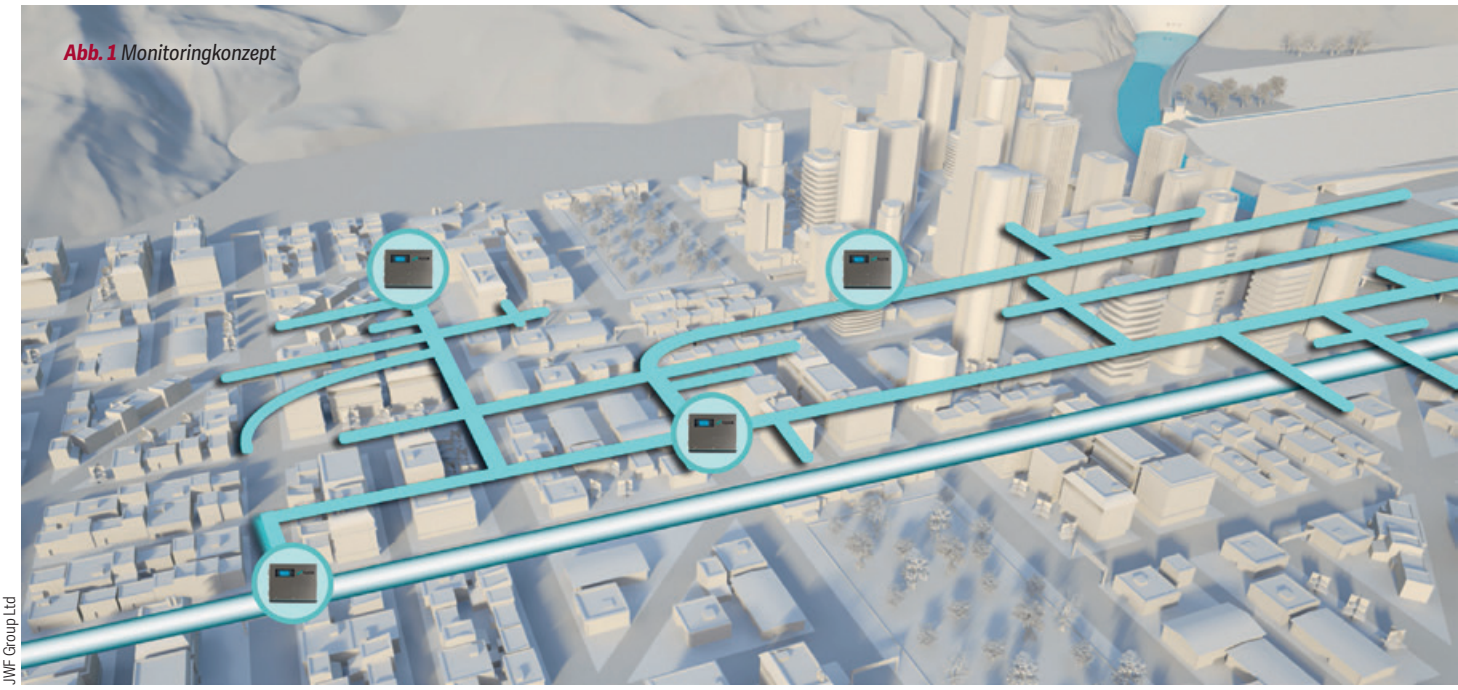

Abb. 1 Monitoringkonzept

JWF Group Ltd

Einsatz von digitalen Zwillingen in der Wasserversorgung

Entsprechend der Ergebnisse aus der IST-Zustandsbeschreibung der Wasserversorgung in Baden-Württemberg durch den Masterplan Wasserversorgung und dem Ausblick bis 2050 zeigt sich, dass das Thema Ressourcen auf der einen und das Thema Spitzenbedarf auf der anderen Seite zu einer kritischen Wasserbilanz führen kann. Die neue EU-Trinkwasserrichtlinie [1] legt außerdem einen Schwerpunkt auf das Thema Risikomanagement, der diesen Ansatz vom Einzugsgebiet über die öffentliche Wasserversorgung bis hin zur Trinkwasserinstallation innerhalb von Gebäuden umfasst. Um sich diesen Herausforderungen anzunehmen, wird nachfolgend das Konzept des digitalen Zwillings von Wasserversorgungsnetzen in Form von hydraulischen Rechennetzmodellen beschrieben.

Die öffentliche Wasserversorgung in Baden-Württemberg liegt laut § 50 Wasserhaushaltsgesetzt [2] im Rahmen der sogenannten Daseinsvorsorge in der Verantwortung der Kommune. Vorgaben zur Qualität, zur Quantität und dem entsprechenden Versorgungsdruck werden in Verordnungen und Regelwerken vorgegeben. Klimaprognosen bis 2050 zeigen, dass in manchen Teilen des Landes um bis zu 20 % weniger Grundwasser neu gebildet wird. Zudem ist insbesondere im Sommer mit deutlichen Temperaturzunahmen, längeren Trockenperioden und häufigeren extremen Wetterereignissen wie Starkregen zu rechnen. Bereits heute stößt die öffentliche Wasserversorgung in ausgeprägten Trockenperioden teilweise an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit. Viele Kommunen sind von einer einzigen Wasserversorgung abhängig und haben keine Alternative wie den Anschluss an einen Fernwasserversorger oder eine Nachbargemeinde. Fällt die Wasserversorgung aus (wie z. B. bei einem vorübergehenden Vertrocknen von Quellen), könnten die Kommunen die Versorgung der Bevölkerung nicht bzw. nicht vollumfänglich gewährleisten [3].

Methodischer Ansatz

Aufgrund der aktuellen und zukünftigen Herausforderungen in der Wasserversorgung ist eine der zu klärenden Fragestellungen, wie sich das Wasserversorgungssystem selbst tatsächlich im Detail bezüglich Menge und Druck verhält. Und dies vor allem in Bezug auf anstehende mögliche Engpässe in der Kundenversorgung und dem gegenüber möglichen technischen Lösungen, diese Engpässe ggf. auch durch betriebliche Maßnahmen zu vermeiden. Dabei gilt es vorrangig, die bestehende Netzstruktur – sofern möglich – noch optimierter zu nutzen.

Eine Option, den tatsächlichen Zustand bzw. die tatsächliche Leistungsfähigkeit entsprechend zu kennen und ggf. erforderliche Maßnahmen frühzeitig zu setzen, ist der Aufbau eines digitalen Zwillings. Darunter versteht man die digitale Repräsentanz eines materiellen oder immateriellen Objekts aus der realen Welt in der digitalen Welt. Digitale Zwillinge ermöglichen einen übergreifenden Datenaustausch. Sie sind mehr als reine Daten, bestehen aus Modellen des repräsentierten Objekts und können zusätzlich Simulationen, Algorithmen und Services enthalten, die Eigenschaften oder Verhalten des repräsentativen Objekts beschreiben, beeinflussen oder Dienste darüber anbieten.

Der hier vorgestellte Ansatz umfasst das Abbild des öffentlichen Wasserversorgungsnetzes in einem hydraulischen Rechennetzmodell unter Einbindung der Ressourcendaten (Auslaufzähler der Behälter, Zuflussmessungen aus Druckerhöhungsanlagen), Kundenverbrauchsdaten (digitale Wasserzähler) sowie zusätzlicher Informationen im Versorgungsnetz (z. B. Durchflussmessungen).

Hydraulische Netzmodelle

Im DVGW GW 303-1 [4] wird bereits darauf verwiesen, dass die Rohrnetzberechung ein wichtiges Werkzeug bei der optimalen Auslegung und Nutzung eines Rohrleitungsnetzes darstellt. Zielsichere Veränderungen im Rohrleitungsnetz und der einwandfreie Betrieb der Versorgungsanlagen sind wirtschaftlich nur bei genauer Kenntnis der Druck- und Strömungsverhältnisse möglich. Ebenfalls wird darauf hingewiesen, dass die Nutzung eines Rechennetzmodells ohne Vergleichsrechnung, also dem Datenabgleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen, nicht sinnvoll ist.

Aktuell werden hydraulische Netzmodelle in der Wasserversorgung typischerweise aus GIS-Daten mit Angaben zu Materialtyp (Rauheit), Länge und vorhandenen Nennweiten aufgebaut, die entsprechenden Assets (Behälter, Pumpen, Druckreduzierventile usw.) und deren Betriebseinstellungen (Minimum, Maximum, Pumpenkennlinie usw.) angelegt. Die Verbrauchszuordnung je Netzmodellknoten erfolgt in der Regel kundenscharf über die jährliche Verbrauchsabrechnung. Typische Tageslastprofile, wie sie beispielweise im Gas (Standardlastprofile) vorhanden sind, sind noch nicht Standard.

Online-Wasserbilanz

Die Qualität eines Trinkwassernetzes kann näherungsweise auch durch Kennzahlen beschrieben werden. Neben den Kennzahlen wie der jährlichen Schadensrate pro km Leitungsnetz oder dem mittleren Netzalter bietet auch die Berechnung und Einordnung der Wasserverluste eine Aussage über den Zustand des Leitungsnetzes. Entsprechende Kennzahlen wie etwa der Infrastructural Leakage Index (ILI) werden im DVGW-Regelwerk [5] bereits als relevante Kenngröße geführt. Auch in der neuen EU-Trinkwasserrichtlinie ist nun vorgesehen, dass die Mitgliedsstaaten eine Bewertung der Wasserverluste vornehmen und auch das Potenzial zur Verringerung der Wasserverluste erfassen. Als Bewertungsmethode wird ebenfalls der Infrastructural Leakage Index empfohlen. Die Regelung gilt für Wasserversorger, die mindestens 10.000 m³ pro Tag liefern bzw. mindestens 50.000 Personen versorgen. Grundlage zur Bewertung der Wasserverluste ist die Berechnung einer Wasserbilanz.

RBS wave

Abb. 2 *Wasserbilanz eines Versorgungsgebietes (Zufluss/Abfluss + Hauswasserzähler)*

Wird nun in einem digitalen Zwilling das Versorgungsnetz in einem hydraulischen Rechennetzmodell abgebildet und werden sämtliche Zu-/Abflüsse sowie die Verbrauchsdaten der Kunden z. B. mit digitalen Wasserzählern erfasst, lässt sich die Berechnung der Wasserbilanz auch online durchführen. In den hier abbgebildeten Grafiken wird der gemessene Netzzufluss (blaue Linie) mit einem vom Modell vorhergesagten Soll-Durchfluss (rote Linie) verglichen. Als dritte Größe sind im grün markierten Bereich die Summe der gemessenen Verbrauchsdaten der Kunden dargestellt. Der in Abbildung 2 dargestellte Netzbereich verfügt noch nicht über sämtliche online vorhandenen Verbrauchsdaten auf der Kundenseite. In einem ersten Schritt wurden vorrangig die größten Kunden mit digitalen Wasserzählern ausgestattet. Schrittweise werden nun die restlichen Kunden kontinuierlich nacherfasst. Es kann aber bereits jetzt erkannt werden, dass die Differenz zwischen der Fläche des gemessenen Verbrauchs (grün) und der gemessenen Netzeinspeisung (rot) gering ist.

Eingrenzen einer nicht gemessenen Entnahme

Werden bei einem digitalen Zwilling die Entnahmemengen (Hausanschlüsse) sowie die Zu-/Abflüsse in dem Versorgungsgebiet messtechnisch erfasst und ausgewertet, lassen sich Änderungen im Netz kurzfristig erkennen. Kommt es zu einer Differenz im Netzzufluss, die sich nicht durch eine gemessene Kundenabnahme erklären lässt, liegt eine nicht gemessene Entnahme vor, die möglicherweise auf eine Leckage im Netz schließen lässt. Diese Aussage kann bei Betrachtung eines Nachtminimums bereits bei der Überwachung der größten Entnahmen (Abb. 2) getroffen werden. Liegen nun weitere Daten durch im Netz installierte Messgeräte (z. B. Durchfluss) vor, kann ein Abgleich des hydraulischen Netzmodells als Soll-Wert mit den Ist-Werten je Messgerät durchgeführt werden. Durch diesen Datenvergleich kann der Bereich errechnet werden, bei dem mit größter Wahrscheinlichkeit diese zusätzliche Entnahme Leckage aufgetreten ist. Abbildung 3 zeigt ein entsprechendes Ergebnis mit der rechnerischen Vor-Ortung der möglichen Leckage (roter Bereich). Ändern sich nur lokal und nicht global die Fließmengen an einzelnen Messgeräten, handelt es sich nicht um eine Leckage. Hier kann die Lage einer geänderten Netzeinstellung (z. B. geschlossener Schieber) ebenfalls über die Online-Simulation im hydraulischen Netzmodell simuliert werden.

Über sogenannte virtuelle Zonen, also der Überwachung zusätzlich im Versorgungsnetz installierter Messtechnik, kann eine Vor-Ortung von Zustandsänderungen im Netz (tempo-

RBS wave

Abb. 3 *Vor-Ortung eines Versorgungsgebietes mit erhöhter Entnahmemenge*

Werden bei einem digitalen Zwilling die Entnahmemengen (Hausanschlüsse) sowie die Zu-/Abflüsse in dem Versorgungsgebiet messtechnisch erfasst und ausgewertet, können Änderungen im Netz kurzfristig erkannt werden.

rär geschlossener Schieber, Leckage) verlässlich erkannt werden. Diese Methodik, die auch im DVGW W 392 beschrieben wird, wird von RBS wave als Messtechnik mit dem System LeakControl und als Auswertesoftware LeakFinder erfolgreich angewendet.

Die verwendete Methodik verfolgt dabei eine automatische Vergleichsberechnung des Ist-Zustands aller im Netz verfügbaren relevanten Messgeräte und des Soll-Zustands laut hydraulischem Netzmodell. Dabei ist es essenziell, dass das hinterlegte hydraulische Netzmodell kalibriert und daher bestmöglich der Realität entspricht. Relevante Abweichungen werden in der Regel bereits bei der Inbetriebnahme eines digitalen Zwillings erkannt (nicht korrekte Nennweiten, nicht im Planwerk vermerkte Rohrleitungen), eine Kalibrierung nach DVGW GW 303-1 erleichtert jedoch das Training des Systems.

Die Erfahrung in der Anwendung des hier vorgestellten Systems zeigt, dass derzeit noch eine recht hohe Rechenleistung vonnöten ist, weshalb es aktuell vorrangig als Cloud-Lösung verwendet wird. Der Zeitverzug zur Vorortung umfasst dabei – je nach Netzgröße – etwa ein bis zwei Stunden nach Übermittlung der Messdaten. Auch gibt es bei der Datenübertragung der digitalen Hauswasserzähler oft einen Zeitverzug von bis zu einem Tag, was ebenfalls einen Einfluss auf die Vorortung hat.

Zusammenfassung

Ein hydraulisches Rechennetzmodell als Abbild der bestehenden Wasserversorgung bietet die Möglichkeit, die Anforderungen in der Versorgung der Kunden zu simulieren. Mit der Verlinkung von online verfügbaren Daten auf der Ressourcenseite (z. B. Hochbehälter und Druckerhöhungsanlagen) und dem Abnahmeverhalten der Kunden durch digitale Wasserzähler, kann der bestehende Netzbetrieb online simuliert und damit auf ggf. erforderliche Einflussfaktoren frühzeitig reagiert werden. Mit der Verfügbarkeit des Zu-/Abflusses und des Verbrauchs lässt sich entsprechend online eine Wasserbilanz über das betrachtete Netzgebiet erstellen.

Durch die Positionierung zusätzlicher Messgeräte im Netz kann auch eine Veränderung im Netz (geschlossener Schieber, Leckage) berechnet und vorgeortet werden. Dies führt zu einer deutlichen Zeitersparnis und zu einem deutlich effizienteren Einsatz von Personal sowie verfügbarer Wasserressourcen durch Ausnutzung der Leistungsfähigkeit des Versorgungsnetzes. Besonders mit Hinblick auf die prognostizierte Änderung der klimatischen Bedingungen und dem Verbrauchsverhalten der Kunden können zumindest auf der Netzseite mit dem Aufbau eines digitalen Zwillings diese Randbedingungen abgebildet und mögliche Auswirkungen vorausschauend simuliert und dadurch reagiert werden.

Literatur

[1] Richtlinie (EU) 2020/2184 des europäischen Parlaments und des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.

[2] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG).

[3] Masterplan Wasserversorgung Baden-Württemberg. https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/wasser/wasserversorgung.

[4] DVGW GW 303-1 Berechnung von Gas- und Wasserrohrnetzen – Teil 1: hydraulische Grundlagen, Netzmodellierung und Berechnung.

[5] DVGW W 392 Wasserverlust in Rohrnetzen; Ermittlung, Wasserbilanz, Kennzahlen, Überwachung.

Autor

Dr. Gerald Gangl
RBS wave GmbH
Mittlerer Pfad 2-4
70499 Stuttgart
Tel.: +49 (0) 711 18571 586
g.gangl@rbs-wave.de
www.rbs-wave.de

PLASSON Trinkwasserbrunnen

Zur Bereitstellung von Trinkwasser an öffentlichen Orten wie Marktplätzen, Fußgängerzonen, Parks etc.

- Hygienisch einwandfrei durch hydraulisch gesteuerten Trinkwasserspender
- Intelligentes Spül- und Reinigungskonzept für stetig frisches Trinkwasser
- Flexibler Einbau im Netz durch teleskopierbare Unterflureinheit
- Sicherer Betrieb durch hochwertige Materialien und Komponenten
- Saisonaler Betrieb ohne Fremdstrom

PLASSON®
Mensch · Produkt · Service

Ein neues innovatives Produkt von PLASSON –
in Zusammenarbeit mit führenden Wasserversorgungsunternehmen entwickelt!

www.plasson.de