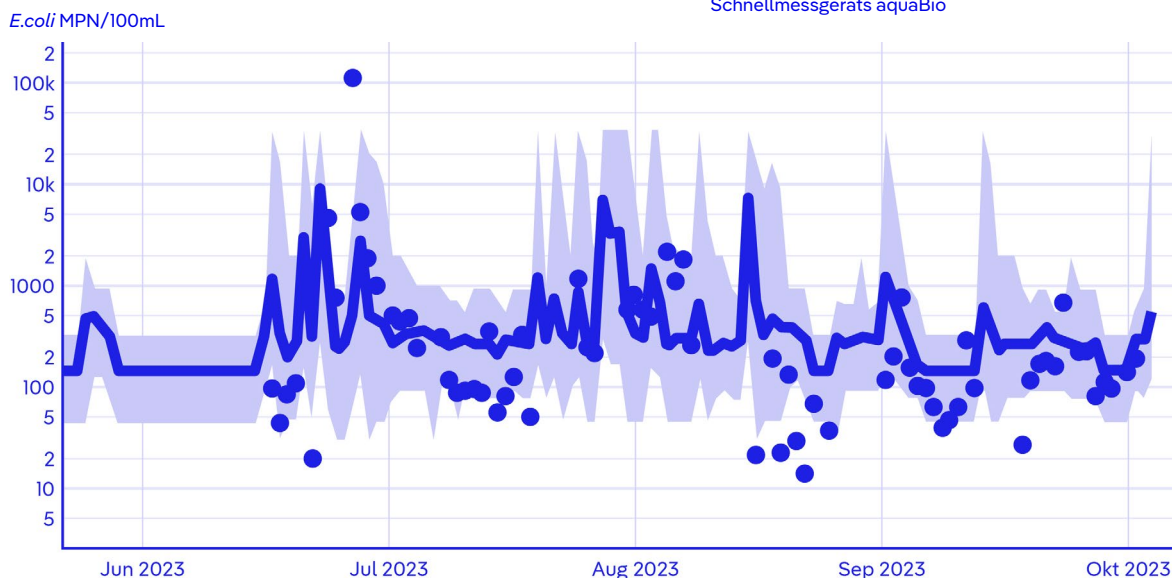
Gemeinsam setzen KeyRock und Wilma die OAuth 2.0-Standards für die Authentifizierung und Autorisierung um und stellen sicher, dass nur autorisierte Nutzende Änderungen vornehmen können. Dadurch wird einem unbefugten Zugriff sicher entgegengewirkt.

Software-Architektur

Was die Programmiersprache und die Softwarearchitektur betrifft, so wurde SWIM:AI in Python entwickelt. Python ist nicht nur leicht zu lesen, sondern eignet sich auch perfekt für ML, allgemeine Programmierung und Webprogrammierung. Für Python gibt es mehrere ausgezeichnete Web-Frameworks, wobei Django, Flask und FastAPI die beliebtesten sind. Django wurde für SWIM:AI ausgewählt. Dafür gibt es mehrere Gründe:

- Djangos monolithische Softwarearchitektur vereinfacht die Bereitstellung mit einer einzigen Codebasis.
- Django bietet Schutz vor Angriffen wie Cross-Site-Scripting und SQL-Injection.
- Die Arbeit mit geografischen Daten ist dank der GeoDjango-Funktionen sehr einfach.
- Mit einer großen, aktiven Community (71.000 Sterne auf GitHub) sind Support und Ressourcen vorhanden.
- Die benutzungsfreundliche Oberfläche vereinfacht die Verwaltung und Kontrolle.
- Django unterstützt mehrere relationale Datenbank-Backends, wobei das leistungsstarke PostGIS SQL-Backend für die langfristige Speicherung für SWIM:AI genutzt wird.

Anwendung von SWIM:AI zur Vorhersage der *E.coli*-Konzentration und Badegewässerqualität im Berliner Spreekanal 2023



Komponenten	Allgemeine Beschreibung	Programmiersprache	Verwendungszweck
Django	Web-Framework	Python	Graphical user interface, Backend-Services
PostGIS SQL	Datenbank-Backend	SQL	Langfristige Datenspeicherung
Orion-Kontext-Broker	C++ Implementierung der NGSiv2 REST API	C++	Datenaustausch
Keyrock	Authentifizierung und Autorisierung	Node.js / Javascript	Sicherung der Kontextbroker-Instanz
Celery	Task Queue	Python	Verwaltung periodischer Aufgaben, Vorhersagen
Redis	Quelloffener In-Memory-Datenspeicher, der als Message Broker verwendet wird	ANSI C	Broker für die Verwaltung periodischer Aufgaben
Ansible	Automatisierungssoftware	Python	Einsatz und Wartung

Tabelle 1: Software-Komponenten von SWIM:AI

Neben Django wurde SWIM:AI von Anfang an so konzipiert, dass es ausschließlich auf Open-Source-Technologien basiert (Tabelle 1), wobei Tools wie Leaflet (Mapping-Bibliothek), Celery (Task-Manager), Redis (Message Broker) und der Orion Context Broker zum Einsatz kommen. Es ist auf GitHub unter der General Public License öffentlich verfügbar und erlaubt sowohl die private als auch die kommerzielle Nutzung, solange die daraus resultierenden Produkte öffentlich bleiben.

Erfolgreich in der Praxis eingesetzt

Die möglichen Anwendungsfälle für SWIM:AI sind vielfältig. Es wurde bereits erfolgreich an mehreren Flussbadestellen in Deutschland und Frankreich getestet, wobei hydro-meteorologische Daten wie Flussdurchfluss, Niederschlag, Einleitungen aus Kläranlagen und Einleitungen aus Mischwasserüberläufen zur Vorhersage der Badegewässerqualität verwendet wurden. Derzeit wird eine angepasste Version von SWIM:AI in Berlin eingesetzt, wo Vorhersagemodelle mit Echtzeitinformationen über Einleitungen aus Mischwasserüberläufen, Fließzeitmodellen zur Abschätzung der Dauer vorhergesagter Verunreinigungen und einer schnellen *E.coli*-Analyse durch das aquaBio-System der Firma ADASA kombi-

niert werden. Diese Kombination wurde hauptsächlich im Rahmen des Projekts iBathWater entwickelt und wird in Zusammenarbeit mit dem FLUSSBAD Berlin e.V. weitergeführt, einem Verein, der sich zum Ziel gesetzt hat, den Spreekanal als Erholungsraum im Herzen Berlins zu reaktivieren.

Aber damit sind die Möglichkeiten noch lange nicht ausgeschöpft. Das für SWIM:AI entwickelte Backend kann leicht für andere Anwendungen angepasst werden, die Echtzeitüberwachung und Vorhersagealgorithmen beinhalten. Ob es um die Steuerung von Wasseraufbereitungsprozessen oder die Datenvalidierung von digitalen Zwillingen geht, die Architektur von SWIM:AI kann zur Unterstützung von Umweltentscheidungen in anderen Bereichen der Wasserwirtschaft eingesetzt werden.

Im Bereich des Managements von Badegewässern entwickelt sich SWIM:AI ständig weiter. So arbeiten wir momentan an innovativen algorithmischen Ansätzen, die autonomes und inkrementelles Modelltraining mit risikobasierten Entscheidungsansätzen kombinieren.

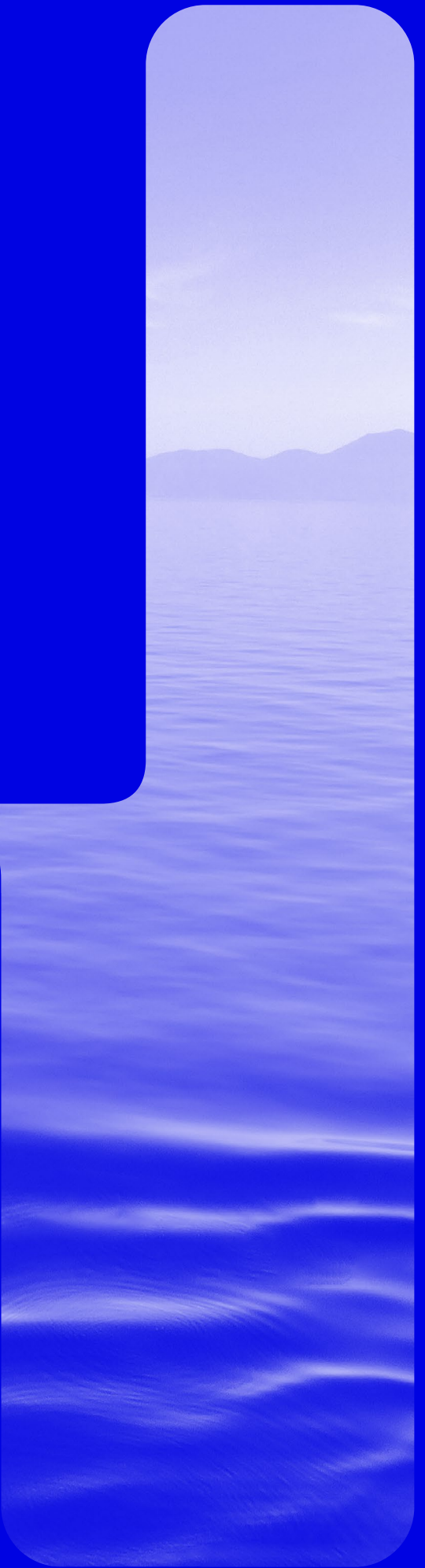
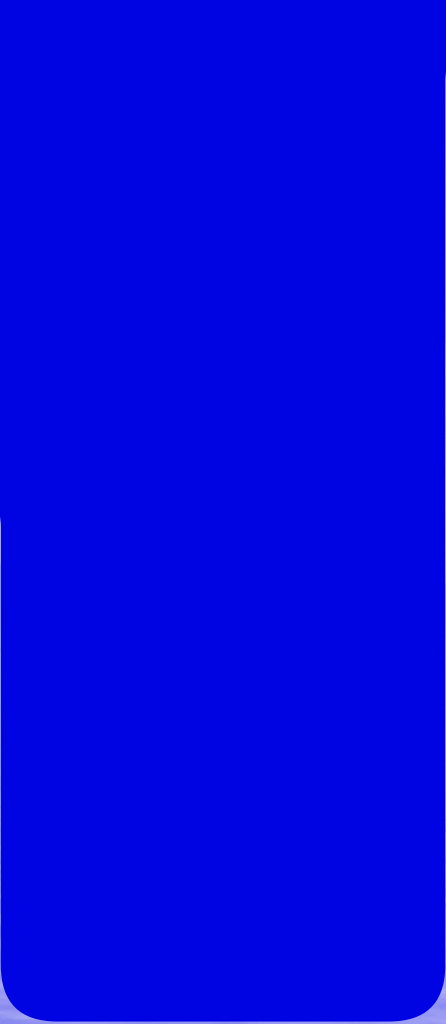
Unsere Vision ist es, mit Tools wie SWIM:AI auch zukünftig Entscheidungsprozesse im Bereich der öffentlichen Gesundheit und darüber hinaus weiter effektiv unterstützen zu können. ●

Anlegen

Nach dem Rausschwimmen legen wir wieder an. Auf den folgenden Seiten können Sie unsere Mitarbeitenden kennenlernen und einen Blick hinter die Kulissen werfen. Außerdem erhalten Sie einen Überblick über laufende Projekte und unsere Publikationen.

Wieder an Land erwartet Sie das Folgende:

- ▶ Team
- ▶ Hinter den Kulissen
- ▶ Projektübersicht
- ▶ Publikationen



Team



Dwight Baldwin

Wissenschaftl. Mitarbeiter
Grundwasser



Sandra Banusch

Stabsstelle Research &
Business Development



Viola Bender

Officemanagerin
Administration



Dr. Nicolas Caradot

Gruppenleiter
Smart City & Infrastruktur



Lea Conzelmann

Wissenschaftl. Mitarbeiterin
Energie & Ressourcen



Tobias Evel

Gruppenleiter, Kaufm. Leiter
Administration



Lukas Guericke

Wissenschaftl. Mitarbeiter
Hydroinformatik



Jonas Hunsicker

Wissenschaftl. Mitarbeiter
Aufbereitungsverfahren



Prof. Dr. Martin Jekel

Geschäftsführer



Lisa Junghans

Wissenschaftl. Mitarbeiterin
Regenwasser & Gewässer



Jeannette Jährig

Wissenschaftl. Mitarbeiterin
Aufbereitungsverfahren



Dr. Anne Kleyböcker
Wissenschaftl. Mitarbeiterin
Energie & Ressourcen



Lina Knaub
Duale Studentin
Administration



Franziska Knoche
Wissenschaftl. Mitarbeiterin
Regenwasser & Gewässer



Johannes Koslowski
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Energie & Ressourcen



Fabian Kraus
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Energie & Ressourcen



Moritz Lembke-Özer
Gruppenleiter
Kommunikation



Dr. Andreas Matzinger
Gruppenleiter
Regenwasser & Gewässer



Dr. Ulf Miehe
Abteilungsleiter Prozess-
innovation & Gruppenleiter
Aufbereitungsverfahren



Kristine Oppermann
Projektcontrollerin
Administration



Francesco Del Punta
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Smart City & Infrastruktur



Dr. Christian Remy
Gruppenleiter
Energie & Ressourcen



Elisa Rose
Wissenschaftl. Mitarbeiterin
Energie & Ressourcen



Michael Rustler
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Grundwasser



Franziska Sahr
Wissenschaftl. Mitarbeiterin
Smart City & Infrastruktur



Rabea-Luisa Schubert
Wissenschaftl. Mitarbeiterin
Aufbereitungsverfahren



Pia Schumann
Wissenschaftl. Mitarbeiterin
Energie & Ressourcen



Nikolaus de Macedo Schäfer
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Smart City & Infrastruktur



Jan Schütz
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Aufbereitungsverfahren



Paul Schütz
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Smart City & Infrastruktur



Wolfgang Seis
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Hydroinformatik



Hauke Sonnenberg
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Hydroinformatik



Dr. Christoph Sprenger
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Grundwasser



Michael Stapf
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Aufbereitungsverfahren



Dr. David Steffelbauer
Gruppenleiter
Hydroinformatik



Sonja Sterling
Grafikdesignerin
Kommunikation



Dr. Daniel Wicke
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Regenwasser & Gewässer



Malte Zamzow
Wissenschaftl. Mitarbeiter
Regenwasser & Gewässer



Dr. Veronika Zhiteneva
Wissenschaftl. Mitarbeiterin
Aufbereitungsverfahren

Trainees

Das KWB wird durch viele Nachwuchstalente unterschiedlichster Fachrichtungen unterstützt. Wir sind nicht nur stolz, diese fördern zu können (etwa durch die Betreuung zahlreicher Abschlussarbeiten), sondern auch von ihren zukunftsweisenden Ideen zu profitieren.

Elif Selin Adic

Technische Universität Berlin,
Technischer Umweltschutz

Maria del Mar Alarcia Blanco

Technische Universität Berlin,
Technischer Umweltschutz

Konrad Billian

Freie Universität Berlin,
Geologische Wissenschaften

Finja Brendecke

Praktikum, Maschinenbau

Celine Cera

Hochschule Furtwangen,
Angewandte Biologie

Annika Dankmeyer

Universität Duisburg Essen,
Management and Technology
of Water and Waste Water

Evelina Dietrich

Hochschule für Medien, Kom-
munikation und Wirtschaft,
Medien- und Wirtschaftspsy-
chologie

Thomas Exner

Technische Universität Berlin,
Technischer Umweltschutz

Sven Florian Fröhlich

Technische Universität Berlin,
Technischer Umweltschutz

Johann Adrian Gamboa Carrillo

Technische Universität Berlin,
Technischer Umweltschutz

Juliane Geißler

Technische Universität Berlin,
Technischer Umweltschutz

Felix Gerhardt

Technische Universität Berlin,
Technischer Umweltschutz

Sarah Gross

The University of Edinburgh,
Chemical Engineering

Jonas Krohm

Technische Universität Berlin,
Bauingenieurwesen

Deira Linke

Hochschule für nachhaltige
Entwicklung Eberswalde,
Global Change Management

Qiuyue Liu

Technische Universität Berlin,
Bauingenieurwesen

Melina Meng

Technische Universität Berlin,
Technischer Umweltschutz

Jette Michalski

Freie Universität Berlin,
Biodiversity, Evolution and
Ecology

Bruno Nadelstumpf

Universität Stuttgart,
Umweltschutztechnik

Miriam Schelle

RWTH Aachen,
Umweltingenieurwissen-
schaften

Benedikt Schwehn

Technische Universität Berlin,
Environmental Science and
Technology

Vivian Pauline Stöckl

Humboldt-Universität zu
Berlin, Geographie

Tasmira Bahadur Surma

Universität Duisburg Essen,
Management and Technology
of Water and Waste Water

Smilla Tettenborn

Hochschule für Technik und
Wirtschaft Berlin,
Kommunikationsdesign

Lea Alexandra Wantzen

Technische Universität Berlin,
Technischer Umweltschutz

Sophie Wulf

Technische Universität Berlin,
Technischer Umweltschutz

Hinter den Kulissen



Gerade noch im Büro, jetzt schon draußen im Einsatz (nicht umsonst sprechen wir ja immer gern von *angewandter* Forschung). Hier gibt es einen kurzen Einblick, wie unsere Arbeit jenseits des Schreibtischs aussehen kann.

Für das EU Green Deal Projekt PROMISCES haben Franziska Knoche und Daniel Wicke zusammen mit Fiona Rückbeil von den Berliner Wasserbetrieben im März automatische Probenehmer in zwei Berliner Regenwasserkanälen installiert, um die Konzentrationen von per- und polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS) und industrieller persistenter, mobiler und potenziell toxischer Verbindungen (iPMT) im städtischen Regenwasserabfluss zu überwachen.

Mit Sensoren, die Wasserstand und Durchfluss messen, wird die Probenahme bei Regenwetter initiiert. Dank der Datenlogger, die einen Webzugriff auf die Messdaten ermöglichen, wissen wir genau, wann wir die Regenwasserproben zur Analyse ins Labor bringen müssen.





Apropos „jenseits des Schreibtischs“: Im Juli waren wir alle zusammen im Spreewald wandern, begleitet von zwei freundlichen Rangern des Bundesverbands Naturwacht. Eine Fahrt auf Spreewaldkähnen durfte natürlich dabei auch nicht fehlen. So haben wir gemeinsam einen wunderbaren Sommertag genossen.





Projektübersicht

Übersicht Projekte 2023

Titel	Thema	Mittel-gebende	Laufzeit	Projektleitung	Arbeitsbereich
Abluft-2/2.1	Bewertung der Mitbehandlung in der Belebung (Optimierung der Abluftbehandlung und Belebungsstufe)	BWB	Nov. 18 - Jul. 23	Anne Kleyböcker	Prozessinnovation
AD4GD	All Data 4 Green Deal – Ein integrierter, FAIR-Ansatz für den gemeinsamen europäischen Datenraum	EU Horizon Europe	Sep. 22 - Aug. 25	Malte Zamzow	Urbane Systeme
AMAREX	Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse	BMBF	Feb. 22 - Jan. 25	Andreas Matzinger	Urbane Systeme
BluePlanet 22_23	Veranstaltungsreihe „BLUE PLANET Berlin Water Dialogues“	BMUV, SenWEB	Jan. 22 - Dez. 23	Moritz Lembke-Özer	Kommunikation
Circular Agronomics	Schließung von Nährstoffkreisläufen in der europäischen Landwirtschaft und der Nahrungsmittelindustrie	EU H2020	Sep. 18 - Feb. 23	Fabian Kraus	Prozessinnovation
DASAM	Datengestützte Verwaltung von Kanalisationsanlagen in Deutschland und Israel	BMBF	Okt. 23 - Sep. 26	Nicolas Caradot	Urbane Systeme
Data Governance	Data & Smart City Governance am Beispiel von Luftgütemanagement	Land Berlin	Nov. 22 - Sep. 25	Nicolas Caradot	Urbane Systeme
DeWaResT	Dezentrale Abwasserbehandlung und Wasserwiederverwendung für Regionen mit saisonalem Trockenstress	BMBF	Aug. 21 - Jan. 24	Jeannette Jährig	Prozessinnovation
DigiWaVe	Digitale Lösungen für eine ressourceneffiziente und sichere Wasserwiederverwendung im urbanen Raum	BMBF	Sep. 23 - Aug. 25	Jonas Hunsicker	Prozessinnovation
DWC	digital-water.city: Urbanes Wassermanagement auf dem Weg in eine digitale Zukunft	EU H2020	Jun. 19 - Jan. 23	Nicolas Caradot	Urbane Systeme, Grundwasser
FlexTreat	Flexible und zuverlässige Konzepte für eine nachhaltige Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft	BMBF	Feb. 21 - Jan. 24	Michael Stapf	Prozessinnovation
GeoSalz	Dynamik des Salzwasseraufstiegs zur Früherkennung gefährdeter Brunnen und Quantifizierung des Hydraulischen Entlastungspotenzials	BWB	Aug. 21 - Jul. 24	Christoph Sprenger	Grundwasser
HYSTA	Vorversuche zur thermo-alkalischen Hydrolyse und Bewertung für Klärwerk Stahnsdorf	BWB	Dez. 22 - Aug. 23	Fabian Kraus	Prozessinnovation

Titel	Thema	Mittelgebende	Laufzeit	Projektleitung	Arbeitsbereich
IMPETUS	Dynamisches Informationsmanagement für die Umsetzung klimaresilienter Anpassungspakete in europäischen Regionen	EU H2020	Sep. 21 - Mär. 25	Daniel Wicke	Grundwasser, Prozessinnovation
iOLE	Intelligente Online-Leckage-Erkennung	BMBF	Sep. 23 - Aug. 25	David Steffelbauer	Urbane Systeme, Hydroinformatik
LASSO	Entwicklung eines Messkonzepts zur Erfassung von Lachgasemissionen aus Belebungsbecken von Klärwerken	BWB	Nov. 21 - Jul. 23	Anne Kleyböcker	Prozessinnovation
LIWE	Abwasserbehandlung und Phosphorrückgewinnung im Großmaßstab in Lidköping (Schweden)	EU LIFE	Jul. 18 - Jun. 23	Fabian Kraus	Prozessinnovation
PROMISCES	Auf dem Weg zu einer schadstofffreien Kreislaufwirtschaft	EU H2020	Okt. 21 - Mär. 25	Veronika Zhiteneva	Prozessinnovation
R-Rhenania	Modifiziertes Rhenania Phosphat aus Klärschlammasche für Bayern	BMBF	Jul. 20 - Jun. 26	Fabian Kraus	Prozessinnovation
SafeCREW	Klimaresilientes Management für sichere desinfizierte und nicht desinfizierte Wasserversorgungssysteme	EU Horizon Europe	Nov. 22 - Apr. 26	Christoph Sprenger	Prozessinnovation
SCOPE3M	Erfassung und Bilanzierung von unternehmensweiten Emissionen an Treibhausgasen (THG) in vor- und nachgelagerten Prozessen	BWB	Okt. 22 - Dez. 23	Christian Remy	Prozessinnovation
Sema-Berlin 3	Untersuchung der Verlängerung der technischen Nutzungsdauer von Schlauchlinern und Weiterentwicklung des SEMAplus Haltungssimulators zum Risiko der Schadhaftigkeit von Haltungen um das Schadensausmaß	BWB	Dez. 22 - Nov. 24	David Steffelbauer	Urbane Systeme
Smart Water	Agile Planung von Regenwasserbewirtschaftung mit Fokus auf städtisches Grün und Blau	Land Berlin	Nov. 22 - Sep. 26	Lisa Junghans	Urbane Systeme
ULTIMATE	Symbiose von Industrie und Wasser für eine intelligentere Wassergesellschaft	EU H2020	Jun. 20 - Mai 24	Anne Kleyböcker	Prozessinnovation
WaterMan	Förderung der Wasserwiederverwendung im Ostseeraum durch den Aufbau von Kapazitäten auf lokaler Ebene	EU INTER-REG	Jan. 23 - Dez. 25	Elisa Rose, Pia Schumann	Prozessinnovation

Legende:

BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BWB	Sponsoring der Berliner Wasserbetriebe
EU H2020	EU Horizon 2020
SenWEB	Berliner Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe

Publikationen

Projektberichte:

Adeyeye, K., et al. (2023). NextGen D4.3 Challenges and opportunities across policy and regulatory frameworks: 107.

Amorsi, N., Anzaldúa, G., Baniás, G., Bréki-ne, A., Caradot, N., Englund, A., Hallgren, F., Karakostas, A., Le Gall, F., Moutzidou, A., Siauve, S., & Vamvakieridou-Lyroudia, L.S. (2022). D7.5: Synergies inside the portfolio of SC05-11-2018 projects (v0.1.0). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3985112>.

Bouleau, G., Stein, U., Bueb, B., Rouillé-Kiélo, G., Favero, F., Gensch, S., Fatone, F., Mancini, A., Marinelli, E., Radini, S., Housni, S., Rath, L., Sperlich, A., Sprenger, C., Tabuchi, J.-P. (2023). D3.5: Perception, acceptance and use of digital solutions. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7998550>.

Caradot, N. (2023). digital-water.city: project summary. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8298353>.

Caradot, N. (2023). D5.4: Mapping of drivers and barriers for the implementation of cyberphysical water systems. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7998596>.

Conzelmann, L., et al. (2023). Circular Agronomics D6.9 Exploitation Brochure, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH.

Francesco, F., Housni, S., Seis, W., Angelescu, D., ..., Caradot, N. (2021). D1.1: Practical manual on innovative sensor integration, validation and operation and maintenance in existing water infrastructure (v1.0.0). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6496855>. (Nachtrag – bisher noch nicht in KWB-Jahresberichten gelistet).

Hörnschemeyer, B., et al. (2022). Schlussbericht R2Q – RessourcenPlan im Quartier. Teil I: Kurzbericht: 58.

Hörnschemeyer, B., et al. (2022). Schlussbericht R2Q – RessourcenPlan im Quartier. Teil II: Eingehende Darstellung: 58.

Kleyböcker, A., et al. (2023). NextGen D1.5 New approaches and best practices for closing the materials cycle in the water sector.

Kleyböcker, A., et al. (2023). NextGen D1.7 Technology Evidence Base final version: 31.

Kraus, F., et al. (2023). Circular Agronomics D3.4 Design and performance of vacuum degasification for agricultural residues and food-waste treatment for nitrogen depletion /recovery, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH.

Muskolus, A., et al. (2023). Circular Agronomics D6.12. Compilation of EIP-Agri practice abstracts developed No 3.

Naves Arnaldos, A., et al. (2023). ULTIMATE D1.9 Start-up and intermediate results of plant operation from all case studies: 163.

Rose, E., et al. (2022). Circular Agronomics D6.7 Policy Note, RISE Foundation.

Rustler, M., Caradot, N. (2022). D7.2: DWC – Data Management Plan (M42 update). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7998699>.

Stapf, M., et al. (2023). PROMISCES D4.4: Guidance document for upgrade and optimization of advanced wastewater treatment. Zenodo: 21.

Steffelbauer, D.B., Caradot, N. (2023). D2.4: Technical documentation of the digital solutions and key requirements for successful deployment. Zenodo: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7998532>.

Steffelbauer, D.B., et al. (2022). D2.2: Performance and return on investment of urban water systems. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7916068>.

Steffelbauer, D.B., Caradot, N. (2023). D2.4: Technical documentation of the digital solutions and key requirements for successful deployment. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7998532>

Wendler, B., et al. (2022). SULEMAN – Aufbereitung von Grundwässern mit erhöhtem Sulfatgehalt: Innovative Optionen und Grenzen eines ressourcen- und insbesondere energieeffizienten Trinkwassermanagements: gemeinsamer Abschlussbericht der Verbundprojektpartner (Förderkennzeichen BMWK 03ET1574 A bis F). Hamburg, DVGW-Forschungsstelle TUHH: 157.

Zhou, K., et al. (2022). Entwicklung digitaler Lösungen zur Optimierung der Steuerungstechnik und des Wartungsmanagements für dezentrale Membranbelebungsreaktoren (MBR 4.0). Berlin, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH.

Konferenzbeiträge:

Guericke, L., et al. (2023). Evaluation of the deviation from the annual natural water balance of urban areas – Proposition of a model approach. Novatech 2023, Lyon, France.

Miehe, U., et al. (2023). Evaluation of post-treatment options after ozonation of secondary effluent. 13th IWA International Conference on Water Reclamation and Reuse, Chennai, India.

Miehe, U., et al. (2023). Water reuse in agriculture: Exploiting synergies with the German national micropollutant strategy. Water Reuse Europe. Agricultural water reuse in Europe: status, challenges and opportunities for further growth. Webinar.

Remy, C. (2023). Der Weg zur wirklich klimaneutralen Wasserwirtschaft. 3. Wasserdialog, Leipzig, Veolia Deutschland.

Remy, C. (2023). Treibhausgasbilanz der weitergehenden Abwasserreinigung: neue Ziele schlecht fürs Klima? DWA Nord-Ost: Landesverbandstagung 2023, Berlin, Deutschland.

Schütz, J., et al. (2023). Decentralised wastewater treatment and water reuse for regions with seasonal drought stress. 10th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control (Wetpol), 2023, Bruges, Belgium.

Schütz, J., et al. (2023). Dezentrale Abwasserbehandlung und Wasserwiederverwendung für Regionen mit saisonalem Trockenstress. 15. Aachener Tagung Wassertechnologie (ATW) 2023, Aachen, Deutschland.

Schütz, P., et al. (2022). Bewertung der Wirksamkeit einer realistischen wassersensiblen Planung in einem Stadumbaugebiet in Berlin. Aqua Urbanica 2022, Glattfelden, Schweiz.

Schütz, P., et al. (2023). The use of a low-cost monitoring dataset for sewer model autocorrelation. EGU General Assembly, Vienna, Austria.

Schütz, P., et al. (2023). The use of a low-cost monitoring dataset for sewer model calibration. 6th IWA International Conference on eco-Technologies for Wastewater Treatment. Girona, Spain.

Stapf, M., et al. (2023). Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft. Synergien mit nationaler Spurenstoffstrategie nutzen. Spurenstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf (SUK2023), Frankfurt am Main, Deutschland.

Zamzow, M., et al. (2022). Ein immissionsbasiertes Bewertungstool zur Berechnung des Potentials und zur konkreten Planung des Anschlusses urbaner Flächen an die Trennkanalisation. Aqua Urbanica 2022, Glattfelden, Schweiz.

Zhiteneva, V. (2023). Der teilgeschlossene Wasserkreislauf Berlins. ÖWAV/TU Wien: Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser, Wien, Österreich.

Zhiteneva, V., et al. (2023). Improving Implementation of Managed Aquifer Recharge (MAR) Systems by Utilizing Updated Pathogen Removal Knowledge. 13th IWA International Conference on Water Reclamation and Reuse, Chennai, India.

Artikel in Fachzeitschriften:

Caradot, N., Stefflbauer, D.B., Seis, W., Gunkel, M., Gnirss, R., (2023). digital-water. city: Nutzung des Potenzials von Daten und intelligenten digitalen Technologien in fünf europäischen Städten. Energie | wasser-praxis 6+7/2023.

Caradot, N., (2023). Digital Water City: digitale Lösungen zur Sicherstellung der urbanen Wasserversorgung in Europa. gwf Wasser|Abwasser 2/2023.

Conzelmann, L., et al. (2023). Vergleich von Verfahren zur Sulfatentfernung bei der Trinkwasseraufbereitung anhand einer Berliner Fallstudie. GWF Wasser/Abwasser 164 (07-08): 79-89.

Fatone, F., Szeląg, B., Kowal, P., McGarity, A., Kiczko, A., Watek, G., ... & Caradot, N. (2023). An advanced tool integrating failure and sensitivity analysis into novel modelling of the stormwater flood volume. Hydrology and Earth System Sciences, 27(18), 3329-3349.

Kerimov, B., Bentivoglio, R., Diaz, J. A. G., Isufi, E., Tscheikner-Gratl, F., Stefflbauer, D.B., Taormina, R. (2023). Assessing the Performance and Transferability of Graph Neural Network Metamodels for Water Distribution Systems. Journal of Hydroinformatics (in press).

Kleyböcker, A., et al. (2023). EU project advances industrial symbiosis. The Source International Water Association. Edition July 2023: 52.

de Macedo Schäfer, N., et al. (2023). Data Governance im Spannungsfeld datengetriebener Verwaltung. Herausforderungen von Kommunen bei der Etablierung einer Smart City Administration. HIIG Discussion Paper Series 2023 - 4: 32.

Mazzoni, F., Alvisi, S., Blokker, E.J.M., Buchberger, S.G., Castelletti, A., Cominola, A., Gross, M.P., Jacobs, H.E., Mayer, P., Stefflbauer, D.B., Stewart, R.A. (2022). Investigating the characteristics of residential end uses of water: A worldwide review. Water Research: 119500.

Mohan Doss, P., Rokstad, M. M., Stefflbauer, D.B., Tscheikner-Gratl, F. (2023). Uncertainties in different leak localization methods for water distribution networks: a review. Urban Water Journal: 1-15.

Stein, Bueb, Englund, Elelman, Amorsi, Lombardo, Corchero, Brékine, Lopez Aquillar, Ferri, Abella Garcia, Fernández Montenegro, Chen, Moumtzidou, Vries, Caradot, Ugarelli, Vennesland, Sgroi, ... Vacher. (2022). Digitalisation in the Water Sector: Recommendations for Policy Developments at EU Level. European Commission. <https://doi.org/10.2848/915867>.

Töws, R., et al. (2023). Behandlung von Regenwasser im Siedlungsraum - Rückhalt organischer Spurenstoffe. Aqua & Gas 01 / 2023: 54-59.

Winker, M., et al. (2023). Infokarten: Planungshilfe für eine klimaangepasste Stadtentwicklung. Korrespondenz Wasserwirtschaft 16(2/23): 91-98.

Zhiteneva, V., et al. (2023). A new workflow for assigning removal credits to assess overall performance of managed aquifer recharge (MAR). Water Research 235: 119836.

Buchkapitel:

Junghans, L., Matzinger, A (2023). Grüne Lungen für eine gesunde Zukunft: Wie blaugüne Infrastruktur die Gesundheitsvorsorge verbessert. S. 124-128 in Baas, J.: Resilienz. Für ein krisenfestes Gesundheitssystem. MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

Abschlussarbeiten:

Baron, K. (2022). Prozessüberwachung von Membranbioreaktoren durch Einsatz moderner Messtechnik – Praktische Anwendung einer Ammonium-basierten Sauerstoffregulierung zur Betriebsoptimierung im Pilotmaßstab. Bachelor Thesis. Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik. Berlin, Technische Universität Berlin.

Cera, C. (2023). Optimierung der Denitrifikationsleistung der Pilotanlage DeWaResT durch das Verfahren der vorgeschalteten Denitrifikation. Bachelor Thesis. Angewandte Biologie. Hochschule Furtwangen: 76.

Exner, T. (2023). Comparative life-cycle assessment of biological and membrane-based technologies for wastewater treatment in a brewery. Master Thesis. Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik. Berlin, Technische Universität Berlin: 143.

Wantzen, L. (2023). Steigerung der Leistungsfähigkeit von Bepflanzten Bodenfiltern für die Abwasserbehandlung durch Prozess- und Verfahrensoptimierung (Simulationsstudie). Master Thesis. Life Sciences, HAW Hamburg: 87.

Datasets:

Caradot, N., Matzinger, A., Sonnenberg, H. (2023). Time series of flow measurement and water quality monitoring at a large combined sewer overflow in Berlin [Data set]. MIA-CSO project; KWB Berlin. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8305312>.

Zamzow, M., et al. (2022). r2q: Connectable Separate Sewer System to Small Surface Waters - An Immission Based Assessment. R package version 0.1.0.

Weitere:

Sahr, F., et al. (2023). Resilienz in der Smart City - Wie Kommunen besser mit Krisen umgehen und proaktiv eine nachhaltige Zukunft gestalten können. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bonn.

Literaturnachweise

S. 16-21: Was hat Wasser in der Stadt mit unserer Gesundheit zu tun?

Anterola, J., Brüning, H., Frick-Trzebitzky, F., Gunkel, M., Libbe, J., Liehr, S., Matzinger, A., Nenz, D., Reichmann, B., Rouault, P., Schramm, E., Stieß, I., Trapp, J. H. & Winker, M. (2020). Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen als Beitrag zur kommunalen Klimaanpassung - Ergebnisse des Verbundprojektes netWORKS4.

Klimeczek, H.-J. (2019). Basisbericht Umweltgerechtigkeit: Grundlagen für die sozialräumliche Umweltpolitik. Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz.

S. 27-29: ULTIMATE

Kleyböcker, A., Bruni, C., Fantone, F., Naves Arnaldos, A., van den Broeke, J., Guleria, T., Touloupi, M., Iossifidis, D., Gimenez Lorang, A., Sabbah, I., Farah, F., Pidou, M., Reguer, A., Vrednibregt, L., Thisgaard, P., Miehe, U. (2022a). Operational demo cases. D1.2 ULTIMATE: 161 p.

Kleyböcker, A., Naves Arnaldos, A., Bruni, C., Fantone, F. (2022b). Technology evidence base concept and integration. D1.6 ULTIMATE: 24 p.

Kleyböcker, A., Jähig, J., Thisgaard, P., Sabbah, I., Touloupi, M., (2023). Redesigning wastewater infrastructure for sustainability. Submitted to The Source.

Naves Arnaldos, A., van den Broeke, J., Guleria, T., Bruni, C., Fantone, F., Touloupi, M., Iossifidis, D., Gimenez Lorang, A., Sabbah, I., Farah, K., Baransi-Karkaby, K., Pidou, M., Reguer, A., Kleyböcker, A., Jähig, J., Vrednibregt, L., Thisgaard, P. (2023). Start-up and intermediate results of plant operation from all case studies. D1.9 ULTIMATE: 163 p.

S. 38-39: SafeCREW

DeMarini, D. (2020). A Review on the 40th Anniversary of the First Regulation of Drinking Water Disinfection By-products. Environmental and Molecular Mutagenesis: 61.

S. 40-41: SEMA Berlin 3

Berger, C., Falk, C., Hetzel, F., Pinnekamp, J., Ruppelt, J., Schleiffer, P., Schmitt, J. (2020). Zustand der Kanalisation in Deutschland - Ergebnisse der DWA Umfrage 2020. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 67(12): 939-953.

Bueno, S. (2021). Celebrating CIPP at 50. Trenchless Technology. <https://trenchlesstechnology.com/celebrating-cipp-at-50/>.

Folkman, S. (2014). Validation of the long life of PVC pipes. Proceedings of the 17th International Conference on Plastics Pipes. Chicago, USA.

Meerman, M. (2008). Lifetime Expectancy of PVC-U pipelines for sewer systems. International Conference Plastics Pipes XIV.

Whittle, A., Tennakoon, J. (2005). Predicting the residual life of PVC sewer pipes. Plastics, Rubber and Composites 34(7): 311-317.

S. 48-52: Klimaneutralität in der Wasserwirtschaft: realistisch oder utopisch?

Financial Reporting Advisory Group: Brussels, Belgium.

IPCC, Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2023. Geneva, Switzerland: IPCC. 104.

Remy, C., Habibi, M., Greulich, S. (2022). Wissenschaftlicher Abschlussbericht zum Projekt „Grünes Gas – Biomethan und Wasserstoff für Sektorkopplung und Klimaschutz“. Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH: Berlin, Deutschland. p.67.

WRI/WBCSD, The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard - Revised edition. 2004. World Business Council for Sustainable Development. World Resources Institute: Geneva, Switzerland. p. 116.

WRI/WBCSD, Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (version 1.0). Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard. 2013, World Resources Institute & World Business Council on Sustainable Development: www.ghgprotocol.org.

S. 54-58: Vorsicht ist besser als Nachsicht – Lehren aus der Gasknappheit zur Sicherung der Wasserversorgung Deutschlands

Ashoori, N., Dzombak, D.A., Small, M.J. (2016). Modeling the effects of conservation, demographics, price, and climate on urban water demand in Los Angeles, California. Water Resour Manag 30:5247–5262. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1483-7>.

Balmaceda, M. (2013). The politics of energy dependency: Ukraine, Belarus, and Lithuania between domestic oligarchs and Russian pressure. University of Toronto Press.

Balmaceda, M. (2021). Russian Energy Chains: The Remaking of Technopolitics from Siberia to Ukraine to the European Union. Columbia University Press.

BMI (2016). Konzeption Zivile Verteidigung. German Federal Ministry of the Interior.

Bross, L., Krause, S., Wannewitz, M., Stock, E., Sandholz, S., Wienand, I. (2019). Insecure Security: Emergency Water Supply and Minimum Standards in Countries with a High Supply Reliability. Water, 11, 732. [doi:10.3390/w11040732](https://doi.org/10.3390/w11040732).

Bross, L., Wienand, I., Krause, S. (2020). Batten Down the Hatches – Assessing the Status of Emergency Preparedness Planning in the German Water Supply Sector with Statistical and Expert-Based Weighting. Sustainability 12, 7177. DOI: 10.3390/su12177177.

Bruneau, M., Chang, S.E., Eguchi, R.T., Lee, G.C., O'Rourke, T.D., Reinhorn, A.M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W.A.; Winterfeldt, D. (2003). A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. Earthquake Spectra. 19(4). 733-752. DOI: 10.1193/1.1623497.

Cimellaro, G.P., Reinhorn, A.M., Bruneau, M. (2007). MCEER's vision on the seismic resilience of health care facilities. ANIDIS 2007, 8.

Fekete, A., Bross, L., Krause, S., Neisser, F. & Tzavella, K. (2021). Bridging Gaps in Minimum Humanitarian Standards and Shelter Planning by Critical Infrastructure. Sustainability, 13, 849. DOI: 10.3390/su13020849.

Gustafson, T. (2020). The Bridge: Natural Gas in a Redivided Europe. Harvard University Press.

La Jeunesse, I., Cirelli, C., Aubin, D. et al. (2016). Is climate change a threat for water uses in the mediterranean region? Results from a survey at local scale. Sci Total Environ 543 (Part B): 981–996. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.062>.

McDaniels, T., Chang, S., Cole, D., Mikawoz, J., Longstaff, H. (2008). Fostering resilience to extreme events within infrastructure systems: Characterizing decision contexts for mitigation and adaptation. Global Environmental Change. 18(2). 310-318. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2008.03.001.

Manousei, D., Kayaga, S.M., Kalawsky, R. (2019). Evaluating the effectiveness of residential water efficiency initiatives in England: influencing factors and policy implications. Water Resour Manag 33:2219–2238. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2176-1>.

Padrón, R.S., Gudmundsson, L., Decharme, B. et al. (2020). Observed changes in dry-season water availability attributed to human-induced climate change. Nat. Geosci. 13, 477–481. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0594-1>.

Reinhardt, M. (2020). Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung im Notfall, Zeitschrift für Rechtspolitik (ZRP). 53. Jahrgang, S. 119-123.

Simon, S., Schoepfer, R., Schumacher, D., Meyer, C. (2019). Auswirkungen der Sommertrockenheit 2018 auf die öffentliche Wasserversorgung. Energie Wasser Praxis 03/2019.

Sphere Association (2018). The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response. Fourth Edition. Geneva, Switzerland. ISBN: 978-1-908176-707.

Spisak, B.R., State, B., van de Leemput, I., Scheffer, M., Liu, Y. (2022). Large-scale decrease in the social salience of climate change during the COVID-19 pandemic. PLoS ONE 17(1): e0256082. DOI: 10.1371/journal.pone.0256082.

Toth, E., Bragalli, C., Neri, M. (2018). Assessing the significance of tourism and climate on residential water demand: panel-data analysis and non-linear modelling of monthly water consumptions. Environ Model Softw 103:52–61. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.01.011>.

UNHCR (1992). Water Manual for Refugee Situations. UN High Commissioner for Refugees. Geneva, Switzerland.

World Health Organization (2002). Environmental Health in Emergencies and Disasters: A Practical Guide; World Health Organization: Geneva, Switzerland.

Xenochristou, M., Hutton, C., Hofman, J., Kapelan, Z. (2020). Water demand forecasting accuracy and influencing factors at different spatial scales using a gradient boosting machine. Water Resour Res 56:e2019WR026304. <https://doi.org/10.1029/2019WR026304>.

Zobel, C.W. (2010). Comparative Visualization of Predicted Disaster Resilience. Proceedings of the 7th International ISCRAM Conference.

S. 60-63 SWIM:AI – Maschinelles Lernen und Schwimmen für alle!

Mälzer, H.-J., et al. (2016). Comparison of different model approaches for a hygiene early warning system at the lower Ruhr River, Germany. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 219 (7, Part B): p.671-680.

Meinshausen, N. (2006). Quantile Regression Forests. J. Mach. Learn. Res. 7: p.983–999.

Seis, W., et al. (2018). On the implementation of reliable early warning systems at European bathing waters using multivariate Bayesian regression modelling. Water Research. 143: p. 301-312.

<https://scikit-learn.org/stable/>

<https://www.fware.org/about-us/>

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6749>

<https://www.djangoproject.com/>

<http://postgis.net/>

<https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>

Bildnachweise

- S. 2: Christoph Donner, © Jack Hoyer / Berliner Wasserbetriebe
Nicolas Zimmer, © S. Wieland
S. 6: © KWB
S. 9: © Ivan Bandura via Unsplash
S. 11: © Hans Isaacson via Unsplash
S. 12: © Wassim Chouak via Unsplash
S. 14: Agnès Martinez © Angnes Martinez,
Perrine Ziegler © Perrine Ziegler,
Dominique Zürcher © Dominique Zürcher
S. 15: © Christophe Chammartin
S. 16: © Francesco Ungaro via Pexels
S. 18-19: © KWB/ Sonja Sterling
S. 22: © Sven Bock für den *Wasserspiegel*
S. 25: © Sven Bock für den *Wasserspiegel*
S. 26: © Ivan Bandura via Unsplash
S. 28: © ULTIMATE / Kristine Jung
S. 28-32: © KWB/ Sonja Sterling
S. 33: © KWB / Jonas Hunsicker
S. 35: © KWB / Sonja Sterling
S. 36-37: Iryna Dazhura für KWB
S. 39-42: © KWB / Sonja Sterling
S. 45: © KWB / Sonja Sterling
S. 47: © Andy Feliciotti via Unsplash
S. 49-50: © KWB / Sonja Sterling
S. 53: © Jason Leung via Unsplash
S. 54: © KWB / Sonja Sterling
S. 56: © KWB / Sonja Sterling
S. 59: © KWB / Jonas Hunsicker
S. 61-62: © KWB / Sonja Sterling
S. 65: © Eberhard Grossgasteiger via Unsplash
S. 66-68: © KWB / Iryna Dazhura, Sonja Sterling
S. 70-71: © KWB
S. 72-73: © Iryna Dazhura für KWB

Impressum

Herausgeber
Kompetenzzentrum Wasser
Berlin gGmbH
Cicerostraße 24
10709 Berlin

Geschäftsführer
Prof. Dr. Martin Jekel

Redaktion
Moritz Lembke-Özer
Dr. Veronika Zhiteneva
Ulrich Banse

Redaktionsschluss
06.10.2023

Übersetzung
Moritz Lembke-Özer

Umsetzung
Sonja Sterling
Smilla Tettenborn

Druck
Burger Druck GmbH

Teilweise wurde beim
Editieren Jasper AI und
beim Übersetzen DeepL
verwendet.

 www.kompetenz-wasser.de

 [Kompetenzzentrum Wasser Berlin](#)

 [@kompetenzwasser](#)

KWVB

Kompetenzzentrum Wasser Berlin
gemeinnützige GmbH