

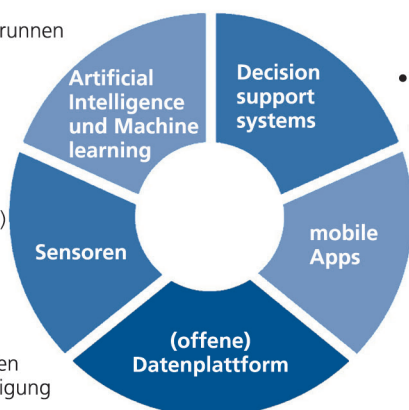
Dr. Nicolas Caradot; Dr. Hella Schwarzmüller; Dr. Bodo Weigert

Mit Wasserüberwachung in Echtzeit rechtzeitig handeln

Weltweit stehen Kommunen vor der Aufgabe, Wassersysteme mittelfristig an neue Gegebenheiten anzupassen und sie resilienter gegen unvorhersehbare Ereignisse zu machen. Digitale Lösungen für das Abwasser- und Wassermanagement werden dafür immer bedeutsamer.

- Durchflussmessungen im Kanalnetz
- Instandhaltung von Brunnen

- E.coli Bakterien
- Wasserstress (Drohne)
- Identifizierung von Falsch-, Fehlanschlüssen
- Temperatursensoren zur Erkennung von Mischwasserüberläufen
- Kamera für Kanalreinigung



- Web-Plattform für die Interoperabilität der Daten

- Frühwarnsysteme für
 - Badegewässer
 - Wasserwiederverwendung
 - Wasserzuteilung
- Real time control (RTC) des Abwassertransports im Kanalnetz zu Kläranlagen

- Augmented Reality (AR) zur Visualisierung von Themen des Grundwasser-managements
- „Serious Games“ für das Thema Wasserwieder-
verwendung
- App für Badewasser-
qualität

ten einen erheblichen Beitrag zur Verbesserung der Bewirtschaftung von Wasserinfrastrukturen.

Die Überwachung der Wasserqualität in Echtzeit, der Einsatz virtueller Realität, um komplexe industrielle Prozesse abzubilden, Machine Learning zur Optimierung des Betriebs und die Senkung von Instandhaltungskosten sollen keine Vision bleiben, sondern künftig Eingang in den wasserwirtschaftlichen Alltag finden. Auch die Qualität der Wasserdienstleistungen wird durch eine digitale Vernetzung zwischen Wasserbetrieben, Behörden und Bürgern deutlich angehoben, und darüber hinaus eignen sich digitale Anwendungen auch dazu, die Öffentlichkeit für anstehende Umsetzungsmaßnahmen besser zu sensibilisieren.

Bild 1 Digitale Lösungen im Projekt Digital-Water.City
Quelle: DWC

Digital-Water.City - Digitale Lösungen finden und erproben

Vor diesem Hintergrund hat sich das europäische Verbundvorhaben Digital-Water.City (DWC) die Aufgabe gestellt, bereits

Weltweit stehen Kommunen vor der Herausforderung, ihre Wassersysteme mittelfristig an neue Gegebenheiten anzupassen und sie resilienter gegen unvorhersehbare Ereignisse zu machen. Bekannte Treiber sind der Klimawandel, die Bevölkerungsentwicklung und schlicht auch alternde Infrastrukturen. Prognosen sagen, dass europäische Kommunen ihre Investitionen zur Erneuerung der Infrastruktur für Wasserversorgung und Abwasserbehandlung von derzeit jährlich 45 Mrd. € mittelfristig verdoppeln müssen /1/.

Digitale Lösungen eröffnen dem Wassersektor eine Vielzahl von Möglichkeiten. Tatsächlich wird digitales Wasser nicht mehr als eine "Option", sondern als ein "Imperativ" für ein nachhaltigeres und sichereres Wassermanagement angesehen. Digitale

Technologien wie mobile Endgeräte, Online-Sensoren, Methoden des Maschinellen Lernens und Künstlicher Intelligenz (KI) sowie Cloud-Lösungen unterstützen diesen anstehenden Anpassungsprozess und leis-

Fakten zum Projekt

Projektvolumen: 5,9 Mio. €

Fördervolumen: 5,0 Mio. €,

Europäische Union im Programm HORIZON
2020 (ID: 820954)

Leitung u. Kompetenzzentrum Wasser Berlin mit 24 Partnern

Partner: aus zehn europäischen Ländern. Die Untersuchungen laufen in den Metropolen Berlin, Paris, Sofia, Kopenhagen und Mailand.

Laufzeit: 2019–2022

Website: www.digital-water.city



Projektpartner

- Gimeno Digital Technologies SL (Giditek)
- Arctik SPRL, Woluwe Saint-Pierre (Belgien)
- Berliner Wasserbetriebe, Berlin (Deutschland)
- Biofos AS, Kopenhagen (Dänemark)
- Cap Holding Spa, Assago (Italien)
- DHI AS, Horsholm (Dänemark)
- Ecologic Institut gGmbH, Berlin (Deutschland)
- Fluidion, Paris (Frankreich)
- Fundacio Institut Catala de Recerca de l'Aigua, Girona (Spanien)
- I-Catalist SL, Madrid (Spanien)
- Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture, Antony Cedex (Frankreich)
- iPEK International GmbH, Sulzberg (Deutschland)
- Instituto Superiore di Sanità, Rom (Italien)
- Kando Environmental Services Ltd., Tzur Yigal (Israel)
- Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, Berlin (Deutschland)
- Partners4Urbanwater, Nijmegen (Niederlande)
- SINTEF AS, Trondheim (Norwegen)
- Sofyiska Voda AD, Sofia (Bulgarien)
- Sorbonne Université, Paris (Frankreich)
- Strane Innovation S. A. S., Yvette (Frankreich)
- Syndicat Interdepartmental pour l'Assainissement de l'Agglomeration Parisienne, Paris (Frankreich)
- Universita degli Studi di Milano, Mailand (Italien)
- Universita Politecnica delle Marche, Ancona (Italien)
- Vragments GmbH, Berlin (Deutschland)

verfügbare digitale Lösungen aufzugreifen, für den Einsatz im Wassersektor weiterzuentwickeln und zusammen mit Betreibern vor Ort zur Anwendung zu bringen. Das Projekt wurde im Juni 2019 gestartet. Seitdem arbeiten unter der Leitung des Kompetenzzentrums Wasser Berlin (KWB) insgesamt 24 Institutionen aus 10 europäischen Ländern mit Fachleuten aus Wissenschaft, Wirtschaft sowie aus Wasserver- und entsorgungsbetrieben zusammen.

Die europäischen Großstädte Berlin, Mailand, Kopenhagen, Paris und Sofia, die zusammen immerhin 30 Mio. Einwohner repräsentieren, sind als „End user“ aktiv dabei, die Potenziale smarter digitaler Technologien für ihre Bedarfe im realen Betrieb zu testen. Weiterhin sorgen so genannte „Communities of Practice“ dafür, dass der Erfahrungsaustausch und der Wissenstransfer innerhalb des Projektkonsortiums und insbesondere auch zwischen den beteiligten Städten optimal funktioniert. Neben technischen Fragestellungen werden hier insbesondere auch wichtige umsetzungsrelevante Themen wie Cybersicherheit und gesetzliche Rahmenbedingungen bearbeitet.

Sofia, Paris, Berlin im Fokus ausgewählter Fallstudien

Die nachfolgende Auswahl von Fallstudien, an denen das Kompetenzzentrum Wasser Berlin direkt beteiligt ist, zeigt beispielhaft die praxis- und lösungsorientierte Herangehensweise im Vorhaben.

Fallbeispiel Sofia – Überwachung der Mischwasserkanalisation mit Temperatursensoren

Für die meisten Städte ist ein unverlässlicher Betrieb der Mischwasserkanalisation eine besondere Herausforderung. Denn bei heftigen Regenfällen, die durch den Klimawandel regional noch häufiger auftreten werden, führen hydraulische „Entlastungen“ aus dieser Kanalisation, d. h. die direkte Einleitung von Mischwasser in die Gewässer, dort temporär zu erheblichen Qualitätseinbußen. Der Bau von kostenintensiven Rückhaltebecken zur Zwischenspeicherung von Mischwasser ist eine wichtige Maßnahme, die Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie einzuhalten. Neben der Umsetzung von lokalen Rückhaltekonzepten („Schwammstadt-Konzept“) wird auch an kostengünstigen Lösungen gearbeitet, um noch nicht genutzte Stauraumvolumina direkt im Kanal zu aktivieren. Dazu sind allerdings umfangreiche Kenntnisse zum hydraulischen Verhalten von Mischwasserabflüssen im Kanal notwendig. Mit Durchflussmessgeräten, die an die harten Betriebsbedingungen im Abwasserkanal angepasst sind, können gute Ergebnisse erzielt werden. Ein flächendeckender Einsatz solcher Messtechnik wurde aber wegen des hohen finanziellen Aufwands bisher nie durchgeführt.

Im Projekt DWC werden jetzt zusammen mit der Stadt Sofia und ihrem Wasserbetrieb Sofyiska Voda /2/ völlig neue Wege zur Quantifizierung von Mischwasserbewegun-

gen im Kanalnetz beschritten. Grundidee ist es, Informationen zum genauen Abflussgeschehen im Kanalsystem durch Temperaturmessungen und Auswertung der Daten über KI-Algorithmen und Big-Data-Analysen zu gewinnen. Dazu wurden im gesamten Kanalsystem von Sofia über 50 robuste kostengünstige Echtzeit-Temperatursonden (Auflösung: 0,14 °C, Standardabweichung $\pm 0,53$ °C, Betriebsbereich: -20 °C bis +50 °C) des am DWC-Projektkonsortium beteiligten katalanischen Wasserforschungsinstituts ICRA eingebaut. Die Datenübermittlung erfolgt drahtlos über LORAWAN an einen zentralen Server. Erste Daten werden in den nächsten Monaten erwartet. Mit dieser Technik soll erstmals ein umfassendes Bild zum Abflussgeschehen in einer Mischwasserkanalisation im Großmaßstab und in einer hohen zeitlichen und örtlichen Auflösung erreicht werden. Diese Daten fließen dann direkt in hydraulische Modelle ein und verbessern die Rückhaltekapazität der Mischwasserkanalisation durch Nutzung der vorhandenen Stauräume.



Bild 2 Kanalüberwachung in Bulgariens Hauptstadt Sofia
Quelle: Sofyiska Voda



Bild 3 Olympische Spiele 2024 in Paris: Mit der Seine ist erstmals ein Fluss geplanter Schauplatz für die Schwimmwettkämpfe.

Quelle: open source

Fallbeispiel Paris – Schutz für Badende in Fließgewässern durch Vorhersage und Online-Überwachung der Wasserqualität

Immer mehr Menschen möchten in Fließgewässern, auch mitten in der Stadt, baden. Dies stellt viele Kommunen vor große Herausforderungen, da gerade innerstädtische Gewässer zeitweise durch Einleitungen aus der Regenwasser- und Mischwasserkanalisation hygienisch stark belastet werden. Da eine klassische amtliche mikrobielle Untersuchung von hygienischen Parametern ca. 2 Tage dauert, ist auf diesem Weg eine kontinuierliche Echtzeit-Überwachung der Wasserqualität nicht möglich.

Mit neuen datengetriebenen Methoden ist es jetzt dennoch möglich, tagesaktuelle Informationen zur hygienischen Gewässerqualität zu gewinnen. Seit 2018 liefert ein Prognoseinstrument für einzelne Berliner Badestellen tagesgenaue Vorhersagen der Badegewässerqualität, die jederzeit online abgerufen werden können /3/. Die Prognosen werden auf Basis von allgemein verfügbaren städtischen Daten über ein statistisches Modell berechnet /4/.

Im Projekt DWC soll auf dieser Grundlage

ein solches Vorhersagesystem nun in Paris gemeinsam mit dem dortigen Abwasserverband SIAAP /5/, zuständig für den Abwassertransport und die Abwasserbehandlung für 9 Mio. Einwohner, entwickelt werden. Paris möchte als Gastgeber der Olympischen und Paralympischen Spiele 2024 mit Blick auf die in der Seine auszutragenden Schwimmwettkämpfe eine dauerhafte und sichere Badegewässerqualität gewährleisten. Ziel ist es hierbei, die behördliche Überwachung von Badestellen, die örtlich notwendigen Hygienestrategien sowie das Echtzeitmanagement des Kanalsystems zu verbessern. Dazu werden routinemäßig anfallende meteorologische Daten und Gewässerdaten durch Anwendung geeigneter Algorithmen des „maschinellen Lernens“ zur Erstellung von Prognosen aufbereitet. Die verwendeten Algorithmen variieren von einfachen, aber leicht zu kommunizierenden Ansätzen (einfache Regressionsbäume, lineare Regression) bis hin zu erweiterten Algorithmen (fortgeschrittenes baumbasiertes Modell, künstliche neuronale Netze). Zusätzlich sollen diese Prognosen mit Daten aus der Echtzeitmessung von Hygieneparametern im Gewässer unterstützt werden.

Zur Anwendung kommt hier ein neuartiges Messsystem des französischen Unternehmens Fluidion. Ein schwimmender Sensor bestimmt vollautomatisch und innerhalb weniger Stunden die Konzentrationen der für Badegewässerhygiene relevanten Keime E. coli und Enterokokken. Dieses Messsystem wird derzeit auch vor Ort in Berlin in den Flüssen Spree und Havel getestet.

Die Prognosen zur Badegewässerqualität sollen in eine „Mobile App“ eingebettet werden, um Akteure und Bürger über die Risiken in Badegewässern bezüglich Wasserqualität zu informieren und gleichzeitig für Themen des Wassermanagements zu sensibilisieren.

Fallbeispiel Berlin – Instandhaltung und Betrieb von Trinkwasserbrunnen mit mobilen Anwendungen

Die Trinkwasserversorgung aus Grundwasser erfordert den Betrieb von Filterbrunnen. Aufgrund der komplexen hydro- und biochemischen Prozesse entlang der Fließstrecke des Grundwassers und beim Eintritt in das Brunnenbauwerk kommt es in Brunnen typischerweise zur Bildung von Ablagerungen. Diese behindern mit zunehmendem

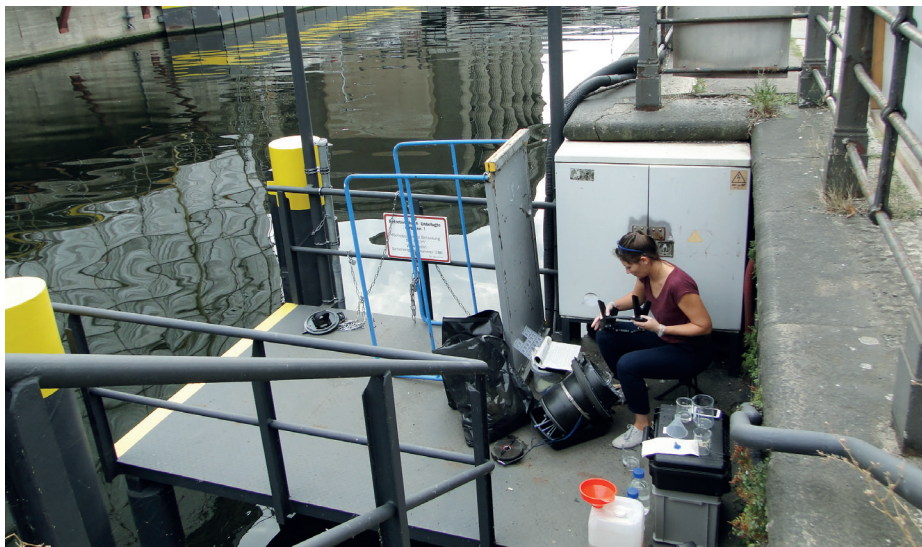


Bild 4a+b Echtzeit-Überwachung von Hygieneparametern in Badegewässern mit dem Sensor ALERT der Firma Fluidion: Vorbereitung und Fernüberwachung des Sensors zur Messung von E. coli und Enterokokken beim Einsatz in der Berliner Stadtspre.

Quelle: KWB

Brunnenalter den Zufluss des Wassers, so dass die Brunnenergiebigkeit, das ist das Fördervolumen pro Meter Absenkung des Wasserspiegels, sinkt. Dieser Prozess wird als Brunnenalterung bezeichnet. Alterungsarten umfassen zum Beispiel die Ablagerung von Eisenoxiden oder das Verstopfen mit feinsten Partikeln aus dem Grundwasserleiter. Brunnen werden daher in regelmäßigen Abständen in Stand gehalten. Dazu zählen Maßnahmen wie Ergiebigkeitstests in Form von Kurzpumpversuchen und Rege-

nerungen, d. h. die Entfernung von Ablagerungen. Für den Erhalt der Brunnenleistung und eine lange Standzeit des Brunnens ist es wichtig, Leistungsverluste rechtzeitig zu erkennen und möglichst frühzeitig Instandhaltungen durchzuführen.

Die Berliner Wasserbetriebe (BWB) betreiben zur Trinkwasserversorgung der Stadt rund 650 Vertikalfilterbrunnen. Für jeden dieser Brunnen sind Stammdaten zu Bohrung und Ausbau sowie Bewegungsdaten aus der regelmäßigen Zustandsbewertung

angelegt. Diese Daten sind in Datenbanken gesichert und werden zur Instandhaltungsplanung herangezogen. In DWC werden zwei Lösungen mit dem Ziel entwickelt, die Datenverfügbarkeit im Feld zu verbessern und mittels automatisierter Zustandsbewertungen alle Brunnen hinsichtlich ihrer Alterungsrate zu bewerten und entsprechend Instandhaltungsbedarfe zu priorisieren.

Aktuell werden die bisher vor Ort in Arbeitsberichten dokumentierten Daten auf eine digitale Erfassung mit mobilen Endgeräten

Gep plante Fallstudien

Berlin

- Einsatz von innovativen Sensoren zur Identifizierung von Fehllanschlüssen in der Kanalisation sowie Überwachung von Mischwasserüberläufen, um Emissionen in die Gewässer zu verringern.
- Entwicklung einer Mobilien App zur Unterstützung des Vor-Ort-Personals bei Wartung und Reinigung von Brunnen.
- Anwendung von Visualisierungstechniken wie Augmented Reality zur Information und Sensibilisierung der Öffentlichkeit über die Herausforderungen des Grundwasser-managements.

Paris

- Verbesserung der Badegewässerqualität in der Seine für die Olympischen Spiele 2024. Mit Online-Sensoren, unterstützt durch Methoden des Maschinellen Lernens, sollen die Wasserqualität an den offiziellen Badestellen vorhergesagt und mögliche Keimbelastungen schnell festgestellt werden.

Sofia

- Der Fokus liegt hier auf der Verbesserung der Kanalnetzbewirtschaftung. Mit intelligenter Kanalreinigungstechnologie sollen Betriebskosten gesenkt und Überflutungen vermieden werden.
- Überwachung der Mischwasserkanalisation mit Temperatursensoren

Kopenhagen

- Einsatz von Online-Sensoren und Prognosetools zur Früherkennung von möglichen Überlastungen von Kanalnetz und Kläranlagen. Damit können bereits im Vorfeld von Starkregenereignissen Maßnahmen ergriffen und Kanalüberlastungen und Überflutungsrisiken sowie deren Umweltauswirkungen verringert werden.

Mailand

- Das Hauptaugenmerk liegt hier auf dem Monitoring möglicher Risiken bei der Wiederverwendung von Abwasser zur Bewässerung in der Landwirtschaft. Wie weit muss Wasser gereinigt werden, um es für die Bewässerung von Feldern, gerade auch in Trockenzeiten, nutzen zu können? Mit dem Einsatz von Drohnen soll die Effizienz der Bewässerung verbessert und ein Matchmaking zwischen Bedarf und Angebot erreicht werden.

umgestellt. Im Projekt DWC wird dazu ein neues digitales Brunnentagebuch entwickelt, mit dem alle bisher nicht digital erfassten Brunnendaten der existierenden Datenbankstruktur hinzugefügt werden. Damit können die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dann jederzeit und überall auf die digital vorliegenden Daten zugreifen und sich ein Brunnenübersichtsblatt anzeigen lassen. In einem zweiten Schritt werden zur Ergänzung der jährlich durchgeführten Kurzpumpversuche so genannte virtuelle Pumpversuche aus vorhandenen Betriebsdaten der Brunnen und Daten von Grundwassermessstellen erzeugt. Dies schließt zeitliche Lücken in den Daten und ermöglicht die Bewertung der Alterungsrate. Kombiniert mit den Stammdaten des Brunnens und hydrochemischen Parametern werden dann statistische Methoden getestet, um die zukünftige Entwicklung der Brunnenleistung

zu prognostizieren. Dazu werden Ansätze des „Maschinellen Lernens“, die am Kompetenzzentrum Wasser Berlin für das Asset Management der Abwasserkanalisation entwickelt wurden, auf die Bewirtschaftung von Brunnen übertragen. Zuletzt wird die Entwicklung der Brunnenalterung der einzelnen Brunnen zur Gesamtkapazität aller Brunnen und Werke aggregiert und erlaubt damit wesentlich fundiertere Entscheidungen zum Instandhaltungs- und Neubaubedarf.

■ **Dr. Nicolas Caradot**

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

nicolas.caradot@kompetenz-wasser.de

www.kompetenz-wasser.de

■ **Dr. Hella Schwarzmüller**

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

■ **Dr. Bodo Weigert**

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Literatur:

- /1/ <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/opinion/time-to-invest-in-europes-water-infrastructure/>, zuletzt abgerufen am 12.10.2020
- /2/ <https://www.sofiyskavoda.bg/en/>, zuletzt abgerufen am 12.10.2020
- /3/ <https://www.badegwaesser-berlin.de/>, zuletzt abgerufen am 12.10.2020
- /4/ 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
- /5/ <https://www.siaap.fr/siaap-greater-paris-sanitation-authority/>, zuletzt abgerufen am 12.10.2020

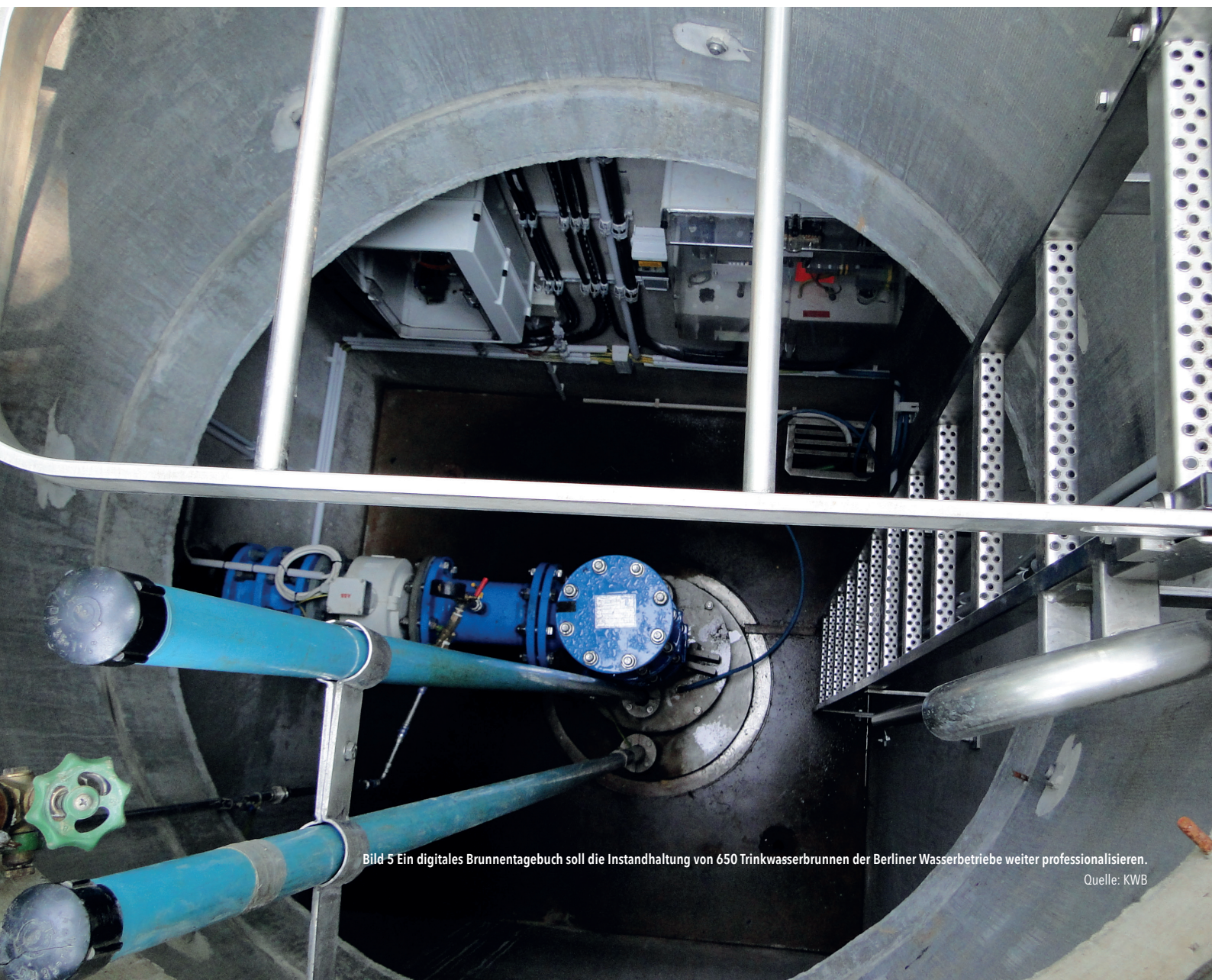


Bild 5 Ein digitales Brunnentagebuch soll die Instandhaltung von 650 Trinkwasserbrunnen der Berliner Wasserbetriebe weiter professionalisieren.

Quelle: KWB