

Dr. Thomas Bernard; Armin Canzler; Dr. Jochen Deuerlein; Rüdiger Höche; Holger Glaser;  
Dr. Alexander Sperlich; Dr. Katharina Teuber

# Web-basierte Plattform zur Betriebs- optimierung von Wassersystemen

Mit W-Net 4.0 wird eine modulare und skalierbare Plattform entwickelt, die GIS-System, Simulationssoftware, Datenanalyse-Tools und hohe IT-Sicherheitsstandards vereint. Versorger können neue Datenanalyse- und Optimierungswerkzeuge, Dienstleistungs- und Schulungskonzepte nutzen.



Mehr als 5.800 Unternehmen stellen in Deutschland die Trinkwasserversorgung sicher. Die überwiegende Mehrheit davon sind kleine und mittlere Wasserversorgungsunternehmen. Diese setzen Informations- und Automatisierungstechnik bisher nur in sehr geringem Umfang ein. Daher werden Messdaten meist nicht systematisch erhoben. Darüber hinaus verfügen die Unternehmen vielfach weder über eine ausreichend gepflegte Datengrundlage des Wassernetzes, noch über Geoinformationssysteme (GIS), Simulationssoftware oder Datenanalyse-Tools,

durch die Eingriffe in das Trinkwassersystem (z. B. Erweiterung des Netzes) geplant und optimiert werden können. Große Wasserversorger sind häufig besser technisch ausgestattet. Obwohl viele Messdaten verfügbar sind, können sie aufgrund fehlender Vernetzung sowie fehlendem Fachpersonal kaum zur Überwachung und Optimierung der Trink- und Abwassersysteme genutzt werden.

Das Forschungsprojekt W-Net 4.0 zielt darauf ab, eine modulare und skalierbare Plattform zu entwickeln, die GIS-System, Simulationssoftware und Datenanalyse-Tools vereint und hohen IT-Sicherheitsstandards genügt. Verbunden mit neuartigen Dienst-

leistungskonzepten, Wertschöpfungsnetzwerken sowie Schulungskonzepten werden so kleine und mittlere Wasserversorgungsunternehmen erstmals befähigt, diese Technologien zu nutzen. Für große Versorger sollen neuartige und einfach handhabbare Datenanalyse- und Optimierungswerkzeuge sowie entsprechende Dienstleistungskonzepte zur Verfügung gestellt werden.

## Ausgangslage und Zielstellungen

Die Aufgabe eines Energie- und Wasserversorgungsunternehmens besteht darin, seine Kunden zu jeder Tages- und Nachtzeit mit Strom, Gas und Trinkwasser zu versorgen.

**Bild 1 W-Net 4.0 - Dynamische Vernetzung von GIS, Simulations- und Datenanalysetools in einer web-basierten Plattform für Wasserversorger**

Quelle: Berliner Wasserbetriebe/Joachim Donath



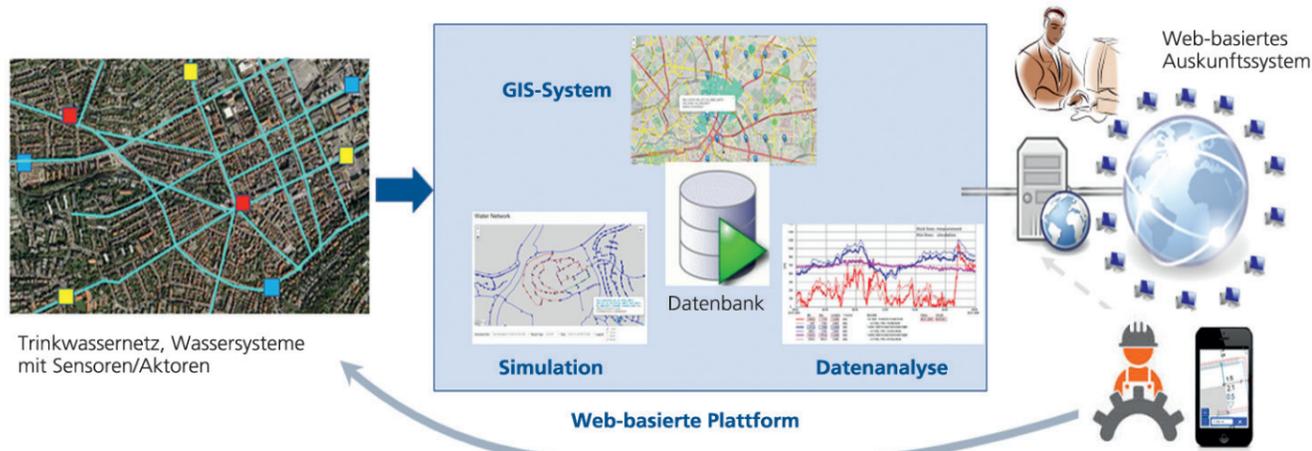


Bild 2 Die Web-basierte Plattform W-Net 4.0 soll eine Betriebsoptimierung von Trinkwassernetzen ermöglichen  
Quelle: Fraunhofer IOSB

Anlagen für die Gewinnung, Aufbereitung oder Verteilung von Trinkwasser sind mindestens nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu planen, zu bauen und zu betreiben. Zu diesem Zweck müssen sich die Versorgungsunternehmen geeignet organisieren, Aufgaben und Prozesse definieren, die erforderliche Personalressource vorhalten und ihr Handeln dokumentieren. Zur Erfüllung der wahrzunehmenden Aufgaben muss ein Trinkwasserversorger in der Lage sein, die erforderlichen Tätigkeitsfelder sach- und fachgerecht zu bearbeiten. Das sind unter anderem:

- Versorgungskonzept (inklusive Löschwasserbereitstellung)
- Rehabilitationskonzept
- Aktualisierung Planwerk/Anlagendokumentation/Netzpläne
- Netzüberwachung, Steuerung
- Entwicklung von Wasserbedarfsplanungen (häusliches, betriebliches und öffentliches Trinkwasser)
- Bemessung und Planung von Rohrleitungen und -netzen unter Berücksichtigung kommunaler Erweiterungs- und Ausbaukonzepte
- Bemessung, Planung und Sanierung von Bauwerken der Wasserspeicherung.

Das geht allerdings nur, wenn der Wasserversorger jederzeit auf aktuelle Informationen über seine Infrastruktur zugreifen kann. Es wird also eine konsistente Datenbasis benötigt, die es dem Wasserversorger erlaubt, entsprechende Auswertungen anzustoßen, Zustandsbewertungen durchzuführen, Planungsberechnungen zu ermöglichen und vieles mehr. Es müssen daher sämtliche In-

formationen über die Infrastrukturen in einer Datenbasis gehalten werden. Das kann im Rahmen der Digitalisierung geleistet werden und hilft den Unternehmen bei der Bewältigung der komplexer werdenden Aufgabenstellungen.

Genau das soll im Projekt W-Net 4.0 realisiert werden. Ziel ist es, eine Plattform auf der Basis eines geographischen Informationssystems (GIS) zu schaffen, die die Wasserversorger bei den vorgenannten Aufgaben unterstützt.

### Geographisches Informationssystem

Mittels GIS-System können Sachinformationen von Objekten mit einem geographischen Raumbezug verknüpft werden. Dadurch lassen sich beliebig komplexe Datenstrukturen übersichtlich und bildhaft darstellen. Leider wird der digitale Datenbestand bei Wasserversorgungsunternehmen (WVU) oftmals nur unzureichend erfasst. Daher kann das Potenzial eines GIS-Systems z. B. für Dokumentation, Überwachung, Simulation und Rehabilitation nicht ausgeschöpft werden. Zumeist verwendet jede Fachabteilung ein für ihr spezifisches Thema maßgeschneidertes Softwaresystem. Diese Systeme werden meist voneinander unabhängig gepflegt, so dass Redundanzen, Lücken und Inkonsistenzen unvermeidlich sind.

Das GIS-System COSVega des Projektpartners COS Systemhaus OHG stellt zahlreiche Fachschalen zur Verfügung, z. B. für Wasser-, Gas-, Strom-, Fernwärme- und Telekommunikationsnetze. Die Datenhaltung erfolgt in einem zentralen Datenbankserver. Als offe-

nes und flexibel parametrierbares System ermöglicht COSVega die dynamische Anbindung von Fremddatenbanken, beispielsweise zu der Verbrauchsabrechnung oder zum Leitsystem. Die Präsentation, Visualisierung und Auswertung des Gesamtdatenbestandes erfolgt in einem webbasierten Auskunftssystem. Hier können berechnete Szenarien durchspielen, beispielsweise wie sich Drücke und Fließgeschwindigkeiten beim Schließen bestimmter Absperrarmaturen verändern. Eine zentrale Rechteverwaltung regelt die Zugriffe der verschiedenen Nutzergruppen. Daten können vor Ort per Smartphone direkt über das Web an den COSVega-Datenserver übermittelt werden, z. B. bei der Dokumentation von Instandhaltungsmaßnahmen.

Im Rahmen des Projektes W-Net 4.0 soll eine Anbindung von COSVega an die Simulationsplattform SIR 3S\* des Projektpartners 3S Consult GmbH sowie die Datenanalysetools von Fraunhofer IOSB realisiert werden.

### Simulationswerkzeuge

Softwareprodukte zur hydraulischen Rohrnetzrechnung sind in der Trinkwasserversorgung weit verbreitet. Ihr Einsatzgebiet reicht von einfachen stationären Berechnungen über Tagesgangsimulationen bis hin zu instationären Druckstoßberechnungen. Im Zuge einer Online-Anbindung können Simulationswerkzeuge wie z. B. das von der 3S Consult entwickelte SIR 3S auch für die

\*SIR 3S - geschützte Marke

kontinuierliche Überwachung des Rohrnetzes, der Erkennung und Lokalisierung von Leckagen und zur betrieblichen Optimierung eingesetzt werden.

Die Aussagekraft der Modellrechnungen hängt entscheidend von der Qualität der zu Grunde liegenden Daten ab. Bisher müssen in einem aufwändigen Prozess Daten über das Rohrleitungsnetz (aus z. B. GIS, NIS, analogem Planwerk), Lage und Menge angeschlossener Verbraucher (ALKIS, Verbrauchsabrechnung), geodätische Höhen (digitales Geländemodell) sowie Informationen über das Innenleben betriebsführender Stationen (z. B. Pumpwerke, Speicherbehälter) zusammengetragen und zu einem logischen Modell verknüpft werden. Am Ende des Prozesses stehen die Kalibrierung und Validierung des Modells anhand eines sorgfältig geplanten Messprogramms. Besonders kleinere Wasserversorger können sich die Ersterstellung und Pflege eines Modells nicht leisten.

Im Rahmen von W-Net 4.0 sollen daher durch die Schaffung einer einheitlichen Datenbasis im GIS Synergieeffekte ermöglicht werden, die auch zu einer verbesserten Datenqualität und erhöhten Wirtschaftlichkeit bei den beteiligten Wasserversorgern führen. Auf Basis der fortlaufend aktualisierten Netzdaten sind realitätsnahe Simulationsrechnungen des hydraulischen Systemzustandes zu jeder Zeit möglich. Die Übereinstimmung mit dem realen System wird

durch den ständigen Abgleich mit Messungen sichergestellt.

Die Bearbeitung von hydraulischen Fragestellungen wie z. B. die Sicherstellung einer ausreichenden Löschwasserversorgung, die Auswirkungen von Rehabilitationsmaßnahmen (temporäre Außerbetriebnahme von Leitungssträngen durch Abschiebern) oder der Anschluss von Neubaugebieten ist somit unverzüglich und ohne weiteren finanziellen, zeitlichen und personellen Aufwand für Modellerstellung oder Modellupdate möglich.

Die meisten Funktionen lassen sich dabei direkt aus dem GIS bedienen. Eine Einarbeitung in mehrere Bedienoberflächen durch den Endnutzer ist nicht mehr erforderlich. Einfache Berechnungen lassen sich über die Webauskunft auch im Feld durchführen (z. B. zur Überprüfung der Auswirkungen durch Schließen eines Schiebers). Durch die übersichtliche und einfache Bedienung sollen auch Mitarbeiter/-innen von kleineren und mittleren WVUs in die Lage versetzt werden, Simulationsergebnisse im Tagesgeschäft sinnvoll zu nutzen.

Neben dem Einsatz als Planungs- und Überwachungstool dient das Simulationsmodell auch der Aus- und Weiterbildung des Personals beim Wasserversorger. Durch den Einsatz als Trainingssimulator lassen sich Auswirkungen von Schalthandlungen in Echtzeit realitätsnah abbilden (inklusive Ausbreitung von Druckwellen/-stößen).

### Datenanalysetools

Hochwertige Datenanalysetools sind zwar seit einigen Jahren sowohl als Produkte (z. B. Matlab, SQL Data Analysis Tool) als auch über frei verfügbare Software (z. B. RapidMiner, Python-Bibliotheken, Scilab) verfügbar. Allerdings werden sie bei kleinen/mittleren WVU wegen der unzureichenden Datenerfassung nur in sehr geringem Maße eingesetzt. Bei den großen WVU sind meist in größerem Umfang Messdaten und Datenplattformen verfügbar. Jedoch mangelt es am geeigneten Fachpersonal, um die verfügbaren Analyse-Tools einsetzen zu können. Außerdem ist es bisher meist noch sehr aufwändig, Prozessüberwachungs- und Optimierungsalgorithmen echtzeitfähig im operationellen Betrieb einzusetzen. In W-Net 4.0 werden die Datenanalyse-Werkzeuge mit GIS und Simulationswerkzeugen gekoppelt und für die Wasserversorger einfach handhabbar sein. Die Handhabbarkeit ist aufgrund des fehlenden oder nur sehr geringen Fachpersonals sowohl für die kleinen, mittleren und großen Wasserversorger von sehr hoher Relevanz.

### Schulungskonzepte

Für die Nutzung der neuartigen Plattform plant Projektpartner Schwarzwald-Wasser GmbH ein Dienstleistungskonzept, so dass die Mitglieder des Schwarzwald-Wasser-Verbandes die Plattform nutzen können. Dazu entwickelt Schwarzwald-Wasser ein modulares Schulungskonzept. Als erster Schritt wird eine Bildungsbedarfsanalyse der Mitarbeiter in den Unternehmen klären. Dann werden die entsprechenden Module für die theoretischen und praktischen Schulungsinhalte der neuen Technologie folgen.

Wichtig dabei ist, dass auch Personal mit geringen IT-Kenntnissen die Plattform nutzen kann. Ausgehend von der Datenerfassung der eingesetzten Sensortechnik (z. B. Druck, Durchfluss, Temperatur, pH-Werte etc.) bis hin zum Simulationsmodell soll damit die Digitalisierung in der Wasserversorgung das Personal unterstützen. Die Schulungen werden dazu führen, dass eine durchgängige Überwachung der Aufbereitung und des Netzzustandes an einem beliebigen Punkt möglich ist. Damit sind dann beispielsweise Früherkennung von Leckagen oder Änderung von der Trinkwasserqualität möglich.

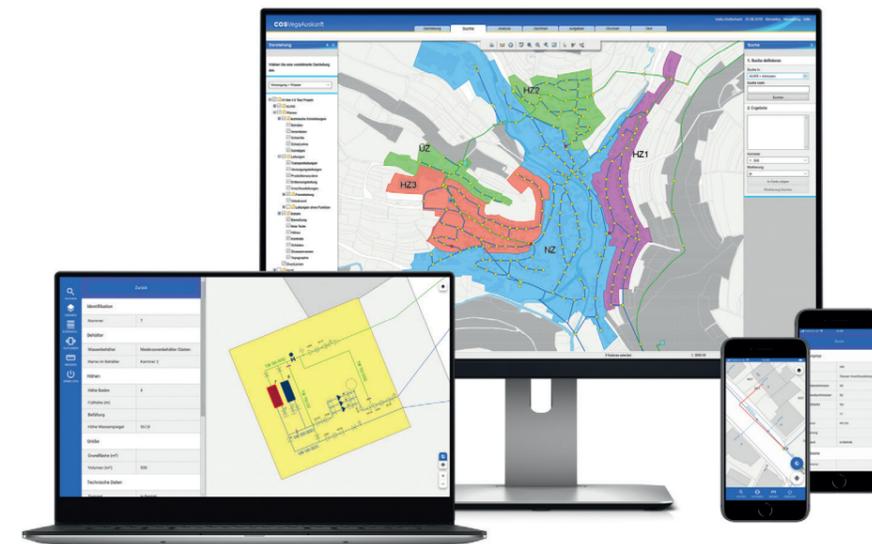


Bild 3 Das GIS-System COSVega stellt zahlreiche Fachschalen zur Verfügung, z. B. für Wasser-, Gas-, Strom-, Fernwärme- und Telekommunikationsnetze  
Quelle: COS Systemhaus

### Use Cases für kleine und mittlere Wasserversorger

Im Projekt W-Net 4.0 sind vier Anwendungsfälle definiert, die bei den kleinen bzw. mittleren Wasserversorgern Bühl, Meßkirch, Nagold und Glatten näher untersucht werden.

#### Use Case 1: Bereitstellung von Löschwasser

Im Brandfall kann Löschwasser aus dem Netz der öffentlichen Trinkwasserversorgung entnommen werden. Anhand des vorhandenen Modells wird im Rahmen einer Simulation gezeigt, welche Auswirkungen die Entnahme von Löschwasser aus dem Netz hat. Aus den Ergebnissen können dann entsprechende Maßnahmen abgeleitet werden, zusätzlich kann die Leistungsfähigkeit des Netzes für die Löschwasserentnahme jederzeit überprüft werden. Daraus können auch baurechtliche Auflagen der Kommune abgeleitet werden.

#### Use Case 2: Schalthandlungen im Netz

Bei betriebsbedingten Veränderungen im Transport- und Verteilnetz werden einzelne Leitungsstränge, kleinere und größere Versorgungsbereiche bis hin zu Transportleitungen durch Schließen der Schieber abgesperrt. Mittels Simulationsmodell kann vor einer geplanten Maßnahme simuliert werden, welche Auswirkungen entstehen werden. Zusätzlich kann überprüft werden, ob bzw. welche Verbraucher betroffen sein werden. Die Simulation erlaubt es zudem, erforderliche Umverlegungen aufgrund von Baumaßnahmen zu bewerten.

#### Use Case 3: Erweiterung der Siedlungsfläche und die Neuerschließung von Gewerbegebieten

Jede Art der Neuerschließung, bauliche Verdichtungen und Veränderungen in der Nutzung haben eine veränderte Beanspruchung der Versorgungsnetze zur Folge. Mittels einer Simulation kann schnell ermittelt werden, welche Maßnahmen erforderlich sind (z. B. Vergrößerung von Speichern). Mittels eines Planungstools ist es möglich, entsprechende Investitionsmaßnahmen zu planen und deren Leistungsfähigkeit zu bewerten.

#### Use Case 4: Wasserverluste, Leckagen

Zur Erfassung der Wasserverluste wird das Netz in Messzonen unterteilt. Die Messzonen werden mit geeigneten Messgeräten

ausgestattet, über eine Bilanzierung der in die Zone hinein transportierten Wassermenge, dem Verbrauch und der aus der Zone heraus fließenden Wassermenge kann errechnet werden, ob eine Leckage vorliegt.

Es soll ein kontinuierliches Leckmonitoring untersucht werden, d. h. eine softwaregestützte Verlustüberwachung mit Druck- und Durchflussmessung im Rohrnetz. Diese Verlustüberwachung setzt ein kalibriertes hydraulisches Rechenmodell voraus, dadurch können anhand der tatsächlichen Volumenströme mögliche Leckageorte auf kleinere Netzbereiche eingegrenzt werden.

### Use Cases Berliner Wasserbetriebe im Bereich Datenanalyse

Bei den Berliner Wasserbetrieben (BWB) werden in großem Umfang Prozessdaten im Bereich von Abwasser- und Trinkwasserprozessen gesammelt. Die Daten werden bisher nicht systematisch plausibilisiert und analysiert. Im Rahmen von W-Net 4.0 sollen drei Anwendungsfälle untersucht werden.

#### Use Case 1: Korrelation der chemischen Qualitätsparameter der Wasserwerke mit Daten aus Biosensoren

Die BWB erheben an den Wasserwerken fünf Qualitätsparameter (pH, Redox, Trübung, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt) als Indikatoren für die Trinkwasserqualität. Seit 2016 werden zusätzlich Biosensoren (Bachflohkrebse) zur unspezifischen Überwachung des Trinkwassers installiert. Im Projekt sollen alle verfügbaren Qualitätsdaten auf Plausibilität untersucht werden. Betriebliche Ereignisse wie Wartungen, Kalibrierungen und andere Ereignisse sollen herausgefiltert werden. Eine Datenanalyse soll aufzeigen, ob Korrelationen zwischen den verschiedenen Trinkwasserparametern und/oder mit den Biosensoren bestehen.

#### Use Case 2: Algorithmen zur Plausibilisierung von Labordaten, die die Trinkwasserqualität beschreiben

Neben den online gemessenen Qualitätsparametern nutzen die BWB eine Vielzahl an Laboruntersuchungen, um die Trinkwasserqualität zu überwachen und zu sichern. Die Qualitätssicherung und Validierung dieser Daten hat einen hohen Stellenwert im zertifizierten Labor der BWB. Um den Aufwand zur Validierung der Labordaten zu reduzieren, sollen Algorithmen entwickelt werden,

die bei der Übertragung des Messwerts vom Messgerät in die Labordatenbank Plausibilitätschecks vornehmen (z. B. Berücksichtigung der Probenahmestelle, historische Streuung der Daten, Nachweisgrenze).

#### Use Case 3: Plausibilisierung von Fördervolumenströmen von Abwasserpumpwerken zu Klärwerken und Validierung der gemessenen Sauerstoffkonzentration

In Berlin wird das Abwasser über Kanäle (ca. 9.600 km), 160 Pumpwerke und Abwasserdruckleitungen (1.200 km) zu den Kläranlagen transportiert. Bisherige Datenanalysen basieren u. a. auf aggregierten Fördermengen pro Tag für Trockenwetter sowie Regenwetter, die als Kennziffer die Verteilung der Abwassermengen und die Auslastung des Systems angeben. Diese Daten sollen plausibilisiert und automatisiert auf fehlerhafte bzw. fehlerhaft berechnete Werte überprüft werden.

Im Klärwerk ist die durch Sonden gemessene Sauerstoffkonzentration im Belebungsbecken eine wesentliche Regelungsgröße für den Betrieb der Belüfter, die einen Hauptteil des Stroms im Kläranlagenbetrieb verbrauchen. Ziel einer Fallstudie ist es, anhand von Anlagenkenndaten Situationen mit Sondenverschmutzungen automatisiert frühzeitig zu erkennen und somit eine übermäßige Luftzufuhr und damit Energieeinsatz zu vermeiden.

■ **Dr. Thomas Bernard**  
Fraunhofer-Institut für Optronik,  
Systemtechnik und Bildauswertung IOSB  
thomas.bernard@iosb.fraunhofer.de  
<https://www.iosb.fraunhofer.de>

■ **Armin Canzler**  
COS Systemhaus OHG

■ **Dr. Jochen Deuerlein**  
3S Consult GmbH

■ **Rüdiger Höche**  
Stadtwerke Bühl GmbH

■ **Holger Glaser**  
Schwarzwald Wasser GmbH

■ **Dr. Alexander Sperlich**  
Berliner Wasserbetriebe

■ **Dr. Katharina Teuber**  
Berliner Wasserbetriebe