



# Chancen und Risiken der Digitalisierung kritischer kommunaler Infrastrukturen an den Beispielen der Wasser- und Abfallwirtschaft

TAB-Fokus Nr. 41 zum Arbeitsbericht Nr. 205

September 2023

## In Kürze

- Die Wasserwirtschaft und die Siedlungsabfallentsorgung gehören in Deutschland zu den Kritischen Infrastrukturen. Bei einem Ausfall drohen Versorgungsengpässe.
- Die Gewährleistung der Versorgungssicherheit stellt Kommunen vor steigende Herausforderungen. Klimawandelfolgen, demografische Veränderungen oder die COVID-19-Pandemie machen Anpassungen notwendig.
- Digitale Innovationen bieten vielfältige Potenziale zur Bewältigung dieser Herausforderungen, allerdings stellen sie nur einen Teil der Problemlösung dar.
- Treiber der Digitalisierung sind vor allem große Unternehmen. Mittleren und vor allem kleinen Betrieben fehlen dazu oft die finanziellen, fachlichen und personellen Ressourcen, sodass sie auf Unterstützung angewiesen sind.
- Die Digitalisierung erhöht die Anfälligkeit für Bedrohungen aus dem Cyberraum. Aufgrund gesetzlicher Verpflichtungen weisen große Unternehmen der Wasserwirtschaft ein gutes Schutzniveau auf, während kleinere Betriebe für das Thema häufig erst sensibilisiert werden müssen.

## Worum es geht

Die Dienstleistungen der Daseinsvorsorge – dazu gehören u. a. die Grundversorgung mit Wasser und Energie, die Abwasser- und Abfallentsorgung, Gesundheitsdienste, Bildungs- und Kulturangebote – sind für die gesellschaftliche, wirtschaftliche und kulturelle Entwicklung unverzichtbar. Viele dieser Dienstleistungen bzw. die zu ihrer Erbringung notwendigen Infrastrukturen werden zu den Kritischen Infrastrukturen gezählt, die als besonders schützenswert gelten.

In Deutschland werden die Dienstleistungen der Daseinsvorsorge zumeist durch die Kommunen erbracht. Dies stellt sie bzw. die mit der Erfüllung der Aufgaben beauftragten Unternehmen vor wachsende Herausforderungen. Die Folgen der COVID-19-Pandemie oder des Ukraine-Kriegs, aber auch langfristige klimatische oder demografische Veränderungen machen Anpassungen in betrieblichen Prozessen und in der Arbeitsorganisation notwendig.

Der Digitalisierung wird eine zentrale Rolle zugesprochen, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Digitale Innovationen ermöglichen nicht nur Effizienz- und Qualitätssteigerungen, sondern eröffnen auch Optionen für intelligente Betriebsweisen, um auf außergewöhnliche Situationen besser reagieren zu können. Zugleich aber stellt die Digitalisierung Kommunen wegen der hohen Investitionskosten, des nötigen Kompetenzaufbaus und der erhöhten Gefahr durch Cyberangriffe auch vor große Schwierigkeiten.

Im TA-Projekt wurden Chancen und Risiken der Digitalisierung kritischer kommunaler Infrastrukturen an den Beispielen der Abfallwirtschaft und der Wasserwirtschaft untersucht.

## Digitalisierung ist ein kontinuierlicher Prozess

Digitalisierung findet in der Wasser- und Abfallwirtschaft fortlaufend statt. Sie begann bereits vor über 40 Jahren mit dem Einzug von Computern für Verwaltungs- und Modellierungsaufgaben. In der Wasserwirtschaft wurde zunehmend Elektronik für die Anlagensteuerung auf Basis von Soll- und Grenzwerten verbaut. **Heute setzen die meisten Wasserbetriebe in weiten Teilen ihrer Anlagen digitale Automatisierungstechnik ein.** Größere (z. B. Klärwerke) oder in der Fläche verteilte Anlagen (z. B. Brunnen) lassen sich mithilfe von Prozessleitsystemen aus der Leitwarte zentral überwachen und steuern. Auch die meisten Verwaltungsaufgaben (Personalplanung, Verbrauchsabrechnung etc.) erfolgen mit digitaler Unterstützung. Allerdings kommen hierfür unterschiedliche Softwaresysteme zum Einsatz, sodass noch Optimierungspotenzial durch Systemintegration besteht.

### Auftraggeber

Ausschuss für Bildung, Forschung und  
Technikfolgenabschätzung  
+49 30 227-32861  
bildungundforschung@bundestag.de

### Themeninitiative

Ausschuss für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit

In der kommunalen Abfallwirtschaft sind die Bereiche mit hohem Anteil an manuellen Tätigkeiten, also vor allem die Abfallerfassung und der Abfalltransport, noch vergleichsweise wenig digitalisiert. Dagegen haben die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE) viele Verwaltungsaufgaben (Gebührenabrechnung, elektronische Dokumentation nachweispflichtiger Abfälle etc.) bereits weitgehend digitalisiert, wenngleich wie in der Wasserwirtschaft auch hier Effizienzverbesserungen möglich sind. Moderne Abfallbehandlungsanlagen sind bereits mit digitaler Automatisierungstechnik ausgestattet. Hier liegen die Bemühungen derzeit in der Weiterentwicklung der Sensortechnik für eine bessere Abfalltrennung.

Die Perspektiven der Digitalisierung in der Wasser- und Abfallwirtschaft bestehen in einer stärkeren Vernetzung der vorhandenen Einzelanwendungen hin zu immer größeren integrierten Systemen. In der Vision sollen so weitgehend autonom agierende Gesamtsysteme entstehen, die ohne menschliches Eingreifen in komplexen Umgebungen funktionieren. Der Weg dahin ist allerdings noch weit.

### Die Digitalisierung zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft steckt noch in den Kinderschuhen

Der Digitalisierung werden in der Abfallwirtschaft hohe Potenziale für effizientere Betriebsprozesse und die Stärkung der Kreislaufwirtschaft zugeschrieben. Bei den örE zielen die aktuellen Aktivitäten vor allem auf betriebswirtschaftliche Effizienzgewinne und die Optimierung von Dienstleistungen

ab, während die Rückgewinnung von Wertstoffen im Sinne der Kreislaufwirtschaft bisher weniger im Fokus steht. Dies hat systemische Gründe, denn die Kommunen profitieren derzeit wenig vom Absatz von Wertstoffen. Die Potenziale für einen stärkeren Ressourcenschutz liegen hier eher in der Intensivierung der Kommunikation zwischen den örE und ihren Kunden, um für eine sortenreine Sortierung und Abfallvermeidung zu sensibilisieren, sowie mit anderen Branchenakteuren, um z. B. Informationen zur Materialzusammensetzung von Abfällen auszutauschen.

Künftig wäre darauf zu achten, dass Investitionen in die Digitalisierung stärker als bisher an den Zielen der Abfallhierarchie ausgerichtet werden. Dazu wäre eine Verbindung der Informationssysteme von örE mit vorgelagerten Produktions- und Nutzungsschritten erforderlich, um ohne Unterbrechung des Informationsflusses die in Produkten enthaltenen Materialien und ggf. toxischen Stoffe zu dokumentieren. Grundsätzlich gilt aber, dass digitale Lösungen nur ein Teil eines breiteren Maßnahmenbündels zur Etablierung der Kreislaufwirtschaft darstellen. Hierzu gehören auch beispielsweise ein ökologisches Design sowie die Reparierbarkeit und Wiederverwendung von Produkten.

### Die Digitalisierung der Wasserwirtschaft braucht eine zentrale Dateninfrastruktur

Insbesondere eine verstärkte Erhebung, Nutzung, Verknüpfung und Auswertung von wasserrelevanten Daten

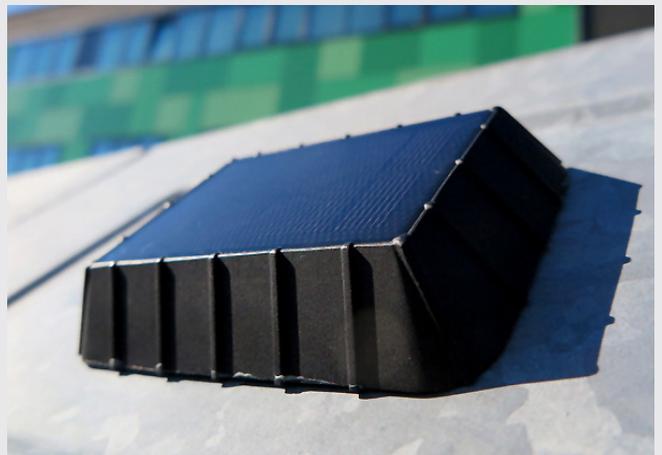
#### Digitale Innovationen für die Abfallwirtschaft (Beispiele)

Für die Sammlung und den Transport von Abfällen werden Datenerfassungsgeräte und Bordcomputer in den Sammelfahrzeugen eingesetzt, um Informationen zu Störungen (z. B. Abholhindernisse) zu dokumentieren. Behälteridentifikationssysteme erlauben es, Container während der Sammeltour zu erkennen und den einzelnen Haushalten zuzuordnen. Marktverfügbar sind Navigations- und Telemetriesysteme mit zahlreichen Funktionalitäten zur Optimierung des Fahrzeugmanagements und der Tourenplanung.

Digitale Technologien, die der Abfallvermeidung dienen, befinden sich meist noch in einem frühen Anwendungsstadium. Dazu gehören etwa Wägesysteme am Sammelfahrzeug, die eine mengengerechte Abrechnung ermöglichen, oder Sensoren zur Störstoffdetektion für die Erkennung von Fehlwürfen.

In großen Müllverbrennungs- oder Abfallbehandlungsanlagen findet in der Regel eine kontinuierliche digitale Prozessüberwachung und -steuerung mithilfe von Prozessleitsystemen statt. Dafür werden Daten aus einer Vielzahl an Sensoren analysiert.

Die Einführung digitaler Produktpässe, mit denen viele Potenziale verknüpft werden, steht noch am Anfang. Sie ermöglichen eine bessere Kenntnis der Abfallzusammensetzung und der darin enthaltenen Rohstoffe. Dies könnte dabei helfen, die Abfallbehandlung weiter zu optimieren.



Sensoren in oder an Abfallbehältern messen Parameter wie Temperatur, Bewegung, Schall oder die geografische Lage. Daraus lassen sich Informationen zum Füllstand, der jeweiligen Position oder zu Auffälligkeiten (z.B. Feuer, Diebstahl) ableiten.

verspricht neue Lösungsansätze für die Bewältigung der Herausforderungen, denen sich die Wasserwirtschaft aktuell zu stellen hat (z. B. Sicherung der Wasserqualität, Beherrschung von Extremwetterereignissen, Vermeidung von Wasserverlusten). Zurzeit liegen allerdings die erforderlichen **Daten häufig nur fragmentiert und voneinander isoliert** auf IT-Systemen in unterschiedlichen Unternehmensbereichen, bei Behörden oder bei anderen Akteuren, z. B. aus Industrie oder Landwirtschaft, vor. Unzureichend kompatible Schnittstellen erschweren den Datenaustausch weiter. Teilweise fehlen die Daten auch ganz, da beispielsweise Leitungs- und Kanalnetze gegenwärtig noch unzureichend mit Sensortechnik ausgestattet sind.

Innovationen, wie digitale Wasserzähler, Geoinformationssysteme, digitale Zwillinge oder webbasierte Datenplattformen, bilden die Grundlage für eine verbesserte Vernetzung und integrierte Datennutzung in der Wasserwirtschaft. Die Verbreitung solcher digitaler Technologien hat allerdings gerade erst begonnen. Treiber der Diffusion sind einzelne innovative Unternehmen, die aufgrund ihrer Größe über ausreichende finanzielle und personelle Ressourcen zur Erprobung und Einführung neuer Technologien verfügen. Um auch kleinen und mittleren Betrieben die Teilhabe an der Digitalisierung zu ermöglichen, könnten diese beispielsweise durch Beratungsangebote oder finanzielle Zuschüsse bei Investitionen in Technik oder die Mitarbeiterausbildung staatlich unterstützt werden.

### Digitale Innovationen für die Wasserwirtschaft (Beispiele)

Die **Sensortechnik zur Überwachung und Steuerung** wasserwirtschaftlicher Anlagen hat durch die Digitalisierung wesentliche Fortschritte erfahren. Dies betrifft neben Funktionserweiterungen (z.B. automatische Fehlererkennung) auch die Robustheit von Sensoren und Datenübertragung. Dadurch wird eine bessere Ausstattung der Anlagen mit Sensoren ermöglicht. Derzeit wird intensiv an **echtzeitfähigen Sensorsystemen für chemische und biologische Parameter** zur Überwachung der Wasserqualität geforscht. Erste Sensoren stehen zur Verfügung, ein routinemäßiger Einsatz findet jedoch noch nicht statt.

Aktuell tauschen immer mehr Wasserversorger analoge gegen **digitale Wasserzähler** aus, die Verbrauchsdaten speichern und an die Versorger übermitteln können. Dies ermöglicht nicht nur betriebliche Einsparungen bei der Zählerablesung, sondern liefert auch wertvolle Hinweise auf mögliche Wasserverluste. Indem sie den Wassernutzenden Verbrauchsdaten in Echtzeit bereitstellen, können digitale Wasserzähler zudem potenziell dazu beitragen, den Wasserverbrauch zu senken.

Die Anwendungsmöglichkeiten **digitaler Zwillinge**, also eines virtuellen Echtzeitabbilds einer realen Anlage oder eines

Digitalisierung unterstützt die Krisenbewältigung, der Nutzen hängt aber vom konkreten Ereignis ab

**In der Wasserwirtschaft ist der Umgang mit Störungen und Krisen ohne den zumindest begleitenden Einsatz von digitalen Technologien nicht mehr denkbar.** Ihr Nutzen hängt allerdings vom konkreten Ereignis ab. Während digitale Anwendungen, wie das Prozessleitsystem, bei einer Hitzewelle intensiv verwendet werden, um die begrenzt vorhandenen Wasserressourcen durch eine situationsangepasste Steuerung bestmöglich zu nutzen, können sie bei einem Stromausfall erwartungsgemäß viel weniger Unterstützung leisten.

Eine Folge der voranschreitenden Digitalisierung ist, dass Störungen im Prozessablauf zunehmend automatisiert behoben werden. **Dies kann beim Personal zu einem schleichenden Kompetenzverlust führen**, wobei aber die menschliche Erfahrung für die Wiederherstellung des Normalbetriebs entscheidend bleibt. Die Digitalisierung Kritischer Infrastrukturen sollte daher mit Augenmaß erfolgen.

Eine zielgerichtete Förderung unterstützt die Erschließung von Potenzialen der Digitalisierung

Die größten Potenziale der Digitalisierung bestehen in der digitalen Verknüpfung von Anlagen, Unternehmensbereichen sowie von vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsprozessen. Mit einer zielgerichteten Förderung von überbetrieblichen Kooperationen sowie von Maßnahmen zur Standardisierung

ganzen Systemverbunds, sind vielfältig. Sie reichen von der Analyse und Optimierung von Arbeitsprozessen über die Aus- und Weiterbildung von Mitarbeiter/innen bis hin zur vorausschauenden Wartung von Anlagen über deren gesamten Lebenszyklus. In der Wasserwirtschaft arbeiten Unternehmen aber erst vereinzelt und pilotenhaft mit digitalen Zwillingen.



Im biologischen Breitbandsensor »AquaBioTox« werden Mikroorganismen kontinuierlich mit Trinkwasser umspült. Eine Kamera mit automatischer Bildauswertung detektiert Veränderungen, bei denen ein Alarmsignal ausgelöst wird.

von Datenschnittstellen könnte die Digitalisierung der Wasser- und Abfallwirtschaft politisch unterstützt werden.

Unzureichende infrastrukturelle Rahmenbedingungen stellen oft ein Hemmnis für die Einführung digitaler Innovationen dar. Ein Förderschwerpunkt sollte daher beim Infrastrukturausbau, z.B. für eine flächendeckende Breitbandversorgung oder für öffentliche Cloud-Infrastrukturen, gelegt werden. Schließlich sollte der Kompetenzaufbau bei den Beschäftigten beider Branchen gefördert werden, um einen fachgerechten und sicheren Umgang mit den Technologien sicherzustellen.

### Der erhöhte Schutzbedarf für die IT-Systeme könnte vor allem kleinere Unternehmen überfordern

Durch die voranschreitende Digitalisierung erhöhen sich die Vernetzung und die Komplexität der IT-Systeme in wasserwirtschaftlichen Betrieben. Dies lässt auch die **Risiken für menschliche Bedienfehler oder technisches Versagen ansteigen**. Eine wachsende Gefährdung geht außerdem von vorsätzlichen **Cyberangriffen** aus, wobei sich die Bedrohungslage seit Ausbruch des Ukraine-Kriegs verschärft hat. Die Wasserwirtschaft gehört zu den Kritischen Infrastrukturen, weshalb es betriebskritische IT-Sicherheitsvorfälle zu vermeiden sind.

Das IT-Sicherheitsgesetz von 2015 setzt den gesetzlichen Rahmen für die Informationssicherheit in Kritischen Infrastrukturen. Es verpflichtet große Unternehmen der Wasserwirtschaft, ihre betriebskritischen IT-Systeme nach dem Stand der Technik abzusichern. Für die große Mehrheit der kleinen und mittleren Betriebe gab es bisher jedoch keine gesetzlichen Regelungen, weshalb sie Schutzmaßnahmen – wenn überhaupt – nur auf freiwilliger Basis umsetzen. Die bis Oktober 2024 in nationales Recht umzusetzende NIS-2-Richtlinie sieht allerdings künftig auch für mittlere Unternehmen gesetzliche Pflichten zum Schutz ihrer IT-Systeme vor.

Durch das IT-Sicherheitsgesetz von 2015 konnte bei großen Unternehmen eine deutliche Verbesserung der Informationssicherheit erreicht werden. **In kleinen und mittleren Betrieben hängt das Schutzniveau hingegen besonders vom Sicherheitsbewusstsein in den Unternehmensleitungen ab**. Hier fehlt es teilweise noch an einem ausreichenden Verständnis für die Gefährdungen der Informationssicherheit. Außerdem

### TAB-Arbeitsbericht Nr. 205

#### Chancen und Risiken der Digitalisierung kritischer kommunaler Infrastrukturen an den Beispielen der Wasser- und Abfallwirtschaft

Pauline Riousset, Saskia Steiger, Claudio Caviezel



#### Projektinformationen

[www.tab-beim-bundestag.de/kki](http://www.tab-beim-bundestag.de/kki)

#### Projektleitung und Kontakt

Pauline Riousset

+49 30 28491-105

[riousset@tab-beim-bundestag.de](mailto:riousset@tab-beim-bundestag.de)

stellen die begrenzten finanziellen und fachlichen Ressourcen oft ein Hemmnis für die Implementierung von Schutzvorkehrungen dar. Gleichwohl setzen auch viele kleine und mittlere Betriebe proaktiv und im Rahmen ihrer Möglichkeiten Maßnahmen zur Verbesserung der Informationssicherheit um.

**Politische Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Informationssicherheit in der Wasserwirtschaft bieten sich für kleine und mittlere Betriebe an.** Diese müssen häufig erst für das Thema sensibilisiert und aufgrund der begrenzten Ressourcen generell viel stärker als große Unternehmen unterstützt werden. Möglichkeiten dazu bieten etwa zielgerichtete Informationskampagnen, die staatliche Unterstützung der Aus- und Weiterbildung von Beschäftigten oder eine stärkere Bewerbung bestehender bzw. die Implementierung neuer Förderinstrumente.

### Ausblick

**Trotz der hohen Erwartungen, die an eine weiter voranschreitende Digitalisierung für die Bewältigung künftiger Herausforderungen gestellt werden, können digitale Technologien immer nur ein Teil der Problemlösung sein.** Ihr Einsatz ist vor allem dann sinnvoll, wenn sie in ganzheitliche Strategien zur nachhaltigen Weiterentwicklung der Abfall- und Wasserwirtschaft eingebettet werden. Die Digitalisierung erfordert somit Gestaltung, um die Potenziale bestmöglich zu erschließen und Risiken zu minimieren. Dazu kann und muss auch die Politik beitragen.

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse seit 1990 in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) im Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Zur Erfüllung seiner Aufgaben kooperiert es seit September 2013 mit dem IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH sowie der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung entscheidet über das Arbeitsprogramm des TAB, das sich auch aus Themeninitiativen anderer Fachausschüsse ergibt. Die ständige »Berichterstattergruppe für TA« besteht aus dem Ausschussvorsitzenden Kai Gehring (Bündnis 90/Die Grünen) sowie je einem Mitglied der Fraktionen: Dr. Holger Becker (SPD), Lars Rohwer (CDU/CSU), Laura Kraft (Bündnis 90/Die Grünen), Prof. Dr. Stephan Seiter (FDP), Prof. Dr. Michael Kaufmann (AfD), Ralph Lenkert (Die Linke).