

Günter Müller-Czygan und Christopher Becker

Mit smarten Maschinen in die digitale Wasserwirtschaft starten

Smarte Maschinen in wasserwirtschaftlichen Objekten sind die ersten Knotenpunkte zukünftiger Digitalisierungsstrategien. Ihre Verknüpfung mit webbasierten Datenportalen erhöht sowohl deren Effizienz als auch die des Infrastruktursystems in seiner Gesamtheit.

Überall in Wirtschaft und Gesellschaft wird von Digitalisierung und dem Internet der Dinge gesprochen, zunehmend auch in der kommunalen Wasserwirtschaft. Impulsgeber ist die Digitalisierungsinitiative der Industrie, zusammengefasst unter dem Begriff Industrie 4.0. Diese basiert auf intelligenten, digital vernetzten Systemen, die eine sich selbst organisierte Produktion ermöglichen sollen. Hierbei kommunizieren und kooperieren Menschen, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkte direkt über das Web miteinander. Im selben Umfeld sollen Produktions- und Logistikprozesse auch zwischen Unternehmen miteinander verbunden und damit die Produktion noch effizienter und flexibler gemacht werden [1].

In der Wasserwirtschaft gibt es mittlerweile zahlreiche Initiativen zur Digitalisierung, für die verschiedene Schlagwörter wie z. B. Wasser 4.0 [2, 3], Abwasser 4.0 [4] oder KOMMUNAL 4.0 [5] benutzt werden. Während sich die beiden ersten Begriffe fast ausschließlich mit den technischen Möglichkeiten und Effizienzsteigerungen wasser- und abwasserwirtschaftlicher Prozesse auseinandersetzen, erweitern die Protagonisten von KOMMUNAL 4.0 die Technik um den Blickwinkel ganzheitlicher Vernetzungslösungen für übergeordnete Infrastruktursysteme sowie um Anforderungen aus Sicht der Infrastrukturbetreiber, speziell mit dem Blick auf kommunale Organisationen. Das gleichnamige, vom BMWi geförderte Projekt KOMMUNAL 4.0 [6] kann derzeit als das umfassendste Entwicklungsvorhaben zur Digitalisierung in der Wasserwirtschaft angesehen werden.

Eines haben Industrie 4.0, Wasser-/Abwasser 4.0 oder KOMMUNAL 4.0 gemeinsam: es geht darum, eine nahezu unüberschaubare Fülle an Vorschlägen, Ideen zur Digitalisierung oder technischen Produk-

ten in eine Ordnungsstruktur zu bringen. Egal ob industrielle oder kommunale Anwender, Verantwortliche auf allen Anwendungsebenen stellen sich derzeit eine zentrale Frage: „Womit bzw. wie beginne ich die Digitalisierung in meiner Organisation?“. Mittlerweile ist erkennbar, dass sich die Digitalisierung nicht alleine auf technische Fragestellungen bzw. Lösungen beschränkt, wie dies in den meisten 4.0-Initiativen, auch mit Bezug zur Wasserwirtschaft, diskutiert wird. Die zunehmenden Möglichkeiten, Arbeitsabläufe in Produktion und Organisation zu digitalisieren, haben massive Auswirkungen auf die damit befassten Menschen und deren täglichen Arbeitsroutinen. Bisher in Deutschland üblicherweise inkrementell, also stufenweise stattfindende Veränderungen können durch die Digitalisierung schlag- und damit umbruchartig passieren. Die allermeisten Organisationen sind auf umbruchartige oder zumindest mehrere Stufen überspringende Veränderungsstrategien überhaupt nicht vorbereitet. Umso wichtiger ist der richtige Einstieg in einen Prozess mit enormem Veränderungspotenzial wie der Digitalisierung [7]. Aktuelle Erhebungen deuten darauf hin, dass nicht nur in der Industrie der Einstieg in die Digitalisierung auf der Produktebene die besten Erfolgsaussichten haben wird [z. B. 8, 9], sondern insbesondere die kommunale Wasserwirtschaft einen solchen Einstieg begrüßen würde.

Vom Stahl zum Chip – Intelli-Systeme als digitaler Knotenpunkt

Automatisierungstechnik, Software und IT-Kommunikation bilden seit vielen Jahren die Basis moderner Ausrüstungssysteme in kommunalen Ver- und Entsor-

gungsinfrastrukturen. Zuerst waren es rein mechanische Systeme, meist aus Stahl. Später wurden diese mit ersten halbautomatischen Funktionen ergänzt,

dann erfolgten die Einführung von SPS-Steuerungen zur Automatisierung und das Monitoring per SCADA. Maschinen und IT-Komponenten bilden wichtige Einzelbausteine moderner Digitalisierungslösungen. Dank intelligenter Berechnungsalgorithmen und zugehöriger Automationstechnik sind Betreiber heute in der Lage, situationsangepasste und damit energiesparende sowie sicherheitsfördernde Betriebseinstellungen vorzunehmen. Dem Stahl wurde damit quasi der Chip angeheftet. Was diesen Lösungen zumeist fehlt ist eine direkte Internetanbindung oder die Integration in ein webbasiertes Vernetzungssystem. Sogenannte Intelli-Systeme verfügen neben integrierter Softwarekomponenten auch über entsprechende Vernetzungsschnittstellen zum Web. Dann wird aus der bisher einfachen statischen Maschine eine zunehmend flexible und intelligente, also eine smarte Maschine. Doch was bedeutet smart in diesem Zusammenhang? Smarte Maschinen umfassen nach [10] im Prinzip drei Kernelemente:

1. physische Komponenten (das sind mechanische und elektronische Bauteile),
2. intelligente Komponenten (dazu gehören Sensoren, Mikroprozessoren, Datenspeicher, Steuerungselemente, Software, ein integriertes Betriebssystem und die Bedienoberfläche) sowie
3. Vernetzungskomponenten (Schnittstellen, Antennen, Protokolle sowie Netzwerke, die die Kommunikation zwischen Produkt und Cloud ermöglichen).



Intelli-Systeme bilden die entscheidenden Knotenpunkte einer modernen Vernetzungsstrategie im Zuge der wasserwirtschaftlichen Digitalisierung, wenn sich normale Ausrüstungskomponenten zu SMART Machines wandeln. Dadurch werden zum Beispiel Pumpwerke, Regenbecken, Kläranlagen und Hochwasserrückhaltebecken zu SMART Objects und verbinden sich zukünftig über das Internet mit zentralen Daten- und Serviceplattformen. Von den Plattformen erhalten die Intelli-Systeme zusätzliche Daten, erweitern damit ihre Funktionen, vernetzen sich auf Basis hochaufgelöster Umgebungsdaten miteinander und bilden somit die Grundelemente eines hoch flexiblen und effizienten Netzmanagements. Das entscheidende Merkmal der Intelli-Systeme ist ihre eigenständige Funktionalität. Im optimalen Fall sind sie an einer webbasierten Daten- und Serviceplattform angeschlossen [6]. Die Erstellung effizienter Plattformen in der Wasserwirtschaft steht noch am Anfang der digitalen Transformation. Erste lokal und inhaltlich begrenzte Plattformansätze sind bereits Gegenstand verschiedener Forschungsaktivitäten, auch in der Wasserwirtschaft [z. B. 11, 12].

Die Entwicklung webbasierter Daten- und Serviceplattformen ist im Projekt KOMMUNAL 4.0 ein wichtiges Forschungsziel, wo zum ersten Mal zielgerichtet auf zentrale, multifunktionale Plattformlösungen aus Anwendersicht abgezielt wird. Dies ermöglicht sowohl die zentrale Sammlung, -Archivierung und -Strukturierung dezentraler Daten als auch eine direkte Nutzung der Daten mit neuen Anwendungstools. Intelli-Systeme spielen hierbei als Datenquelle eine wichtige Rolle, können aber auch dank der direkten Webanbindung gezielt mit neuen Sollwerten aus den Plattformen versorgt werden. Dies wird am Beispiel der Reinigung von Regenbecken und der zunehmend geforderten Mengenerfassung an Entlastungsbauwerken verdeutlicht

Beispiel: Reinigung von Regenbecken

Herkömmliche Beckenreinigungen erfolgen in erster Linie mit Schwallspüleinrichtungen wie Spülkippen oder Spülklappen. Hierbei wird die Lageenergie des gespeicherten Wasservolumens genutzt, um einen Spülschwall zu erzeugen und damit

die Beckensohle nach dem Ende eines Entlastungsereignisses zu reinigen. Eine weitere Möglichkeit stellt der Einsatz eines Strahlreinigers dar. Nach Ende eines Regenereignisses werden die Maschinen in den Becken bei fallender Wasserspiegeltendenz aktiviert und halten den umgebenden Wasserkörper mittels Wasserstrahlpumpenprinzip in Bewegung. Dieser Vorgang bewirkt eine Remobilisierung der Feststoffe bzw. es wird deren Absetzen verhindert. Bei der Entleerung des Speicherbauwerks werden die in Schwebelagerebrachten bzw. gehaltenen Stoffe mit dem Abwasservolumenstrom in Richtung Kläranlage ausgetragen, um einen Übertritt in die Gewässer zu vermeiden.

Bisherige Auslegungen basieren zu meist auf einem erwarteten, maximalen Verschmutzungsgrad, so dass jeder Reinigungsvorgang so abläuft, als würde es sich jedes Mal um das angenommene Extremereignis handeln. Damit werden insbesondere die energieintensiven Strahlreiniger ungeachtet des tatsächlichen Verschmutzungsgrades oder der Ablagerungsintensität immer unter Vollast betrieben (**Bild 1**).

Wird ein schwenkbarer Strahljet mit Kameratechnik und intelligenter Steuerungssoftware kombiniert, entsteht eine smarte Maschine (wie z. B. der AWS-Schwenkstrahljet mit IntelliGrid-Funktion [13]). Die spezielle Kamera erkennt anhand einer Mustererkennung, wo sich auf der Beckensohle noch Ablagerungen befinden. So wird im nächsten Arbeitsschritt nur dort der Wasserstrom hingeführt, wo auch tatsächlich eine Verschmutzung vorliegt. Zudem kann die Strömungsenergie auch zur Vermeidung von Ablagerungen verwendet werden. Kann keine Kamera eingesetzt werden, hat das Betriebspersonal die Möglichkeit, die Reinigungsergebnisse auf einem Panel einzugeben und im System zu dokumen-

tieren. Die Strahljets sind dann bei nachfolgenden Reinigungsvorgängen nur dort aktiv, wo tatsächlich noch Ablagerungen vorhanden sind. Die Strömungsverhältnisse können zudem so angepasst werden, dass sich weniger Ablagerungen weniger bilden. Damit kann die Reinigungsrichtung bedarfsorientiert und äußerst effizient betrieben werden. Durch die intelligente Situations- und Mustererkennung entsteht ein optimales Verhältnis zwischen Ressourceneinsatz und Reinigungsergebnis.

Beispiel: Mengenerfassung an Entlastungsbauwerken

Zunehmend wird von behördlicher Seite auch die Erfassung von Entlastungsmengen in die Vorfluter an Trennbauwerken und Regenbeckenüberläufen gefordert. Die spezielle Herausforderung liegt in der extrem großen Bandbreite möglicher Abflusswerte. Da die behördlichen Forderungen sowohl die Erfassung kleinster Mengen im Bereich l/s beinhalten als auch Abflüsse im Bereich m³/s zu messen sind, können herkömmliche Messsysteme wie z. B. MID oder Venturigerinne für diese Bandbreite an erwarteten Ablaufmengen nicht optimal eingesetzt werden. Darüber hinaus gibt es viele Fälle, wo Regenbecken über keinerlei Stromanschluss verfügen, so dass energieautarke Systeme erforderlich sind, um alle Ereignisse sorgfältig erfassen und archivieren zu können. Hierzu ist das sogenannte EMA-System (Elektronische-Mengen-Auswertung) entwickelt worden (**Bild 2**).

Eine variable mechanische Konstruktion zur hochgenauen kontinuierlichen Messwertfassung, das sogenannte EMA-Panel mit E-Skalen-Optik, dient zur Aufnahme, zum Schutz und zur präzisen Kalibrierung der eingesetzten Sensorik



Bild 1: Schwenkstrahlreiniger in einem Regenbecken (Quelle: [13])



Bild 2: EMA-Ablaufmengensystem mit Panel (links) und Messprofil (Quelle: [13])

mittels digitalen Höhenfestpunkt. Sämtliche für die Mengenberechnung erfassten Rohdaten sind für den Betreiber uneingeschränkt zugänglich. Aufgrund der Transparenz und Verfügbarkeit der Originaldaten wird dieses System mittlerweile vielfach eingesetzt. Der EMA-Controller sorgt für eine hochauflösende Erfassung und Archivierung der Messdaten nach dem Delta-Event-Plus-Verfahren inkl. Überprüfungs- und Kalibrierungsfunktion. Die Anbindung an ein webbasiertes SCADA-System ermöglicht ein Echtzeit-Monitoring und ein entsprechendes Berichtswesen.

Beide Anwendungen stellen als Vertreter der Intelli-Systeme eine neue Generation IT-basierter Produktlösungen in der Wasserwirtschaft dar. Sie sind für Betreiber wasserwirtschaftlicher Infrastrukturen als erster Schritt in Richtung Digitalisierung besonders gut geeignet, da deren Implementierung nicht zwingend eine übergeordnete Digitalstrategie oder die Installation einer umfassenden Plattformlösung zur Datenerfassung erfordert. Diese Intelli-Systeme können auch zu einem späteren Zeitpunkt als wesentlicher Bestandteil einer digitalen Organisationsstrategie an zukünftige Webplattformen

angebunden werden. Auf der betrieblichen Seite ist das erforderliche Know-how zur Implementierung der Intelli-Systeme überschaubar, so dass auch weniger IT-affines Betriebspersonal nach kurzer Einarbeitung diese Systeme bedienen kann. Zugleich wird eine gewisse Neugier bei technisch interessierten, zumeist jungen Mitarbeitern erzeugt. Beides unterstützt die Akzeptanz für die ersten „digitalen“ Schritte, auf die eine spätere digitale Anpassung auf organisatorischer Ebene aufbauen und somit leichter umgesetzt werden kann.

Die Mutter aller wasserwirtschaftlichen Aufgaben – der Niederschlag

Nahezu alle wasserwirtschaftlichen Aufgaben basieren direkt auf Regenwetterdaten (z. B. Mischwassernetze, Hochwasserschutz, Gewässer) oder werden zumindest indirekt vom Niederschlag beeinflusst (z. B. Deponiesickerwasser, Trinkwassergewinnung, Fremdwasser). Entsprechend gehen Niederschlagsdaten in die Berechnung bzw. Dimensionierung wasserwirtschaftlicher Einrichtungen ein. Obwohl es zunehmend umfangreiche digitale Datenquellen mit lokalen, regionalen und überregionalen Daten gibt, werden den wasserwirtschaftlichen Bemessungsregeln im-

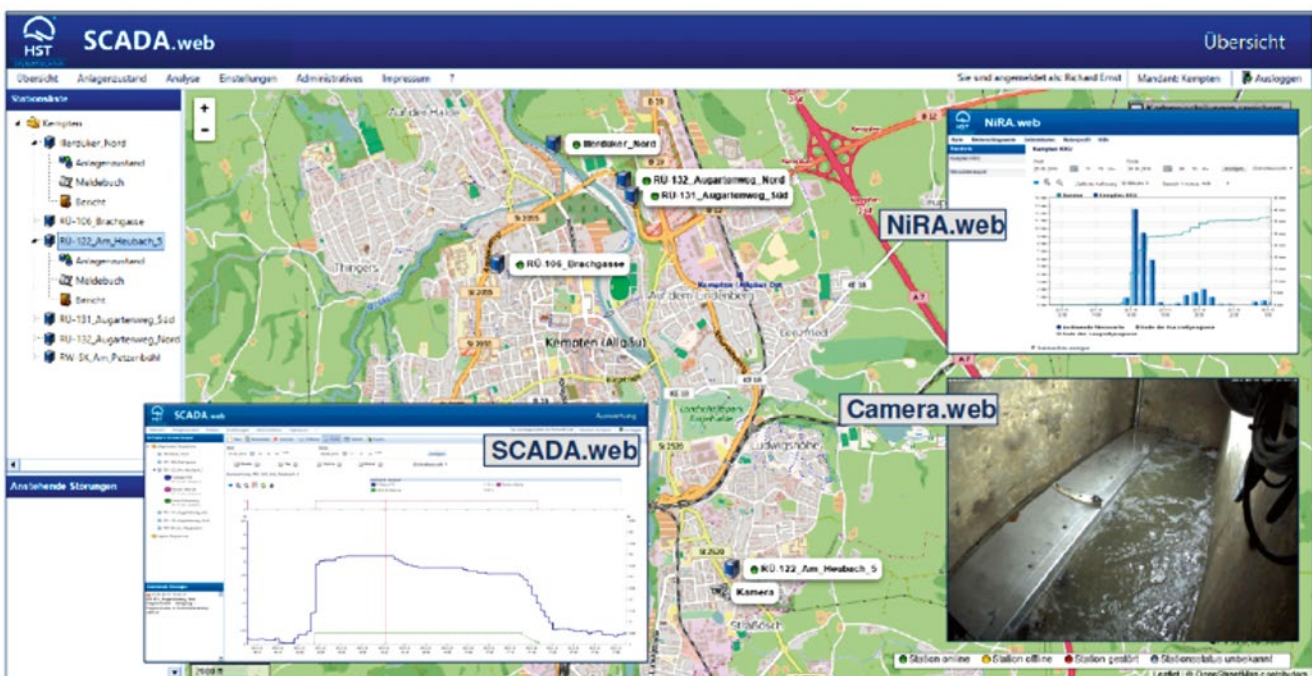


Bild 3: Kombination verschiedener Webanwendungen zur optimierten Betriebsführungskontrolle (Quelle: [13])

mer noch gemittelte bzw. statistisch zusammengefasste und zumeist prognostisch verdichtete Niederschlagsbemes-sungsreihen zugrunde gelegt. Auch wenn es hier positive Entwicklungen zur besse- ren Berücksichtigung lokaler Besonder- heiten gibt [14], ist die Nutzung umfang- reicher lokaler Datenarchive oder zuge- höriger 3-Tages-Prognosen aus bereits vorhandenen Internetplattformen wie z. B. NiRA.web [15] nur gering ausgeprägt. Gerade unter dem Aspekt der bevorste- henden Digitalisierungsveränderungen in der kommunalen Wasserwirtschaft spielt der Einsatz brauchbarer digitaler Nieder- schlagsdaten eine entscheidende Rolle für eine sichere und effiziente Betriebsfüh- rung wasserwirtschaftlicher Infrastruktu- reinrichtungen. Hierbei steht nicht nur die Verwendung von Echtzeitdaten des Nie- derschlags bei Bemessungsaufgaben im Vordergrund. Das Nutzenpotenzial liegt vielmehr in der direkten Verknüpfung sol- cher Portale mit den zuvor beschriebenen Intelli-Systemen.

Smarte Maschinen in Regenbecken werden in naher Zukunft mit webbasier- ten Prognosedaten des lokalen Nieder- schlags verbunden sein (z. B. aus dem Por- tal NiRA.web) und können somit als Be- standteil eines vernetzten Gesamtsystems bedarfsgerechter (lastfallorientiert) und damit sicherer betrieben werden. Beim schwenkbaren Strahljet mit visueller Funktion wird beispielsweise die zugehö- rige Datenanalyse anhand der Auswertung der Betriebsdaten und der verknüpften Re- genprognosen feststellen, dass nach einem starken Regenereignis der nächste große Regen bereits in zwei Tagen ansteht, und ein aktueller Reinigungsvorgang somit nicht effizient sein wird. So kann der Be- treiber bei Bedarf einstellen, ob die Lauf- zeiten des Jets verringert werden oder das Aggregat komplett ausgeschaltet bleibt.

Oder mit einer zentralen Datenaus- wertung aller Bauwerke kann zukünftig entschieden werden, wann welches Regen- becken entleert wird, um z. B. für ein er- wartetes Starkregen- oder Hochwasser- ereignis ausreichend Speicherkapazitäten frei zu halten bzw. die Kapazitäten optimal zu nutzen bzw. die Entlastungsereignisse aus Regenbecken im Sinne eines optimalen Gewässerschutzes gezielt zu steuern. Je mehr quantitative und qualitative Daten pro Bauwerk/Objekt vorliegen, desto besser und effizienter kann mit Hilfe intelligenter Algorithmen jede einzelne Maschine, jedes Objekt und auch das gesamte Infrastruk-

tursystem betrieben werden. Gerade bei immer häufiger auftretenden Starkregen- ereignissen ist der Einsatz digitaler Intelli- Lösungen von enormer Bedeutung. Kom- biniert mit webbasierten SCADA-Systemen läßt sich sowohl eine vorausschauende Betriebsführung realisieren als auch eine bessere Ursachenforschung bei Extremwet- terereignissen (Bild 3).

Vergleichbare Prognoseanalysen sind auch für den Betrieb von Feinsiebrennen mit Verlegekontrolle (IntelliScreen) an Überlaufschwelen im Kanalnetz zu er- warten. Auch wenn die ankommende Menge an Mischwasserzufluss eine Ent- fernung des Verlegematerials nicht zwin- gend erfordert, kann aufgrund eines pro- gnostizierten Regens innerhalb der näch- sten Tage die rechtzeitige Entfernung von Material notwendig sein, um die hydrau- lische Kapazität des Rechens sicher zu stel- len und Überläufe zu vermeiden. Gleich- zeitig kann die zunehmende Filterwir- kung des angesammelten Rechenguts gezielt für einen verbesserten Schmutz- rückhalt, insbesondere von Mikroplastik, genutzt werden [16].

Zur Erfassung von Niederschlagsdaten werden in der Regel stationäre, mechani- sche Niederschlagsmesser eingesetzt. Die- se sind relativ einfach anzuordnen, aller- dings mit einer hohen Ungenauigkeit und Störanfälligkeit behaftet. Wie jedes me- chanische System bedürfen sie regelmäßi- ger Wartung und Instandsetzung. Bei- spielsweise können Laub, Eis, Schnee, Vo- gelnester oder andere Fremdstoffe, die in das Ombrometer eingedrungen sind, die Funktionsfähigkeit stark einschränken oder diese sogar vollständig aufheben. Eine weitere Schwachstelle herkömmli- cher Regenmessstationen ist die relativ grobe Struktur des Messnetze, bei der nur Regenereignisse in einem begrenzten Ra- dius erfasst werden. Direkt angrenzende Niederschläge mit Auswirkung auf den betroffenen Messbereich werden nicht mehr aufgezeichnet. Eine gute Alternati- ve stellen sogenannte virtuelle Regen- schreiber von Internetplattformen dar (wie z. B. www.nira-web.de). Basierend auf den Daten professioneller Wetterdienste kann der Anwender seine gewünschten lokalen Einzugsgebiete per Klick auswäh- len. Installations- und Betriebsaufwen- dungen entfallen, es fallen lediglich vergleichsweise geringe Nutzungsgebüh- ren an. Zugleich ist in diesen Diensten eine 72-h-Prognose genauso enthalten wie ein Langzeitarchiv für die ausgewählten

 Springer Vieweg

Deckt alle Bereiche der Wasserversorgung ab



P. Fritsch, W. Hoch, G. Merkl,
F. Otilinger, J. Rautenberg,
M. Weiß, B. Wricke
**Mutschmann/Stimmelmayer
Taschenbuch der
Wasserversorgung**

Das Taschenbuch der Wasserversorgung ist ein seit mehr als 50 Jahren anerkanntes, handliches Fachbuch, das alle Bereiche der Wasserversorgung umfasst. Dieses Buch begleitet als umfassendes, übersichtliches und unerlässliches Standardwerk in der Wasserversorgung tätige Ingenieure von ihrem Studium in den Beruf und durch die Karriere- stufen hindurch

16., vollst. überarb. und akt. Aufl.
2014. XLII, 978 S. 365 Abb. Geb.
€ (D) 99,99 | € (A) 102,79 | *sFr 124,50
ISBN 978-3-8348-2560-5

€ (D) sind gebundene Ladenpreise in Deutschland und enthalten 7% MwSt. € (A) sind gebundene Ladenpreise in Österreich und enthalten 10% MwSt.
Die mit * gekennzeichneten Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen und enthalten die landesübliche MwSt. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

springer-vieweg.de

Datenpunkte. Beide Zusatzdienste können als Basisdaten für niederschlagsorientierte Steuerungen von Intelli-Systemen herangezogen werden.

Auch bei Fragen der Haftung spielt die Erfassung von Niederschlagsdaten durch die Zunahme an lokalen Starkregenereignissen eine wichtige Rolle. Gemeinden sind grundsätzlich nicht für Schäden aus Starkregenereignissen (z. B. Rückstau aus dem Abwassernetz in private Haushalte) haftbar zu machen, wenn das Ereignis z. B. einem Jahrhundertregen entspricht. Dies muss die Gemeinde im Zweifelsfall nachweisen. Digitale Datenarchive mit hoher lokaler Auflösung können hierbei sehr wertvoll sein. Digitale Niederschlagsmesssysteme sind somit nicht nur für den effizienten Einsatz von Intelli-Systemen zu empfehlen, sondern bieten darüber hinaus weitere Vorteile.

Die Funktionen der einzelnen Intelli-Systeme werden innerhalb des Forschungsprojekt KOMMUNAL 4.0 an realen Objekten verschiedener Kommunen erprobt. Dabei werden ab 2017 verschiedene Intelli-Systeme an die neuartigen Daten- und Serviceplattformen angeschlossen und als Bestandteil übergeordneter Digitalisierungslösungen im echten Einsatz getestet. Kommunen, die an einem Testeinsatz von Intelli-Systemen interessiert sind, können sich bei der Konsortialleitung von KOMMUNAL 4.0 melden [17].

Fazit

Smarte Maschinen, wie z. B. Intelli-Systeme, zählen zunehmend zur Standardausrüstung in der Wasserwirtschaft. Als technisch innovative Produkte für den lokalen Einsatz bilden sie die ersten innovativen Kontenpunkte zukünftiger Digitalisie-

rungsstrategien in wasserwirtschaftlichen Objekten. Die Verknüpfung mit webbasierten Datenportalen, wie beispielsweise dem Niederschlagsportal NiRA.web, erhöht zudem die Anpassungsflexibilität und Effizienz einzelner Maschinen und des Systems in seiner Gesamtheit. Die virtuelle Verknüpfung der Maschinen mit dem Internet erlaubt den Zugriff aller Betriebsdaten von zentraler Stelle. Ausgewählte betriebsrelevante Daten unterstützen die lokale Maschinensteuerung, verknüpfen Anlagen/Objekte miteinander und sorgen für einen effizienten Betrieb im gesamten Infrastruktursystem.

Viele kleine und mittlere Gemeinden stehen zudem vor der Herausforderung, angesichts der Folgen des demografischen Wandels und zunehmender Starkregenereignisse eine sichere Zukunftsplanung für die Instandhaltung und Erweiterung ihrer Infrastruktur vorzunehmen. Nicht selten steckt das größte Infrastrukturvermögen unsichtbar unter der Erde. Bis zu 70 % davon können auf die Kanalisation mit ihren Sonderbauwerken und Kläranlagen entfallen [18]. Um eine optimale Investitionsplanung zu erhalten, sind ausreichend viele und verlässliche Daten erforderlich. Entscheidungen auf Basis ungenauer Annahmen und Schätzungen können in Zukunft auf ein Minimum reduziert werden. Eine große Rolle spielt hierbei ein werterhaltender Betrieb bestehender Anlagen und Objekte, z. B. durch effiziente Maschinen mit intelligenten Steuerungslösungen unter Beachtung der Einflüsse lokaler Niederschläge.

Literatur

- [1] „Was ist Industrie 4.0?“ Definition der Plattform Industrie 4.0, <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>, abgerufen am 26.06.2016

- [2] „Wasser 4.0“, Broschüre der German Water Partnership e.V., Ausgabe 2016
- [3] Prof. Dr.-Ing. Robert Holländer, „Daseinsvorsorge 4.0 – Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung in der Wasserwirtschaft (Wasser 4.0)“, Vortrag WBR – BVÖD Jahrestagung 10. Februar 2016 (<http://www.bvoed.de/assets/files/downloads/WBR/WBR-Jahrestagung-09-11.02.16,-Leipzig/WASser-4.0-Holländer-WBR---BVOED-10.02.2015.pdf>)
- [4] Prof. Dr. Paul Uwe Thamsen „Wasser und Abwasser 4.0 – eine Revolution“, wwt 8/2015
- [5] <http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=720380.html>
- [6] www.kommunal4null.de
- [7] Lisa Wüste „Mehr Macht den Maschinen – Technischer Fortschritt und moralische Verantwortung im Kontext des Projektes „Kommunal 4.0“, Masterarbeit an der Ruhr-Universität Bochum Fakultät für Philosophie und Erziehungswissenschaft Institut für Philosophie I, 2016
- [8] Alain Veuve „Digitalisieren Sie zuerst Ihr Produkt, nicht Ihr Unternehmen“, <http://www.alainveuve.ch/digitalisieren-sie-zuerst-ihr-produkt-nicht-ihr-unternehmen/>, abgerufen am 26.06.2016
- [9] Ergebnisse einer KOMMUNAL 4.0-Erhebung auf der IFAT 2016
- [10] Michael E. Porter, James E. Heppelmann „Wie smarte Produkte Unternehmen verändern“, Harvard Business Manager, Ausgabe Dezember 2015
- [11] Wasserinformationssystem Austria, interaktive Webplattform mit Datenbanken, Tabellen, interaktive Karten, Abfragemöglichkeiten zur Wasserqualität und andere Informationen zu den relevanten Gewässern in Österreich sowie Links und Publikationen zum Download, http://state.gift/wasserinformationssystem-austria_7584399.html, abgerufen am 26.06.2016
- [12] Webbasierte Lernumgebung des Projektes SeCom 2.0, https://nordsee.lfi.rwth-aachen.de/secom/wp-content/uploads/2013/04/Poster_TdH_2013.pdf, abgerufen am 26.06.2016
- [13] Bildquelle: HST Systemtechnik GmbH & Co. KG
- [14] Uwe Haberlandt „Ergebnisse eines Expertengesprächs zum Bemessungsniederschlag“, Korrespondenz Abwasser 6/2016
- [15] www.nira-web.de
- [16] siehe z.B. <http://umweltdaten.nuernberg.de/fileadmin/Dokumente/Aktuelles/Mikroplastik.pdf>
- [17] per Mail: guenter.mueller-czygan@hst.de
- [18] Stefan Hattenbach, Markus Vogel „Das verborgene Vermögen der Kommunen: Entwicklung einer Strategie zum Werterhalt in einer Dorfgemeinde“, Tagungsband DWA Landesverbandstagung 2015



Weitere Empfehlungen aus www.springerprofessional.de:

🔍 Digitalisierung Wasserwirtschaft

Pohl, Chr.; Spinnreker, D.; Keilholz, P.: Wasserwirtschaft 4.0 digitalisiert, modelliert und visualisiert Gewässersysteme. In: Wasser und Abfall, Ausgabe 04/2016. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016.

www.springerprofessional.de/link/10004280

Göttlicher, U.; Finkenstein, J.; Schlichtig, B.: 30. Bundeskongress des BWK BWK 3.0 – Wasserwirtschaft im Wandel?. In: Wasser und Abfall, Ausgabe 12/2015. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015.

www.springerprofessional.de/link/7034798

Autoren

Dipl.-Ing. Günter Müller-Czygan
Christopher Becker

HST Systemtechnik GmbH & Co. KG

Heinrichsthaler Straße 8

59872 Meschede

E-Mail: Guenter.Mueller-Czygan@hst.de