

Von digitalen Zählern zur smarten Wasserversorgung: Chancen und aktuelle Herausforderungen

Eva Deuchert, Karoline Frank, Sven Kurrle, Heiner Lasi, Sebastian Renken

Einleitung

Die Wasserversorgung steht vor großen Herausforderungen. Der Klimawandel führt dazu, dass regional Wasserreserven knapper werden und steigende Spitzenlasten die bestehende Infrastruktur stärker belasten (Umweltbundesamt, 2023; DVGW, 2023). Gleichzeitig altert die Wasserinfrastruktur. Eine umfassende Modernisierung der Infrastruktur ist daher notwendig, die in den kommenden zwei Jahrzehnten Investitionen in Höhe von etwa 800 Milliarden Euro erfordert (BBH, 2025). Obwohl die Wasserversorgung als regionales Monopol traditionell einem geringeren Wettbewerbs- und Kostendruck unterliegt, fällt die aktuelle Investitionswelle in eine Phase, in der Kommunen und Stadtwerke parallel erhebliche Mittel in die Energie- und Wärmewende investieren müssen. Die Wasserinfrastruktur steht damit in direkter Konkurrenz um begrenzte Ressourcen, was den Effizienzdruck erhöht.

Smarte Wassernetze können ein Lösungsbaustein sein: Sie setzen auf Automatisierung und den Austausch von Echtzeitdaten und versprechen eine höhere Klimaresilienz, effizienteren Verbrauch und geringere Modernisierungskosten (Quaranta, Ramos, & Stein, 2023). Ob und in welchem Umfang diese Wirkungen tatsächlich erreicht werden, ist in der Praxis allerdings noch unzureichend belegt (Müller-Czygan, Tarasyuk, Wagner, & Wimmer, 2021).

Digitale Wasserzähler bilden die Grundlage für eine smarte Wasserversorgung, da sie detaillierte, zeitnahe Messdaten bereitstellen, wodurch zeitnahe Überwachung, Analyse und gezielte Betriebsoptimierung erst möglich werden. Dieses Standpunktpapier skizziert anhand der Auswertung strukturierter Interviews mit Wasserversorgern im Rollout von digitalen Wasserzählern und einer Pilotstudie, Chancen und Herausforderungen, die mit dem Rollout digitaler Wasserzähler und der Transformation zu einer smarten Wasserversorgung verbunden sind.

Rollout digitaler Wasserzähler – Praxiseinblicke

Der Rollout digitaler Wasserzähler steckt noch in den Kinderschuhen, aber manche Wasserversorger machen sich bereits auf den Weg. Im Rahmen einer systematischen Online-Recherche wurden die Internetauftritte aller privatrechtlichen Wasserversorger in Baden-Württemberg auf Hinweise zum Rollout digitaler Wasserzähler untersucht.

Berücksichtigt wurden öffentlich zugängliche Informationen wie Ankündigungen, Beschlüsse und Projektberichte. Etwa 10 % der Versorger wiesen zum Zeitpunkt der Erhebung (Stand: Januar 2025) konkrete Aktivitäten im Bereich digitaler Wasserzähler auf.

Aufbauend auf dieser Recherche wurden zwischen dem 15. Januar und dem 11. Februar 2025 strukturierte Interviews mit sieben Wasserversorgungsunternehmen durchgeführt, die den Rollout bereits begonnen hatten. Diese Stichprobe umfasst kleinere, ländlich geprägte Netzbetreiber und größere Versorger mit städtischem Versorgungsgebiet. Digitale Wasserzähler werden entweder im eigenen Netzgebiet eingesetzt oder im Rahmen von Betriebsführungsvereinbarungen in fremden Versorgungsgebieten verbaut. Die Interviews folgten einem standardisierten Leitfaden, der technische und betriebswirtschaftliche Aspekte des Einsatzes digitaler Wasserzähler abdeckte. Die Gesprächspartner waren für die Installation und den Betrieb der Messeinrichtungen verantwortlich.

Zählertausch

Wasserversorgungsunternehmen sind verpflichtet, den Wasserverbrauch über geeichte Messeinrichtungen zu erfassen. Die Eichfrist für Wasserzähler beträgt sechs Jahre. Nach Ablauf müssen Zähler einer Tranche entweder durch Stichprobenprüfung nachgeeicht oder ersetzt werden.

Mechanische Zähler werden aufgrund ihres Verschleißes meist nach sechs Jahren ausgetauscht. Bei digitalen Ultraschallzählern ist aufgrund der fehlenden beweglichen Teile der Verschleiß geringer, was eine Verlängerung der Eichfrist um weitere sechs Jahre ermöglicht. Dies wird von vielen Herstellern garantiert und von einem Gesprächsteilnehmenden praktisch bestätigt. Die erste Tranche digitaler Schachtzähler bestand die Stichprobenprüfung ohne Beanstandung. Die Mehrheit der befragten Versorger sieht in der verlängerten Eichfrist den Hauptanreiz für den Rollout digitaler Wasserzähler.

Der Rollout erfolgt bei allen Versorgern im Rahmen des turnusmäßigen Austauschs mechanischer Zähler und erstreckt sich über sechs Jahre. Während dieser Übergangsphase sind mechanische und digitale Zähler parallel im Einsatz. Während des Rollouts setzen Wasserversorgungsunternehmen in der Regel auf Wasserzähler eines einzelnen Herstellers. Einige berichten jedoch bereits von einem Herstellerwechsel.

Ablesung

Mechanische Wasserzähler werden in der Regel einmal jährlich manuell abgelesen, entweder vor Ort durch den Versorger oder durch Selbstmeldung der Kunden durch Abrechnungskarten. Digitale Wasserzähler ermöglichen durch die Fernauslesung eine Vereinfachung des Ableseprozesses, was von vielen Interviewteilnehmenden als zentraler Vorteil genannt wurde. Vier Wasserversorger nutzen zur Ablesung Drive-by-Systeme mit Wireless M-Bus: Die Zähler sind mit Kurzstreckenfunkmodulen ausgestattet, die Daten werden beim Vorbeifahren mit einem Empfangsgerät drahtlos erfasst. In Einzelfällen erfolgt die Auslesung in Kooperation mit der Abfallwirtschaft, meist jedoch durch eigene Mitarbeitende. Die Auslesefrequenz variiert je nach Netzgebiet zwischen täglich und jährlich.

Zwei Versorger setzen primär auf LoRaWAN, wobei die Messdaten über ein Funknetzwerk übertragen werden. Die Übertragung per LoRaWAN erfolgt in der Regel täglich. Die Abdeckung liegt häufig bei über 90 %, die restlichen Anschlüsse werden ergänzend per Drive-by erfasst. Ein weiteres Unternehmen kombiniert beide Verfahren, um städtische und ländliche Gebiete ohne LoRaWAN-Netz gleichermaßen abzudecken.

Abrechnung

Die Verbrauchsabrechnung ist der zentrale Anwendungsfall von Wasserzählern und erfolgt in der Regel einmal jährlich. Mehrere befragte Unternehmen nutzen fernausgelesene Zählerdaten bereits für die Abrechnung. Im Rollout-Prozess berichten jedoch viele Versorger von Schwierigkeiten bei der Integration paralleler Systeme (Fernauslesung und Auslesearten). Drei Unternehmen gaben daher an, aktuell weiterhin ausschließlich über Auslesearten abzurechnen, was mit einer doppelten Datenerfassung verbunden ist.

Betriebsoptimierung

Digitale Wasserzähler stellen neben dem summierten Verbrauchsvolumen zusätzliche Informationen (z.B. Durchfluss, Volumen, Vorlauf, Rücklauf, Temperatur, Empfangsqualität, Events, Batteriestand) bereit. Diese Daten können gezielt zur Betriebsoptimierung genutzt werden, etwa für Wasserverlustreduktion, Wasserqualitätsmanagement, Netzzustandsbewertung, Last- und Bedarfsprognosen oder Instandhaltungsmanagement. Zwei der befragten Unternehmen setzen die erhobenen Daten für die Netzüberwachung ein. Viele weitere Unternehmen planen eine Nutzung der erhobenen Daten, sehen sich jedoch aktuell durch fehlende technische Lösungen und limitierte persönliche Ressourcen eingeschränkt.

Kundenmanagement

Die ursprüngliche Befürchtung, dass digitale Wasserzähler von Kunden abgelehnt würden, insbesondere wegen der hohen zeitlichen Auflösung der Verbrauchsdaten und möglicher Rückschlüsse auf persönliche Lebensgewohnheiten, haben sich in der Praxis nicht bestätigt. Ablehnungen oder der Wunsch nach Verzicht auf Funkübertragung wurden von Kunden nur sehr vereinzelt geäußert.

Mehrere Gesprächsteilnehmende betonten den Nutzen digitaler Zählerdaten im Beschwerdemanagement. Die hohe Datenauflösung ermöglicht eine Plausibilisierung bei Reklamationen und hilft, ungewöhnliche Verbrauchswerte auf technische Fehler, Leckagen oder andere Ursachen zurückzuführen.

Kunden haben meist keinen strukturierten Zugang zu den Verbrauchsdaten, abgesehen von der jährlichen Abrechnung. Einige Versorger bieten über M-Bus-Schnittstellen einen Zugriff an, der jedoch nur selten genutzt wird und wenn, dann vor allem von gewerblichen Kunden.

Digitale Wasserzähler erkennen potenzielle Leckagen im Gebäude, meist durch einfache Algorithmen wie Schwellenwertanalysen oder die Detektion kontinuierlicher Durchflüsse. Da solche Leckagen auf Kundenseite liegen, ist die Reaktion darauf uneinheitlich. Manche Versorger reagieren gar nicht, andere informieren Kunden über Servicemitarbeitende. Nur ein Versorger bietet eine Plattform zur Registrierung und automatischen Benachrichtigung per E-Mail. Weitere Unternehmen prüfen derzeit, solche Warnhinweise als kostenpflichtige Dienstleistung anzubieten. Eine Ursache für die uneinheitlichen Reaktionen sind häufig datenschutzrechtliche Bedenken seitens der Versorger.

Projekt “Smarte Wasserversorgung Heilbronn”

Im Rahmen des Projekts „Smarte Wasserversorgung Heilbronn“ erprobte das Ferdinand-Steinbeis-Institut (FSTI) in Zusammenarbeit mit der Heilbronner Versorgungs GmbH (HNVG) und den Stadtwerken Heilbronn (SWH) den Einsatz digital vernetzter Haus- und Großwasserzähler. Das Projekt wurde von 2021 bis 2023 im Heilbronner Stadtteil Horkheim durchgeführt. Das Testgebiet umfasst einen Straßenzug mit vier Gebäuden, die über eine unterirdische Wasserleitung versorgt werden und über zwei Schachtanlagen zugänglich sind. Ziel des Projekts war die Identifikation und Erprobung von Anwendungspotenzialen digitaler Wasserzähler.

Workshops zur Identifizierung von Anwendungsfällen

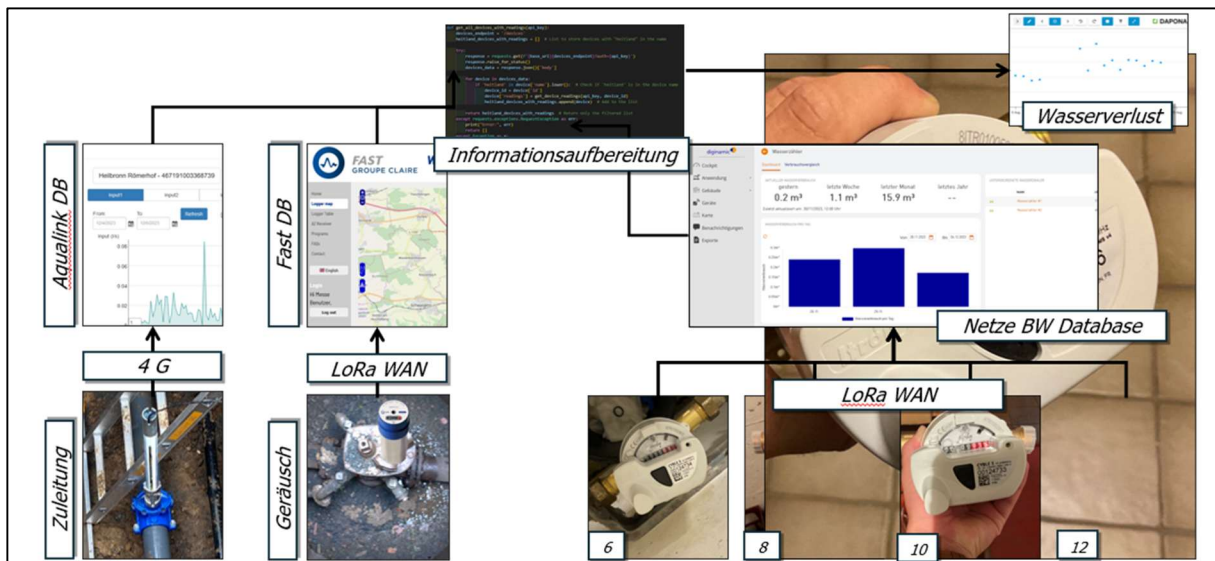
Um neue Anwendungsfälle zu identifizieren, wurden verschiedene Akteure zusammengebracht, um gemeinsam Wertschöpfungspotenziale auf Basis geteilter Daten digitaler Wasserzähler zu erschließen. An den Workshops nahmen Wasserversorger, LoRaWAN-Anbieter, Bauunternehmen, Serviceanbieter digitaler Lösungen für die Wasserwirtschaft sowie Versicherungen teil. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Transparenz digitaler Wasserzählern Daten ein vielfältiges Ökosystem mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Nutzungsszenarien entstehen kann. Mögliche Wertschöpfungsszenarien umfassen bspw. Netzoptimierung, frühzeitige Leckageerkennung, Verbrauchssteuerung mittels Tarifierung oder Demand-Response-Programmen, vorausschauende Wartung und Instandhaltung, neue Geschäftsmodelle im Bereich Submetering für die Wohnungswirtschaft sowie innovative Versicherungsmodelle für Leitungswasserschäden.

Praktische Implementierung eines Nutzenszenarios

Um mittels digitaler Wasserzählerdaten Netzleckagen zu entdecken, wurde ein Proof of Concept umgesetzt. Grundlage hierfür bildete ein nutzenorientierter Ansatz, bei dem Daten ausschließlich dann erhoben werden, wenn ein unmittelbarer Bezug zum angestrebten Nutzen besteht, im Gegensatz zu umfassenden, unspezifischen Datensammlungen wie in Data Lakes. Den Ausgangspunkt bildete eine Informationsbedarfsanalyse, in der die erforderlichen Daten identifiziert, bestehende Bestände geprüft und fehlende Informationen gezielt ergänzt wurden.

Die Auswahl des Testgebiets erfolgte aus praktischen Gründen: Es handelte sich um ein abgeschlossenes Versorgungsgebiet, das über zwei leicht zugängliche Schächte versorgt wird, sodass Schachtzähler ohne zusätzlichen Erdarbeitsaufwand installiert werden konnten. Zur Information der Haushalte, in denen digitale Wasserzähler installiert wurden, wurde eine Informationsveranstaltung vor Ort durchgeführt, ergänzt durch einen regelmäßigen Austausch mit den Anwohnern.

Zur Umsetzung des Nutzenszenarios wurde ein digitales Abbild der Wasserversorgung im Testgebiet erstellt. Die Abbildung zeigt die reale Installation sowie die Erhebung und Integration der Daten in ein einheitliches Dashboard.



Installiert wurden sowohl digitale Wasserzähler, die den Wasserverbrauch der Gebäude erheben, als auch zusätzliche Schachtzähler. Die Datenübertragung erfolgte über 4G und LoRaWAN. Um eine Netzüberlastung zu vermeiden, wurden die Sendezeitpunkte der LoRaWAN-fähigen Wasserzähler randomisiert, sodass die Daten zu unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen wurden. Die Übermittlung erfolgte einmal täglich. Auch hier liegen die Daten daher nicht in Echtzeit vor.

Die Daten unterschiedlicher Wasserzähler wurden zunächst in die herstellereigenen Clouds übermittelt und anschließend auf verschiedenen Wegen in eine interoperable Plattform integriert. Teilweise standen keine Exportfunktionen zur Verfügung, sodass die Daten über Webcrawler extrahiert werden mussten. Selbst bei Herstellern mit einer Programmierschnittstelle (API), die den Datenaustausch zwischen verschiedenen Software-Systemen ermöglicht, gestaltete sich die Integration aufgrund fehlender Standardisierung als herausfordernd.

Die Daten verschiedener Zählertypen mussten zudem harmonisiert werden. Da die Hersteller unterschiedliche Attribute erfassen (z. B. Zählerstände bei Hauswasserzählern versus Durchflusswerte bei Schachtwasserzählern), war eine Vereinheitlichung

notwendig. Nur so können die Daten vergleichbar gemacht und in einem einheitlichen digitalen Zwilling des Wassernetzes abgebildet werden.

Zur Ermittlung von Leckagen wurde die Wasserbilanzmethode eingesetzt. Durch die Analyse der Differenz zwischen zugeführtem und abgeflossenem Wasser lassen sich selbst geringe Wasserverluste sichtbar machen. Im Vergleich zu anderen Ansätzen, wie etwa Wasserdruckmessung, ermöglicht die bilanzielle Methode somit auch die Erkennung kleinerer Leckagen im Wassernetz. Nachteilig ist jedoch, dass eine Vielzahl von Sensoren in Schächten und Haushalten erforderlich ist, um die Leckagen präzise lokalisieren zu können. Eine praktische Herausforderung bei der Umsetzung dieser Methode bestand darin, dass die Messungen der unterschiedlichen Zähler aufgrund abweichender Werkseinstellungen nicht zeitgleich erfolgten. Daher mussten weitgehend überlappende Zeitintervalle gebildet werden, was in der Praxis zu Ungenauigkeiten führen und einen Zeitverzug bei der Leckageerkennung verursachen kann.

Chancen und Herausforderungen

Auf die Wasserversorgung kommt aufgrund des Klimawandels und der Alterung der Infrastruktur eine erhebliche Investitionswelle zu, die im direkten Wettbewerb zu anderen Zukunftsaufgaben (vor allem Energie- und Wärmewende) steht. Dies erzeugt einen hohen Druck zur Kostensenkung. Smarte Wassernetze bieten hierfür einen vielversprechenden Lösungsansatz. Allerdings mangelt es bislang an praxisnahen und skalierbaren Erfolgsbeispielen, die auf die spezifische Struktur der Branche zugeschnitten sind. Die deutsche Wasserwirtschaft ist durch eine hohe Fragmentierung mit über 6.000, meist kommunalen, Wasserversorgungsunternehmen gekennzeichnet (BMUKN, 2025). Häufig fehlt es zudem an Personal mit Digitalisierungserfahrung oder entsprechender Qualifizierung (Müller-Czygan, Tarasyuk, Wagner, & Wimmer, 2021).

Der Einsatz digitaler Wasserzähler bildet die Grundlage für eine smarte Wasserversorgung. Im Unterschied zur Stromversorgung, bei der hohe technische und regulatorische Anforderungen den Rollout digitaler Messsysteme erschweren (Bergsträßer, 2024), sind die Anforderungen in der Wasserversorgung vergleichsweise moderat. Trotz höherer Anschaffungskosten amortisiert sich der Business Case aus Branchensicht daher bereits durch die längere Nutzungsdauer und den geringeren Ableseaufwand. Es ist daher zu erwarten, dass sich diese Technologie auch ohne politische Vorgaben am Markt durchsetzen wird und Wasserversorger zunehmend auf digitale Wasserzähler setzen werden.

Schaffung technischer und organisatorischer Voraussetzungen

Der Einsatz digitaler Wasserzähler erfolgt bislang überwiegend zur Abrechnung und ist selbst im Rahmen des Rollouts noch nicht flächendeckend umgesetzt. Die Nutzung der dabei gewonnenen Daten für weitergehende Smart-Water-Anwendungen bleibt bislang weitgehend unerschlossen. Um das volle Potenzial dieser Technologie ausschöpfen zu können, müssen technische und organisatorische Mindestvoraussetzungen geschaffen werden.

Es gibt verschiedene Hersteller von digitalen Wasserzählern auf dem Markt. Auch wenn Wasserversorgungsunternehmen während des Rollouts meist auf einen Hersteller setzen, sind Wechsel des Herstellers nicht ausgeschlossen. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit interoperabler Datenplattformen und einer Harmonisierung der Datenformate verschiedener Anbieter. Erst darauf aufbauend können herstellerunabhängige smarte Anwendungsfälle entwickelt werden, die zum einen skalierbar sind und zum anderen auch nach einem Herstellerwechsel bei einem Netzbetreiber einsetzbar bleiben.

Smarte Wasseranwendungen erfordern zeitnahe und kontinuierlich verfügbare Daten. Die in der Praxis häufig angewendeten Drive-by-Lösungen zur Datenübertragung erscheinen zwar einfach und kostengünstig, ermöglichen jedoch keine verlässliche zeitnahe Datenerfassung. Alternativ bieten sich Funktechnologien wie LoRaWAN oder NB-IoT an. Während der Ausbau von LoRaWAN-Netzen noch nicht flächendeckend erfolgt ist, ist mit einer weiteren Verbreitung zu rechnen, da auch andere Versorgungsbereiche (z.B. Strom, Gas oder Fernwärme) zunehmend auf digitale Messsysteme setzen. Die Installation von Wasserzählern in Kellerräumen kann jedoch die Signalübertragung erschweren und zusätzliche Gateways erforderlich machen, was die Kosten erhöht. Um eine Überlastung des LoRaWAN-Netzes zu vermeiden, ist die Randomisierung der Übertragungszeitpunkte eine geeignete Maßnahme. Dies erschwert jedoch Anwendungsfelder, bei denen eine zeitnahe Überwachung des gesamten Netzes erforderlich ist. Erste NB-IoT-fähige Wasserzähler sind zwar bereits auf dem Markt verfügbar, verursachen aktuell jedoch noch zusätzliche Hardware- und Betriebskosten.

Bestimmte Anwendungsfälle, wie die Leckageerkennung mittels der Wasserbilanzmethode, erfordern zudem standardisierte Messintervalle. Vor der Installation der Zähler sollte daher auf eine weitgehende Harmonisierung der Intervalle geachtet werden, auch bei Geräten verschiedener Hersteller oder unterschiedlicher Anwendungstypen.

Entwicklung und Erprobung smarter Anwendungsfälle

Die entstehenden Mehraufwände, die notwendig sind, um Smart-Fähigkeit zu erreichen, müssen durch nachweisbare Mehrwerte in realen und skalierbaren Anwendungsfällen gerechtfertigt werden. Diese Anwendungsfälle fehlen aktuell allerdings noch. Wir sehen insbesondere in den folgenden Bereichen einen erheblichen Forschungs- und Entwicklungsbedarf:

Während des Rollouts, der meist bis zu sechs Jahre dauert, liegen Daten digitaler Wasserzähler nicht flächendeckend vor. Auch nach Abschluss des Rollouts und bei kontinuierlicher Datenerfassung über LoRaWAN oder NB-IoT ist aufgrund von Ausfällen und Funklöchern nicht mit einer vollständigen Datenabdeckung für smarte Anwendungen zu rechnen. Es müssen daher probabilistische Ansätze in der Praxis entwickelt und erprobt werden, um Auswertungen und Entscheidungen auf Basis der verfügbaren Daten zu ermöglichen.

Traditionell haben Wasserversorger nur ein eingeschränktes Verständnis für ihre Kunden. Digitale Wasserzähler können einen echten Paradigmenwechsel bewirken, da sie durch digitale Services wie Leckage- oder Schadensmeldungen einen klaren Mehrwert bieten und zugleich flexiblere Versorgungsmodelle ermöglichen (Oelmann, Czichy, & Stuhl, 2018). In der praktischen Umsetzung bleibt dieses Potential allerdings noch ungenutzt. Kunden haben bislang keinen strukturierten Zugang zu den Daten und es fehlen erprobte Maßnahmen, um bspw. Kundenflexibilitäten zu heben.

Letztlich eröffnen digitale Wasserzähler die Möglichkeit, ein branchenübergreifendes Ökosystem zu schaffen, etwa für neue Versicherungsmodelle, Baustellenplanung oder weitere digitale Services, die Wasserversorger, Unternehmen und Kunden vernetzen. Dabei gilt es, zahlreiche Herausforderungen zu bewältigen: technische Fragen der Interoperabilität und Datenqualität, Anforderungen an Datenschutz und IT-Sicherheit, unklare Erlösmodelle, regulatorische Unsicherheiten sowie die Akzeptanz bei Endkunden, die ihre Daten freigeben müssen, und bei Versorgungsunternehmen, die sich von traditionellen Strukturen hin zu datengetriebenen Geschäftsmodellen entwickeln müssen.

Fazit

Zusammenfassend stehen Wasserversorger vor erheblichen Herausforderungen, gleichzeitig eröffnen smarte Wassertechnologien jedoch auch große Chancen. Digitale Wasserzähler bilden die Basis für eine intelligente Wasserversorgung und sind bereits in ihrer Kernfunktion (der Messung und Ablesung für Abrechnungszwecke) technisch und wirtschaftlich vorteilhaft. Es ist daher zu erwarten, dass sich diese Technologie langfristig am Markt durchsetzen wird. Für weitergehende Anwendungen müssen jedoch technische Mindestanforderungen geschaffen werden. Es fehlen bislang allerdings skalierbare und praxisnahe Nutzenszenarien, die diesen Mehraufwand auch rechtfertigen. Hier besteht ein klarer Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um in Reallaboren gemeinsam mit Wissenschaft und Praxis solche Anwendungsfälle unter realen Bedingungen zu entwickeln und zu evaluieren.

Literaturverzeichnis

BBH. (2025). *Ermittlung des Investitions- und Finanzierungsbedarfs für den zweiten Lebenszyklus der Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsnetze und -anlagen in den nächsten 10 bzw. 20 Jahren*. Berlin: Verband kommunaler Unternehmen e.V. Von <https://www.vku.de/studie-investitionen-wasserwirtschaft/> abgerufen

Bergsträßer, J. (2024). *Handlungsempfehlungen zur Beschleunigung vom Smart Meter Rollout als Beitrag zur Umsetzung der Energiewende in Deutschland*. doi:10.48485/pik.2024.015.

- BMUKN. (17. 9 2025). Von https://www.bundesumweltministerium.de/themen/wasser-und-binnengewasser/trinkwasser/wasserwerk-wassergewinnung-aufbereitung-und-verteilung?utm_source=chatgpt.com abgerufen
- DVGW. (2023). *Resilienz und Versorgungssicherheit der öffentlichen Wasserversorgung - Ergebnisse der DVGW Online-Umfrage 2022*. Bonn: Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
- Müller-Czygan, G., Tarasyuk, V., Wagner, C., & Wimmer, M. (2021). How does digitization succeed in the municipal water sector? The waterexe4. 0 meta-study identifies barriers as well as success factors, and reveals expectations for the future. *Energies*, 14(22), 7709. doi:<https://doi.org/10.3390/en14227709>
- Oelmann, M., Czichy, C., & Stuhl, S. (2018). Smart Water Teil 2 – Kundenerwartungen, Kundennutzen und Digitalisierung in der Wasserwirtschaft. *energie | wasser-praxis*(5), S. 42-47.
- Quaranta, E., Ramos, H. M., & Stein, U. (2023). Digitalisation of the European Water Sector to Foster the Green and Digital Transitions. *Water*, 15, 2785. doi:<https://doi.org/10.3390/w15152785>
- Umweltbundesamt. (2023). *Monitoringbericht 2023 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel*. Dessau-Roßlau: Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung.