

Martin Oberascher; Dr. Carolina Kinzel; Prof. Dr. Wolfgang Rauch; Prof. Dr. Robert Sitzenfrei

Einblicke in eine „Smart Water City“

Der Campus Technik der Universität Innsbruck erhielt in den letzten Jahren intelligente Mess- und Steuerungssensorik. Dank dieser Basis wurde eine „Smart Water City“ entwickelt. Dadurch können neue technologische Lösungen in Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren intensiv getestet werden.

Ein modernes Konzept für die urbane Wasserinfrastruktur beinhaltet, neben zentralen Bestandteilen wie der Kanalisation und das Wasserversorgungsnetz, auch vermehrt dezentrale Anlagen für eine Bereitstellung bzw. Behandlung von Regenwasser vor Ort. Die stetige Weiterentwicklung des Internet of Things (IoT)-Konzeptes hat die Entstehung von kostengünstigen Sensoren in Kombination mit innovativer Datenübertragung begünstigt /1/. Dadurch können bestehende Systeme relativ einfach mit Mess- und Steuerungssensorik

ausgestattet werden /2/. Zudem ermöglicht das IoT-Konzept auch die Einbindung einer Vielzahl von dezentralen Anlagenteilen in ein gemeinsam gesteuertes Gesamtsystem. Zusammen mit der Einbindung der Bevölkerung ergeben sich dadurch neue Möglichkeiten für Betrieb und Wartung. Ziel des Forschungsprojekts „Smart Water City“ ist es, innovative Dienstleistungen für verschiedene Akteure der urbanen Wasserinfrastruktur zu erproben sowie deren kommunalen Mehrwert zu bestimmen.

Smarter Campus

Ein umfangreiches Mess- und Steuerungsnetz stellt die Basis für die Umsetzung einer „Smart Water City“ dar. Dazu wurde der Campus Technik der Universität Innsbruck über die letzten Jahre hinweg umfassend mit intelligenter Mess- und Steuerungssensorik zum „Smart Campus“ ausgestattet (Bild 2).

Dabei wird eine Vielzahl an Parametern (z. B. Bodenfeuchte, Wasserstand, Oberflächentemperatur, Wasserdruck, Wasserver-

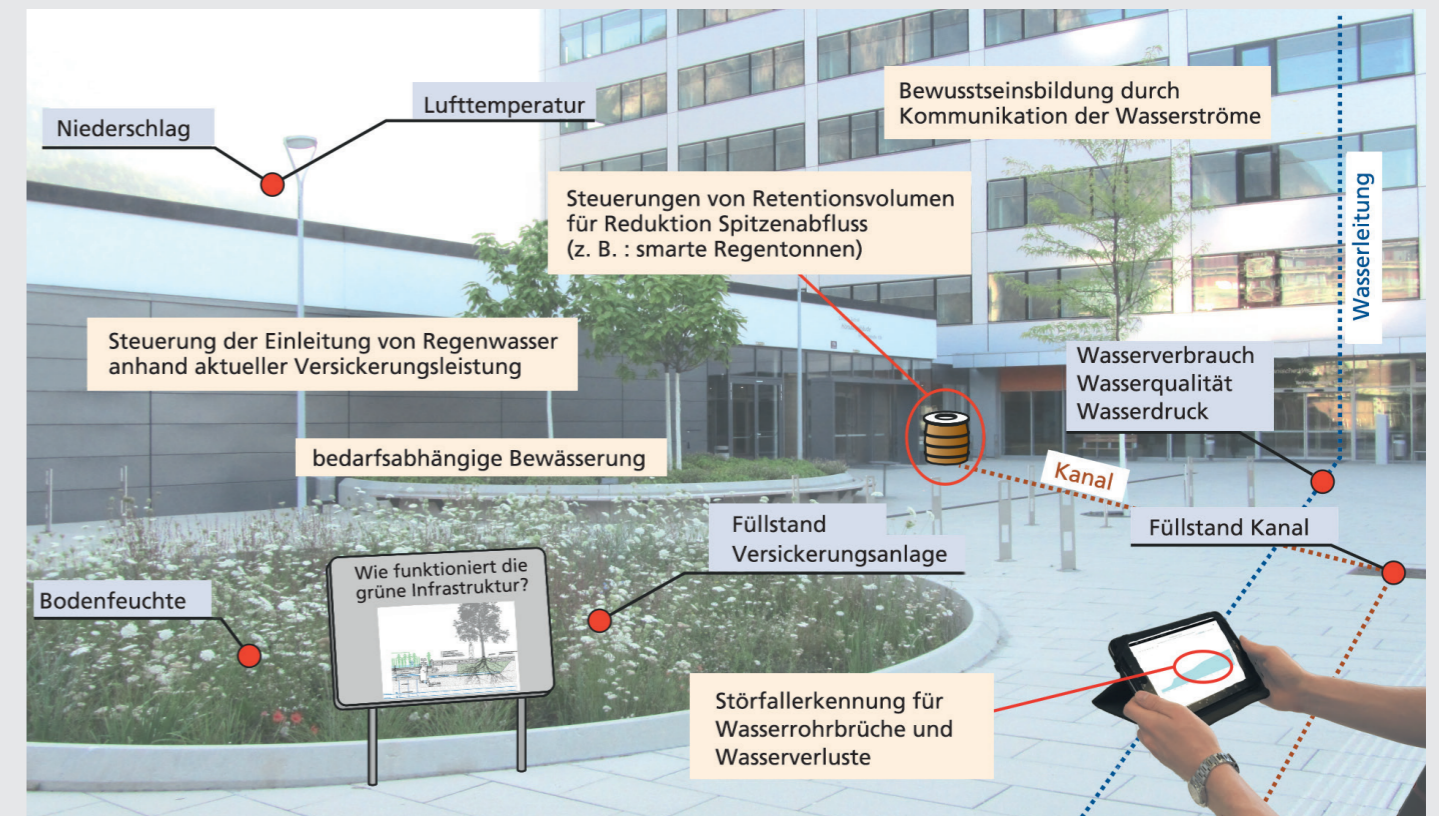


Bild 1 Der Campus Technik an der Universität Innsbruck - bestückt mit intelligenter Mess- und Steuerungstechnik
Quelle: Universität Innsbruck

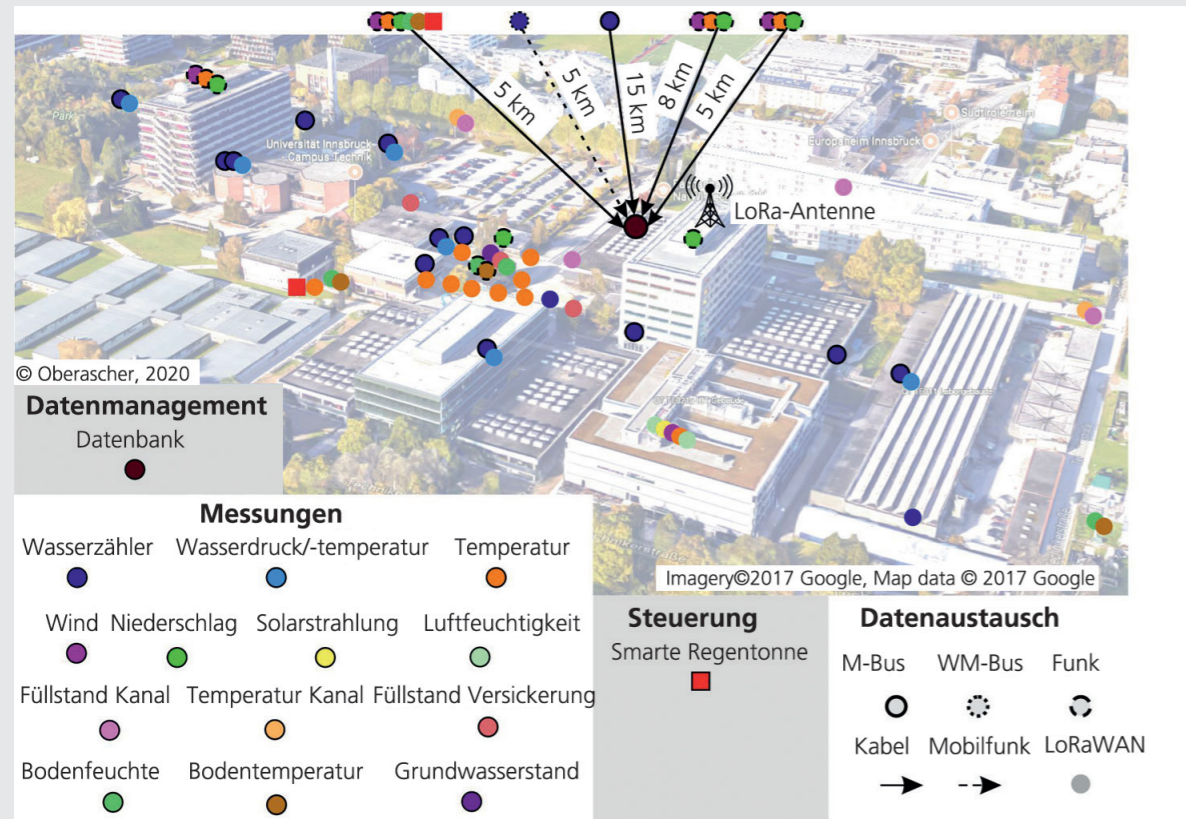


Bild 2 Mess- und Steuerungsnetzwerk am Campus Technik der Universität Innsbruck (Stand 2020)
Quelle: Universität Innsbruck

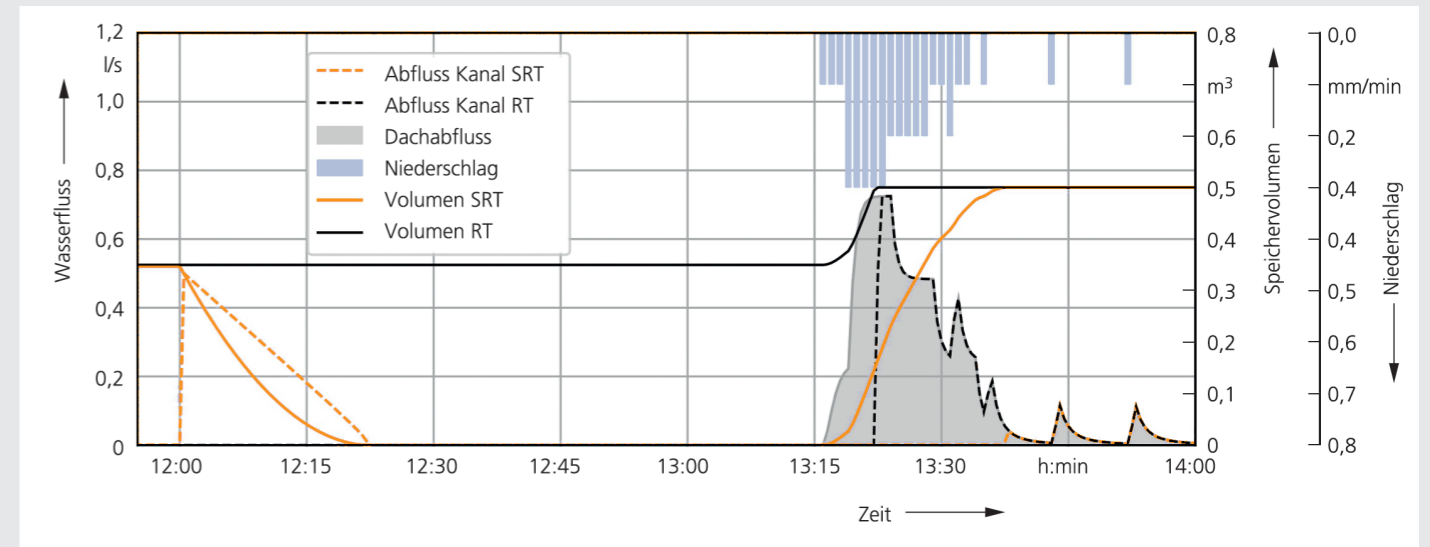


Bild 4 Beispielhafte Funktionsweise der SRT gegenüber einer herkömmlichen (ungesteuerten) Regentonne
Quelle: adaptiert nach /4/

brauch, Klimadaten etc.) hochaufgelöst in Intervallen von 1 bis 15 Minuten gemessen und übertragen (Informationen zum Messstellennetz: <https://umwelttechnik-swc.uibk.ac.at/>, unsensible Daten frei zugänglich). Durch diese hochaufgelösten Daten sind die Systemzustände in der Wasserversorgung und in der Abwasser- und Entwässerungsinfrastruktur in Echtzeit bekannt. Der „Smart Campus“ stellt dadurch einen idealen Testraum für innovative Dienstleistungen im Bereich der urbanen Wasserinfrastruktur dar. Nachfolgend werden die smarte Regentonne und ein Frühwarnsystem für Wasserverluste als beispielhafte smarte Anwendungen näher vorgestellt.

Regenwasserentnahme abhängig (Vorfüllung bei Regenereignis). Um Regentonnen optimal zu nutzen, wurde das Konzept der smarten Regentonne als eine in Echtzeit kontrollierbare Speichereinheit entwickelt (Bild 3). Dazu wurde eine herkömmliche Regentonne mit einem automatisch steuerbaren Ventil sowie einem Füllstandsensoren ausgestattet. Die Regentonne wird über einen Regensammler an das Fallrohr der Dachentwässerung angeschlossen. Der Austausch von Daten (aktueller Füllungsgrad) als auch von Steuerungsbefehlen erfolgt über das Niedrigenergiefunknetz LoRaWAN. LoRa-

WAN hat einen niedrigen Energieverbrauch bei hohen Übertragungreichweiten und stellt dadurch eine Grundvoraussetzung für den Einsatz der smarten Regentonne in Smart Cities dar. Ein wichtiges Element der Kontrollstrategie sind hochaufgelöste Wettervorhersagen, mit denen das benötigte Speichervolumen berechnet wird. Die SRT wird vor einem Regenereignis, falls der prognostizierte Abfluss das aktuell vorhandene Speichervolumen überschreitet, so weit entleert, dass bei Regenende die Tonne wieder vollgefüllt ist. Bild 4 zeigt beispielhaft für ein reales

Regenereignis die ideale Funktionsweise einer SRT im Vergleich zu einer herkömmlichen (ungesteuerten) Regentonne (RT). Das Beispiel verdeutlicht, dass eine SRT trotz ihres kleinen Volumens den Spitzenabfluss auch bei stärkeren Regenereignissen deutlich reduzieren kann. Im Vergleich zur ungesteuerten Regentonne kann die SRT den Spitzenabfluss in diesem Beispiel um ca. 80 % reduzieren. Gleichzeitig wird nach dem Regenereignis eine möglichst vollgefüllte Regentonne zur weiteren Verwendung des Regenwassers bereitgestellt. Wie durch Simulationen festgestellt /3/, ist die Wirksamkeit einer einzelnen SRT besonders gegeben, wenn die Regentonne teilweise oder vollständig gefüllt ist und die Trockenperiode zwischen Regenereignissen kurz ist (kein Bewässerungsbedarf). Die Einsparung von Trinkwasser für Bewässerungszwecke ist bei der ungesteuerten Regentonne jedoch geringfügig höher als bei der SRT, da Unsicherheiten bei der Wettervorhersage dazu führen können, dass die Regenmenge überschätzt wird und somit die Regentonne bei Ereignisende nicht vollgefüllt ist. Um die Auswirkungen einer großflächigen Installation von SRT auf die urbane Wasserinfrastruktur zu untersuchen, wurde die open-source Software „Smartin“ entwickelt /4/. Durch „Smartin“ können eine Vielzahl von SRT individuell in einem gekoppelten Modell aus Wasserversorgung und Siedlungsentwässerung (Software EPANET2 and SWMM5) in Echtzeit gesteuert werden. Zur Veranschaulichung wurde eine reale urbane Wasserinfrastruktur einer alpinen Gemeinde mit ca. 2.500 Einwoh-

ner modellbasiert mit SRT ausgestattet. Für die Simulationen wurde die Anzahl der SRT variiert (Gesamtvolumen von 45 – 180 m³) sowie unterschiedliche Prognosezeiträume der Wettervorhersage untersucht. Obwohl eine einfache Kontrollstrategie verwendet wurde, konnte eine deutliche Verbesserung des Gesamtsystems durch eine Reduktion von Mischwasserüberlauf- und Überflutungsvolumina (bis zu 14 bzw. 40 %) sowie der Bereitstellung von Regenwasser für Bewässerungszwecke (bis zu 9 m³ pro Regentonne im Jahr) erzielt werden. Die Materialkosten für eine SRT (Regentonne mit 500 l Volumen, elektrisches Kugelhahnventil, Steuerungseinrichtung, LoRaWAN Antenne) belaufen sich auf ca. 475 €. Als Vergleichswert betragen die Investitionskosten für ein zentrales Mischwasserüberlaufbecken zwischen 600 und 3.600 € pro m³ /5/. Im Unterschied zu zentralen Bauwerken mit einer Lebensdauer von Jahrzehnten, unterstützen die SRT einen einfachen Einbau in die bestehende Infrastruktur. Dadurch unterstützen die smarten Regentonnen ein flexibles Design (sowohl räumlich als auch mengenmäßig) und stellen eine ideale Erweiterung der bestehenden Infrastruktur gegenüber wechselnden Einflüssen (z. B. Klimawandel, Zunahme Versiegelung) dar. Dabei sind die SRT als Partnerschaftsmodell zwischen Entwässerungsbetreiber und Regentonnenbesitzer angedacht. Zum Beispiel kann der Entwässerungsbetreiber die Kosten für die Steuerung und Einbindung in ein zentrales Kontrollsystem übernehmen (Vorteil von zusätzlichem Speichervolumen im System).

Der Regentonnenbesitzer kann dagegen die Aufstellung und Wartung übernehmen (Vorteile: Regenwassernutzung, Messwerte für Bewusstseinsbildung und Systemverständnis; Einbindung in Smart Home Umgebung zur automatischen Bewässerung).

Frühwarnsystem für Wasserverluste

Einen zentralen Punkt in „Smart Water City“ stellt auch das Wasserverlustmanagement im Trinkwassernetz dar. In Bild 5 ist ein dokumentierter realer Rohrbruch am Campus Technik dargestellt. Die Differenz aus Zufluss zum Campus Technik und Verbrauch (digitale Wasserzähler) stellt eine Indikation auf mögliche Undichtheiten und Leckagen im Versorgungsnetz dar. Obwohl durch die Gebäude ohne Wasserzähler immer eine Differenz zwischen Zufluss und Verbrauch gegeben ist, ist sehr gut eine sprunghafte Zunahme sowohl des Zuflusses als auch der Differenzmenge am 03.03.2020 ersichtlich. Oftmals wird eine solche Fehlstelle erst nach Auftreten von lokalen Schäden (z. B. Unterspülungen) oder erhöhten Wassermengen bei der Abrechnung entdeckt. Am Campus wurden Wasserdrucksensoren mit LoRaWAN Übertragung installiert. Sie zeigten während des Rohrbruchs eine deutliche Reduktion des vorhandenen Wasserdruckes durch die zusätzlichen Rohrreibungsverluste. Den Rohrbruch behob man schließlich 3 Tage später durch die Errichtung einer Bypassleitung (temporär). Der gesamte Wasserverlust wurde in diesem Fall aufgrund der relativ kurzen Laufzeit mit insgesamt ca. 1.000 m³ abgeschätzt. Es entstan-

Smarte Regentonne (SRT)

Regentonnen sammeln Regenwasser, das bei Bedarf zur Bewässerung verwendet werden kann und dadurch den Trinkwasserbedarf reduziert. Einzelne Regentonnen weisen bezogen auf das Gesamtvolumen der Entwässerungsinfrastruktur ein kleines Retentionsvolumen auf, jedoch kann die Summe aller Regentonnen auch für die Regenwasserbewirtschaftung ein bedeutungsvolles Volumen darstellen. Die Retentionswirkung von herkömmlichen Regentonnen ist sehr stark von der individuellen

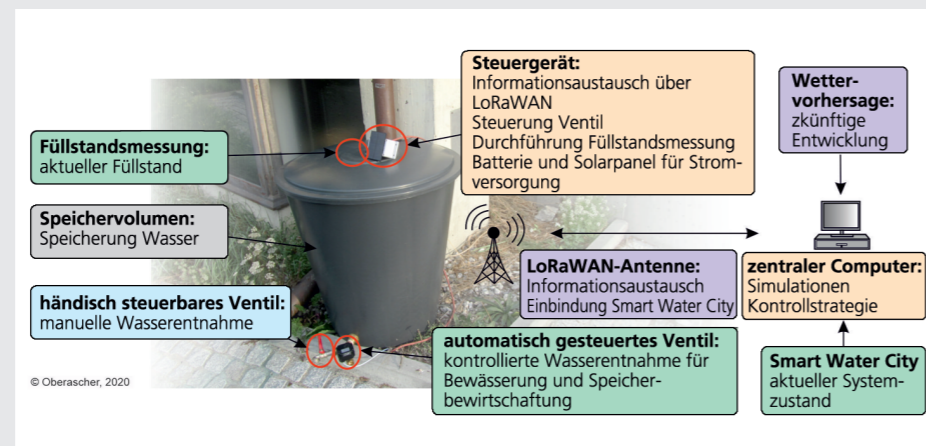


Bild 3 Übersicht über die Bestandteile der Smarten Regenwassertonne (SRT)
Quelle: adaptiert nach /4/

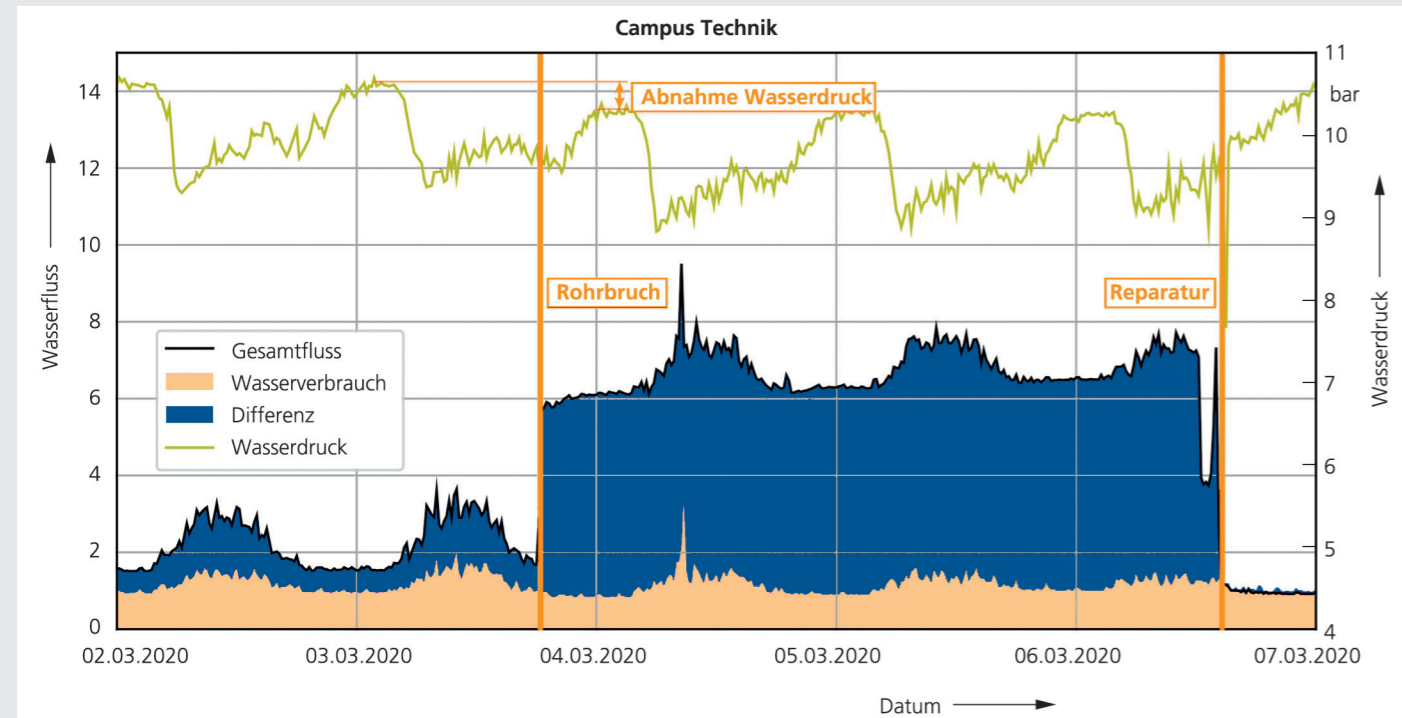


Bild 5 Anwendungsbeispiel eines Frühwarnsystems für Wasserverluste
Quelle: Universität Innsbruck

den keinerlei weitere Schäden, z. B. durch Eindringen von Wasser in Gebäuden.

Ausblick

Bestehende Infrastruktur aus Smart Cities Implementierungen sowie kostengünstige Sensorik ermöglichen eine verbesserte sowie räumlich verteilte Erfassung von Systemzuständen auch in der Wasserinfrastruktur. Diese Informationen können anschließend für eine integrative Betrachtung sowie smarte Bewirtschaftung verwendet werden. Werden mehr Sensoren räumlich verteilt installiert, können Systemzustände besser bestimmt und Optimierungspotenziale verlässlich aufgezeigt werden. Jedoch werden für Messgeräte in der urbanen Was-

serinfrastruktur vorwiegend batteriebetriebene Sensoren eingesetzt, wodurch auch der Ressourceneinsatz ansteigt. Zudem bewirkt die Umsetzung einer fixen Messinfrastruktur primär Investitions- und Betriebskosten, wobei ein möglicher Mehrwert nur durch die aktive Nutzung der Messwerte erzielt werden kann. Im Forschungsprojekt sollen daher weitere Optimierungspotenziale untersucht und eine umfangreiche Ana-

lyse der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen durchgeführt werden, um den kommunalen Mehrwert einer „Smart Water City“ bestimmen zu können.

■ Prof. Dr. Robert Sitzenfrei
Universität Innsbruck
Institut für Infrastruktur
Arbeitsbereich Umwelttechnik
robert.sitzenfrei@uibk.ac.at

Danksagung

Diese Publikation entstand im Rahmen des Projektes „Smart Water City“. Dieses Projekt wird aus den Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Smart Cities Demo – Living Urban Innovation 2018“ (Projekt 872123) durchgeführt.

Literatur:

- /1/ Li, S.; Xu, L.D.; Zhao, S. (2014): The internet of things: a survey. Inf Syst Front. 17(2), 243-259
<https://doi.org/10.1007/s10796-014-9492-7>
- /2/ Kerkez, B.; Gruden, C.; Lewis, M.; Montestruque, L.; Quigley, M.; Wong, B.; Bedig, A.; Kertesz, R.; Braun, T.; Cadwalader, O.; Poresky, A.; Pak, C. (2016): Smarter Stormwater Systems. Environ. Sci. Technol. 50(14), 7267-7273.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05870>
- /3/ Oberascher, M.; Zischg, J.; Kastlunger, U.; Schöpf, M.; Kinzel, C.; Zingerle, C.; Rauch, W.; Sitzenfrei, R. (2019): Advanced Rainwater Harvesting through Smart Rain Barrels. In: World Environmental and Water Resources Congress 2019: Watershed Management, Irrigation and Drainage and Water Resources Planning and Management
<https://doi.org/10.1061/9780784482339.008>
- /4/ Oberascher, M.; Kinzel, C.; Kastlunger, U.; Kleidorfer, M.; Zingerle, C.; Rauch, W.; Sitzenfrei, R. (submitted): Integrated urban water management with micro storages developed as an IoT based solution the smart rain barrel. Manuskript eingereicht bei Environmental Modelling & Software
- /5/ Leimbach, S.; Brendt, T.; Ebert, G.; Jackisch, N.; Zieger, F.; Kramer, S. (2018): Regenwasserbewirtschaftungsanlagen in der Praxis: Betriebssicherheit, Kosten und Unterhaltung
<https://doi.org/10.6094/unifr/16551>