

# Anpassung an neue Herausforderungen – nachhaltige Wasserinfrastruktursysteme für Bestandsgebiete

## Ergebnisse des Forschungsvorhabens TWIST++

Thomas Hillenbrand (Karlsruhe), Jörg Londong (Weimar), Heidrun Steinmetz (Kaiserslautern), Christian Wilhelm (Hennef), Christian Sorge (Mülheim an der Ruhr), Heinrich Söbke, Ilka Nyga (Weimar), Ralf Minke (Stuttgart) und Eve Menger-Krug (Karlsruhe)

### Zusammenfassung

Im Projekt TWIST wurden technische und nicht-technische Innovationen zur Umsetzung nachhaltiger und zukunftsfähiger Wasserinfrastruktur-Lösungen erarbeitet. Auf dieser Basis wurden mögliche Transitionswege aufgezeigt, die die Umsetzung nachhaltiger Konzepte zur energetischen und stofflichen (Wieder-) Nutzung von (Ab-)Wasser im Bestand ermöglichen. Die Ergebnisse aus den Modellgebieten zeigen, dass die Transition bestehender Wasserinfrastrukturen auf Gebäude- wie auch Quartiers-ebene technisch und organisatorisch möglich und zur Verbesserung der Zukunftsfähigkeit bestehender Systeme sinnvoll und erforderlich ist. Für die Überwindung der Hemmnisse und eine breitere Anwendung der gewonnenen Ergebnisse ist die Umsetzung im Rahmen von Demonstrationsprojekten ein entscheidender künftiger Schritt.

**Schlagwörter:** Abwasserreinigung, kommunal, Entwässerungssysteme, Abwasserinfrastruktur, Transformation, neue Technologien, Energie, Wärmerückgewinnung, Wiederverwendung, stofflich, Forschung, Innovation

DOI: 10.3242/kae2016.11.005

### Abstract

#### Adjustment to New Challenges – Sustained Water Infrastructure Systems for Developed Areas Results of the TWIST++ Research Project

Within the TWIST project, technical and non-technical innovations have been elaborated for the implementation of water infrastructure solutions, which are sustained and fit for the future. On this basis, possible transition methods were indicated, which enable the implementation of sustainable concepts for the energetic and material (re)use of (waste)water in the development. The results from the model areas show that the transition of existing water infrastructures at building and also quarter level is technically and organisationally possible and is sensible and necessary for the improvement of the existing systems fit for the future. The implementation within the scope of demonstration projects is a decisive future step for the overcoming of constraints and a wider application of the results obtained.

**Key words:** wastewater treatment, municipal, drainage systems, wastewater infrastructure, transformation, new technologies, energy, heat recovery, reutilisation, material, research, innovation

### Hintergrund

Unsere Wasserinfrastruktursysteme müssen zukünftig neue Herausforderungen und weitergehende Anforderungen erfüllen. Vor diesem Hintergrund müssen die Systeme weiterentwickelt und ihre Flexibilität hinsichtlich weiterer Veränderungen maßgeblicher Randbedingungen muss erhöht werden. Gleichzeitig soll ein nachhaltiger Umgang mit Wasser, Energie und Ressourcen erreicht werden.

### Das Projekt TWIST++

Der Projektverbund TWIST++ entwickelte ressourceneffizientere Infrastrukturkonzepte, zur Umsetzung notwendige technische Teilkomponenten, Software-Tools zur Planung, Vermittlung (Serious Game) und Entscheidungsunterstützung sowie ein umfassendes Bewertungssystem für innovative und integrierte Wasserinfrastrukturkonzepte. Dem Verbundprojekt unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovations-

forschung (ISI) in Karlsruhe gehörten neben vier weiteren Forschungsinstituten (Bauhaus Universität Weimar, Universität Stuttgart, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung IWW, Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung ILS) drei Partner aus Kommunen, Wasser- und Abwasserwirtschaft (Stadtbetriebe Abwasserbeseitigung Lünen AöR, der Abwasserzweckverband Nordkreis Weimar und der Wupperverband Kör), sechs Unternehmen aus unterschiedlichen Bereichen (3S Consult GmbH, tandler.com Gesellschaft für Umweltinformatik mbH, takomat GmbH, Currenta GmbH & Co. OHG, HST Systemtechnik GmbH & Co. KG, RAG Montan Immobilien GmbH), die DWA sowie das hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV) als assoziierter Projektpartner an.

Zur praktischen Umsetzung der Ergebnisse wurden für drei Modellgebiete (urban, ländlich, Konversionsfläche) konkrete Planungsvarianten erarbeitet. Die für die Umsetzung relevanten Treiber und Hemmnisse einschließlich der maßgeblichen institutionellen Rahmenbedingungen wurden analysiert. Vor dem Hintergrund der Ausgangssituation in Deutschland mit Anschlussgraden an die bestehende, konventionelle Trink- und Abwasserinfrastruktur von 99 % bzw. 97 % war es ein wesentliches Kennzeichen des Projekts, zukunftsfähige Konzepte zu entwickeln, die auch im Bestand umgesetzt werden können. Sogenannte Transitionswege ermöglichen es, schrittweise Bestandssysteme in ressourcenoptimierende und flexible Systeme zu überführen.

### Technische Weiterentwicklungen

Die Arbeiten zur (Weiter-)Entwicklung von Technikkomponenten und technischen Konzepten umfassen Anpassungen bei nachrüstbaren Unterdruckentwässerungssystemen auf Haushalts- oder Einzugsgebietsgröße, die Untersuchung der Fit-for-purpose-Aufbereitung verschiedener (Roh-) Wässer mittels Membrantechnik, die Grauwasserbehandlung mit Wärmerückgewinnung auf Haushaltsebene, die anaerobe Schwarzwasserbehandlung, Nährstoffrückgewinnung aus Schwarzwasser und Urin, Strategien zur Behandlung von Gewerbe- und Industrieabwässern sowie Lösungen für alternative Löschwasserbereitstellung und die hydraulische Anpassung der Trinkwassernetze bei deutlich geringerem Trinkwasserbedarf. Die Untersuchungsergebnisse und die erzielten technischen und ökonomischen Verbesserungen (vgl. „Techniksteckbriefe“ unter [www.twistplusplus.de](http://www.twistplusplus.de)), bilden eine wichtige Grundlage für die Planung neuer Konzepte beispielsweise für die Modellgebiete.

Um im Transitionsprozess flexibel auf unterschiedliche Gegebenheiten der bestehenden Infrastrukturen reagieren zu können, wurden verschiedene Ansätze zur energetischen und stofflichen Nutzung der Schwarzwasserinhaltsstoffe im labor- und halbtechnischen Maßstab untersucht. Eine sukzessive Steigerung des Anteils von im Faulturm mitbehandeltem Schwarzwasser führt bei stabilem Betrieb und Methananteil sowie gleichbleibender CSB-Elimination zu einer erhöhten spezifischen Methanausbeute ( $L\ CH_4/kg\ CSB_{zu}$ ) und stellt so einen geeigneten Transitionsweg für den städtischen Raum dar. Die anaerobe Behandlung von Schmutzwasser und Schwarzwasser im Upflow anaerobic sludge blanket (UASB)-Reaktor hat deutlich geringere spezifische Methanausbeuten ergeben und ist aufgrund der anschließend noch erforderlichen CSB-Elimination im Hauptstrom nur unter besonderen Randbedingungen für

Transitionswege geeignet. Die Vergärung von Schwarzwasser mit organisch hochbelasteten Reststoffen wie Fettabscheiderinhalten oder Ernterückständen im Faulturm, verfahrenstechnisch: Completely Stirred Tank Reactor (CSTR), ist eine geeignete Variante für den ländlichen Raum, wenn die Nährstoffe anschließend genutzt oder rückgewonnen werden [1]. Aus dem nährstoffreichen Faulschlamm kann mittels MAP-Fällung ein Dünger erzeugt und durch Ansäuern des Schlammes vor Fest/flüssig-Trennung über 90 % des Phosphors zurückgewonnen werden. Die Beimischung von Urin ist für die Anhebung des pH-Wertes zur MAP-Fällung geeignet, ersetzt das ansonsten nötige NaOH und ermöglicht eine P-Rückgewinnungsquote von über 87 %.

Der nach der MAP-Fällung noch verbleibende Stickstoff konnte im Laborversuch mittels Klinoptilolith adsorbiert, in  $Na_2SO_4$ -Lösung desorbiert und zu ca. 84 % rückgewonnen werden [2]. Sollte sich dies in Up-Scaling-Versuchen bestätigen, kann auch Stickstoff in erheblichem Umfang aus anaerob behandeltem Schwarzwasser zurückgewonnen werden. Im Rahmen des Projekts konnten somit unterschiedliche Wege aufgezeigt werden, Schwarzwasser energetisch und stofflich zu verwerten.

### Innovative Systemlösungen für drei Modellgebiete

Für die Modellgebiete Lünen in Nordrhein-Westfalen (städtischer Raum mit Gewerbe und Industrie, 87 000 Einwohner, Bevölkerungsrückgang) und Wohlsborn-Rohrbach in Thüringen



**STEINE VON  
STEINBACH**   
www.steinindustrie.de

**CALBONEX® P ZUR  
PHOSPHORELIMINATION  
FÜR RETENTIONSODENFILTER**

**FERTIG GEMISCHT ZUM SOFORTIGEN EINBAU.**

Phosphorelimination mit einer Rückhalteleistung von bis zu **90 %** und bis zu **50 Betriebsjahren**. Fertig dosiert und im Spezialmischer gut durchgemischt als Schüttgut oder abgefüllt in Big Bags **sofort einbaufähig**.



**Adolf Steinbach**  
Steinindustrie-Schotterwerke GmbH & Co. KG  
Strahlunger Straße 18, 97616 Salz  
Telefon: +49 (0) 9771 68877-200  
E-Mail: [steinbach@steinindustrie.de](mailto:steinbach@steinindustrie.de)  
[www.steinindustrie.de/filtersubstrate](http://www.steinindustrie.de/filtersubstrate)

SSW090\_20151012



Abb. 1: Energieallee: Mehrfachnutzung der urbanen Fläche zur Wasseraufbereitung, Wasserspeicherung und Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen (Quelle: Fraunhofer ISI)

(zwei Dörfer im ländlichen Raum mit überwiegend sanierungsbedürftigen Teilortskanälen mit 500 bzw. 200 Einwohnern) wurden auf Basis der neu entwickelten bzw. bereits zur Verfügung stehenden Technikkomponenten Infrastruktur-Konzepte entwickelt. Für das dritte Modellgebiet, die ehemalige Zeche Lippe-Westerholt, wurden die besonderen Randbedingungen von Konversionsflächen (belastete Böden, teilweise neu zu errichtenden Infrastrukturen, möglichst starker Rückhalt von Regenwasser) berücksichtigt.

### Urbaner Raum

Das im Rahmen von TWIST++ am Fraunhofer ISI entwickelte Konzept i.WET (integriertes WasserEnergieTransitions-Konzept) sieht eine kombinierte Wiederverwertung von Regenwasser und behandeltem Grauwasser mit Wärmerückgewinnung und Produktion von Bioenergie vor. Das Konzept ist für Stadtquartiere im innerstädtischen Umfeld entwickelt worden – Ausgangspunkt war ein Stadtquartier in der Stadt Lünen – und besteht aus zwei komplementären Wiederverwertungswegen, dem „blauen“ und dem „grünen“ Weg.

Im „blauen“ Wiederverwertungsweg wird Regenwasser von Dachflächen aufgefangen, zu Betriebswasser (zum Beispiel für Gebäudeklimatisierung, Toilettenspülung, Gebäudereinigung, Bewässerung) aufbereitet und gespeichert. Aus dem Grauwasser aus Dusche und Bad wird zunächst die Wärme zurückgewonnen. Anschließend wird, falls die für die Deckung des Betriebswasserbedarfs benötigte Betriebswassermenge nicht vollständig durch Regenwasser gedeckt werden kann, eine hinreichende Menge Grauwasser technisch aufbereitet.

Der „grüne“ Wiederverwertungsweg sieht eine naturnahe Aufbereitung des überschüssigen Grau- und Regenwassers im Außenbereich vor. Kernstück bildet dabei die sogenannte „Energieallee“. Sie besteht aus einem horizontalen Bodenfilter und einer Kurzumtriebsanlage (KUP) mit schnellwachsenden, stauwassertoleranten Gehölzen (zum Beispiel Weiden). Die Zuleitung zu diesem drainierten und nach unten abgedichteten Modul erfolgt dabei unter der Oberfläche. Die Energieallee kann als grünes Infrastrukturelement entlang von Straßen oder Grundstücksgrenzen eingesetzt werden und erfüllt mehrere Funktionen: Neben der Retention des Oberflächenabflusses und einer hohen Evapotranspiration erfolgt auch eine Schadstoffelimination sowie eine Nährstoffnutzung durch die

Erzeugung von Biomasse. Das gefilterte und überschüssige Wasser kann zum Beispiel für die Bewässerung von Nutzpflanzen weiter verwendet, die erzeugte Biomasse zu Pellets oder Holzhäckseln weiterverarbeitet werden. Aus ökologischer Sicht sind vor allem die hohe Verdunstungsleistung und der damit verbundene positive Einfluss auf das Mikroklima im Quartier (sommerliche Hitzeperioden, Hitzeinseln, Klimaanpassung) sowie weitere Ökosystemdienstleistungen wie beispielsweise die Erhöhung der Biodiversität zu nennen.

Bei einer verbreiteten Umsetzung des i.WET-Konzepts in einem Quartier würde sich durch die Auskopplung von Grau- und Regenwasser der Abwasserfluss soweit reduzieren, dass sukzessive die Schwemmkanalisation zu einer Vakuumkanalisation umgebaut werden kann. Entscheidend für diesen zweiten Transitionsschritt sind die i.WET-Implementierungsrate im Quartier sowie lokale und strangspezifischen Randbedingungen. Durch das höher aufkonzentrierte Restabwasser ergibt sich die Möglichkeit für einen dritten Transitionsschritt: die Aufwertung der Kläranlage zu einem Ressourcenzentrum durch die verstärkte anaerobe Behandlung des Abwassers (Nutzung als Co-Substrat im Faulturn) und die Einführung einer Nährstoff-Rückgewinnung (siehe oben „technische Weiterentwicklungen“). Besonderer Vorteil der Transitionsschritte ist ihre Flexibilität: Sie ermöglichen einen sukzessiven Umbau der Wasserinfrastruktur mit flexiblen, an die Sanierungszyklen von Gebäuden, Kanalabschnitten und Kläranlagen angepassten Implementierungszeitpunkten. Die technischen Möglichkeiten für eine solche Umgestaltung zu einer Kläranlage der Zukunft sowie mögliche Geschäftsmodelle und Gebührenmodelle wurden in Zusammenarbeit mit dem Praxispartner SAL (Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen) im Projekt intensiv untersucht, ebenso die Implikationen für die Trinkwassernetze.

Die ökologische Bewertung des Konzepts zeigt deutliche Vorteile (positive Energie- und Emissionsbilanz), die Gesamtkosten sind ähnlich denen eines Mischkanalsystems und liegen deutlich unter den Kosten einer Umstellung zu einem Trennkanaalsystem. Besondere Vorteile sind die höhere Flexibilität gegenüber Veränderungen der Randbedingungen, wie abnehmende Nutzerzahl, sinkender Wasserverbrauch und vermehrte Starkregenereignisse.

### Ländlicher Raum

Nördlich der kreisfreien Stadt Weimar liegen die beiden Thüringer Gemeinden Wohlsborn und Rohrbach. Sie wurden als ländliches Modellgebiet für das Verbundprojekt TWIST++ ausgewählt, da sie viele typische abwassertechnische Merkmale der Situation im ländlichen Raum in den neuen Bundesländern aufweisen: Es besteht ein hoher Anschlussgrad an die öf-

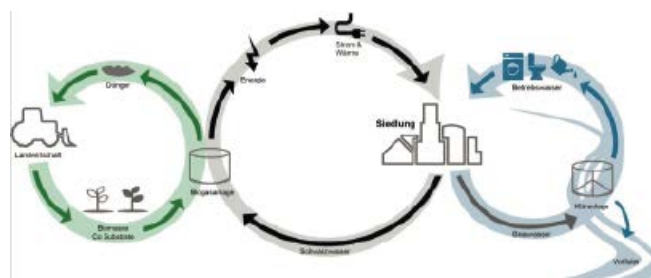


Abb. 2: Schematische Darstellung des Konzepts für den ländlichen Raum

fentliche Kanalisation, wobei viele Teilortskanäle (TOK) ohne Anschluss an eine Kläranlage existieren. Zudem stellt der demografische Wandel mit dem einhergehenden Rückgang der Bevölkerungszahlen eine große Herausforderung im Gebiet dar. Im Umland beherrschen große landwirtschaftliche Betriebe das Bild.

Im Rahmen des TWIST++-Projekts wurde an der Bauhaus-Universität Weimar in Zusammenarbeit mit dem zuständigen Abwasserentsorger, Abwasserzweckverband Nordkreis Weimar (ANW), neben einer Systemlösung auch ein Transitionsweg entworfen. Dieser ermöglicht es, den Bestand über einen längeren Zeitraum in ein zukunftsfähiges, flexibles System umzubauen.

Die Zielsetzungen während der Planungsphase waren, den Stand der Technik umzusetzen, Stoffkreisläufe möglichst regional zu schließen und flexibel auf künftige Anpassungsnotwendigkeiten reagieren zu können. Das Konzept für die Modelldörfer sieht eine Trennung von Schwarz- und Grauwasser vor (Abbildung 2). Letzteres kann nach einer Reinigung entweder als Betriebswasser genutzt oder der Vorflut zugeführt werden. Aus Schwarzwasser soll gemeinsam mit regionalen organischen Reststoffen in einer Biogasanlage Energie erzeugen und aus nachbehandeltem Gärrest Dünger produziert werden. Regenwasser wird dezentral versickert bzw. gedrosselt abgeleitet.

Basierend auf örtlichen Rahmenbedingungen wurden Gelegenheitsfenster für eine Umsetzung gesucht, welche die Realisierung eines neuartigen Sanitärsystems im Bestand unterstützen. Für das Modellgebiet sind dies die geplante Erneuerung der Ortskanalisation und die Teilnahme an der Internationalen Bauausstellung Thüringen (IBA Thüringen), die als externer Impulsgeber für Innovationen agieren kann.

Der Transitionsweg zur schrittweisen Umsetzung und Integration der gewählten Elemente in den Bestand sieht folgende Schritte vor: Bau einer zentralen Pflanzenkläranlage; Bau einer (Unter-)Druckkanalisation für Schmutzwasser; Trennung des Abwasserteilströme im oder gegebenenfalls am Haus; Schwarzwasserbehandlung in einer Biogasanlage zur Gewinnung von Energie und Dünger und Rehabilitation des alten Teilortskanals für das Ableiten von Niederschlagswasser.

Zur Umsetzung wurden zwei Meilensteine definiert: „Koope-ration mit einem landwirtschaftlichen Betrieb“ und „Akzeptanz von Technologien zur Trennung von Schwarz- und Grauwasser



Abb. 3: Etappenweise Erschließung einer Konversionsfläche für die Trinkwasserversorgung (grün = geplante Trinkwasserleitungen, blau = bestehende oder neu errichtete Trinkwasserleitungen) (Quelle: IWW)

im Bestand“. Werden diese Meilensteine nicht erreicht, kann der Transitionsweg hier enden. Dann ist dennoch eine „Abwasserentsorgung nach Stand der Technik“ erreicht worden. Durch die schrittweise Umsetzung des Systems wird eine Flexibilität erreicht, die eine Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen erlaubt. Änderungen sind sowohl im technischen System als auch bei der Definition der einzelnen Schritte möglich. Jedoch müssen während des Prozesses die zu Beginn definierten Zielstellungen immer im Blick behalten werden.

**Konversionsflächen**

Auf Konversionsflächen können die Siedlungsdichte und Art der Nutzung (vorher/nachher) typischerweise stark variieren. Die Art der Folgenutzung und somit Wasserbedarf und Abwasseraufkommen sind teilweise sehr unsicher. Bestehende Wasserinfrastrukturen auf den Flächen müssen oftmals vollständig erneuert werden, während angrenzende Wasserinfrastrukturen funktionieren und (weiter)genutzt werden können. Technische und konzeptionelle Systemlösungen für Konversionsflächen sind zum Beispiel:

- die Reduzierung von Planungsunsicherheiten durch etappenweise Erschließung und eine möglichst intensive Mitnutzung der angrenzenden Wasserinfrastrukturen,
- die Wahrung einer möglichst hohen Flexibilität in allen Planungs- und Umsetzungsphasen (Nutzung von Szenarien,

**Geruchsbehandlung / Abluftbehandlung**

**NEUTRALOX® - Photoionisation**

Hocheffektiv, einfach und dauerhaft.  
Geringer Betriebs- und Wartungsaufwand.  
Für Geruchsprobleme im Kläranlagenbereich.

**NEUTRALOX® Umwelttechnik GmbH**

Löhestrasse 63, 53773 Hennef (Sieg)  
Tel. 0 22 42 / 913 64 – 0

[info@neutralox.de](mailto:info@neutralox.de)  
[www.neutralox.de](http://www.neutralox.de)



Neutralox Photoionisation ... und die Luft ist rein.



Was-wäre-wenn-Simulationen mit entsprechenden Planungstools),

- Einsatz von Fit-for-purpose-Anlagen zur Nutzung von Waserteilströmen als Ressource (zum Beispiel Grau- und Regenwasser zu Betriebswasser oder höherwertigem Prozesswasser bei gewerblich genutzten Flächen).

Die Untersuchungen für das in TWIST++ einbezogene Modellgebiet „Neue Zeche Westerholt“ zeigen, dass die genannten innovativen Systemlösungen im Vergleich zu konventionellen Systemen speziell auf Konversionsflächen zu besonderen Vorteilen mit folgendem Nutzen führen:

- mittel- bis langfristig erhöhte Flexibilität und Versorgungssicherheit bei gleichen Baukosten auf der Trinkwasserseite (trotz hoher Unsicherheiten beispielsweise hinsichtlich Art und Maß der Flächennutzung),
- Reduzierung von Gesamtbedarf und Bedarfsspitzen beim Wasserverbrauch (Gewerbe) durch Teilstromverwertung,
- Schaffung von Standortvorteilen für wasserintensive oder ökologisch anspruchsvolle Gewerbe- oder Industriebetriebe,
- Konzept i.WET (siehe Kapitel „Urbaner Raum“) geeignet zur Reduzierung der Abwassermenge und zur Landschaftsgestaltung, auch bei Altlastenproblematiken.

Die Umsetzung der Konzepte in den Modellgebieten wurde im Rahmen des Projektes planerisch vorbereitet. Anhand der erzielten Ergebnisse sind künftig konkrete bauliche Umsetzungen in den Modellgebieten vorgesehen. Zusätzliches Kennzeichen der Konzepte ist ihre hohe Flexibilität, so dass eine Übertragung und Anpassung an andere Randbedingungen sehr gut möglich ist.

### Multikriterielles Bewertungsverfahren als Maßstab für den Systementwurf

Aufbauend auf einer Defizitanalyse bestehender Bewertungsverfahren [3] und unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen an die Nachhaltigkeitsbewertung von Wasserinfrastruktursystemen wurde ein praktisch anwendbarer multikriterieller Bewertungsansatz für eine Nachhaltigkeitsbewertung einschließlich geeigneter Bewertungskriterien und Indikatoren erarbeitet [4]. Strukturgebend für das Bewertungsverfahren waren die drei Teilziele der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie, Soziales) – ergänzt um sicherheits- und technikrelevante Ziele (Abbildung 4). Es wurden entsprechende Kriterien identifiziert, die eine hohe Abdeckung der Ziele erreichen sollen. Bei der Auswahl der Indikatoren für diese Kriterien wurde auf eine hohe Datenverfügbarkeit in der Praxis geachtet, sodass eine gute Integration des Bewertungssystems in die Software



Abb. 4: Gestufte Zielsetzungen als Grundlage für die Bewertung eines WIS (Quelle: [4])

(vgl. nächstes Kapitel) erreicht werden konnte. Gleichfalls wurde durch die Beteiligung unterschiedlicher Stakeholder eine hohe Akzeptanz angestrebt.

### Software zur Unterstützung der Systemumsetzung

Software ist ein notwendiges Werkzeug zur Planung von Wasserinfrastruktur. So wurden in TWIST++ drei Softwarewerkzeuge entwickelt, die aufeinander aufbauen („TWIST-Softwarestack“ [5]) und sowohl den Ansatz des Transitionsweges als auch die neuartigen Konzepte und Technologien unterstützen. Die Software erleichtert die Umsetzung der Projektergebnisse in die Praxis: Das sogenannte TWIST-FluGGS ist ein webbasiertes GIS, das zur Datenverwaltung dient, das Planungsunterstützungssystem (PUS) erlaubt die Detailplanung von Wasserinfrastruktur, und ein Simulationsspiel dient der Visualisierung von Systemzusammenhängen für Nicht-Experten. Tabelle 1 fasst die Werkzeuge und ihre Eigenschaften zusammen.

Zu den weiteren Besonderheiten der entwickelten Software zählt die integrierte Betrachtung von Wasserversorgung und Abwasserentsorgung inklusive Löschwassernachweis, standardisierte Schnittstellen der einzelnen Produkte sowie die Unterstützung des multikriteriellen Bewertungsverfahrens. Ziel des entwickelten Serious Game als digitales Lernspiel war es, komplexe Sachverhalte in spielerischer Form zu vermitteln, um die Verständnislücke zwischen Ingenieuren, Entscheidern und Bürgern (Nichtexperten) zu schließen [6]. Durch die direkte Übertragung der Planungsdaten wurde der Aufbau der Spielwelt aus verdichteten PUS- und GIS-Daten ermöglicht [7]. Damit stellt das Spiel ein wichtiges Kommunikationsinstrument dar, mit dem innovative Konzepte in ihren vernetzten Zusammenhängen zum Umfeld erklärt und in Langzeitbetrachtungen bewertet werden können. Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt der Spieloberfläche.

Software	Aufgabe	Zielgruppe	Methoden	Partner
TWIST-FluGGS	Datenhaltung, -sammlung, -bereitstellung und Austausch	Ingenieure, Kommunen, Behörden, Bürger	manuelle und automatisierte Datenerfassung, offene Standards	Wupperverband
PUS	Detailplanung	Ingenieure, Planer	Ingenieurtechnische Berechnungen	tandler.com & 3S Consult
Simulationsspiel	Entscheidungsvorbereitung, Systemvisualisierung, Bürgerbeteiligung	Entscheider, Bürger	Serious Game, Nutzung von Ingenieursoftware	takomat GmbH

Tabelle 1: Softwarewerkzeuge: Aufgabe, Zielgruppe und benutzte Methoden



Abb. 5: Spieloberfläche – „Hotspots“ für das Modellgebiet Wohlsborn

### Akteure und Hemmnisse

Konzeptionelle Veränderungen in den Bereichen der Wasser- und Abwasserentsorgung sind auch mit Auswirkungen auf den rechtlichen und organisatorischen Rahmen verbunden. Im Forschungsvorhaben TWIST++ wurden deshalb der notwendige Anpassungsbedarf sowohl auf Ebene der drei Modellgebiete als auch hinsichtlich einer breiteren Übertragung der Ergebnisse herausgearbeitet, Lösungsansätze einschließlich möglicher Betriebs- und Geschäftsmodelle identifiziert und mit den wesentlichen Akteuren diskutiert.

Für die technischen Regelwerke sind Änderungen und Ergänzungen aufgrund neuer Leitbilder und verbindlicher Zielgrößen notwendig, hierzu zählt etwa die Definition von Qualitätszielen bei der Betriebswassernutzung oder bei der Einleitung von Gemischen verschiedener Abwässer. Mit der Einführung neuer Konzepte verbunden sind zum einen auch Anpassungen rechtlicher und verwaltungsorganisatorischer Art wie zum Beispiel Satzungsänderungen oder klare Vereinbarungen über Aufgaben- und Kostenregulierungen. Zum anderen gilt es, unter den verschiedenen zur Verfügung stehenden Alternativen das passende Organisationsmodell zu finden, dies erfolgt unter Einbeziehung aller Akteure anhand geeigneter Kriterien wie Verantwortlichkeit, Überwachung oder Entgeltmodell. Zur Überwindung von Hemmnissen ist es zudem wichtig, die richtigen Anreizmodelle zur Förderung von Systeminnovationen zu identifizieren, zum Beispiel verbrauchsunabhängige Nutzungspauschalen für Betriebswasser, Kostensenkungen für den Verbraucher oder die Nutzung geeigneter Förderprogramme.

Im Rahmen von Forschungs- und Demonstrationsvorhaben ist die Herangehensweise eher unkonventionell und fast immer angetrieben von einzelnen Akteuren, die ein großes Interesse an der Sache haben. Zur Umsetzung in die gängige Praxis in der Zukunft bedarf es daher auch einer anderen Herangehensweise bzw. angepasster Regeln und Vorgaben. Die Zahl der relevanten Akteure und somit auch die Anzahl der Schnittstellen wird größer. Eine engere Verzahnung von Trinkwasserversorgung und Abwasserbehandlung, eine öffentliche Kommunikation des Handlungsbedarfs sowie die Bürgerbeteiligung werden als wichtige Voraussetzungen bei der Umsetzung zukunfts-fähiger Wasserinfrastrukturen gesehen.

Die Ausarbeitung eines nach Projektabschluss erscheinenden DWA-Themenbandes zum „Institutioneller Rahmen und

zur Übertragbarkeit“ verfolgt das Ziel, die Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben zusammengefasst zu dokumentieren und der Fachöffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Fachgremien sollen auch mittelfristig dazu angeleitet werden, die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben bei ihrer Arbeit zu berücksichtigen.

### Fazit

Im Projekt TWIST wurden technische, aber auch nicht-technische Innovationen zur Umsetzung nachhaltiger und zukunftsfähiger Wasserinfrastruktur-Lösungen erarbeitet und stehen für Transitionsprozesse zur Verfügung. Sie ermöglichen die Umsetzung nachhaltiger Konzepte zur energetischen und stofflichen (Wieder-)Nutzung von (Ab-)Wasser. Auch die zur Konzeption und Planung und zur Entscheidungsunterstützung benötigten Software-Tools wurden im Rahmen von TWIST++ erarbeitet. Die Ergebnisse aus den Modellgebieten zeigen, dass die Transition bestehender Wasserinfrastrukturen auf Gebäude- wie auch Quartiersebene technisch und organisatorisch möglich und zur Verbesserung der Zukunftsfähigkeit bestehender Systeme sinnvoll und erforderlich sind. Die Umsetzung der Konzepte erfordert neue Leitbilder und Zielgrößen sowie angepasste strategische Planungsinstrumente. Bürgerinformation und -beteiligung sind weitere wichtige Elemente. Schließlich müssen auch die bestehenden technischen Regelwerke angepasst und (verwaltungs-)rechtliche Hemmnisse abgebaut wer-



## MECANA

A Metawater Company



### Vierte Reinigungsstufe mit Tuchfiltern

**Auf der Kläranlage Lahr wird nach der Adsorptionsstufe erfolgreich eine Polstofffiltration eingesetzt.**




**Es ist die weltweit erste Anlage, die Aktivkohle-adsorption mit Tuchfiltern kombiniert.**




**Mecana Polstofffiltration effizient, wirtschaftlich und robust!**

Mecana Umwelttechnik GmbH www.optifibermedia.com  
 CH-8864 Reichenburg | T +41 55 464 12 00 | [www.mecana.ch](http://www.mecana.ch) | [info@mecana.ch](mailto:info@mecana.ch)

den. Für die Überwindung der Hemmnisse und eine breitere Anwendung der gewonnenen Ergebnisse ist die Umsetzung im Rahmen von Demonstrationsprojekten ein entscheidender künftiger Schritt.

## Dank

Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Umwelt (BMBF) für die finanzielle Förderung des Projekts TWIST++ sowie allen TWIST++-Projektmitarbeitern für ihr außergewöhnliches Engagement und die Unterstützung während der gesamten Projektlaufzeit.

## Literatur

- [1] Wasielewski, S., Morandi, C. G., Minke, R., Steinmetz, H.: Impacts of blackwater co-digestion upon biogas production in pilot-scale UASB and CSTR reactors, Präsentation und Tagungsband, 13th IWA Specialized Conference on Small Water and Wastewater Systems (SWWS) and 5th IWA Specialized Conference on Resources-Oriented Sanitation (ROS), Athen, 14.–16. September 2016
- [2] Wasielewski, S., Morandi, C. G., Minke, R., Steinmetz, H.: Ammonium recovery by ion exchange from effluents of anaerobic blackwater co-digestion and struvite precipitation reactors, Posterpräsentation und Tagungsband, 13th IWA Specialized Conference on Small Water and Wastewater Systems (SWWS) and 5th IWA Specialized Conference on Resources-Oriented Sanitation (ROS), Athen, 14.–16. September 2016
- [3] Hein, A., Levai, P., Wencki, K.: Multikriterielle Bewertungsverfahren: Kurzbeschreibung und Defizitanalyse (Teil 1), *gwf – Wasser/Abwasser* 2015, 156 (1), 58–61
- [4] Nyga, I., Alfen, H. W.: Ganzheitliche Bewertung von Wasserinfrastrukturen im Zuge von Transformationsprozessen, in: Steinmetz, H., Dittmer, U. (Hrsg.): *Wasser Schutz Mensch*, 5. Aqua Urbanica und 90. Siedlungswasserwirtschaftliches Kolloquium, *Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft*, Bd. 225, S. 289–294, Stuttgart, 2015
- [5] Söbke, H., Hofmann, A. F., Kropp, I., Miethke, A., Schwarz, D., Hillenbrand, T., Londong, J.: Software-TWISTing: Integrierte Systeme für die Planung zukunftsfähiger kommunaler Wasserinfrastruktur, *KA Korrespondenz Abwasser/Abfall*, zur Veröffentlichung eingereicht
- [6] Söbke, H., Londong, J.: Promoting Innovative Water Infrastructure Systems: Simulation Games as Virtual Prototypes, in: Lohaus, J. (Hrsg.): *Proceedings of 17th International EWA Symposium "Water-Energy-Resources – Water, Energy and Resources: Innovative Options and Sustainable Solutions"* during IFAT, 5.–9. Mai 2014, S. 5. European Water Association, Hennef, 2014
- [7] Schwarz, D., Söbke, H., Hofmann, A. F., Angermair, G., Schnatmann, L., Londong, J.: Backyard and Frontcourt: Engineering Software as Processing Unit of a Serious Game, in: *Games and Learning Alliance 5th International Conference, GALA 2016*, Utrecht, Niederlande, Springer, 2016
- [8] Menger-Krug, E.: How can urban water infrastructures contribute to a sustainable urban metabolism? Trust – Cities of the Future Conference, Mülheim an der Ruhr, 28.–30. April 2015

## Autoren

Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand  
Dipl.-Geoökol. Eve Menger-Krug  
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung  
Geschäftsfeld Wasserwirtschaft  
Breslauer Straße 48  
76139 Karlsruhe

E-Mail: [thomas.hillenbrand@isi.fraunhofer.de](mailto:thomas.hillenbrand@isi.fraunhofer.de)

Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong  
Dr.-Ing. Heinrich Söbke  
Dipl.-Ing. Ilka Nyga  
Bauhaus Universität Weimar  
Professur für Siedlungswasserwirtschaft  
Coudraystraße 7  
99421 Weimar

Prof. Dr.-Ing. Heidrun Steinmetz  
Fachgebiet Ressourceneffiziente Abwasserbehandlung  
TU Kaiserslautern  
Paul-Ehrlich-Straße 14  
67663 Kaiserslautern

Dr.-Ing. Christian Wilhelm  
DWA-Bundesgeschäftsstelle  
Theodor-Heuss-Allee 17  
53773 Hennef

Dr. Christian Sorge  
IWW Zentrum Wasser  
Geschäftsbereich Wassernetze  
Moritzstraße 26  
45476 Mülheim an der Ruhr

Dipl.-Ing. Ralf Minke  
Universität Stuttgart  
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft  
Universität Stuttgart  
Bandtäle 2  
70569 Stuttgart

KA

[www.dwa.de/mediadaten](http://www.dwa.de/mediadaten)



## Ihre Anzeige im Jahrbuch Gewässer-Nachbarschaften

### ... für Entscheidungsträger in Gewässerunterhaltung und Hochwasserschutz

I Erscheinungstermin: März 2017 | Anzeigenschluss: >> 27. Januar 2017 <<

I Bonus für Inserenten: Einträge in zwei Sachverzeichnisse und Möglichkeit der Platzierung eines Beitrags in der Rubrik „Firmen berichten über neue Produkte“ (Redaktionsschluss: 27. Januar 2017);

I Jetzt mit buchbarem Lesezeichen

I Wir beraten Sie gern: +49 2242 872-130 oder [kramer@dwa.de](mailto:kramer@dwa.de) | Mediadaten unter [www.dwa.de/mediadaten](http://www.dwa.de/mediadaten)