

# Die Schwammstadt als Innovationstreiber für die Siedlungswasserwirtschaft

Stephan Köster und Maike Beier, Hannover

## 1 Hintergrund

Die zunehmend wahrnehmbaren Auswirkungen des Klimawandels erhöhen die Dringlichkeit, zeitnah infrastrukturelle Weichenstellungen vorzunehmen, um auch in Zukunft in Städten ein hohes Maß an Aufenthalts- und Lebensqualität zu gewährleisten. Aktuell international verfolgte Stadtentwicklungsansätze wie das Schwammstadtkonzept akzentuieren die Bedeutung von Wasser in der Stadt und bieten die einmalige Chance, den urbanen Wasserkreislauf ausgehend von der unabdingbaren Klimaanpassung zu modernisieren und zukunftsfähig aufzustellen und dabei zeitgleich ein Höchstmaß an Schadensvermeidung (Überflutungsschutz, Starkregenvorsorge) zu gewährleisten. Die fortschreitende Digitalisierung sowohl im Bereich des Messens, Steuern und Regels sowie auf prozessualen und organisatorischen Ebenen schaffen völlig neue Möglichkeiten smarte und vor allem auch komplexe Lösungen umzusetzen. Am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Leibniz Universität Hannover arbeitet ein Forschungsteam seit vielen Jahren an Lösungen, um mit besonderem Blick auf die städtische Wasserwirtschaft praxistaugliche Transformations- und Entwicklungspfade für Städte und ihre Wasserinfrastrukturen aufzuzeigen. Ziel dieser Forschungsaktivitäten ist es insbesondere, den Ansatz der Schwammstadtentwicklung als Keimzelle zu nutzen, um ausgehend von einer Transformation der Entwässerungsinfrastruktur eine moderne und vor allem zukunftsichere Siedlungswasserwirtschaft zu realisieren.

Die kommunale Klimaanpassung ist nach wie vor noch vielfach von dem Ziel getrieben, eine verbesserte städtische Überflutungsvorsorge zu ermöglichen. Eine Schwammstadt kann aber deutlich mehr, wenn man ihre Potentiale ausschöpft und sie konsequent technisch ausdefiniert. Sie leistet dann bei (Stark-)Regenereignissen nicht nur Mitigation und Retention, sondern sie ermöglicht die konsequente Speicherung von Niederschlagswasser und erhöht so (insbesondere im städtischen Kontext) die Verfügbarkeit der Ressource Wasser. Bisher gibt es aber kaum Verlautbarungen zur konzeptionellen bzw. praktischen Ausgestaltung einer Regenwassernutzung im Schwammstadtkontext. In der Entwurfsfassung der vom BMU veröffentlichten „Nationalen Wasserstrategie“ wird gefordert, das Leitbild der „wassersensiblen Stadt“ (Schwammstadt) weiterzuentwickeln und in die Umsetzung zu bringen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2021). Die hierzu angeführten Beispiele sind aber weiterhin in der Mehrzahl sehr konservativ. Beispielsweise wird dort der „Vorrang einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung in neu zu erschließenden Siedlungs- und Gewerbegebieten vor Ableitung in Kanalisationen“ gefordert. Die Schwammstadt ist aber ein Stadtentwicklungsansatz, der – unter umfassender

Partizipation und Stakeholderbeteiligung – bereits bestehende und zukünftige Stadträume zu einer Stadt mit hoher bzw. gesteigerter Lebensqualität transformiert und dabei nicht nur die Wissenschaft auffordert, über bestehende Systemgrenzen hinweg zu denken und zu agieren.

Ein Vorschlag, der derartige Aspekte und Potentiale aufgreift, wird mit diesem Beitrag zur Diskussion gestellt. Zentrale Innovation der hier vorgestellten Forschungsarbeit ist, die Schwammstadt zu einer komplementären Wasserversorgungsinfrastruktur weiter zu entwickeln und damit zu einem wichtigen Baustein des urbanen Wasserkreislaufs aufzuwerten, vgl. auch (Köster 2021; Köster und Beier 2021). Die vorgestellten Ideen und Konzepte basieren im Wesentlichen auf Forschungs- und Entwicklungsarbeit, die im Rahmen der BMBF finanzierten Verbundvorhaben KEYS und TransMiT (siehe Danksagung) geleistet wurde. Die genannten Verbundprojekte zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine intensive wissenschaftliche Begleitung vielfältiger praktischer Pilot-Umsetzungen von siedlungswasserwirtschaftlichen Innovationen und Demonstrationen sowohl in Deutschland als auch in China gestatteten. Die enge Kooperation mit zahlreichen Umsetzungspartnern offenbarten dabei viele Chancen aber auch Risiken und noch bestehende Hemmnisse.

## **2 Städtischer Wasserbedarf und Absicherung der Wasserversorgung in einer Schwammstadt**

Grundsätzlich ist für die Zukunft ein steigender städtischer Wasserbedarf zu unterstellen und dies koinzidiert – maßgeblich bedingt durch den Klimawandel – mit einer oftmals abnehmenden (Trink-)Wasserverfügbarkeit. Ein steigender Wasserbedarf ist darin begründet, dass u.a. zusätzliche Verbrauchstellen entstehen werden und dies u.a. für die Versorgung der blau-grünen Stadt, Wasser für die vertikale Landwirtschaft und Stadtkühlung. In Tabelle 1 sind beispielhaft urbane Wasserbedarfe aufgeführt, deren Deckung keine Trinkwasserqualität erfordert und die daher durch ein qualitätsgesichertes Regenwasser abgedeckt werden können.

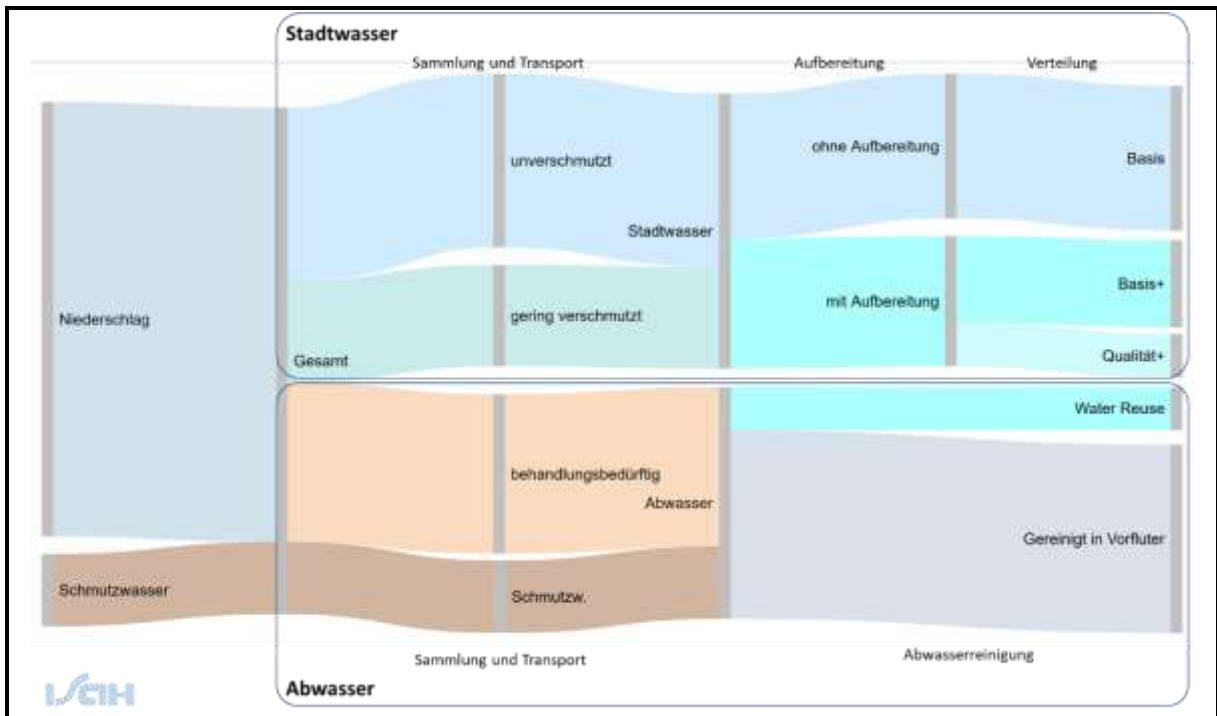
Auch in Deutschland, das sich bisher als wasserreiches Land verstand, können diese (Mehr-)Bedarfe nicht durch die bestehenden Wasserversorgungssysteme geschultert werden. Jüngst kamen die Autoren der Nationalen Wasserstrategie des Bundes zu der Schlussfolgerung, dass es in Deutschland „regional zu Wasserknappheit kommen kann“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2021). Somit besteht auch in Deutschland schon jetzt konkreter Handlungsbedarf, die städtische Wasserversorgung unter den Vorzeichen des fortschreitenden Klimawandels dauerhaft abzusichern. Das nachstehend vorgestellte Stadtwasser-konzept, das die Einführung einer komplementären Wasserversorgungskomponente vorsieht, entwickelt als synergetische Ergänzung zum Niederschlagswasser-management, greift damit die Forderung der Nationalen Wasserstrategie unmittelbar auf, „...*das Wasserangebot und den städtischen Wasserbedarf zu analysieren und darauf aufbauend Versorgungskonzepte zu entwickeln...*“ und skizziert einen konkreten Umsetzungspfad.

**Tabelle 1: Übersicht über urbane Wasserbedarfe, die durch qualitätsgesichertes Regenwasser gedeckt werden können (eigene Aufstellung)**

Maßnahme	Abnehmer
Bewässerungswasser	<ul style="list-style-type: none"><li>• Urbane Nahrungsmittelerzeugung</li><li>• Bewässerung Park-, Grünanlagen und einzelne Bäume</li><li>• Bewässerung von Bepflanzung an und um Straßen</li><li>• Wohngebäude: Gründach-/Fassadenbewässerung/Garten- und Hofbewässerung</li><li>• Versorgung von Kleingartenkolonien</li></ul>
Stadt-/Quartierskühlung	<ul style="list-style-type: none"><li>• (unter Umständen einhergehend mit Bewässerungsmaßnahmen)</li></ul>
Städtische Reinigungsmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Straßenreinigung</li><li>• Reinigung Kanalisation</li><li>• Staubkontrolle</li></ul>
Sonstige	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bereitstellung von Wasser zur Speisung urbaner Gewässer</li><li>• Alimentierung urbaner Habitate</li></ul>

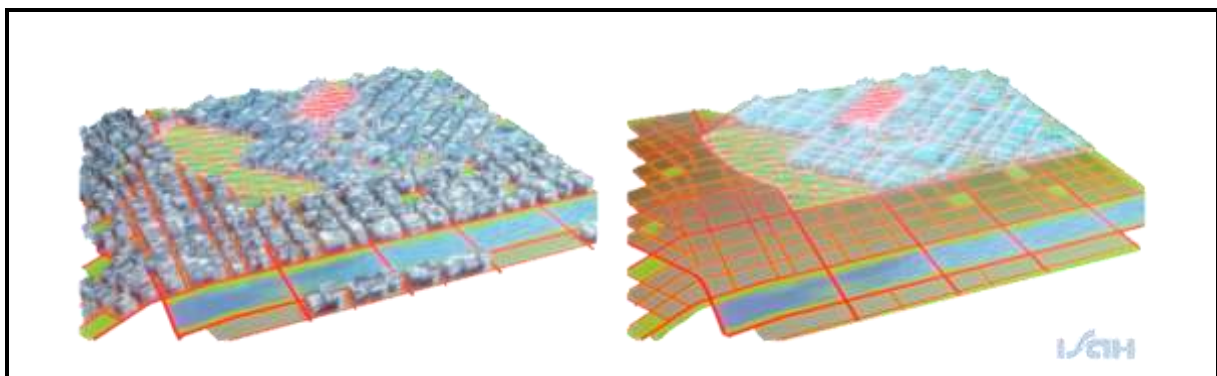
### 3 Das Stadtwasserkonzept

Das Grundprinzip des Stadtwasserkonzeptes ist, unverschmutzten bzw. nur gering verschmutzten Niederschlag vor Ort zu sammeln, zu speichern, bedarfsgerecht aufzubereiten und als qualitätsgesichertes Produkt über eine eigene Infrastruktur über kurze Distanzen zu transportieren und zu verteilen. Verschmutzte Niederschläge werden Bestandteil des kommunalen Schmutzwassers und werden aus dem Einzugsgebiet herausgeleitet und behandelt. Stadtwasser wird entsprechend der Nutzeranforderungen mit unterschiedlichen Qualitätsklassen bereitgestellt (siehe unten). Das Angebot des qualitätsgesicherten „Stadtwassers“ (eng. *City Water*) bedient dabei gezielt Wasserbedarfe, die durch die öffentliche Trinkwasserversorgung quantitativ nicht abgedeckt werden können bzw. bietet eine Versorgung für Wassernutzungen, die eine Inanspruchnahme von Trinkwasser(-qualität) nicht erfordern (vgl. Tabelle 1). Dabei wird das separat gesammelte Regenwasser von unkritischen Flächen entweder unmittelbar genutzt (*Basis-Qualität*) oder es wird dezentral in *City Water Hubs* (siehe Abbildung 3) zu den hochwertigeren Stadtwasserqualitäten Basis+ und Qualität+ aufbereitet, vgl. (Köster und Beier 2021). Abbildung 1 illustriert beispielhaft die hier vorgeschlagene Splittung der Wasserströme in Abhängigkeit von ihrer Verschmutzung anhand eines Sankey-Diagramms.



**Abb. 1: Splittung der Niederschlags-Wasserströme im Stadtwasserkonzept (eigene Darstellung)**

Mit der qualitätsbasierten Differenzierung von Niederschlagsströmen kann im nächsten Schritt eine quartiersspezifische Wasserbilanz erstellt werden, indem den in Tabelle 1 genannten Wasserbedarfen ein (potentielles) zeitlich, räumlich und qualitativ differenziertes Stadtwasserangebot gegenübergestellt werden. Hierzu sind passende quartiersbezogene Bilanzräume zu definieren, die sich sowohl an der Oberflächennutzung (qualitätsbestimmend) als auch an den Ableitungsteileinzugsgebieten orientieren (Abbildung 2). Für die individuellen Bilanzräume wird eine Bestandsaufnahme in Form einer ausführlichen Flächenanalyse durchgeführt, die das Potential an unverschmutzten und gering verschmutzten Niederschlägen aufgezeigt und die bewirtschaftungsrelevante Festlegung von Fließwegen und Sammelpunkten unterstützt.



**Abb. 2: Beispiel für einen stadtteilbezogenen Bilanzraum (eigene Darstellung).**

Wie dies konkret vorgenommen werden kann und welche beachtenswerten Mengenelemente hier bestehen, zeigen u.a. die Untersuchungen für Hildesheim von (Kabisch

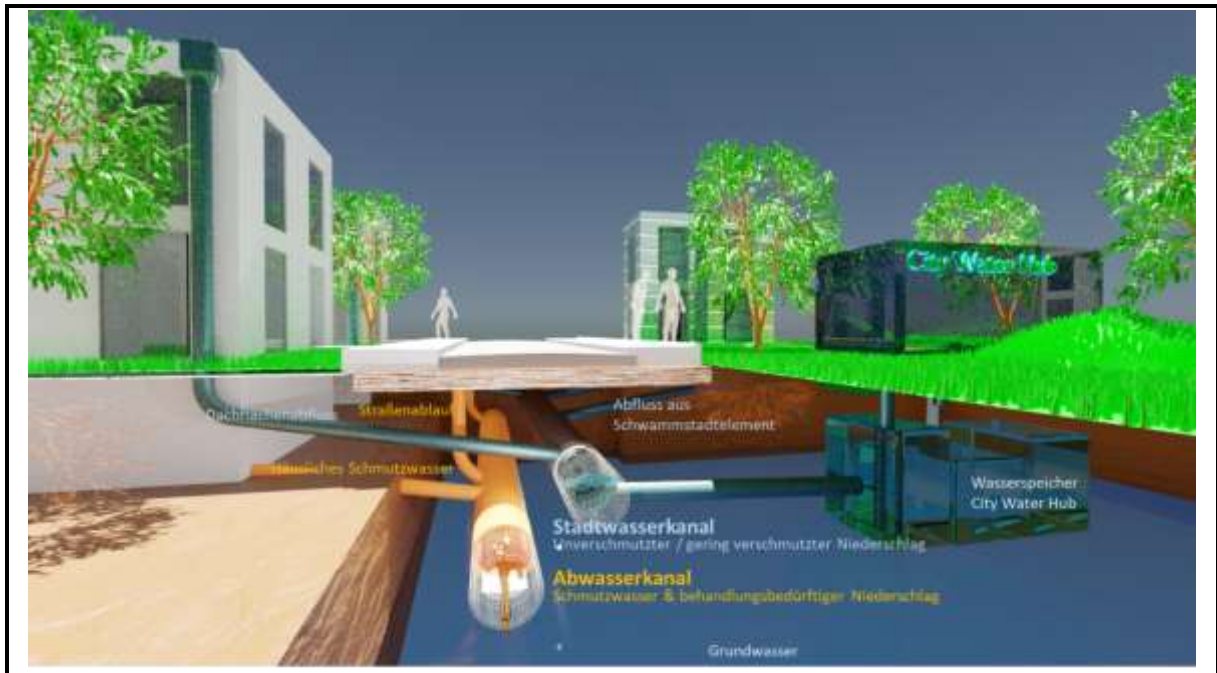
et al. 2021). In einem nächsten Schritt erfolgt die Saldierung für die Bilanzräume, indem der lokale Wasserbedarf der Verfügbarkeit gegenübergestellt wird und zeitgleich damit auch Einfuhr-/Ausfuhrpotentiale beziffert werden können. Mit Blick auf die weitere Stadt- und Quartiersentwicklung bedarf es der Antizipation von Flächenanpassungen und -optimierungen zum Zwecke der Erzeugung weiter gesteigerter Mengen an unbelastetem Regenwasser. Eine überlegenswerte Möglichkeit wäre bspw. die Einrichtung von lokalen Niederschlagsschutzzonen, vgl. auch (Köster und Beier 2021).

#### **4      **Infrastrukturentwicklung und -anpassung****

Im Folgenden richtet sich der Blick auf die infrastrukturellen Innovationen, die durch das hier skizzierte Stadtwasserkonzept auf den Weg gebracht werden können. Dies betrifft insbesondere die Sammlung des unverschmutzten und gering belasteten Regenwassers. Der konkrete infrastrukturelle Vorschlag lautet, zwei Rohrstränge zu betreiben: einen Abwasser- und einen Stadtwasserkanal.

Im Abwasserkanal werden Schmutzwasser und behandlungsbedürftiges Regenwasser (z.B. von Verkehrsflächen) gesammelt und im vorhandenen Entwässerungssystem (Schmutzwassersammler) einer Behandlung zugeführt. Das erzeugte Schmutzwasser wird auf (zentralen) Kläranlagen behandelt, die leistungsfähige Abwasserreinigungsverfahren vorhalten und eine Belastung der Oberflächengewässer wirkungsvoll und stabil verhindern. Die Auswirkungen veränderter Zulaufbedingungen wurden in den genannten Forschungsprojekten in ersten Ansätzen untersucht und sind weiter zu überprüfen. Grundsätzlich darf unterstellt werden, dass die Herausnahme der Mengen an unverschmutzten und gering verschmutzten Niederschlägen aus der Abwasserentsorgung eine deutlich bessere Ausnutzung der vorhandenen Behandlungskapazitäten auf Kläranlagen ermöglicht. Ferner steht das hier skizzierte Vorgehen im Einklang mit der Reduktion von Mischwasserentlastungsereignissen, die dringend geboten ist wie zuletzt durch (Reese 2020) prägnant dargelegt. Wird ein entlastungsfreies Ableitungssystem umgesetzt, wäre dies nicht nur aus Gewässersicht begrüßenswert, sondern es würden weitere Nutzungsmöglichkeiten eröffnet. Beispielsweise ließe sich die Abwasserkanalisation auch für den Transport organischer Substrate (Bio-Abfall/Speisereste) nutzen und dies verbunden mit einer verbesserten Rückführquote und Vermeidung von Abfallsammel- und Hygieneproblematiken in hochverdichteten Stadtbereichen.

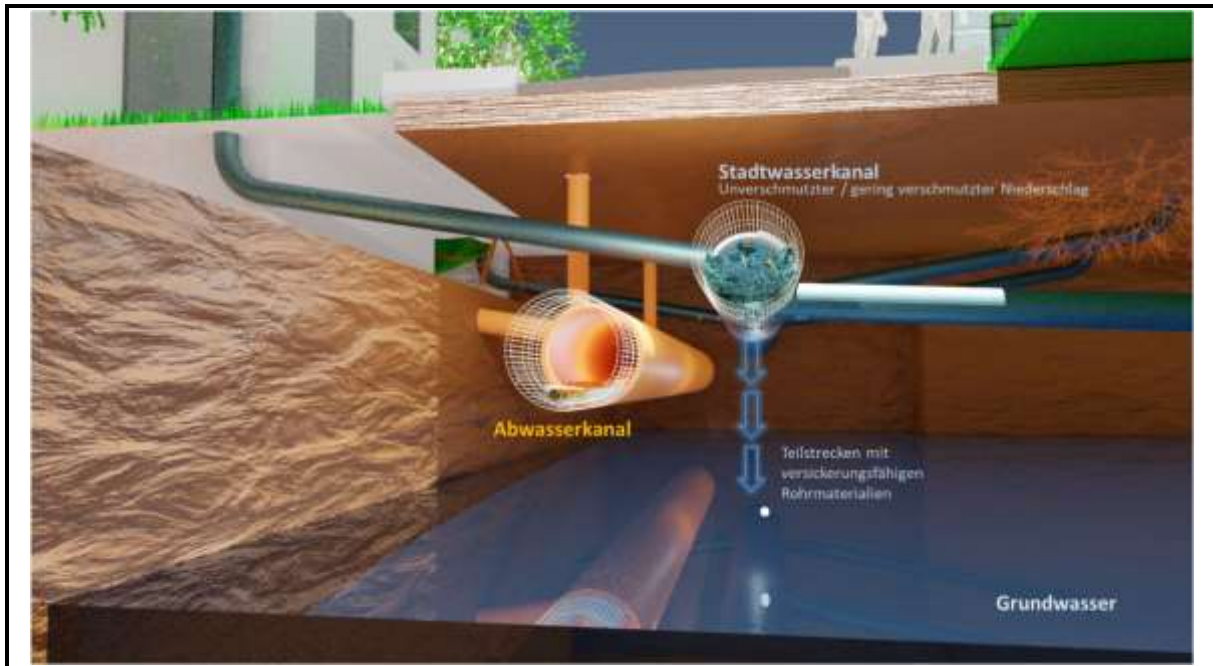
Im Stadtwasserkanal wird das unverschmutzte und gering belastete Regenwasser gesammelt. Hierdurch erfolgt die „Rohwasser“-sammlung, -speicherung und -bereitstellung für die quartiersbezogene komplementäre Stadtwasserversorgung. Für die Stadtwasserversorgung ist die Abdeckung eines gesamten Einzugsgebietes mit entsprechenden Kanalstrecken nicht erforderlich. Es bedarf lediglich definierter Transport- und Speicherstrecken bis zu ausgewiesenen End- und Abgabepunkten. Abbildung 3 visualisiert die hier vorgestellte Infrastruktur zur Schmutzwasser- und Stadtwassersammlung.



**Abb. 3: Visualisierung der Infrastrukturen im Stadtwasserkonzept (eigene Darstellung).**

Neben der unten beschriebenen Bereitstellung von Stadtwasser erlaubt es die qualitative Trennung der Niederschlagsteilstrome im Stadtwasserkanal Teilstrecken mit Versickerungsfunktion einzurichten. Diese können mit einer integrierten Reinigungs- bzw. Filterfunktion ausgestattet werden, die sich z.B. durch die Verwendung bestimmter Porenbetone herstellen ließe. Derartige Versickerungsmaßnahmen dienen der Stärkung des Wasserhaushalts, indem sie zur Bodenbefeuchtung und Grundwasseranreicherung beitragen (Abbildung 4). Besonders in stark verdichteten Bestandsgebiet würde dieser Ansatz im Untergrund zusätzliche Versickerungsflächen aktivieren, die anderweitig nicht zur Verfügung stünden.

Anpassung und Transformation von bestehenden Infrastrukturen sind aufwändig und kosten Geld. Gerade in Bestandsgebieten ist vor der Ausführung von Neubauten zu prüfen, ob eine Umwidmung bestehender (Teil-)Systeme möglich ist. Weitere maßgebliche Entwicklungsziele sind die Aufrechterhaltung der Funktionalität bei Starkregenereignissen sowie eine ausgeprägte Robustheit gegenüber schwankender Niederschlagsqualitäten. Das Multibarrierensystem der Stadtwasserversorgung weist jedoch eine gewisse Toleranz gegenüber temporären Verschmutzungen des „Rohwassers“ auf. Die Einbindung des Stadtwassernetzes in die aktuell entwickelten und bautechnisch umgesetzten Starkregenkonzepte ist Gegenstand aktueller Untersuchungen. Hier wird erwartet, dass sich erhebliche Synergien in der Zwischennutzung von Rückhalte- und Verzögerungsräumen ergeben werden.



**Abb. 4:** Stadtwasserkanal mit versickerungsfähigen Teilstrecken (eigene Darstellung).

Wie oben bereits angeführt, erfolgt die Bereitstellung des Stadtwassers bedarfsgerecht in unterschiedlichen Qualitäten. Die modulare Aufbereitungsabfolge in den *City Water Hubs* (CWH) ermöglicht dies. Im Detail sind folgende Stadtwasserqualitäten in (Köster und Beier 2021) definiert worden:

- **Basis:** keine Aufbereitung, Qualitätssicherung durch gezielte Erfassung, ggf. Einrichtung von Stadtwasserschutzonen zur Sicherstellung.
- **Basis\*:** Feststoffabtrennung mittels einfacher Filtersysteme.
- **Qualität\*:** Feststoffabtrennung und Hygienisierung für besondere Einsatzorte mit erhöhtem Risiko der Aerosolbildung und im direkten Wasser-Mensch-Kontakt (bspw. Rasensprengung, Reinigungseinsatz mit Sprühdüsen, Springbrunnen).
- **Qualität<sup>bio+</sup>:** Nutzerorientierte weitere Aufbereitung durch Abbau biologisch abbaubarer Inhaltsstoffe.

Bei der Aufbereitung sollen möglichst niedrigerenergetische Verfahren wie z.B. schwerkraftgetriebene Membranen und UV-Desinfektion zum Einsatz kommen bzw. lokale Energiequellen wie Photovoltaik, Wind und Abwärme genutzt und in das Konzept eingebunden werden. Im Hinblick auf die Verteilung des Stadtwassers kommen insbesondere kleinräumige Verteilungsinfrastrukturen (z.B. für die Parkbewässerung) aber auch Zapfstellen an den CWH oder weiter entlegene Abgabepunkte, die mit den CWH verbunden sind. Von allen Zapfstellen kann ein Weitertransport z.B. mittels LKW für anderweitige Bewässerungsmaßnahmen wie die des Straßengrüns erfolgen. Mit dem Aufbau eines lokalen Stadtwasserangebots und der Integration nutzerangepasster Infrastrukturmaßnahmen besteht, wie in (Köster und Beier 2021) dargelegt die Möglich-

keit, aber auch die Notwendigkeit, vertragliche Abnahmeregelungen mit den Abnehmern zu treffen. Eine Chance für die weitere Verstetigung und finanzielle Absicherung lokaler Schwammstadtkonzepte.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Eine neuartig gedachte und ausgelegte Regenwasserbewirtschaftung in der Schwammstadt eröffnet die konkrete Option, die städtische Wasserversorgung auch in Zeiten eines sich verschärfenden Klimawandels dauerhaft und nachhaltig abzusichern und unter Umständen sogar zu verbessern. Hierzu bedarf es einer grundsätzlichen Neuausrichtung bei der städtischen Niederschlagsbewirtschaftung, die wie dargestellt zu konkreten infrastrukturellen Veränderungen führt. Gelingt es, die teils erheblichen Anteile an unverschmutzten und gering verschmutzten Niederschlägen aus der Abwasserentsorgung herauszunehmen und in eine komplementäre Stadtwasserversorgungsinfrastruktur zu überführen, ließen sich städtische Wassermehrbedarfe auch in Dürrezeiten abdecken bei zeitgleicher Entlastung der öffentlichen Trinkwasserversorgung.

Dabei ist die Schwammstadtentwicklung innerhalb des breit anzulegenden Kontextes der urbanen Transformation einzuordnen. Sie muss im Einklang stehen mit den Vorstellungen zum zukünftigen städtischen Leben und zur städtischen Mobilität. Dies ist insofern erforderlich, als dass auch die Schwammstadt Ressourcen wie Fläche, Wasser und Finanzierung benötigt und sie somit auch in Ressourcenkonflikte involviert ist. Finden die Schwammstadt und ihre Ausgestaltungsmerkmale jedoch allgemeine Anerkennung, hat sie das Potential, zu einem Innovationstreiber zu werden, nicht nur für die Siedlungswasserwirtschaft, sondern auch für das städtische Leben im Allgemeinen.

## **6 Danksagung**

Das hier vorgestellte Konzept wurde maßgeblich im Kontext der BMBF-geförderten Forschungsprojekte KEYS (Smart Technologies for Sustainable Water Management in urban Catchments as Key Contribution to Sponge Cities, FKZ 02WCL1459A) und TransMiT (Ressourcenoptimierte Transformation von Misch- und Trenn-entwässerungen in Bestandsquartieren mit hohem Siedlungsdruck, FKZ 033W105A) entwickelt. Wir danken dem BMBF für die Förderung.

## **Literatur**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hg.) (2021): Nationale Wasserstrategie. Entwurf des Bundesumweltministeriums. Online verfügbar unter [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Binnengewasser/langfassung\\_wasserstrategie\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/langfassung_wasserstrategie_bf.pdf), zuletzt geprüft am 11.02.2022.



- Kabisch, N.-K.; Beier, M.; Köster, S. (2021): Qualitätsbasierte Entwässerung von Niederschlagswasser. Potenzialanalyse am Beispiel der Stadt Hildesheim. In: Korrespondenz Abwasser 68 (9), S. 709–721.
- Köster, Stephan (2021): How the Sponge City becomes a supplementary water supply infrastructure. In: Water-Energy Nexus 4, S. 35–40. DOI: 10.1016/j.wen.2021.02.002.
- Köster, Stephan; Beier, Maike (2021): Weiterentwicklung der Schwammstadt zu einer komplementären Wasserversorgungsinfrastruktur. In: gwf Wasser | Abwasser 162 (11), S. 85–92.
- Reese, Moritz (2020): Nachhaltiges urbanes Niederschlagsmanagement - Herausforderungen und Rechtsinstrumente. In: Zeitschrift für Umweltrecht (31(1)), S. 40–49.A.;

Anschrift des Verfassers / der Verfasserin:

Prof. Dr.-Ing. Stephan Köster  
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Leibniz Universität Hannover  
Welfengarten 1  
30167 Hannover  
E-Mail: koester@isah.uni-hannover.de

Dr.-Ing. Maike Beier  
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Leibniz Universität Hannover  
Welfengarten 1  
30167 Hannover  
E-Mail: beier@isah.uni-hannover.de