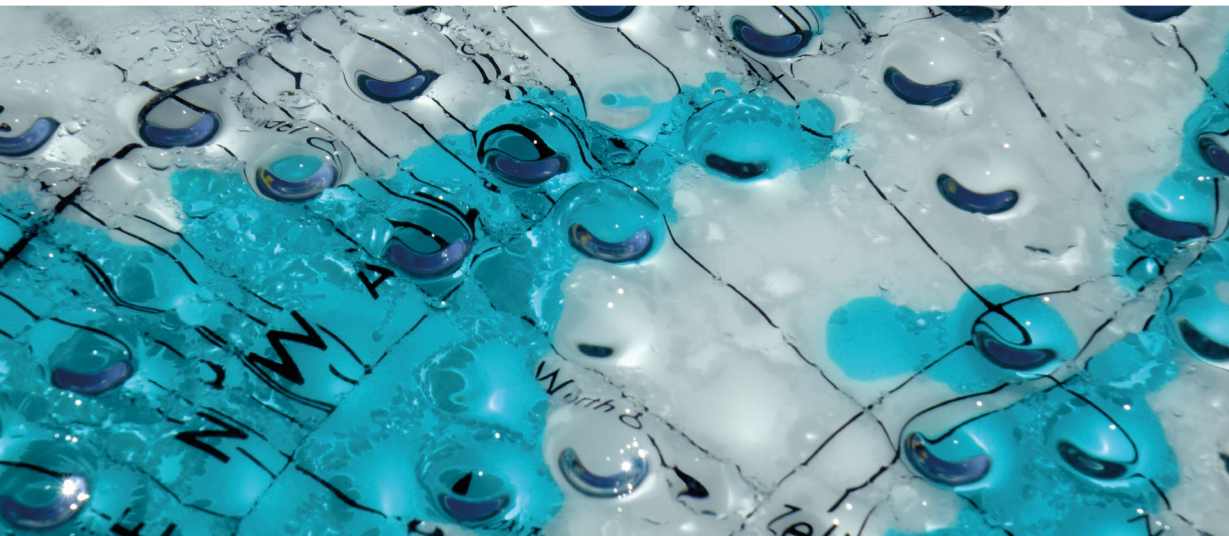


Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten

Technische Varianten, räumliche Potenziale,
institutionelle Spielräume



Martina Winker, Jan Hendrik Trapp (Hrsg.)
gemeinsam mit Jens Libbe und Engelbert Schramm

Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten

Technische Varianten, räumliche Potenziale,
institutionelle Spielräume

Bd. 16
Edition Difu – Stadt Forschung Praxis


Deutsches Institut
für Urbanistik

Impressum

Herausgeberin und Herausgeber

Martina Winker (ISOE), Jan Hendrik Trapp (Difu)
gemeinsam mit Jens Libbe (Difu) und Engelbert Schramm (ISOE)

Redaktion

Klaus-Dieter Beißwenger

Textverarbeitung, Graphik und Layout

Christina Bloedorn, Nadine Dräger (Difu)

Gestaltungskonzept Umschlag und Innenteil

3pc GmbH Neue Kommunikation, Berlin

Umschlagmotiv

Wolf-Christian Strauss

Bildnachweise (Kapiteltrennseiten)

Wolf-Christian Strauss (S. 36, 118, 196, 258), ISOE (S. 28)

Druck und Bindung

Buch- und Offsetdruckerei H. Heenemann, Berlin

Diese Veröffentlichung basiert wesentlich auf Forschungsarbeiten im Verbundvorhaben „netWORKS 3: Potenzialabschätzung und Umsetzung wasserwirtschaftlicher Systemlösungen auf Quartiersebene in Frankfurt am Main und in Hamburg“. Dieses wurde unter dem Förderkennzeichen 033W006A-E innerhalb der Fördermaßnahme „Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung (INIS)“ im Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement (NaWaM)“ als Bestandteil des BMBF-Programms „Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA)“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Projektträger für das BMBF: Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren

ISBN: 978-3-88118-584-4 | ISSN: 1863-7949

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH 2017

Zimmerstraße 13-15

D-10969 Berlin

+49 30 39001-0

difu@difu.de

www.difu.de



Inhalt

Vorwort	9
Zusammenfassung	11
Summary	19
A Einführung in den Band	27
Derzeitige Ausgangslage	29
Jens Libbe, Jan Hendrik Trapp und Martina Winker	
B Alternativen durch eine Differenzierung der Wasserinfrastruktur	35
B1	37
Differenzierung der Wasserinfrastruktur auf kommunaler Ebene	
Martina Winker, Jens Libbe, Jan Hendrik Trapp, Engelbert Schramm und Ralf Ott	
B2	45
Technische Systemvarianten einer sich differenzierenden Wasserinfrastruktur	
Martina Winker, Jörg Felmeden, Thomas Werner, Arash Davoudi und Ralf Ott	
B3	57
Transformation von Wasserinfrastrukturen: Fördernde und hemmende Faktoren aus Sicht zentraler Akteure	
Engelbert Schramm und Heide Kerber	
B4	71
Identifikation von Transformationsräumen am Beispiel von Frankfurt am Main und Hamburg	
Martina Winker, Jörg Felmeden, Bernhard Michel, Danijela Milosevic, Thomas Werner und Thomas Giese	
B5	81
Integrierte Infrastrukturplanung	
Jens Libbe, Engelbert Schramm, Martina Winker und Jutta Deffner	

B6	91
Machbarkeitsstudien zur Verbesserung der Planungsspielräume – Das Beispiel Hamburg	
Engelbert Schramm, Jan Hendrik Trapp, Thomas Giese, Thomas Werner und Martina Winker	
B7	99
Wärmerückgewinnung und Betriebswassernutzung – Umsetzung einer Systemalternative in Frankfurt am Main	
Sabine Kunkel, Bernd Utesch, Martina Winker und Jörg Felmeden	
C Bewertung der Systemalternativen	117
C1	119
Stoffstromanalyse	
Arash Davoudi, Ruth Scheidegger und Martina Winker	
C2	133
Abschätzung der Treibhausgasemissionen	
Danijela Milosevic und Martina Winker	
C3	143
Betriebswasserversorgung und Wärmerückgewinnung aus Bewohnersicht	
Jutta Deffner und Barbara Birzle-Harder	
C4	159
Rechtliche Rahmenbedingungen neuartiger Wasserinfrastrukturen	
Stefanie Hanke	
C5	171
Integrierte Bewertung auf Modellgebietsebene	
Jörg Felmeden, Bernhard Michel und Martin Zimmermann	
C6	185
Gesamtstädtische und regionale Perspektiven	
Jörg Felmeden, Bernhard Michel, Engelbert Schramm, Jan Hendrik Trapp und Martin Zimmermann	

D	Transformationsmanagement zur Einführung von neuartigen Wasserinfrastrukturen	195
D1	Akteure in der Transformation der Wasserinfrastrukturen Heide Kerber, Jan Hendrik Trapp und Engelbert Schramm	197
D2	Koordinationsbedarfe und -optimierungen Ralf Ott, Jan Hendrik Trapp und Engelbert Schramm	207
D3	Kooperationsmanagement – Ein Instrument zur Differenzierung der Wasserinfrastruktur Heide Kerber, Michael Kunkis und Engelbert Schramm	219
D4	Neue Strategieoptionen für Wasserunternehmen Jan Hendrik Trapp und Jens Libbe	237
E	Fazit und Ausblick Martina Winker, Jens Libbe, Bernhard Michel, Engelbert Schramm, Jan Hendrik Trapp und Martin Zimmermann	257
	Autorinnen und Autoren	267
	Partner im Forschungsverbund netWORKS	271

Vorwort

Neuartige Wasserinfrastrukturen in der Siedlungswasserwirtschaft haben in den vergangenen Jahren zunehmend Aufmerksamkeit erfahren. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass Abwasser nicht mehr einheitlich, sondern in verschiedenen Teilströmen (Regenwasser, Grauwasser, Schwarzwasser) getrennt behandelt wird. Abwasser wird dadurch in stofflicher wie energetischer Hinsicht zur Ressource. Die neuartigen Infrastrukturen können die vorhandenen Systeme ergänzen, wenn sie in geeigneten städtischen Teilräumen umgesetzt werden. Ihre Praxistauglichkeit haben diese neuartigen Wasserinfrastrukturen bereits in verschiedenen Modellvorhaben bewiesen. Langfristig könnte dies zu einer weitgehenden Transformation der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastrukturen führen.

Der Band setzt sich mit technischen, institutionellen, organisatorischen und methodischen Fragen von Planung, Umsetzung und Betrieb neuartiger Wasserinfrastrukturen auseinander. Die einzelnen Beiträge dokumentieren Ergebnisse des Forschungsprojekts „netWORKS 3: Potenzialabschätzung und Umsetzung wasserwirtschaftlicher Systemlösungen auf Quartiersebene in Frankfurt am Main und in Hamburg“. Folgende Fragestellungen standen im Zentrum: Unter welchen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen bieten neuartige Wasserinfrastrukturen Vorteile? Wie lassen sich passende neuartige Wasserinfrastrukturen vor Ort identifizieren? Und wie lassen sie sich planen und umsetzen? Die Fragen wurden interdisziplinär und in enger Kooperation von Wissenschaft und Praxis bearbeitet.

Die erfolgreiche Bearbeitung des Projekts wäre ohne kritische Begleitung, Beteiligung und Kommentierung seitens zahlreicher Akteure in den Partnerstädten Hamburg und Frankfurt am Main nicht möglich gewesen. Herzlichen Dank an diese! Wir bedanken uns auch bei den Interview- und Gesprächspartnerinnen und -partnern aus Kommunen, kommunalen Aufgabenträgern und Unternehmen. Sie alle haben uns mit ihrem Sachverstand, ihren Einschätzungen und Gedanken zu neuartigen Wasserinfrastrukturen und der Zukunft der Siedlungswasserwirtschaft bereichert. Ohne sie wären die Ergebnisse nicht erreichbar gewesen.

Unser besonderer Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie dessen Projektträger, dem Projektträger Jülich (PtJ), für die Förderung des Vorhabens sowie die jederzeit gute Zusammenarbeit.

Nicht zuletzt danken wir unseren Kooperationspartnern im Forschungsverbund netWORKS, die hier als Autorinnen und Autoren mit Beiträgen versammelt sind.

Jens Libbe, Engelbert Schramm, Jan Hendrik Trapp und Martina Winker

Zusammenfassung

Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten – Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume

Die Siedlungswasserwirtschaft in Deutschland hat drei vorrangige Ziele: Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser, Sicherstellung der hygienischen Verhältnisse in Siedlungen durch Ableiten, Abfahren und Behandeln des Abwassers, Schutz vor Überflutung. Im Rahmen ihrer Leistungserbringung sorgt sie auch für den Schutz der Umwelt. Aktuell werfen vielfältige Herausforderungen die Frage nach einer Neujustierung der Ziele der Siedlungswasserwirtschaft und damit verbunden nach deren Transformation auf. Wasser und Wasserinfrastrukturen rücken verstärkt in das öffentliche Interesse.

Der Band „Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten“ präsentiert die Ergebnisse des Forschungsverbundes „netWORKS 3: Intelligente wasserwirtschaftliche Systemlösungen in Frankfurt am Main und Hamburg“ (Projekt-Kurztitel). netWORKS 3 wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb der Fördermaßnahme „Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung (INIS)“ gefördert. INIS war Bestandteil des BMBF-Programms „Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA)“.

Gemeinsam haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mehrerer Institutionen in netWORKS 3 transdisziplinär an Fragen rund um die Transformation der Wasserinfrastruktur in deutschen Kommunen gearbeitet: Beteiligt waren ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung, das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu), die Technische Universität Berlin (TUB), Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik – WIP sowie die COOPERATIVE Infrastruktur & Umwelt. Als Praxispartner haben Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Hamburger Stadtentwässerung AöR (HSE), ein Unternehmen von HAMBURG WASSER, und der ABGnova GmbH Frankfurt am Main, ein Tochterunternehmen der ABG FRANKFURT HOLDING Wohnungsbau- und Beteiligungsgesellschaft mbH, an dem Verbundprojekt mitgewirkt.

Im Mittelpunkt von netWORKS 3 standen zwei übergeordnete Fragen: Wie lassen sich lokale Prozesse zur Einführung und Umsetzung neuartiger Wasserinfrastruk-

turen organisieren? Welche technischen Systemvarianten versprechen unter welchen Rahmenbedingungen Vorteile?

Die Siedlungswasserwirtschaft steht vor gravierenden Herausforderungen: Die Auswirkungen des Klimawandels (Starkregenereignisse, Hitze, Trockenperioden) belasten die Städte und ihre Wasserinfrastrukturen zunehmend. Vor dem Hintergrund von demografischem Wandel und Binnenmigration verschärfen sich die räumlichen Disparitäten in Deutschland – damit wachsen auch die Anforderungen und Bedarfe an die Infrastrukturen. Klima- und Energiepolitik unterstreichen die Dringlichkeit, Fortschritte bei der Steigerung der Energieeffizienz und der Nutzung Erneuerbarer Energien auch in der Siedlungswasserwirtschaft zu erzielen. Weitere Herausforderungen kommen hinzu, etwa die Zunahme anthropogener Spurenstoffe im Wasserkreislauf und der insgesamt unbefriedigende Zustand von Grund- und Oberflächengewässern (siehe Teil A).

Die genannten Herausforderungen sind Treiber für die Suche nach Alternativen und damit für die Auseinandersetzung mit neuartigen Wasserinfrastrukturen (siehe Beitrag B3). Neuartige Wasserinfrastrukturen zu erproben und einzuführen bietet die strategische Chance, den Umgang mit Wasser im urbanen Raum neu zu „denken“ und integrale Konzepte von räumlicher und infrastruktureller Entwicklung zu entwerfen. Diesem Themenzusammenhang wird in Teil B des Bandes nachgegangen.

Die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen bedingt eine Differenzierung der Wasserinfrastruktursysteme (siehe Beitrag B1). „Differenzierung“ bezieht sich zunächst auf die Unterscheidung verschiedener Wasser- und Abwasserströme beziehungsweise Wasserqualitäten in Teilströmen. Direkte Folge der Unterscheidung von Teilströmen ist die Differenzierung in Zu- und Ableitungen. Nur hierdurch lässt sich die stoffliche Trennung erhalten und die getrennte Behandlung gewährleisten. Damit umfasst Differenzierung auch auf räumlicher Ebene feinere Abstufungen und eine größere Spanne an Möglichkeiten mit Blick auf die Abwasserbehandlung. Hieraus ergibt sich – sozusagen als dritte Dimension – die Ausdifferenzierung verschiedener Formen für Organisation und Management der Prozesse und Infrastrukturen (siehe Beiträge D1 bis D4).

Grundlage für differenzierte Wasserinfrastruktursysteme ist die systematische Betrachtung von verschiedenen Kombinationen technischer Module (Regenwasser-, Grauwasser-, Schwarzwasserbewirtschaftung und Wärmegewinnung) (siehe Beitrag B2). Kombinationen der technischen Module wurden in netWORKS 3 für verschiedene Modellgebiete in Frankfurt am Main und Hamburg zu schlüssigen „Systemvarianten“ zusammengeführt. Ausgangspunkt für das Erarbeiten der Systemvarianten mit lokalen Akteuren waren die örtlichen Bedingungen und grund-

sätzliche Überlegungen zu möglichen Systemvarianten, die im Verbund gemeinsam entwickelt worden waren.

Neben den eingangs genannten Herausforderungen werden von der siedlungswasserwirtschaftlichen Praxis weitere innovationsfördernde Faktoren benannt: lokales Engagement und Know-how sowie Richtungssicherheit. Letztere wird insbesondere von der Politik eingefordert (siehe Beitrag B3). Bei der Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen müssen sich die Akteure auch mit einer Reihe hemmender Faktoren auseinandersetzen. Zu diesen zählen der nicht passfähige Rechtsrahmen, das Fehlen von (Richtungs-)Entscheidungen im Bereich der Politik sowie wirtschaftliche Unsicherheiten.

Geeignete Transformationsräume für die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen in Städten zu ermitteln ist eine Aufgabe, die systematisch angegangen werden sollte (siehe Beitrag B4). Grundsätzlich eignen sich Quartiere, die einerseits eine hohe Entwicklungsdynamik (u.a. städtebauliche Dynamik) aufweisen und andererseits einen vergleichsweise geringen Transformationsaufwand – etwa aufgrund geringer Komplexität technischer Strukturen – erfordern. Typische attraktive Gebiete wären demnach z.B. Konversionsgebiete oder Entwicklungsgebiete in Innenstadtrandlage. Pragmatisches, kooperatives Vorgehen der kommunalen Akteure ist bei der Identifikation der Transformationsräume besonders förderlich. Wichtig ist, dass bereits im Zuge der Erstellung der städtebaulichen Planung Transformationspotenziale gesichert und als Bestandteil der Planinhalte verankert werden. Die Auseinandersetzung mit neuartigen Wasserinfrastrukturen sollte daher noch vor oder ganz zu Beginn des formalen Planverfahrens stattfinden.

Machbarkeitsstudien (siehe Beitrag B6) können neuartige Systemvarianten für konkrete Modellgebiete berücksichtigen und dabei neue Handlungsoptionen erschließen. Sie erlauben es der Kommunalpolitik und anderen Entscheidungsträgern, sich ergebnisoffen mit neuartigen Wasserinfrastrukturen auseinanderzusetzen. Wenn dabei Gebäude-, Freiraum- und Infrastrukturplanung integriert betrachtet werden, können sich neue Impulse ergeben und Planungsspielräume vergrößern. Konkrete Modellvorhaben auf Gebäudeebene liefern nicht nur wertvolle Erfahrungen zur Umsetzung neuartiger Wasserinfrastrukturen, sondern können auch als praktische und anschauliche Beispiele dienen (siehe Beitrag B7). Nur durch anwendungsorientierte Forschung mit Blick auf Bau und Betrieb lassen sich Hemmnisse und Probleme erkennen und passende Lösungen finden.

Beim Erarbeiten von und der Auseinandersetzung mit kommunalen Energie-, Klimaschutz- und Stadtentwicklungskonzepten erfahren die beteiligten Akteure, wie sehr baulich-räumliche Strukturen und technisch-wirtschaftliche Tragfähigkeiten vorhandener Infrastrukturen wechselseitig voneinander abhängen. Dies unter-

streicht die Bedeutung integrierter Planung von Stadtentwicklung und Infrastruktur (siehe Beitrag B5). Die Arbeiten mit Akteuren auf Ebene der Transformationsräume zeigten zudem: Quartiere oder städtische Teilräume eignen sich zwar für die Entwicklung übertragbarer Lösungen. Quartiersbezogene Maßnahmen müssen sich aber immer auch an übergeordneten gesamtstädtischen Zielen und Konzepten orientieren (siehe Beitrag B6). Zusammenspiel von und Interdependenzen zwischen den Wasserinfrastrukturen im städtischen Teilraum und der Gesamtstadt sind ein wichtiger Bestandteil der Planung und Bewertung von Systemvarianten (siehe Beitrag B6 sowie Teil C des Bandes). Mit einer Perspektive, welche die räumlichen Ebenen integriert, lässt sich auch der mögliche Beitrag neuartiger Wasserinfrastrukturen in einem Transformationsraum als Baustein eines langfristigen überquartierlichen Transformationsprozesses besser erkennen. Neuartige Wasserinfrastrukturen bieten erhebliche Synergien, die es im Miteinander und auf Grundlage integrierter Planung zu erschließen gilt.

In Teil C des Bandes geht es darum, die neuartigen Wasserinfrastrukturen zu bewerten. Als wichtige Grundlage einer solchen Bewertung wurden für ausgewählte Modellgebiete in den Städten Frankfurt am Main und Hamburg Stoffstromanalysen durchgeführt (siehe Beitrag C1). Anhand der Stoffströme Wasser, Energie, Stickstoff und Phosphor ließen sich die Potenziale einer Umgestaltung der Wasserinfrastruktur für die verschiedenen technischen Systemvarianten abschätzen. Die Ergebnisse zeigen es: Neuartige Systemvarianten steigern deutlich die Wasserressourceneffizienz. Auch die Wärmenutzung aus Abwasser kann – je nach spezifischer Quartierslage und örtlichen Gegebenheiten – eine attraktive Ergänzung zu den derzeit viel diskutierten alternativen Energiequellen sein. Neben der Ressourceneffizienz ist das Treibhausgaspotenzial eine wichtige Entscheidungsgröße mit Blick auf den Klimaschutz und den Gesichtspunkt Energie. Die neuartigen Systemvarianten unterscheiden sich im Hinblick auf Treibhausgasemissionen (gemessen in CO₂-Äquivalenten, CO₂eq) zwar nicht so sehr von den konventionellen Systemen, schneiden gleichwohl durchweg etwas besser ab als Letztere. Insofern ist ihr Potenzial zum Klimaschutz durchaus gegeben. Maßgeblich sind dabei nicht die Treibhausgasemissionen, die bei der Abwasserbehandlung in der Kläranlage entstehen, sondern jene, die in den Haushalten anfallen, um Raumwärme und Warmwasser zu erzeugen (siehe Beitrag C2).

Für die weitere Verbreitung von technischen Systemvarianten neuartiger Wasserinfrastrukturen im Wohnbereich spielt die Akzeptanz seitens der Bewohnerinnen und Bewohner, der Nutzerinnen und Nutzer dieser Gebäude eine zentrale Rolle (siehe Beitrag C3). Mittels einer Befragung wurde erhoben, wie die Versorgung mit Betriebswasser aus Grauwasser und die Wärmerückgewinnung im Alltag wahrgenommen und bewertet werden. Insgesamt ist eine hohe Zufriedenheit festzustellen – dies gilt für die Betriebswassernutzung zur Toilettenspülung wie für

die energetische Verwertung des Abwassers: Die technische Infrastruktur ist im Alltag kaum wahrnehmbar und funktioniert weitgehend problemlos. Das Grauwasserrecycling für Betriebswasser und die Wärmerückgewinnung werden deshalb als Elemente von nachhaltigem Bauen befürwortet. Sie gelten als sinnvolle Ergänzung anderer energetischer beziehungsweise ökologischer Maßnahmen wie zum Beispiel der Photovoltaiknutzung oder der Passivhaus-Bauweise.

Neben der Frage der Akzeptanz neuartiger Wasserinfrastrukturen stellen sich bei deren Einführung auch rechtliche Fragen. Weil die Abwasserbeseitigung und (in einem Teil der Bundesländer auch) die Wasserversorgung kommunale Pflichtaufgaben sind, wurde im Verbundvorhaben den kommunalen Steuerungsmöglichkeiten nachgegangen (siehe Beitrag C4). Inwieweit kann etwa die Kommune (oder ihr kommunales Unternehmen) als Verantwortliche für die ordnungsgemäße Abwasserbeseitigung steuernden Einfluss auch auf die gebäudeinterne und/oder die Quartiersinfrastruktur auf privatem Grund nehmen? Im Ergebnis der rechtlichen Auseinandersetzung zeigte sich: Verträge sind derzeit die empfehlenswertesten und rechtssichersten Instrumente, wenn es die neuartigen Wasserinfrastrukturen in Neubauvorhaben zu realisieren gilt. Das Bauplanungsrecht bietet ebenfalls eine Reihe von Möglichkeiten, die Implementierung von einzelnen Techniken in Neubaugebieten festzusetzen und zu bestimmen. Der Rechtsrahmen wurde und wird von Akteuren aus der Praxis immer wieder als Hemmnis für die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen genannt (siehe auch Beitrag B3). Vor diesem Hintergrund zeigt die rechtliche „Diskussion“ in diesem Band, dass Bedarf an Gesetzesänderungen insbesondere im Hinblick auf Klarstellungen gesehen wird.

Siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen sind komplexer Natur – mit vielfältigen möglichen Auswirkungen und Zusammenhängen. Wirkungen werden von den jeweiligen Beteiligten meist recht unterschiedlich wahrgenommen und bewertet. Die technischen Systemvarianten lassen sich mittels eines multikriteriellen Bewertungsverfahrens vergleichend betrachten: hinsichtlich wirtschaftlicher, technischer, ökologischer und sozialer Auswirkungen sowie mit Blick auf die Prioritäten verschiedener Interessen. Entsprechende integrierte Bewertungen wurden für die spezifischen technischen Systemvarianten in den Frankfurter und Hamburger Modellgebieten erarbeitet (siehe Beitrag C5). Die Ergebnisse zeigen, dass sich je nach Quartier verschiedene Systemvarianten als vorteilhaft erweisen.

Die teilräumlichen Gegebenheiten und die Auswirkungen auf die vorhandene Wasserinfrastruktur gilt es nicht nur im und für das Quartier oder den Stadtteil zu berücksichtigen, sondern auch darüber hinaus in und für die angrenzenden Räume. Mit dem erweiterten räumlichen Blick können sich neue Einsichten und Bewertungen von Systemvarianten ergeben (siehe Beitrag C6). Es muss frühzeitig überlegt werden, wo sich ausgehend von einem Initialgebiet gesamstädtische Ef-

fekte durch die Transformation der netzgebundenen Infrastrukturen erzielen lassen. Für die Stadtplanung (siehe Beitrag B5) ist es wichtig, möglichst früh über entsprechende Erkenntnisse zu verfügen, um z.B. benachbarte Quartiere aufeinander abgestimmt in die Transformation zu bringen. Dann können einerseits Skaleneffekte bei semizentralen Anlagen realisiert werden; andererseits lassen sich Investitionen in die noch bestehende konventionelle Infrastruktur (welche die bestehende Pfadabhängigkeit wieder erhöhen würden) gegebenenfalls vermeiden oder auf ein Minimum reduzieren.

In Teil D des Bandes wird das Transformationsmanagement, das für die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen nötig ist, beleuchtet. Die Transformation der Wasserinfrastrukturen hält zahlreiche Chancen für die städtische Entwicklung bereit. Damit diese Chancen bestmöglich ergriffen werden können, sind frühzeitig Bedürfnisse und Interessen von zahlreichen Akteuren, etwa von Infrastrukturbetreibern, Ämtern in der Stadtverwaltung, Investoren oder Wohnungsunternehmen, zu berücksichtigen (siehe Beitrag D1). Günstigenfalls bringen diese Akteure nicht nur ihre Ressourcen (Wissen, Finanzkapital, Personal) und Kompetenzen (Befugnisse, Verantwortlichkeiten) in den Prozess der Transformation ein, sondern auch ihre jeweiligen Ansprüche an und Vorstellungen von Stadt, Stadtgestaltung, Stoffströmen und Infrastrukturen. (Kommunalen) Unternehmen kann im Zusammenspiel der vielfältigen Akteure die Rolle eines „(Pro)Motors“ zukommen.

Die Akteure sollten möglichst geordnet beteiligt werden. Nur so lassen sich Effektivität und Effizienz im Prozess der Transformation sicherstellen. Es ist daher angezeigt, den Transformationsprozess und die Akteure untereinander zu koordinieren (siehe Beitrag D1). Da die Koordination des Prozesses Kosten verursacht, wurde mit einem institutionenökonomischen Ansatz der Frage nachgegangen, welche institutionellen Designs bei der Umsetzung die Kosten gering halten (siehe Beitrag D2). Hierzu wurden zwei Akteurskonstellationen untersucht: 1.) eine stärker integrierte beziehungsweise bei einem Akteur zentralisierte Aufgabenerbringung und 2.) eine Konstellation mit vielen unabhängigen Akteuren. Dabei wurde auch herausgearbeitet, wie sich die Aufgaben(bündel) der Akteure durch das Einführen neuartiger Infrastrukturen im Vergleich zu konventionellen Wasserinfrastrukturen verändern. Zusammenfassend lässt sich feststellen: Die Differenzierung von Stoffströmen schafft eine Vielzahl von (neuen) technischen Interdependenzen. Diese führen gegenüber dem konventionellen System zu veränderten Koordinationserfordernissen, für die passfähige Akteursbeziehungen entwickelt werden müssen.

Neben der praktischen Umsetzung der Transformation ist ein Ziel der Zusammenarbeit, Innovationsrisiken für die einzelnen Akteure zu mindern und Vertrauen in die Innovation selbst, d.h. die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen, zu

schaffen (siehe Beitrag D3). Unkenntnis über mögliche Wirkungen und Risiken kann bei Akteuren zu einer ablehnenden Haltung führen. Um entsprechende Innovationshemmnisse zu überwinden, sollten die von der Innovation betroffenen Akteure ihre institutionellen Rollen und ihre Arrangements erfassen und sich bewusst machen. In einem weiteren Schritt können die einzelnen Aufgabenbündel und Funktionen geordnet werden. Wichtig ist es hierbei, die zentralen Rollen für den Transformationsprozess zu „besetzen“: Innovationsführer, Motivator, Koordinator und „Kümmerer“. Ein Akteur, der diese Rollen einzeln oder in Kombination übernehmen könnte, ist der (kommunale) Infrastrukturbetreiber. Bei der Gestaltung der Kooperationsbeziehungen sind die unterschiedlichen Prozessphasen Planung, Bau und Betrieb zu bedenken. Das frühzeitige Erstellen von verschiedenen Modellen der Kooperation über diese Phasen hinweg durch den Innovationsführer (z.B. auf Ebene der Geschäftsführung oder des Vorstands des kommunalen Unternehmens) dient der Vorbereitung eines sicheren Ablaufs und der frühzeitigen Aufgabenzuweisung. Mit Blick auf die Bedingungen vor Ort dürften dabei meist nur wenige Konstellationen in Frage kommen. Dabei kann in den verschiedenen Phasen der Transformation auf je unterschiedliche Instrumente der Kooperation zurückgegriffen werden. In der Umsetzungs- wie der Betriebsphase sind Vertragsbeziehungen ordnungsrechtlichen Satzungen vorzuziehen (siehe Beitrag C4). Modelle für den Betrieb der Anlagen sind festzulegen.

Kommunale Unternehmen können in Koordination wie Kooperation wichtige Aufgaben übernehmen. Ihnen kommt eine zentrale Rolle als öffentlicher, dem Gemeinwohl verpflichteter Akteur zu. Das traditionelle „Geschäftsmodell“ von (kommunalen) Wasserunternehmen basiert auf Verlässlichkeit, Kontinuität und Qualität der Ver- und Entsorgungsdienstleistungen. Die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen geht weit über die technische Optimierung einzelner Komponenten oder Anlagen hinaus; entsprechend weitreichend können die Innovationen auf betrieblich-organisatorischer Ebene in Unternehmen sein. Damit bieten sich neue Strategieoptionen und Geschäftsfelder an (siehe Beitrag D4). Auf Basis von Experteninterviews mit Vertreterinnen und Vertretern von Wasserunternehmen wurden drei Strategieoptionen zum Umgang mit den Innovationen neuartiger Wasserinfrastrukturen in den Unternehmen und Betrieben identifiziert: „Nexus Wasser-Energie“, „Betrieb de- und semizentraler Anlagen“ sowie „Integriertes Wasserressourcenmanagement und Gewässerschutz“. Die genannten Optionen zeigen: Die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen bietet Chancen, Organisationsmodelle und unternehmerische Strategien in der Wasserwirtschaft weiterzuentwickeln und Verknüpfungen mit anderen Infrastruktursektoren wie insbesondere der Energieversorgung zu ermöglichen (siehe auch Beitrag B5).

Die Ergebnisse zur Verfasstheit der bestehenden Wasserinfrastrukturen und zu den ermittelten Änderungs- und Transformationsbedarfen sind eindeutig. Vor

dem Hintergrund der Ergebnisse und Erkenntnisse in diesem Band wird in Teil E ein Ausblick auf künftige Handlungsbedarfe gewagt – u.a. auf Aspekte von Finanzierung und Investitionen, auf Gesichtspunkte mit explizitem Forschungs- und Entwicklungsbedarf sowie auf damit verbundene Aus- und Fortbildungsnotwendigkeiten. Im Kern geht es darum, die hohe Qualität der kommunalen Daseinsvorsorge im Bereich Wasserinfrastruktur dauerhaft zu gewährleisten.

Summary

Water infrastructure: Shaping change – Technological variations, spatial potential, institutional leeway

Domestic water management in Germany has three primary objectives: to supply drinking water to the population, to guarantee hygienic conditions in residential areas through the removal and treatment of wastewater, and to protect against flooding. Within the scope of these services, it also ensures protection of the environment. Various challenges mean that the question is currently being posed of whether these objectives need to be adjusted and, linked to this, whether domestic water management itself should be transformed. Water and water infrastructures are increasingly becoming a matter of public concern.

“Water infrastructure: Shaping change” presents the results of the research project “netWORKS 3: Intelligent integrated water management solutions in Frankfurt am Main and Hamburg”. netWORKS 3 was supported by Germany's Ministry of Education and Research (BMBF) within the funding programme “Smart and multifunctional infrastructural systems for sustainable water supply, sanitation and stormwater management (INIS)”. INIS was part of the BMBF programme “Research for Sustainable Development (FONA)”.

Academics from several institutions and from a variety of disciplines collaborated in netWORKS 3 on issues concerning water infrastructure transformation in German municipalities. The ISOE – Institute for Social-Ecological Research, the German Institute of Urban Affairs (Difu), the Workgroup for Infrastructure Policy (WIP) at the Berlin Institute of Technology (TUB), and COOPERATIVE Infrastructure and Environment took part. Practitioners who participated in this joint project were employees of Hamburger Stadtentwässerung AöR (HSE), a HAMBURG WASSER company, and of ABGnova GmbH Frankfurt am Main, a subsidiary of ABG FRANKFURT HOLDING.

netWORKS 3 focused on two overarching questions: How are local processes around the introduction and implementation of novel water infrastructures organised? Which technological system variations promise benefits and under what conditions?

Domestic water management is facing significant challenges: cities and their water infrastructures are being put under increasing strain by the effects of climate change (heavy rain events, heat and droughts). Against the backdrop of demo-

graphic change and internal migration, spatial disparities are intensifying in Germany and hence greater demands are being made on infrastructures. Climate and energy policies are stressing the urgent need to achieve progress in improving energy efficiency and using renewable energy in domestic water management as well. Additional challenges being posed include the increase in anthropogenic trace substances in the water cycle and the generally unsatisfactory condition of groundwater and surface water (see Part A).

These challenges are driving the search for alternative approaches and consequently the examination of novel water infrastructures (see Section B3). Trialling and introducing novel water infrastructures presents a strategic opportunity to re-think how water is being used in an urban context and to design integrated concepts when developing space and infrastructure. How these topics are related is examined in Part B of this publication.

The introduction of novel water infrastructures requires a distinction to be made between water infrastructure systems (see Section B1). This “distinction” relates in the first instance to differentiating the various streams of water and wastewater and/or water quality into source-separated streams. The direct consequence of distinguishing between streams is the differentiation between supply and drainage pipes, which alone ensures that water streams are kept apart and guarantees their separate treatment. Therefore, on a spatial level too, this distinction comprises finer gradations and a greater range of possibilities around wastewater treatment. Resulting from this – in other words as a third dimension – is the differentiation between various forms of organisation and management of processes and infrastructures (see Sections D1 to D4).

The basis for differentiated water infrastructure systems is the systematic consideration of various combinations of technological modules (rainwater, greywater and blackwater management and heat recovery) (see Section B2). Combinations of the technological modules were put together in netWORKS 3 into coherent “system variations” for different pilot areas in Frankfurt am Main and Hamburg. The work to develop the system options with local actors began with a review of local conditions and basic reflections on the possible system variations that the research group had identified.

Alongside the above-mentioned challenges, there are other drivers also encouraging innovation in domestic water management: local engagement and expertise, as well as certainty about the desired direction, something that is particularly required of policy-makers (see Section B3). When introducing novel water infrastructures, the actors also have to examine a range of limiting factors. These in-

clude an unsuitable legal framework, a lack of decision-making (on direction) around policy, and economic uncertainty.

Identifying suitable transformation areas for the introduction of novel water infrastructures in cities is no easy task (see Section B4). In principle, suitable quarters demonstrate strong development dynamics (including urban planning dynamics) while requiring comparatively limited expenditure on transformation – perhaps due to less complexity in their technological structures. Attractive areas would therefore typically be areas for conversion or development on the edge of the inner city. A pragmatic, collaborative approach by municipal actors is particularly helpful in identifying areas for transformation. During the urban planning of transformation areas, it is important at that point that no arrangements have been made on the design of water infrastructures, in the development plan for instance, otherwise there will be no leeway in planning. Novel water infrastructures should therefore be investigated before or at the very start of the formal planning process.

Feasibility studies (see Section B6) are able to consider innovative system variations for specific pilot areas and in doing so tap into new options. They allow municipal politicians and other policy-makers to examine novel water infrastructures without having any preconceived ideas. When the planning of buildings, open spaces and infrastructure is considered in an integrated way, it can result in fresh momentum and increase leeway in planning. This points to just how important and necessary integrated planning is (see Section B5). Specific pilot projects at building level not only provide valuable experience for implementing novel water infrastructures, but can also offer practical and clear examples (see Section B7). Only by undertaking applied research on buildings and operations can obstacles and issues be identified and appropriate solutions found.

When developing and examining municipal energy, climate protection and urban development concepts, the actors involved learn just how much mutual dependency there is between building and spatial structures on the one hand and the technological and economic sustainability of existing infrastructures on the other. This reinforces the importance of integrated urban development and infrastructure planning (see Section B5). Working with actors in transformation areas also showed that quarters or urban subspaces are indeed suitable for the development of transferable solutions. Quarter-related measures must, however, always be aligned with the overarching objectives and concepts for the whole city (see Section B6). The interplay of and interdependence between water infrastructures in the urban subspace and the whole city are important elements in the planning and evaluation of system variations (see Section B6 and Part C of the publication). With a perspective on integrating spatial levels, the possible contribution of water infrastructures in a transformation area can also be seen as a building block in the

long-term transformation process across and between quarters. Novel water infrastructures offer considerable synergies that should be exploited in the cooperation on the basis of integrated planning.

Part C of the publication contains an evaluation of novel water infrastructures. Material flow analyses, a very helpful basis for an evaluation of this kind, were undertaken in the selected pilot areas in the cities of Frankfurt am Main and Hamburg (see Section C1). Using the material flows of water, energy, nitrogen and phosphorous, the potential of water infrastructure transformation could be gauged for the various technological system variations. The results show that novel system variations considerably increase water resource efficiency. Furthermore, depending on the specific location of the quarter and local circumstances, energy recovery from wastewater can be an attractive addition to the alternative energy sources being widely discussed at the moment. In addition to resource efficiency, greenhouse gas potential is an important criterion when it comes to climate protection and energy. In terms of greenhouse gas emissions (measured in CO₂-equivalents, CO₂eq), innovative system variations do not differ greatly from conventional systems, but they do consistently outperform them. Their potential in relation to climate protection is a given. It is not the greenhouse gas emissions from wastewater treatment in sewage plants that are significant here, but rather the emissions produced by heating homes and water (see Section C2).

Acceptance by residents and users plays a central role in the expansion of technological system variations of novel water infrastructures in residential areas (see Section C3). A survey was conducted to identify how the supply of service water coming from greywater and heat recovery are perceived and evaluated in everyday life. There is a high level of satisfaction overall – both with the use of service water for flushing toilets and with energy recovery from wastewater: the technological infrastructure is barely noticed in day-to-day life and largely functions well. Greywater recycling for service water and heat recovery are therefore advocated as elements of sustainable construction. They are considered a sensible addition to other energy or environmental measures, such as the use of photovoltaics or the *Passivhaus* style of construction.

Along with questions about the acceptance of novel water infrastructures, there are also legal issues around their introduction. Since wastewater disposal and (in some German states) water supply are the municipality's mandatory responsibility, the research group explored municipal management options (see Section C4). For instance, given that the municipality is responsible for the proper disposal of wastewater, to what extent can it (or its municipal enterprise) influence and steer the infrastructure inside the building and/or the quarter if it is on private land? The legal analysis ultimately showed that contracts are currently the most advisable,

most legally watertight instruments when novel water infrastructures are being introduced in new building projects. Building planning legislation also offers a range of possibilities for establishing and defining the implementation of individual technologies in new development areas. Time and again, the legal framework has been and is still mentioned by actors from industry as an obstacle in the introduction of novel water infrastructures (see also Section B3). Against this backdrop the legal “discussion” in this publication shows that there is a need for legal changes, particularly when it comes to clarifications.

Domestic water management measures are often complex in nature and entail various possible effects and relationships. For the most part, the effects are perceived and assessed very differently by the parties involved. Technological system variations can be compared using a transparent multi-criteria evaluation of their economic, technological, ecological and social effects and taking into account the priorities of the different stakeholders. Appropriate integrated evaluations were developed for the specific technological system variations in the pilot areas in Frankfurt am Main and Hamburg (see Section C5). The results show different system variations to be beneficial depending on the quarter.

It is therefore important to consider the sub-area circumstances and effects on the existing water infrastructure not just in relation to the quarter or district, but also beyond that to neighbouring areas. This expanded area view offers new insight and evaluations of system variations (see Section C6). It should be considered at an early stage where, starting from an initial area, the transformation of network infrastructures achieves effects across the whole city. In urban planning (see Section B5) it is important to identify the relevant findings as early as possible, so that neighbouring quarters are involved in the transformation in a coordinated way for example. This means that economies of scale can be achieved with semi-centralised facilities, while investment in the existing conventional infrastructure (which would further enhance the existing path dependency) can, if applicable, be reduced to a minimum or avoided altogether.

Part D of the publication highlights the transformation management needed for the introduction of novel water infrastructures. Water infrastructure transformation presents numerous opportunities for urban development. To be able to seize these opportunities, the needs and interests of numerous actors, such as infrastructure operators, agencies in the city’s administration, investors and housing associations, have to be taken into account (see Section D1). In the best-case scenario, these actors not only add their resources (knowledge, financial capital, staff) and competencies (powers, responsibilities) to the transformation process, but their respective requirements and ideas of the city, urban design, material

flows and infrastructures as well. (Municipal) enterprise can play the role of a “(pro)motor” in the interplay between various actors.

The actors’ participation in the transformation process should be as structured as possible because it is the only way of guaranteeing that the process is effective and efficient. It is therefore advisable that both the transformation process and the actors involved are coordinated (see Section D1). As coordination of this kind incurs costs, an institutional economics approach was taken to exploring the question of which institutional design keeps implementation costs low (see Section D2). Two set-ups with actors were analysed here: 1) a more integrated or centralised performance of tasks by one actor and 2) a combination of several independent actors. The way in which the actors’ (group of) tasks changes with the introduction of innovative infrastructures in comparison to conventional water infrastructures was also established. In summary it can be concluded that differentiating between material flows creates a large number of (new) technological interdependencies. Compared to the conventional system, these lead to different coordination requirements for which specific adapted set-ups with actors have to be developed.

Alongside the practical implementation of the transformation, one objective of collaboration is to reduce the innovation risks for the individual actors and create trust in the innovation itself, i.e. the introduction of novel water infrastructures (see Section D3). Lack of knowledge of the possible effects and risks can lead to the actors adopting a hostile stance. In order to overcome these obstacles to innovation, the actors affected by the innovation should thoroughly review and proactively organise the institutional roles and arrangements during the management of the cooperation. It is important here to “own” the central roles of innovation leader, motivator, coordinator and advocate. In the design of cooperation relationships, the different process phases of planning, implementation and operation should be considered. The early creation of different cooperation models across these phases by the innovation leader (e.g. on the level of the management team or the board of the municipal enterprise) supports preparations for their safe operation and the timely allocation of tasks. Bearing in mind the conditions on site, there should be no more than just a few practicable combinations and variations. It should be possible to have recourse to each particular instrument of the cooperation in the various transformation phases. In the implementation and operational phase, contractual relationships are favoured over generally accepted statutes (see Section C4).

Municipal enterprises can take on important coordination and cooperation tasks. They have a central role as a public actor dedicated to the common good. The traditional “business model” of (municipal) water companies is based on reliability,

continuity and the quality of supply and disposal services. The introduction of novel water infrastructures extends far beyond the technological optimisation of individual components or facilities; the innovations can be just as far reaching at an operational and organisational level in the enterprise. As a consequence new strategy options and business fields emerge (see Section D4). Based on expert interviews with water companies representatives, three strategy options for dealing with the innovation of novel water infrastructures in the companies and enterprises were identified: the water-energy nexus, the operation of decentralised and semi-centralised facilities, and integrated water resource management and water protection. The above options show that the introduction of novel water infrastructures presents opportunities for further developing organisational models and entrepreneurial strategies in water management and creating links with other infrastructure sectors, notably around energy supply (see also Section B5).

The findings on the nature of existing water infrastructures and the needs identified for change and transformation are clear. Against the backdrop of these results and findings, Part E reviews the need for action in future, including aspects of financing and investments, considerations on the explicit need for research and development, and the requirement for training and education. In essence it concerns guaranteeing the high quality of municipal public services involving water infrastructures for the long term.

A

Einführung in den Band



Jens Libbe, Jan Hendrik Trapp und Martina Winker

Derzeitige Ausgangslage

Angeichts sich verändernder Rahmenbedingungen gilt es die infrastrukturellen Systeme der Siedlungswasserwirtschaft auf ihre Passfähigkeit zu überprüfen. Die Anpassung an den Klimawandel und die effizientere Verwendung von Energie und Ressourcen entsprechend dem Prinzip der Stoffstromtrennung werden zu Treibern für die langfristige Transformation der Wasserinfrastruktursysteme.

Die Siedlungswasserwirtschaft in Deutschland erbringt ihre Dienstleistungen auf einem hohen Niveau. Ihre Infrastrukturen sorgen im Spannungsfeld zwischen Umwelteinflüssen und anthropogenen Eingriffen für die sichere Versorgung mit Trinkwasser, für hygienische Verhältnisse in Siedlungen, für Überflutungsschutz und für den Schutz der Umwelt.

Zugleich rückt das Thema Wasser in Verbindung mit den entsprechenden Infrastrukturen verstärkt in das öffentliche Interesse. Eine ganze Reihe aktueller Herausforderungen wirft die Frage nach einer Neujustierung der Ziele der Siedlungswasserwirtschaft – und damit verbunden einer Transformation der vorhandenen Systeme – auf.

Rahmenbedingungen der Siedlungswasserwirtschaft im Wandel

Der Ausbau der Netze und Anlagen der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung ist nach Jahrzehnten kontinuierlicher Erweiterung weitgehend abgeschlossen. Mit Blick auf Trinkwasser wie auch Abwasser liegen die Anschlussgrade an die öffentlichen Netze bei rund 99 Prozent der Bevölkerung. Leistungsunterbrechungen finden kaum statt (vgl. Destatis [Statistisches Bundesamt] 2013: 30; ATT et al. 2015: 54), und Preise wie Gebühren der Wasserwirtschaft haben sich in den vergangenen Jahren unterhalb der Inflationsrate entwickelt (vgl. ATT et al. 2015:

73 f.). Die Qualität der Dienstleistungen schlägt sich in hoher Zufriedenheit der Kundinnen und Kunden und deren Vertrauen in die (kommunalen) Unternehmen nieder (vgl. ebenda: 62 ff.).

Zugleich ist die regional und kommunal organisierte Siedlungswasserwirtschaft einer ganzen Reihe von Herausforderungen unterworfen (vgl. auch Libbe 2016). Diese werfen die Frage der Passfähigkeit der vorhandenen Systeme und Anlagen auf.

Die Auswirkungen des Klimawandels belasten zunehmend die Städte und ihre Wasserinfrastrukturen. Häufiger auftretende Starkregenereignisse ebenso wie die Zunahme von Hitzetagen wirken sich im städtischen Raum und den technischen Systemen in Form von Überflutungen und Auslastungsschwankungen gleichermaßen aus. Die Möglichkeiten, hierauf zu reagieren, sind regional sehr unterschiedlich. In wachsenden Agglomerationsräumen stehen beispielsweise Rückhaltung, Behandlung, Wiederverwendung, Versickerung und auch gezielte Verdunstung von Wasser in Konkurrenz oder gar Zielkonflikt mit der Flächeninanspruchnahme für Neubauvorhaben und möglicherweise dem Leitbild einer verdichteten „kompakten Stadt“. In Räumen mit rückläufigen Bevölkerungszahlen zeigen sich hingegen Widersprüche zwischen wirtschaftlich wünschenswerten Anpassungen der Kapazitäten (Rückbau, Verkleinerung) und dem Ziel, größere Flexibilität für sich auch kurzfristig ändernde und schwankende Bedarfe im System zu erlangen.

Die klima- und energiepolitischen Beschlüsse der Bundesregierung ebenso wie der 2016 von Deutschland ratifizierte Weltklimavertrag unterstreichen, wie dringlich es ist, bei der Steigerung der Energieeffizienz und der Nutzung Erneuerbarer Energien rasch voranzuschreiten. Der spezifische Pro-Kopf-Energiebedarf für Trinkwasserbereitstellung liegt nach Angaben im Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft bei etwa 29 Kilowattstunden (kWh) je Einwohner und Jahr, der durchschnittliche spezifische Stromverbrauch für Abwasserreinigung in einer ähnlichen Größenordnung: 34 kWh je Einwohner und Jahr (vgl. ATT et al. 2015: 71). Dies entspricht zusammengefasst einem prozentualen Anteil von 6,3 Prozent des privaten Stromverbrauchs (vgl. BDEW 2012). Vor diesem Hintergrund ist auch die Siedlungswasserwirtschaft gefordert, durch Steigerung der Energieeffizienz und Senkung des Energieverbrauchs ihren Beitrag zur Energiewende zu leisten.

Im Abwasser sind Energie in Form von Wärme sowie einige wichtige Ressourcen enthalten, etwa die Nährstoffe Phosphat, Nitrat und Kalium. Ihre Rückgewinnung in pflanzenverfügbarer Form kann einen wichtigen Beitrag zur Schließung von Stoffkreisläufen durch Rückführung in die Landwirtschaft leisten. Phosphat und

Kalium gelten in globaler Perspektive als Mangelressource, und auch Nitrat könnte aufgrund seiner energieintensiven Herstellung bei steigenden Energiepreisen ein knappes Gut werden. Abwasserbehandlung kann daher nicht allein als dem Gewässerschutz unterworfen aufgefasst werden. Sie ist vielmehr auch mit ihren Beiträgen zur Verwertung von Nährstoffen und im Sinne der Kreislaufwirtschaft in den Blick zu nehmen.

Eine Reihe weiterer Herausforderungen tritt hinzu, etwa die Zunahme anthropogener Spurenstoffe im Wasserkreislauf und die damit verbundenen Probleme ihrer Eliminierung oder der insgesamt unbefriedigende Zustand von Grund- und Oberflächengewässern (siehe z.B. die aktuelle Diskussion um den Gütezustand der Gewässer).

Für die Kommunen und ihre wasserwirtschaftlichen Unternehmen stellen die technischen Systeme der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung ein großes Anlagevermögen dar. Zugleich sind nach Ansicht vieler Experten die Investitionen für Infrastrukturerhalt und -entwicklung nicht auskömmlich. Wenngleich die Angaben je nach Quelle variieren, wird doch regelmäßig der drohende Substanzverlust thematisiert. Einem bei 80 Jahren Nutzungsdauer jährlichen Erneuerungsbedarf von 8,75 Mrd. Euro standen 2014 beispielsweise reale Investitionen von lediglich 4,8 Mrd. Euro gegenüber. Die Herausforderungen für den Investitionsbedarf sind vielfältig. Einerseits erreichen vielerorts wachsende Anteile der Leitungs- und Kanalnetze ihre maximale Lebensdauer, andererseits verschärfen sich die rechtlichen und technischen Anforderungen weiter. Zugleich wird aber auch grundsätzlicher Transformationsbedarf angemeldet; dieser bringt zunächst einmal auch Erweiterungs- und Neubedarf mit sich.

Erweiterte Ziele der Siedlungswasserwirtschaft

Die Siedlungswasserwirtschaft hat mehrere Aufgaben zu erfüllen. Es gilt, eine qualitativ einwandfreie und zugleich quantitativ ausreichende Versorgung der Bürgerinnen und Bürger mit Trinkwasser sicherzustellen. Das anfallende Abwasser ist so zu behandeln, dass es entweder weiter genutzt oder schadlos an die Umwelt abgegeben werden kann. Alle notwendigen Dienstleistungen sind dabei im Sinne der kommunalen Daseinsvorsorge für die Bürgerinnen und Bürger dauerhaft zugänglich und bezahlbar anzubieten.

Dieses traditionelle Bild von Siedlungswasserwirtschaft wird in Anbetracht der skizzierten Veränderungen in den Rahmenbedingungen zwar nicht grundsätzlich infrage gestellt. Jedoch ist zu hinterfragen, ob die vorhandenen technischen Systeme, die institutionellen Strukturen und gängigen Organisationsformen noch

passfähig sind, um den Anforderungen zu genügen. An Infrastrukturen werden heute nicht mehr allein Ansprüche einer umfassenden Daseinsvorsorge gerichtet. Vielmehr sollen Infrastrukturen auch zu einer sparsamen Verwendung von Energie und Ressourcen beitragen.

Mehr noch: In Anbetracht des wohl nicht mehr aufzuhaltenden Klimawandels bedarf es der vermehrten systemischen Integration nicht nur von Wasser- und Energieinfrastrukturen, sondern ebenso der Kopplung von „grauer“ technischer mit „grüner“ (z.B. Grünanlagen, Gründächer) und „blauer“ (Wasserkörper, Gewässer) Infrastruktur, um Starkniederschläge oder Hitzeperioden zu mindern.

Neuartige Wasserinfrastrukturen als Antwort

Neuartige Systemlösungen in der Siedlungswasserwirtschaft zeichnen sich dadurch aus, dass Abwasser nicht mehr einheitlich behandelt, sondern in verschiedene Teilströme (Regenwasser, Grauwasser, Schwarzwasser) getrennt wird. Abwasser wird in stofflicher wie energetischer Hinsicht zur Ressource, und die Wasserinfrastruktur differenziert sich aus. Hier geht es gleichermaßen um die Nutzung der im Abwasser enthaltenen Wärme wie die getrennte Erfassung und Behandlung von Abwasserteilströmen.

Stoffstromtrennung ermöglicht die Nutzung von Regenwasser für gestalterische Maßnahmen und für die Gebäudekühlung. Das Aufbereiten von Grauwasser aus Duschen, Waschbecken oder Waschmaschinen als Betriebswasser trägt ebenso zur Ressourcenschonung bei wie die Abtrennung sogenannten Schwarzwassers zur Klärgasgewinnung. Die räumlichen Maßstabsebenen der Realisierung solcher differenzierter Lösungen reichen vom Einzelgebäude über das Quartier bis hin zum Stadtraum. Die Erprobung von neuartigen Wasserinfrastrukturlösungen bietet dabei die strategische Chance, den Umgang mit Wasser im urbanen Raum neu zu „denken“ und letztlich integrale Konzepte von räumlicher und infrastruktureller Entwicklung zu entwerfen.

Neuartige Infrastrukturen haben in ersten Modellvorhaben ihre Praxistauglichkeit bewiesen. Sie bieten Potenziale, die Siedlungswasserwirtschaft strukturell an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen. Im Zuge der Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen entstünde ein differenziertes System, in dem parallel unterschiedliche Wasserqualitäten (Trinkwasser, Betriebswasser, Regenwasser) zur Versorgung bereitgestellt bzw. unterschiedliche Abwasserströme getrennt erfasst, abgeleitet und behandelt werden. Dieses differenzierte System kommt sowohl in einer gesteigerten Formenvielfalt an technischen Systemvarianten als

auch in veränderten, facettenreichen Kooperations- und Organisationsformen zum Ausdruck.

Die vorliegende Publikation ging aus dem Forschungsvorhaben „Intelligente wasserwirtschaftliche Systemlösungen in Frankfurt am Main und Hamburg (net-WORKS 3)“ hervor. Sie beleuchtet insbesondere die Nutzung der im Abwasser enthaltenen Wärme und die getrennte Erfassung und Behandlung von Abwasserteilströmen (Schwarzwasser zur Optimierung der Klärgasgewinnung und zur energetischen Nutzung sowie Grauwasser zur Aufbereitung von Betriebswasser), dies in unterschiedlichen räumlichen Skalierungen: Haus, Block, Quartier, überquartierlich. Auch das dezentrale Niederschlagswassermanagement wurde in die Analysen einbezogen. Diese differenzierten und oft semi- oder dezentralen Anlagen und Systeme versprechen flexiblere, ressourceneffizientere und zugleich wirtschaftliche Wasserinfrastrukturen (vgl. Kluge/Libbe 2010). Sie sind gleichsam der Nukleus einer Transformation der städtischen Siedlungswasserwirtschaft in ihrer technischen, organisatorischen und institutionellen Dimension.

Literatur

- ATT et al. – Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e.V., BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.), DBVW (Deutscher Bund der verbandlichen Wasserwirtschaft e.V.), DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. – Technisch-wissenschaftlicher Verein), DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.), VKU (Verband kommunaler Unternehmen e.V.) (Hrsg.) (2015): Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft, Bonn, [https://www.bdew.de/internet.nsf/res/1EF08743E7477878C1257E1200438C17/\\$file/Branchenbild_Wasserwirtschaft_2015.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/res/1EF08743E7477878C1257E1200438C17/$file/Branchenbild_Wasserwirtschaft_2015.pdf) (18.05.2016).
- BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2012): Wasserfakten im Überblick – Stand April 2012, [http://www.bdew.de/internet.nsf/id/C125783000558C9FC125766C0003CBAF/\\$file/Wasserfakten%20im%20%20C3%9Cberblick%20-%20freier%20Bereich%20April%202012_1.pdf](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/C125783000558C9FC125766C0003CBAF/$file/Wasserfakten%20im%20%20C3%9Cberblick%20-%20freier%20Bereich%20April%202012_1.pdf) (18.05.2016).
- Destatis (Statistisches Bundesamt) (2013): Fachserie 19, Reihe 2.1.3. Umwelt – Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Strukturdaten zur Wasserwirtschaft, https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Umwelt/statistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Wasserwirtschaft2190213109004.pdf?__blob=publicationFile (18.05.2016).
- Kluge, T., und J. Libbe (Hrsg.) (2010): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft. Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser, Berlin.
- Libbe, J. (2016): Kommunale Daseinsvorsorge zeitgemäß begründen. Wasserversorgung und Abwasserentsorgung gilt als Kernbestandteil der kommunalen Daseinsvorsorge, in: Transforming Cities. Urbane Systeme im Wandel. Das technisch-wissenschaftliche Fachmagazin (2016) 2, S. 22–27.

B

Alternativen durch eine
Differenzierung der
Wasserinfrastruktur



Hauptpegel
Nullpunkt +27¹³⁶. NN

Martina Winker, Jens Libbe, Jan Hendrik Trapp, Engelbert Schramm und Ralf Ott

Differenzierung der Wasserinfrastruktur auf kommunaler Ebene

Einleitung

Bezugspunkt der Betrachtungen rund um die Differenzierung der Wasserinfrastruktur in diesem Band ist immer die Kommune als selbstverwaltete Gebietskörperschaft. Ihr obliegt die kommunale Daseinsvorsorge. Sie ist dem örtlichen Gemeinwohl verpflichtet und steht in der Verantwortung, den Transformationsprozess im Gemeinwohlinteresse zu gestalten. Folglich wird davon ausgegangen, dass Überlegungen und Planungen zur Differenzierung der Wasserinfrastruktur einen positiven Beitrag zu diesem kommunalen Ziel leisten. Aus kommunaler Perspektive ist die Transformation nur dann sinnvoll, wenn sie dem örtlichen Gemeinwohl dient. In der operativen Umsetzung und im Betrieb können vielfältige technische, organisatorische und unternehmerische Strategieoptionen sinnvoll sein.

Differenzierung der Wasserinfrastruktur umfasst unterschiedliche Aspekte. Zunächst ist die Differenzierung der Wasser- und Abwasserströme selbst gemeint. Damit versteht man bei der Wasserversorgung die Unterscheidung in Trinkwasser und Betriebswasser. Letzteres steht als zweite Wasserqualität für Zwecke, die kein Trinkwasser benötigen, zur Verfügung. Bei der Abwasserbeseitigung lassen sich Regenwasser und das häusliche Schmutzwasser in verschiedenen Qualitäten unterscheiden und getrennt bewirtschaften: einerseits Schwarzwasser – Abwasser aus der Toilette –, andererseits Grauwasser, das restliche häusliche Abwasser aus Küche, Waschmaschine, Badezimmer (nicht Toilette). Schwarzwasser lässt sich zudem noch weiter in Braunwasser (Fäkalien, Toilettenpapier und Spülwasser) und Gelbwasser (Urin mit Spülwasser) differenzieren. Beim Grauwasser werden teilweise, je nach benötigter Menge, nicht alle potenziell zuliefernden Quellen erfasst (siehe Beitrag B7) und der „Rest“ dem Schwarzwasser zugeführt. Letztere

Differenzierung wird hier jedoch nicht tiefergehend betrachtet. Für weitere Informationen zur Unterscheidung der Abwasser- und Wasserteilströme siehe auch DWA (2008).

Direkte Folge dieser Bewirtschaftung von Teilströmen ist die Differenzierung der Zu- und Ableitungen. Denn nur durch diese lassen sich die Trennung bewerkstelligen und die weitere getrennte Behandlung sicherstellen. Dies bedeutet: Die Differenzierung umfasst auch auf räumlicher Ebene feinere Abstufungen und eine größere Spanne an Möglichkeiten mit Blick auf die Abwasserbehandlung (siehe hierzu auch Beitrag B2). Überdies können sich dadurch das Einzugsgebiet, die Systemgröße und der Ort der Behandlung verändern (siehe unten).

Dies erhöht die Flexibilität der Wasserinfrastruktur, gleichzeitig entsteht ein Neben- und Miteinander unterschiedlichster Optionen und Systemvarianten. Daraus ergibt sich die dritte Differenzierung: die von Organisation und Management. Die Institutionen und Akteure müssen sich auf sich verändernde Bedingungen einstellen und sich entsprechend anpassen (siehe Teil D). Die institutionellen und rechtlichen Rahmenbedingungen werden sich diesbezüglich verändern bzw. sind stärker zu differenzieren.

Begriffsverständnis

Die Auseinandersetzung mit neuen Lösungen für die städtischen Wasserinfrastrukturen setzt ein Disziplinen übergreifendes Verständnis grundlegender Begrifflichkeiten voraus. Einerseits kann dabei an vorhandene Terminologien angeknüpft werden, andererseits gilt es für spezifische Sachverhalte prägnante Begriffe zu finden. Daher wurde in netWORKS 3 ein gemeinsames Begriffsverständnis erarbeitet, das auch die Grundlage für diesen Band bildet. Nachfolgend sind die wichtigsten Begriffe dargelegt.

Grundsätzlich werden Wasserinfrastrukturen als sozio-technische Systeme der Ressourcenaneignung verstanden. In ihnen kommen damit einerseits gesellschaftliche Vorstellungen von Mensch-Natur-Verhältnissen (vgl. Becker/Jahn/Hummel 2006) als sozial-ökologischen Regulationen zum Ausdruck. Andererseits unterliegen sie gesellschaftlich verhandelten und gestaltbaren Regelsystemen. Hinter der technischen Dimension von Wasserinfrastrukturen stehen vielfältige Akteure und komplexe institutionelle Arrangements im föderalen System (vgl. Tauchmann et al. 2006).

Neuartige Wasserinfrastruktursysteme

Unter Neuartigen Wasserinfrastruktursystemen werden technische Wasserinfrastruktursysteme verstanden, die im Vergleich zu den bestehenden Systemen in Richtung Teilstromtrennung und -behandlung weiterentwickelt wurden. Zur Orientierung dient hier die Definition von Neuartigen Sanitärsystemen (NASS) der DWA (2008). Miteingefasst wird der Aspekt der Wärmerückgewinnung aus dem Schmutz-/Mischwasserkanal und aus Abwasserteilströmen. Analog zu „neuartig“ können als Begriffssynonyme auch „alternativ“ oder „innovativ“ benutzt werden.

Technisches Modul und Systemvariante

Ein technisches Modul ist ein Element in einem Infrastruktursystem und umfasst meist ein technisches Verfahren in Bezug auf einen (Ab-)Wasser(teil)strom. Ein technisches Modul ist z.B. bei der Grauwasserbewirtschaftung die Aufbereitung zu Betriebswasser. Eine Systemvariante ist eine Kombination unterschiedlicher technischer Module. Sie beinhaltet eine Lösung für die verschiedenen Wasser- und Abwasserströme und beschreibt damit den Betrieb eines neuartigen Wasserinfrastruktursystems. Systemvarianten sind für die jeweils spezifischen räumlichen Rahmenbedingungen und Erfordernisse ausgelegt (konfiguriert).

Gekoppelte Infrastruktursysteme

Unter gekoppelten Infrastruktursystemen wird die – mehr oder weniger direkte – funktionale Verbindung und Beeinflussung von mindestens zwei Infrastruktursystemen verstanden. Die Abhängigkeit der Infrastrukturen voneinander kann dabei einseitig oder wechselseitig sein (vgl. Rinaldi et al. 2001). Unterscheiden lassen sich dabei physische, informationelle, räumliche und organisatorische Kopplungen (vgl. Dudenhoeffer/Manic 2006 sowie Libbe/Petschow 2016). Historisch gesehen sind Infrastrukturen schon immer ein Stück weit gekoppelt (z.B. Stromnetze als Voraussetzung für den Betrieb von Pumpen). Aufgrund von Innovationssprüngen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) sowie bedingt durch klima- und energiepolitische Ziele und die notwendige Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz nehmen die Kopplungen von Infrastrukturen gegenwärtig zu und werden enger – dies etwa dort, wo mit der Wärmerückgewinnung aus Abwasser (Wasserinfrastruktur) ein Beitrag zur Wärmeversorgung (Wärme-/Energieinfrastruktur) geleistet wird. In diesem besonderen Fall spricht man häufig auch vom Wasser-Energie-Nexus. Dies verweist auf Spannungsverhältnisse innerhalb gekoppelter Systeme, weshalb es einer integrierten Planung

und damit der Koordination und Kooperation von Akteuren der verschiedenen Infrastruktursysteme bedarf.

Transformation und Nachhaltigkeit

Mit Transformation werden geplante und ungeplante Prozesse eines grundlegenden Wandels auf mehreren Ebenen beschrieben. In Bezug auf Infrastrukturen ist dabei zuweilen auch von Transition in Abgrenzung zu gesellschaftlichen Regime-Transformationen (etwa Übergang vom Kommunismus zum Kapitalismus in Mittel- und Osteuropa) die Rede (vgl. z.B. Grin/Rotmans/Schot 2011). Transformationen werden normativ insbesondere mit dem Wandel der Industriegesellschaften hin zu einer klimaverträglichen, ressourcenschonenden und nachhaltigen Wirtschaftsordnung in Verbindung gebracht. In diesem Zusammenhang wird auch von einer „Großen Transformation“ (WBGU 2011) gesprochen, also von einer historischen Phase grundlegender Veränderungen. Bezogen auf technische Infrastrukturen ist für Transformation der Wechsel von Systemvarianten kennzeichnend. Transformation umfasst dabei nicht nur Veränderungen, sondern auch die gegenläufig beharrenden Tendenzen. Sie zeichnet sich durch „nicht-lineare Sprünge“ aus, die meist ein hohes Maß an Unsicherheit mit sich bringen (vgl. Kluge/Libbe 2006).

Der Prozess einer Transformation läuft nicht zwingend zielgerichtet ab. Vielmehr kann eine Transformation als Such- und Lernprozess verstanden werden, in dem neben dem Weg immer wieder auch die Ziele zwischen den Akteuren verhandelt und eventuell korrigiert werden müssen. Ziel des Transformationsmanagements ist es hierbei, eine Transformation bewusst anzustoßen und zu gestalten und dies nicht dem Zufall zu überlassen. Grundlegendes Ziel der Transformation ist es, dem Gemeinwohl zu dienen und die Nachhaltigkeit zu erhöhen.

Der Forschungsverbund netWORKS sieht von einer verbindlichen Nachhaltigkeitsdefinition ab, da diesbezüglich in Wissenschaft und Praxis Uneinigkeit besteht. Um jedoch beurteilen zu können, ob eine Entwicklung als nachhaltig einzustufen ist, werden die folgenden Leitprinzipien herangezogen: Integration, Anpassungsfähigkeit, Funktionalität sowie ökologische, ökonomische und soziale Verträglichkeit (vgl. Kluge/Libbe 2006).

Integrierte Planung

Der Terminus integrierte Planung zielt im Kontext von Stadtentwicklung auf ein die verschiedenen städtischen Handlungsfelder übergreifendes Handeln ab. Da-

bei kann der mit einer solchen Planung verbundene Steuerungsanspruch sehr unterschiedlich sein. In den 1960er- und 1970er-Jahren war die integrierte Entwicklungsplanung durch einen zum Teil elitären Machbarkeits- und Steuerungsoptimismus getragen, der eng verwoben war mit Vorstellungen einer emanzipierenden städtebaulichen und architektonischen Moderne. Dieser Anspruch konnte letztlich nie erfüllt werden. Nachfolgend kontrastierende Modelle einer inkrementellen Planung haben sich aber ebenfalls als unzureichend erwiesen, da sie der Komplexität urbaner Herausforderungen nicht gerecht wurden. Die seit der Jahrtausendwende zu verzeichnende Renaissance von integrierten Konzepten hat mit den früheren Vorstellungen nur wenig gemein. Integrierte Planung wird heute im Sinne reflexiver lokaler Governance-Prozesse anstelle hierarchischer Steuerung verstanden. Dabei erweitert die integrierte (Stadt-)Entwicklungsplanung das hoheitliche Instrument der Stadtplanung und zeichnet sich nicht zuletzt durch dezierten Raumbezug sowie durch partizipative und marktorientierte Handlungsformen aus. Sie koordiniert zudem zwischen räumlichen Ebenen sowie zwischen Fachplanungen beziehungsweise Fachpolitiken. Als informelle Instrumente der Stadtentwicklungsplanung kommen zum Beispiel Stadtentwicklungskonzepte oder Quartiersentwicklungskonzepte zum Einsatz. Das in ihnen angelegte prozedurale Vorgehen der Kooperation bzw. des Kooperationsmanagements kann dabei von Stadt zu Stadt höchst unterschiedlich sein. Integrierter Stadtentwicklungsplanung kommt insbesondere mit Blick auf eine nachhaltige Entwicklung der Städte und mehr noch in Hinsicht auf die Transformation städtischer Infrastruktur eine wachsende Bedeutung zu.

Koordination und Koordinationsformen

Grundsätzlich wird Koordination als Abstimmung zwischen Akteuren und den von ihnen eingenommenen Rollen verstanden. Die Wahrnehmung von Aufgaben und Rollen durch Akteure unter Berücksichtigung des technischen Systems und der dabei durchgeführten Transaktionen erfordert im Falle von Interdependenzen und Desintegration die Abstimmung dieser Akteure bzw. Rollen – dies wird im weiteren Sinne mit dem Begriff Koordination beschrieben. Je nach technischem System und den Transaktions-, Akteurs- und Marktcharakteristika ist ein bestimmter Koordinationsbereich zu betrachten. Für den jeweiligen Koordinationsbereich können organisatorische Optionen als Koordinationsformen (z.B. Markt, Hierarchie sowie Hybride wie Verträge) und institutionelle Regelungen bestimmt werden. Die Auswahl sinnvoller und vorteilhafter Koordinationsformen sowie institutioneller Regelungen dient dazu, die mit der Abstimmung im weitesten Sinne verbundenen Transaktionskosten zu reduzieren. Koordination ist immer dann gefragt, wenn mehrere Akteure interagieren und zusammenarbeiten müssen.

Kooperation und Kooperationsmanagement

Kooperation meint die Zusammenarbeit zwischen (im ökonomischen Idealfall autonomen) Akteuren, etwa aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Neben einem gemeinsamen Ziel, auf dessen Erreichen sich die Kooperation der Akteure richtet und für das Akteure bestimmte Aufgaben übernehmen, verfolgen alle Partner auch eigene Ziele. Die Zusammenarbeit kann sich hinsichtlich Intensität, zeitlicher Dauer und Zielrichtung unterscheiden. Dies gilt sowohl grundsätzlich als auch in den verschiedenen Phasen einer Kooperation im Rahmen eines Projektes.

Während Koordination die Abstimmung zwischen Akteuren anspricht, ist mit Kooperationsmanagement die bewusste Gestaltung von Form und Art der Zusammenarbeit zwischen heterogenen Akteuren gemeint. Kooperationsmanagement zielt darauf, die Kooperation effektiv und effizient zu gestalten, um beispielsweise überflüssige Reibungen zu vermeiden und rascher optimale Formen der Kooperation zu finden, die sich dann in eine verbindliche Koordination und feste Koordinationsformen überführen lassen. Dieses Management kann entweder einer der Partner übernehmen, oder es kann Aufgabe mehrerer Partner sein. Sowohl in der betriebswirtschaftlichen Managementlehre (vgl. Schuh/Friedli/Kurr 2005) als auch in der Literatur zum Projektmanagement (vgl. Schophaus/Schön/Dienel 2004) wurden spezifische Methoden zum Kooperationsmanagement entwickelt, die sich hier einsetzen lassen.

Implementierungsebenen

Differenzierung der Wasserinfrastruktur bedeutet, dass sich neue Formen und Gestalten in den unterschiedlichsten Bereichen ausbilden können: Darunter sind stofflich andere Erfassungen/Abgrenzungen etwa durch Teilströme zu verstehen, genauso wie neue Organisationsformen für Planung, Umsetzung und Betrieb der Wasserinfrastruktur, um nur zwei Beispiele zu nennen. Eine dritte Möglichkeit der Differenzierung ist die Veränderung der räumlichen Bezugsgröße. So kommen plötzlich Systemvarianten in Betracht, die mit einem anderen Grad an Zentralität und Modularität einhergehen. Implementierungen neuartiger Wasserinfrastruktursysteme können im Badezimmer beginnen und über das Haus, den Block, das Quartier, das Stadtviertel bis hin zur Gesamtstadt entwickelt und realisiert werden.

In diesem Band werden drei Implementierungsebenen unterschieden:

- a) dezentral = Haus-/Blockebene,
- b) semizentral = Quartiersebene/Stadtviertel,
- c) zentral = Gesamtstadt bzw. gesamte Kommune.

Dabei steht hinter der Differenzierung ausdrücklich die Vorstellung, dass sich die Wasserinfrastruktur zukünftig durch eine Kombination, Diversifizierung und Koexistenz verschiedener Systeme ausweisen wird. Um das jeweilig optimale technische System für eine Kommune bzw. die ideale Systemvariante für jede einzelne bauliche Maßnahme zu bestimmen, bedarf es einer Fall-zu-Fall-Prüfung.

Literatur

- Becker, E., T. Jahn und D. Hummel (2006): Gesellschaftliche Naturverhältnisse, in: Becker, E., und T. Jahn (Hrsg.): Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen, Frankfurt/New York, S. 174–197.
- Dudenhofer, D., und M. Manic (2006): CIMS: A framework for infrastructure interdependencies modelling and analysis, in: Proceedings of the Winter Simulation Conference.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2008): Neuartige Sanitärsysteme (NASS), DWA-Themenband, Hennef.
- Grin, J., J. Rotmans und J. Schot (2011): On patterns and agency in transition dynamics: Some key insights from the KSI programme, in: Environmental Innovation and Societal Transitions, 1(1), S. 76–81.
- Kluge, T., und J. Libbe (Hrsg.) (2006): Transformation netzgebundener Infrastruktur: Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser, Berlin (Difu-Beiträge zur Stadtforschung, Bd. 45).
- Libbe, J., und U. Petschow unter Mitarb. von W. H. Arndt und H. Floeting (2016): Analyse der bisherigen Entwicklung von Infrastrukturen. Bericht im Rahmen des Projekts „Notwendigkeiten und Möglichkeiten zur klimaresilienten und zukunftsfähigen Ausgestaltung von nationalen und grenzübergreifenden Infrastrukturen“, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin (unveröffentlicht).
- Rinaldi, S. M., J. P. Peerenboom und T. K. Kelly (2001): Identifying, Understanding, and Analysing Critical Infrastructure Interdependencies, in: IEEE Control Systems Magazine (December 2001).
- Schuh, G., T. Friedli und M. A. Kurr (2005): Kooperationsmanagement: systematische Vorbereitung, gezielter Auf- und Ausbau, entscheidende Erfolgsfaktoren, München/Wien.
- Schophaeus, M., S. Schön und H. L. Dienel (Hrsg.) (2004): Transdisziplinäres Kooperationsmanagement. Neue Wege in der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Gesellschaft, München.
- Tauchmann, H., J. Hafkesbrink, P. Nisipeanu und M. Thomzik (2006): Innovationen für eine nachhaltige Wasserwirtschaft – Einflussfaktoren und Handlungsbedarf, Heidelberg.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation, Berlin.

Martina Winker, Jörg Felmeden, Thomas Werner, Arash Davoudi und Ralf Ott

Technische Systemvarianten einer sich differenzierenden Wasserinfrastruktur

Grundsätzliche Überlegungen

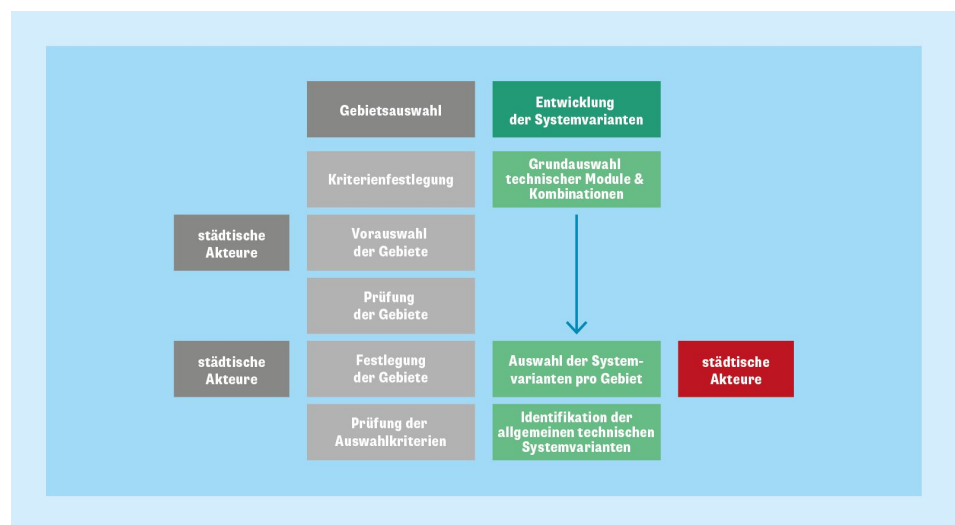
Bei der Entwicklung der zukünftigen Wasserinfrastruktur nimmt die Auseinandersetzung mit verschiedenen Systemvarianten und letztlich die Entscheidung für eine bestimmte technische Systemvariante einen zentralen Stellenwert ein. Sie nimmt großen Einfluss auf die Anbindung an oder die vollständige Abgrenzung von der bestehenden Infrastruktur, auf die möglichen Gewinne in der Ressourceneffizienz (siehe Beitrag C1), auf die Möglichkeiten der institutionellen Ausgestaltung (siehe Beitrag D3) und auch auf die nötige Abstimmung mit und Einbindung von anderen Infrastrukturen (siehe Beitrag B5) – um nur einige Beispiele zu nennen.

Daher war die Identifizierung der technischen Systemvarianten auch eine wichtige Weichenstellung für die weitere Bearbeitung im Projekt netWORKS 3: einerseits für die unterschiedlichen thematischen Arbeiten und andererseits für die Einbindung und Bezugnahme auf die aktuellen Belange, Problemstellungen und Diskussionen in den fünf betrachteten Transformationsräumen (auch Modellgebiete genannt; siehe Beitrag B4) in Frankfurt am Main und Hamburg. Dies bedeutet, dass die hier diskutierten technischen Systemvarianten nicht losgelöst betrachtet werden dürfen, sondern immer im Kontext ihres Entstehungsprozesses und der lokalen Gegebenheiten.

Methodisches Vorgehen beim Identifizieren der Systemvarianten

Bei der Auswahl der modellgebietsspezifischen technischen Systemvarianten wurde ein mehrstufiges Verfahren gewählt (siehe auch Abbildung 1). Zunächst wurden der aktuelle Entwicklungsstand betrachtet, die weitere Entwicklung und die diskutierten Trends abgeschätzt sowie die aktuell in der Umsetzungsdiskussion befindlichen Systemoptionen gesichtet. Im nächsten Schritt wurde eine Grundausswahl technischer Module und Modulkombinationen getroffen und beschrieben – dies unabhängig vom räumlichen Bezug und in Absprache mit den Projektpartnern. Für die technischen Aspekte fand eine enge Abstimmung mit dem Praxispartner HAMBURG WASSER statt.

Abbildung 1: Der Arbeitsstrang „Entwicklung der Systemvarianten“ in seinem zeitlichen Verlauf und in seiner Verknüpfung zur Gebietsauswahl



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Nach Auswahl der Modellgebiete wurden die technischen Systemvarianten hinsichtlich ihrer Realisierbarkeit in den Modellgebieten geprüft. In Gesprächen mit HAMBURG WASSER und der Stadtentwässerung Frankfurt am Main wurden jeweils drei mögliche Systemvarianten für jedes Modellgebiet in Hamburg und Frankfurt am Main identifiziert. Zudem wurde die technische Umsetzung des Wasserinfrastruktursystems des Projektpartners ABG/ABGnova in einem Gebäude in Frankfurt am Main berücksichtigt (siehe Beitrag B7). Im abschließenden Analyseschritt konnten aus den insgesamt 15 spezifischen Systemvarianten die

hier beschriebenen fünf allgemeinen technischen Systemvarianten, die einen allgemeinen räumlichen Bezug aufweisen (Stadt-, Quartiers- oder Blockebene), als gemeinsame Grundlage abgeleitet werden. Alle 15 Systemvarianten der Modellgebiete basieren auf ihnen, weisen jedoch kleine gebietsspezifische Modifikationen auf. So ist in einigen Fällen aufgrund der dortigen Lage der Abwasserkanäle z.B. zusätzlich eine überquartierliche Wärmerückgewinnung möglich.

Technische Module und Systemvarianten

Die Struktur der kommunalen Wasserinfrastruktur in Deutschland, bestehend aus zentraler Trinkwasserversorgung, Wassernutzung und zentraler Abwasserableitung/-behandlung, setzt sich in der Regel aus einer Kombination von technischen Modulen zusammen. Diese sind unterschiedlich konfiguriert und lassen sich, stark vereinfacht gesprochen, der Versorgung, der Nutzung und der Entsorgung zuordnen.

Auf dieser Basis können folgende technische Module im Zuge einer Transformation der Wasserinfrastrukturen betrachtet werden, die sich aus der stofflichen und energetischen Bewirtschaftung von Abwasser(teil)strömen ergeben:

- Regenwasserbewirtschaftung → Betriebswasser,
- Grauwasserbewirtschaftung → Betriebswasser,
- Schwarzwasserbewirtschaftung → Strom, Wärme, Nährstoffe,
- Wärmebewirtschaftung des Grau-, Misch-/Schmutzwassers.

Die genannten technischen Module werden in der Praxis je nach Zielsetzung und örtlichen Rahmenbedingungen einzeln oder in unterschiedlichen Kombinationen angewandt. Hierbei kann in der einfachsten Art zunächst „nur“ eine Anpassung oder Optimierung der bestehenden, zentral ausgerichteten Wasserinfrastruktur erfolgen (z.B. Option 1: nur eine Änderung in der Regenwasser- und Wärmebewirtschaftung). Es kann aber auch sukzessive eine Transformation, also eine grundlegende systemische Umgestaltung unter Einbindung aller Wasserströme, begonnen werden (siehe Optionen 2 und 3):

- Option 1: Regenwasserbewirtschaftung (Betriebswassernutzung) und Wärmebewirtschaftung des Schmutz-/Mischwassers (zur Warmwasserbereitung oder Raumheizung),
- Option 2: Regenwasser- und Grauwasserbewirtschaftung (Betriebswassernutzung) und Wärmebewirtschaftung des Grauwassers (zur Warmwasserbereitung oder Raumheizung),

- Option 3: Regenwasser- (Betriebswassernutzung) und Schwarzwasserbewirtschaftung (Raumheizung, Warmwasserbereitung, Stromeinspeisung, Düngung).

Die hier beispielhaft beschriebenen drei Kombinationen (entsprechende Abbildungen siehe auch Felmeden/Michel/Zimmermann 2017) lassen sich fortführen. Letztlich können sie in einer Einbindung aller Wasser- und Abwasserströme in eine neuartige Wasserinfrastruktur enden.

Allgemeine technische Systemvarianten

Gemeinsam mit den städtischen Akteuren wurden über das oben beschriebene Verfahren die folgenden allgemeinen technischen Systemvarianten ausgewählt: konventionelles System Frankfurt am Main, konventionelles System Hamburg, konventionelles mit Grauwasserrecycling kombiniertes System Frankfurt (FFM KonvGrau), konventionelles mit Grauwasserrecycling kombiniertes System Hamburg (HH KonvGrau) und HAMBURG WATER Cycle (HWC). Sie werden im Folgenden genauer beschrieben.

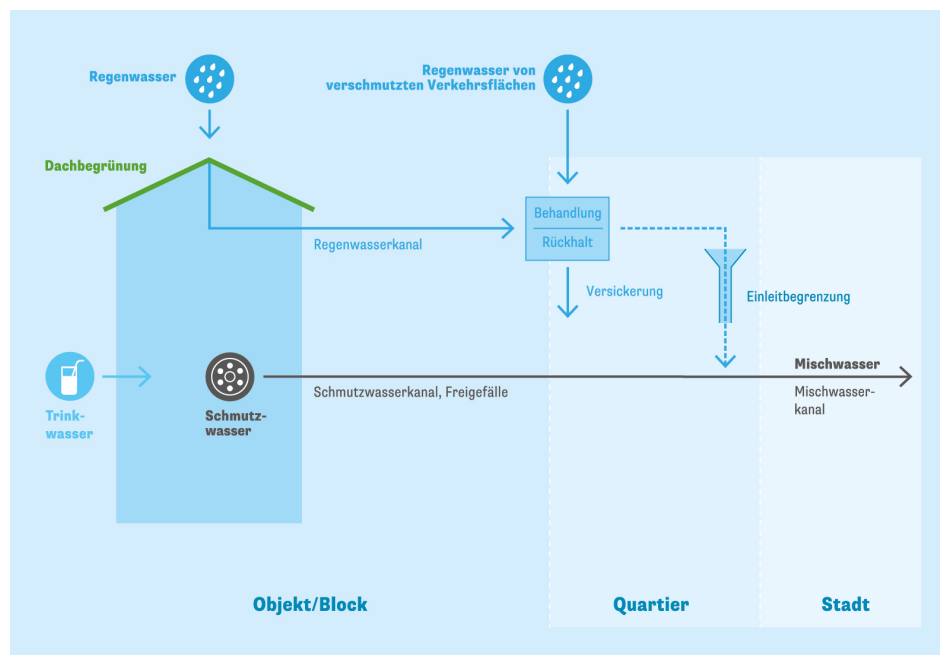
Die Systemvarianten basieren alle auf den folgenden Grundannahmen:

- a) Trinkwasser: Grundsätzlich bleibt in allen Systemvarianten die zentrale Trinkwasserversorgung bestehen. Allerdings kann die Einführung neuer Systemvarianten auch Veränderungen bei der Wasserversorgung nach sich ziehen. Diese werden in der Bewertung der Varianten mit Blick auf die Gebiete zu prüfen sein (siehe Teil C).
- b) Niederschlagswasser: Niederschlagswasser ist wichtig für die ganzheitliche Betrachtung. Häufig ist es in der planerischen Neugestaltung der wichtigste Ausgangspunkt für alternative Überlegungen. Im Referenzszenario wird das Niederschlagswasser analog zur bestehenden Planung betrachtet. Für die neuartigen Systemvarianten wird davon ausgegangen, dass ein Großteil des Niederschlagswassers über Maßnahmen wie Gründächer und lokale Versickerung im Gebiet verbleibt. Nur der Rest wird erfasst und in die Trennkanalisation abgeleitet.
- c) Nutzung von Betriebswasser: Es wird davon ausgegangen, dass Betriebswasser in den Gebäuden zunächst nur für die Toilettenspülung eingesetzt wird. Außerdem kann es im Gebiet für die Grünpflege verwendet werden.
- d) Bioabfallbehandlung: In beiden Projektstädten gibt es eine zentrale Bioabfallbehandlung. Im Gegensatz zu den verschiedenen technischen Systemvarianten der (Ab-)Wasserinfrastruktur wurden keine alternativen Bioabfallbehandlungsvarianten auf Gebietsebene betrachtet.

Konventionelles System in Frankfurt am Main

Erfassung und Ableitung des Abwassers erfolgen soweit vorhanden über eine Trenn-, sonst Mischkanalisation. Für die betrachteten Gebiete ist eine Trennkanalisation entweder bereits vorhanden oder in Planung. In der zentralen Kläranlage findet die dreistufige Abwasserbehandlung (mechanisch, biologisch, chemisch) statt. Der Kläranlagenablauf erfolgt ins Oberflächengewässer. Klärschlamm wird ohne vorgeschalteten Faulungsprozess verbrannt. Reststoffe werden im Bergbau deponiert (vgl. SEF o.J.). Strom und Wärme aus dem Verbrennungsprozess werden genutzt.

Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung des konventionellen Systems in Frankfurt am Main



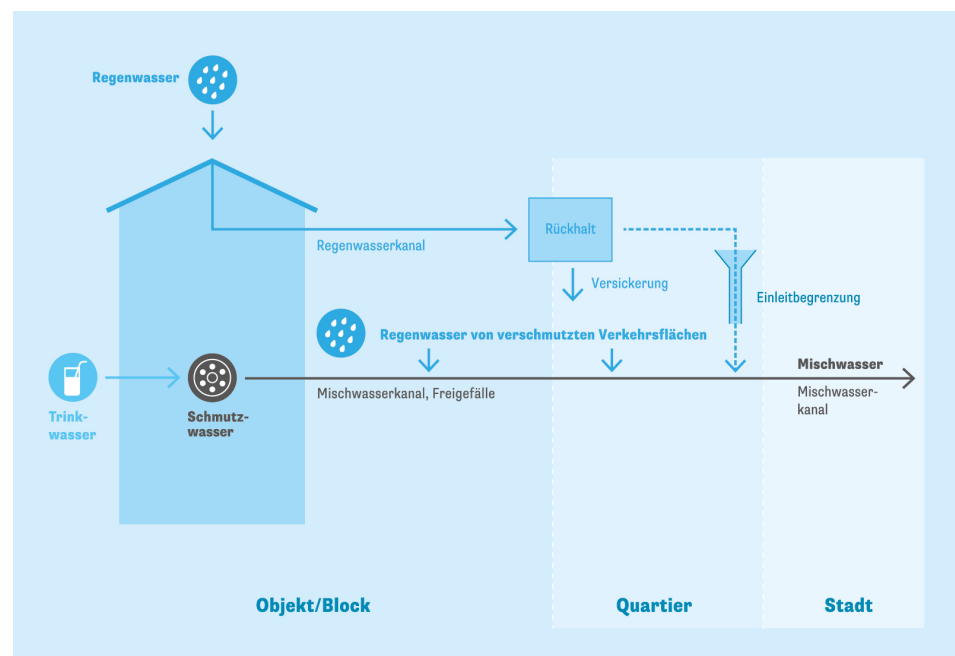
Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Das konventionelle System spiegelt den aktuellen Stand der Technik und eignet sich daher als Referenzsystem. Die Details orientieren sich stark an den spezifischen Gegebenheiten der Stadt und den hierzu verfügbaren Daten. Näher beschrieben wird das bestehende Wasserver- und Abwasserentsorgungssystem von Frankfurt am Main in Davoudi et al. (2016).

Konventionelles System in Hamburg

Das Abwasser in Hamburg wird ebenfalls über eine Trenn- und teilweise über eine Mischkanalisation erfasst und abgeleitet. Die dreistufige Abwasserbehandlung (mechanisch, biologisch, chemisch) erfolgt zentral mit Ablauf ins Oberflächengewässer. Klärschlamm und Co-Substrate gehen in die Vergärung, Gärreste und Faulgas werden thermisch verwertet (vgl. HAMBURG WASSER 2010). Dadurch entstehende Wärme und Strom werden intern auf der Kläranlage genutzt, die Wärme zusätzlich extern (zur Versorgung eines benachbarten Containerterminals über eine Fernwärmeleitung) (vgl. ebenda). Darüber hinaus wird eine kleine Menge aufbereitetes Faulgas (<10 Prozent) als Biomethan in das Gasnetz eingespeist. Gips und Reste aus der Verbrennung gehen als Baustoffe in die Bauindustrie, Schwermetalle werden monodeponiert (vgl. ebenda). Die Asche wird rückholbar für eine spätere Phosphorrückgewinnung monodeponiert.

Abbildung 3: Vereinfachte Darstellung des konventionellen Systems in Hamburg



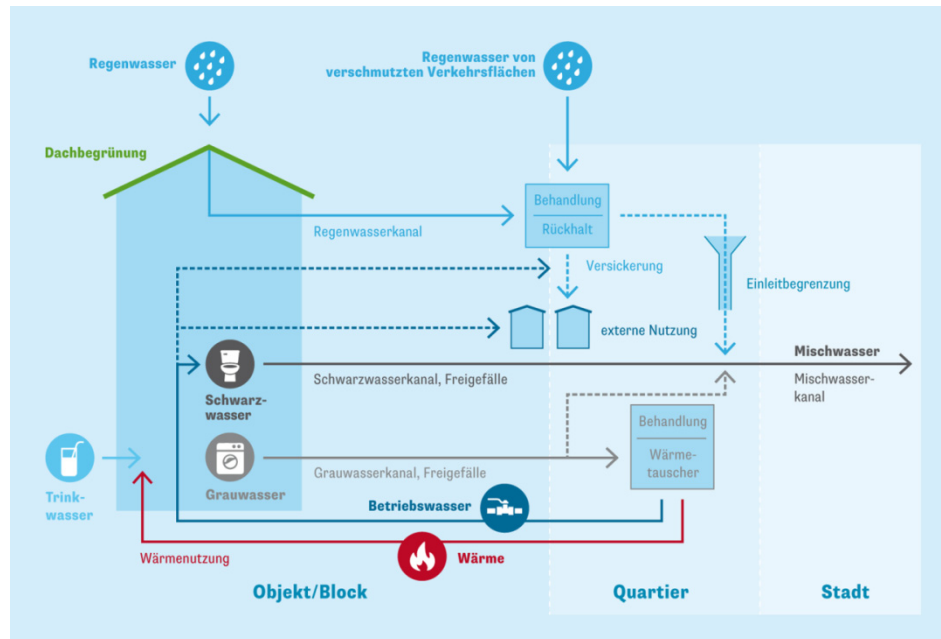
Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Auch hier wurde das konventionelle System aus zuvor genannten Gründen als Referenzsystem gewählt. Näher beschrieben wird das bestehende Wasserver- und Abwasserentsorgungssystem von Hamburg in Davoudi et al. (2016).

Konventionelles mit Grauwasserrecycling kombiniertes System, Frankfurt am Main (FFM KonvGrau)

In dieser Systemvariante werden leicht verschmutztes Grauwasser (Abwasser aus Dusche und Waschbecken sowie Waschmaschinenabläufen) und Schwarzwasser (Toilettenabwasser) inklusive Küchenabwasser getrennt erfasst und abgeleitet.

Abbildung 4: Schematische Darstellung der Systemvariante FFM KonvGrau



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Schwarzwasser und Küchenabwasser werden weiterhin konventionell behandelt (vgl. Referenzvariante für Frankfurt am Main). Beim „leichten“ Grauwasser finden Wärmerückgewinnung und Aufbereitung statt. Das Grauwasserverfahren kann wahlweise auf Haus- oder Blockebene oder für ein gesamtes Gebiet/Quartier zum Einsatz kommen. Auf Blockebene wird das Grauwasser über Wirbelbettreaktoren inklusive Desinfektion (vgl. Nolde o.J.) und auf Quartiersebene über eine Vollbiologie inklusive P-Fällung¹ (vgl. Giese/Londong 2015) aufbereitet. In dieser techni-

1 Diese Technik wurde aufgrund der Datenverfügbarkeit gewählt. Bisher ist keine Anlage auf Quartiersebene in Betrieb oder wurde für einen solchen Einsatz in kleinerem Maßstab pilotiert, die nur „leichtes“ Grauwasser behandelt.

schen Variante wurde davon ausgegangen, dass die Behandlung, wenn nicht anders benannt, auf Quartiersebene etabliert wird. Somit entstehen einerseits auf der zentralen Kläranlage anteilig Strom und Wärme durch das zugeführte Schwarzwasser inklusive Küchenabwasser. Andererseits wird aufbereitetes Grauwasser lokal energetisch und stofflich genutzt (Wärme für Trinkwassererwärmung und/oder Heizung, Betriebswasser für Toilettenspülung).

Eine solche Variante erfordert nur wenige Berührungspunkte und Verhaltensänderungen auf Seiten der Bewohnerschaft. Sie wird von privaten Investoren bereits diskutiert und dezentral umgesetzt (siehe z.B. Hefter/Birzle-Harder/Deffner 2015). Diverse Anlagen sind auf dem Markt bereits verfügbar. Eine Ausweitung auf die Quartiersebene ist vorstellbar. Darüber hinaus sind der rechtliche und der institutionelle Rahmen bereits relativ sicher und gut überschaubar, wie die Umsetzung des Frankfurter Praxispartners ABG/ABGnova zeigt (vgl. auch Kerber/Schramm/Winker 2016; Löw 2011; Nolde o.J.).

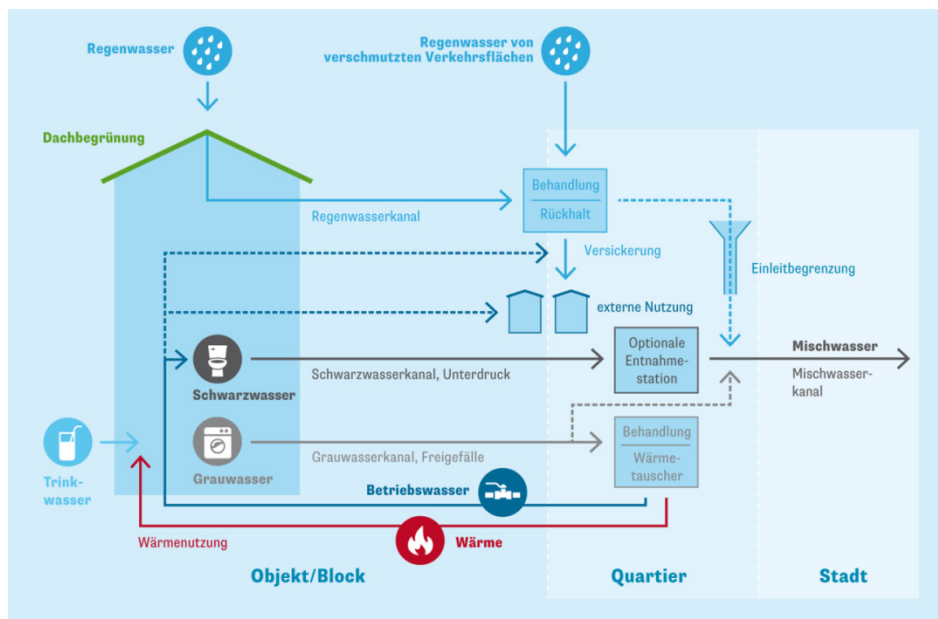
Konventionelles mit Grauwasserrecycling kombiniertes System, Hamburg (HH KonvGrau)

In diesem System werden Grauwasser (Abwasser aus Dusche, Waschbecken und Waschmaschinenabläufen sowie Küchenabwasser) und Schwarzwasser (Toilettenabwasser) getrennt erfasst. Das Schwarzwasser wird per Unterdruck (Vakuum) im Quartier abgeleitet und an der Quartiersgrenze in die konventionelle Kanalisation überführt. Beim Grauwasser finden Wärmerückgewinnung und Aufbereitung zu Betriebswasser statt (vgl. Giese/Londong 2015). Auf Blockebene wird das Grauwasser über Wirbelbettreaktoren inklusive Desinfektion (vgl. Nolde o.J.) und auf Quartiersebene über eine Vollbiologie inklusive P-Fällung (vgl. Giese/Londong 2015) aufbereitet. Hier wurde davon ausgegangen, dass die Behandlung, wenn nicht anders benannt, auf Quartiersebene etabliert wird. Das aufbereitete Grauwasser wird als Betriebswasser und die darin enthaltene Wärme auf Quartiersebene genutzt.

Hintergrund dieses Ansatzes ist, das Gebiet mittelfristig mit weiteren angrenzenden kleineren Gebieten zusammenzuführen und dann das Schwarzwasser ebenfalls vor Ort zu behandeln (siehe unten). Das Schwarzwasser wird daher in dieser Variante zwar im Gebiet mittels Unterdruck abgeleitet, dann jedoch noch in die zentrale Kläranlage transportiert und dort konventionell behandelt (vgl. Referenzvariante für Hamburg). Der Unterschied zu „FFM KonvGrau“ besteht vor allem darin, dass Grauwasser (hier einschließlich Küchenabwasser) abgeleitet wird; dies erfordert eine andere Aufbereitung als bei „leichtem“ Grauwasser. Durch die Un-

terdrucktechnologie wird zudem weniger Wasser für den Transport des Abwassers benötigt und somit der Wasserbedarf für die Toilettenspülung reduziert.

Abbildung 5: Schematische Darstellung der Systemvariante HH KonvGrau



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

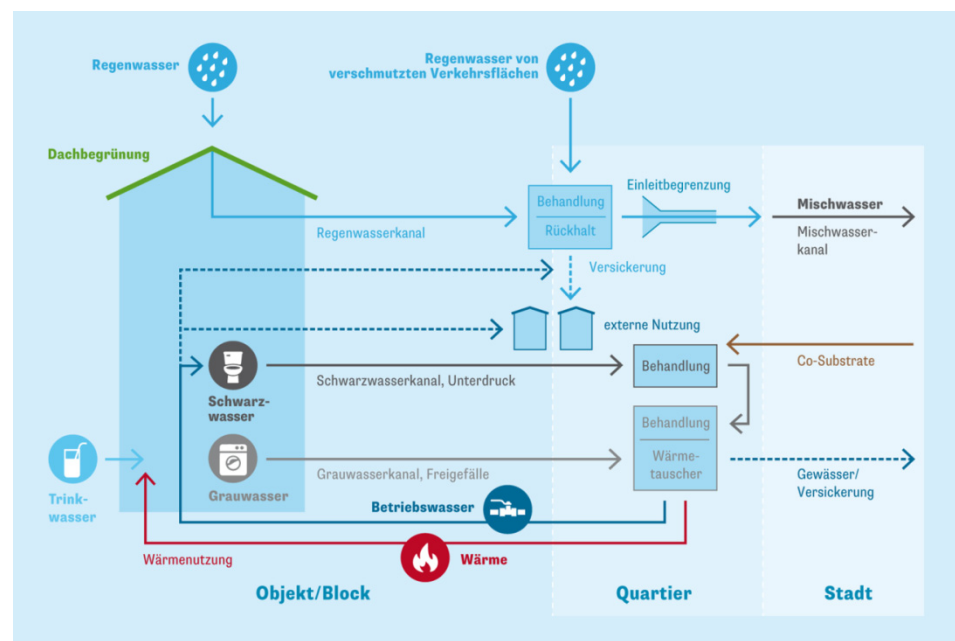
HAMBURG WATER Cycle (HWC)

Schwarz- und Grauwasser werden im Gebiet getrennt erfasst und abgeleitet. Im Falle von Schwarzwasser kommt ein Unterdrucksystem zum Einsatz, wodurch nur geringe Mengen an Wasser für den Transport erforderlich sind. Das Grauwasser wird über eine biologische Behandlung mit P-Fällung aufbereitet, danach wird es als Betriebswasser genutzt. Schwarzwasser wird gemeinsam mit Co-Substraten/organischen Abfällen und Klärschlamm aus der Grauwasserbehandlung in einem CSTR (Continuously Stirred Tank Reactor) und einem UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) behandelt. Es findet hierbei eine Fest-flüssig-Trennung statt, die flüssige Phase wird im UASB und die feste Phase im CSTR behandelt. Gewonnenes Biogas geht in die Energieerzeugung. Die Feststoffe der Gärreste können zur Kompostierung eingesetzt und landwirtschaftlich genutzt werden. Die Flüssigphase der Gärreste geht in die Grauwasserbehandlung und wird zusam-

men mit dem behandelten Grauwasser als Betriebswasser genutzt bzw. aufbereitet in die Umwelt gegeben (vgl. Giese/Londong 2016).

Bei der hier betrachteten Systemvariante handelt es sich um eine angenommene technische Realisierung des HWC-Systems nach dem Stand von Wissenschaft und Technik (= HWC KREIS, wie sie im BMBF-Projekt KREIS festgelegt wurde; vgl. Giese/Londong 2016). Diese technische Lösung verspricht geringeren Reinigungsaufwand als die konventionelle (siehe oben „Konventionelles System in Hamburg“), bessere Nutzung der Wertstoffe aus dem (hoch konzentrierten) Schwarzwasser, bessere Behandelbarkeit von Medikamentenrückständen und Keimen sowie Entlastung der Kanäle und erhöhte Biogasgewinnung. Letztere macht das Quartier weniger abhängig von Energieimporten und verbessert seine CO₂-Bilanz (so ein internes Dokument von HAMBURG WASSER). Das System wird in der Jenfelder Au in Hamburg in über 600 Wohneinheiten umgesetzt, wobei von dieser idealtypischen Form abgewichen werden muss.

Abbildung 6: Schematische Darstellung der Systemvariante eines idealtypischen HWC mit zusätzlicher Wärmerückgewinnung



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Wahl der Systemvarianten für die Modellgebiete

Die Anpassung der technischen Systemvarianten an die Erfordernisse der ausgewählten Modellgebiete führte zu leichten Modifikationen der beschriebenen Systeme. Zudem wurden für jedes Gebiet ein Referenzsystem und zwei neuartige Systemvarianten festgelegt. Welche technischen Systemvarianten in den Modellgebieten damit betrachtet werden, zeigt Übersicht 1. Die insgesamt 15 unterschiedlichen modellgebietsspezifischen Systemvarianten können in Davoudi et al. (2016) nachvollzogen werden.

Übersicht 1: Zuordnung der spezifischen Systemvarianten der Modellgebiete zu den allgemeinen technischen Systemvarianten

	Referenzsystem	Neuartige Systemvariante (V1)	Neuartige Systemvariante (V2)
Frankfurt am Main			
Modellgebiet A	Konventionelles System FFM	FFM KonvGrau	HWC mit zusätzl. WRG
Modellgebiet B	Konventionelles System FFM	FFM KonvGrau Blockebene	FFM KonvGrau Quartiersebene
Modellgebiet C	Konventionelles System FFM	FFM KonvGrau ohne Grauwasserbehandlung, nur WRG aus Grauwasser auf Blockebene; mit zusätzl. WRG aus Mischwasser	Konventionelles System FFM mit WRG und Betriebswassernutzung aus Regenwasser
Hamburg			
Modellgebiet D	Konventionelles System HH	HH KonvGrau Quartiersebene	Konventionelles System HH mit WRG ¹
Modellgebiet E	Konventionelles System HH	HH KonvGrau Blockebene	HH KonvGrau Quartiersebene mit zusätzl. WRG aus Mischwasser

WRG = Wärmerückgewinnung

1 Bei dieser Variante handelt es sich um ein mit WRG ausgestattetes konventionelles System, während energetische Aspekte bei der entsprechenden Referenzoption nicht berücksichtigt wurden. Die Variante erhält dadurch einen Vorteil, trägt aber nicht zur Transformation der bestehenden Infrastruktur bei.

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Literatur

- Davoudi, A., D. Milosevic, R. Scheidegger, E. Schramm und M. Winker (2016): Stoffstromanalyse zu verschiedenen Wasserinfrastruktursystemen in Frankfurter und Hamburger Quartieren (netWORKS-Paper, Nr. 30).
- Felmeden, J., B. Michel und M. Zimmermann (2017): Integrierte Bewertung neuartiger Wasserinfrastrukturen (netWORKS-Paper, Nr. 32).
- Giese, T., und J. Londong (Hrsg.) (2016): Kopp- lung von regenerativer Energiegewinnung mit innovativer Stadtentwässerung – Synthesebe- richt zum Verbundforschungsvorhaben KREIS (Schriftenreihe des b.is, Bd. 30).
- HAMBURG WASSER (2010): Umwelterklärung 2010. Hamburg, <http://www.hamburg.wasser.de/umwelterklaerung.html?download=555> (11.03.2016).
- Hefter, T., B. Birzle-Harder und J. Deffner (2015): Akzeptanz von Grauwasserbehandlung und Wärmerückgewinnung im Wohnungsbau. Er- gebnisse einer qualitativen Bewohnerbefra- gung (netWORKS Paper, Nr. 27).
- Kerber, H., E. Schramm und M. Winker (2016): Transformationsrisiken bearbeiten: Umset- zung differenzierter Wasserinfrastruktursys- teme durch Kooperation (netWORKS Paper, Nr. 28).
- Löw, K. (2011): An innovative greywater treat- ment system for urban areas – international transferability of a German approach, installed in GLZ's headquarters in Eschborn. Masterar- beit, HFWU – Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen.
- Nolde, Erwin (o.J.): Die klima-positive Recycling- anlage, [http://nolde-partner.de/system/ files/final_web.pdf](http://nolde-partner.de/system/files/final_web.pdf) (03.02.2016).
- SEF – Stadtentwässerung Frankfurt am Main (o.J.): Rein in den Main. Abwasserableitung und Abwasserbehandlung in Frankfurt am Main, [http://stadtentwaesserung-frankfurt.de/ images/stories/dateien/rein_in_den_main_ web.pdf](http://stadtentwaesserung-frankfurt.de/images/stories/dateien/rein_in_den_main_web.pdf) (03.02.2016).

Engelbert Schramm und Heide Kerber

Transformation von Wasserinfrastrukturen: Fördernde und hemmende Faktoren aus Sicht zentraler Akteure

Einleitung

Wasserwirtschaftliche Akteure stehen neuartigen Wasserinfrastrukturen vielfach kritisch-distanziert und abwartend gegenüber. Nach Beobachtung von Experten haben sich in den letzten Jahren die Bedingungen für die Einführung neuartiger Wasserinfrastruktursysteme jedoch positiv verändert; innovationsfördernde Faktoren werden benannt. Allerdings bestehen nach Einschätzung der interviewten Akteure noch immer zahlreiche hemmende Faktoren, die derzeit einer Transformation der Wasserinfrastrukturen entgegenstehen können.

Innovationsmotive in der Siedlungswasserwirtschaft

In den letzten 20 Jahren hat in den Ingenieur- und Umweltwissenschaften eine Diskussion über die Transformation der Wasserinfrastrukturen begonnen. Dabei wurden Neuartige Sanitärsysteme (NASS; vgl. DWA 2008), „smart water networks“ (Laspidou 2014) und weitere Innovationen identifiziert. Allerdings wurden diese innovativen Wasserinfrastrukturen in der siedlungswasserwirtschaftlichen Praxis bisher kaum verwirklicht. Die derzeitigen Innovationsmotive der Akteure und beobachtbaren Neuerungen führen meist in andere Richtungen:

- Innovationen im Bereich der Aufbereitungsverfahren, die sich nicht auf die Automatisierung der Prozesse und die Einführung von Fernwirken beziehen, hän-

gen in Wasserversorgung wie Abwasserbeseitigung kaum vom technischen Fortschritt, sondern in erster Linie von den Setzungen der Umweltpolitik ab (vgl. Sartorius/Hillenbrand 2007; Tauchmann et al. 2006).

- Weitere wahrgenommene Triebkräfte für Innovationen sind die betriebswirtschaftliche Optimierung und die Kapitalbeschaffung (vgl. Sartorius/Hillenbrand 2007). Vor allem der Kostendruck ist in der Siedlungswasserwirtschaft in den letzten Jahren gewachsen. Daher wird versucht, steigende Kosten über Rationalisierung und Prozessinnovation im administrativen Bereich aufzufangen (vgl. Projektverbund NaCoSi 2015b); Stadtwerke arbeiten auch an Verbesserungen im Bereich Kundenbetreuung (vgl. BDEW/Ernst & Young 2015).
- Von den wasserwirtschaftlichen Verbänden Deutschlands erstellte „Branchenbilder“ sollen in Kombination mit freiwilligen Benchmarking-Prozessen der Unternehmen dazu führen, dass notwendige Veränderungen stattfinden und beispielsweise unausweichliche Ersatzinvestitionen nicht unterbleiben. Als Optimierungsziele werden von den beteiligten Verbänden „neben der Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Kundenzufriedenheit auch Ver- und Entsorgungssicherheit, Qualität und Nachhaltigkeit der Wasserwirtschaft“ (ATT et al. 2015: 82) gesehen. Allerdings wird beispielsweise die Nachhaltigkeitsorientierung des Sektors trotz im internationalen Vergleich guter Voraussetzungen (vgl. Partzsch 2007) auch bezweifelt (vgl. Arnold 2015).
- Die Anpassung an den Klimawandel wird in der Fachdiskussion ähnlich wie auch in den Rahmensetzungen der Bundesregierung (vgl. Bundesregierung 2008) zunächst auf vermehrte Anstrengungen zur Entlastung der Mischwasser-Kanalisation durch Auskoppelungen von Niederschlagswasser und dessen spezifisches Management verengt (vgl. auch Bundesregierung 2015: 27 f.; Partzsch 2009).

Innovationsfördernde Faktoren

Akteure aus der Siedlungswasserwirtschaft sowie aus der kommunalen Verwaltung und der Industrie benannten in Experteninterviews (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016) Faktoren, die ihrer Ansicht nach eine Realisierung innovativer Wasserinfrastruktursysteme und Transformationen der Wasserinfrastruktur fördern könnten. Zu diesen zählen:

- zunehmender Handlungsdruck aufgrund Klimawandel und demografischem Wandel (vgl. auch Sartorius/Hillenbrand 2007; Scheele/Libbe/Schramm 2008; Kluge/Libbe 2010; Hillenbrand et al. 2011; Bundesregierung 2015),
- steigende Anforderungen an Ressourceneffizienz und Wasserwiederverwendung (vgl. Scheele/Libbe/Schramm 2008; Rost et al. 2015),

- verbindliche Vorgaben, die den Einsatz einer bestimmten innovativen Lösung vorschreiben (vgl. Partzsch 2009; Kluge/Schramm 2016),
- neue Standards (analog zur Energiewende, vgl. Scheele/Libbe/Schramm 2008; Partzsch 2009),
- engagierte Akteure vor Ort,
- Offenheit und Unterstützung seitens der Kommune,
- Wasserkonzepte für (Hoch-)Baumaßnahmen,
- transparente Informationen wie Potenzialanalysen, Machbarkeitsstudien und Bauhandbücher,
- Ausbildung von Experten,
- Förderung von innovativen Vorhaben.

Die Aspekte wurden in den Interviews meist im Zusammenhang mit folgenden übergeordneten Kategorien genannt: 1. Rahmenbedingungen, 2. Lokales Engagement, 3. Know-how und 4. Richtungssicherheit. Davon ausgehend werden nachstehend einige der Überlegungen skizziert.

Klimawandel und demografische Veränderungen werden aktuell als die großen Herausforderungen für die Wasserinfrastruktursysteme beschrieben. Zugleich, so die Experten, bieten beide Herausforderungen viel Potenzial, um Veränderungen für eine innovativere und zukunftsfähigere Infrastruktur anzustoßen. „Der Klimawandel regt zum Nachdenken (...) an. Gerade beim Umgang mit Starkregenereignissen sind Anpassungen notwendig“ (Interview 1¹). Impulse, so die Experten, setzen hier nicht nur an der Abkopplung befestigter Flächen vom Netz und der Umstellung auf ein Trennsystem an, sondern befördern auch eine Neugestaltung von „Wasser im öffentlichen Raum“. Konzepte zur Kopplung von grauer, blauer und grüner Infrastruktur werden dann attraktive (Planungs-)Optionen (vgl. BBSR 2015; Winker/Schramm 2015). Zu diesen zählen erlebbare Wasserelemente im öffentlichen Raum, Fassadenbegrünung sowie neu angelegte Versickerungsflächen. Aber nicht nur ein Zuviel an Niederschlagswasser, sondern auch ein Zuwenig an Abwasser erfordert neue Konzepte. Mithin bietet auch die demografische Entwicklung Potenzial, die bestehenden (Ab-)Wasserinfrastruktursysteme zu verändern. „Veränderungen, die im Zusammenhang mit dem demografischen Wandel zu sehen sind, zielen eher auf Ideen im Rahmen von NASS“ (Interview 1; NASS = Neuartige Sanitärsysteme). Hier geht es vor allem um einen möglichen Verzicht auf aufwändige und investitionsintensive Netzstrukturen in Regionen mit rückläufigen Bevölkerungszahlen. Aktuell öffnen sich hier Gelegenheitsfenster über den vielerorts dringend anstehenden Sanierungsbedarf. Zugleich ist auch die Forderung nach ressourcenorientiertem Umgang mit Abwasser – insbesondere nach

1 Um die zugesicherte Anonymität der befragten Experten zu gewährleisten, wurden die Interviews kodiert.

Schließen von Stoffkreisläufen – Impuls für neuartige (Ab-)Wasserinfrastrukturkonzepte (vgl. DWA 2008). Denn „für das Schließen von Stoffkreisläufen ist die Siedlungswasserwirtschaft, wie sie heute besteht, eigentlich das falsche System“ (Interview 3). Ansätze hierzu werden vor allem in Regionen mit Zuzug bzw. beim Erschließen neuer Siedlungsflächen diskutiert. Denn insbesondere bei der Planung von Neubaugebieten, beim Umgestalten von Konversionsflächen oder größeren Sanierungsarbeiten, so die Experten, stehen die Chancen gut, dass innovative Ideen, etwa erlebbare Wasserelemente mit Niederschlags- und Grauwasser oder Systeme zur verbesserten Stoffstromtrennung, zum Tragen kommen. Es wird allerdings in den Interviews auch deutlich: Klimawandel und demografische Veränderungen sind regional unterschiedlich. Mithin besteht keineswegs ein landesweit einheitlicher Handlungsdruck, und z.B. rückläufige Einwohnerzahlen können auch hemmend wirken, weil mit ihnen sinkende Gebühreneinnahmen verbunden sind.

Positive Umsetzungsbeispiele werden meist mit besonders engagierten Akteuren vor Ort begründet, die maßgeblich zum Gelingen des jeweiligen Projektes beigetragen haben. Dabei werden in den Interviews unterschiedliche „Schlüsselrollen“ eingeführt, denen jeweils eine besondere Aufgabe im Prozess der Planung und Umsetzung innovativer Wasserinfrastrukturprojekte zukommt (Kerber/Schramm/Winker 2016). Die Rolle eines „Kümmerers“ wird dabei betont, welcher das Thema neuartige Wasserinfrastrukturen in der Kommune fördert, dort eine Stimme sowie Kompetenzen und Entscheidungsmacht hat und das Thema auch gegen Widerstände in die Diskussion und Vorhaben auf den Weg bringen kann. „Dass es jemanden gibt, der den Hut aufhat. Der Synergien schafft. Einen wachen Blick für Innovationen hat. Und das auch steuern kann“ (Interview 7). Es entstehen vor allem dann Synergien, wenn das (kommunale) Umfeld Neuerungen gegenüber aufgeschlossen ist. Für die Befragten stehen dann auch die Chancen gut, dass bereits frühzeitig im Planungsprozess eine koordinierte Abstimmung zwischen den verschiedenen beteiligten Akteuren stattfindet (siehe Beitrag D3; Kerber/Schramm/Winker 2016).

Wichtig für die beteiligten Akteure im Planungs- und Umsetzungsprozess sind, so die Experten, Potenzialanalysen, Machbarkeitsstudien und Bauhandbücher (siehe Beitrag D3), um systematisch Wissen aufzubauen, Fehler zu vermeiden und schließlich ein solides Projekt zu realisieren. Zugleich kann mit gut dokumentierten und transparent kommunizierten Pilotvorhaben in Machbarkeitsstudien und Bauhandbüchern in anderen Kommunen für ähnliche Projekte geworben werden. Ein wichtiger Schritt ist, dass neuartige Wasserinfrastruktursysteme in der Planung ernsthaft geprüft werden, wenngleich NASS für das konkrete Gebiet auch als ungeeignet eingestuft werden können – „aber ich habe daran gedacht und es als ernsthafte Planungsalternative erwogen und durchgerechnet“ (Interview 1).

Ein zentraler Impuls – da sind sich die Experten einig – muss von der Politik kommen, wobei hier gleichermaßen die europäische, Bundes-, Landes- und Kommunalebene angesprochen sind. Nur ein eindeutiges politisches „Ja“ zu neuartigen Wasserinfrastrukturen kann die notwendige Richtungssicherheit geben, derer es bei der Entscheidung für die bislang noch wenig erprobten Wasserinfrastruktursysteme bedarf. „Die Politik ist sehr entscheidend. Sie gibt die Richtung vor und kann Standards voranbringen und festlegen“ (Interview 10) und „Über gesetzliche Vorgaben [lassen sich] Impulse für die Umsetzung schaffen“ (Interview 7). Hier wird auch auf die Energiewende verwiesen, welche wesentlich über politische Entscheidungen und verbindliche Vorgaben forciert wurde. Denn bei der Einführung von Neuartigen Sanitärsystemen nur auf Freiwilligkeit der kommunalen Akteure zu setzen, reiche nicht aus. „Es muss der Zwang in den Ingenieurbüros da sein, darüber [über NASS] nachzudenken“ (Interview 4). Außerdem: In Zeiten knapper kommunaler Kassen werden freiwillige Vorhaben besonders kritisch auf ihre Wirtschaftlichkeit geprüft. Da können Projektförderungen und (städtebauliche) Wettbewerbe ergänzende Anreize schaffen, vor allem wenn damit ein Prestigegewinn für die Kommune verbunden ist.

Innovationsvorbehalte und hemmende Faktoren

In gleicher Weise identifizierten die Akteure aus der Siedlungswasserwirtschaft/kommunalen Praxis und der Industrie in den von netWORKS 3 durchgeführten Interviews verschiedene Hemmnisse, die derzeit ihrer Ansicht nach einer Realisierung innovativer Wasserinfrastruktursysteme entgegenstehen. In den Interviews wurden die folgenden Vorbehalte und Hemmnisse genannt²:

- gesetzliche Restriktionen und rechtliche Unsicherheiten, aus denen Regulationsrisiken erwachsen können,
- Abhängigkeiten der Administration von der Politik,
- finanzielle und wirtschaftliche Unsicherheiten,
- Unsicherheiten hinsichtlich der optimalen technischen Auslegung,
- innovationsscheue Unternehmenskultur,
- Interessenkonflikte,
- mentale Barrieren wie die Sorge vor Macht- und Kompetenzverlust sowie die Überwertigkeit von Pfadabhängigkeiten (vgl. Beyer 2006),
- Fehlen von Problemdruck.

2 Von uns wurde weniger stark als bei BDEW/Ernst & Young (2015) und Sartorius/Hillenbrand (2007) nach den Möglichkeiten der einzelnen Unternehmen gefragt; vermutlich deshalb wurden die Frage personeller Kapazitäten, die Unternehmensgröße und der Kapital-/Venture-Markt kaum thematisiert.

Im Wesentlichen entsprechen diese Ergebnisse dem, was aus dem Energiebereich der Stadtwerke bekannt ist (vgl. BDEW/Ernst & Young 2015); teilweise lassen sie aber auch ein anderes Bild erkennen. So behindern nach Einschätzung der befragten Experten konventionelle, in der Regel eher sektoral angelegte Planungsprozesse die Realisierung von innovativen Wasserinfrastrukturen (siehe Beitrag B5).

Nachstehend werden drei Hemmnisse herausgegriffen und beispielhaft vertieft, welche die Experten in den Interviews besonders nachdrücklich benannten; sie wurden außerdem mit besonderer Aufmerksamkeit während der Workshops in den Praxisstädten von netWORKS 3 diskutiert. Diese Hemmnisse wurden – wie auch in der sich auf den Energiebereich beziehenden Befragung von Führungskräften aus Stadtwerken (vgl. BDEW/Ernst & Young 2015) – sehr hoch gewertet. Es sind dies 1. der unzureichende Rechtsrahmen, 2. das Fehlen von (Richtungs-) Entscheidungen im Bereich der Politik und 3. wirtschaftliche Unsicherheiten.

Den derzeitigen rechtlichen Rahmen beschrieben die in netWORKS interviewten Experten als ein zentrales Hemmnis, das eine eventuelle Innovationsentscheidung als risikoreich erscheinen lässt. Grund dafür sind das Fehlen gesetzlicher Vorgaben (aber auch widersprüchliche Rechtssetzungen)³. Mehrere Interviewte führten hier u.a. den Anschluss- und Benutzungszwang an, der normalerweise wenig Anreize setzt, innovative Wasserinfrastruktursysteme auf dezentraler Ebene zu verwirklichen; allerdings kann mit Hilfe von Kommunal Satzungen und einem dort verankerten Anschluss- und Benutzungszwang auch eine Transformation im Bestand auf Quartiers- bzw. Stadtteilebene umgesetzt werden (vgl. hierzu Meinel/Vack 1997). Auch beim Aufbau einer Versorgung mit Betriebswasser sind unter Umständen rechtliche Unbestimmtheiten zu klären (vgl. Hanke 2016; Kerber/Schramm/Winker 2016).

3 Dieses Ergebnis stimmt gut mit der Stadtwerke-Studie (BDEW/Ernst & Young 2015) überein. Erstaunlich anders sehen die Ergebnisse hierzu in der zehn Jahre alten, allerdings auf Abwasserunternehmen im Elbegebiet begrenzten Befragung von Sartorius/Hillenbrand (2007) aus. Dort sahen die Befragten in der Gesetzgebung von Bund und Land ein vergleichsweise recht niedriges Hemmnis (im Durchschnitt 2.3 von 5); in der gleichen Größenordnung wurde dort auch die Abhängigkeit von der Kommunalpolitik eingeschätzt. Gleich niedrig wurden die bestehenden Erfahrungsdefizite als Hemmnis für Innovationen gewertet. Alle Punkte machen deutlich, dass ein anderer Personenkreis befragt wurde, nämlich alle Unternehmen und keine Vorreitergruppe. Es ist zudem zu vermuten, dass die Befragten damals überwiegend an inkrementelle Innovationen und keineswegs an Neuartige Sanitärsysteme (NASS) oder ähnliche Systeminnovationen dachten. Im Gegensatz zu den genannten Punkten lagen die Kosten der neuen Technologien und die Probleme bei der Finanzierung entsprechender Investitionen mit Durchschnittswertungen von 3.9 bzw. 3.7 (von 5) an der Spitze der Innovationshemmnisse. Sartorius/Hillenbrand (2007) erklärten die letztgenannten Ergebnisse mit der Bedeutung, die Wirtschaftlichkeitserwägungen in der Siedlungswasserwirtschaft haben.

Derartige rechtliche Unsicherheiten werden unterschiedlich bewertet und stellen für die federführenden Unternehmen häufig Regulationsrisiken hinsichtlich weitergehender Innovationen dar: Einige der befragten Akteure sehen aufgrund des unklaren Rechtsrahmens keinen Handlungsspielraum, um größere Vorhaben mit neuartigen Wasserinfrastruktursystemen anzugehen. Dagegen sind andere Akteure überzeugt, dass auch unter den derzeitigen Rahmenbedingungen Transformationen möglich sind, wenn ausreichend Know-how und finanzielle Ressourcen zur Verfügung stehen. Im Rahmen eines Workshops zu Strategieoptionen von Wasserunternehmen wurde diskutiert, dass Unternehmen gegebenenfalls hier einen „gezielten Rechtsbruch“ begehen müssen, um die erwünschten Neuerungen voranzutreiben. In einigen Fällen können Unternehmen die Rahmenbedingungen auch aktiv ändern – als Beispiel wurde auf die Aktivitäten von HAMBURG WASSER in der Jenfelder Au verwiesen, für die das Hamburger Abwassergesetz angepasst wird (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016). Allerdings sind in Hamburg wie den anderen Stadtstaaten die Voraussetzungen für Transformationen insofern günstig, als diese Städte selbst ihre Landesgesetze gestalten und daher den gesetzlichen Rahmen verändern und entsprechend Transformationen erleichtern können.

Wie bereits angemerkt, werden infrastrukturelevante Verfahrensinnovationen im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft nur bedingt über den technischen Fortschritt angestoßen. Sie werden vielmehr im Wesentlichen durch politische Entscheidungen bewirkt (vgl. auch Tauchmann et al. 2006). Die Politik kann über Agenda-Setting und das Schaffen finanzieller Fördermöglichkeiten, aber auch mit Verschärfungen von Umweltstandards und neuen ordnungspolitischen Regelungen wichtige Impulse für derartige Innovationen setzen. Die Experten haben in den Interviews und Diskussionen wiederholt Bezug auf die Energiewende genommen und diese als Beispiel für eine Politik interpretiert, die eindeutige Innovationsrichtungen vorgibt. Für den Themenbereich Wasser, so das Ergebnis ihres Vergleichs, fehlen bislang entsprechende politische Vorgaben, welche den Weg für neuartige Wasserinfrastruktursysteme ebnen könnten (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016; Kluge/Schramm 2016). „Es müsste mehr vorgeschrieben und gefördert werden, sonst ist die Motivation gering“ (Interview 2). Sobald Wasserinfrastrukturen explizit auf die politische Agenda kommen (siehe Beitrag B5), sind hier nach Ansicht der Experten Änderungen zu erwarten.

Solange das Wasserinfrastruktursystem absehbar gut funktioniert, besteht seitens der Politik nach Ansicht der Experten im Regelfall nur wenig Anlass, das Thema auf die Agenda zu setzen. Auf die Einführung der Wasserinfrastruktur waren in früheren Jahrzehnten auch Erfolge, etwa im Bereich Hygiene, zurückzuführen. Daher besteht bei den meisten Akteuren Vertrauen in die bestehende Infrastruktur. Zudem ist vielerorts bei kommunalen Akteuren (noch) keine direkte Be-

troffenheit beispielsweise aufgrund eines steigenden Rückgangs des Wasserverbrauchs oder zunehmender Starkregenereignisse vorhanden. Mithin entfällt bislang für zahlreiche Betreiber die Notwendigkeit, neue Konzepte zu entwickeln und anzuwenden. Dies macht es für engagierte Akteure schwierig, sich in ihrem Umfeld deutlich für neuartige Wasserinfrastruktursysteme zu engagieren. Wesentlich einfacher wäre dies mit Rückendeckung durch die Kommunalpolitik; dazu bräuhete es eine klare Position der Stadt zu einzelnen (Stadtentwicklungs-)Zielen bzw. einen politischen Beschluss (vgl. Projektverbund netWORKS 3 2015).

Die Skepsis der meisten kommunalen Unternehmen der Siedlungswasserwirtschaft gegenüber infrastrukturelevanten Systeminnovationen lässt sich, so die Experten, wesentlich über den eingeschränkten finanziellen Handlungsspielraum der Unternehmen erklären. Der kommunalpolitische Eigner möchte nicht nur, dass die Tarife oder Gebühren der Unternehmen weiterhin sozialverträglich gestaltet sind. Vielmehr sollen (bei Stadtwerken) jährlich vorab definierte Überschüsse an die Kommunalhaushalte fließen. In den Unternehmen unterbleiben nach Aussagen der Experten daher häufig bereits notwendige Investitionen zur Netzrehabilitation; folglich sind zusätzliche Investitionskosten nur schwer zu begründen (vgl. Projektverbund NaCoSi 2015a; 2015b; Kerber/Lux 2016).

Die Umsetzung neuartiger Wasserinfrastruktursysteme wird (bislang) im Vergleich mit konventionellen Lösungen als kostenintensiver angesehen. Vorliegende Hinweise, dass dies nicht so sein muss (vgl. Felmeden et al. 2010), werden nicht aufgegriffen. Auch werden Synergien innovativer Lösungen (z.B. in Hinsicht auf das Energiesystem) ausgeblendet. Mit ihnen ließe sich auch nur argumentieren, wenn vorab Verteilungen der Innovationsnutzen und -risiken zwischen den unterschiedlichen Akteuren vereinbart wären (vgl. ebenda). „Finanziell lassen sich innovative Maßnahmen nicht darstellen, und alles, was Investitionen beim Bau stark erhöht, ist problematisch zu sehen“ (Interview 2). Auch wenn „das Siedlungswasserwirtschafts-System, wie wir es betreiben, eigentlich unlogisch ist und umgebaut werden müsste [...] aber das System ist zu stabil, und es steht [...] kein Geld zur Verfügung, so etwas [neuartige Wasserinfrastruktursysteme] umzusetzen“ (Interview 3). Siedlungswasserwirtschaftliche und kommunaladministrative Akteure, Infrastrukturanbieter sowie Investoren nehmen die Zunahme an Kosten als Risiko für ihre jeweilige Institution wahr. Zudem fehlen Vereinbarungen, ob und wie diese Kosten zwischen den Akteuren aufgeteilt werden können; damit erhöht sich das Kostenrisiko für die eigene Institution weiter. Hinzu kommen technische und finanzielle Pfadabhängigkeiten (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016).

Im Zusammenhang mit wirtschaftlichen Unsicherheiten stehen auch die Marktfähigkeit und Akzeptanz der eingesetzten Techniklinien. Aus Sicht der Praxispartner wird die Umsetzung attraktiver, wenn es dabei einen Marktwettbewerb mit preisli-

cher Transparenz gibt, statt sich bereits im Systementscheid z.B. auf das Unterdrucksystem eines spezifischen Anbieters festzulegen. Hinsichtlich der Frage der Marktfähigkeit der für die Innovation benötigten Techniklinien (z.B. Grauwasseranlagen, Wärmespeicherung, Unterdruckkanalisation, Unterdrucktoiletten) kommen die Experten zu unterschiedlichen Einschätzungen. Nicht alle Experten sind derzeit der Auffassung, dass die Techniklinien bereits ausreichend entwickelt sind, um über Pilotprojekte hinaus eingesetzt zu werden. Selbst wenn es bereits eine Vielzahl an Produkten gibt, wird der Markt als bestenfalls nischenhaft oder kaum vorhanden bewertet.

Gesellschaftliche Akzeptanzprobleme neuartiger Wassersysteme wurden in den Interviews kaum thematisiert. Die Experten gehen vielmehr von einer weitgehenden Offenheit der Nutzerinnen und Nutzer gegenüber neuartigen Wasserinfrastruktursystemen aus, solange die Technik reibungslos und verlässlich funktioniert. Nach Einschätzung der Experten führen Funktionsstörungen – unabhängig von der verwendeten Techniklinie – ebenso wie Komforteinbußen leicht zu Akzeptanzverlusten in der Nutzerschaft (vgl. Hefter et al. 2015; Schramm et al. 2016b).

Wasserunternehmen und Abwasserbeseitigungsbetriebe werden in der Literatur überwiegend als konservativ, innovationsskeptisch und risikoavers beschrieben (vgl. Arnold 2015; Kiparsky et al. 2013; EIP Water 2014). Diese Sicht bestätigten die befragten Experten. Selbstverständnis und Kultur der Unternehmen können damit im Zusammenspiel mit den Transformationsrisiken und externen Rahmenbedingungen im Extremfall Innovationsblockaden verfestigen. Folglich ist über Exit-Strategien nachzudenken.

Change Management als Voraussetzung einer Transformation

Bereits Borchert (1999) kam in seiner Akteursanalyse der deutschen Abwasserwirtschaft zu dem Ergebnis, dass das Innovationsproblem der Branche „aus der mangelnden Vorgabe von Zielen resultiert“ (Borchert 1999: 169). Um zu einer Verbesserung der Abwassersituation zu kommen, seien grundlegende Innovationen erforderlich. Diese müssten auf dem neuen Prinzip der Vermeidung des Entstehens von Abwasser und dem ähnlich neuen Prinzip der Verwertung von entstandenem Abwasser aufbauen. Um hierzu zu kommen, sei zunächst im Verbund mit der Politik „eine Vision aufzubauen, die sowohl die veränderten ökologischen und ökonomischen als auch die sozialen und kulturellen Anforderungen aufgrund des Wertewandels berücksichtigt“ (Borchert 1999: 155). Die Transformation der Wasserinfrastruktur sollte folglich auch auf der kommunalen Ebene von der Politik gewollt sein und als gemeinsame Aufgabe verstanden werden.

Die benannten Unsicherheiten werden immer wieder als Argumente für eine abwartende Haltung gegenüber Systeminnovationen angeführt. Beinahe wichtiger ist aber, dass die Akteure selbst ihr innovatives Selbstverständnis grundlegend verändern, um Transformationen der Wasserinfrastruktur bewusst zu managen. Dies umfasst Aufgaben- und Geschäftsfelder (vgl. Trapp/Libbe 2016 und Beitrag D4), Innovationsverständnis und die proaktive Gestaltung der eigenen Kooperationsbeziehungen (siehe Beitrag D3). Eine solche Veränderung, die auch in die Unternehmensziele eingreift (z.B. Erweiterung von Aufgaben und Selbstverständnis vom Abwasserbeseitiger zum Ressourcenmanager), ist nicht einfach und als ein weiteres mit der Transformation der Wasserinfrastruktur verbundenes Risiko zu werten.

Deswegen ist letztlich ein „Change Management“ bzw. ein „Innovationsmanagement“ (so die Stadtwerke-Studie von BDEW/Ernst & Young 2015, ähnlich auch Kerber et al. 2016) bei den interessierten Unternehmen der deutschen Siedlungswasserwirtschaft erforderlich. Ein solches wird auch Veränderungen in der Organisation und ihrer Kultur nach sich ziehen. Wie Borchert am Beispiel der Abwasserwirtschaft verdeutlichte, sind dazu in den Unternehmen „die internen Beziehungen und Kommunikationsstrukturen neu zu definieren. Anstatt der bestehenden Kontrollmentalität sind Vertrauen in die Fähigkeiten der Mitarbeiter, ein intensiver Dialog und die Verbesserung der Motivation aller Beteiligten der Abwasserentsorgung erforderlich. Voraussetzung für die Verbesserung der individuellen und kollektiven Leistungen wird eine umfassende, ganzheitliche Weiterbildung der Führungskräfte, der Mitarbeiter, der Kooperationspartner und der Einleiter der Abwasserentsorgung sein. Diese Sichtweise verlangt eine Abkehr von der Strukturorientierung hin zu einer Personalorientierung“ (Borchert 1999: 155).

Nur mit entsprechend qualifiziertem Personal können Unternehmen der Siedlungswasserwirtschaft eine aktive Rolle in der Transformation einnehmen (vgl. Trapp/Libbe 2016). Dies ist auch eine Voraussetzung dafür, einen bewussten Umgang mit den bereits oben identifizierten Transformationsrisiken zu finden. Diese Risiken lassen sich im Unternehmen nach Art eines „Innovationsmanagements“ bearbeiten, wobei entweder ökonomische oder institutionelle Instrumente eingesetzt werden können (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016; Schramm et al. 2016).

Hierfür nutzbare ökonomische Instrumente sind (staatliche) Förderanreize (z.B. über F&E-Vorhaben, aber auf Dauer auch über ähnliche Regelungen, wie sie das Erneuerbare-Energien-Gesetz bereitgestellt hatte). Ferner können veränderte Abschreibungsmodalitäten oder eventuell auch veränderte Tarif- oder Gebührensysteme die Transformationen fördern, ebenso wie das Etablieren und Nutzen von Controllingsystemen (z.B. zur Identifizierung von zeitlichen oder räumlichen Gele-

genheiten für Veränderungen). Institutionell geht es zumeist um die Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Akteuren. Kooperationsmanagement kann über eine solche Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure Synergien schaffen, zugleich können über Kooperationen die Sicherheit bezüglich des Handelns vergrößert und Unsicherheiten vermindert werden (siehe Beitrag D3).

Literatur

- Arnold, M. (2015): The lack of strategic sustainability orientation in German water companies, in: *Ecological Economics*, 117, S. 39–52.
- ATT et al. – Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e.V., BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., DBVW – Deutscher Bund der verbandlichen Wasserwirtschaft e.V., DVGW – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. – Technisch-wissenschaftlicher Verein, DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., VKU – Verband kommunaler Unternehmen e.V. (Hrsg.) (2015): *Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2015*, St. Augustin.
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2015): *Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung: Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte*, Bonn.
- BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft und Ernst & Young (2015): *Gewohnte Wege verlassen: Innovation in der Energiewirtschaft. Stadtwerkstudie Juni 2015*, Düsseldorf.
- Beyer, J. (2006): *Pfadabhängigkeit: Über institutionelle Kontinuität, anfällige Stabilität und fundamentalen Wandel*, Frankfurt am Main.
- Borchert, S. (1999): *Die Netzwerkanalyse des ökologischen, ökonomischen, politischen und sozialen Problemraumes der Abwasserentsorgung als Voraussetzung eines mehrdimensionalen Konzeptes der Problemhandhabung. Eine Analyse der Strukturen, Aktivitäten und Verhaltensweisen der Abwasserentsorgung zur Gestaltung eines zukunftsorientierten Systems der Abwasserwirtschaft*, Diss. Lüneburg.
- Bundesregierung (2005): *Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel*, Berlin, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf
- Bundesregierung (2008): *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel*, Berlin, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf
- Bundesregierung (2015): *Fortschrittsbericht zur deutschen Anpassungsstrategie*, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf (20.02.2017).
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2008): *Neuartige Sanitärsysteme*, DWA-Themen KA 1, Hennef.
- EIP Water – European Innovation Partnership on Water (2014): *Barriers and Bottlenecks for Innovation in the Water Sector, 1st Stage: Identification of non-technological barriers and definition of priority and intervention measures. Final Report*, http://www.eip-water.eu/sites/default/files/DiagnosisBarriersBottlenecks-Final_0.pdf (06.01.2016).
- Felmeden, J., et al. (2010): *Öko-Effizienz kommunaler Wasser-Infrastrukturen. Bilanzierung und Bewertung bestehender und alternativer Systeme* (netWORKS-Papers, Nr. 26).

- Giese, T., und J. Londong (Hrsg.): Kopplung von regenerativer Energiegewinnung mit innovativer Stadtentwässerung – Synthesebericht zum Forschungsprojekt KREIS (Schriftenreihe des Bauhaus-Instituts für Zukunftsweisende Infrastruktursysteme, Nr. 30).
- Hanke, S. (2016): Rechtliche Rahmenbedingungen neuartiger Wasserinfrastrukturen. Zu den rechtlichen Möglichkeiten und Grenzen der Einführung von Grauwasserrecycling, Schwarzwasserbehandlung sowie Wärmerückgewinnung (netWORKS-Papers, Nr. 31).
- Hefter, T., B. Birzle-Harder, J. Deffner (2015): Akzeptanz von Grauwasserbehandlung und Wärmerückgewinnung im Wohnungsbau. Ergebnisse einer qualitativen Bewohnerbefragung (netWORKS-Papers, Nr. 27).
- Hillenbrand, T., J. Niederste-Hollenberg, R. Holländer, S. Lautenschläger und C. Galander (2011): Demografischer Wandel – Auswirkungen und Lösungsansätze für die Abwasserinfrastruktur, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall, 12, S. 1132–1138.
- Kerber, H., und A. Lux (2016): Zum Umgang mit Nachhaltigkeitsrisiken. Erste Ansätze für Maßnahmen aus dem Projekt NaCoSi, Frankfurt am Main (ISOE-Materialien Soziale Ökologie, Nr. 46).
- Kerber, H., E. Schramm und M. Winker (2016): Transformationsrisiken bearbeiten: Umsetzung differenzierter Wasserinfrastruktursysteme durch Kooperation (netWORKS-Papers, Nr. 28).
- Kiparsky, M., D. L. Sedlak, B. H. Thompson und B. Truffer (2013): The innovation deficit in urban water: the need for an integrated perspective on institutions, organizations, and technology, in: Environ Eng Sc 30, S. 395–408, doi:10.1089/ees.2012.0427.
- Kluge, T., und E. Schramm (Hrsg.) (2016): Wasser 2050: Mehr Nachhaltigkeit durch Systemlösungen, München.
- Kluge, T., und J. Libbe (Hrsg.) (2010): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft, Berlin.
- Laspidou, C. (2014): ICT and stakeholder participation for improved urban water management in the cities of the future, in: Water Util. J, 8, S. 79–85.
- Libbe, J. (2015): Transformation städtischer Infrastruktur. Perspektiven und Elemente eines kommunalen Transformationsmanagements am Beispiel Energie, Diss. Universität Leipzig.
- Meinecke, C., und A. Vack (1997): Handlungsfolgenabschätzung „Abwassersatzung“ (ISOE-Materialien Soziale Ökologie, Nr. 11).
- Partzsch, L. (2007): Nachhaltige innovative Wasserwirtschaft – deutsche Governance-Struktur im internationalen Vergleich, in: Ifo Schnelldienst 60 (18), S. 16–26.
- Partzsch, L. (2009): Smart regulation for water innovation: The case of decentralized rainwater technology, in: Journal of Cleaner Production 17 (11), S. 985–991.
- Projektverbund NaCoSi (2015a): Herausforderungen des demographischen Wandels. Dokumentation des Planspiel-Workshops, 19.05.–20.05.2015, Darmstadt (Unveröffentlicht).
- Projektverbund NaCoSi (2015b): Herausforderungen Organisation und Steuerung. Dokumentation des Planspiel-Workshops, 24.06.–25.06.2015, Frankfurt am Main (Unveröffentlicht).
- Projektverbund netWORKS 3 (2015): Abläufe, Prozesse und Kommunikationswege in der Planung innovativer Wasserinfrastruktur. Dokumentation des Praxis-Workshops, 05.05.2015, Frankfurt am Main (Unveröffentlicht).
- Rost, G., K. Maier, M. Böhm und J. Londong (2015): Auswirkungen eines technischen Paradigmenwechsels auf die wasserwirtschaftliche Organisation in strukturschwachen ländlichen Räumen, in: Raumforschung und Raumordnung 73, S. 343–356.

- Sartorius, C., und T. Hillenbrand (2007): Innovationen in der Abwasserentsorgung im deutschen Elbeinzugsgebiet. Ergebnisse der Umfrage 2005/2006 des Fraunhofer ISI in Zusammenarbeit mit der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), https://www.pik-potsdam.de/glowa/pdf/schlussbericht_glowaii/Arbeitspapiere/abwasserinfrastruktur-umfrageergebnisse-isi.pdf
- Scheele, U., J. Libbe und E. Schramm (2008): Transformation städtischer Wasser-Infrastrukturen: Internationale Erfahrungen (netWORKS-Papers, Nr. 25).
- Schramm, E., T. Giese, T. Kluge, W. Kuck und C. Völker (2016): Neuartige Sanitärsysteme in Umsetzung und Betrieb: Hinweise zum Kooperationsmanagement am Beispiel der Jenfelder Au in Hamburg, in: gwf/Wasser Abwasser 157 (2), S. 148–154.
- Tauchmann, H., J. Hafkesbrink, P. Nisipeanu, M. Thomzik, A. Bäumer et al. (2006): Innovationen für eine nachhaltige Wasserwirtschaft, Heidelberg.
- Trapp, J. H., und J. Libbe (2016): Neuartige Wasserinfrastrukturen – Optionen für Unternehmensstrategien und Innovation (netWORKS-Papers, Nr. 29).
- Winker, M., und E. Schramm (2015): Nachhaltige Konzepte für die kommunale Wasserwirtschaft, in: J. Pinnekamp (Hrsg.): 48. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft „Forschung trifft Praxis“, 15. bis 17. April 2015, Aachen (Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, 236. Aachen, 61/1 - 61/9).

Martina Winker, Jörg Felmeden, Bernhard Michel, Danijela Milosevic,
Thomas Werner und Thomas Giese

Identifikation von Transformations- räumen am Beispiel von Frankfurt am Main und Hamburg

Einleitung

Bei der Transformation der leitungsgebundenen Wasserinfrastruktur stellt sich mit Blick auf eine Stadt/Gemeinde die Frage, wo und wie angefangen werden könnte. In welchen Gebieten könnten neuartige Systemvarianten eine interessante Alternative zum konventionellen System darstellen? Wie lassen sich diese Gebiete identifizieren?

Diesen Fragen ging netWORKS 3 in den Städten Hamburg und Frankfurt am Main nach. Neben der Umsetzung auf Gebäudeebene (siehe Beitrag B7) bestand die Aufgabe zunächst darin, Gebiete mit hinreichend Umwandlungspotenzial (im Weiteren als „attraktive Gebiete“ bezeichnet) für neuartige Wasserinfrastruktursysteme zu identifizieren.

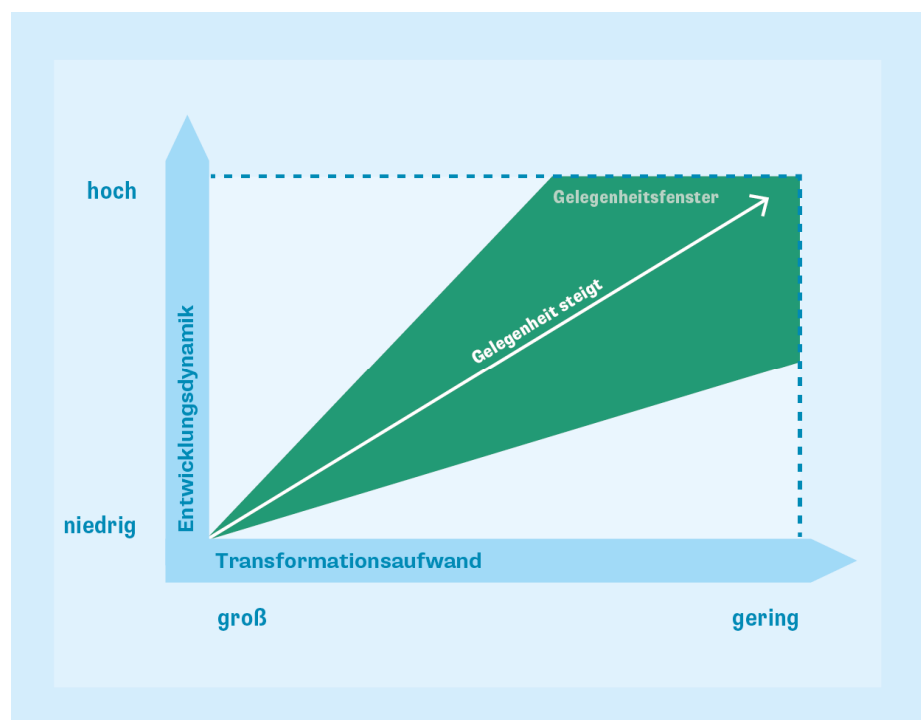
Konzeptionelle Überlegungen zur Identifikation von Transformationsräumen und methodisches Vorgehen

Ergebnisse des vorangegangenen Forschungsprojekts netWORKS 2 (vgl. Kluge/Libbe 2010) zeigen: Großes Umwandlungspotenzial kann vor allem jenen städtischen Teilräumen zugesprochen werden, die einer hohen Entwicklungsdynamik unterliegen und einen geringen Transformationsaufwand aufweisen (siehe auch Abbildung 1). Während die Entwicklungsdynamik von demografischen, sozio-ökonomischen und städtebaulichen Entwicklungszyklen bestimmt wird, ergibt

sich der spezifische Transformationsaufwand aus der Art und Komplexität der technischen Struktur, den ökonomischen Verhältnissen der bestehenden Wasserinfrastruktur und den Schnittstellen zu anderen Infrastrukturen wie z.B. der Energieversorgung (vgl. Felmeden et al. 2010: 73 ff.).

In wachsenden Städten können Teilräume nachverdichtet und stärker in Richtung Wohngebiete umgenutzt werden. Oftmals geht dies mit der Notwendigkeit einher, Bestandsgebäude zu sanieren. Wenn gleichzeitig der Transformationsaufwand nicht zu hoch ist, im Zuge der Baumaßnahmen auch öffentliche Maßnahmen im Tiefbau durchzuführen bzw. die dortige Infrastruktur noch ausreichend Platz bietet, sind die Bedingungen günstig, neuartige Wasserinfrastrukturen zu implementieren. Der Teilraum ist dann im Hinblick auf sein Umwandlungspotenzial attraktiv (siehe auch Abbildung 1).

Abbildung 1: Wahrscheinlichkeit der Identifizierung von Gelegenheitsfenstern für eine Transformation als Zusammenspiel zwischen Entwicklungsdynamik und Transformationsaufwand



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Bereits in netWORKS 2 wurden idealtypische Teilräume, sogenannte Teilraumtypen, einer synthetischen Modellstadt bestimmt. Hierzu wurden die Teilräume, die

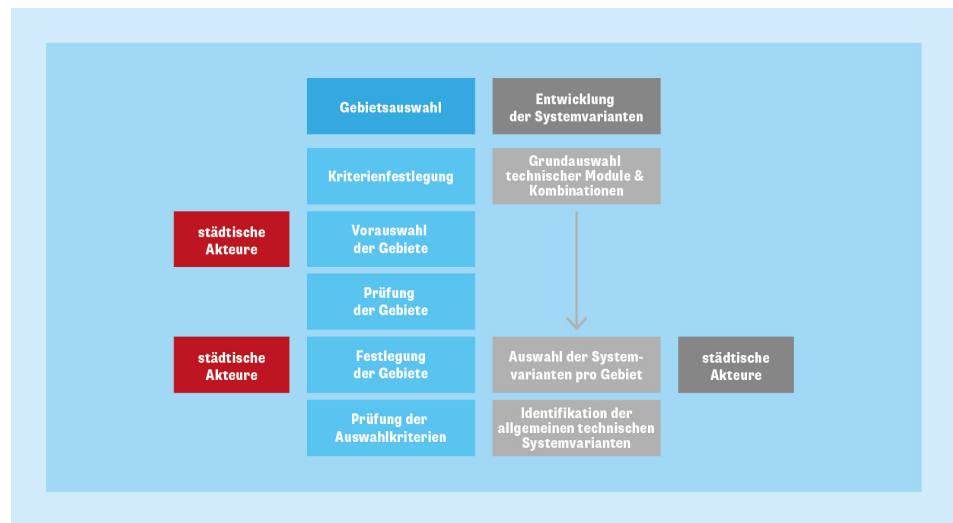
von ihrer Größe her ungefähr einem Quartier entsprechen können, nach ihren Hauptmerkmalen bestimmten Teilraumtypen zugeordnet¹. Ein Teilraum mit überwiegendem Gewerbebestand würde somit dem Typ „Gewerbegebiet“ zugeordnet (vgl. Kluge/Libbe 2010: 43 ff.). Die Teilraumtypen wurden zudem je nach Lage der „Innenstadt“, „Innenstadtrandlage“, „Peripherie“ oder dem „Außengebiet“ zugeordnet. Für die verschiedenen Teilraumtypen ergeben sich durch ihren unterschiedlichen Charakter verschiedene Entwicklungsdynamiken und Transformationsaufwände (vgl. Kluge/Libbe 2010: 48, Abb. 3). Damit wird deutlich, dass verschiedene Teilraumtypen in ihrem Umwandlungspotenzial (und damit ihrer Eignung für die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen) differieren. Diese lassen sich grob in drei Gruppen aufteilen:

- attraktive Teilräume: mittlere bis hohe Entwicklungsdynamik und geringer bis akzeptabler Transformationsaufwand,
- eher unattraktive Teilräume: geringe bis keine Entwicklungsdynamik und hoher bis sehr hoher Transformationsaufwand,
- Teilräume, die je nach Stadt und der regionalen Entwicklung sehr unterschiedlich bezüglich ihrer Entwicklungsdynamik und ihres Transformationsaufwandes einzuschätzen sind.

Basierend auf diesen konzeptionellen Vorüberlegungen wurden hier als erster Schritt für die Teilraumtypen Kriterien abgeleitet (inhaltliche Details hierzu folgen weiter unten), welche die Entwicklungsdynamik und den Transformationsaufwand beeinflussen (siehe auch Abbildung 2). Die Kriterien wurden mithilfe einer Ordinalskala bewertet (-/0/+) und kumuliert.

1 Zu diesen Merkmalen zählt die spezifische Siedlungsstruktur, also bauliche Dichte und der Gebäudetyp. Für die Beschreibung der Teilräume in netWORKS 2 wurden zudem Besiedlungs- und Arbeitsplatzdichte, Gebäudeleerstand, Bausubstanz und Eigentümerstrukturen erfasst (vgl. Kluge/Libbe 2010: 44).

Abbildung 2: Der Arbeitsstrang „Gebietsauswahl“ in seinem zeitlichen Verlauf und in seiner Verknüpfung zur Entwicklung der Systemvarianten



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Eine systematische Bewertung der gesamten Stadt bzw. aller Stadtteile durch die Praxispartner wurde im Rahmen von netWORKS 3 als zu umfangreich und aufwendig angesehen. Eine erste Vorauswahl der Gebiete in Hamburg erfolgte daher vor dem Hintergrund kurz- bis mittelfristiger Umsetzungsmöglichkeiten. Die aktuellen Bebauungspläne in den einzelnen Bezirken der Freien und Hansestadt Hamburg wurden nach den sich noch im Verfahren befindlichen Bebauungsplänen vorsortiert. Anhand der Art der Nutzung in diesen Quartieren wurde eine weitere Vorauswahl getroffen. Eine Zielanalyse – Schaffung von Wohnbau- und Gewerbeflächen bzw. Sanierung von Bestandsgebäuden – brachte eine weitere Gebietsreduktion. Nach dieser Vorauswahl waren noch 96 Gebiete in der näheren Betrachtung.

Aus der Überprüfung dieser 96 Bebauungspläne in Hamburg mit dem Ziel der Schaffung von Wohnbau- und Gewerbeflächen bzw. Sanierung von Bestandsgebäuden konnte jedoch kein einziges Untersuchungsgebiet für Hamburg abgeleitet werden. Es zeigte sich, dass das Stadium der Bebauungspläne zu nah an der Realisierung lag, um mögliche Entwässerungsvarianten zu entwickeln. Daraus lässt sich nach Auffassung des Forschungsverbunds netWORKS schlussfolgern: Die Auswahl potenzieller Transformationsräume sollte noch einen Schritt früher beginnen.

Im Rahmen von netWORKS 3 wurde daher entschieden, pragmatisch vorzugehen. Die Gebiete wurden schlussendlich in Gesprächen mit den stadtplanerischen Fachbehörden in den beiden Städten ausgewählt. Im Rahmen von Vorkontakten wurden das Projekt und seine Ziele vorgestellt. Es wurde dargelegt, wofür sich die Gebiete eignen sollten. Davon ausgehend haben Fachbehörden – in Hamburg das Bezirksamt Altona (Fachamt Stadt- und Landschaftsplanung) und in Frankfurt am Main das Stadtplanungsamt – Gebiete vorgeschlagen. Den Behörden waren keine Informationen aus den zuvor beschriebenen theoretischen Vorüberlegungen zugegangen. Kriterien, die in Gesprächen mit der Stadtplanung/städtischen Akteuren genannt wurden, decken sich größtenteils mit den theoretisch erarbeiteten Kriterien. Häufig spielten „Lage“, „Marktfähigkeit“, „Komplexität der bestehenden Infrastruktur“, „bauliche Dichte“ oder „Streubesitz“ eine Rolle.

Im nächsten Schritt wurden die vorgeschlagenen Gebiete anhand spezifischer Charakteristika (Stand der Planung, Siedlungsstruktur, wasserwirtschaftliche Gegebenheiten und soziale Situation) analysiert und auf ihre Eignung als Modellgebiet geprüft. Danach wurde in jeweils einem gemeinsamen Workshop mit ausgewählten Fachbehörden die finale Auswahl getroffen.

Identifizierte Transformationsräume in Frankfurt am Main und Hamburg

Es wurden insgesamt fünf Transformationsräume als Modellgebiete im Rahmen des Projektes identifiziert, davon drei in Frankfurt am Main und zwei in Hamburg. Die entsprechenden Charakteristika sind in Übersicht 1 beschrieben.

Übersicht 1: Identifizierte Gebiete: Modellgebiete in netWORKS 3

Modell- gebiet	Kurzbezeichnung & Beschreibung	Charakterisierung			Wasserinfrastrukturelle Merkmale	Eigentumsstruktur
		nach derzeitigem Teilraumtyp ¹	nach zukünftigem Teilraumtyp ¹	nach B-Plan ²		
Frankfurt am Main	A Wohnbebauung ei- ner bisher temporär bzw. extensiv ge- nutzten Fläche	Innenstadtrandlage: Konversionsgebiet	Innenstadtrandlage: Mischgebiet	Gewerbegebiet (GE), Gartenbauwirtschaft- liche Fläche (B-Plan erfordert Überarbeit- ung, noch im Ver- fahren)	Weitgehende RWB ³ im Gebiet; Kanali- sationsneubau im Quartier mit Trenn- kanalisation; innovatives Projekt in früher Planungsphase bietet Potenzial für innovative Wasserinfrastruktur	Sehr heterogen; Vielzahl an Ei- gentümern und Pächtern; große Flächen im Eigentum der Stadt, eine große Fläche im Eigentum eines Unternehmens
	B Bürostandort mit Umwandlung/ Nachverdichtung im Wohnbereich	Peripherie: Misch- gebiet	Peripherie: Mischge- biet Wandel von Periphe- randlage auch mög- lich	Mischgebiete (MI), Kerngebiete (MK), Sondergebiete (SO)	Trennkanalisation im Quartier vorhan- den; RWB; Versickerungsfähiger Sandboden (aber Grundwasserspiegel rel. hoch); keine großen Schmutzwäs- serkanäle, die sich für WRG eignen; Gewässer in der Nähe: Schwarzbach	Überwiegend Privateigentum, das durch Kapitalgesellschaften verwaltet wird; Grundstücke im Plangebiet nur vereinzelt in städ- tischem Besitz
	C Gewerbe- und In- dustriegebiet mit ge- ringem Wohnanteil wird verändert zu ei- nem Gewerbegebiet mit höherem Wohn- anteil	Innenstadtrandlage: Gewerbegebiet	Innenstadtrandlage: Mischgebiet	Allgemeine Wohn- gebiete (WA), Kern- gebiete (MK), Indust- riegebiete (GI)	Mischkanalisation vorgesehen, Ka- nalentlastung (RWB) erforderlich Große Mischkanäle im umliegenden Gebiet, die sich für WRG eignen Versickerung wegen Bodenkontami- nation und geringer Durchlässigkeit nicht möglich	Gewerbebetriebe unterschied- lichster Art im Bestand neben neu geplanten Wohnquartieren Westlicher Bereich: Vielzahl an Eigentümern mit unterschiedli- chen Interessen Östlicher Bereich: hauptsächlich im Eigentum eines Unterneh- mens, Veräußerung der Fläche an Investor geplant

Modell- gebiet	Kurzbezeichnung & Beschreibung	Charakterisierung			Wasserinfrastrukturelle Merkmale	Eigentumsstruktur
		nach derzeitigem Teilraumtyp ¹	nach zukünftigem Teilraumtyp ¹	nach B-Plan ²		
Hamburg	D Neustrukturierung eines bisher reinen Schul-/Bildungsstandortes, Erhöhung des Wohnanteils	Innenstadtrandlage ⁴ : Entwicklungsgebiet	Innenstadtrandlage: Mischgebiet	Noch kein rechtsverbindlicher B-Plan	Vorhandene Mischkanalisation; RWB notwendig, da Kanalkapazität ausgeschöpft; Gebiet ist von Fernwärmenetz umgeben	Gesamte Fläche im Eigentum der Stadt Hamburg bis auf den S-Bahn-Ausgang Königstraße
	E Wohnungsbau/Nachverdichtung mit hohem Anteil an sozialem Wohnungsbau	Innenstadtrandlage ⁴ : Entwicklungsgebiet	Innenstadtrandlage: Mischgebiet	Noch kein rechtsverbindlicher B-Plan	Vorhandene Mischkanalisation umliegend (Neubesiedlung nur im Gebietsinneren erforderlich) RWB notwendig, da Kanalkapazität ausgeschöpft Kleine Kanäle (ungeeignet für WRG)	Flächen größtenteils im Eigentum der Stadt Hamburg, viele Gebäude von städtischer Wohnungsbaugesellschaft

¹ netWORKS 3-Terminologie: In Abgrenzung zur Terminologie in B-Plänen wird die hier verwendete Begrifflichkeit zur Kategorisierung der Teilraumtypen auf aggregierter Ebene verwendet. So kann z.B. ein Mischgebiet in Innenstadtrandlage durchaus kleinere Industrie- oder Gewerbegebiete gemäß B-Plan enthalten, allerdings in der Gesamtstruktur bzw. der überwiegenden Nutzungsart ein Mischgebiet ergeben (Zur Charakterisierung der Teilraumtypen vgl. auch Kluge/Libbe 2010: 44, Tab. 3).

² Die hier verwendeten Begriffe werden dagegen im Sinne der Baunutzungsverordnung verwendet.

³ RWB = Regenwasserbewirtschaftung

⁴ Entspricht in HH den Bereichen Kernbereich und Kernbereichsrand.

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Die in Hamburg identifizierten Transformationsräume (Modellgebiet D und E) liegen mit Bezug zum räumlichen Leitbild der Stadt im sogenannten Aktionsraum „Urbanisierungszone“. Dieser wird als Übergangsbereich von der Inneren zur Äußeren Stadt definiert und weist Entwicklungsreserven auf (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2007: 39 ff.). Die Modellgebiete B und C in Frankfurt am Main finden sich ebenfalls im räumlichen Entwicklungskonzept wieder: als Umwandlungsflächen auf Gewerbebrachen bzw. Entwicklungsplanung zur aktiven Umstrukturierung (vgl. Stadt Frankfurt am Main 2012: 131).

Resümee

Die konzeptionellen Vorüberlegungen erlauben die Einordnung der Teilraumtypen hinsichtlich Attraktivität bzw. Umwandlungspotenzial (vgl. Übersicht 2). Die als „attraktiv“ identifizierten Teilräume weisen die größten aktuellen Gelegenheitsfenster hinsichtlich einer möglichen Transformation hin zu neuartigen Wasserinfrastrukturen auf.

Übersicht 2: Einordnung der Teilraumtypen in Hinblick auf ihre Attraktivität als Hinweis für ihre Eignung zur Transformation bestehender Wasserinfrastrukturen

Lage	Innenstadt	Innenstadtrandlage	Peripherie	Außengebiet
Attraktiv	-	Konversionsgebiet Entwicklungsgebiet Industriegebiet Gewerbegebiet Geschosswohnungen	Konversionsgebiet	-
Ggf. attraktiv	-	Mischgebiet	Geschosswohnungen Industriegebiet 1-&2-Familienhäuser Mischgebiet	Kleinstadt
Eher unattraktiv	Kernstadt		Freizeit-/Sportparks Streusiedlungen	Gewerbegebiet Dorf

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Zudem wurde festgestellt, dass einige Teilräume je nach spezifischer städtischer Situation in ihrer Eignung als mögliche Transformationsräume sehr unterschiedlich beurteilt werden können. Hintergrund ist, dass die Entwicklungsdynamik eines Gebiets auch sehr stark an die Bevölkerungsdynamik der Stadt gekoppelt ist: Je stärker der Bevölkerungszuwachs, desto größer der Bedarf an Siedlungsfläche, so dass auch unattraktive städtische Räume, also solche mit einem ursprünglich

als gering eingeschätzten Umwandlungspotenzial, in den Blick geraten können. Dies bezieht sich auf die als „ggf. attraktiv“ eingeordneten Teilräume in Übersicht 2. Handelt es sich um wachsende Städte, so können beispielsweise „Geschosswohnungen in der Peripherie“ durchaus attraktiv werden und eine hohe Entwicklungsdynamik zeigen, während hiervon in schrumpfenden Städten nicht auszugehen ist. Die als „eher unattraktiv“ eingeordneten Teilraumtypen haben unabhängig von der Bevölkerungsdynamik der jeweiligen Stadt eher eine geringere Wahrscheinlichkeit, entsprechende Gelegenheitsfenster aufzuweisen.

Die in Hamburg und in Frankfurt am Main identifizierten Gebiete und ihre Charakteristika decken sich gut mit den konzeptionellen Vorüberlegungen zu wachsenden Städten. Daher kann dieser konzeptionelle Ansatz durchaus als Orientierung für die Identifikation von Gelegenheitsfenstern der Transformation herangezogen werden.

Das geschilderte Vorgehen lässt sich auch bei rückläufiger Bevölkerungsentwicklung anwenden – auch wenn dies im vorliegenden Fall aufgrund der beiden Städte nicht geschah. In einem solchen Fall ist genauer zu prüfen, wie städtische Gebiete, die besonders stark an Bevölkerung verlieren, sich zukünftig entwickeln sollen und was dies für deren Wasserinfrastruktur bedeutet. So kann etwa bei einer Entsiedlung und damit einem deutlichen Schrumpfen des Wasserbedarfs und Abwasseranfalls eine Abkopplung vom zentralen System mit Blick auf die Abwasserinfrastruktur sinnvoll sein, um das wasserintensive Spülen von Kanälen zu vermeiden. Auch in diesen Räumen lassen sich die zuvor für wachsende Räume eingeführten Parameter „Entwicklungsdynamik“ und „Transformationsaufwand“ anlegen. Diese Überlegungen zeigen: Die grundsätzlichen Aspekte sind ähnlich, jedoch können sich die spezifischen Kriterien, die näher analysiert werden müssen, verändern oder in ihrer Bedeutung verschieben (siehe auch Beitrag C6).

Literatur

Felmeden, J., T. Kluge, M. Koziol, J. Libbe, B. Michel und U. Scheele (2010): Öko-Effizienz kommunaler Wasser-Infrastrukturen – Bilanzierung und Bewertung bestehender und alternativer Systeme, Berlin (netWORKS-Paper, Nr. 26).

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) (2007): Räumliches Leitbild Entwurf. Wachsende Stadt – Grüne Metropole am Wasser, Hamburg.

Kluge, T., und J. Libbe (Hrsg.) (2010): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft. Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser, Berlin.

Stadt Frankfurt am Main, Dezernat Planen, Bauen, Wohnen und Grundbesitz, Stadtplanungsamt (Hrsg.) (2012): Bericht zur Stadtentwicklung Frankfurt am Main 2012, Baustein 1/12, Frankfurt am Main.

Jens Libbe, Engelbert Schramm, Martina Winker und Jutta Deffner

Integrierte Infrastrukturplanung

Integrierte Entwicklungsplanung auf städtischer Ebene

In den letzten Jahren haben Konzepte einer integrierten oder auch integralen Planung stark an Bedeutung gewonnen. Es handelt sich bei diesen Konzepten nicht um eine zusätzliche formelle Planungsebene, sondern um ein informelles Instrument, das auf strategische, das heißt auf flexible, ziel- und umsetzungsorientierte Verfahren der Kooperation zielt.

Im Bereich Stadtentwicklung erweitern integrierte Konzepte das hoheitliche Instrument der Stadtplanung. Sie zeichnen sich nicht zuletzt durch einen dezidierten Raumbezug sowie durch partizipative (Einbeziehen verschiedener Akteure) und marktorientierte (z.B. städtebauliche Verträge, öffentlich-private Projektpartnerschaften) Handlungsformen aus. Zudem wird zwischen räumlichen Ebenen und zwischen Fachplanungen beziehungsweise Fachpolitiken vermittelt (vgl. Libbe 2015: 109 f.)

Dass die Konzeption der integrierten Entwicklungsplanung zur Bewältigung komplexer Herausforderungen nötig ist, wurde in den vergangenen Jahren von verschiedenen Akteuren immer wieder betont. Erinnert sei an die sogenannte Leipzig Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt (EU 2007) sowie die Toledo Deklaration (EU 2010), beide verabschiedet von den europäischen Städtebauministern, an Positionspapiere und Beschlüsse des Deutschen Städtetages (vgl. DST 2011a und 2011b) oder auch an die Empfehlungen von Oberbürgermeisterinnen und Oberbürgermeistern im Rahmen des Dialogs „Nachhaltige Stadt“ (vgl. RNE 2011). Jüngstes Beispiel ist die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) initiierte Nationale Plattform Zukunftsstadt und die daraus hervorgegangene Forschungs- und Innovationsagenda (vgl. Bundesregierung 2015).

In der Praxis haben solche integrierten Herangehensweisen in ganz unterschiedlicher Form ihren Niederschlag gefunden (vgl. zusammenfassend Libbe 2015: 110–114). Besonders prominent sind dabei die im Rahmen des Stadtumbaus entwickelten integrierten Stadtentwicklungskonzepte (INSEK oder SEKo) als Voraussetzung für die Entwicklung von Strategien des Stadtumbaus. Dabei wurde deutlich, dass es einer übergreifenden Perspektive für Städtebau, (technische) Infrastruktur sowie Gebäudeplanung bedarf. Daher wurden anknüpfend an diese ersten Ansätze akteursübergreifender integraler Planung auch Konzepte mit sektoraler Zuspitzung entwickelt: so etwa die energieoptimierten integrierten Stadtentwicklungskonzepte (INSEK) als Instrument der energetischen Stadterneuerung (vgl. BMVBS 2011), Masterpläne 100% Klimaschutz als integrierte Klimaschutzkonzepte im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative.

Generell gilt: Aspekten der Stadttechnik wird in integrierten Stadtentwicklungskonzepten in aller Regel wenig Augenmerk geschenkt; sie werden eher nur sehr allgemein und knapp abgehandelt. Oftmals wird nicht näher z.B. nach Energie-, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung oder auch Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) unterschieden. Erst langsam ändert sich dies dort, wo einzelne Städte aus dem veränderten energiepolitischen Rahmen heraus Schlussfolgerungen in Hinblick auf Stadtentwicklung ziehen. Dies ist etwa der Fall in den Bereichen der energetischen Stadtsanierung (vgl. BMVBS 2011), der energetischen Quartiersplanung (vgl. Erhorn-Kluttig et al. 2011) oder im Rahmen von Energieleit- und Energienutzungsplanungen (vgl. z.B. STMUG/StMWIVT/OBB 2011). Diese Konzepte schärfen bei den kommunalen Akteuren das Bewusstsein für die wechselseitigen Abhängigkeiten von baulich-räumlichen Strukturen und technisch-wirtschaftlichen Tragfähigkeiten vorhandener Infrastrukturen. Sie sind damit der Ansatz für eine integrierte Planung von Stadtentwicklung und Infrastruktur, den es weiter auszubauen gilt. Sie machen darüber hinaus deutlich, dass es einerseits primär die Ebene des Quartiers bzw. des städtischen Teilraums ist, auf der sich die Transformation von Infrastrukturen mit übertragbaren Lösungen gestalten lässt, andererseits aber quartiersbezogene Maßnahmen sich immer auch an übergeordneten gesamtstädtischen Zielen und Konzepten orientieren müssen (vgl. Riechel et al. 2016).

Integrierte Stadt- und Infrastrukturplanung ist voraussetzungs-voll. Verantwortliche Entscheidungsträger müssen sich über die Vorteile, aber auch den zu leistenden Aufwand bewusst sein und sollten den Prozess aktiv verantworten. Es bedarf ausreichender Ressourcen in Form von Geld, Zeit, Wissen und Reputation. Förderprogramme können hier wertvolle Anstöße geben (vgl. z.B. BMVBS/BBSR 2009).

Eine maßgebliche Triebfeder für integrierte Planungsprozesse im Rahmen des energetischen Stadtumbaus sind auf nationaler Ebene die energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung, im internationalen Raum der im Dezember 2015 in Paris beschlossene und am 5. Oktober 2016 von Deutschland und der Europäischen Union ratifizierte Weltklimavertrag. Mit ihnen verbindet sich ein Auftrag zum Handeln, der nicht zuletzt die kommunale Ebene betrifft. Der Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung zielt u.a. auf die Energieversorgung und den Gebäudebereich (nicht zuletzt Sanierung und Wärmeversorgung).

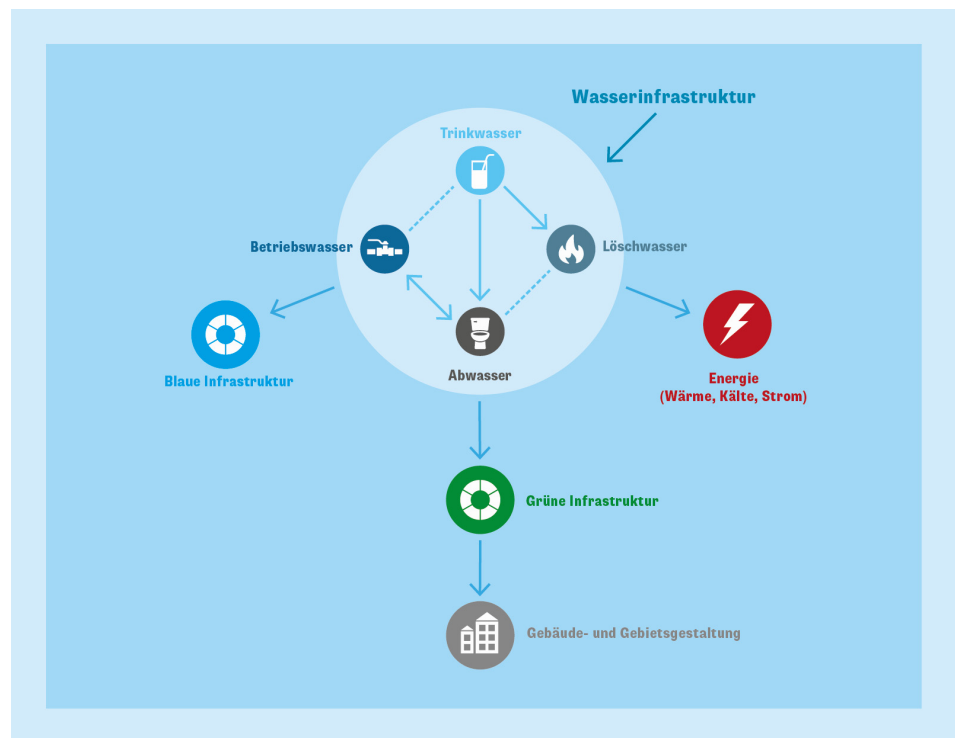
In den vergangenen Jahrzehnten hatten stadttechnische Systeme und infrastrukturelle Belange einen relativ geringen Stellenwert bei der Abwägung städtischer Entwicklungsprozesse (vgl. AGFW 2012). Dies spiegelt den Sachverhalt, dass technische Infrastrukturen über lange Zeit den Prozessen der Stadtentwicklung gefolgt sind. Neue Baugebiete wurden mit der notwendigen Stadttechnik versorgt. Hinsichtlich Art und Weise des Ver-/Entsorgungssystems gab es wenig Abstimmungsbedarf. Dies ändert sich heute vor allem dort, wo es gilt, Energieeffizienzpotenziale zu heben und Erneuerbare Energien sowie Nahwärmenetze zum Einsatz kommen zu lassen. Es wirkt sich auch auf den Prozess der Planung aus, da es frühzeitiger Festlegungen bedarf, wie welches Quartier oder Gebäudeensemble versorgt werden soll. Dies ist nur im konzeptionellen Miteinander von städtischer Planung, Infrastrukturbetreibern und Gebäudeeigentümern zu leisten. In diesem Prozess gilt es allerlei Stolpersteine zu überwinden. Ähnliche Sachverhalte konnten auch Kerber et al. (2016) bei Gesprächen mit Experten aus der Siedlungswasserwirtschaft herausarbeiten (siehe hierzu auch Beitrag B3).

Die Wasserinfrastruktur kann maßgeblich zu energie- und ressourceneffizienten Städten beitragen. Wasserinfrastrukturen finden in Stadt- wie Quartiersentwicklungskonzepten bisher kaum Berücksichtigung. So ist es auffällig, dass Wasser nur unter dem Aspekt Hochwasserretention und -schutz im Querschnittsthema „Klimaschutz und -anpassung/Energiewende“ und bezüglich der Renaturierung/Revitalisierung von Gewässern ebenfalls in Verbindung mit dem Hochwasserschutz im Querschnittsthema „Grün in der Stadt“ angesprochen wird (vgl. etwa DST 2013). Ein erster Schritt sollte daher darin bestehen, die Potenziale der Wasserinfrastruktur für die energetische Quartiersentwicklung im Besonderen, zur Stadtentwicklung und zu anderen urbanen Herausforderungen im Allgemeinen herauszustellen und in die Abstimmungsprozesse einzubringen (siehe hierzu auch die diskutierten Gelegenheitsfenster für die Transformation in Beitrag B4).

Beiträge neuartiger Ansätze der Siedlungswasserwirtschaft zu anderen Handlungsfeldern

Neuartige Ansätze der Siedlungswasserwirtschaft basieren nicht nur auf dem Prinzip der Stoffstromtrennung, um darüber Beiträge zur Steigerung der Ressourceneffizienz zu leisten – wie etwa eine Reduktion des Trinkwasserbedarfs (siehe Beitrag C1). Darüber hinaus können je nach (gewählter) technischer Ausgestaltung des Systems (siehe auch Beitrag B2) weitere Herausforderungen mit angegangen und in der Lösungsfindung unterstützt werden (siehe Abbildung 1): z.B. solche im Zusammenhang mit der Energiewende, dem Klimawandel in Verbindung mit Klimaanpassungsstrategien und dem Anspruch, Aufenthalts- und Lebensqualität im Quartier zu erhöhen.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der physischen Verflechtung der Wasserinfrastruktur mit anderen städtischen Handlungsfeldern



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Hier geht es nicht alleine um einen veränderten Umgang mit dem Niederschlagswasser (vgl. Stokman/Brenne/Deister 2015). Die Wasserinfrastruktur kann über

die lokale bzw. im Quartier angesiedelte Behandlung des häuslichen Abwassers zur Verbesserung der grünen (Grünanlagen, Gründächer usw.) und auch der blauen (Wasserkörper/Gewässer) Infrastruktur beitragen. Das gereinigte Abwasser – und hier liegt das Augenmerk insbesondere auf dem Betriebswasser (auf Grauwasserbasis) – steht lokal/im Quartier zur Verfügung und kann dort in den Naturhaushalt zurückgegeben werden. Zum einen ergibt sich darüber ein kontinuierlicher, lokal vorhandener Wasservorrat, der genutzt werden kann. Damit können Grünflächen ganzjährig unabhängig von der anfallenden Niederschlagswassermenge und den vorhandenen Speicherkapazitäten bewässert werden; gestalterische Elemente wie z.B. kleine Wasserläufe oder Wasserspielplätze lassen sich gut realisieren (vgl. Dreiseitl/Grau/Ludwig 2001). Zum anderen kann dadurch aufgrund der semizentral zur Verfügung stehenden Wassermengen anders über Fassadenbegrünung oder auch Formen urbanen Gärtnerns (Urban Gardening) nachgedacht werden.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit und gegebenenfalls auch die Anforderung (vgl. dazu §§ 54, 55, 57 Wasserhaushaltsgesetz), das Wasser in den Naturhaushalt zurückzuführen. Auch ergibt sich hierüber die Chance, Stadtbäche, die teilweise von ihrer natürlichen Quelle abgeschnitten sind und eventuell nur noch künstlich über gepumptes Grundwasser am Leben gehalten werden, wieder in einen besseren/ökologischen Zustand zu versetzen. Entsprechend sind Einleitungswerte sowohl hinsichtlich der chemischen Parameter als auch der Temperatur (im Jahresgang) zu definieren (vgl. auch Koenzen et al. 2016).

Die hier genannten Aspekte leisten darüber hinaus auch einen positiven Beitrag für das Mikroklima im Quartier. Fassadenbegrünung, Grünflächen wie auch Wasserflächen führen zu einer Temperaturabsenkung (vgl. Thiele 2015) und können insbesondere in langanhaltenden, heißen sommerlichen Trockenperioden wertvolle Dienste leisten.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, Betriebswasser zur Kühlung in Gebäuden zu nutzen. In Ballungsräumen verlagern sich die Stromleistungsspitzen von den Winter- in die Sommermonate (vgl. AGFW 2012). Die Energielastspitzen treten z.B. in Frankfurt am Main an den heißesten Tagen im Jahr auf, wenn Klimaanlagen und Ventilatoren intensiv genutzt werden. Gleichzeitig ist genau zu diesem Zeitpunkt die geringste Zuverlässigkeit der Wasserkraft (und -kühlung) zu verzeichnen (vgl. ebenda). Aus diesen Gründen wird nicht nur über Kältenetze mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, sondern auch über Wege der Umgebungskühlung auf Grundwasserbasis nachgedacht. Zudem sind bereits erste Module auf Gebäudeebene auf dem Markt, die sich des gesammelten Regenwassers als Kühlaggregat bedienen (vgl. Hartmann 2016). Auch hier ist der Einsatz von Betriebswasser denkbar.

Eine zusätzliche Schnittstelle ergibt sich für die Mobilisierung Erneuerbarer Energien im Rahmen der kommunalen Energieversorgung (Wärme, Kälte, Strom). Wie die Stoffstromanalyse (siehe Beitrag C1) und die integrierte Bewertung (siehe Beitrag C5) zeigen, besteht hier ein interessantes und bisher wenig genutztes Potenzial über die de- und semizentrale Wärmerückgewinnung. Es scheint eine attraktive Ergänzung zu den viel diskutierten alternativen Energiequellen zu sein. Je nach Umfang können hierüber zehn bis 15 Prozent des Wärmebedarfs abgedeckt werden (vgl. Davoudi et al. 2016). Allerdings ist dieses Potenzial von Fall zu Fall und in Verbindung mit anderen Energiequellen kritisch zu prüfen (siehe auch Beitrag B7).

Neben der Wärmerückgewinnung kann eventuell, z.B. bei Kovergärung von organischem Material gemeinsam mit dem Schwarzwasser, auch noch eine weitergreifende Energieversorgung erfolgen. Die Erzeugung von Biogas kann hier genutzt werden, um mit Hilfe von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (Gasturbinen; BHKW-Anlagen) einen Beitrag zur Elektrizitätsversorgung zu leisten. Im Einzelfall kann auch die Reinigung des Gases und seine Einspeisung ins Gasnetz wirtschaftlich sein (vgl. Hofmann et al. 2006). Die genannten Optionen der technisch-stofflichen Kopplung von Abwasser und Energie können auf der Organisations-ebene auch zu neuen Strategieoptionen und Geschäftsfeldern der Wasser- bzw. Wasser-Energie-Unternehmen führen (vgl. Trapp/Libbe 2016). Die im Zuge dieser Strategieoptionen gesicherten und entwickelten Ressourcen im Unternehmen qualifizieren und stärken dessen Rolle in integrierten Stadtentwicklungsprozessen.

Berücksichtigung differenzierter Wasserinfrastruktur in der räumlichen Planung

Die Realisierung neuer Systemlösungen in spezifischen städtischen Teilräumen wirft Fragen ihrer Umsetzung im Rahmen der räumlichen Planung auf. Hier ist an erster Stelle an die Bauleitplanung zu denken, wie sie im Baugesetzbuch (BauGB) geregelt ist. Anlagen der Wasserver- und Abwasserentsorgung sind demnach Bestandteil des Festsetzungskatalogs im Rahmen des Flächennutzungsplans (FNP), zudem können Anlagen, Einrichtungen und sonstige Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, hinzukommen. Dies betrifft insbesondere solche der dezentralen oder zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung und Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus Erneuerbaren Energien (§ 5, Nr. 2 [b] BauGB). Damit verfügen die Gemeinden über grundsätzliche Möglichkeiten, die Inhalte von Energie- oder Klimaschutzkonzepten im FNP zu verankern. Im Bebauungsplan hingegen dürfen nur die in § 9 BauGB genannten Inhalte festgesetzt werden. Zu ihnen zählen unter der Nr. 12 jedoch auch die Versorgungsflächen, einschließlich der Flächen für Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeu-

gung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus Erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung. Vorgaben müssen immer in der Abwägung mit anderen Belangen getroffen werden. Dabei ist ein kommunales Energie- und Klimaschutzkonzept zwar planungs- und baurechtlich nicht bindend. Es kann jedoch die Argumentation stärken, umso mehr, als darüber einzelne Planungen und Vorgaben in ein gesamtstädtisches bzw. strategisches Gesamtkonzept eingebunden werden können und somit auch freiwillige Selbstverpflichtungen möglich sind. Insofern empfiehlt es sich, beispielsweise die Abwasserwärmenutzung im Rahmen städtischer Energie- und Klimaschutzkonzepte mit zu berücksichtigen, um spätere Festsetzungen im Rahmen der Bauleitplanung besser begründen zu können.

Umfangreiche weitere Einflussmöglichkeiten bieten darüber hinaus städtebauliche Verträge, bei denen Grundstücksverkäufe als Hebel für Vereinbarungen mit Investoren genutzt werden. Voraussetzung ist, dass die Gemeinde die Eigentümerin einer Fläche ist oder Baurecht schaffen kann.

Um die Perspektive von differenzierten Wasserinfrastrukturen im Rahmen der räumlichen Planung systematisch zu bearbeiten, ist es notwendig, dass die planenden Akteure die Potenziale dieser Infrastrukturen, insbesondere in Hinblick auf ihren Beitrag zur Wärmeversorgung, erkennen. Dementsprechend sind die Potenziale, die neuartige Wasserinfrastruktursysteme für die jeweils im Vordergrund stehenden Planungsaufgaben bieten, abzuschätzen.

Noch größere Möglichkeiten ergeben sich, wenn der differenzierte Umgang mit Wasser im Rahmen von Maßnahmen der Klimaanpassung noch mehr Berücksichtigung findet. Hier geht es beispielsweise um Regenwassermanagement im Rahmen der Freiraumplanung auf Quartiersebene sowohl zum Schutz vor Hochwasser und Überlastung der Kanäle als auch in Hinblick auf die Verbesserung des Mikroklimas durch Wasser- und Grünflächen oder die Integration von Regenwasser in die Architektur von Fassaden („vertikale Gärten“, „Algenfassaden“).

Bisher sind die vielfältigen Möglichkeiten und Synergien, die differenzierte Wasserinfrastrukturen und ein anderer Umgang mit Wasser im städtischen Raum bieten (z.B. Kühlung mit Betriebswasser; Beitrag zur Wärmeversorgung, siehe oben, Abschnitt „Beiträge neuartiger Ansätze der Siedlungswasserwirtschaft zu anderen Handlungsfeldern“) Nicht-Fachleuten – d.h. auch den Experten aus der planenden Verwaltung – kaum bekannt. Die Kooperation mit Experten aus dem Wasserfach, z.B. im Rahmen von Workshops, bietet sich daher an, um gemeinsam den Stellenwert dieser Lösungen sichtbar zu machen. Akteure der Siedlungswasserwirtschaft können dabei auch ihre Interessen einbringen (etwa die Entlastung der Kanäle von Starkregenereignissen). Neuartige Systemlösungen bieten erhebliche

Synergien, die es im Miteinander zu erschließen gilt. Damit wird es auch den Nicht-Fachleuten möglich, diese Aspekte in zukünftigen Planungen zu berücksichtigen. Zudem können Innovationspotenziale aufgedeckt werden, die dann Eingang in die weitere Entwicklung von Konzepten und Plänen (Kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte, Gewässerplanungen, Klimaanpassungskonzepte und Masterpläne) finden können.

Sollen innovative Wasserinfrastruktursystemen eingeführt werden, so findet eine derartige Transformation nicht gleichzeitig im gesamten Stadtgebiet statt. Vielmehr wird sinnvollerweise schrittweise vorgegangen, die Gebiete werden sukzessive nach ihrem Sanierungsbedarf und ihrer jeweiligen Entwicklungsdynamik transformiert (vgl. Kluge/Libbe 2010; siehe auch Beitrag B4). Daher sind bei Aufstellung von Kommunalen Energie- und Klimaschutzkonzepten, Energienutzungsplänen, Gewässersanierungsplänen, Klimaanpassungsstrategien bzw. im Vorplanungsprozess zum B-Plan zunächst Stadtquartiere zu identifizieren, die sich für eine Transformation eignen.

Grundsätzlich bieten sich hier verschiedene Möglichkeiten: Veränderungen im Wasserinfrastruktursystem wie z.B. Umbau zur Trennkanalisation, Teilstrombehandlung, Nutzung von Betriebswasser oder systematisches Nutzen von Abwärme lassen sich dann gut angehen, wenn in einem Quartier Flächen nachverdichtet werden, Konversionsflächen neu „bespielt“ werden oder von der Planung vernachlässigte Gebiete (z.B. für früher vorgehaltene Verkehrsnutzungen) neu geordnet werden müssen. Weitere Gelegenheitsfenster entstehen im Rahmen des Nutzungszyklusmanagements älterer Wohnquartiere oder beim Erschließen neuer zusammenhängender Siedlungsgebiete (etwa in einer Außenrandlage – vgl. dazu auch Kluge/Libbe 2010 sowie Davoudi et al. 2016).

Literatur

- AGFW – Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (Hrsg.) (2012): Schnittstelle Stadtentwicklung und technische Infrastrukturplanung. Ein Leitfaden von der Praxis für die Praxis, Frankfurt am Main.
- BMVBS/BBSR – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2009): Integrierte Stadtentwicklung in Stadtregionen. Projektabschlussbericht (BBSR-Online-Publikation, Nr. 37/2009), urn:nbn:de:0093-ON3709R12X
- (Die) Bundesregierung (2015): Zukunftsstadt. Strategische Forschungs- und Innovationsagenda, Berlin und Bonn.
- Davoudi, A., D. Milosevic, R. Scheidegger, E. Schramm und M. Winker (2016): Stoffstromanalyse zu verschiedenen Wasserinfrastruktursystemen in Frankfurter und Hamburger Quartieren (netWORKS-Paper, Nr. 30).
- Dreiseitl, H., D. Grau und K.H.C. Ludwig (2001): Waterscapes. Planen, Bauen und Gestalten mit Wasser, Basel.
- DST – Deutscher Städtetag (2011a): Positionspapier „Integrierte Stadtentwicklungsplanung und Stadtentwicklungsmanagement. Strategien und Instrumente nachhaltiger Stadtentwicklung“, Berlin und Köln.
- DST – Deutscher Städtetag (2011b): Positionspapier „Strategien für eine nachhaltige Stadtentwicklung“, Berlin und Köln.
- DST – Deutscher Städtetag (2013): Integrierte Stadtentwicklungsplanung und Stadtentwicklungsmanagement – Strategien und Instrumente nachhaltiger Stadtentwicklung, Berlin.
- Erhorn-Kluttig, H., R. Jank, L. Schrepf, A. Dütz, F. Rumpel, J. Schrade, H. Erhorn, C. Beier, C. Sager und D. Schmidt (2011): Energetische Quartiersplanung. Methoden – Technologien – Beispiele, Stuttgart.
- EU 2010 ES (2010): Toledo Informal Ministerial Meeting on Urban Development Declaration, Toledo, 22 June 2010, http://www.mdrt.ro/userfiles/declaratie_Toledo_en.pdf (20.02.2013).
- EU 2007 DE (2007): Leipzig Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt, Leipzig am 22. Mai 2007, http://www.eu2007.de/de/News/download_docs/Mai/0524-AN/075DokumentLeipzigCharta.pdf (20.02.2013).
- Hartmann, F. (2016): Regenwasser zur Flächenkühlung in Wohngebäuden, in: fbr-wasserspiegel, 1/16, S. 3–6.
- Hofmann, F., et al. (2006): Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, Leipzig.
- Kerber, H., E. Schramm und M. Winker (2016): Transformationsrisiken bearbeiten: Umsetzung differenzierter Wasserinfrastruktursysteme durch Kooperation, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 28).
- Kluge, T., und J. Libbe (Hrsg.) (2010): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft, Berlin.
- Koenzen, U., et al. (2016): Planung der Fließgewässer- und Auenentwicklung, in: H. Patt (Hrsg.): Fließgewässer- und Auenentwicklung: Grundlagen und Erfahrungen, Berlin, Heidelberg, S. 271–398.
- Libbe, J. (2015): Transformation städtischer Infrastruktur. Perspektiven und Elemente eines kommunalen Transformationsmanagements am Beispiel Energie, Leipzig, http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/17484/Diss_libbe_final_M%C3%A4rz2014_Verleihungsbeschluss.pdf (26.04.2016).
- Riechel, R., S. Koritkowski, J. Libbe und M. Koziol (2016): Wärmewende im Quartier. Umsetzungshemmnisse und Konflikte am Beispiel energetischer Quartierskonzepte, Berlin (Difu-Paper).

- RNE – Rat für Nachhaltige Entwicklung (Hrsg.) (2011): Städte für ein nachhaltiges Deutschland. Gemeinsam mit Bund und Ländern für eine zukunftsfähige Entwicklung, Berlin, http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/Broschuere_Staedte_fuer_ein_nachhaltiges_Deutschland_texte_Nr_36_Juni_2011.pdf (18.11.2011).
- STMUG/StMWIVT/OBB im StMI – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit/Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie/Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (Hrsg.) (2011): Leitfaden Energienutzungsplan, München.
- Stokman, A., F. Brenne und L. Deister (2015): Überflutungs- und Trockenheitsvorsorge als Stadtgestaltung. Wasser als strukturellformgebende Kraft anerkennen, in: Stadt und Grün. 64 (6), S. 21–26.
- Thiele, M. (2015): Klimaschutzpotenzialanalyse von Dach-, Fassaden- und Straßenbaumbegrünung. Masterarbeit, Fachbereich Wald und Umwelt, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, https://www.berlin.de/ba-charlottenburg-wilmersdorf/_assets/umweltamt/klimaschutz/klimaschutzpotenzialanalyse_von_dach-_fassaden-_und_strassenbaumbegrueunung.pdf (24.08.2016).
- Trapp, J. H., und J. Libbe (2016): Neuartige Wasserinfrastrukturen – Optionen für Unternehmensstrategien und Innovation (netWORKS-Paper, Nr. 29).

Engelbert Schramm, Jan Hendrik Trapp, Thomas Giese, Thomas Werner und
Martina Winker

Machbarkeitsstudien zur Verbesserung der Planungsspielräume – Das Beispiel Hamburg

Einleitung

Die Freie und Hansestadt Hamburg beschäftigt sich schon seit geraumer Zeit intensiv mit neuartigen Wasserinfrastrukturen. Aufgrund der Potenziale und Optionen, die diese der Hansestadt für die nachhaltigere Gestaltung von Hamburgs Wasserwirtschaft bieten, startete das Unternehmen HAMBURG WASSER 2009 gemeinsam mit der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt das Projekt „Regen-Infrastruktur-Anpassung“ (RISA). Bis zum Ende des Projektes 2015 reagierte es mit neuen Kooperationsmodellen erfolgreich auf die zuvor zunehmenden Zielkonflikte zwischen Stadtentwicklung und Wasserwirtschaft (vgl. Günner 2016). Zudem wurde in einem langen Prozess der HAMBURG WATER Cycle® (kurz: HWC) entwickelt. Dieser wird aktuell in einem Neubaugebiet im Nordosten Hamburgs, dem Stadtquartier Jenfelder Au, für über 600 Wohneinheiten auf einer Fläche von 35 ha umgesetzt und erstmalig erprobt (vgl. Augustin et al. 2014; Giese/Londong 2015).

Hamburg hat eine enge Beziehung zum Wasser – dies aufgrund seiner Historie, seiner Lage am Elbufer und mit seinen Kaufleuten und weltweiter Schifffahrt als jahrhundertealtem identitätsstiftendem Wirtschaftsfaktor und einem der größten Häfen Europas. Die Stadt ist in Teilen „aufs Wasser gebaut“. Daher ist Wasser ein wichtiges Element und von zentraler Bedeutung in der städtischen Entwicklung Hamburgs. Infolge der massiven Verschmutzung der Elbe in den 1950er- bis Anfang der 1990er-Jahre wurde die Hamburger Wasserversorgung auch auf das Umland ausgedehnt. Somit besteht hier ein „hydrologisches Abhängigkeitsver-

hältnis“ mit der Umlandregion. Vor dem Hintergrund der wachsenden Stadt Hamburg mit der umliegenden Metropolregion gewinnt ein sorgsamer Umgang mit den Wasserressourcen zunehmend an Bedeutung.

Um die Nachhaltigkeit der Wasserver- und Abwasserentsorgung in Hamburg zu erhöhen und um sich ein hohes Maß an Innovationsfähigkeit im Unternehmen zu bewahren, stellt HAMBURG WASSER als kommunales Unternehmen seit Jahren die bestehenden Infrastruktursysteme auf den Prüfstand. Eine gesonderte Abteilung im Unternehmen sucht nach zukunftsfähigen Alternativen der Infrastrukturgestaltung und des Wassermanagements. Der im Konzern angelegte Verbund von Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung erleichtert es, Lösungen wie den HWC in den Blick zu nehmen, welche die herkömmlichen Grenzen überschreiten und neue Geschäftsmodelle wie „integrierte Dienstleistungen“ erlauben (vgl. Günner 2016). Das Unternehmen möchte bei seiner Beschäftigung mit den neuen Systemen nicht nur die Möglichkeiten für die eigene Stadt erweitern, sondern auch Erfahrungen mit Blick auf die Übertragbarkeit solcher Technologien als Geschäftsmodell für andere Weltregionen sammeln (vgl. Augustin et al. 2014; Skambraks et al. 2014). So gibt es etwa Anfragen aus China rund um die dort aktuelle Debatte der „sponge cities“.

Neben der aktuell laufenden Implementierung des HWC in der Jenfelder Au (vgl. Giese/Londong 2015) beschäftigen sich die Stadt und ihr Unternehmen mit der Frage, wie eine Transformation der Wasserinfrastruktur vorstattengehen kann und was es dafür braucht. Aus diesen Gründen und um weitere Erkenntnisse und Informationen zu sammeln, wurden neuartige Systemvarianten (siehe Beitrag B2, Übersicht 1) für zwei weitere Quartiere in der Stadt (im Band benannt als Modellgebiete D und E, für weitere Informationen siehe Beitrag B4) entwickelt und im Rahmen einer Machbarkeitsstudie jeweils untersucht (vgl. HAMBURG WASSER 2016).

Zentrale Ergebnisse der Hamburger Machbarkeitsstudie in den beiden untersuchten Quartieren

Die beiden untersuchten Entwicklungsquartiere werden beide künftig durch Nachverdichtung des Gebäudebestandes charakterisiert. Für beide Quartiere wurden in der Wasserinfrastruktur verschiedene Systemvarianten betrachtet. Die Machbarkeitsstudie sollte den konkreten Planungsverlauf nicht vorwegnehmen oder ersetzen. Vielmehr zielte sie auf die bessere Orientierung über unterschiedliche Planungsvarianten, insbesondere deren investive Kosten, und auf die Abschätzung möglicher Folgen. Die angesetzten Kosten wurden soweit möglich aus Erfahrungswerten abgeleitet, sonst abgeschätzt.

Neben dem qualifizierten Trennsystem, das zusammen mit der konventionellen Wasserversorgung das Referenzsystem als derzeitiger Standard von HAMBURG WASSER darstellt, wurde eine Variante mit Teilstromnutzung (Grauwasser) auf Quartiersebene hinsichtlich Kosten und eintretender Folgen untersucht. Dazu wurden sowohl eine blockweise (dezentrale) als auch eine semizentrale Aufbereitung des Grauwassers und Nutzung von Brauchwasser bzw. Wärme betrachtet. Für den Teilstrom Schwarzwasser wurde untersucht, inwiefern es sinnvoll ist, bereits jetzt erst langfristig zu implementierende Optionen zur semizentralen Behandlung vorzubereiten. Beispielsweise könnten schon im Zuge der anstehenden Nachverdichtung die Wohngebäude auf Unterdrucktoiletten und -ableitung umgerüstet werden.

In den für die Quartiere jeweils betrachteten Systemvarianten wurden die Investitionskosten und die jährlichen Betriebskosten in einer dynamischen Berechnung der Jahreskosten miteinander verglichen. Dabei wurden für die neuen Systemvarianten die durch zusätzliche Einrichtungen und Installationen erhöhten Investitionen auf Seiten der öffentlichen Infrastruktur als Mehrkosten der Systemvarianten gegenüber dem Referenzsystem ausgewiesen und auf die spezifischen Mehr- bzw. Minderkosten pro Einwohner umgerechnet. Die möglichen Kosteneinsparungen bzw. Erlöse wurden jeweils gegengerechnet.

Die Umsetzung der betrachteten Systemvarianten mit Teilstromnutzung und zum Teil überquartierlicher Abwasserwärmenutzung ist in den beiden untersuchten Quartieren grundsätzlich möglich. Sie führt zu einer Einsparung des genutzten Frischwasserbezugs, einer Verbesserung der Wasserbilanz durch eine höhere Versickerungsleistung vor Ort und eine geringere Abwasserableitung sowie zu einem geringeren Wärmeeinkauf. Die Umsetzung einer energetischen Abwassernutzung auf Quartiersebene ist bezogen auf die Investitionskosten günstiger als deren dezentrale Implementierung, da auf Blockebene mehr Anlagen erworben werden müssen.

Weitere Resultate aus beiden Untersuchungsgebieten ergeben für die untersuchten technischen Module sehr unterschiedliche Ergebnisse. Beim Niederschlagswasser zeigte sich: Ein nachhaltiger Umgang mit Regenwasser, der auf einen möglichst großen Anteil von Versickerung und Verdunstung direkt im Quartier sowie auf Rückhalt setzt, wird in Hamburg bereits als Stand der Technik umgesetzt. Mittlerweile werden Gründächer vom Senat bezuschusst und großflächig gefördert (vgl. https://www.ifbhh.de/fileadmin/pdf/IFB_Download/IFB_Foerderlinien/FoeRi_Gruendachfoerderung.pdf).

Teilstromerfassung mit Aufbereitung und Wiederverwendung des Grauwassers ist machbar, ebenso ist die Wärmeeinbindung zur Warmwasserbereitung möglich

und sinnvoll. Auch eine Versickerung des behandelten Grauwassers, welches in aufbereiteter Form nicht für die Toilettenspülung benötigt wird, ist im Quartier weitestgehend möglich. Zudem zeigte sich, dass bei der Frage der technischen Skalierung die Quartiersebene kostengünstiger ist als Blocklösungen.

Schwarzwasser ist der Teilstrom, der den größten Anteil an Mikroschadstoffen, potenzieller Energie und Nährstoffen enthält. Es fehlen generell die rechtlichen Erfordernisse, Kostenanreize und in den untersuchten Gebieten zusätzlich die Flächen, um Schwarzwasserbehandlung im Quartier zu realisieren. Folglich kann eine semizentrale Verwertung des Schwarzwassers, orientiert am HWC, erst dann implementiert werden, wenn sich ein Nachbarquartier mit günstigeren Bedingungen anschließt. Betrachtet man die Ableitung, verursacht das Vakuumsystem zunächst deutlich höhere Kosten. Bestehende Leitungen lassen sich für die neuen Systemvarianten in den beiden untersuchten Quartieren nicht einfach „umnutzen“.

Zwischenergebnis: Wahl anderer Gebietszuschnitte schafft bessere Gelegenheiten

Die Untersuchungen zeigen: Bei ökonomischer Betrachtung auf Quartiersebene schneiden die neuartigen Infrastrukturen in den gewählten Systemvarianten teurer als die konventionellen ab. Die beiden untersuchten Quartiere in Altona liegen mit 700 bis 900 Einwohnern in einer Größenordnung, für die eine Verwertung des Schwarzwassers wirtschaftlich noch nicht tragfähig ist. Eine wirtschaftliche Anlagengröße für eine Vergärungsanlage als Kernstück einer Schwarzwasserbehandlung liegt (derzeit) bei einer Anschlussgröße von etwa 10.000 EW aufwärts. So ist es zwar möglich, in dem Quartier jeweils die technischen Voraussetzungen (doppelte Versorgungsleitung bzw. Ableitung, Unterdruckentwässerung usw.) vorzusehen und einzurichten, die Gebiete und Stakeholder profitieren jedoch noch nicht davon.

Beide betrachteten Entwicklungsquartiere sind bereits (konventionell) erschlossen bzw. die das Quartier umgebende Kanalisation ist bereits historisch realisiert. Daher sind jeweils nur noch kurze/wenige Stichleitungen nötig, um die Modellgebiete an das bestehende System anzuschließen. Dies bedeutet, dass beim Vergleich der Systemvarianten das (konventionelle) Referenzsystem wirtschaftliche Vorteile hinsichtlich der Investitionskosten bietet (siehe Beitrag B2, Übersicht 1).

Dies zeigt die Relevanz der Systemgrenzen bei einer solchen (ökonomischen) Bewertung. Kostenmäßig können neuartige Varianten im Bestand – und davon muss bei derart kleinen Gebietsgrößen ausgegangen werden – nicht oder kaum konkur-

rieren. Die ökonomischen und kostenseitigen Pfadabhängigkeiten sind in diesem Rahmen sehr wirkmächtig.

Um den Betrachtungsraum zu erweitern, wären größere Einzugsgebiete/Modellgebiete in einer Machbarkeitsstudie zu betrachten; dabei wäre auch der Anschluss weiterer benachbarter Gebiete mit einzubeziehen. Die Quartiere waren zu kleinskalig, so dass sinnvollerweise ein größerer Maßstab zu untersuchen wäre. Die Perspektive wäre jenseits der ökonomischen und technischen Machbarkeit zu erweitern, wenn mit der Studie auch Fragen wie die Folgenden zu beantworten wären: Welchen Beitrag liefern neuartige Wasserinfrastrukturen zu gewünschten Maßnahmen der Wasserrahmenrichtlinie? Welche Synergien lassen sich mit Bezug zum übergeordneten Energiesystem nutzen? Inwiefern lassen sich weitere Potenziale für die Anpassung an den Klimawandel heben oder etwa CO₂-Fußabdrücke großflächig reduzieren? Inwiefern lässt sich der Trinkwasserbedarf an die hydrogeologischen Erfordernisse anpassen?

Diese Fragen machen deutlich: Es bedarf einer Weitung und eines Perspektivwechsels, um Gelegenheiten für eine Transformation der Wasserinfrastruktur im Gebiet einer Stadt zu identifizieren (und angemessen zu bewerten). Letztlich sind das Gebiet und eine dort einsetzbare mögliche neuartige Systemvariante nicht nur nach ökonomischen Kriterien zu beurteilen. Vielmehr sind Kriterien gesellschaftlich erwünschter und politisch motivierter Leitbilder einzubeziehen, wie die Erhöhung der gesamtstädtischen Ressourceneffizienz. Diese Leitbilder müssen jedoch in der Politik der Kommune verankert sein; sie sind dann für die Bewertung der gebietsbezogenen Entscheidung zu „übersetzen“ und werden somit für Planungs- und Entscheidungsprozesse auf dieser Ebene relevant.

Die aktuelle stadtentwicklungspolitische Debatte in Hamburg erlaubt hier eine Anknüpfung: Sie dreht sich um „Hamburg als wachsende Stadt“. Hierbei beschäftigt sich Hamburg etwa mit der Frage, wie Wohnungsbau und Naturschutz zu vereinbaren sind. Diese Frage stellt sich den städtischen Verantwortlichen schlicht und ergreifend aufgrund der zunehmenden Verbauung und Nachverdichtung und der damit verbundenen Reduktion der Versickerungsfläche/-potenziale. Dies sollte es attraktiv machen und dazu motivieren, in diese Richtung weiterzudenken.

Die Untersuchungen in den Modellgebieten Hamburgs zeigen auch, dass es für eine wassersensible Stadtentwicklung erheblicher Anstrengungen bedarf. Stadtentwicklungsplanung, Umweltdezernate, Siedlungswasserwirtschaft und Wohnungswirtschaft sollten dabei eng zusammenwirken und gemeinsame Planungskonzepte entwickeln (siehe Beitrag C5). Es besteht Bedarf an gemeinsamen Datenpools und Planwerken zu Extremwetterereignissen und Regenwasserrückhaltungspotenzialen. Neuartige Wasserinfrastrukturen mit Betriebs- und Grauwas-

sernutzung können grundsätzlich Abhilfe schaffen bei vermehrt auftretenden Trockenzeiten und gegebenenfalls absehbaren Engpässen in der Wasserversorgung. Retentionsräume im bebauten Raum helfen dabei, Überlastungen von Kanälen zu verhindern.

Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen für die Hamburger Modellquartiere zeigen es: Für die integrierte Planung von Stadt und Infrastrukturen in Bestandsgebieten müssen größere räumliche Einheiten, d.h. mehrere Quartiere, zusammengedacht und geplant werden. Die aktuellen Nachverdichtungen und Umwandlungsgebiete, die derzeit in Deutschland von der Stadtplanung betrachtet werden, sind – als für sich allein stehende Transformationsräume – zumeist zu klein, um aus sich heraus eine Implementierung neuartiger Wasserinfrastrukturen zu rechtfertigen.

Ferner sind die zu definierenden Systemgrenzen von herausragender Bedeutung für die Bewertung der verschiedenen Systemvarianten. Schon bei der Definition der Systemgrenzen kommen politisch-normative Abwägungen ins Spiel. Neben der rein räumlich-geografischen Abgrenzung geht es um Fragen zum Zeithorizont der Bilanzierung, zur Bewertung „weicher Faktoren“ wie z.B. Nahraumqualitäten, zur ökonomischen Bewertung und zu Annahmen über die Entwicklung von Energiekosten. Hinzu kommen Fragen nach eigenen unternehmerischen Strategien im Kontext der Sektorkopplung Wasser-Energie oder inwiefern Umweltfolgen volkswirtschaftlich bewertet werden – um nur einige Aspekte zu nennen.

Mit den genannten Bewertungsdimensionen einher geht die grundlegende Frage, inwiefern neuartige Wasserinfrastrukturen in einem Transformationsraum als Baustein eines langfristigen überquartierlichen Transformationsprozesses angesehen werden.

Um eine wassersensible Stadtentwicklung umzusetzen, bedarf es nicht nur des verstärkten Austauschs über sinnvolle technische Lösungen für unterschiedliche Quartiere. Es sind überdies rechtliche und finanzielle Fragen zu klären. Zudem gilt es, die Nutzungskonkurrenz zwischen Klimaanpassungsmaßnahmen und weiterer städtebaulicher Verdichtung anzugehen.

Machbarkeitsstudien, die neuartige Lösungen berücksichtigen und dabei versuchen, Handlungsmöglichkeiten auch jenseits von Pfadabhängigkeiten zu erschließen, erlauben es der Kommunalpolitik, sich entschieden und ergebnisoffen mit neuartigen Wasserinfrastrukturen in städtischen Transformationsräumen auseinanderzusetzen. Wenn dabei Gebäude-, Freiraum- und Infrastrukturplanung

integriert betrachtet werden, können sich neue Impulse einstellen und Planungsspielräume – nicht nur gedanklich – erhöhen (siehe Beitrag B5).

Literatur

- Augustin, K., A. K. Skambraks, Z. Li, T. Giese, U. Rakelmann, F. Meinzingen und C. Günner (2014): Towards sustainable sanitation – the HAMBURG WATER Cycle in the settlement Jenfelder Au, in: Water Science & Technology: Water Supply, 14 (1), S. 13–21.
- Giese, T., und J. Londong (Hrsg.) (2015): Koppelung von regenerativer Energiegewinnung mit innovativer Stadtentwässerung: Synthesebericht zum Forschungsprojekt KREIS (Schriftenreihe des Bauhaus-Instituts für Zukunftsweisende Infrastruktursysteme, Nr. 30).
- Günner, C. (2016): Integrierte Dienstleistungen als Geschäftsmodell kommunaler Unternehmen, in: T. Kluge und E. Schramm (Hrsg.): Wasser 2015: Mehr Nachhaltigkeit durch Systemlösungen, München, S. 233–242.
- HAMBURG WASSER (2016): Machbarkeitsstudie zu den beiden Stadtquartieren Tucholsky-Quartier und Struensee-Quartier in Hamburg Altona, Hamburg (Interner Bericht).
- Skambraks, A. K., K. Augustin, F. Meinzingen und M. Hartmann (2014): Hamburg's lead on water and energy: implementing resource-oriented sanitation using the Hamburg Water cycle, in: Water 21, April 2014, S. 15–18.

Sabine Kunkel, Bernd Utesch, Martina Winker und Jörg Felmeden

Wärmerückgewinnung und Betriebswassernutzung – Umsetzung einer Systemalternative in Frankfurt a. M.

Grundsätzliche Überlegungen

netWORKS 3 untersucht nicht nur die Möglichkeiten einer Transformation hin zu einer nachhaltigeren Abwasserinfrastruktur, sondern setzt diese auch exemplarisch um. In Frankfurt am Main entstand im Stadtteil Bockenheim unter federführender Verantwortung der ABG FRANKFURT HOLDING (ABG) ein Passivhausneubau mit Wohnungen und einer Kindertagesstätte. In diesem Gebäudekomplex wurden neuartige Technologien sowohl der Wärmerückgewinnung aus Abwasser(teil)strömen als auch der Grauwasserbehandlung und Betriebswassernutzung installiert. Diese werden nun im Betrieb erprobt. Bei den hier aufgeführten Berechnungen handelt es sich um Daten aus der Planung, da zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch keine empirischen Messdaten vorliegen.

Intention und Projektgenese

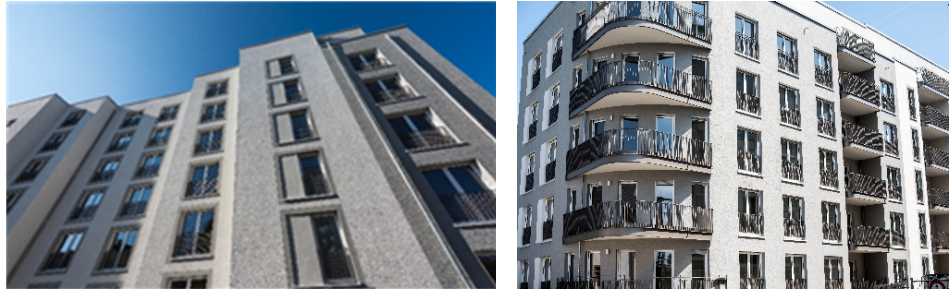
Seit 2002 errichtet die ABG ihre Neubauten in Passivhausqualität. Ein Passivhaus verbraucht weniger Heizwärme: 90 Prozent weniger als ein herkömmliches Gebäude im Baubestand und 75 Prozent weniger als ein durchschnittlicher Neubau (vgl. ABGnova GmbH 2013: 8). Im Passivhaus werden Verluste an Lüftungswärme durch die Nutzung einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung verhindert. Doch die Wärme im Abwasser geht bis jetzt „verloren“. Diesem Verlust soll mit neuartigen Technikkomponenten begegnet werden.

Lage und allgemeine Beschreibung des Objekts in der Salvador-Allende-Straße

Das ausgewählte längliche Grundstück (Länge: 112 m, Breite: 21 m) befindet sich in der Salvador-Allende-Straße im Frankfurter Stadtteil Bockenheim.

Das Passivhaus hat 66 Wohnungen in verschiedenen Größen sowie eine Kindertagesstätte. Im Untergeschoss sind die eingeschossige Tiefgarage, die Mieterkeller und die Technikräume untergebracht (vgl. ABG 2015: 1).

Abbildungen 1 und 2: Ansichten des Passivhausneubaus Salvador-Allende-Straße, Frankfurt am Main



Quelle: ABGnova GmbH

Das anfallende häusliche Schmutzwasser wird im Gebäude insgesamt in drei unterschiedlichen Teilströmen erfasst. Hierzu sind innerhalb der Wohnungen die verschiedenen Bereiche, in denen Schmutzwasser anfällt, wie Küche, Badezimmer, Toilette und Waschmaschinen, getrennt nach jeweiliger Zuordnung mit den einzelnen Fallsträngen verbunden (vgl. ABG 2015: 1).

In der linken Gebäudehälfte wird das anfallende Schmutzwasser gesammelt und über einen Wärmetauscher im Untergeschoss des Gebäudes dem öffentlichen Kanal zugeführt. Der Wärmetauscher ist dabei in drei Stufen untergliedert. So können unterschiedliche Rohrlängen betrieben und messtechnisch erfasst werden (für weitere Details siehe unten).

In der rechten Gebäudehälfte wird das Grauwasser (in diesem Fall Wasser aus Badewannen, Duschen und Handwaschbecken) separat gesammelt und einem zweistufigen Wärmetauscher zugeführt. Das Abwasser aus diesem Abwasserstrom wird zudem im Gebäude behandelt und einer Wiedernutzung zugeführt (siehe unten). Am Ende der Aufbereitung findet nochmals eine Wärmerückgewinnung statt, da das Wasser hier noch eine recht hohe Temperatur hat. Das übrige

anfallende Abwasser in dieser Gebäudehälfte (Schwarzwasser aus WC sowie Abwasser aus Küchenspülbecken, Spül- und Waschmaschine)¹ wird in einem weiteren Strang gesammelt und ebenfalls über einen zweistufigen Wärmetauscher geleitet. Nach dem Wärmeentzug wird es nicht weiter behandelt, sondern in den öffentlichen Kanal abgeschlagen (für weitere Details siehe unten).

Abbildung 3: Ansicht des im Bau befindlichen Wohnblocks mit Beschreibung, wie Wärmerückgewinnung und Grauwasserverwertung in den jeweiligen Gebäudehälften implementiert werden. Das Betriebswasser wird für die Toilettenspülung genutzt



Quelle: ABG FRANKFURT HOLDING, modifiziert

1 In den anderen Beiträgen ordnet der Forschungsverbund netWORKS das Wasser aus Badewannen, Duschen, Handwaschbecken, Küchenspülbecken, Spül- und Waschmaschinen dem Grauwasser zu bzw. spricht von leichtem Grauwasser, wenn nur Wasser aus Badewannen, Duschen, Handwaschbecken und Waschmaschinen enthalten ist. Schwarzwasser besteht aus Toilettenabwasser. In diesem Beitrag wird eine leicht geänderte Zuordnung entsprechend der Implementierung vorgenommen. Wenn von Schwarzwasser gesprochen wird, sind auch Küchenabwasser und Waschmaschinenablauf enthalten.

Abwasserwärmerückgewinnung aus häuslichem Schmutzwasser

Abwasser führt, ebenso wie Abluft, Energie aus dem Gebäude ab. Es ist im Passivhaus das letzte verbliebene „Energieleck“, das geschlossen werden kann. Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) schreibt vor, dass bundesweit bei Neubauten der Wärmebedarf anteilig aus Erneuerbaren Energien zu decken ist. Auch Abwasser erkennt der Gesetzgeber als Erneuerbare Energiequelle an. So ist gemäß § 7 EEWärmeG die Wärmeenergie des Abwassers ebenfalls eine Möglichkeit, die Auflagen des EEWärmeG zu erfüllen (vgl. Bundesregierung 2010). Im Folgenden soll zunächst auf die Grundlagen der Abwasserwärmenutzung eingegangen werden. Der Fokus liegt hierbei auf der dezentralen Abwasserwärmerückgewinnung.

Dezentrale Wärmerückgewinnung

Bei der dezentralen Wärmerückgewinnung wird die Wärme dem häuslichen Abwasser noch innerhalb des Gebäudes, also vor dem Einleiten in die Kanalisation, mittels eines Wärmetauschers entzogen. Diese Art der Wärmerückgewinnung hat den Vorteil, dass die Wärmequellentemperatur zum Zeitpunkt des Entzugs noch sehr hoch ist. Die Abwassertemperaturen liegen in der Regel bei 20 °C bis 25 °C (vgl. Seybold et al. 2015: 12). Zudem liegen die Wärmeabnehmer in unmittelbarer Nähe zur Wärmequelle. Dies führt wiederum zu einer Steigerung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpensystemen. Für eine effiziente Wärmerückgewinnung ist ein zeitlich konstanter Abwasserstrom jedoch unerlässlich. Stark periodisch anfallende bzw. geringe Wassermengen können zu einer Leistungsreduzierung des Systems führen. Generell gilt also, dass Abwasser, welches näher am Produzenten ist, auch ein höheres Temperaturniveau aufweist, als solches, das weiter von diesem entfernt ist. Dafür ist die Wassermenge, die zur Verfügung steht, deutlich geringer. Das Wasser muss demnach für denselben Energieertrag stärker abgekühlt werden. Eine dezentrale Wärmerückgewinnung aus Abwasser ist also vor allem in Gebäuden mit hohem und konstantem Wasseraufkommen, wie beispielsweise Hotels, Krankenhäusern oder Wohnanlagen, sinnvoll (vgl. Müller et al. 2005: 24).

Prinzip der Wärmerückgewinnung

Das Herzstück der Abwasserwärmerückgewinnung bildet der Wärmetauscher. Der Wärmetransport verläuft gemäß dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, nämlich stets vom Medium mit der höheren Temperatur zum Medium mit der

niedrigeren Temperatur. Im Falle der dezentralen Wärmerückgewinnung wird also die Wärmeenergie dem warmen Rohabwasser entzogen und an ein kaltes Wärmeträgermedium abgegeben. Man unterscheidet zwischen direkter und indirekter Wärmeübertragung. Bei der direkten Wärmeübertragung kommen die beteiligten Medien miteinander in Kontakt, während bei einer indirekten Übertragung die beteiligten Medien durch eine Wand getrennt sind und es somit zu keiner Vermischung der beiden Fluide kommen kann. In der Salvador-Allende-Straße findet eine indirekte Übertragung statt.

Für die Realisierung einer dezentralen Wärmerückgewinnung sind in erster Linie die Durchflussmenge und die Temperatur des Abwassers entscheidend. Da Wärmepumpen schon ab einem Temperaturniveau von 10 °C (vgl. Döbler 2015: 70) effizient arbeiten, stellt das dezentrale Energiepotenzial von Abwasser eine ideale Wärmequelle dar. Literaturwerten zufolge ist eine Mindestabwassermenge von 15 l/s für den wirtschaftlich erfolgreichen Anlagenbetrieb notwendig (vgl. Hamann 2015: 29). Praxisbeispiele zeigen jedoch, dass dieser Wert längst erfolgreich unterschritten wurde. So können gängige Abwasserwärmeübertrager schon mit einem Volumenstrom von 5–6 l/s wirtschaftlich betrieben werden. Entscheidend ist hierbei ein konstanter Abwasserfluss (vgl. Stodtmeister 2015: VIII).

Der Wärmeaustausch kann nach zwei Prinzipien erfolgen: im Gleichstrom und im Gegenstrom. Hier wurde das Gegenstromverfahren ausgewählt. Beim sogenannten Gegenstromprinzip strömen die Medien, zwischen denen ein Wärmeaustausch stattfinden soll, in entgegengesetzte Richtungen. Dadurch besteht ein nahezu gleichbleibendes Temperaturgefälle zwischen den beiden Stoffströmen über die Übertragungslänge hinweg. Dies ermöglicht wiederum, dass die Austrittstemperatur des zu erwärmenden Mediums, also des Wärmeträgermediums, höher ist als die Austrittstemperatur des Mediums, das die Wärme abgegeben hat. Es ist bei gleicher Austauschfläche effektiver als das Gleichstromprinzip, bei welchem die beiden Medien in dieselbe Richtung fließen (vgl. Wagner 2009: 13 ff.).

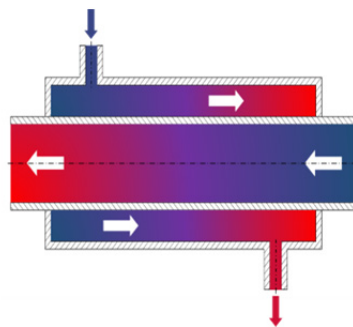
Ein großes Problem bei Abwasseranlagen ist die Ansammlung von Biofilm. Mikroorganismen nutzen die im Abwasser enthaltenen Nährstoffe für ihr Wachstum. Sie siedeln sich in einem wässrigen Medium auf jeder festen Oberfläche an. Bei üblichen Wärmetauschern verschmutzen deshalb die Oberflächen in Kontakt mit Abwasser relativ schnell. Sind im Abwasser ausreichend Nährstoffe vorhanden, entsteht ein mehrere Millimeter dicker Biofilm, der ständig wächst, sofern keine Reinigung stattfindet. Dieses Phänomen tritt verstärkt bei Abwassersystemen mit getrennten Grau- und Schwarzwasserleitungen auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass aufgrund der geringeren Strömungsgeschwindigkeit auch ein geringerer Spüleffekt auftritt, was wiederum zu einer stärkeren Verschmutzung auf dem Wärmetauscher führt. Diese Verschmutzung führt zu einer Verringerung des Vo-

lumenstroms und zu einer Erhöhung des Gegendrucks in der Leitung (vgl. Wanner 2009: 21). Biofilme verringern zudem den Wärmedurchgang vom Abwasser in den Wärmetauscher merklich, was wiederum zu einer Verschlechterung von dessen Wirkungsgrad führt. Die Leistung eines Wärmetauschers kann sich durch Biofilmbildung auf bis zu 60 Prozent der ursprünglichen Leistung reduzieren. Durch regelmäßige Reinigungen der Leitungen lässt sich diese wieder auf 80 Prozent erhöhen. Auch eine höhere Fließgeschwindigkeit, die durch einen höheren Volumenstrom bzw. ein steileres Rohrgefälle erreicht werden kann, ermöglicht die teilweise Abschwemmung des Biofilms (vgl. Buri/Kobel 2005: 7 ff.).

Implementiertes Wärmerückgewinnungssystem in der Salvador-Allende-Straße

In dem Gebäude wurde ein Doppelrohrwärmetauscher (siehe Abbildung 4) im Gegenstromprinzip für das häusliche Schmutzwasser, Schwarz- und Grauwasser, eingesetzt. Er ist durch seine einfache Bauart – Innenrohr mit Mantelrohr, das um dieses verläuft – gekennzeichnet. Durch das Innenrohr wird das Medium, welches die Wärme abgibt, und durch das Mantelrohr wird das Wärmeträgermedium, welches die Wärme aufnimmt, geleitet. Die in der Salvador-Allende-Straße verbauten Abwasserwärmeübertrager (siehe Abbildung 5) bestehen aus einem abwasserdurchströmten Gussrohr mit einer soledurchströmten Ummantelung aus Edelstahl sowie einer Wärmedämmung. Durch diese Anordnung und die Wärmedämmung werden der Einfluss der Umgebung minimiert und der Wärmeverlust verringert. Als Wärmeträgermedium wird Sole, also ein Wasser-Glykol-Gemisch eingesetzt. Die Dichte des Gemischs beläuft sich bei 20 °C auf 1028 kg/m³, die spezifische Wärmekapazität auf 3,88 kJ/(kg·K).

Abbildung 4: Doppelrohrwärmetauscher



Quelle: Lesk

Abbildung 5: Abwasserwärmetauscher



Quelle: ABGnova GmbH

Aus Gründen des Trinkwasserschutzes ist die Wärmerückgewinnungsanlage zudem so ausgelegt, dass der Wärmeaustausch über einen Zwischenkreislauf erfolgt. Auf diese Weise wird verhindert, dass sich Abwasser und Trinkwasser vermischen, da die Wärmeenergie zunächst vom Abwasser auf die Sole übertragen und von der Sole an die Wärmepumpe abgegeben wird, welche die Wärmeenergie dann wiederum an den Heizkreislauf weitergibt. Alle in der Salvador-Allende-Straße installierten Wärmeübertragermodule sind baugleich. Die wärmeübertragende Länge eines Doppelrohrwärmetauschers beträgt 4 m pro Element. Der innere Durchmesser des Innenrohrs beträgt 100 mm und der äußere Durchmesser des Innenrohrs 110 mm. Die Wärmedämmung ist rechteckig und hat eine Fläche von 270 x 270 mm.

Es wird angenommen, dass die Abwasserteilströme je nach Zusammensetzung eine Temperatur von 20 °C bis 25 °C aufweisen. Die vom Abwasser abgegebene Wärme soll zur Vorerwärmung des Trinkwarmwassers genutzt werden. Sie wird zunächst über die Soleflüssigkeit in zwei Solekältespeicher mit einem Fassungsvermögen von insgesamt 2.000 Litern geleitet und dort zwischengespeichert. Danach transportiert die Sole die gespeicherte Wärme zu einer Wärmepumpe, welche über eine auf dem Dach installierte PV-Anlage mit elektrischer Energie versorgt wird. Der Solekältespeicher kommt aufgrund der zeitlichen Abhängigkeit von Energieerzeugung und Wärmerückgewinnung zum Einsatz. Die damit verbundene Zwischenspeicherung in den Solekältespeichern dient der zeitlichen Entkopplung von Energieerzeugung über die PV-Anlage und Wärmerückgewinnung im Wärmetauscher. In der Wärmepumpe wird das Temperaturniveau mittels Kompression auf etwa 40 °C angehoben. Als Kältemittel wird R407C eingesetzt. Dieses setzt sich zu 23 Prozent aus Difluormethan, zu 25 Prozent aus Pentafluorethan und zu 52 Prozent aus 1,1,1,2-Tetrafluorethan zusammen. Die Wärmeenergie wird nun auf erhöhtem Temperaturniveau an das Heizwasser auf der Heizkreisseite abgegeben. Dieses wird wiederum zu einem Heizwasser-Niedertemperatur(NT)-Schichten-Pufferspeicher mit einem Fassungsvermögen von 800 Litern weitergeleitet. Diesem NT-Schichten-Pufferspeicher ist ein im Durchflusssystem arbeitender Vorerwärmer nachgeschaltet, in welchem das vom öffentlichen Versorgungsnetz gelieferte kalte Trinkwasser (rund 10 °C Eintrittstemperatur) vorerwärmt wird. Von hier aus wird dann das vorerwärmte Trinkwasser (etwa 35 °C) dem ebenfalls im Durchflusssystem arbeitenden Nacherwärmer zugeführt, in welchem es dann auf sein endgültiges Temperaturniveau von 60 °C erwärmt wird, bevor es an die Warmwasserverbrauchsstellen weitergeleitet wird. Die zum Erreichen des endgültigen Temperaturniveaus benötigte Wärme wird von einem Gas-Brennwertkessel erzeugt und dem Nacherwärmer zur Verfügung gestellt. Vom Trinkwarmwasserspeicher wird das Trinkwasser dann an die angeschlossenen Verbraucher verteilt.

Die voraussichtliche Deckung des Wärmebedarfs für die Warmwasserbereitung aus dem Abwasser wurde von der ABGnova GmbH vorab kalkuliert. Der spezifische Wärmebedarf für die Trinkwassererwärmung wurde mit zirka 20 kWh/(m²*a) angenommen. Die angegebene Fläche entspricht der Energiebezugsfläche und wurde entsprechend dem Passivhaus-Projektierungspaket² (PHPP) ausgelegt. Der endgültige Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung (WW) kann in Tabelle 1 in Kilowattstunden pro Jahr entnommen werden.

Tabelle 1: Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung (WW)

	Fläche m ²	Spez. Bedarf WW-Bereitung kWh/(m ² *a)	Bedarf WW-Bereitung kWh/a
Wohnen	6.237,4	20	124.748
Kita	581,9	20	11.638
Gesamt	6.819,3	40	136.386

Quelle: Lesk

Die angenommene anfallende Abwassermenge für alle drei Abwasserströme sowohl im Bereich Wohnen als auch in der Kita kann Tabelle 2 in Litern pro Tag bzw. in Kubikmetern pro Jahr entnommen werden. Der Indikator für die Abwassermenge ist die Trinkwassermenge pro Person und Tag. Bei Wasserspararmaturen, wie sie in der Salvador-Allende-Straße verbaut sind, kann von einem spezifischen Verbrauch von 90 l/(p*d) im Bereich Wohnen ausgegangen werden. Dieser Verbrauch setzt sich zusammen aus 30 l/(p*d) Grauwasser (Wasser aus Badewannen, Duschen und Handwaschbecken) und 60 l/(p*d) Schwarzwasser (Schwarzwasser aus WC sowie Abwasser aus Küchenspülbecken, Spül- und Waschmaschine). In der Kita wird von einem täglichen Trinkwasserverbrauch von 15 l/(p*d) ausgegangen. Daraus ergeben sich 5 l/(p*d) Grauwasser und 10 l/(p*d) Schwarzwasser.

Davon ausgehend, dass das häusliche Schmutzwasser und das Grauwasser um 5 Kelvin und das Schwarzwasser um 2 Kelvin abgekühlt werden, ergeben sich die in Tabelle 3 dargestellten Wärmemengen pro Jahr, nachdem sie von der Wärmepumpe auf ihr endgültiges Temperaturniveau gepumpt wurden.

2 Das PHPP ist ein Energiebilanzierungs- und Planungstool für effiziente Gebäude und Modernisierungen. Es liefert Ergebnisse für beispielsweise Heizwärmebedarf und Kühlbedarf.

Tabelle 2: Anfallende Abwassermenge pro Abwasserstrom bei den eingesetzten Wasserspararmaturen*

	Linke Gebäudehälfte ¹	Rechte Gebäudehälfte ¹	
	Häusliches Schmutzwasser	Grauwasser	Schwarzwasser
Wohnen			
Spez. Verbrauch	90 l/(p*d)	30 l/(p*d)	60 l/(p*d)
Verbrauch	7.722 l/d	1.782 l/d	3.564 l/d
Kita			
Spez. Verbrauch	15 l/(p*d)	5 l/(p*d)	10 l/(p*d)
Verbrauch	0 l/d	350 l/d	700 l/d
Gesamt			
Abwassermenge	7.722 l/d	2.132 l/d	4.264 l/d
Das entspricht	2.818,53 m³/a	778,18 m³/a	1.556,36 m³/a

* Grauwasser: Wasser aus Badewannen, Duschen und Handwaschbecken; Schwarzwasser: Schwarzwasser aus WC sowie Abwasser aus Küchenspülbecken, Spül- und Waschmaschine
¹ Vgl. Abbildung 3.

Quelle: Lesk

Tabelle 3: Deckung des Wärmebedarfs*

	Häusliches Schmutzwasser	Grauwasser	Schwarzwasser
Abwassermenge (m³/a)	2.819	778	1.556
Abkühlung (K)	5	5	2
Wärmemenge pro Kubikmeter (kWh/m³)	7,8	15,5	3,1
Wärmemenge pro Jahr (MWh/a)	22	6	5
Deckung des Wärmebedarfs (%)	16	4	4

* Grauwasser: Wasser aus Badewannen, Duschen und Handwaschbecken; Schwarzwasser: Schwarzwasser aus WC sowie Abwasser aus Küchenspülbecken, Spül- und Waschmaschine

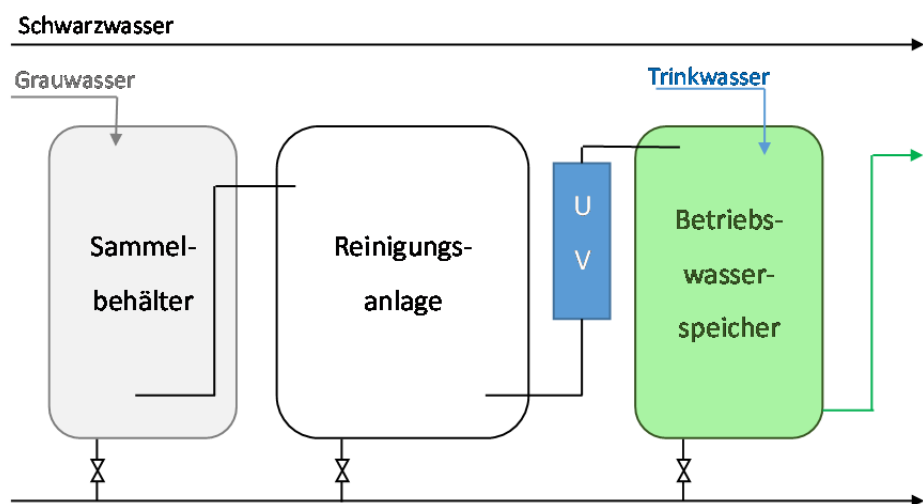
Quelle: Lesk

Mit den dem Abwasser entzogenen Wärmemengen lässt sich der Wärmebedarf nach ersten Berechnungen zu 24 Prozent decken.

Grauwassernutzung

Die Menge an Grauwasser, die in einem Haushalt anfällt, hängt von den Lebensgewohnheiten der Nutzerinnen und Nutzer ab. Als Betriebswasser bezeichnet man in diesem Fall das aufbereitete Grauwasser, das dort genutzt werden kann, wo keine Trinkwasserqualität erforderlich ist. Es wird meist für die Gartenbewässerung und die Toilettenspülung genutzt. Von rund 54 l/(p*d), die an Betriebswasserbedarf bestehen (Toilettenspülung, Raumreinigung, Gartenbewässerung, Wäschewaschen), hat die Toilettenspülung mit 33 Litern den größten Anteil (vgl. BDEW 2013). Durch den Einsatz von Betriebswasser an Stelle von Trinkwasser wird der Trinkwassereinsatz erheblich reduziert.

Abbildung 6: Schemata Grauwasserrecyclinganlage



Quelle: Lesk

In der rechten Gebäudehälfte ist wie beschrieben ein getrenntes Abwasserableitungssystem vorhanden, welches das Grauwasser aus Duschen, Badewannen und Handwaschbecken getrennt vom Schwarzwasser ableitet. Während das Schwarzwasser direkt in die Kanalisation geleitet wird, wird das Grauwasser in einen Behälter der Grauwasserrecyclinganlage transportiert, in welchem es zunächst gesammelt wird. Dies dient der gleichmäßigen Beschickung der Anlage.

Der Sammelbehälter muss zudem mit einem Notüberlauf ausgestattet sein, damit nichtgenutztes Grauwasser in die Kanalisation abgeführt und so ein Überlaufen verhindert werden kann. Das Grauwasser sollte möglichst eine mechanische und eine biologische Reinigungsstufe durchlaufen, um alle Feststoffe sowie geruchs- und schleimbildende Stoffe zu entfernen. Zudem sollte noch eine Hygienisierung stattfinden, um eventuell im Grauwasser vorhandene pathogene Keime abzutöten. Nach der Reinigung ist es notwendig, das Betriebswasser in einem weiteren Behälter zu speichern, damit es jederzeit zur Verfügung steht. Der Behälter sollte lichtundurchlässig sein, um Algenwachstum infolge von noch im Wasser enthaltenen Nährstoffen zu vermeiden. Für den Fall, dass nicht ausreichend Betriebswasser zur Verfügung steht, muss Trinkwasser in den Betriebswasserspeicher nachgespeist werden. Die Grauwasserrecyclinganlage muss zudem über ein vom Trinkwassersystem getrenntes Versorgungsnetz für das Betriebswasser verfügen.

Die Aufbereitung des Grauwassers in Abhängigkeit vom Verwendungszweck ist unabdingbar. Generell sollte das Betriebswasser nach der Aufbereitung hygienisch bzw. mikrobiologisch einwandfrei, farblos, klar und nahezu schwebstofffrei sein, und selbst nach mehrtägiger Lagerung sollten keine Geruchsemissionen von ihm ausgehen (vgl. Mehlhart/Zwerenz 2005: 13). Die hygienischen Anforderungen wurden im Auftrag der Berliner Senatsverwaltung erarbeitet und orientieren sich an der EU-Richtlinie für Badegewässer. Sie haben sich für den Einsatzbereich Toilettenspülung bewährt und werden hier genutzt.

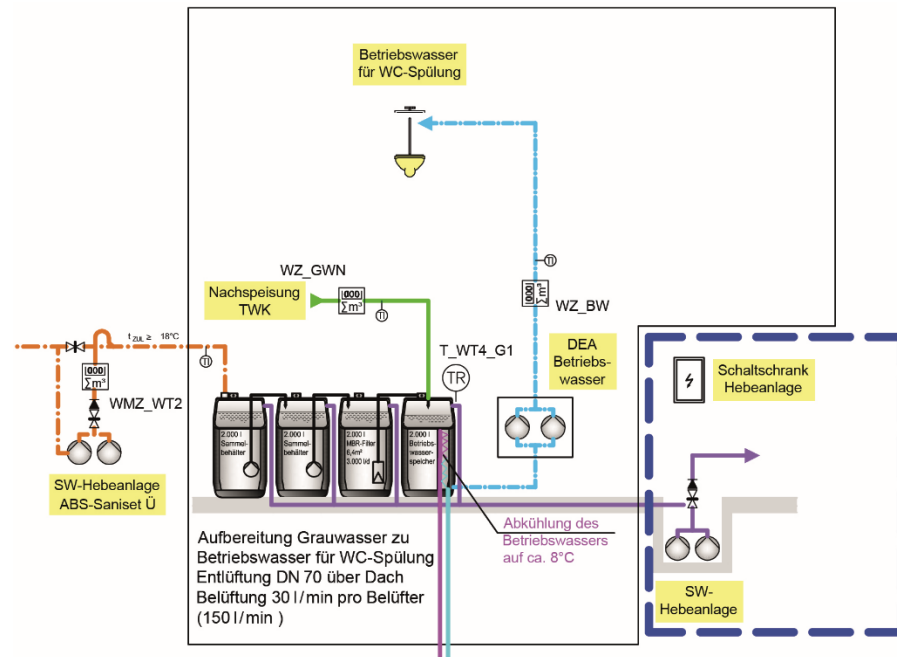
Implementierte Technik in der Salvador-Allende-Straße

Die Installation der Grauwasserrecyclinganlage in der Technikzentrale des Gebäudes Salvador-Allende-Straße wurde im Juli 2016 fertiggestellt. Die Inbetriebnahme erfolgte im November 2016, da 50 Prozent des Gebäudeteils, in welchem sich die Anlage befindet, bezogen worden sein müssen, um einen störungsfreien Betrieb der Anlage zu garantieren. Angeschlossen an die Anlage ist der anfallende Grauwasserstrom in der rechten Gebäudehälfte, der sich aus Handwaschbecken, Duschen und Badewannen ergibt (siehe Abbildung 7). Auf den Anschluss von Waschmaschinen, Spülmaschinen und Spülbecken wurde verzichtet, da das Abwasser aus diesen in der Regel eine höhere organische Belastung aufweist. Zudem reicht der Anteil aus Badewanne, Dusche und Handwaschbecken aus, um den Bedarf an Betriebswasser zur Toilettenspülung zu decken.

Ein automatisch ereignisgesteuerter, rückspülbarer und gegen Rückstau gesicherter Filter (Maschenweite < 0,6 mm) ist der biologischen Reinigungsstufe vorgeschaltet. Er filtert zunächst gröbere im Grauwasser enthaltene Schmutzstoffe aus dem zufließenden Dusch- und Badewasser heraus. Durch die zurückgehaltenen Inhaltsstoffe wird der Filter nach und nach zugesetzt. Sobald die Leistung des

Filters nachlässt, wird dieser mit dem aufbereiteten Betriebswasser rückgespült. Die anfallenden Feststoffpartikel werden so in die Kanalisation geschwemmt.

Abbildung 7: Prinzipschaltbild Grauwasserrecyclinganlage (ABG)



Quelle: ABG FRANKFURT HOLDING.

Die Beschickung der Anlage erfolgt im Batch-Verfahren. Dies bedeutet, dass die vier in Reihe geschalteten Reinigungsbehälter mit einem jeweiligen Fassungsvermögen von 350 Litern diskontinuierlich, in diesem Fall über Pumpen, beschickt werden. Eine diskontinuierliche Beschickung ist notwendig, da das Grauwasser eine bestimmte Zeit in den Reinigungsbehältern verweilen sollte (1 h bis 1,5 h), um eine ausreichende Zersetzung der Schmutzstoffe durch die Bakterien zu gewährleisten. Eine Ausnahme hierbei bilden die ersten beiden Reinigungsbehälter, die direkt und nicht über eine Pumpe miteinander verbunden sind. Diese Konstruktion hat unter anderem die Funktion eines Wasserpufferspeichers, während darin gleichzeitig eine Reinigung des Grauwassers stattfindet. Das Wasser wird im Wirbelbettverfahren unter Zufuhr von Sauerstoff gereinigt. Nach der Reinigung wird das Betriebswasser in einen Betriebswasserspeicher gepumpt. Die Versorgung der WC-Spülkästen mit Betriebswasser erfolgt über eine Doppelpumpenanlage mit nachgeschaltetem Membranausdehnungsgefäß. Im Betriebswasserspeicher fin-

det nochmals eine Wärmerückgewinnung statt. Die hier entzogene Wärme wird ebenfalls zunächst an die Sole-Kältespeicher geleitet.

Bei diesem Verfahren bilden sich schon nach kurzer Zeit unter Zufuhr von Sauerstoff Mikroorganismen auf dem freischwebenden Trägermaterial aus, welches aus Polyurethan-Schaum hergestellt wird. Der dazu benötigte Sauerstoff wird in Form von Umgebungsluft den Behältern über Pumpen zugeführt.

Das Wasser wird soweit gereinigt, dass es auch möglichst frei von Schwebstoffteilen ist. Die dabei entstehenden Sedimente in den einzelnen Reinigungsbehältern werden automatisch alle paar Tage abgezogen und dem Schmutzwasserkanal zugeführt. Nach der biologischen Reinigung werden die im Betriebswasser noch enthaltenen pathogenen Keime mittels UV-C-Lampen (40 Watt, 20.000 l/h max. Durchfluss, 2 bar max. Druck) durch deren ultraviolette Strahlung größtenteils abgetötet und das Wasser so desinfiziert. Auf diese Weise kann ein qualitativ hochwertiges Betriebswasser garantiert werden. Baugleiche Anlagen zeigen, dass durch die vorangegangene biologische Reinigung und die UV-Behandlung das Betriebswasser die erforderlichen hygienischen Parameter (vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2007: 23) erfüllen oder sogar übersteigen kann. Das soweit gereinigte Grauwasser wird daraufhin in den Betriebswasserspeicher geleitet.

Das aufbereitete Betriebswasser wird nach der Reinigung bis zu seiner Verwendung in einem Betriebswasserspeicher gespeichert. Dieser hat ein Fassungsvermögen von etwa 1 m³, wobei dieses aufgrund des Notüberlaufs nicht komplett nutzbar ist. Es kann demnach von einem nutzbaren Volumen von rund 850 l bis 900 l ausgegangen werden. Der Betriebswasserspeicher ist zudem gedämmt, um Kondensatbildung zu vermeiden. Das Betriebswasser wird für die WC-Spülungen, aber auch für die Filterrückspülung der mechanischen Vorreinigung verwendet. Seine Lagerfähigkeit ist nahezu unbeschränkt. Die Versorgung der Spülkästen mit Betriebswasser erfolgt über eine Doppelpumpanlage mit nachgeschaltetem Membranausdehnungsgefäß. Für den Fall, dass die Betriebswassermenge für die Toilettenspülung nicht ausreicht, wird Trinkwasser gemäß DIN EN 1717³ über einen freien Auslauf nachgespeist. Diese Maßnahme gewährleistet die Funktionssicherheit der Toilettenspülungen zu jedem Zeitpunkt.

Da das Grauwasser bei Eintritt in die Recyclinganlage normalerweise noch eine relativ hohe Temperatur von mindestens 18 °C aufweist, findet nach der Reini-

3 Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen (Technische Regel des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. [DVGW]).

gung nochmals eine Wärmerückgewinnung statt. Die hier entzogene Wärme wird ebenfalls zunächst an die Sole-Kältespeicher geleitet. Die Temperatur von 18 °C entspricht der Grenztemperatur, die das Grauwasser aufweisen muss, damit die biologischen Reinigungsprozesse ungestört vonstattengehen können. Die Wärmerückgewinnung findet im Betriebswasserspeicher statt. In diesem befindet sich ein spiralförmiges Wellrohr, welches als Wärmetauscher fungiert. Durch dieses wird das Wärmeträgermedium Sole geleitet, auf welches die Wärme des Betriebswassers übertragen wird. Die entzogene Wärme wird dann ebenfalls an die Solekältespeicher weitergeleitet. Das Betriebswasser soll in etwa auf 8 °C abgekühlt werden (vgl. Lesk 2016: 21 ff.).

Messtechnische Erfassung der Forschungsanlage

Die Anlagen des Forschungsprojektes werden so in die TGA (Technische Gebäudeausstattung) Installationen eingebunden, dass sie nach Ablauf der messtechnischen Erhebungen ohne Beeinträchtigung der Funktion der übrigen TGA-Anlagen entfernt oder stillgelegt werden könnten. Die Implementierung in der Salvador-Allende-Straße wurde im Projektverlauf geplant und aufgebaut. Sie wird nun auch nach Ende des Forschungsvorhabens netWORKS 3 weiter messtechnisch durch die ABGnova begleitet. Anhand des Monitorings soll geprüft werden, wie wirtschaftlich und ökologisch diese Anlagen sind und ob diese gegebenenfalls in anderen Bauobjekten wieder zum Einsatz kommen.

Das Monitoring wird die folgenden strategisch wichtigen Fragen beantworten, damit die entsprechende Entscheidung für zukünftige Bauvorhaben getroffen werden kann:

- Wie hoch sind die Wärmegewinnungspotenziale in unterschiedlichen Abwasserteilströmen (häusliches Schmutzwasser, Grauwasser, Schwarzwasser)?
- Wie hoch sind die Wärmegewinnungspotenziale in den Wärmetauschern, die über unterschiedliche Längen verfügen? Welche Länge ist ausreichend?
- Wie weit kann die Temperatur in den Abwasserströmen abgesenkt werden, ohne Probleme mit Ablagerungen (etwa ausfallenden Fetten) in den Rohren zu bekommen?
- Wie hoch ist die Haltbarkeit der Wärmetauscher im Betrieb (Verschmutzungsgrad nach Wärmeentzug)? Welcher Wartungsintervalle bedarf es?

Zudem werden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Wärmerückgewinnung unter Berücksichtigung der Investitionen sowie der laufenden Betriebskosten im Verhältnis zu den erzielten Wärmeerträgen und auch für die Betriebswasseraufbe-

reitung im Vergleich zur Einsparung von Trink- und Abwassergebühren durchgeführt, um hier nur die wichtigsten Fragestellungen des Monitorings zu benennen.

Die Forschungsanlage ist jedoch erst kurz vor Ende des Forschungsprojektes, im Oktober 2016, in Betrieb gegangen. Grund dafür ist, dass erst dann eine ausreichende Anzahl an Wohnungen vermietet und somit auch genügend Abwasser für die Inbetriebnahme der Anlage vorhanden war. Eine Darstellung der Betriebsergebnisse und Antworten auf die genannten Fragen ist daher hier nicht möglich.

Herausforderungen in der Umsetzung

Da diese Technik noch keine Standardtechnik ist, liegen auch kaum Erfahrungswerte für Planung und Ausschreibung vor. Es gibt nicht viele Firmen, die entsprechende Anlagen bauen – und wenn, dann steckt die Technik oft noch in den „Kinderschuhen“. Dies erschwerte Planung und Umsetzung seitens der ABG erheblich.

Zu Beginn der Ausschreibung wurde versucht, die komplette Haustechnik in einem „Los“ zusammenzufassen, d.h. einschließlich der Anlagen zur Abwasserwärmerückgewinnung und Grauwasseraufbereitung. Jedoch wurden so gut wie keine Angebote abgegeben, die den kompletten Umfang beinhalteten. Gründe hierfür sind fehlende oder zu geringe Erfahrungen der Bieter mit der hier erforderlichen Technik und insbesondere mit der Kombination von Wärmerückgewinnung, Grauwasserbehandlung und der nötigen Mess-, Steuer- und Regel-Technik (MSR-Technik).

Die Ausschreibung musste deshalb nochmals abgeändert werden. Es wurden die Bestandteile Abwasserwärmerückgewinnung, Grauwasserrecyclinganlage, MSR-Technik und PV-Anlage getrennt ausgeschrieben. Dies erschwerte selbstverständlich die Planung und das Arbeiten auf der Baustelle. Das Schnittstellenmanagement und das Risiko lagen somit bei der ABG. Es ist einfacher und sicherer für die Wohnungsbaugesellschaft, wenn eine Firma einen Großteil dieser Arbeiten im Paket übernehmen kann.

Information und Kommunikation mit den Mietern

Die Grauwasserrecyclinganlage versorgt eine Hälfte des Gebäudes mit Betriebswasser für die Toilettenspülung. Die andere Hälfte des Gebäudes wird im Standard versorgt, d.h. mit Trinkwasser. Die Wohnungen, welche über die Aufbereitungsanlage versorgt werden, haben Wasserzähler. Diese messen den Verbrauch

an Betriebswasser, so dass individuell abgerechnet werden kann. Die Mieter wurden bereits im Vorfeld, bei der Wohnungsbesichtigung, über den Einsatz dieser Grauwasserrecyclinganlage und Betriebswasserbereitstellung informiert. Im Mietvertrag wird zudem in einer entsprechenden Anlage über die Installation informiert.

Bevor die Anlage in Betrieb geht, wird ein Blauwassertest durchgeführt. Das Betriebswasser wird mit Lebensmittelfarbe „blau“ eingefärbt. Somit kann überprüft werden, ob alle Leitungen richtig installiert wurden und das Betriebswasser nur für die Toilettenspülung verwendet wird. Diese Prüfung findet vor der Inbetriebnahme der Anlage statt und ist für die Mieter transparent und nachvollziehbar. Dies soll ihnen ein Gefühl der Sicherheit vermitteln.

Literatur

- ABG (2015): Baubeschreibung Forschungsprojekt, Internes Dokument.
- ABGnova GmbH (2013): Praxiswissen Passivhaus. Erfahrungen der ABG FRANKFURT HOLDING – Frankfurt am Main – Neubau energieeffizienter Geschoßwohnungen, Frankfurt am Main.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz in Zusammenarbeit mit der juris GmbH (2015): Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz-EEWärmeG).
- Bundesregierung (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, https://www.bundesregierung.de/Content/Archiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (28.06.2016).
- BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.: Die öffentliche Wasserversorgung in Deutschland, [https://bdew.de/internet.nsf/id/7277607F9D0C6A63C1257BB7002797D6/\\$file/Wasserversorgung%20-%20Mitgliederbereich%20August%202013.pdf](https://bdew.de/internet.nsf/id/7277607F9D0C6A63C1257BB7002797D6/$file/Wasserversorgung%20-%20Mitgliederbereich%20August%202013.pdf) (30.06.2016).
- Buri, R., und B. Kobel (2005): Energie aus Kanalabwasser, Osnabrück/Bern.
- Döbler, J. (2015): Wärme aus Abwasser, in: Wärmerückgewinnung aus Abwassersystemen, Essen.
- Hamann, A. (2015): Grundlagen der Abwasserwärmenutzung, Stuttgart.
- Lesk, J. (2016): Erstellung eines Messkonzeptes für die Salvador-Allende-Straße hinsichtlich Beurteilung Abwasserwärmenutzung für die Trinkwarmwasserversorgung des Gebäudes sowie der Grauwasserrecyclinganlage. Bachelorthesis zur Erlangung des akademischen Grades, Nordhausen.
- Mehlhart, G., und A. Zwerenz (2005): Grauwasser-Recycling: Planungsgrundlagen und Betriebshinweise, Darmstadt.
- Müller, E., F. Schmid, W. Stodtmeister und B. Kobel (2005): Heizen und Kühlen mit Abwasser, Zürich.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2007): Innovative Wasserkonzepte (Betriebswassernutzung in Gebäuden), Berlin.
- Seybold, C., A. Vogt, M. F. Brunk und C. van Treueck (2015): Potential der dezentralen Wärmerückgewinnung aus häuslichem Abwasser, Essen.
- Stodtmeister, W. (2015): Vorwort, in: Wärmerückgewinnung aus Abwassersystemen, Essen.
- Wagner, W. (2009): Wärmetauscher: Grundlagen, Aufbau und Funktion thermischer Apparate, Würzburg.
- Wanner, O. (2009): Wärmerückgewinnung aus Abwasser, Dübendorf.

C

Bewertung der Systemalternativen



Stoffstromanalyse

Ziel der Stoffstromanalyse

Die Stoffstromanalyse hat sich als Methode zur Erfassung von Stoff- und Materialströmen, Dienstleistungen und Verfahren bewährt (vgl. Baccini/Brunner 1991; Brunner/Rechberger 2004). Sie erlaubt es, Potenziale zur Verbesserung der Nachhaltigkeit (Reduzierung des Ressourcen- und Energieverbrauchs, Mobilisierung von Wertstoffen, Verringerung von Emissionen usw.) zu erkennen. Durch die Bilanzierung der Input- und Outputdaten können Effizienzsteigerungsmaßnahmen besser identifiziert werden. Auch wird es möglich, die unterschiedlichen Ströme und Bilanzen verschiedener Handlungsoptionen miteinander zu vergleichen.

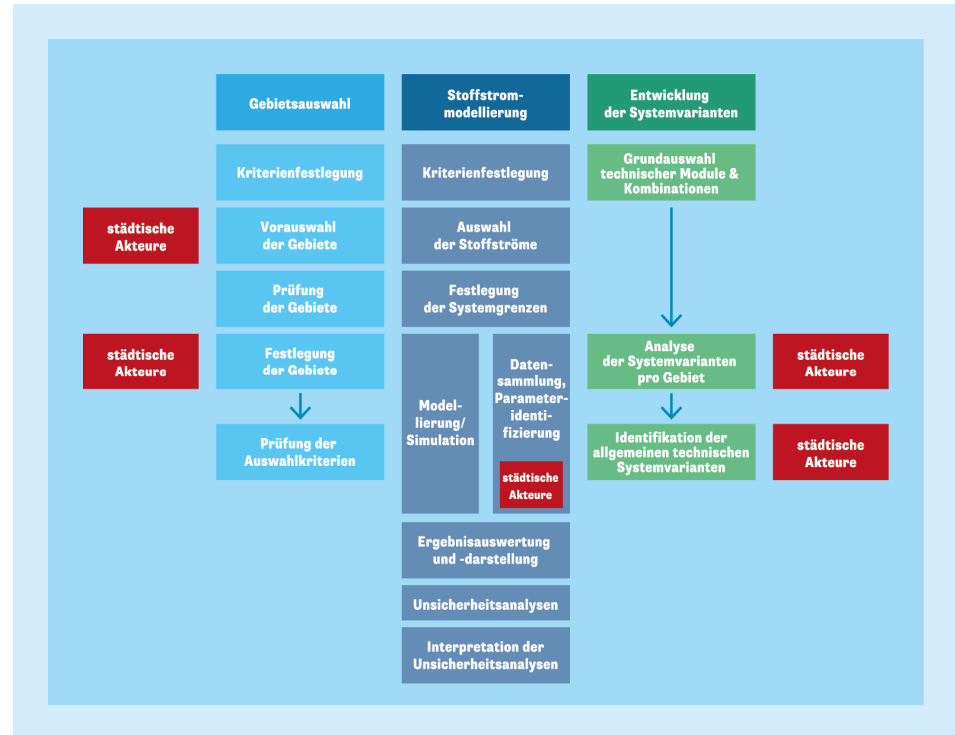
Das Ziel der Stoffstromanalyse in diesem Fall war es, mithilfe von Szenarien (technische Systemvarianten, siehe Beitrag B2) die Potenziale der Umnutzung und weitgehenden Umgestaltung der Wasserinfrastruktur anhand der relevanten Stoffströme Wasser, Energie, Stickstoff und Phosphor für ausgewählte Modellgebiete in den Städten Frankfurt am Main und Hamburg abzuschätzen. So sollten die Grundlagen für eine Bewertung gelegt werden, die dann eine rationale Entscheidung über die angemessene Evolution der technischen Infrastruktur ermöglicht. Mittels der Stoffstromanalyse erhält man Informationen zur Effizienzsteigerung der Teilströme und zur stärkeren Schließung der lokalen Kreisläufe.

Methodisches Vorgehen

Die Stoffstromanalyse war geprägt von der Auswahl der technischen Systemvarianten (siehe Beitrag B2) und der Gebiete (siehe Beitrag B4). Sie umfasste die Arbeitsschritte Softwareauswahl, Auswahl der betrachteten Stoffströme, Festlegung der Systemgrenzen, Daten- und Parameteridentifizierung, Modellierung, Ergeb-

nisauswertung und -interpretation, Unsicherheitsanalyse und deren Interpretation (siehe auch Abbildung 1). Das Vorgehen ist im Detail beschrieben in Baccini/Bader (1996).

Abbildung 1: Der Arbeitsstrang „Stoffstrommodellierung“ in seinem zeitlichen Verlauf parallel zur Entwicklung von Gebietsauswahl und Systemvarianten



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Als Software wurde SIMBOX der Forschungsanstalt Eawag, Schweiz, ausgewählt. SIMBOX ist ein Computerprogramm zur Simulation/Modellierung von Energie-, Materie-, Stoff- und Geldflüssen in anthropogenen Systemen, das 1991 entwickelt wurde und bis heute weiterentwickelt wird (vgl. Bader/Scheidegger 2012). Es wurde schon häufig für die Modellierung von Wasserinfrastruktursystemen eingesetzt (z.B. Meinzinger 2010; Kenway et al. 2013; Woltersdorf 2016). Wesentlicher Grund für die Wahl von SIMBOX war neben der Leistungsfähigkeit des Programms der angebotene inhaltliche Austausch bezüglich der Stoffstrommodellierung neuartiger Wasserinfrastrukturen.

Als Stoffströme wurden Wasser, Energie und die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff ausgewählt. Phosphor und Stickstoff wurden gewählt, weil es sich bei beiden um Makronährstoffe handelt und ihnen in der Abwasserbehandlung wie auch der Pflanzenernährung eine herausgehobene Rolle zukommt. Im Fokus der Stoffstromuntersuchungen lag die Betriebsphase. Die Bauphase der Infrastrukturen wurde nicht berücksichtigt. Sowohl Energie als auch Nährstoffe spielen für eine sichere und nachhaltige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung eine große Rolle, insbesondere mit Blick auf Gewässerschutz und Ressourcennutzung. Wasser als zentrales Produkt in der Versorgung und als Transportmedium in der Entsorgung stellt die Basis dar, von der ausgehend die Stoffströme betrachtet wurden.

Für die Stoffstromanalyse war es wichtig, ihren räumlichen und zeitlichen Rahmen, häufig als Systemgrenzen bezeichnet, festzulegen. Die räumlichen Systemgrenzen sind auf Modellgebietsebene der beiden Städte die im B-Plan-Verfahren festgesetzten Grenzen, in den Abbildungen zu den technischen Systemvarianten als „Quartiersgrenze“ gekennzeichnet. Als Bezugsjahr für die Daten wurde das Jahr 2012 gewählt. Jedoch stammen nicht alle eingesetzten bzw. genutzten Daten in den Analysen aus 2012, da nicht alle benötigten Daten vorhanden waren. Als Betrachtungszeitraum für die Bilanz wurde die Zeitspanne von einem Jahr gewählt, da die meisten relevanten Daten für die durchzuführenden Analysen jährlich ermittelt werden und auf Jahresebene verfügbar sind.

Die Stoffströme der ausgewählten technischen Systemvarianten wurden innerhalb der oben beschriebenen Systemgrenzen für die Gebiete modelliert. Die betrachteten Inputs in den Modellgebieten waren dabei Trinkwasser, Energie, Nährstoffe und Niederschläge. Als Outputs waren (Ab-)Wässer (in verschiedenen Qualitäten), Energie, Reststoffe und Verluste zu betrachten. Bei der Modellierung der Stoffströme erfolgten Input-Output-Analysen. Dabei wurden die Prozesse Trinkwasserbereitstellung, Abwasser- und Klärschlammbehandlung, Energieproduktion während der Behandlung sowie Nährstoffelimination als „Black Boxes“ betrachtet. Detaillierte Prozessschritte oder Teilprozesse innerhalb eines Prozesses wurden nicht betrachtet.

Modellierung der Stoffströme

Die Bilanzierung des Wasserstroms erfolgte in der Referenzvariante (R) anhand der Eingangs- bzw. Ausgangsgrößen Trinkwasser und häusliches Abwasser sowie Niederschlags-/Regenwasser und in den neuartigen Systemen (V1 und V2) als Trinkwasser, Grauwasser, Schwarzwasser, gereinigtes Grauwasser bzw. Betriebswasser und Niederschlags-/Regenwasser. In den Modellgebieten wurde mit

einer Infiltrations- und Exfiltrationsrate von 0 Prozent gerechnet. Es wird nämlich davon ausgegangen, dass aufgrund der Neuinstallation/-verlegung der Leitungen/Kanäle kein Fremdwassereintritt bzw. keine Wasserverluste aus den Kanälen in den ersten Jahren (und damit im Bilanzzeitraum) auftreten werden.

In den Modellgebieten geht ein geringer Wasseranteil im Gebiet „verloren“. Dieser basiert auf den Aktivitäten Raumreinigung, Autopflege, Gartenbewässerung, Essen und Trinken (vgl. BDEW 2015). Der Verlust wurde auf Basis der BDEW-Angaben für diese Aktivitäten mit 6 Prozent veranschlagt und wird im weiteren Beitrag als „TW-Verluste“ geführt. In Frankfurt wurde mit einem Trinkwasserbedarf von 143 l/(E*d) gerechnet (vgl. Hessisches Statistisches Landesamt 2012), und für die Hamburger Gebiete wurde ein durchschnittlicher Trinkwasserbedarf von 139 l/(E*d) für Gebiet D und 111 l/(E*a) für Gebiet E (weniger bzw. kein Kleingewerbe) angesetzt. Für weitere Details zur Wassermodellierung und auch zu den anderen Stoffströmen siehe Davoudi et al. (2016). Auch Informationen zu den aufgesetzten Gleichungen, den eingesetzten Daten und Parametern sowie zu den durchgeführten Sensitivitäts- und Monte-Carlo-Analysen finden sich dort.

Bei der Energiemodellierung wurden der Strom- und Wärmebedarf für die Trinkwasserbereitstellung, Abwasserableitung, Abwasser- und Klärschlammbehandlung, Biogasaufbereitung sowie Wärmerückgewinnung berücksichtigt. Darüber hinaus wurden die entsprechend dem Wasser-Energie-Nexus der jeweiligen Systemvariante produzierten Energiemengen in Form von Strom, Wärme, Biogas und Biomethan mithilfe des Modells bilanziert. Ebenso wurde bilanziert, wie hoch der maximal theoretisch mögliche Deckungsgrad des Wärmebedarfs von Haushalten für Warmwasser und Heizung durch die Wärmerückgewinnung ist. Die Bilanzierung des Gesamtenergiebedarfs von Haushalten war jedoch nicht Untersuchungsgegenstand in dieser Arbeit. Es wurden nur die Energieströme betrachtet, die mit der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung/-behandlung in Verbindung stehen. Die Ergebnisse zur Wärmerückgewinnung aus dem Ab-/Grauwasser stellen die theoretisch maximal mögliche Wärmerückgewinnung aus den Abwasserströmen dar. Für die Kalkulation der möglichen Wärmerückgewinnung wurden für die Temperaturabsenkung des Abwassers aus dem Mischwasserkanal eine Wärmeentnahme von 1 K, aus dem Grauwasser auf Blockebene 10 K und auf Quartiersebene 8 K angenommen.

Die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff wurden über die Phosphor- und Stickstoffgehalte im Abwasser sowie auch über die Phosphorgehalte in Gärresten usw. berücksichtigt und bilanziert. Es wurde nicht bilanziert, wie viel Nährstoffe durch Nahrung, Reinigungsmittel usw. in Haushalte kommen bzw. dort vorhanden sind. Hier wurden die Outputs aus den Haushalten/Städten (z.B. Phosphor im Abwasser) als Input für die Analysen betrachtet. Als Datenbasis für die beiden konventio-

nellen Systemvarianten (R) wurden die Leitfäden der DWA (2011a; b) herangezogen. Bei den eingesetzten Parametern für die Phosphor- und Stickstoffbilanzierung der neuartigen Systemvarianten bestehen noch große Unsicherheiten. Als Ausgangsbasis dienten die Werte des DWA-Themenbandes Neuartige Sanitärsysteme (NASS) (DWA 2008a). Wo möglich, wurden diese Werte durch gemessene Daten aus Pilotprojekten oder, wo diese nicht vorhanden waren, über Daten der Anlagenauslegung von Projekten, die sich in der Implementierung befinden, herangezogen. Dies gilt insbesondere für den HAMBURG WATER Cycle® (HWC) und im Fall der Systemvariante KonvGrau für den Grauwasserstrom.

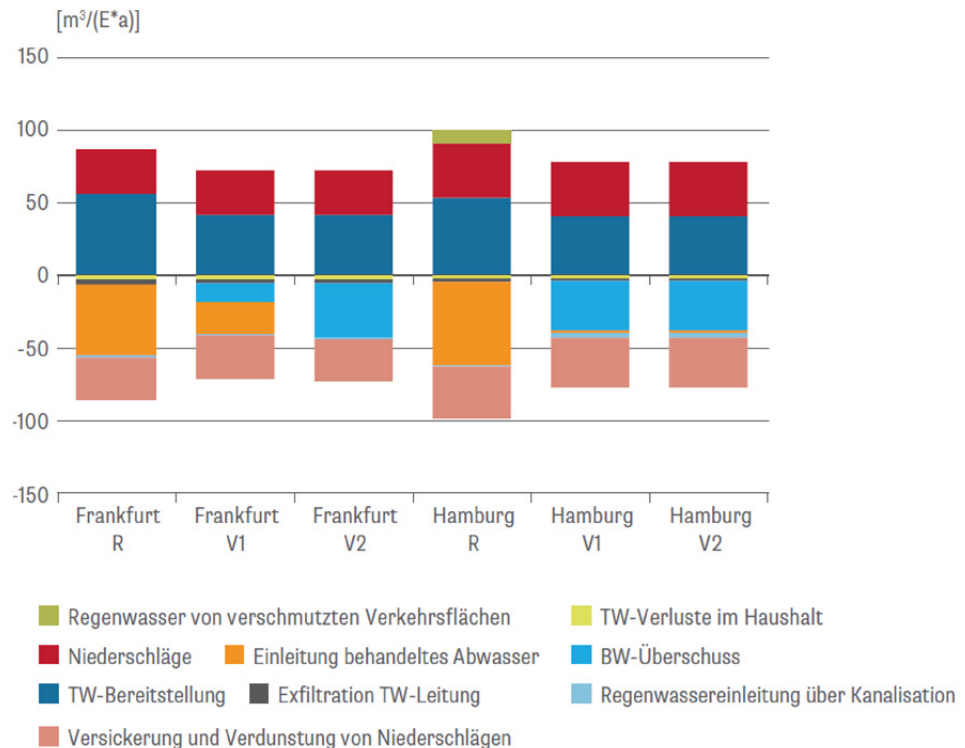
Ergebnisse am Beispiel zweier Modellgebiete in Frankfurt am Main und Hamburg

Die Ergebnisse der Stoffstromanalyse sind vielfältig. Daher können hier nur Auszüge exemplarisch vorgestellt werden, die sich auf die folgenden beiden Modellgebiete in Frankfurt am Main und Hamburg beziehen: Modellgebiet A, Wohnbebauung einer bisher temporär bzw. extensiv genutzten Fläche in Frankfurt bzw. Modellgebiet E, Wohnungsbau/Nachverdichtung mit hohem Anteil an sozialem Wohnungsbau in Hamburg. Weitere Ergebnisse auf Modellgebietsebene und zur Gesamtstadt finden sich in Davoudi et al. (2016) und Davoudi (2016).

Um eine Vergleichbarkeit zwischen den beiden Gebieten herzustellen, werden die Stoffflüsse pro Einwohner (E) und Jahr (a) angegeben. Das in Frankfurt betrachtete Gebiet geht von einer Gesamtzahl von 3.000 E, das Hamburger Gebiet von 900 E aus.

Wasserströme

Abbildung 2: Stoffstromdarstellung der Wasserflüsse beider Modellgebiete in m^3 pro Einwohner und Jahr



R = Referenz, V1/V2 = neuartige Varianten; TW = Trinkwasser, BW = Betriebswasser

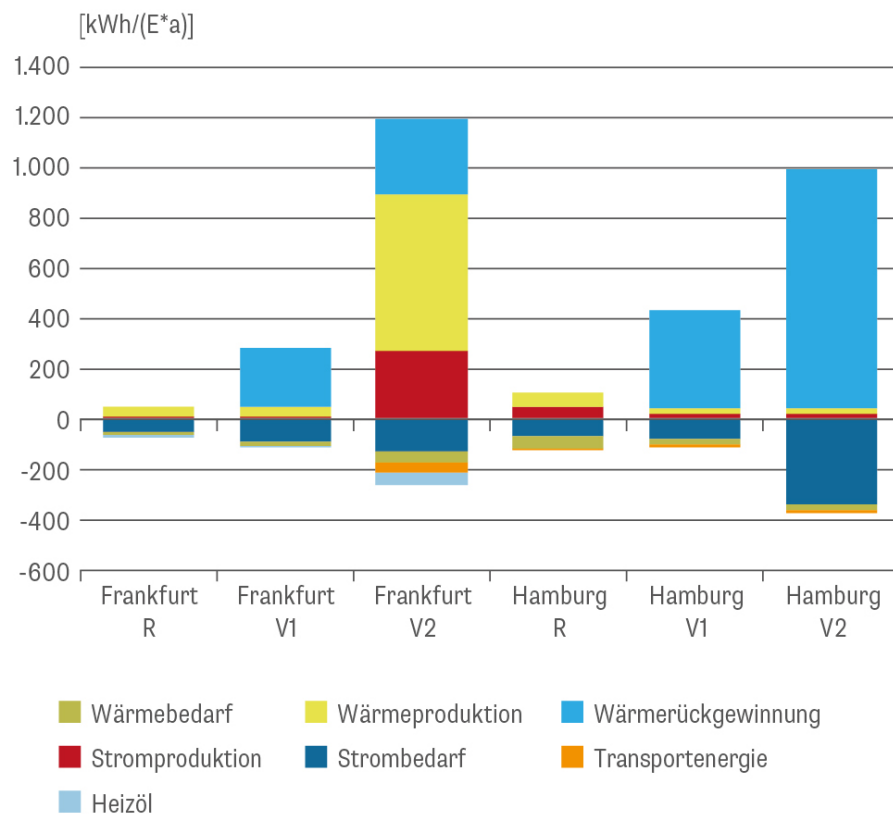
Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Es lässt sich feststellen, dass durch die Einführung von neuartigen Systemvarianten mit Betriebswassernutzung Trinkwassereinsparungen von 24 Prozent bzw. 27 Prozent zu erzielen sind, das entspricht $13\text{--}15 \text{ m}^3/(\text{E} \cdot \text{a})$. Dieses Ergebnis bezieht sich nur auf den Einsatz des Betriebswassers zur Toilettenspülung. Werden weitere Einsatzorte wie z.B. Waschmaschinen und Geschirrspülmaschinen möglich, ist noch eine weitergehende Reduzierung denkbar. Allerdings wird auch sichtbar, dass immer noch ein erheblicher Betriebswasserüberschuss auf lokaler Ebene erzeugt wird. Dies gilt insbesondere für die Systemvarianten, in denen die Schwarzwasserableitung mittels Unterdruck (Vakuum) erfolgt (V2 in Frankfurt, V1/V2 in Hamburg). Das produzierte Betriebswasser könnte einem anderen Nutzungszweck etwa außerhalb des Gebiets zugeführt werden. Ebenso kann es klein-

räumig versickert oder in ein Gewässer eingeleitet werden. Nicht immer wird die Versickerung oder auch Einleitung möglich sein, so dass dem Errichten der Systemalternative eine sorgfältige Planung der Verwertung bzw. Wiedereinleitung/Rückführung in den Naturhaushalt vorangehen sollte.

Energieströme

Abbildung 3: Stoffstromdarstellung der Energieflüsse beider Modellgebiete in kWh pro Einwohner und Jahr



R = Referenz, V1/V2 = neuartige Varianten

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

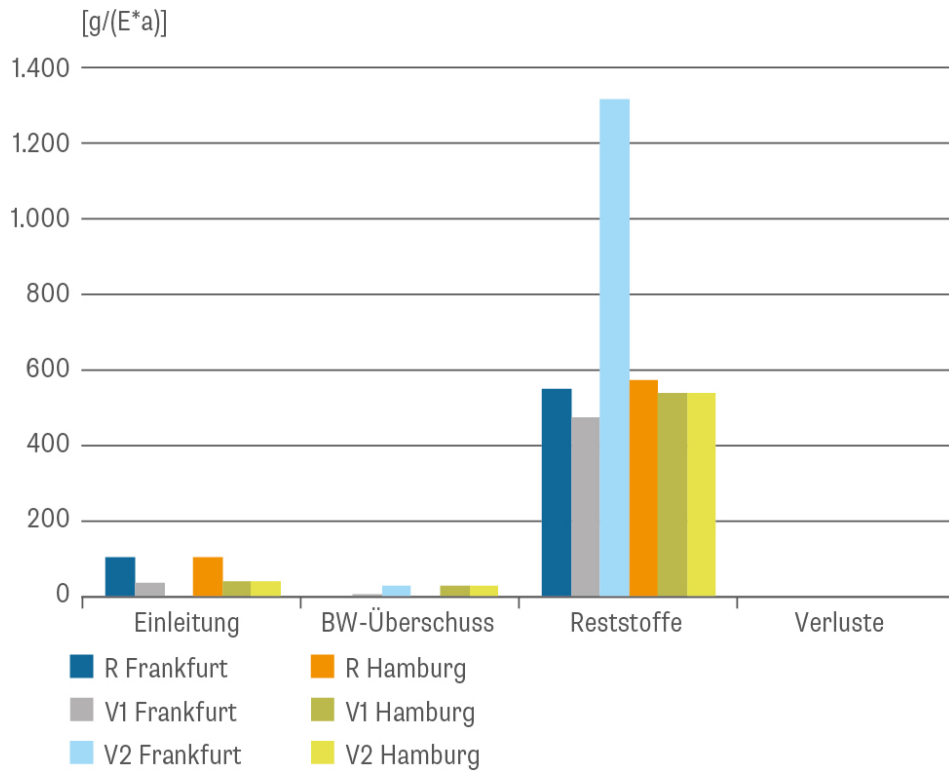
Wie Abbildung 3 zeigt, stellt sich die Frankfurter Variante V2 (HWC) (siehe Beitrag B2) bezüglich der Stromproduktion und auch dem maximalen Wärmepotenzial in der Bilanz als energetisch am günstigsten dar. Dies liegt jedoch auch daran (siehe Beitrag B2), dass große Mengen an zusätzlichen Co-Substraten (Fettwasser: 2,43 t/[E*a]; Rasenschnitt: 2,8 t/[E*a], beides nicht innerhalb der betrachteten Systemgrenzen des Gebiets erzeugt) zugegeben werden, um bei der Vergärung des Schwarzwassers eine gute Biogasproduktion zu erzielen. In Hamburg werden ebenfalls bei allen drei Systemvarianten Co-Substrate in der Vergärung auf der Kläranlage eingesetzt, die Mengen sind jedoch im Vergleich zu V2 in Frankfurt deutlich geringer.

Die Unterschiede im Strombedarf zwischen den Hamburger neuartigen Varianten und dem Referenzsystem beruhen auf der Ableitung des Schwarzwassers mittels Unterdruck. Zusätzlich kommt für die Variante V2 noch die überquartierliche Wärmerückgewinnung aus umliegenden Mischkanälen hinzu. Dies macht einerseits den noch höheren Strombedarf, andererseits das deutlich größere Potenzial zur Wärmerückgewinnung aus, wie der direkte Vergleich zwischen V1 und V2 (Hamburg) zeigt.

Kritisch zu prüfen ist genau die Wärmerückgewinnung. Diese zeigt in der Stoffstrombilanzierung ein erhebliches Potenzial auf und scheint eine attraktive Ergänzung zu den sich stärker in der Diskussion befindlichen alternativen Energiequellen zu sein. Wie jedoch aus der Praxis bekannt, ist an vielen Stellen eine Entnahme aus bestehenden Kanalsystemen aufgrund der Gegebenheiten nicht immer möglich, dies wirtschaftlich wie technisch. Inwiefern sich hier auch noch weitere Einschränkungen bei der Prüfung von semizentralen und dezentralen Lösungen z.B. aufgrund von Skaleneffekten ergeben werden, ist derzeit schwierig abzusehen. Jedoch scheint insbesondere eine Rückgewinnung aus dem Grauwasserstrom interessant, der ja auch der Wasserstrom mit dem größeren Wärmeanteil aus Bad/Dusche und Wasch-/Spülmaschinen ist. Dies gilt insbesondere für Gebiete, in denen die Rückgewinnungsorte einerseits nahe am Entstehungsort der Wärme und andererseits nahe am zukünftigen Verbraucher liegen.

Nährstoffströme

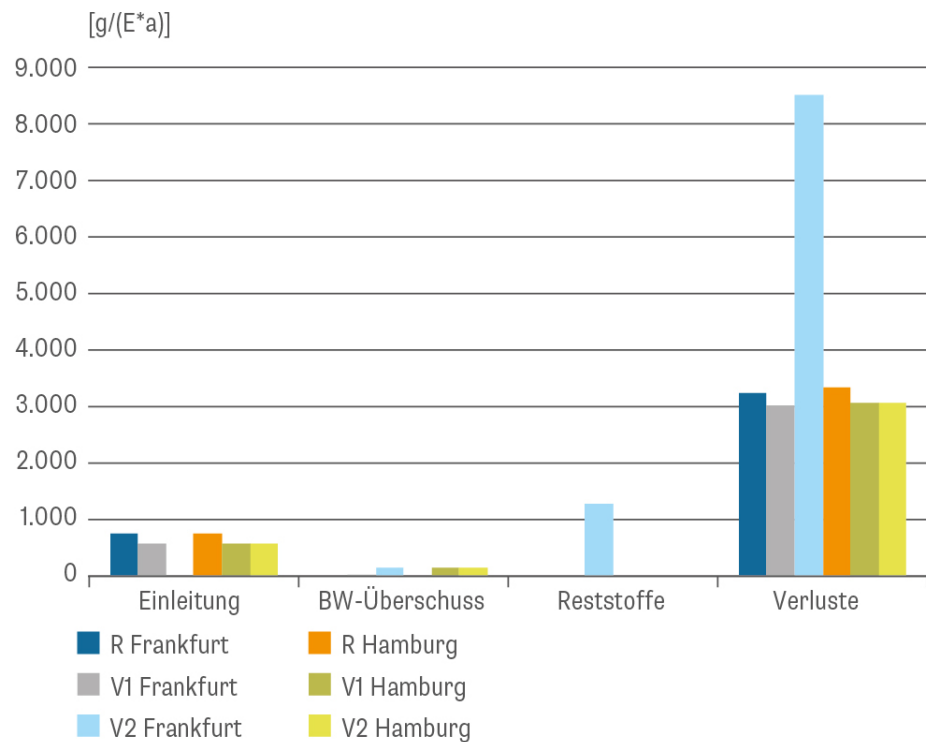
Abbildung 4: Stoffstromdarstellung der Nährstoffflüsse beider Modellgebiete in g pro Einwohner und Jahr: Phosphor



R = Referenz, V1/V2 = neuartige Varianten; TW = Trinkwasser, BW = Betriebswasser

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Abbildung 5: Stoffstromdarstellung der Nährstoffflüsse beider Modellgebiete in g pro Einwohner und Jahr: Stickstoff



R = Referenz, V1/V2 = neuartige Varianten; TW = Trinkwasser, BW = Betriebswasser

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Bezüglich der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor zeichnet sich ab, dass durch die Stoffstromtrennung eine Reduzierung der Belastung der Gewässer möglich ist. Neuartige Verfahren erzielen hier bessere Reinigungsergebnisse. So lassen sich Einleitungen ins Gewässer für Stickstoff und Phosphor in beiden Gebieten teils deutlich reduzieren. Zudem werden die Stickstoffverluste im Falle von V2 des Frankfurter Gebiets nicht mehr durch Verbrennung in die Atmosphäre entweichen, sondern gelangen in die Gärreste. Hier ist es im nächsten Schritt wichtig, auf eine gute Rückführung in den Kreislauf, etwa als Dünger, zu achten. Phosphor wird in den Systemvarianten, die auf dem konventionellen System basieren, in beiden Städten zu großen Teilen in der Asche festgelegt, in Hamburg wird die Asche auf einer rückholbaren Monodeponierung zwischengelagert. Nur V2 (Frankfurt) geht hier mit den Gärresten einen anderen Weg, über den Phosphor direkt zurück in den Kreislauf gelangt. Grundsätzlich wurde festgestellt, dass auf Teilstromtrennung basierende Systemalternativen die Möglichkeit bieten, die Ein-

leitung ins Gewässer weiter zu reduzieren und somit die Überdüngung von Flüssen und Meeren zu verringern.

Weiterführende Ergebnisdiskussion

Die Bilanzierung pro Einwohner erlaubt einen gewissen Vergleich zwischen den beiden Städten, auch wenn darauf hinzuweisen ist, dass in den Eingabeparametern selbstverständlich die stadtsspezifischen Werte berücksichtigt wurden. Nimmt man die beiden konventionellen Systeme (Referenzsysteme) in den Blick, wird sichtbar, dass das Hamburger System besser abschneidet als das Frankfurter. Grund hierfür ist der Umgang mit dem Klärschlamm. In Frankfurt wird dieser unter Zugabe von Heizöl verbrannt, während er in Hamburg zunächst einer Faulung und damit Biogasproduktion zugeführt wird, bevor die Gärreste ebenfalls verbrannt und thermisch verwertet werden.

Die Abbildungen machen auch den Einfluss der konventionellen Variante sichtbar. Teils bauen die neuartigen Systemvarianten auf dem Referenzsystem zumindest in Teilen auf (V1 in Frankfurt, V1 und V2 in Hamburg) oder sind als Zwischenvarianten in einem längeren Übergangszeitraum zu begreifen. Die Ergebnisse der neuartigen Varianten werden an dieser Stelle von der konventionellen Variante beeinflusst – wie etwa im Falle der Phosphorfestlegung in der Asche. Also: Solange nur der Grauwasserstrom transformiert wird und die Schwarzwasserableitung und -behandlung weiter konventionell erfolgen, kann eine Ressourceneffizienzsteigerung nur in geringerem Maße erreicht werden. Allerdings zeigen diese neuartigen Varianten auch auf, wie eine schrittweise Transformation möglich wird: zunächst Fokus auf Grauwasser, später auf alle Stoffströme.

Interessant sind weiterhin die Auswirkungen der Unterdruckableitung des Schwarzwassers auf den Wasser- und Energiestrom. Zum einen steigt der Strombedarf aufgrund des Betriebs des Unterdrucksystems. Zum anderen steigt der Betriebswasserüberschuss, siehe etwa den Unterschied zwischen V1 und V2 in Frankfurt. Durch den Unterdruck wird eine deutlich geringere Menge Wasser zur Spülung der Toiletten benötigt, und es steht mehr Betriebswasser für andere Zwecke zur Verfügung. Dieses Beispiel zeigt sehr anschaulich die Interdependenzen zwischen den verschiedenen Stoffströmen durch die Wahl einer bestimmten technischen Lösung.

Ausblick und Einordnung

Mithilfe der Stoffstromanalyse konnte gezeigt werden, dass neuartige Systemvarianten die Wasserressourceneffizienz steigern können. So kann etwa durch das Grauwasserrecycling und den Einsatz von Betriebswasser allein für die Toilettenspülung eine Trinkwassereinsparung von 24 bis 30 Prozent (Spanne berücksichtigt die Ergebnisse aller fünf Modellgebiete) erreicht werden. Auch die Wärmenutzung aus Abwasser kann je nach spezifischer Quartierslage und örtlichen Gegebenheiten eine attraktive Ergänzung zu den sich in der Diskussion befindlichen alternativen Energiequellen sein.

Der Blick auf die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor zeigt, dass auch hier ein ressourceneffizienterer Umgang möglich wird und z.B. Stickstoffemissionen verringert werden können: So kann etwa eine Verbrennung des Klärschlammes gegebenenfalls vermieden werden, wenn andere Systemalternativen und damit Reststoffe ins Spiel kommen (vgl. DWA 2008a). Besonderes Augenmerk ist jedoch hier auf die richtige Verwertung der Reststoffe zu legen (vgl. Winker et al. 2009), um tatsächlich eine Effizienzsteigerung und Reduzierung des Umwelteintrags zu erreichen.

Die Analyse hat darüber hinaus gezeigt, wie wichtig und elementar es ist, über eine möglichst gute Datenlage zu verfügen. Da bislang neuartige Systemvarianten nur in kleinem Maßstab realisiert wurden, liegen für den de-/semizentralen Bereich vor allem Plandaten und nur erste Erfahrungswerte vor. Zudem basieren die Modellierungen auf Wasserverbrauchsmustern, die ursprünglich in den 1970/80er-Jahren erhoben wurden und nicht mehr zeitgemäß sind (vgl. TZW 2015). Systemvarianten mit Stoffstromtrennung können darauf sehr sensibel reagieren; Grund ist die dort angelegte differenziertere Abwassererfassung. Die Ergebnisse sind somit als Orientierungswerte einzuschätzen, die gewisse Unsicherheiten enthalten.

Literatur

- Baccini, P., und P. Brunner (1991): Metabolism of the Anthroposphere, Berlin/Heidelberg.
- Baccini, P., und H.-P. Bader (1996): Regionaler Stoffhaushalt, Heidelberg.
- Bader, H.-P., und R. Scheidegger (2012): MMFA Framework. Eawag – Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Dübendorf, Schweiz.
- BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2015): Trinkwasserverwendung im Haushalt 2014, [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/3852C5217E9FD4E1C125786C004274E7/\\$file/Trinkwasserverwendung%20im%20HH%202014-Anteile.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/3852C5217E9FD4E1C125786C004274E7/$file/Trinkwasserverwendung%20im%20HH%202014-Anteile.pdf) (14.02.2016).
- Brunner, P., und H. Rechberger (2004): Practical handbook of material flow analysis, Boca Raton/London/New York/Washington D.C.
- Davoudi, A. (2016): Stoff- und Nutzwertanalysen als Beitrag zur Optimierung von Wasserinfrastruktursystemen (Eingereicht).
- Davoudi, A., D. Milosevic, R. Scheidegger, E. Schramm und M. Winker (2016): Stoffstromanalyse zu verschiedenen Wasserinfrastruktursystemen in Frankfurter und Hamburger Quartieren (netWORKS-Papers, Nr. 30).
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2008a): Neuartige Sanitärsysteme (NASS). DWA-Themenband, Hennef.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2008b): DWA Regelwerk. Merkblatt DWA-M114. Energie aus Abwasser – Wärme- und Lageenergie, Hennef.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2011a): Leitfaden Nr. 2-13 Betrieb von Abwasseranlagen. Die Phosphorbilanz im kommunalen Abwasser, Hennef.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2011b): Leitfaden Nr. 2-14 Betrieb von Abwasseranlagen. Die Stickstoffbilanz im kommunalen Abwasser, Hennef.
- Hessisches Statistisches Landesamt (2012): Statistische Berichte, https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/HEHeft_derivate_00001260/QI1-3j10.pdf;jsessionid=B9D93EAE80AE296617E79DB4FFDBB162 (12.03.2015).
- Kenway, S., R. Scheidegger, T. Larsen, P. Lanta und H.-P. Bader (2013): Water-related energy in households: A model designed to understand the current state and simulate possible measures, in: Energy and Buildings, 58, S. 378–389.
- Meininger, F. (2010): Resource efficiency of urban sanitation systems: a comparative assessment using material and energy flow analysis. Technische Universität Hamburg-Harburg (Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Nr. 75).
- TZW – Technologiezentrum Wasser (2015): Aktualisierung der Verbrauchsganglinien für Haushalte, öffentliche Gebäude und Kleingewerbe sowie Entwicklung eines Modells zur Simulation des Wasserbedarfs. DVGW Forschungsvorhaben W 10-01-11, http://www.tzw.de/de/projekte/rohrnetz/aktualisierung_der_verbrauchsg-619/ (22.10.2015).
- Winker, M., B. Vinnerås, A. Muskulos, U. Arnold und J. Clemens (2009): Fertiliser products from new sanitation systems: Their potential values and risks, in: Bioresource Technology, 100 (18), S. 4090–4096.
- Woltersdorf, L. (2016): Evaluating alternative water sources and their use for small-holder agriculture from a systemic perspective. A focus on water reuse and rainwater harvesting in Namibia. Institut für Physische Geografie, Goethe Universität Frankfurt, Frankfurt am Main (Frankfurt Hydrology Paper, Nr. 15).

Abschätzung der Treibhausgas-emissionen

Einleitung

Mit 10,8 Mio t CO₂eq im Jahr 2014 in Deutschland ist der Anteil an den gesamten Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen), welcher der Kategorie „Abfall und Abwasser“ zuzuordnen ist, gering (vgl. UBA 2016). Während für andere Sektoren deutliche Reduzierungen der zukünftigen Emissionen prognostiziert werden, trifft dies für die Kategorie „Abwasser“ nicht in diesem Maße zu. In den Zukunftsprojektionen (vgl. UBA 2013) wird beim Abwasser nur die Reduktion von abflusslosen Gruben und von Konsumveränderungen betrachtet. Folglich sollte die Abwasserinfrastruktur noch bezüglich weiterer Einsparpotenziale überprüft werden. In diesem Zusammenhang sind vor allem der Verbrauch fossiler Energieträger und die damit zusammenhängenden CO₂-Emissionen interessant, die bei der Bereitstellung und Erwärmung von Trinkwasser sowie der Ableitung und Behandlung von Abwasser auftreten. Des Weiteren können Emissionen bei der Denitrifikation in der biologischen Reinigungsstufe (Lachgas) und bei der Schlammvergärung (Methan) entstehen. Der Parameter zur Messung des Treibhauspotenzials sind dabei die CO₂-Äquivalente¹ (CO₂eq), die alle treibhausrelevanten Gase umfassen. Um mögliche Potenziale zur Emissionsreduktion zu identifizieren, lautet die Leitfrage: Welche Systemvarianten haben die höchsten bzw. die niedrigsten CO₂eq-Emissionen? Und wie stark unterscheiden sich die Emissionswerte der verschiedenen Systemvarianten voneinander? Für die betrachteten Gebiete und ihre Systemvarianten (siehe Beiträge B2 und B4) wurde eine Abschätzung der Treibhaus-

1 CO₂eq umfassen nicht nur das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid, sondern auch weitere, darunter Methan, Distickstoffoxid (Lachgas), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe sowie Schwefelhexafluorid und Stickstofftrifluorid. Diese werden mittels entsprechender Faktoren zu CO₂ in Relation gesetzt und aufaddiert.

gasemissionen durchgeführt. Diese geht als Parameter für „Energie und Klimaschutz“ in die Bewertung ein (siehe Beitrag C5).

Konzeptionelles Vorgehen

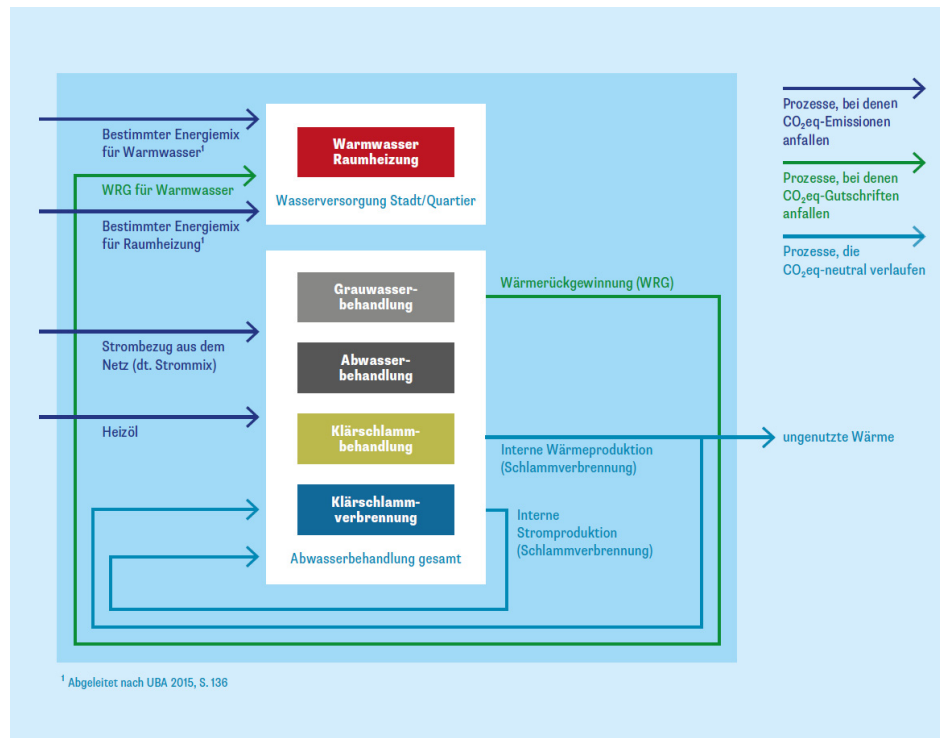
Der Energiesektor ist die größte Quelle von Kohlenstoffdioxidemissionen (vgl. UBA 2016), da hier immer noch große Anteile fossiler Energieträger verwendet werden. Die Abschätzung der Treibhausgase basiert daher auf der zuvor durchgeführten Energiebilanzierung. Die Emissionsfaktoren der verschiedenen Energieträger wurden den Datenbanken ProBas des Umweltbundesamtes (vgl. hierzu ProBas 2016a) und GEMIS des Internationalen Instituts für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (vgl. IINAS 2016) entnommen. Beide Organisationen kooperieren miteinander und verwenden größtenteils die gleichen Datensätze für Lebenszyklusanalysen. In der Datenbank finden sich Angaben zu CO₂eq-Faktoren verschiedenster Produkte und Prozesse. Dabei wird zwischen direkten und indirekten Emissionen unterschieden. Während die direkten Emissionen unmittelbar vom Prozess ausgehen, sind in den indirekten Emissionen die vorgelagerten Prozessketten berücksichtigt² (vgl. ProBas 2016b). Daher wurden immer jene Datensätze ausgewählt, welche die Vorkette, also die indirekten Emissionen, mit berücksichtigen. Aus Mangel an Daten wurde bei der Wärmerückgewinnung darauf verzichtet, die Vorkette für die Herstellung von Wärmetauschern und weiterem Equipment zu berücksichtigen.

Zunächst wurden die verschiedenen Energieträger bestimmt, die bei der Abwasserbehandlung sowie für die häusliche Warmwasserbereitung und die Raumheizung eingesetzt werden. Durch die Stoffstrommodellierung sind die bei der Abwasserbehandlung zum Einsatz kommenden Energieträger bekannt. Dies sind die klimaneutralen Energieträger Klärschlamm und Biogas, durch die auf der Kläranlage Strom und Wärme generiert werden. In Frankfurt am Main wird zusätzlich ein geringer Anteil Heizöl eingesetzt, um die Klärschlammverbrennung zu unterstützen. Zusätzlich wird auf den Kläranlagen beider Städte Strom aus dem deutschen Stromnetz („deutscher Strommix“) bezogen. Für die Bereitstellung von Warmwasser und Raumheizung in der Stadt bzw. im Quartier wurde auf die „Daten zur Umwelt“ (UBA 2015a: 136) zurückgegriffen. Dort ist dargestellt, welche Energieträger hierzu im bundesdeutschen Durchschnitt eingesetzt werden. Mit den Experten/Fachverantwortlichen wurde geprüft, ob die Zusammensetzung der

2 Dies ist beispielsweise bei der Stromproduktion von Bedeutung. Dort fallen die Emissionen nicht am Ort der Nutzung, sondern in den Kraftwerken an. Andere Energieträger, wie beispielsweise Dieselmotorkraftstoff, emittieren vor allem direkt – aber auch hier existiert eine Vorkette für deren Herstellung.

Energieträger für die Gebiete realistisch ist oder angepasst werden muss. In den Frankfurter Modellgebieten wird beispielsweise überwiegend mit Erdgas geheizt, und Mineralöl kommt so gut wie nicht zum Einsatz (vgl. Utesch 2015). Daher wurde der Posten „Mineralöl“ aus dem Energiemix herausgenommen, die anderen Energieträger blieben ihren Anteilen nach erhalten. In den Modellgebieten, in denen ein Fernwärmeanschluss möglich wäre, wurde der Posten „Mineralöl“ durch „Fernwärme“ ersetzt. Die Emissionsfaktoren aller Energieträger, die hier eine Rolle spielen, wurden der oben genannten Datenbank entnommen.

Abbildung 1: Betrachtete Energieflüsse am Beispiel des Modellgebiets A¹, Systemvariante V2 mit Wärmerückgewinnung (WRG) und Grauwassertrennung



1 Zur Codierung der Modellgebiete A–E in Frankfurt am Main und Hamburg vgl. Beitrag B4.

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Treibhausrelevante Gase, die bei der Abwasserbehandlung vor allem direkt emittiert werden, sind Methan und Lachgas. Sie haben ein um den Faktor 21 (Methan) bzw. 310 (Lachgas) höheres Treibhauspotenzial (auch „GWP“ – Global Warming Potential) als CO₂ (vgl. UNFCCC 2014) und können daher schon in geringeren Konzentrationen relevant sein. Die Datenlage zu diesen Emissionen ist uneinheit-

lich, und die Messwerte variieren verfahrens- und anlagenspezifisch sehr stark (vgl. z.B. Future Water 2016; Daelman 2014; Law et al. 2012; Kampschreur et al. 2009). Eine Aussage darüber, welchen Anteil die direkten Emissionen im Vergleich zu den energiebedingten CO₂-Emissionen an den Gesamtemissionen einer Kläranlage ausmachen, ist schwierig. Angaben schwanken zwischen 20 und über 50 Prozent (vgl. Daelman et al. 2013; DWA o.J.a). Gesicherte Standardrechenwerte oder eine standardisierte Messtechnik existieren bislang nicht, erste Richtwerte sind in Arbeit (DWA o.J.a; b). Nur wenige messtechnisch fundierte Emissionsdaten für das Gesamtsystem Kläranlage liegen vor, und es gibt kein mathematisches Modell, das die THG-Emissionen eines derartigen Gesamtsystems vorhersagen kann (vgl. Future Water 2016). Die zahlreiche Literatur in diesem Bereich umfasst meist spezifische Fallstudien, die sich zudem hauptsächlich auf konventionelle Kläranlagen beziehen. Aus diesen Gründen wurde darauf verzichtet, Schätzungen zu Methan- und Lachgasemissionen mit aufzunehmen. Die CO₂eq wurden in Tonnen (t) pro Jahr (a) für jedes Modellgebiet und dessen Systemvarianten berechnet.

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die betrachteten Energieflüsse für die Treibhausgasabschätzung in der Systemvariante V2 des Modellgebiets A in Frankfurt am Main. Die Energie aus der Wärmerückgewinnung ergänzt hier die konventionelle Erwärmung des Trinkwassers. Hieraus ergeben sich Gutschriften in Höhe des Emissionsfaktors, der für die konventionelle Trinkwassererwärmung angesetzt wurde, und des Anteils der konventionellen Erwärmung, der dadurch ersetzt werden kann. Andere Prozesse verlaufen CO₂eq-neutral. So setzt die Verbrennung von Klärschlamm keine fossilen CO₂-Emissionen frei. Der daraus generierte Strom erfährt aber auch keine Gutschrift, weil sich der Prozess vom Referenzsystem nicht unterscheidet.

Ergebnisse und Diskussion

Die absoluten Werte variieren zwischen den Modellgebieten in einer Spannweite von 395 bis 4231 CO₂eq t/a. Dies liegt an den unterschiedlichen Größen der Gebiete. Das kleinste zählt 750, das größte 7200 Einwohner (E). Um die Systemvarianten vergleichen zu können, zeigt Tabelle 1 die CO₂eq-Emissionen/1000 (E*a) für die einzelnen Systemvarianten.

Tabelle 1: Darstellung der CO₂eq in t CO₂eq/(1000 E*a) für die verschiedenen Systemvarianten Wärmerückgewinnung = WRG.

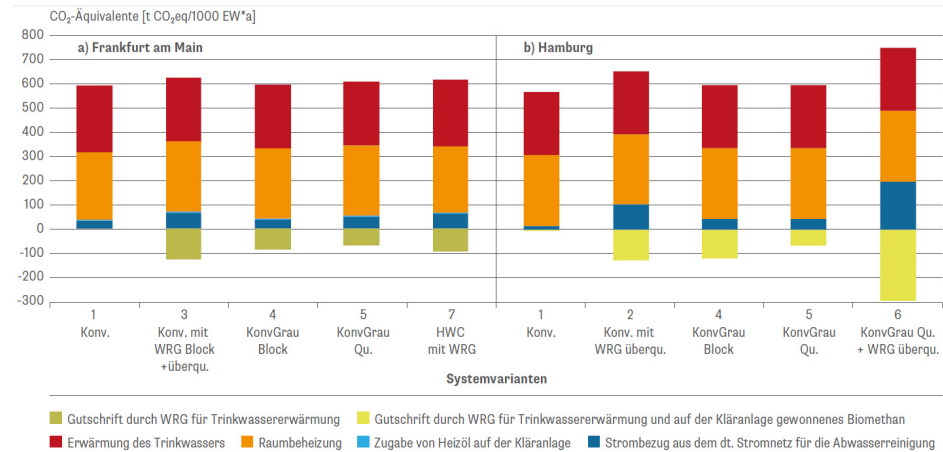
Systemvariante / Betriebsebene	Frankfurt am Main (a)	Hamburg (b)
(1) konv. ¹	590	567
(2) konv. mit WRG/überquartierlich	-	528
(3) konv. mit WRG/Block + überquartierlich	499	-
(4) konvGrau/Block	508	475
(5) konvGrau/Quartier	538	527
(6) konvGrau/Quartier. + WRG/überquartierlich	-	455
(7) HWC mit WRG/Quartier	523	-

1 Konventionelles System; für weitere Abkürzungen/Erläuterungen der Bezugssysteme siehe Beitrag B2

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Die CO₂eq-Emissionen unterscheiden sich zwischen den einzelnen Systemvarianten nicht sehr stark. Die Unterschiede zwischen Minimal- und Maximalwerten betragen in Frankfurt am Main 15 Prozent, in Hamburg 20 Prozent. Die niedrigsten CO₂eq-Emissionen erreichen die Varianten 6b „KonvGrau auf Quartiersebene mit überquartierlicher Wärmerückgewinnung“ (entspricht Modellgebiet E, V2), 4b „KonvGrau auf Blockebene“ (entspricht Modellgebiet E, V1) sowie 3a „konventionell mit Wärmerückgewinnung auf Blockebene und überquartierlich“ (entspricht Modellgebiet D, V2) (siehe Beitrag B2, Übersicht 1). Die konventionellen Systeme (1a und 1b; entspricht jeweils dem Referenzsystem) schneiden im Vergleich am schlechtesten ab. Dass die Werte generell nicht stark differieren, ist darauf zurückzuführen, dass der größte Anteil an Energie für Raumheizung und Trinkwassererwärmung im Quartier aufgewendet wird. Dieser Anteil bleibt von der Gestaltung der Systemvarianten weitestgehend unbeeinflusst.

Abbildung 2: Darstellung der CO₂eq-Emissionen (in Tonnen CO₂eq pro 1.000 E und Jahr) nach Quellen und nach Systemvarianten für Frankfurt am Main und Hamburg. Die CO₂eq-neutralen Prozesse werden in der Abbildung nicht dargestellt, da sie nicht relevant sind



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Die Differenzierung nach Prozessen, bei denen CO₂eq-Emissionen bzw. CO₂eq-Gutschriften anfallen, zeigt Abbildung 2. Hier wird sichtbar, dass Trinkwassererwärmung und Raumbeheizung den größten Anteil einnehmen. Dass die gleichen Systemvarianten in den Hamburger Modellgebieten gegenüber den Frankfurtern etwas besser abschneiden, liegt daran, dass der Stromverbrauch aus dem Stromnetz für den Kläranlagenbetrieb in Hamburg etwas niedriger ist: rund 15 t CO₂eq/(1.000 E*a) für das konventionelle System gegenüber rund 33 t CO₂eq/(1.000 E*a) in Frankfurt. Betrachtet man ausschließlich die Hamburger Systemvarianten, so macht sich ein vergleichsweise starker Unterschied bemerkbar zwischen dem konventionellen System (1b) und „KonvGrau auf Quartiersebene mit überquartierlicher Wärmerückgewinnung“ (6b). Letztere Variante schneidet am besten ab. Sie hat die höchste Gutschrift, allerdings auch den höchsten Stromverbrauch. Im Gegensatz dazu zeichnet sich „KonvGrau auf Blockebene“ (4b) durch geringeren Stromverbrauch aus, doch auch die Gutschrift fällt niedriger aus. Die Frankfurter Systemvariante „konventionell mit Wärmerückgewinnung auf Blockebene und überquartierlich“ (3a) zeichnet sich auch durch ein gutes Verhältnis zwischen Gutschrift und Stromverbrauch aus und bringt Vorteile gegenüber der Hamburger Variante „konventionell mit WRG überquartierlich“ (2b), wo auf der Blockebene keine Wärmerückgewinnung stattfindet. Vergleicht man die „KonvGrau“-Varianten auf Block- und Quartiersebene (4a/b sowie 5a/b), so fällt auf, dass sowohl in Frankfurt als auch in Hamburg die Blockebene gegenüber der Quartiersebene besser abschneidet. Dies liegt u.a. daran, dass die Verluste auf Blockebene geringer als auf Quartiersebene sind und daher mehr Wärme rück-

gewonnen werden kann (siehe Beitrag C1). Demgegenüber steht die Variante 6b, bei der Wärme sowohl auf Quartiersebene als auch überquartierlich rückgewonnen wird. Dass diese Variante gegenüber den „Block-Varianten“ besser abschneidet, liegt an der in diesem Falle zusätzlichen Wärmekapazität, die aus den umliegenden Abwasserkanälen eingespeist werden kann. Je nach Gegebenheiten kann sich die überquartierliche Wärmerückgewinnung als sehr effizient erweisen, wenn sich im umliegenden Gebiet besonders große Kanäle befinden.

Der Anteil der Gutschriften, aber auch die Emissionen durch Trinkwassererwärmung und Raumheizung sind maßgeblich davon bestimmt, welche Energieträger zugrunde gelegt werden. Bei den derzeitigen Annahmen zeigen die Systemvarianten mit Wärmerückgewinnung (alle bis auf 1a und 1b) einen geringen Vorteil, weil der dafür notwendige Stromverbrauch und die damit zusammenhängenden Emissionen geringer sind als jene, welche die konventionelle Trinkwassererwärmung (im Gebiet) verursacht.

Durch Wärmerückgewinnung können unterschiedliche Anteile der konventionellen Trinkwassererwärmung ersetzt werden – im Minimalfall 26 bis 27 Prozent (in den Varianten 5a und 5b, bei denen Wärmerückgewinnung auf Quartiersebene stattfindet) und im Maximalfall 114 Prozent in der Variante 6b, bei der überquartierliche Wärmerückgewinnung hinzukommt. Wo hingegen nur überquartierliche Wärmerückgewinnung in den betrachteten Gebieten durchgeführt wird (Variante 2b), sind es 49 Prozent. Zu beachten ist hierbei, dass es sich lediglich um theoretische Wärmerückgewinnungspotenziale handelt, die in der Praxis meist deutlich geringer ausfallen. Allerdings korreliert der Anteil an rückgewonnener Wärme auch mit dem Einsatz von Strom aus dem deutschen Stromnetz. Der Strommix wiederum hängt nicht mit den innovativen Systemlösungen zusammen. Eine Optimierung der Abwasserbehandlung hat somit keinen großen Einfluss auf die Gesamtemissionen, da eine höhere Wärmerückgewinnungsrate auch einen größeren Stromverbrauch bedeutet. Was das Verhältnis von Emissionen durch den Stromeinsatz und Gutschriften durch Wärmerückgewinnung angeht (vgl. Abbildung 2), so liefert 4b das „beste“ Verhältnis (36 Prozent Stromemissionen am Anteil der Gutschrift), diese Variante schneidet in absoluten Zahlen am zweitbesten ab. Das „schlechteste“ Verhältnis hat Variante 2b, bei der der Stromemissionsanteil 81 Prozent der Gutschriften ausmacht (diese Variante schneidet in absoluten Zahlen unter allen Varianten der Wärmerückgewinnung am zweitschlechtesten ab).

Ein Vergleich mit anderen Studien, die Treibhausgasemissionen auf Kläranlagen berechnen, ist schwierig. Es liegen nur wenige, meist fallspezifische Ergebnisse vor, und diese arbeiten mit anderen Einheiten. Beispielsweise kommen Gustavsson/Tumlin (2013) auf Werte bei skandinavischen Kläranlagen zwischen 7 und

108 kg CO₂eq/(EWG*a). Die in dieser Studie berechneten Werte (abzüglich Raumheizung und Warmwasser) belaufen sich für die konventionellen Systeme auf rund 36 (Frankfurt) bzw. 15 (Hamburg) kg CO₂eq/(E*a). Die Gründe für die unterschiedlichen Ergebnisse auszumachen ist schwierig, da die Berechnungsgrundlagen nicht dieselben sind. Greenpeace (2014) kommt auf einen deutlich höheren Wert von 370 kg CO₂eq/(E*a) für den Bereich Abwasser. Auskünfte, was darin alles berücksichtigt wurde, stehen nicht zur Verfügung.

Auch ist darauf hinzuweisen, dass die Daten zur Umwelt (vgl. UBA 2015b) für den Bereich Wohnen bezüglich Raumwärme und Warmwasser die Emissionswerte von 2,3 t CO₂eq/(E*a) ausweisen. Die hier berechneten Emissionen, die Raumwärme, Warmwasser sowie Abwasserbehandlung beinhalten, belaufen sich auf 0,5 bis 0,6 t CO₂eq/(E*a) und liegen damit niedriger. Die Diskrepanz lässt sich nicht abschließend aufklären. Eine mögliche Erklärung könnte darin liegen, dass hier stadt- bzw. quartiersspezifische Werte betrachtet wurden, die vom bundesdeutschen Durchschnitt abweichen. In der UBA-Studie (2015b) wurden bundesdeutsche Durchschnittswerte herangezogen, die beispielsweise auch nichtgedämmte Wohnungen oder Gebäude mit geringerer Bewohnerdichte (und somit höherem Energieverbrauch) einbeziehen.

Ausblick

Ein sehr großer Unterschied zwischen konventionellen Systemen einerseits und neuartigen Systemvarianten andererseits lässt sich im Hinblick auf CO₂eq-Emissionen nicht feststellen, obgleich Letztere durchweg besser abschneiden. So besitzen sie durchaus Potenzial zum Klimaschutz. Die berechneten neuartigen Varianten für Frankfurt zeigen Einsparungspotenziale von 7 bis 20 Prozent, die für Hamburg von 9 bis 15 Prozent auf. Allerdings zeigt die Untersuchung auch, dass nicht die Treibhausgasemissionen, die durch die Abwasserbehandlung in der Kläranlage anfallen, maßgeblich sind, sondern insbesondere jene im Haushalt, die bei der Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser entstehen. Weil der Anteil an THG-Emissionen des Abwassersektors im Vergleich zu anderen Sektoren zukünftig größer wird, ist es wichtig, insbesondere auch in diesem Feld Anstrengungen zur Emissionsreduktion zu unternehmen. Mögliche Klimaschutzpotenziale sollten daher bei vertretbarem Aufwand nicht außer Acht gelassen werden.

Es ist möglich, dass die Treibhausgasemissionen der Abwasserbehandlung in diesem Fall unterschätzt wurden. Es gibt nämlich keine verlässlichen Zahlen zu direkten Emissionen, insbesondere Lachgas und Methan, die hätten verwendet werden können. Hier wird weiterer Forschungsbedarf deutlich. Dies gilt sowohl für konventionelle Kläranlagen als auch für neuartige Sanitärsysteme. Vor allem im

Hinblick auf neuartige Sanitärsysteme fehlen standardisierte Daten sowohl zu direkten als auch zu indirekten Treibhausgasemissionen, auf die man sich in (theoretischen) Forschungsarbeiten beziehen kann.

Literatur

- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2015): ReLaKo – Reduktionspotenzial bei den Lachgasemissionen aus Kläranlagen durch Optimierung des Betriebes, Wien.
- Daelman, M. R. J. (2014): Emissions of methane and nitrous oxide from full-scale municipal wastewater treatment plants. Habilitationsschrift, Technische Universität Delft, Niederlande.
- Daelman, M. R. J., E. M. van Voorthuizen, L. G. J. M. van Dongen, E. I. P. Volcke und M. C. M. van Loosdrecht (2013): Methane and nitrous oxide emissions from municipal wastewater treatment – results from a long-term study, in: Water Science and Technology, 67 (10), S. 2350–2355, doi: 10.2166/wst.2013.109.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (o.J.a): Aufnahme neuer Arbeiten und Aufruf zur Mitarbeit – Neue Arbeitsgruppe „Treibhausgasemissionen bei der Abwasserbehandlung“, https://de.dwa.de/tl_files/_media/content/PDFs/Abteilung_WAW/mj/Aufruf_zur_Mitarbeit_KA_6_7_Treibhausgasemissionen.pdf (01.08.2016).
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (o.J.b): Nachhaltigkeitsbewertung von Wasserinfrastruktursystemen – Leitfaden zur Anwendung des A272 (in Arbeit, Veröffentlichung geplant in 2017).
- Future Water (2016): Energiebilanz und Treibhausgasemissionen urbaner Abwasserreinigungssysteme, <http://www.nrw-futurewater.de/index.php/projekt8.html> (18.04.2016).
- Greenpeace (2014): Unser CO₂-Fußabdruck, <https://www.greenpeace.de/presse/publikationen/unser-co2-fussabdruck-2014> (01.08.2016).
- Gustavsson D. J., und S. Tumlin (2013): Carbon footprints of Scandinavian wastewater treatment plants, in: Water Science and Technology, 68 (4), S. 887–893, doi: 10.2166/wst.2013.318.
- IINAS – Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (2016): GEMIS – Globales Emissions-Modell integrierter Systeme, <http://www.iinas.org/gemis-de.html> (15.03.2016).
- Kampschreur, M. J., H. Temmink, R. Kleerebezem, M. S. M. Jetten und M. C. M. van Loosdrecht (2009): Nitrous oxide emissions during wastewater treatment, in: Water Research, 43 (17), S. 4093–4103, doi: 10.1016/j.watres.2009.03.001.
- Law, Y., L. Ye, Y. Pan und Z. Yuan (2012): Nitrous oxide emissions from wastewater treatment processes, in: Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 367 (1593), S. 1265–1277, doi: 10.1098/rstb.2011.0317.
- ProBas – Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme (2016a): <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php> (15.03.2016).
- ProBas – Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme, Glossar (2016b): <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/glossar.php?> (siehe Stichworte „direkt“ und „inkl. Vorkette“) (15.03.2016).

- UBA – Umweltbundesamt (2013): Treibhausgas-neutrales Deutschland im Jahr 2050, Dessau-Roßlau, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/treibhausgasneutrales_deutschland_im_jahr_2050_langfassung.pdf (21.02.2017).
- UBA – Umweltbundesamt (2015a): Daten zur Umwelt, Dessau-Roßlau, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/daten_zur_umwelt_2015_1.pdf (15.03.2016).
- UBA – Umweltbundesamt (2015b): Daten zur Umwelt: Umwelt, Haushalte und Konsum, Dessau-Roßlau, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/daten_zur_umwelt_umwelt_haushalte_und_konsum_2.pdf (21.02.2017).
- UBA – Umweltbundesamt (2016): Emissionsquellen, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen> (18.04.2016).
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2014): Global Warming Potentials, http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php (15.03.2016).
- Utesch, B. (Geschäftsführer der ABGnova) (2015): mündliche Auskunft.
- WWF CO₂-Rechner (2016): http://wwf.klimaktiv-co2-rechner.de/de_DE/popup/?cat=person (09.06.2016).

Jutta Deffner und Barbara Birzle-Harder

Betriebswasserversorgung und Wärmerückgewinnung aus Bewohnersicht

Einführung

Neuartige Wasserinfrastruktursysteme sind im Städte- und Wohnungsbau immer noch eine Rarität. Dies gilt auch für Technologien zur Betriebswasseraufbereitung und Wärmerückgewinnung aus Grauwasser. Solche Systeme benötigen im Bereich der Liegenschaften eine besondere Wasser- und Abwasserinfrastruktur, wie zum Beispiel ein doppeltes Rohrleitungsnetz zur Versorgung mit Trink- und Betriebswasser. Wird diese Systemvariante semizentral eingesetzt, so gibt es auch eine spezifische Struktur im öffentlichen Bereich. Das Zusammenspiel von öffentlicher und häuslicher Infrastruktur wird in Beitrag D3 beleuchtet. Für eine weitere Verbreitung von technischen Systemvarianten neuartiger Wasserinfrastrukturen im Wohnbereich spielt neben der technischen Reife die Akzeptanz seitens der Bewohner- und Nutzerschaft dieser Gebäude eine zentrale Rolle. Inwieweit Nutzerinnen und Nutzer mit der Versorgungsinfrastruktur bzw. -dienstleistung zurechtkommen, ist für die Betreiber und Bauer, aber auch für Investoren und Vermieter relevant. Bisher liegen zwar Erkenntnisse zum technischen Betrieb und zur Wirtschaftlichkeit solcher Infrastrukturen vor. Zu den Alltagserfahrungen, Wahrnehmungen und Bewertungen der Bewohnerinnen und Bewohner in Privathaushalten gibt es bisher kaum wissenschaftliche Erkenntnisse. Deren Sicht auf den Einsatz von Betriebswasser aus Grauwasser (GWA) und die Wärmerückgewinnung (WR) aus Grauwasser wurde bislang kaum systematisch sozioempirisch untersucht. Es liegen nur wenige Grundlagen vor, aus denen zum Beispiel Aussagen zur Akzeptanz bei den Bewohnerinnen und Bewohnern abgeleitet werden können oder Hinweise über Barrieren in der Nutzung oder auf der symbolischen Ebene deutlich

werden. Für die breitere Umsetzung derartiger Systeme im Städtebau sind solche Erkenntnisse jedoch bedeutsam.

Eine multikriterielle Analyse verschiedener nicht-konventioneller Wasserversorgungsalternativen in der Metropolregion Barcelona (Domènech und Saurí 2010) zeigte: Betriebswasser aus Grauwasserrecycling wird gegenüber dem aus aufbereitetem Abwasser in der öffentlichen Wahrnehmung deutlich bevorzugt (48 Prozent gegenüber 33 Prozent). Auch nicht-repräsentative Befragungsergebnisse aus dem Projekt „KOMPLETT“ (vgl. Knerr et al. 2009; Schmitt et al. 2009) deuten darauf hin, dass die Bereitschaft, aufbereitetes Grauwasser für die Toilettenspülung in Haushalten zu nutzen, groß ist. Daneben liegen vor allem Erfahrungsberichte zum Betrieb beziehungsweise zu technischen Fragestellungen von GWA in unterschiedlichen Nutzungskontexten vor, zum Beispiel in Hotels (vgl. Paris et al. 2009), in Studentenwohnheimen (vgl. Sellner/Schildhorn 2009) oder in Mehrfamilienhäusern (vgl. Nolde/Heinhaus 2014). Bisher ungeklärt war jedoch, ob die Betriebswassernutzung aus aufbereitetem Grauwasser im Haushalt als „fortschrittlich“ oder „nachhaltig“ akzeptiert oder eher als „experimentell“ wahrgenommen wird. Unklar ist ebenfalls, inwieweit die spezifischen Einstellungen und Orientierungen der Bewohnerinnen und Bewohner hierbei eine Rolle spielen (z.B. Technik- und Innovationsaffinität, Umweltbewusstsein, Hygienesensibilität) und wie sich die innovativen Wasser- und Abwassersysteme auf das Alltagshandeln der Nutzerinnen und Nutzer auswirken. Nach wie vor offen ist zudem, welche Rolle Investitionsmehrkosten und monetäre Einsparpotenziale bei der Bewertung solcher Systemvarianten durch die Bewohnerschaft spielen.

Deshalb wurde im Projekt netWORKS 3 untersucht, wie die Versorgung mit Betriebswasser aus Grauwasser und die Wärmerückgewinnung von den Bewohnerinnen und Bewohnern im Alltag wahrgenommen und bewertet werden. Im Fokus der qualitativ-sozialwissenschaftlichen Studie standen dabei die Einstellungen und Alltagsroutinen der Bewohnerinnen und Bewohner im Umgang mit den Innovationen. Ziel der Untersuchung war, Erkenntnisse aus Nutzersicht für die Bewertung von Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung als Zukunftstechnologie und für deren Förderung (vgl. Hefter/Birzle-Harder/Deffner 2015) zu gewinnen sowie konkrete Empfehlungen für die Praxisakteure abzuleiten.

Vorgehen der qualitativ-sozialwissenschaftlichen Untersuchung in Bestandsgebäuden und Neubauten

Die Versorgung mit Betriebswasser aus Grauwasser mit und ohne zurückgewonnene Wärmeenergie wird bisher kaum eingesetzt. Die Ausnahme bilden bislang wenige städtische Geschosswohnungsbauten (Miete oder Eigentum) oder Wohn-

heime mit einer meist überschaubaren Anzahl von Wohneinheiten. Neu ist in den letzten Jahren die Ergänzung von Wärmerückgewinnungsanlagen. Dabei handelt es sich häufig um Pionierprojekte von umweltorientierten Baugemeinschaften oder innovativen Investoren und Architekten (vgl. Hefter/Birzle-Harder/Deffner 2015), aber auch städtischen Wohnungsbaugesellschaften.

Ausgehend von den bislang ungeklärten Aspekten, die mit Blick auf die vorangegangenen Studien festzustellen sind, war es Ziel, typische Einstellungen zu und Erfahrungen mit der innovativen Wassertechnologie zu eruieren und zu analysieren. Zudem ging es darum, emotionale Aspekte und/oder symbolische Wirkungen im Umgang mit dem Wasser zu erkennen. Hierzu zählen zum Beispiel Bedeutungsaspekte von Hygiene und Sauberkeit, Wohlfühl, Wahrnehmung von Wasser als begrenzter Ressource, aber auch Imageaspekte von innovativen Infrastruktursystemen (vgl. Heidenreich/Glasauer 1997). Diese können Wahrnehmung und Umgang mit dem Betriebswasser im Alltag beeinflussen. Deshalb wurde eine explorative, qualitativ-sozialwissenschaftliche Herangehensweise gewählt: Die Bewohnerinnen und Bewohner wurden in leitfadengestützten Einzel- und Paarinterviews von etwa 20 bis 30 Minuten Dauer zu Hause in ihren Wohnungen befragt. Die Interviews wurden digital aufgezeichnet, transkribiert und mithilfe einer Software für qualitative Inhaltsanalyse (MaxQDA) kodiert und kategorisiert. Das qualitative Datenmaterial wurde daraufhin systematisch ausgewertet und entlang der zentralen Interviewthemen analysiert und interpretiert.

Neben den Einzugsmotiven, Erfahrungen und Beobachtungen zu den verschiedenen Komponenten der Infrastruktur (Anlage, Energieeinsparung, Nutzung der Sanitäreinrichtungen allgemein) und dem Betriebswasser im Alltag ging es in den Interviews um die Erwartungen hinsichtlich des Umweltnutzens und der monetären Einspareffekte durch die Technologie. Darüber hinaus sollte eine grundsätzliche Einschätzung der neuartigen Infrastruktur und Betriebswasserversorgung sowie Energierückgewinnung erfolgen. Die Bewohnerinnen und Bewohner sollten auch ihre Einschätzungen zu möglichen Prestigeaspekten und Zukunftsperspektiven für Grauwassernutzung äußern. Auch die Art und Weise, wie Betreiber und Vermieter über die veränderte Infrastruktur informieren, wurde erfragt.

In den fünf Wohnobjekten, die für die Untersuchung ausgewählt wurden, kommen unterschiedliche Grauwassertechnologien zum Einsatz. Alle verfügen über eine Anlage zur Aufbereitung von Grauwasser, das dann als Betriebswasser vorwiegend für die Toilettenspülung genutzt wird, in zwei Fällen auch für den Waschmaschinenanschluss. In drei Gebäuden wird zusätzlich aus dem Grauwasser die Wärme rückgewonnen und zur Vorerwärmung des Trinkwassers im Gebäude genutzt.

Im Winter 2013/2014 wurden in einem ersten Schritt in 45 Haushalten in vier bereits länger bewohnten Wohnobjekten mit GWA und teilweise WR in Berlin leitfadengestützte Interviews durchgeführt. In einem zweiten Schritt wurden dann im Dezember 2016 zehn Haushalte in der seit Herbst 2016 bezogenen Wohnanlage in Frankfurt am Main (insgesamt 66 Wohneinheiten) interviewt.

Übersicht 1: Charakteristika der untersuchten Wohnobjekte und Anzahl Befragte

Objekt (Jahr der Fertigstellung)	Anzahl Wohnungen und Gewerbe	Wohnungstyp, energetischer Standard	GW-Anlage (Jahr Inbetriebnahme)	Herkunft des Betriebswassers	Betriebswassernutzung	Befragte Haushalte
Objekt A, Berlin (2011)	41 Wohneinheiten 4 Gewerbeeinheiten	Mietwohnungen, Passivhaus	Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung (2012)	Dusche, Badewanne	Toiletten-spülung	19
Objekt B, Berlin (1987)	71 Wohneinheiten an GWA angeschlossen (insg. 106 WE)	Mietwohnungen, Standardbauweise	Grauwasserrecycling und Regenwasserbewirtschaftung (2007)	Dusche, Badewanne, Waschbecken, Küche, Waschmaschine	Toiletten-spülung, Gartenbewässerung	10
Objekt M, Berlin (2006)	14 Wohneinheiten 1 Gewerbeeinheit	Eigentumswohnungen, Baugemeinschaft, KfW 40	Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung (2012)	Dusche, Badewanne	Toiletten-spülung	9
Objekt P, Berlin (2012/13)	16 Wohneinheiten	Eigentumswohnungen, Baugemeinschaft, KfW 70	Grauwasserrecycling und Regenwasserzisterne (2013)	Dusche, Badewanne, Waschbecken, Niederschlagswasser	Toiletten-spülung, wahlweise Waschmaschine	7
Objekt F, Ffm (2016)	29 an GWA angeschlossen (insg. 66 WE), 1 Gewerbeeinheit an GWA	Mietwohnungen, Passivhaus	Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung (2016)	Dusche, Badewanne, Waschbecken	Toiletten-spülung	10

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Die im nachfolgenden Text angeführten Zitate sind mit Kürzeln versehen (z.B. A, w, 51). Dies kennzeichnet, in welchem Gebäude die Interviewten wohnen (A, B usw.) und wie alt die Person ist.

Grauwasserrecycling: Aus Nutzersicht weitgehend alltagstauglich

Die Befragungen der Bewohnerinnen und Bewohner in den fünf Objekten zeigen: Wissensstand zu und Interesse an Grauwasserrecycling, Betriebswassernutzung und energetischer Verwertung sind sehr unterschiedlich ausgeprägt. Den meisten reicht es zu wissen, dass die Anlagen zuverlässig funktionieren. Zusätzliche Informationen, etwa zu den ökonomischen und ökologischen Vorteilen der Betriebswassernutzung oder Wärmerückgewinnung, stehen nicht im Fokus und sind nur für einen Teil der Nutzerschaft von Interesse.

„Ein gutes Zeichen, dass sie so unauffällig ist und man sich nicht damit beschäftigen muss.“ (A/44)

„Mich interessiert eigentlich nur, zu wissen, dass es das gibt, weil ich das befürworte, ansonsten möchte ich eigentlich nicht belästigt werden dadurch. Ich nehme es zustimmend zur Kenntnis.“ (A/67)

Insgesamt ist eine hohe Zufriedenheit mit dem Betriebswasser und der energetischen Verwertung bei den Bewohnerinnen und Bewohnern festzustellen: Die technische Infrastruktur ist im Alltag kaum wahrnehmbar und funktioniert weitgehend problemlos. Dies entspricht den Ansprüchen der Nutzerschaft an eine moderne Haustechnik. Manche Befragte könnten sich darüber hinaus auch die Aufbereitung des Küchenwassers vorstellen. Auch die Qualität des Betriebswassers für die Toilettenspülung wird größtenteils positiv eingeschätzt. Dabei wird das Toilettenwasser im Alltag in der Regel nicht bewusst beobachtet, etwa darauf, ob und inwiefern es Abweichungen vom normalen Spülwasser aufweist. Toilettenwasser ist „low interest“ und bleibt unbeachtet, solange sich nicht offensichtliche Veränderungen oder Ablagerungen zeigen.

„Ich bin der Meinung, man muss sauberes Wasser nicht verschwenden, wenn es nicht gebraucht wird. Wenn ich aufs Klo gehe, brauche ich nicht unbedingt ein total sauberes Wasser. Es soll nicht unangenehm riechen, das ist klar. Und dass man recyceltes Wasser nimmt, dafür bin ich definitiv.“ (F/43)

Manche der Befragten beobachten jedoch eine zeitweise auftretende, durch Verfärbungen oder Eintrübungen vom normalen Trinkwasser abweichende Beschaf-

fenheit des Betriebswassers. Anderen fällt diese gar nicht auf. Die Mehrzahl der Bewohnerinnen und Bewohner, die einen Unterschied des Wassers wahrnehmen, ist gegenüber diesen Auffälligkeiten sehr tolerant. Man hat sich an die gelegentlich auftretenden Verfärbungen des Wassers gewöhnt und sieht diese generell für Brauchwasser als unproblematisch an. Während der Einzugsphase beobachteten einige Bewohnerinnen und Bewohner in Objekten, in denen ein bestimmter Anlagentyp zum Einsatz kam, weißliches, schäumendes Toilettenspülwasser, was auf die Überlastung der Grauwasseraufbereitungsanlage durch Wandfarbenabwässer hinwies.¹ Auch dies beunruhigte die Bewohnerschaft nicht, teilweise wurde sie über die Herkunft aufgeklärt.

Dennoch gibt es vereinzelt Bewohnerinnen und Bewohner, die sehr sensibel auf Auffälligkeiten reagieren und sich daran stören. Sie beklagen ein temporär unsauberes Aussehen des Wassers und damit einhergehend einen erhöhten Putzbedarf. Geruchsbelästigungen wurden nicht berichtet. Hinsichtlich der hygienischen Eigenschaften des Betriebswassers gibt es – trotz einzelner Beanstandungen – nahezu keine Bedenken. Dass Trinkwasserqualität für die Toilettenspülung unnötig ist, erscheint den Befragten selbstverständlich.

„Ein Grundvertrauen ist da, dass das technisch im Griff ist und über diese Grauwasseranlage keine Bakterien oder dauerhafte Krankheitserreger kommen. Ich habe jetzt erst einmal keine Bedenken.“ (F/42)

Lediglich einzelne Nutzerinnen und Nutzer (von GWA älterer Bauart) berichten davon, dass sie die Toilette häufiger reinigen oder mehr Putzmittel verwenden als früher.

„Was ich stark merke ist, dass man die Toilette öfter saubermachen muss. Ich denke, das kommt von diesem Grauwasser. Das setzt unheimlich schnell unten an.“ (B/34)

Im sonstigen alltäglichen Umgang mit Wasser zeigen sich durch die neue Infrastruktur und die Betriebswasserversorgung so gut wie keine Veränderungen. Beispielsweise wurden die Bewohnerinnen und Bewohner gefragt, ob es nötig sei, anders mit Putzmitteln oder gegebenenfalls anderen Substanzen, die über das Waschbecken entsorgt werden, umzugehen. Dies wurde einerseits in dem Sinn verneint, dass diese ohnehin nicht über das Waschbecken entsorgt oder gereinigt werden. Manche Befragte erwähnen, es habe zu Beginn auch Informationen gegeben, dass aggressive Putzmittel nicht in größeren Mengen über das Waschbe-

1 Bei Einzug streichen Bewohnerinnen und Bewohner die Wände und waschen die Malerutensilien in Waschbecken/Badewanne aus.

cken ausgespült werden sollten, um die Funktionsfähigkeit der Grauwasseraufbereitungsanlage nicht zu beeinträchtigen. Andererseits zeigt das Beispiel der Wandfarbenrückstände, dass Bewohnerinnen und Bewohner im Zweifelsfall dies nicht berücksichtigen, ihnen die Folgen unter Umständen nicht klar sind oder dass sie sozial erwünscht antworten.

Gefühlter Umweltnutzen wichtiger als Kostenersparnis

Der Großteil der Befragten sieht den Nutzen des Betriebswassers und der Wärmerückgewinnung vor allem im Ressourcenschutz. Weniger Trinkwasser zu verbrauchen und darüber hinaus Energie zurückzugewinnen, gilt als positiver ökologischer und nachhaltiger Effekt, von dem die Umwelt und damit auch die Gesellschaft profitieren. Das Grauwasserrecycling für Betriebswasser und die Wärmerückgewinnung werden deshalb als Elemente des nachhaltigen Bauens befürwortet und gelten als sinnvolle Ergänzung zu anderen energetischen beziehungsweise ökologischen Maßnahmen wie zum Beispiel Photovoltaiknutzung oder Passivhaus-Bauweise. Die meisten Bewohnerinnen und Bewohner schätzen die Technologien dementsprechend als zukunftsweisend ein. Insbesondere bei den Eigentümern ist auch ein gewisser Stolz zu erkennen, Pionier für eine derart zukunftsweisende Technologie zu sein.

„Grauwasser kennt eigentlich keiner. Wenn man es dann erklärt, findet man es toll. Kommuniziere das schon so, dass dies was Tolles ist.“ (A/30)

Bemerkenswert ist, dass auch bei den Bewohnerinnen und Bewohnern von Gebäuden, in denen die GWA bereits mehrere Jahre in Betrieb ist, das Wissen über die genauen Einspar- und Umwelteffekte relativ gering ist. Zwar sind sich die Befragten einig, dass die Grauwasseraufbereitung und die Wärmerückgewinnung einen klaren Umweltnutzen haben, sie können ihn aber nicht genauer in Zahlen benennen. Das Gleiche gilt für monetäre Einsparungen durch zurückgehenden Wasser- oder Energiebedarf. Finanzielle Vorteile scheinen im Verhältnis zur Einsparung von Trinkwasser und Energie sogar oft zweitrangig.

„Ich erwarte nichts Übermäßiges – die Anlage hat ja auch eigene Kosten. Glaube, das ist eher eine langfristige Sache. Die Nebeneffekte für Umwelt sind, glaube ich, größer als die finanziellen Anreize.“ (A/67)

Niemand hat aus eigener Initiative, zum Beispiel anhand der Nebenkostenabrechnung, bisher Nachforschungen zu Einspareffekten betrieben. Fraglich ist vielen, ob es überhaupt zu einer Kostenreduzierung (der Nebenkosten) durch die Einsparung von Trinkwasser und Energie kommt, oder ob diese von den erhöhten Inves-

titions- und Wartungskosten kompensiert oder überkompensiert werden: Die einen erwarten eine geringe Kostenreduktion, die mittelfristig an die Mieter weitergegeben werden sollte. Viele rechnen nicht mit einer spürbaren Kostenreduktion. Aber erwartet wird zumindest, dass dadurch keine höheren Nebenkosten als in herkömmlichen Wohnungen entstehen.

„Ich würde gerne mehr darüber wissen, was die Kosten betreffen ... Ich bin nicht der Öko-Typ, aber dennoch daran interessiert, dass wir umweltfreundlicher umgehen mit dem, was wir haben. Darum wäre es spannend zu wissen, wie sich das auch finanziell auswirkt.“ (B/33)

„Freuen würde es mich natürlich – es freut jeden, wenn die Energie- und Wasserkosten etwas niedriger sind. Es bleibt abzuwarten, ob sich das dann umsetzt.“ (F/36)

Erwartet wird vielfach, dass die Hausverwaltung nach angemessener Betriebszeit der Anlage die Bewohnerschaft informiert. Dies bezieht sich darauf, wie sich die Wasser- und Energiekosten entwickeln und die Einspareffekte gestalten. Dies trifft vor allem auf das Objekt in Frankfurt zu, das als mehrjähriges Forschungsprojekt an die Mieter kommuniziert wurde.

„Dass man so ein bisschen teilhat und wie sich das entwickelt, das fände ich schon interessant... Dass man vielleicht Ergebnisse mitgeteilt bekommt, wie viel dann im Endeffekt eingespart wird – das wäre eigentlich ganz cool.“ (F/38)

„... wenn man nach einem Jahr – wenn der Test durch ist – ein Schreiben aufsetzen würde und uns grob mitteilt, was das Projekt eingespart oder nicht eingespart hat, und ob es effizient ist oder nicht.“ (F/27)

Die erwarteten Umwelteffekte haben für viele Befragte vor allem symbolischen Wert und vermitteln ein positives Gefühl, dadurch etwas zum Umweltschutz beizutragen.

„Habe überhaupt keine Ahnung, wie hoch die Einsparungen an Wasser und Energie sind. Ich habe nur das schöne Gefühl, dass es Einsparungen gibt. Das reicht mir aus, weil es mir zu anstrengend ist, das nachzurechnen. Ich finde Energieeinsparung gesellschaftspolitisch wichtig.“ (A/58)

„Auch wenn es für mich finanziell keine Vorteile bringt – allein der Aspekt zu wissen, dass ich zum Umweltschutz etwas beitrage, würde mir schon reichen, dass ich das Abwassersystem befürworte.“ (B/47)

Für Mieter spielt bei der Entscheidung für eine Wohnung das innovative Wasserinfrastruktursystem – in Anbetracht des Wohnungsmarktes und vieler anderer Suchkriterien – kaum eine Rolle. Allerdings gilt die Kombination innovativer Technologien wie Passivhausstandard, Photovoltaik und Betriebswasserversorgung als durchaus attraktiver Zusatznutzen bei der Wohnungsentscheidung und ist mehr als nur „nice to have“.

„Es war auf jeden Fall ein positiver Nebeneffekt.“ (F/36)

Für die Eigentümer wiederum, die im Rahmen von Baugruppen Wohneigentum erworben haben, war nicht die neuartige Wasserinfrastruktur an sich entscheidend, sondern die Option, ein Gebäudekonzept zu realisieren, das auch beim Thema Wasser und Abwasser auf Ressourceneffizienz setzt.

Typologie der Nutzerinnen und Nutzer

Anhand der explorativen Interviews wurde eine qualitative Typologie erarbeitet. Eine solche kann einerseits für die Planung und für Investoren, andererseits für Hausanlagenbetreiber und Hausverwaltungen unter anderem mit Blick auf eine zielgerichtete kommunikative Ansprache hilfreich sein. Sie verdeutlicht, welche Gruppen gegenüber dem Einsatz von innovativen Wasser- und Abwassersystemen wie der Betriebswassernutzung und der Wärmerückgewinnung besonders aufgeschlossen und welche eher ablehnend sind.

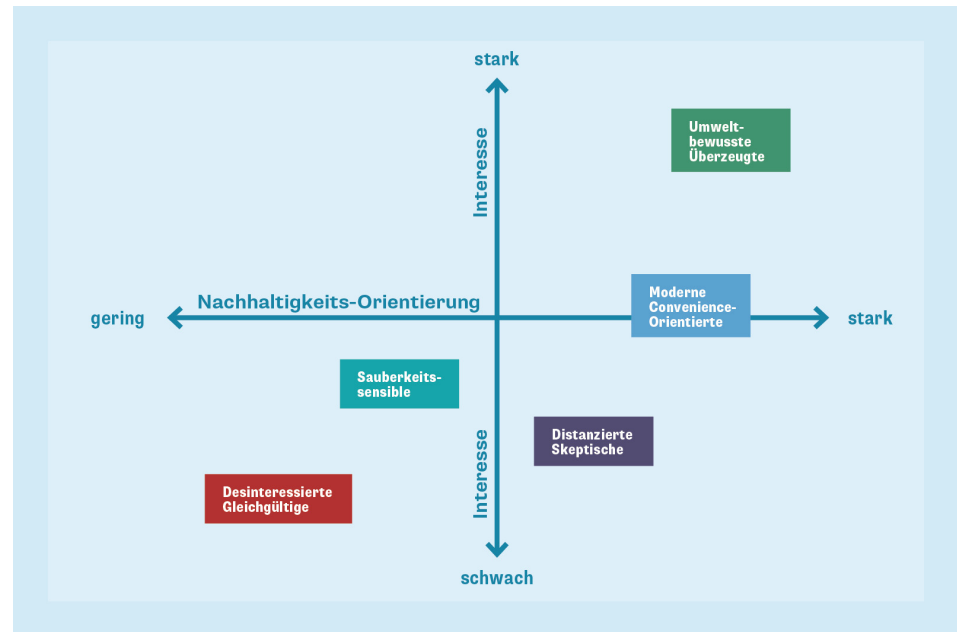
Die Segmentierung ist angelehnt an den methodischen Ansatz der sozial-ökologischen Lebensstilanalyse (vgl. Götz et al. 2011). Die Typen wurden entlang der Dimensionen „Stärke der Nachhaltigkeitsorientierung“ und „Interesse an den innovativen Wasser- und Abwassersystemen“ gebildet. Davon ausgehend erfolgten eine Quer- und Längsschnittanalyse der Interviewdaten. Die Typologie wurde zunächst auf der Grundlage der Berliner Untersuchung erarbeitet und während der Auswertung der Frankfurter Erhebung überprüft. Die qualitativen Ergebnisse der Frankfurter Teiluntersuchung zeigten eine starke Vergleichbarkeit mit denen in Berlin. Somit gehen wir von einer stabilen Typologie aus.

Die jeweiligen Typen weisen gruppenspezifische Muster von Einstellungen, Bewertungen und Wahrnehmungen hinsichtlich der innovativen Wasser- und Abwassersysteme auf. Zueinander verhalten sich die einzelnen Typen in diesen

Punkten hingegen weitgehend unterschiedlich. Auch unterscheiden sie sich deutlich in ihrem Grad des Interesses an den innovativen Wasser- und Abwassersystemen. Die Segmentierung weist insgesamt fünf Typen auf:

- Umweltbewusste Überzeugte
- Moderne Convenience-Orientierte
- Sauberkeitssensible
- Desinteressierte Gleichgültige
- Distanzierte Skeptische

Abbildung 1: Positionierungsmodell der Nutzertypen



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Umweltbewusste Überzeugte

Eine ökologisch nachhaltige Lebensweise ist für die „Umweltbewussten Überzeugten“ ein zentrales Handlungsmotiv. Dies spiegelt sich im Wunsch nach möglichst energieeffizienten Wohnungsangeboten wider. Betriebswassernutzung und Wärmerückgewinnung werden dabei als Teile des Gesamtkonzepts ökologischen Bauens und Wohnens verstanden. Die Bereitschaft, als Pionier eine innovative Technologie wie GWA und WR zu installieren und zu nutzen, ist hoch; ebenso die

Toleranz bei Anlaufschwierigkeiten mit der Technik und Auffälligkeiten des Betriebswassers. Dies gilt vereinzelt auch für Mieter, die sich bewusst für ein innovatives Mietobjekt entscheiden und am Gesamtkonzept GWA interessiert sind. Kosteneinsparungen sind für „Umweltbewusste Überzeugte“ zweitrangig, werden aber im Sinne einer Win-Win-Situation als positiver Nebeneffekt begrüßt.

Moderne Convenience-Orientierte

Für die „modernen Convenience-Orientierten“ stehen zeitgemäße Wohnungsausstattung, hohe Wohnqualität und Lage der Wohnung im bevorzugten Quartier im Vordergrund. Wohnen im Passivhaus wird dementsprechend als angenehm wahrgenommen, ist im Bewusstsein sehr präsent und wird mit einem gewissen Prestige verbunden. Innovative Technologien wie die Betriebswassernutzung und die energetische Verwertung sind dabei ein positiver Nebeneffekt des Gesamtpakets eines modernen Passiv- beziehungsweise Niedrigenergiehauses. Umwelt- und Ressourcenschutz werden im globalen Kontext als wichtig eingeschätzt, weshalb Betriebswassernutzung und Wärmerückgewinnung vor allem das gute Gefühl vermitteln, sich nachhaltig zu verhalten. Kosteneinsparungen sind wenig relevant, niedrigere Wohnnebenkosten gelten aber als wünschenswert. Hohe Zufriedenheit mit dem System hängt stark damit zusammen, dass die Technik unauffällig funktioniert.

Sauberkeitssensible

Für „Sauberkeitssensible“ sind perfekte Hygiene und Sauberkeit im Haushalt ein wichtiger Teil ihres Selbstverständnisses. Sie stören sich an auftretenden Verfärbungen des Betriebswassers, an Ablagerungen in der Toilette und beklagen den erhöhten Putzaufwand. Sind Auffälligkeiten in der Toilette wahrnehmbar, führt dies zu Schamgefühlen gegenüber Gästen und erzeugt einen Rechtfertigungsdruck. Die Umweltvorteile des Betriebswassers werden zwar begrüßt, aber nur wenn das System störungsfrei funktioniert. Man möchte vor allem kein Versuchsobjekt für eine unausgereifte Technologie sein.

Desinteressierte Gleichgültige

Die „Desinteressierten Gleichgültigen“ wissen meist nicht, dass sie Betriebswasser nutzen und in ihrem Haus aus dem Abwasser Wärme rückgewonnen wird, oder sie haben Informationen dazu mangels Interesse nicht wahrgenommen. Unterschiede in der Qualität des Toilettenspülwassers werden nicht bemerkt. Die

Haustechnik muss einfach funktionieren, und man will als Mieter damit im Alltag nicht tangiert werden. Auch mit zusätzlichen Informationen möchte man nicht belastet werden. Umwelt- und Ressourcenschutz werden grundsätzlich befürwortet.

Distanzierte Skeptische

Aus Sicht der „Distanzierten Skeptischen“ müssen sich der ökologische und ökonomische Nutzen sowie die Alltagstauglichkeit der Betriebswassernutzung in der Praxis erst noch beweisen. Zwar befürworten sie grundsätzlich den Einsatz innovativer Haustechnologien, aber eigene Erfahrungen mit Unzulänglichkeiten des Betriebswassers zeigen in ihren Augen, dass die Systeme technisch noch nicht ausgereift sind. Bei Eigentümern ist dies verbunden mit der Frage, ob sich die Investitionskosten amortisieren. Hinterfragt wird außerdem, ob verstärktes Wassersparen in Deutschland überhaupt sinnvoll ist.

Zusammenfassende Folgerungen zu den Nutzertypen

Die Nutzertypen unterscheiden sich deutlich in ihrer Aufgeschlossenheit und ihrem Interesse gegenüber der Betriebswasserversorgung und der Wärmerückgewinnung. Es zeigten sich hingegen keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Wahrnehmung und Bewertung der Betriebswassernutzung. Akteure, die Bauvorhaben planen, bei denen innovative Systeme wie eine Betriebswasserversorgung aus Grauwasser vorgesehen sind, müssen sich dieser Heterogenität der Nutzergruppen und deren spezifischen Bedürfnissen bewusst sein und ihr gerecht werden.

Deutlich wird dies bei den „Sauberkeitssensiblen“ als einzig kritischer Nutzergruppe. Immobilienverkäufer und Vermieter sollten Wohnungsinteressenten daher frühzeitig und proaktiv über die Betriebswasserversorgung in einem Gebäude sowie eventuell mögliche Schwankungen der optischen Wasserqualität und deren hygienische Unbedenklichkeit informieren und das Thema nicht verschweigen.

Für Betreiber, Vermieter und Hausverwaltungen bedeuten die unterschiedlichen Nutzertypen, dass sie sich auf die dargestellte Vielfalt von Einstellungen einlassen müssen. Vor allem sollten deren Bedürfnisse und Interessen in der kommunikativen Ansprache aufgegriffen werden, um so die Zufriedenheit mit den innovativen Systemen zu gewährleisten und um im Fall von Unregelmäßigkeiten auf Verständnis bei den Bewohnerinnen und Bewohnern zu stoßen.

Folgerungen und Ausblick

Was bedeuten die Befragungsergebnisse zu den Wahrnehmungen, Alltagserfahrungen und Bewertungen der Nutzerschaft für die Praxis und die weitere Verbreitung der Betriebswassernutzung und Wärmerückgewinnung in Wohngebäuden und Siedlungen? Generell lässt sich feststellen: Grauwasseraufbereitung und Betriebswasserversorgung haben zwar keine wesentlichen, aber doch geringe Auswirkungen im Alltag der Bewohnerinnen und Bewohner (vgl. oben, vor allem Putzverhalten). Wärmerückgewinnung dagegen spielt nur bei der Bewertung und dem wahrgenommenen Nutzen der Technik eine Rolle. Insgesamt ist einwandfreies und unauffälliges Funktionieren der Infrastruktur und Technik entscheidend für die Zufriedenheit der Nutzerinnen und Nutzer. Diese unterscheiden sich in ihrer Aufgeschlossenheit für und ihrem Interesse an der Grauwassertechnologie deutlich. Während besonders nachhaltigkeitsorientierte Menschen sehr offen für solche Innovationen sind und auch kleine Unwägbarkeiten wie zum Beispiel Eintrübungen des Betriebswassers tolerieren, gibt es saubereitssensible Personen, die eine kritische Nutzergruppe sein können. Deshalb ist es für Betreiber der Betriebswasserversorgung, Hausverwaltungen und Vermieter wichtig, proaktiv – am besten schon vor dem Einzug – über Grauwasserrecycling und Betriebswasserversorgung im Gebäude zu informieren. Mögliche Themen, die angesprochen werden sollten, sind auch eventuelle Schwankungen der Qualität des Betriebswassers und dessen hygienische Unbedenklichkeit.

Der Vergleich zwischen den Objekten zeigt, dass sich frühzeitige Information über die innovative Technologie bei der Wohnungsbesichtigung bewährt: Das Vorhandensein der Technologie wird bewusst als Zusatznutzen bewertet, wenn auch auf einer symbolischen Ebene. Darüber hinaus stellt sich der Einbau technologischer Innovationen als Prestigeeffekt für Wohnungsanbieter dar, wie beispielsweise ein Zitat aus dem Frankfurter Objekt zeigt:

„Ich dachte mir, nach der Niedrigenergie-/Passivhaus-Technik (der städtischen Wohnungsbaugesellschaft) kommt jetzt in einem anderen Bereich die nächste Innovation, um Frischwasser zu sparen, was irgendwie sinnvoll ist. Von daher dachte ich: Wow, die sind ja da ganz innovativ unterwegs. Und das finde ich gut, wenn eine städtische Wohnungsbaugesellschaft solche Innovationen mit fördert und vorantreibt. Das finde ich sehr sympathisch.“ (F/42)

Daneben sollte auch über den laufenden Betrieb informiert werden. Die erzielten Einspar- und Umwelteffekte stehen dabei vor allem in Bezug auf die Wärmerückgewinnung im Vordergrund. Ein adäquates Medium hierfür könnte bei objektbezogenen Anlagen die jährliche Nebenkostenabrechnung sein. Investoren, Betreiber und Hausverwaltungen sollten sich zudem auf die unterschiedlichen Nutzer-

typen und deren Bedürfnisse einstellen. Dies kann zum Beispiel mit einer zielgruppenspezifischen Kommunikationsstrategie erreicht werden.

Die wahrgenommenen Vorteile, vor allem der Wasserspareffekt, sind insgesamt für die Zufriedenheit und den spürbaren Nutzen mitverantwortlich. Das Wissen, in einem Gebäude zu wohnen, in dem Grauwasser aufbereitet, als Betriebswasser genutzt und sogar Wärme daraus gewonnen wird, hat häufig einen hohen symbolischen Wert (Stolz, in einem innovativen Haus zu wohnen) für die Bewohnerschaft.

Die Erfahrungen in einzelnen Gebäuden mit Betriebswassernutzung zeigen, dass es gelegentlich Anfangsschwierigkeiten aufgrund von Ausführungsfehlern gibt. Dies unterstreicht die Wichtigkeit von fachgerechter Planung, Bauleitung und Bauausführung sowie Wartung der Anlagen. Fachplanende und ausführende Firmen haben ebenfalls Informations- und Weiterbildungsbedarfe, die mit Handreichungen bedient werden können (siehe Beitrag D3).

Auch für die Gebäudebetreiber erfordern eventuelle Anlaufschwierigkeiten besondere Aufmerksamkeit und Ansprechbarkeit für Hausverwaltungen und Haus Techniker. Dies gilt besonders in den ersten Wochen nach Inbetriebnahme einer Anlage, um Störungen zu vermeiden oder gegebenenfalls schnell zu beseitigen. Denn negative Erfahrungen bleiben im Gedächtnis haften und beeinträchtigen die Akzeptanz für lange Zeit. Eine Möglichkeit, den Bewohnerinnen und Bewohnern die Sicherheit der Installationen zu demonstrieren, ist die Durchführung einer technischen Prüfung der Leitungen, wenn sie bereits eingezogen sind. Hier hat ein Anlagenbetreiber einen sogenannten Blauwassertest eingeführt, der sich in verschiedenen Wohnobjekten bewährte: Das Betriebswasser wird dabei mit blauer Lebensmittelfarbe eingefärbt. So wird getestet, ob das Betriebswassernetz korrekt verlegt wurde und keine Fehllanschlüsse bestehen. Die Bewohnerschaft wird vorab darüber informiert und gebeten, eventuelle Probleme zu melden. Der erfolgreiche Test unterstützt das Vertrauen in die Technologie. Dadurch werden die Nutzerinnen und Nutzer mittels zeitlich begrenzter Aufmerksamkeit hinsichtlich der Wasserversorgung mit auf den Weg zu einem reibungslosen Betrieb „im Hintergrund“ genommen.

Perspektivisch sehr positiv für eine weitere Verbreitung der Betriebswassernutzung und Wärmerückgewinnung im Wohnungsbau sind die große Offenheit und Innovationsbereitschaft von Baugemeinschaften oder im Rahmen verschiedener innovativer Wohnformen. Vor allem ökologisch orientierte Initiativen können für die Verbreitung dieser Systeme wichtige Pioniere sein. Hersteller und Planende von Anlagen zur Grauwasseraufbereitung und Wärmerückgewinnung sollten deshalb Projektsteuerer und Baugruppen selbst, aber auch innovative Architekturbü-

ros und Investoren gezielt ansprechen. Grauwasseraufbereitung und Wärmerückgewinnung können beispielsweise als wichtige Elemente einer energieeffizienten und ökologischen Bauweise vermarktet werden.

Dies bezieht sich auf eine Verbreitung, die überwiegend auf Objekt- oder Blockebene ansetzt. Die Verbreitung solcher Systemvarianten auf Quartiersebene ist aus diesen Ergebnissen heraus ambivalent zu bewerten. Die Ergebnisse zeigen, dass in der Nutzersicht objektbezogene Anlagen sowohl aus Imageaspekten („unser Haus“/„Vermieter“) als auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten („kostenloses Betriebswasser“) heraus attraktiv sind. Allerdings ist es wichtig, darauf zu achten, dass Innovationen auf Objektebene, die eine eigene GWA einschließen, bei der Etablierung der Innovation auf Quartiersebene mit einer semizentralen GWA als dezentrale Zwischenphase gesehen und eingesetzt werden, bevor eine semizentrale Technik in Betrieb gehen kann. Sonst liegt es nahe, dass Innovationen auf Objektebene die auf Quartiersebene behindern.

Andererseits ergeben sich durch die vielerorts entstehenden Quartiere in der Innenentwicklung (z.B. Stadtumbau, energetische Quartierssanierung, Konversionsflächen) Potenziale, weil dort oftmals innovative Wohn- oder energiebezogene Projekte realisiert werden. Investoren, die hier ganzheitliche, innovative Konzepte verfolgen, sind voraussichtlich auch gegenüber Betriebswasserversorgung und Wärmerückgewinnung aufgeschlossen. Sie können sich über die Partizipationschritte während der städtebaulichen und Bauleitplanung entweder für eine quartiersweite Verbreitung einsetzen. Oder anders herum: Sie können während dieser Planungsphasen von städtischen Betreibern oder Projektentwicklern für diese innovative Technik und Infrastruktur gewonnen werden.

Literatur

- Domènech, L., und D. Saurí (2010): Socio-technical transitions in water scarcity contexts: Public acceptance of greywater reuse technologies in the Metropolitan Area of Barcelona, in: *Resources, Conservation and Recycling*, 55.1, S. 53–62.
- Götz, K., J. Deffner und I. Stieß (2011): Lebensstilansätze in der angewandten Sozialforschung am Beispiel der transdisziplinären Nachhaltigkeitsforschung. In: Rössel, J., und G. Otte (Hrsg.): *Lebensstilforschung*, Wiesbaden, S. 86–112.
- Hefter, T., B. Birzle-Harder und J. Deffner (2015): Akzeptanz von Grauwasserbehandlung und Wärmerückgewinnung im Wohnungsbau. Ergebnisse einer qualitativen Bewohnerbefragung, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 27), <http://edoc.difu.de/edoc.php?id=LRQ3DGET> (04.10.2016).
- Hefter, T., J. Deffner und B. Birzle-Harder (2015): Akzeptanz von Grauwasserbehandlung und Wärmerückgewinnung im Alltag, in: *fbr-wasserspiegel* (3), S. 18–21.
- Heidenreich, E., und H. Glasauer (1997): *Zur Wasserkultur in städtischen Privathaushalten und zu den Spielräumen ihrer Veränderung*, Kassel (WasserKultur, Texte 27).
- Kerber, H., E. Schramm und M. Winker (2016): Transformationsrisiken bearbeiten: Umsetzung differenzierter Wasserinfrastruktursysteme durch Kooperation, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 28).
- Knerr, H., M. Engelhart, V. Keuter, A. Rechenburg und T. G. Schmitt (2009): Potenziale des Grauwasserrecyclings am Beispiel des BMBF-Verbundprojektes KOMPLETT, in: *fbr – Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V.* (Hrsg.): *Grauwasser-Recycling – Wasser zweimal nutzen*, Darmstadt (Schriftenreihe fbr, Band 12), S. 31–54.
- Nolde, E., und U. Heinhaus (2014): Praxisbericht: Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung – ein Baustein vom Passiv zum Nullenergiehaus? Berlin, <http://www.abgnova.de/pdf/pdf-sophienhof-abende/2014-06-04-SHA-Praxisbericht-Arnimplatz-Nolde.pdf> (01.12.2014).
- Paris, S., C. Schlapp, C. Keyers, M. Holtorff und H. Späte (2009): Nachrüstung eines Hotels im laufenden Betrieb, in: *fbr-wasserspiegel*, 14 (1), S. 8–10.
- Schmitt, T. G., J. Hansen, H. Knerr, J. Wölle, A. Ebert, K. Einsfeld, W. Laufer, J.-C. Legrix, T. Agné, D. Krystkiewicz, S. Büttgen, M. Engelhart, M. Exner, T. Kistemann, J. Gebel, A. Rechenburg, K. Nonnenmacher, G. Deerberg und V. Keuter (2009): Entwicklung und Kombination von innovativen Systemkomponenten aus Verfahrenstechnik, Informationstechnologie und Keramik zu einer nachhaltigen Schlüsseltechnologie für Wasser- und Stoffkreisläufe. Abschlussbericht, Mettlach.
- Sellner, M., und L. Schildhorn (2009): GEP-Grauwasser-Recycling auf Basis eines Membranbioreaktors im Studentenwohnheim „Eastside“, Mannheim, in: *fbr – Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V.* (Hrsg.): *Grauwasser-Recycling – Wasser zweimal nutzen*, Darmstadt (Schriftenreihe fbr, Band 12), S. 63–78.

Stefanie Hanke*

Rechtliche Rahmenbedingungen neuartiger Wasserinfrastrukturen

Bei der Implementierung neuartiger Wasserinfrastrukturen geht es nicht um „die eine“ Lösung für alle Umstände, sondern um die jeweils passende Lösung für das jeweilige Quartier. Bei diesem Prozess der Transformation hat die Kommune in ihrer Rolle als Trägerin der Daseinsvorsorge im Rahmen der kommunalen Selbstverwaltungsgarantie entsprechend Art. 28 Abs. 2 Grundgesetz (GG) eine zentrale Position in steuernder und koordinierender Instanz. Die Gemeinden tragen die Verantwortung für die ordnungsgemäße Aufgabenerfüllung¹. Die Abwasserbeseitigung und (in einem Teil der Bundesländer auch) die Wasserversorgung sind kommunale Pflichtaufgaben². Die kommunalen Steuerungsmöglichkeiten bilden den Hauptuntersuchungsgegenstand dieses Beitrags.

Abwasser verfügt über nicht zu vernachlässigende regenerative Energiepotenziale, die in Form von Abwärme und biogenen Inhaltsstoffen zur künftigen Energieversorgung der Städte beitragen können. Zudem schont etwa die Grauwasseraufbereitung Ressourcen. Dies sollte von den Kommunen bei der integrierten Planung, z.B. bei der Erarbeitung von Energieversorgungskonzepten, berücksichtigt werden. Wenn ergänzend bzw. in Kombination zu den zentralen öffentlichen Einrichtungen (Kläranlage und Kanalsystem) weitere siedlungswasserwirtschaftliche Anlagen auf Gebäude- oder Quartiersebene (etwa zur Wärmerückgewinnung, Grauwasseraufbereitung, Biogaserzeugung) installiert werden, stellt sich die Frage, ob und unter welchen Bedingungen dies unter dem bestehenden Rechtsrah-

* Der Beitrag wurde von Jan Hendrik Trapp zusammengestellt. Er basiert auf dem netWORKS-Paper von Stefanie Hanke: Rechtliche Rahmenbedingungen neuartiger Wasserinfrastrukturen. Zu den rechtlichen Möglichkeiten und Grenzen der Einführung von Grauwasserrecycling, Schwarzwasserbehandlung sowie Wärmerückgewinnung, Berlin 2016 (netWORKS-Papers, Nr. 31).

1 Czychowski/Reinhardt, § 56 Rn. 29.

2 Kumanoff/Schwarzkopf/Fröse, LKV 1998, 417.

men möglich ist und wo gegebenenfalls Rechtsänderungsbedarf bestehen könnte. Diese Fragen stellen sich gerade auch vor dem Hintergrund, dass die genannten de- und semizentralen Wasserinfrastrukturen nicht zwingend von kommunalen, sondern ebenso von privaten Investoren/Bauherren eingeführt und betrieben werden könnten. Dementsprechend ist zudem zu diskutieren, inwieweit die Kommune oder ihr kommunales Unternehmen als Verantwortliche für die ordnungsgemäße Abwasserbeseitigung auch auf die gebäudeinterne bzw. private Quartierinfrastruktur auf privatem Grund zugreifen könnten (Steuerung, Überwachung, Instandhaltung). Hieraus ergeben sich auch Fragen der Risikohaftung und Risikoverteilung³.

Grundsätzlich müssten gebäudeinterne Infrastrukturen – damit neuartige Wasserinfrastrukturen umgesetzt werden können – eine starke Modifikation in Form von doppelten Leitungssträngen zur getrennten Erfassung von Grau- und Schwarzwasser erfahren⁴. Das erfordert auch eine veränderte Überwachung und Wartung.

Aufgrund der Koordinierungsfunktion der Kommune betreffen die genannten Rechtsfragen insbesondere

- das Instrument des Anschluss- und Benutzungszwangs,
- die Steuerungsmöglichkeiten in Hinblick auf gebäudeinterne Erfassungsinfrastrukturen und die Nutzung semizentraler Systeme,
- Energiegewinnung sowie
- Auskunftspflichten.

Denknotwendig sind dabei die Rechte und Pflichten der involvierten Privaten – der Bürgerinnen und Bürger als Nutzer, aber auch der Unternehmen als Dienstleister oder Technologieanbieter – in den Blick zu nehmen. Stärker als bisher erfordern die neuen Systemvarianten eine Abstimmung und Synchronisierung der Transformationsprozesse zwischen öffentlichen und privaten Infrastrukturen (siehe Beitrag D3). Es geht um die Frage, ob und inwieweit Kommunen ihre zumeist zentralen Abwasserentsorgungskonzepte mit de- und semizentralen Bausteinen der Abwasserbehandlung, aber auch Abwasserverwertung (Wärme, Strom, Wasser, gegebenenfalls Inhaltsstoffe, insbesondere Phosphat und Nitrat) ergänzen kön-

3 Die Kommunen setzten sich durch die Übernahme der bisher in privater Verantwortung befindlichen häuslichen und Grundstücksabwasserinfrastruktur unübersehbaren Risiken aus. Die Gesamtheit der Grundstücksleitungen wird auf etwa die doppelte Länge der kommunalen Abwasserkanäle geschätzt. Zudem soll sie sich teils in einem sehr maroden Zustand befinden (zentrale Quelle für Abwasserexfiltrationen und Fremdwasserzuflüsse zu den kommunalen Kläranlagen, vgl. Nisipeanu, BauR 2005, 657).

4 Nisipeanu, ZfW 2010, 69 ff.; Nisipeanu, BauR 2005, 656 ff.

nen. Es geht damit nicht um ein pauschales Entweder-Oder der Systeme, sondern um die Unterstützung bei der Suche nach ortsangepassten Kombinationen von technischen Modulen und der Öffnung hin zu neuen Systemvarianten.

Grundlegende, zu klärende Fragen vor diesem Hintergrund sind: Inwiefern kann die Kommune Planung und Betrieb technischer Module in neuartigen Wasserinfrastruktursystemen wie Wärmerückgewinnung, Grauwasseraufbereitung, Biogasgewinnung aus Abwasser oder Regenwasserbewirtschaftung koordinieren und steuern? Und welche Mittel stehen der Kommune hierfür zur Verfügung?

Diese offenen Punkte werfen die grundsätzliche Frage nach Steuerungsinstrumenten auf der Planungsebene und deren eventuell notwendiger Anpassung auf. Hier stehen den Kommunen einige Möglichkeiten zur Verfügung, um den Transformationsprozess aktiv zu begleiten. So können die formellen planungsrechtlichen, aber auch informelle Instrumente entsprechend der jeweiligen Erfordernisse nutzbar gemacht werden.

Aus diesen kommunalen Steuerungsinstrumenten können sich bei der Einführung von Innovationen im Abwasserbereich Möglichkeiten ergeben, z.B. Vorgaben für die zum Teil notwendige gebäudeinterne Erfassungsinfrastruktur (etwa getrennte Leitungen für Grau-/Schwarzwasser) und den Betrieb (z.B. Grauwasseraufbereitung) zu machen. Das Spektrum dieser Möglichkeiten, aber auch deren Grenzen gilt es zu untersuchen. Hierbei sind u.a. die grundrechtlich geschützten Freiheiten Privater und das öffentliche Interesse an einer zeitlich und technisch abgestimmten Entwicklung der von privater Hand geschaffenen Infrastruktur mit der dem Ziel des Gesundheits- und Ressourcenschutzes unterworfenen öffentlichen Infrastruktur ins Verhältnis zu setzen und auszutarieren.

Im Projekt netWORKS 3 wurden die Rechtsfragen ausführlich für drei Kombinationen technischer Module diskutiert (vgl. Hanke 2016):

1. Schwarzwasserbehandlung und -vergärung mit anschließender Herstellung von Wärme oder Strom in Blockheizkraftwerken (BHKW),
2. Grauwasserrecycling und Betriebswassernutzung und
3. Abwasserwärmerückgewinnung.

Kurzgefasst ergaben sich aus der Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen für die drei Modulkombinationen folgende Aussagen⁵.

5 Eine ausführliche Diskussion kann in Hanke (2016; abrufbar unter: <https://networks-group.de>) nachvollzogen werden.

Ad 1) In der Modulkombination „Schwarzwasserbehandlung“ kann nach § 55 Abs. 1 S. 2 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) dem Wohl der Allgemeinheit auch durch die Beseitigung von häuslichem Abwasser durch de- bzw. semizentrale Anlagen entsprochen werden. Die Norm eröffnet den Kommunen mehr Spielraum für die Optimierung ihrer Entsorgungskonzepte und erfasst auch das hier untersuchte technische Modul „Schwarzwasserbehandlung“. Diese technische Option kann sowohl in Abwasserbeseitigungskonzepten als auch im Bebauungsplan aufgenommen werden. Daneben besteht eine Reihe von Möglichkeiten, die Option in mehr oder weniger formelle Planungen mit aufzunehmen. So kann es sich – je nach Sachlage vor Ort – anbieten, das technische Modul in das Stadtentwicklungskonzept, ein Klimaschutzkonzept oder einen Rahmenplan aufzunehmen. Sofern Bestandteil einer neuartigen Wasserinfrastruktur im größeren Maßstab, könnte auch das technische Modul „Schwarzwasserbehandlung“ seinen Niederschlag in einem Masterplan⁶ oder einem Infrastrukturkonzept finden. Das besondere Städtebaurecht gem. §§ 136 ff. Baugesetzbuch (BauGB) weist zwar auch einige Ansatzpunkte auf, allerdings fehlt es hier oft an den erforderlichen finanziellen Mitteln oder der Mitwirkungsbereitschaft.

Die Kommune kann auf Basis von Verträgen mit Privaten, seien es einzelne Grundstückseigentümer oder Investoren, ihre Möglichkeiten ausschöpfen und Anreize sowie hinreichend Sicherheit für die Implementierung neuartiger Wasserinfrastrukturen bieten. Je nach Sachzusammenhang kann es sich dabei um städtebauliche (vgl. § 11 BauGB), aber auch um sonstige öffentlich-rechtliche (vgl. § 54 S.1 Verwaltungsverfahrensgesetz/VwVfG) oder zivilrechtliche Verträge handeln.

Aber auch die Steuerung durch Anschluss- und Benutzungszwang, der dementsprechend in der Abwassersatzung ausgestaltet sein müsste, ist nicht ausgeschlossen. Ein Anschluss- und Benutzungszwang⁷ ist dabei auch bei privaten An-

6 Ein Masterplan ist ein rechtlich unverbindliches Instrument, welches Ziele in Bezug auf neuartige Wasserinfrastrukturen als solche benennen und die strategischen Maßnahmen zur Zielerreichung räumlich verorten kann. Die inhaltlichen, räumlichen und zeitlichen Geltungsbereiche sind kontextspezifisch festzulegen. Masterpläne zeichnen sich durch Prozesshaftigkeit bei ihrer Erstellung aus.

7 Anschluss- und Benutzungszwang unterliegt der Prämisse der Volksgesundheit und damit verbundener ökologischer Belange, vgl. BVerwG, Urteil v. 24.01.1992 – 7 C 38.90. Zudem haben die Kommunen bei der Beurteilung eine Einschätzungsprärogative bzw. ein pflichtgemäßes Ermessen, vgl. Franz: 43, OVG Schleswig, Urteil v. 07.07.1999 – 2 L 197/97; Glöckner: 72.

lagen durch deren Widmung⁸ als öffentliche Einrichtung⁹ möglich; dazu muss der Eigentümer der Anlage dieser Widmung zustimmen¹⁰.

Gleiches lässt sich grundsätzlich für BHKW feststellen, in denen das aus der Schwarzwasserbehandlungsanlage gewonnene Biogas in Wärme und/oder Strom umgewandelt werden soll¹¹.

Gesetzesänderungsbedarf besteht insbesondere in Hinblick auf spezifische Klarstellungen: So könnte im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) auch Schwarzwasser als Biomasse gelten. In den landesrechtlichen Gemeindeordnungen könnte der Begriff „öffentliche Einrichtung zur Abwasserbeseitigung“ im Sinne neuartiger Wasserinfrastrukturen definiert werden.

Ad 2) Die Modulkombination „Grauwasserrecycling und Betriebswassernutzung“ ist unter ähnlichen Bedingungen wie die „Schwarzwasserbehandlung“ zulässig und durch die Kommune mit Verträgen und Satzungen steuerbar. Haupteinsatzzwecke von Betriebswasser können in der Toilettenspülung und Gartenbewässerung liegen. Besonderheiten ergeben sich insoweit, als die Betriebswasserversorgung der Wasserversorgung zuzurechnen ist, für die andere rechtliche Anforderungen bestehen als für die Abwasserentsorgung.

Ad 3) Abwasserwärmerückgewinnung kann grundsätzlich im öffentlichen Kanal oder auf Gebäude- und Quartiersebene erfolgen. Im Folgenden wird für die Abwasserwärmerückgewinnung auf Quartiersebene untersucht, inwieweit die Kommune bzw. das kommunale Unternehmen im Sinne des Gemeinwohls auf derlei Anlagen planerisch-steuernd Einfluss nehmen kann.

8 Die Widmung einer Sachgesamtheit zu einer öffentlichen Einrichtung ist die öffentliche Erklärung einer Behörde, dass diese Sachgesamtheit weder ausschließlich dem internen Verwaltungsgebrauch noch ausschließlich wirtschaftlichen Zwecken dienen soll, sondern der Nutzbarkeit durch die Allgemeinheit oder einem bestimmten Personenkreis „im Rahmen der bestehenden Vorschriften“ offensteht. Zum Begriff der Widmung: Stelkens, Stelkens/Bonk/Sachs, Verwaltungsverfahrensgesetz, § 35 Rn. 324.

9 Borchert, in: Schmaal/Sprenger u.a., § 17 GO Sch-Hol, Rn. 12; zur Möglichkeit der Widmung von Einrichtungen Privater zu öffentlichen Einrichtungen vgl. BVerwG, Urteil v. 06.04.2005 – 8 CN 1.04; OVG Bautzen, Beschluss v. 24.09.2004 – 5 BS 119/04; Glöckner: 73.

10 Wolff/Brink, in: Bader et al. (Hrsg.): Beck'scher Online-Kommentar VwVfG, Stand Januar 2012, § 35 Rn. 240, vgl. zum Ganzen auch Stelkens, Stelkens/Bonk/Sachs, Verwaltungsverfahrensgesetz, § 35 Rn. 322 f.

11 Es wird auf die einschlägige Literatur zu dem Thema verwiesen: Danner/Theobald et al. (2013), Britz/Hellermann/Hermes (2015), Kment (2015), Altmann/Oschmann/Theobald (2013), Reshöft/Schäfermeier (2016), Müller/Oschmann/Wustlich (2010), Möhlenkamp/Milewski (2012), Schneider/Theobald (2013), Ohms (2014), Hack (2015).

Grundsätzlich gelten die zuvor getroffenen Aussagen zur Modulkombination „Schwarzwasserbehandlung“. Besonderheiten zwischen der Abwasserwärmerückgewinnung im Kanal und der Abwasserwärmerückgewinnung im Quartier ergeben sich insbesondere beim Thema „Steuerung durch Vertrag“:

Werden Versorgungsanlagen nicht über gemeindeeigene oder versorgungsträgereigene Grundstücke geführt (z.B. entlang von Straßen oder Wegen), müssen mit den Eigentümern entsprechende vertragliche Vereinbarungen inklusive dinglicher Sicherungen getroffen werden. Die Festsetzungsmöglichkeit nach § 9 Abs. 1 Nr. 13 BauGB setzt aber z.B. nicht zwingend voraus, dass das Benutzungsrecht zum Zeitpunkt der Festsetzung bereits begründet ist.

Nach § 11 Abs. 1 S. 1 Nr. 4 BauGB können Vereinbarungen über die Errichtung und Nutzung von Anlagen und Einrichtungen zur zentralen und dezentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus Erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung getroffen werden. Solche Vereinbarungen können weitergehend sein als jene nach § 9 Abs. 1 Nr. 23b BauGB, weil sie auch den Gebäudebestand und die Nutzung der Erneuerbaren Energien und der Kraft-Wärme-Kopplung beinhalten können.

Besonderheiten gegenüber der Wärmerückgewinnung im Kanal ergeben sich dadurch, dass sich die Anlagen zur Wärmerückgewinnung im Eigentum Privater befinden können. Hier gelten die Aussagen zu de- bzw. semizentralen Anlagen und dem Grundrecht auf Eigentum, die in Bezug auf das technische Modul „Schwarzwasserbehandlung“ getroffen wurden, entsprechend.

Das wichtigste Element zur Steuerung der Abwasserwärmerückgewinnung aus dem Kanal stellen die Potenzialanalysen inklusive sogenannter Energiekarten dar. Wenn die Kommune/der Abwasserentsorger die Wärmerückgewinnung selbst betreiben will, ist fraglich, ob weitere Planwerke zur Steuerung erforderlich sind, da eine enge Abstimmung zwischen Kommune und kommunalem Unternehmen systemimmanent sein sollte. Das Recht an den Abwasserkanälen hat der Kanalnetzbetreiber und muss diese nicht Dritten für die Wärmerückgewinnung zur Verfügung stellen.

Übergreifende Schlussfolgerungen

Ausgangspunkt der Untersuchung war die Annahme, dass die Kommune (inklusive ihrer kommunalen Unternehmen) – als Trägerin der Daseinsvorsorge den örtlichen Gemeinwohlbelangen verpflichtet – aufgrund der Abhängigkeiten zwischen öffentlicher und privater Infrastruktur eine steuernde und koordinierende Funktion

beim Implementieren neuartiger Wasserinfrastrukturen innehaben sollte. Unter dieser Prämisse ergeben sich folgende Schlussfolgerungen über die drei hier bezeichneten Systemvarianten hinweg:

De- und semizentrale Anlagen im Wasserrecht

Nach § 55 Abs. 1 S. 2 WHG kann dem Wohl der Allgemeinheit auch durch die Beseitigung von häuslichem Abwasser durch de- bzw. semizentrale Anlagen entsprochen werden. Die Norm eröffnet den Kommunen mehr Spielraum für die Optimierung ihrer Entsorgungskonzepte und erfasst auch die hier untersuchten Modulkombinationen „Schwarzwasserbehandlung“ und „Grauwasserrecycling“.

Steuerung durch Vertrag

Verträge sind derzeit die empfehlenswertesten und rechtssichersten Instrumente zur Realisierung der untersuchten technischen Module. Je nach Sachzusammenhang kann es sich dabei um städtebauliche, aber auch sonstige öffentlich-rechtliche oder zivilrechtliche Verträge handeln. Sie können genau auf die lokalen Bedingungen hin zugeschnitten werden. Zudem entsprechen sie wohl auch am ehesten dem derzeitigen Stand der Entwicklung neuartiger Wasserinfrastrukturen. Die willentliche Bejahung einer Innovation seitens aller daran Beteiligten bzw. „Betroffenen“ trägt entscheidend zu ihrer erfolgreichen Umsetzung bei.

Steuerung durch Planung

Die hier untersuchten technischen Module können je nach Schwerpunkt sowohl in Abwasserbeseitigungskonzepten, Wasserversorgungskonzepten und/oder Energieversorgungskonzepten als auch durch verschiedene Festsetzungen im Bebauungsplan aufgenommen werden. Das Bauplanungsrecht bietet eine Reihe von Möglichkeiten, die Implementierung von einzelnen Techniken in Neubaugebieten festzusetzen und zu definieren¹². Dies betrifft sowohl die Versorgungsflächen als auch – zumindest teilweise – die Gebäudetechnik. Allerdings ist festzuhalten, dass der Bebauungsplan weder eine Baupflicht noch eine Benutzungspflicht statuiert. Insoweit eignet er sich nur bedingt zur Implementierung neuartiger Wasserinfrastrukturen.

12 Vgl. die Möglichkeiten der Festsetzung nach § 9 Abs.1 BauGB.

Je nach Sachlage vor Ort kann es sich auch anbieten, die technischen Module in das Stadtentwicklungskonzept, ein Klimaschutzkonzept oder einen Rahmenplan zu integrieren. Eingebettet in umfangreichere neuartige Wasserinfrastrukturen könnten die technischen Module ihren Niederschlag auch in einem Masterplan oder einem Infrastrukturkonzept finden.

Steuerung durch kommunale Satzung

Durch einzelfallbezogene, als Ausnahme gehandhabte Befreiung vom bestehenden Anschluss- und Benutzungszwang in Hinblick auf das zentrale System ist eine von der Kommune gesteuerte konzeptionelle Implementierung semizentraler Anlagen an bestimmten geeigneten Orten nicht realisierbar¹³. Will man diesen Weg gehen, so bedarf es des neuen Einsatzes des Anschluss- und Benutzungszwangs und einer Steuerung durch dieses Instrument per Satzung. Dies erscheint rechtlich grundsätzlich nicht ausgeschlossen. Der Anschluss- und Benutzungszwang müsste dementsprechend in einer kommunalen Satzung ausgestaltet sein und ist auch bei privaten Anlagen durch deren Widmung als öffentliche Einrichtung grundsätzlich nicht ausgeschlossen. Dazu muss der Eigentümer der Anlage dieser Widmung allerdings zustimmen, und die Zugriffsrechte der Kommune müssen dauerhaft dinglich gesichert werden. Schließlich steht die Kommune als Aufgabenträgerin in der Letztverantwortung (Pflichtaufgabe). Auch hier empfiehlt sich ein Vertrag.

Der Anschluss- und Benutzungszwang ist auf de- und semizentrale Systeme anwendbar. Dazu wären jedoch gesetzliche Klarstellungen wünschenswert, wenn auch nicht zwingend erforderlich. So könnte etwa der in einigen Gemeindeordnungen verwendete Begriff „Kanalisation“ durch den weiteren Begriff „Abwasserbeseitigungsanlage“ ersetzt werden. Möglicherweise ist es sinnvoll, in den Satzungen den Abwasserbegriff in „Grauwasser“ und „Schwarzwasser“ zu differenzieren. Die Abwassersatzungen müssen zudem in jedem Fall angepasst werden.

Gesetzesänderungsbedarf

Bedarf an Gesetzesänderungen besteht insbesondere in Hinblick auf Klarstellungen: So könnte im EEWärmeG auch Schwarzwasser als Biomasse gelten. In den landesrechtlichen Gemeindeordnungen könnte der Begriff „öffentliche Einrichtung zur Abwasserbeseitigung“ im Sinne neuartiger Wasserinfrastrukturen defi-

13 Befreiungen können allenfalls einen Einstieg „in den Umstieg“ bieten und der Erprobung dienen.

niert werden. Will der Gesetzgeber die Wichtigkeit neuartiger Wasserinfrastrukturen besonders unterstreichen und deren Umsetzung erleichtern, könnten auch weitere, eher deklaratorische Änderungen in verschiedenen Gesetzen vorgenommen werden.

Möchte man Veränderungen in Bestandsgebäuden herbeiführen, sind dafür wenige Einflussmöglichkeiten vorhanden. Hierzu bedürfte es Gesetzesänderungen, die sich in dem Rahmen halten müssten, den die Eigentumsgarantie nach Art. 14 Abs. 1 GG vorgibt.

Zudem wäre die Entwicklung von Mustersatzungen und Musterverträgen, die sich auf die untersuchten Modulkombinationen beziehen, für die Kommunen sehr hilfreich.

Abhängigkeit vom potenziellen Mehrwert

Im vorliegenden Beitrag wurden verschiedene mögliche kommunale Vorgehensweisen in Hinblick auf die Implementierung neuartiger Wasserinfrastrukturen vorgestellt. Die Auswahl eines dieser Wege hängt sicherlich ganz grundsätzlich davon ab, welche Vorteile Systemvarianten neuartiger Wasserinfrastrukturen gegenüber konventionellen Systemen bieten. Mehrwert kann je nach Bedingungen vor Ort etwa in den Bereichen Ressourcenschutz, Klimaschutz, Energieeinsparung, Resilienz, Wirtschaftlichkeit usw. liegen. Die technischen Module weisen schon per se unterschiedliche Zielrichtungen auf, die sie zudem mit einer unterschiedlichen Intensität erreichen können. Damit dürfte – in Abhängigkeit von der konkreten Systemvariante und den räumlichen Zusammenhängen – ein unterschiedlicher Mehrwert einhergehen. So können die Modulkombinationen „Schwarzwasserbehandlung“ und „Grauwasserrecycling“ sowohl dem Ziel Wasserressourcenschutz als auch dem Ziel alternative Energiegewinnung dienen. Bei der Wärmerückgewinnung wiederum geht es „nur“ um das Ziel alternative Energiegewinnung.

Abhängigkeit vom politischen Willen

Diese Ausarbeitung setzt bei der Prämisse an, dass die Kommune die richtige Instanz ist, um durch Steuerung und Koordination (siehe Beitrag D2) auf verschiedenen Ebenen neuartige Wasserinfrastrukturen dort zu implementieren, wo für diese Bedarf besteht und sie Vorteile gegenüber dem konventionellen System versprechen. Voraussetzung dafür ist ein dementsprechender grundlegender politischer Beschluss. Dieser setzt wiederum Innovationsbereitschaft bei den Akteu-

ren voraus (vgl. Beitrag D1). In ähnlicher Weise, wie eine Kommune mit ihren Steuerungsmöglichkeiten Innovationen in der Siedlungswasserwirtschaft vorantreiben kann, kann sie diese auch verhindern – etwa wenn solche Innovationen von Privaten forciert werden.

Literatur

- Altrock, M., V. Oschmann und C. Theobald (2013): EEG, Erneuerbare-Energien-Gesetz, Kommentar, 4. Auflage, München.
- Borchert, in: Schmaal, B., und D. Sprenger u.a. (2016): Praxis der Kommunalverwaltung Schleswig-Holstein. Gemeindeordnung für Schleswig-Holstein – SHGO, Wiesbaden.
- Britz, G., J. Hellermann und H. Gerog (2015): EnWG – Energiewirtschaftsgesetz, 3. Auflage, München.
- Czychowski, M., M. Reinhardt et al. (2014): Wasserhaushaltsgesetz, WHG, Kommentar, 11. Auflage, München.
- Danner, W., und C. Theobald et al. (2013): Energierecht, Loseblatt-Kommentar, München.
- Franz, T. (2005): Gewinnung durch kommunale Daseinsvorsorge: zugleich eine Untersuchung zu den Zwecken und Formen der kommunalen wirtschaftlichen Betätigung, Tübingen.
- Glöckner, A. (2009): Kommunale Infrastrukturverantwortung und Konzessionsmodelle: ein Beitrag zum Recht der Gewährleistungsverwaltung und öffentlich-privater Partnerschaften unter besonderer Berücksichtigung der Wasserversorgung, München.
- Hack, M. (2015): Energie-Contracting, Energiedienstleistungen und dezentrale Energieversorgung, 3. Auflage, München.
- Hanke, S. (2016): Rechtliche Rahmenbedingungen neuartiger Wasserinfrastrukturen. Zu den rechtlichen Möglichkeiten und Grenzen der Einführung von Grauwasserrecycling, Schwarzwasserbehandlung sowie Wärmerückgewinnung, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 31), <https://networks-group.de>
- Kment, M. (Hrsg.) (2015): Energiewirtschaftsgesetz, Nomos-Kommentar, Baden-Baden.
- Kumanoff, A., A. Schwarzkopf und A. Fröse (1998): Organisation des Benutzungsverhältnisses und der Vergütungsbeziehungen bei der Trinkwasserversorgung, in: Landes- und Kommunalverwaltung, H. 11, S. 417–421.
- Möhlenkamp, K., und K. Milewski (2012): Energiesteuergesetz, Stromsteuergesetz. Kommentar, München.
- Müller, T., V. Oschmann und G. Wustlich (2010): Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz. Kommentar, München.
- Nisipeanu, P. (2010): „Abwasser“ – Ein wasserrechtlicher Begriff im Spannungsfeld zwischen kommunalem Entwässerungsrecht und innovativer Technik, in: Zeitschrift für Wasserrecht, H. 2, S. 69–95.
- Nisipeanu, P. (2005): Neues zur Sanierung von Hausanschluss- und Grundstücksentwässerungsanlagen – Oder: Zur organisatorischen, technischen und rechtlichen Umsetzung des § 45 BauO NRW, in: Baurecht, H. 4, S. 656–667.
- Ohms, M. (2014): Recht der Erneuerbaren Energien, München.
- Reshöft, J., und A. Schäfermeier (Hrsg.) (2016): EEG – Erneuerbare-Energien-Gesetz, Nomos-Kommentar, 5. Auflage, Baden-Baden.
- Schneider, J.-P., und C. Theobald (Hrsg.) (2013): Recht der Energiewirtschaft, Praxishandbuch, 4. Auflage, München.
- Stelkens, P., H.-J. Bonk und M. Sachs (2008): Verwaltungsverfahrensgesetz, Kommentar, 7. Auflage, München.

Wegener, B. (2015): Aktuelle Fragen der Umweltinformationsfreiheit, in: Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht, H. 10, S. 609–616.

Wolff/Brink, in: Bader, J., et al. (Hrsg.): Beck'scher Online-Kommentar Verwaltungsverfahrensgesetz, Stand: Januar 2012.

Jörg Felmeden, Bernhard Michel und Martin Zimmermann

Integrierte Bewertung auf Modell- gebietsebene

Siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen sind häufig komplexer Natur mit einem vielfältigen Geflecht von Auswirkungen, die von den verschiedenen Beteiligten und Betroffenen kontrovers wahrgenommen und bewertet werden können. Durch eine nachvollziehbare Bewertung unterschiedlicher technischer Systemalternativen mittels eines definierten Bewertungsverfahrens lassen sich diese vergleichend betrachten. Dabei werden einerseits unterschiedlich geartete Auswirkungen u.a. wirtschaftlicher, technischer, ökologischer und sozialer Art und andererseits Prioritäten verschiedener Stakeholder berücksichtigt.

Bewertungsverfahren sind zentrale Planungsinstrumente; sie sind integraler Bestandteil der Planung. In deren Fortschreiten verlagert sich dabei ihr Einsatz von der Konzeption der Ressourcennutzung und Ressourcenverteilung über die (in diesem Beitrag beschriebene) Systementscheidung unter Transformationsbedingungen auf die Kostenoptimierung der Anlagen und Betriebsabläufe.

Generelles Ziel ist die Erarbeitung von Bewertungsergebnissen, die einen Systementscheid für die Kommune, ihr Stadtwerk oder eines ihrer Wasserunternehmen ermöglichen (siehe Beitrag D2). Alle Verfahren haben die gleiche Grundstruktur. Sie beruhen auf einem nachvollziehbaren Mengengerüst (Daten, Informationen, Prognosen) und einem definierten Wertegerüst (Anforderungen, Erwartungen, Einstellungen). Diese bilden die Informationsgrundlagen für den Bewertungsprozess, der mit der Entscheidung abschließt.

Bewertungsrahmen

Der Bewertungsrahmen wird definiert durch die relevanten Bewertungskriterien und das gewählte Bewertungsverfahren sowie durch den räumlichen Bezug der Maßnahmen (vgl. Felmeden/Michel/Zimmermann 2017). Der räumliche Bezug

umfasst die fünf Modellgebiete in den Modellstädten Frankfurt am Main und der Freien und Hansestadt Hamburg (siehe Beitrag B4), in denen die in Beitrag B2 (Tabelle 1) definierten drei technischen Systemvarianten verglichen wurden.

Die grundlegende Fragestellung, der räumliche und zeitliche Bezug sowie die Zielsetzungen und die Adressaten der Bewertung auf Modellgebietsebene (Bewertungsebene 1) sind in Übersicht 1 dargestellt. Die Bewertung neuartiger Wasserinfrastrukturen mit Blick auf die Gesamtstadt und in ausgewählten Regionstypen (Bewertungsebenen 2 und 3) wird in Beitrag C6 beschrieben.

Übersicht 1: Bewertungsebenen und räumlicher Bezug

	Bewertungsebenen		
	1	2	3
Räumlicher Bezug	Modellgebiete	Modellstädte	Regionstypen
Grundlegende Fragestellung	Welche technische Systemvariante ist im jeweiligen Modellgebiet vergleichsweise am besten geeignet?	Wie sind die Umsetzungsbedingungen der Systemvarianten/-module auf städtischer Ebene zu bewerten?	Welche generellen Transformationspotenziale haben die Systemvarianten/-module auf regionaler Ebene?
Zeitlicher Bezug	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
Zielsetzung	Projektierungen	Konzepte	Strategien/Leitbilder
Adressaten	Politische Entscheidungsträger; Stadtverwaltung; Investor/Bauherrn; Ver-/Entsorgungsbetriebe	Politische Entscheidungsträger; Stadtverwaltung; Ver-/Entsorgungsbetriebe	Politische Entscheidungsträger; Fachverwaltungen; Fach- und Kommunalverbände; Wirtschaft; Wissenschaft

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Der Bewertungsrahmen umfasst die Bewertungsaspekte „Auswirkungen der Transformation“ und „Anforderungen an die Transformationsprozesse“. Sie enthalten jeweils mehrere Bewertungskategorien. Im Rahmen eines Stakeholder-Dialoges (u.a. Stadtplanung, Landschaftsplanung, Stadtentwässerung, Umweltdezernat, Investoren) wurden insgesamt sieben Bewertungskategorien definiert: Technik, Ökologie, Ökonomie, Soziales, Organisation, Governance und Recht. Diese übergeordneten Kategorien konkretisieren sich in jeweils unterschiedliche Bewertungskriterien und Indikatoren mit entsprechenden Dimensionen. Zum Bewertungsaspekt „Auswirkungen der Transformation“ gehören die Bewertungskategorien Technik, Ökologie, Ökonomie und Soziales mit insgesamt 20 Kriterien (siehe Übersicht 2).

Zum Bewertungsaspekt „Anforderungen an den Transformationsprozess“ gehören die Bewertungskategorien Organisation, Governance und Recht mit insgesamt elf Kriterien (siehe Übersicht 3).

Die beiden Bewertungsaspekte sind getrennt voneinander zu betrachten.

Übersicht 2: Bewertungsmatrix der Auswirkungen der Transformation				
Kategorie/ Handlungsfelder	Kriterien	Indikatoren	Dimensionen	
Technik	Integrierbarkeit	Auswirkung auf den Bestand	Anpassungsbedarf der bestehenden Wasser-/Gebäudeinfrastrukturen	gering, mittel, hoch
		Synergiepotenzial	Synergiepotenzial mit anderen Infrastrukturen und bezüglich EE (Abwärme, Gebäudekühlung, Biogas etc.)	hoch, mittel, gering
	Anpassungsfähigkeit	Flexibilität	Flexibilitätsgrad hinsichtlich Veränderungen bei Klima, Demografie, Gesetze, Nutzungsmuster etc.	hoch, mittel, gering
	Betriebssicherheit/ -robustheit	Prozessstabilität	Einfluss extremer Ereignisse (z.B. Starkregen, Abwasserreduktion, Stromausfall, Vandalismus)	gering, mittel, hoch
Ökologie			Auswirkungen bei Versagen einzelner Systemkomponenten (Resilienz)	gering, mittel, hoch
	Ressourcenschutz	Lokale Ökosystemfunktionen	Beitrag zu Erzeugung, Erhalt und Stärkung blauer und grüner Infrastrukturen	hoch, mittel, gering
		Gewässerschutz (Oberflächen-gewässer)	Verminderung des Eintrags von Nährstoffen (N, P) und ökotoxikologischen Stoffen	hoch, mittel, gering
		Boden-/Grundwasserschutz	Verminderung des Eintrags von ökotoxikologischen Stoffen	hoch, mittel, gering
		Energie und Klimaschutz	Emission klimarelevanter Gase (CO ₂ -Äquivalente)	t/a

Kategorie/ Handlungsfelder	Kriterien	Indikatoren	Dimensionen
Ökologie	Ressourcennutzung	Trinkwasserbedarf	m³/a
		Strombedarf	MWh/a
		Wärmerückgewinnung	MWh/a
Ökonomie	Ver-/Entsorgungs- unternehmen, Investo- ren	Jahreskosten	1.000 €/a
		potenzielle Einnahmen aus NASS-Produkten	1.000 €/a
		Auswirkungen auf Image und Know-how	hoch, mittel, gering
		Dauer der AfA-Abschreibung	gering, mittel, hoch
		Auswirkungen auf spezifi. Kosten (Kalt-/Warmmiete)	gering, mittel, hoch
Soziales	Investoren, Bewohner	Exklusionsrisiko	gering, mittel, hoch
	Exklusion	Bedienkomfort für Betreiber und Bewohner	hoch, mittel, gering
	Gebrauchsfähigkeit, All- tagstauglichkeit	Sensibilisierungspotenzial (Bewohner, Betreiber, Investor, Politik)	hoch, mittel, gering
	Umweltbewusstsein		

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Übersicht 3: Bewertungsmatrix der Anforderungen an den Transformationsprozess

	Kategorie/ Handlungsfelder	Kriterien	Indikatoren	Dimensionen
Organisatorisch (Technik)	Organisationsform/ -strukturen	Anpassung/Neuentwicklung	Anpassungsaufwand Organisation	gering, mittel, hoch
	Betrieb	Kompetenz (Arbeitsabläufe, Kunden- betreuung, Technisches Know-how)	Anpassungsaufwand, Qualifikationsbedarf	gering, mittel, hoch
	Sektorübergreifende Koordination	Transaktionsaufwand	Abstimmungsaufwand (Trinkwasser, Löschwasser, Energie, Stadtplanung, Verkehr, Abfall, Grünflächen- management, Investor etc.)	gering, mittel, hoch
	Leitbilder; Entwicklungs- konzepte; Prozesse	Räumliche/infrastrukturelle Leitbilder	Synergiepotenzial (Raumordnung, Regionalplanung, Stadtentwicklung, Energie, Wasser, Abfall etc.)	hoch, mittel, gering
Governance (Planung)		Einbeziehung relevanter Stakeholder (Politische Entscheidungsträger, fachliche Akteure, Interessengrup- pen, allgemeine Öffentlichkeit)	Abstimmungsbedarf; Überzeugungsaufwand	gering, mittel, hoch
		Unternehmerisches Wagnis	regulatorisches Risiko	gering, mittel, hoch

	Kategorie/ Handlungsfelder	Kriterien	Indikatoren	Dimensionen
Recht	EU-Recht; Bundesrecht	RL 91/271/EWG; GG; WHG; BauGB; ROG; KWKG; EEWärmeG; TrinkVO; AVBen	Gesetzesänderungsbedarf	gering, mittel, hoch
	Landesrecht	LWWaG; GemO; LBauO; KAG	Gesetzesänderungsbedarf	gering, mittel, hoch
	Kommunalrecht	FLPl; Bplan; Satzungen	Anpassungsaufwand	gering, mittel, hoch
	Verträge	Städtebaulicher Vertrag; öffentlich-rechtliche/privatrechtliche Verträge	Anpassungsaufwand	gering, mittel, hoch
	Stand der Technik	Fachliche Normen und Standards	Anpassungsaufwand	gering, mittel, hoch

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Auswahl und Anwendung des Bewertungsverfahrens

Für die Bewertung der Maßnahmen sind verschiedene Bewertungsverfahren verfügbar. Als Bewertungsmaßstäbe kommen je nach Zielbereich bzw. Teil- oder Einzelziel entweder ausschließlich monetäre Einheiten oder aber darüber hinaus auch nicht-monetäre Größen oder Kriterien in Betracht. Abgesehen davon können eindimensionale und mehrdimensionale Bewertungsverfahren unterschieden werden. Mehrdimensionale Verfahren sind in der Lage, eine Reihe von unterschiedlich gearteten Zielgrößen zu erfassen und in die Alternativenbewertung einzubeziehen (vgl. Triantaphyllou 2000).

Ausgehend von den technischen Systemvarianten, den ausgewählten Modellgebieten sowie dem definierten Bewertungsrahmen wurden aufgrund der Vielfalt an definierten Bewertungskriterien mehrdimensionale bzw. multikriterielle Verfahren (MCDA, Multi-Criteria Decision Analysis) ausgewählt. Diese sind in der Lage, unterschiedliche technische Systemvarianten in Bezug auf die Bewertungskriterien zu vergleichen und je Modellgebiet diejenige Variante mit dem höchsten Nutzwert bzw. die vergleichsweise am besten geeignete Konzeption zu identifizieren (siehe Tabelle 1).

Der Einbezug von monetären und nicht-monetären sowie qualitativen und quantitativen Kriterien bzw. Indikatoren ermöglicht eine umfassendere Bewertung, als dies bei eindimensionalen Verfahren möglich wäre, wodurch sich einseitige (z.B. durch rein wirtschaftliche Argumente getriebene) Entscheidungen vermeiden lassen (vgl. Fishburn 1967; Triantaphyllou 2000). Die ganzheitliche Herangehensweise entspricht dem integrierten Forschungsansatz (vgl. Winker et al. 2016) und den komplexen systemischen Herausforderungen, wie sie in Teil A angesprochen wurden. Abgesehen davon haben sich MCDA-Verfahren im Wassersektor bewährt¹. Die im Rahmen der vorliegenden Studie verwendete Methode ist die Nutzwertanalyse (NWA) (vgl. Zangemeister 1976), die anderen Verfahren aufgrund ihrer Transparenz und Nachvollziehbarkeit vorgezogen wurde. Beide Aspekte haben eine große Bedeutung im Rahmen von partizipativen Prozessen (vgl. Bergmann et al. 2005).

Die modellgebietsspezifischen Systemvarianten in den fünf Modellgebieten wurden durch die Partner des Forschungsverbundes bewertet. Hierbei wurden innerhalb einzelner Kategorien ausgewählte Handlungsfelder und Kriterien denjenigen

1 Vgl. hierzu auch Hellström/Jeppsson/Kärrman 2000; Balkema et al. 2002; Mysiak/Giupponi/Rosato 2005; Palme et al. 2005; Tanyimboha/Kalungib 2009; Larsen et al. 2010; Schuwirth/Reichert/Lienert 2012; Lienert et al. 2014; Scholten et al. 2014.

Forschungs- und Praxispartnern zugeordnet, die über die fachliche Expertise der jeweiligen Bewertungskategorie verfügten und die jeweiligen Forschungsarbeiten in der Regel durchführten (zum Beispiel Stoffstromanalysen und Nutzerbefragungen durch das ISOE, rechtliche Aspekte durch das Difu, Kostenkalkulation u.a. durch HAMBURG WASSER).

Die Wirkungsabschätzung erfolgte hinsichtlich der vorrangig qualitativen Kriterien dreistufig in gering, mittel und hoch. Bei Bedarf wurde vereinzelt weiter abgestuft in gering-mittel und mittel-hoch. Bei den quantitativ zu bewertenden Kriterien in den Kategorien Ökonomie und Ökologie wurden die entsprechenden Werte und Dimensionen, zum Beispiel MWh/a oder Euro/a, aus der Stoffstrommodellierung (vgl. Davoudi et al. 2016; siehe Beiträge C1 sowie C2) und der Machbarkeitsstudie (vgl. HAMBURG WASSER 2016) eingesetzt. Anschließend wurden die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Wirkungsabschätzung im Rahmen einer Nutzwertanalyse in entsprechende Zielerträge auf einer neutralen Skala von 0 bis 2 mittels linearer Wertefunktionen umgerechnet (vgl. Felmeden/Michel/Zimmermann 2017).

Die Gewichtung der Bewertungskategorien Technik, Ökologie, Ökonomie und Soziales erfolgte zunächst gleichverteilt, so dass jede Kategorie einen Anteil von 25 Prozent aufweist. Innerhalb einer Kategorie wurden die einzelnen Kriterien ebenfalls gleichgewichtet. Ergänzend wurden drei weitere Gewichtungsszenarien angewendet: jeweils höhere Gewichtung der Kategorien Technik/Ökonomie bzw. Ökologie/Soziales und eine von den Stakeholdern präferierte Gewichtung.

Vergleichende Bewertung der Auswirkungen der Transformation in den Modellgebieten

Die Ergebnisse aller modellgebietsspezifischen Bewertungen zeigen generell, dass die unterschiedlichen Systemvarianten in ihren Nutzwerten häufig sehr nahe beieinander liegen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ergebnisse der vergleichenden Bewertung

Modellgebiet/ Gewichtungsszenario	Nutzwert		
	Referenzsystem	Systemvariante 1	Systemvariante 2
Frankfurt			
A	Konventionelles System FFM	FFM KonvGrau	HWC mit WRG
Gleichgewichtet	89	84	76
Tech+Ökon	83	68	59
Ökol+Soz	95	99	93
Stakeholder	99	86	73
B	Konventionelles System FFM	FFM KonvGrau (Blockebene)	FFM KonvGrau (Quartiersebene)
Gleichgewichtet	80	87	78
Tech+Ökon	80	69	66
Ökol+Soz	81	105	90
Stakeholder	89	82	75
C	Konventionelles System FFM	FFM KonvGrau ¹	Konv. System FFM mit WRG ²
Gleichgewichtet	90	98	78
Tech+Ökon	83	79	73
Ökol+Soz	96	117	84
Stakeholder	97	90	75

Modellgebiet/ Gewichtungsszenario	Nutzwert		
	Referenzsystem	Systemvariante 1	Systemvariante 2
Hamburg			
D	Konventionelles System HH	HH KonvGrau (Quartiersebene)	Konventionelles System HH mit WRG ³
Gleichgewichtet	97	78	110
Tech+Ökon	86	66	97
Ökol+Soz	108	91	124
Stakeholder	99	71	106
E	Konventionelles System HH	HH KonvGrau (Blockebene)	HH KonvGrau (Quartiersebene) ⁴
Gleichgewichtet	90	82	82
Tech+Ökon	83	74	74
Ökol+Soz	96	89	89
Stakeholder	92	74	72

WRG = Wärmerückgewinnung; Modellgebiete A bis E siehe Kapitel B4, Übersicht 1; zu Referenzsystem, Systemvariante 1 und Systemvariante 2 siehe Kapitel B2, Übersicht 1; Tech+Ökon = technisch-ökonomisches Gewichtungsszenario; Ökol+Soz = ökologisch-soziales Gewichtungsszenario; Stakeholder = Gewichtungsszenario der Stakeholder

1) ohne Grauwasserbehandlung, nur WRG aus Grauwasser auf Blockebene; mit zusätzl. WRG aus Mischwasser

2) mit Betriebswassernutzung aus Regenwasser

3) Bei dieser Variante handelt es sich um ein mit WRG ausgestattetes konventionelles System, während energetische Aspekte bei der entsprechenden Referenzoption nicht berücksichtigt wurden. Die Variante erhält dadurch einen Vorteil, trägt aber nicht zur Transformation der bestehenden Infrastruktur bei.

4) mit zusätzl. WRG aus Mischwasser

Quelle: Felmeden/Michel/Zimmermann (2017)

Von den 20 Bewertungsfällen (fünf Modellgebiete; vier Gewichtungsszenarien) wies das Referenzsystem in elf Fällen (55 Prozent) den höchsten Nutzwert auf. Neuartige oder angepasste konventionelle Systemvarianten hatten in neun Fällen (45 Prozent) einen höheren Nutzwert. Davon sind fünf „KonvGrau“-Systeme mit Grauwassertrennung (mit oder ohne Grauwasserbehandlung) und vier mit Wärmerückgewinnung ausgestattete angepasste konventionelle Wasserinfrastruktursysteme. In Modellgebiet B hat sich beispielsweise die Systemvariante 1 (FFM KonvGrau auf Blockebene) sowohl im gleichgewichteten als auch im ökologisch-sozialen Gewichtungsszenario gegenüber den beiden Vergleichsoptionen durch-

gesetzt. Das Referenzsystem hingegen erzielte im technisch-ökonomischen sowie im Gewichtungsszenario der Stakeholder den größten Nutzwert.

Während in den Frankfurter Modellgebieten sowohl konventionelle als auch neuartige Systeme gleichermaßen als vergleichsweise am besten geeignete Option hervorgingen, wurden in den Hamburger Modellgebieten über alle Gewichtungsszenarien hinweg jeweils das Referenzsystem bzw. ein angepasstes konventionelles System am besten bewertet, weil die neuartigen Systeme aufgrund ihrer größeren technischen Komplexität höhere Kosten verursachen. Ihre potenziellen, zukünftigen Vorteile blieben jedoch im Rahmen des Bewertungsverfahrens unberücksichtigt. Dies liegt u.a. an der vergleichsweise geringen Größe der Modellgebiete. Aufgrund von Skaleneffekten würden die Vorteile des HWC-Systems z.B. bei Vernetzung mehrerer derartiger Gebiete sichtbar werden und in die modellgebietsspezifische Bewertung eingehen. Mit denselben Gründen ist das schlechtere Abschneiden der HWC-Option gegenüber der KonvGrau-Variante und dem konventionellen System in einem der Frankfurter Modellgebiete (A) zu erklären. Dies ist auf die Definition der Systemgrenzen auf Modellgebietsebene zurückzuführen, die eine zukünftige Konversion anderer Gebiete nicht mit einbezieht (siehe Beitrag B6). Diese externen Effekte werden jedoch auf der Bewertungsebene der Gesamtstadt berücksichtigt (siehe Beitrag C6).

Bei näherer Betrachtung der Gewichtungsszenarien zeigt sich, dass bei gleicher Gewichtung der Bewertungskategorien neuartige Systeme in drei Fällen (Modellgebiete B, C und D) und die konventionelle Option in zwei Fällen (A und E) den höchsten Nutzwert aufwiesen. Das Gewichtungsszenario mit technisch-wirtschaftlichem Schwerpunkt ergab außer in einem Fall (Modellgebiet D) vier Mal den höchsten Nutzwert für die konventionelle Infrastruktur. Dies liegt insbesondere daran, dass die Referenzsysteme vor dem Hintergrund einer Kostenvergleichsrechnung kostengünstiger sind (vgl. HAMBURG WASSER 2016) als neuartige Systeme, die in vier Modellgebieten als vergleichsweise am besten geeignete Optionen hervorgingen, wenn sozialen und zugleich ökologischen Bewertungskategorien ein höheres Gewicht beigemessen wurde.

Die durch die Stakeholder durchgeführten Kriteriengewichtungen führen zu denselben Ergebnissen wie im Fall des technisch-wirtschaftlichen Gewichtungsszenarios. Obwohl die beteiligten Akteure sich mehrheitlich für die ökologischen Vorteile neuartiger Systeme ausgesprochen hatten, scheinen im Bewertungsfall monetäre und technische Argumente dennoch schwerer zu wiegen.

Abschließend wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um diejenigen Bewertungskriterien zu identifizieren, die in besonderem Maße zur Bewertung beitrugen. Das Referenzsystem erzielte durchgehend höhere Nutzwerte gegenüber

den anderen Alternativen aufgrund seiner geringeren Auswirkungen auf den Bestand (z.B. Anpassungsbedarf der bestehenden Wasser-/Gebäudeinfrastrukturen), seiner geringeren Jahreskosten und besseren Wirtschaftlichkeit (z.B. Auswirkungen auf spezifische Kosten, Kalt-/Warmmiete), seiner besseren Handhabbarkeit und Alltagstauglichkeit (z.B. Bedienkomfort für Bewohner) sowie seiner geringeren sozio-ökonomischen und kulturellen Barrieren (z.B. Ausschluss bestimmter Gruppen vom Gebrauch einzelner Komponenten neuartiger Wasserinfrastruktursysteme aus kulturellen Gründen). Die neuartigen Infrastrukturoptionen erhielten größtenteils bessere Bewertungen als die konventionellen Varianten in Bezug auf ihr Synergiepotenzial mit anderen Infrastrukturen und bezüglich Erneuerbarer Energien (z.B. Abwärmenutzung, Gebäudekühlung, Biogas), ihre Anpassungsfähigkeit (z.B. hinsichtlich Veränderungen von Klima, Demografie, Gesetzen, Nutzungsmustern), ihre Ressourcenbilanz (insbesondere hinsichtlich Wärmehückgewinnung, falls dieses Modul involviert war), potenzielle Einnahmen aus NASS-Produkten sowie ihr Sensibilisierungspotenzial hinsichtlich der Ressourcennutzung von Wasser und Energie.

Detaillierte Darstellungen der Bewertungsergebnisse (auch zu den Anforderungen an den Transformationsprozess) und weiterführende Informationen zur Vorgehensweise im Rahmen der integrierten Bewertung finden sich in Felmeden/Michel/Zimmermann (2017).

Literatur

- Balkema, A., H. Preisig, R. Otterpohl und F. Lambert (2002): Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems, in: *Urban Water*, 4, S. 153–161.
- Bergmann, M., B. Brohmann, E. Hoffmann, C. Loibl, R. Rehaag, E. Schramm und J.-P. Voß (2005): Qualitätskriterien transdisziplinärer Forschung – Ein Leitfaden für die formative Evaluation von Forschungsprojekten, Frankfurt am Main (ISOE-Studentexte, Nr. 13).
- Davoudi, A., M. Winker, D. Milosevic, E. Schramm und R. Scheidegger (2016): Stoffstromanalyse zu verschiedenen Wasserinfrastruktursystemen in Frankfurter und Hamburger Quartieren (Material flow analysis of different water infrastructure systems in quarters of Frankfurt and Hamburg), Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 30).
- Felmeden, J., B. Michel und M. Zimmermann (2017): Integrierte Bewertung neuartiger Wasserinfrastruktursysteme, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 32).
- Fishburn, P. (1967): Additive Utilities with Incomplete Product Set: Applications to Priorities and Assignments. *Operations Research Society of America (ORSA)*, Baltimore.
- Hellström, D., U. Jeppsson und E. Kärrman (2000): A framework for systems analysis of sustainable urban water management, in: *Environmental Impact Assessment Review*, 20, S. 311–321.
- Larsen, T., et al. (2010): Decision support in urban water management based on generic scenarios: The example of NoMix technology, in: *Journal of Environmental Management*, 91, S. 2676–2687.

- Lienert, J., L. Scholten, C. Egger und M. Maurer (2014): Structured decision-making for sustainable water infrastructure planning and four future scenarios, in: *EURO J Decision Processes*, 3 (1–2), S. 107–140.
- Mysiak, J., C. Giupponi und C. Rosato (2005): Towards development of a decision support system for water resource management, in: *Environmental Modelling & Software*, 20, S. 203–214.
- Palme, U., M. Lundin, A.-M. Tillman und S. Molander (2005): Sustainable development indicators for wastewater systems – researchers and indicator users in a co-operative case study, in: *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 43, Issue 3, S. 293–311.
- Scholten, L., A. Scheidegger, P. Reichert, M. Maurer und J. Lienert (2014): Strategic rehabilitation planning of piped water networks using multi-criteria decision analysis, in: *Water Res.*, 49 (1), S. 124–143.
- Schuwirth, N., P. Reichert und J. Lienert (2012): Methodological aspects of multi-criteria decision analysis for 919 policy support: A case study on pharmaceutical removal from hospital wastewater, in: *Eur J Oper Res*, 220 (2), S. 472–483.
- Tanyimboha, T., und P. Kalungib (2009): Multicriteria assessment of optimal design, rehabilitation and upgrading schemes for water distribution networks, in: *Civil Engineering and Environmental Systems*, 26 (2), S. 117–140.
- Triantaphyllou, E. (2000): *Multi-Criteria Decision Making: A Comparative Study*, Dordrecht.
- Winker, M., E. Schramm, O. Schulz, M. Zimmermann und S. Liehr (2016): Integrated water research and how it can help address the challenges faced by Germany's water sector, in: *Environmental Earth Sciences. Thematic Issue: Water Resources and Research in Germany*.
- Zangemeister, C. (1976): *Nutzwertanalyse in der Systemtechnik – Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projekialternativen* (Cost-benefit analysis for systems technology – a methodology for the multi-dimensional evaluation and selection of project alternatives). Dissertation, Technical University Berlin, 1970, 4th ed. Wittemann, Munich, Germany.

Jörg Felmeden, Bernhard Michel, Engelbert Schramm, Jan Hendrik Trapp und Martin Zimmermann

Gesamtstädtische und regionale Perspektiven

Die Transformation von Wasserinfrastruktursystemen in Städten ist vorrangig mit der steigenden Notwendigkeit einer effizienten Ressourcennutzung (Wasser, Energie, Nährstoffe) zu begründen (siehe Beitrag B5). Auch die Anpassung an sich verändernde Rahmenbedingungen wie z.B. die demografische Entwicklung oder die Folgen des Klimawandels erfordern es, sich mit Transformation auseinanderzusetzen. Insbesondere in wachsenden Agglomerationsräumen sind nachhaltige Zielsetzungen des Infrastrukturmanagements und die ökologischen Auswirkungen der Wasserinfrastruktur von besonderer Bedeutung.

Die integrierte Bewertung neuartiger Wasserinfrastruktursysteme auf Gebäude- und Quartiersebene in ausgewählten Modellgebieten in der Freien und Hansestadt Hamburg und in Frankfurt am Main zeigte, dass die örtlichen Rahmenbedingungen von entscheidender Bedeutung für die Mobilisierung von Transformationspotenzialen sind (siehe Beitrag C5). Es gilt, die jeweiligen teilräumlichen Gegebenheiten und die Auswirkungen auf die vorhandene Wasserinfrastruktur nicht nur im und für das Quartier bzw. den Stadtteil, sondern auch darüber hinaus in und für die angrenzenden Räume zu berücksichtigen. Mit einer erweiterten räumlichen Betrachtung verändern sich die Systemgrenzen der Bilanzierung und Bewertung. Damit können sich andere Einsichten und Bewertungen von Systemvarianten ergeben.

Die hier präsentierten Ergebnisse dienen als Unterstützungsinstrument für die Bewertung von Infrastruktur-Transformationen. Schon bei der Bewertung eines Umsetzungsszenarios (basierend auf technischen Systemvarianten) und mehr noch in der praktischen Planung und Umsetzung einer als geeignet identifizierten Systemvariante kommen vielfältige Interessen und (ökonomische) Zwänge usw. zum Tragen. Auch werden sich im Laufe eines auf viele Jahre angelegten Transformationsprozesses die (Be-)Wertungen aus Sicht der einzelnen Akteure wan-

deln. Neue institutionelle Rahmen verändern z.B. die Kostenstrukturen und können neue Anreize setzen. Entsprechend verändern sich zuvor vorgenommene Einschätzungen und Bewertungen.

Vorgehensweise

Die Betrachtung von technischen Systemvarianten aus gesamtstädtischer Perspektive beruht auf den Ergebnissen der vergleichenden Bewertung auf Modellgebietsebene (siehe Beitrag C5). Ausgehend von den betrachteten Modellgebietstypen (Innenstadtrandlage, Entwicklungsgebiet usw., siehe Beitrag B4) wurden weitere entsprechende Quartiere in Frankfurt am Main und Hamburg durch Experten aus der Stadtentwicklung und -planung identifiziert. Dieselben Experten ordneten die gesamten weiteren Stadtteile von Hamburg und Frankfurt den in Beitrag B4 beschriebenen typisierten Teilräumen zu. So konnte das generelle Potenzial der als attraktiv für eine Transformation der Wasserinfrastruktur einzustufenden Teilräume in einer ersten Näherung abgeschätzt werden. Stadtteile bzw. Quartiere gleichen Typs wurden gemeinsam mit den zuvor untersuchten Modellgebieten betrachtet, um daraus Aussagen zur Bewertung von Transformationen der Wasserinfrastruktur auf Gesamtstadtebene ableiten zu können. Die Ergebnisse wurden zusammengefasst und werden hier in verallgemeinerter Form vorgestellt.

Teilräume und Gesamtstadt

Die in Hamburg identifizierten Modellgebiete Tucholsky- und Struensee-Quartier stehen für den Gebietstyp „Innenstadtrandlage, Entwicklungsgebiet“. Im Entwurf des räumlichen Leitbildes der Freien und Hansestadt von 2007 sind sie dem sogenannten Aktionsraum „Urbanisierungszone“ zugeordnet, welcher als Übergangsbereich von der inneren zur äußeren Stadt definiert wird (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2007: 39 ff.). Dieser Übergangsbereich weist Entwicklungspotentialen auf. Diese häufig bereits erschlossenen, aber zum Teil nicht (mehr) sinnvoll genutzten Flächen sollen durch Umstrukturierungen (z.B. Konversion, Nachverdichtung) und Standortaufwertungen mobilisiert werden.

Die drei untersuchten Modellgebiete in Frankfurt am Main finden sich u.a. als Umwandlungsflächen auf Gewerbebrachen ebenfalls im räumlichen Entwicklungskonzept wieder (vgl. Stadt Frankfurt am Main 2012: 131).

Werden beispielhaft alle Stadt-/Ortsteile von Hamburg den in Beitrag B4 beschriebenen typisierten Teilräumen zugeordnet und davon die als attraktiv einge-

geschätzten typisierten Teilräume der Innenstadtrandlage (Entwicklungsgebiet, Konversionsgebiet, Industriegebiet, Gewerbegebiet, Geschosswohnungen) und der Peripherie (Konversionsgebiet) anteilig bestimmt, so können vereinfacht etwa 20 Prozent der Stadt-/Ortsteile von Hamburg grundsätzlich als attraktive Teilräume für eine kurz- bis mittelfristige Transformation der Wasserinfrastruktur eingestuft werden (vgl. Felmeden/Michel/Zimmermann 2017).

Vor diesem Hintergrund können, analog zu der Bewertung der technischen Systemvarianten auf der Modellgebietsebene (siehe Beitrag C5), mögliche Effekte einer Transformation der Wasserinfrastruktur weiterer Teilräume für die Gesamtstadtebene abgeschätzt und beschrieben werden (vgl. ebenda). Im Prinzip werden die Bewertungen und Folgen der Teilgebietsebene auf eine höhere Maßstabsebene übertragen und die Konsequenzen anschließend qualitativ abgeschätzt. Zentrale Aspekte dieser hier vorgenommenen qualitativen Abschätzung sind die „Auswirkungen der Transformation“ auf die Dimensionen Technik, Ökologie, Ökonomie und Soziales (analog zu den Bewertungskategorien in Beitrag C5) von Infrastruktursystemen. Mit Blick auf den „Transformationsprozess“ lassen sich befördernde Faktoren und Folgen auf Gesamtstadtebene identifizieren.

Auswirkungen der Transformation

Nachfolgend sind exemplarisch jeweils einige mögliche Effekte für die einzelnen Dimensionen von Infrastrukturen als sozio-technischen Systemen genannt.

Dimension Technik

- Mit zunehmender Abtrennung von Schwarzwasser und den darin enthaltenen Stickstofffraktionen vom bestehenden System können möglicherweise Schwellen-/Grenzwerte unterschritten werden, so dass eine Nitrifikation/Denitrifikation auf der zentralen Behandlungsanlage gegebenenfalls nicht mehr erforderlich ist (vgl. DWA 2014).
- Neben Auswirkungen auf die bestehende Infrastruktur – hierbei ist auch nochmals die Niederschlagsentwässerung besonders in den Blick zu nehmen – sind die Schnittstellen zwischen einzelnen Teilräumen mit neuartiger Wasserinfrastruktur zu beachten, um weitere Entwicklungen wie z.B. die Zusammenlegung der zukünftigen Schwarzwasserbehandlung weiterer Modellgebiete/Teilräume offen zu halten und Synergien zu nutzen (siehe Beitrag B6 sowie HAMBURG WASSER 2016). Hier kann es sinnvoll sein, sogenannte Brückentechnologien wie etwa im Falle von KonvGrau HH (siehe Beitrag B2) einzusetzen, die den Wandel vom bestehenden System zu neuartigen Wasserinfrastrukturen gestal-

ten und dabei die Daseinsvorsorge weiterhin garantieren. So ist es auch möglich, schrittweise neuartige Systemvarianten zu implementieren, im Betrieb zu erproben (wie etwa die Entwicklung von neuen Wartungs- und Kontrollroutinen) und zu optimieren, bevor der nächste Schritt der Transformation angegangen wird.

Dimension Ökologie

- Bei weitergehender Integration von neuartigen Wasserinfrastrukturen auf Ebene der Gesamtstadt führt die Reduzierung der Trockenwetterabflüsse und Trockenwetterfrachten aufgrund des volumenmäßigen Anteils im Mischwasserabfluss nur zu einer leichten Verringerung der Entlastungstätigkeit (bezüglich Häufigkeit, Menge/Umfang) von Regenüberlaufbauwerken in den verbleibenden Mischsystemen. Demgegenüber gehen je nach abgetrenntem Teilstrom die in die Gewässer eingetragenen Schmutzfrachten jedoch erheblich zurück, z.B. emittierte Stickstofffrachten bei Abtrennung von Schwarzwasser (vgl. DWA 2014).
- Die Stoffstrommodellierungen der untersuchten fünf Modellgebiete in Hamburg und Frankfurt am Main zeigten gebietsübergreifend: Durch die Einführung von neuartigen Systemvarianten mit Betriebswassernutzung lassen sich z.B. bis zu 30 Prozent an Trinkwassereinsparung, bezogen auf den ursprünglichen Trinkwasserverbrauch im jeweiligen Modellgebiet, erzielen (siehe Beitrag C1; Davoudi et al. 2016). Diese Potenziale der Trinkwassereinsparung in zwei oder drei relativ kleinen Modellgebieten sind im Vergleich zum Trinkwasserverbrauch auf Gesamtstadtebene verschwindend gering. Würden jedoch weitere Gebiete transformiert, könnten diese in Summe einen signifikanten Einfluss auf die Verbesserung der Ressourceneffizienz (hinsichtlich Wasser, aber auch bezüglich der Nährstoff- und Energierückgewinnung sowie der Reduktion von CO₂-Emissionen, siehe Beitrag C2) und damit auf den Wasserbedarf der Gesamtstadt, den diese unter Umständen an ihr Umland stellt, haben.

Dimension Ökonomie

- Die von der Stadtplanung aktuell identifizierten Entwicklungsgebiete in Hamburg liegen über die Stadtfläche räumlich verteilt und ergeben keine zusammenhängende Fläche. Bezüglich der Einwohnerzahl wird z.B. die Anschlussgröße für eine wirtschaftliche Schwarzwasserbehandlung in den Entwicklungsgebieten in Hammerbrook und in Rothenburgsort zusammengekommen mit insgesamt rund 10.000 Einwohnern gerade erreicht (vgl. HAMBURG WASSER 2016). Bei bestimmten Komponenten neuartiger Wasserinfrastrukturen beste-

hen also zwar ökologische Vorteile auf Modellgebietsebene. Jedoch werden erst durch die Perspektive der Gesamtstadt und das synergetische Erschließen weiterer Transformationen in benachbarten Teilräumen Skaleneffekte erreicht, die es ermöglichen, auch betriebswirtschaftliche Potenziale besser zu nutzen bzw. potenzielle Mehrkosten zu vermindern.

- Bei den Kosten für die teilräumliche Implementierung neuartiger Wasserinfrastruktursysteme sind auch mögliche Einsparungen auf der zentralen Abwasserbehandlungsanlage gegenzurechnen. So können bei der Abtrennung oder der semizentralen Schwarzwasserbehandlung Betriebskosten auf der zentralen Behandlungsanlage vor allem beim Sauerstoffbedarf (bei verringerter Nitrifikation) und beim Fällmittelbedarf für die Phosphorfällung eingespart werden (vgl. DWA 2014).

Dimension Soziales

- Die Untersuchungen von Hefter/Birzle-Harder/Deffner (2016; siehe auch Beitrag C3) zur Akzeptanz von Grauwasserbehandlung und Wärmerückgewinnung im Wohnungsbau zeigen: Die Zufriedenheit bezüglich solcher Wasser- und Abwassersysteme ist überwiegend groß, da die Anlagen in der Regel unauffällig funktionieren und daher im Alltag nicht thematisiert werden. Derartige Komponenten neuartiger Wasserinfrastrukturen lassen sich hinsichtlich der Akzeptanz leichter in das Gesamtkonzept einer Stadt einfügen als solche, die stärker in das Alltagsverhalten der Benutzerinnen und Benutzer eingreifen.
- Anders als kleinräumige Umsetzungen neuartiger Wasserinfrastrukturen in Gebäuden und städtischen Quartieren ist ein Systementscheid der Kommune ein wichtiges Signal. Dieses könnte im städtischen Diskurs zu mehr Aufmerksamkeit für Themen wie „sparsamer Umgang mit Wasser“ oder eine „neue Wasserkultur“ führen und eine wichtige Funktion mit Blick auf die Steigerung des Umweltbewusstseins bzw. die Sensibilisierung für eine effiziente Ressourcennutzung (Wasser, Energie usw.) auf Gesamtstadtebene einnehmen (vgl. Domènech/March/Saurí 2013; Ipsen/Cichorowski/Schramm 1998; Ipsen 2003). Wichtig ist in solchen Fällen, auch weiterreichende Effekte wie etwa neu motiviertes „Wassersparverhalten“ oder den Wandel von Haushaltsgeräten mit Wasserverbrauch mit im Blick zu behalten, um keine Überraschungen zu erleben.

Nicht für alle Dimensionen von Wasserinfrastrukturen in Transformationsprozessen lassen sich die (möglichen) Folgen der Implementierung erfassen und abschätzen. Ursache und Wirkung bzw. Voraussetzung und Folge lassen sich nicht immer eindeutig bestimmen und trennscharf abgrenzen.

Eine grundlegende Voraussetzung für strategische Entscheidungen zur Gestaltung zukunftsfähiger Wasserinfrastrukturen in der Stadt sind eine politische Vision und Entscheidung der Kommune über die künftige Organisation der Daseinsvorsorge, ihrer Beiträge und Funktionen im Kontext integrierter Stadtentwicklung und damit letztlich zur Lebensqualität vor Ort (vgl. Trapp/Libbe 2016; siehe auch Beitrag B5). Kommunale Betreiber von Wasserinfrastrukturen stehen neben der Verwaltung in der Verantwortung, infrastrukturelle Transformations- und Abstimmungsprozesse der integrierten Stadtentwicklung zu befördern und zu gestalten (siehe Beiträge C4 sowie Teil D).

Derzeit betrachtet die Stadtplanung häufig Gebiete in der Konversion oder Erneuerung, die bereits (teil-)erschlossen bzw. von einer funktionierenden Infrastruktur umgeben sind. Dadurch ist der Investitionsbedarf in diesen Gebieten bei konventionellen Systemvarianten wesentlich niedriger als bei neuartigen Varianten (siehe Beitrag B6). Auch sonst sind die betrachteten Quartiere häufig vergleichsweise klein, da in Städten nur noch sehr bedingt große Flächen zur Verfügung stehen (wie es etwa in Frankfurt am Main letztmalig beim Riedberg der Fall war, so die Einschätzung der Stadtplanung Frankfurt am Main). Dies hat zur Folge, dass eine Transformation, die sich allein auf diese Gebiete beschränkt, eigentlich aus betriebswirtschaftlichen Gründen für das Gebiet selbst wenig attraktiv erscheint. Folglich kommt es darauf an, hier den Fokus der Stadtplanung so zu verändern, dass die Skaleneffekte ins Auge fallen und realisiert werden können.

Damit die Transformation der netzgebundenen Infrastrukturen gesamtstädtische Effekte erzielt, ist es entscheidend, frühzeitig zu überlegen, wo ausgehend von einem Initialgebiet derartige Effekte erzielt werden können. Für die Stadtplanung ist es wichtig, dies möglichst früh zu wissen, um es in die sukzessiven Prozesse einfließen zu lassen. Dies kann aus sehr unterschiedlichen Gründen möglich werden:

- wenn auch Nachbargebiete an semizentrale Schwarzwasseranlagen angeschlossen werden können und damit die Anlagen wirtschaftlicher arbeiten;
- wenn es in Nachbargebieten zahlreiche potenzielle Abnehmer für Betriebswasser gibt (z.B. Schulen, Parks, Bürogebäude, Grünflächen). Dies kann insbesondere interessant sein, wenn die beiden Gebiete sehr unterschiedliche Nutzungsmuster, etwa zeitlicher Art, besitzen: z.B. Bürogebäude und Wohngebiet;
- wenn sich durch die Transformation positive Auswirkungen in der konventionellen Infrastruktur erzielen lassen (z.B. hydraulische Entlastungen), die es ermöglichen, die Finanzmittel für eine Erweiterung der konventionellen Entwässerungsstruktur zu sparen bzw. sie anders, für die Transformation, einzusetzen. Hierzu kommt es darauf an, einen Überblick über große Investitionen im Bereich der Wasserinfrastruktur (z.B. Modernisierung von kleineren Wassergewinnungsanlagen oder Abwasserbehandlungsanlagen) zu haben, um mit

Grenzkostenbetrachtungen zu ermitteln, in welchen Teilräumen einer Stadt sich durch Transformationen Win-win-Situationen erzielen lassen;

- wenn es angrenzend an das Gebiet Wasserbedarfe im Naturraum gibt, also etwa Bäche, die von ihrem natürlichen Wassereinzugsgebiet abgeschnitten wurden, jedoch weiterhin erhalten werden sollen. Dies bedeutet in der Regel einen hohen Aufwand in der Wassereinspeisung aus Grundwasser oder anderen Wasserquellen;
- wenn sich Synergien zu anderen Infrastruktursystemen wie etwa der Abfallwirtschaft oder der Energieversorgung (Wärme und Kälte) abzeichnen.

Folglich ist es vielversprechend, möglichst mehrere benachbarte Quartiere aufeinander abgestimmt in die Transformation zu bringen, so dass sich hier entweder Skaleneffekte bei semizentralen Anlagen gut realisieren lassen oder Investitionen in die konventionelle Infrastruktur (die die bestehende Pfadabhängigkeit wieder erhöhen würden) vermeiden lassen. Trotz dieser (und weiterer) Beispiele für Synergien: Es muss gezeigt werden, ob und vor allem wann es sich lohnt, synergetische Prozesse auf der nächsthöheren räumlichen Ebene zu organisieren. Dabei gilt es auch die üblichen Entgeltregelungen in der Planungs- und Ingenieurspraxis zu beachten, die sich am finanziellen Gesamtumfang einer Maßnahme orientieren. Hierdurch werden kleinere Lösungen und solche in Schritten für die Planungs- und Ingenieurbüros in der Regel wirtschaftlich unattraktiver.

Diese neue Aufgabe wird häufig keine städtische Stelle nebenher übernehmen. Aus Interviews (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016) wurde deutlich, dass sich eventuell das Umweltamt dem Thema der Verknüpfung der „blauen und grünen Infrastruktur“ mit der Wasserinfrastruktur annehmen würde – wenn hier der politische Wille besteht, eine neuartige Systemvariante zu implementieren. Andernorts mag diese Koordination wohl eher Chefsache oder Aufgabe des für die Transformation der Infrastrukturen zuständigen „Kümmerers“ (siehe Beiträge D1 und D3) sein.

Zur Verankerung von möglichen Transformationsstrategien der Wasserinfrastruktur auf Gesamtstadtebene kann der Flächennutzungsplan aufgrund seines Maßstabes ein wichtiges Instrument sein; dies analog zu Beispielen aus der Energiewende, in denen u.a. Ausweisungen zur grundsätzlichen Energieinfrastruktur vorgenommen wurden (vgl. Hanke 2016). Darüber lässt sich auch nochmals die Verknüpfung zwischen dem städtischen Raum und seinem Umland besser in den Blick nehmen.

Regionale Perspektive – Ein Ausblick

Innovationsbedarf und Transformationspotenzial der kommunalen Wasserinfrastruktur in Deutschland sind regional sehr unterschiedlich. Sie hängen primär ab von der vorhandenen Wasserinfrastruktur, den naturräumlichen Gegebenheiten, der Demografie (Einwohnerdichte; Bevölkerungsentwicklung) und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Kosten der Infrastruktursysteme; Wasserpreise; Abwassergebühren; regionale Kaufkraft). Die Verknüpfung dieser Faktoren liefert Hinweise für die Ermittlung und Bewertung des spezifischen Innovationsbedarfs und Transformationspotenzials in den Kommunen einer Region.

Auf der Grundlage von Einwohnerdichte, voraussichtlicher Bevölkerungsentwicklung und siedlungsstrukturellen Aspekten lassen sich Regionstypen mit unterschiedlichen Merkmalen in Bezug auf den spezifischen Innovationsbedarf und die je eigenen Transformationspotenziale bilden und abgrenzen. Insbesondere in den dünn besiedelten ländlichen Regionen mit negativer Bevölkerungsentwicklung besteht häufig ein erheblicher Innovationsbedarf, der technisch durch Überdimensionierung von Anlagen und/oder wirtschaftlich durch hohe spezifische Kosten begründet ist (vgl. MLUL 2015).

Neben der Bereitstellung von infrastruktureller „Daseinsvorsorge“ müssen regional vor allem auch die „Entwicklungsfunktionen“ der Infrastrukturen berücksichtigt werden. Die Veränderung einzelner Infrastrukturkomponenten muss dabei insbesondere auch bezüglich potenziell negativer Auswirkungen auf die Standortqualität betrachtet werden. Negative Trends der räumlichen Entwicklung dürfen nicht durch eine reduzierte Infrastrukturqualität verstärkt werden.

Die Einordnung der potenziellen Veränderungen der kommunalen Wasserinfrastruktur und die Bewertung der Auswirkungen sollten in Form einer längerfristigen regionalen Perspektive der Systemtransformation erfolgen (vgl. oben, Abschnitt „Auswirkungen der Transformation“). Anzustreben sind daher siedlungswasserwirtschaftliche Gesamtkonzepte unter Berücksichtigung anderer Infrastruktursectoren (z.B. Energie), um mögliche negative Rückwirkungen auf der regionalen Ebene zu vermeiden oder zu minimieren und entsprechende Synergien und Potenziale zu heben.

Für Fragestellungen, die weit über die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einzelner Aufgabenträger oder die Kosten für die Anpassung von Einzelanlagen und -netzen hinausgehen, bieten sich konzeptionelle Leitbilder an, die grundlegende technische Präferenzen, Organisationsanpassungen, Verantwortlichkeitszuschreibungen usw. umfassen. Unverzichtbar für eine regionale Leitbildentwicklung sind vor allem das Engagement vor Ort, in den Kommunen der Region und möglichst in

Kooperation mit den Nachbarkommunen, sowie die Abstimmung mit den betroffenen Bürgerinnen und Bürgern. Als entscheidend hierfür wird angesehen, den Dialog über diese konzeptionellen Ansätze und die entsprechenden Maßnahmen in den ländlichen Regionen zwischen den Akteuren zu initiieren (vgl. MLUL 2015). Neben den kommunalen Unternehmen können Akteure der Raumordnung und Regionalplanung diesbezüglich einen wesentlichen Beitrag leisten und diesen Prozess aktiv mitgestalten.

Die neuen konzeptionellen Ansätze der Gestaltung der Wasserinfrastruktur können angepasste zentrale und partiell semi-/dezentrale Systemkomponenten umfassen. In diesem Zusammenhang erfordern differenzierte technische Systeme insbesondere mit Blick auf ihre Funktionalität und Prozessstabilität einen regional organisierten Verbund (vgl. Felmeden/Michel/Zimmermann 2017).

Literatur

- Davoudi, A., D. Milosevic, E. Schramm und M. Winker (2016): Stoffstromanalyse zu verschiedenen Wasserinfrastruktursystemen in Frankfurter und Hamburger Quartieren, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 30).
- Domènech, L., H. March und D. Saurí (2013): Degrowth initiatives in the urban water sector? A social multi-criteria evaluation of non-conventional water alternatives in Metropolitan Barcelona, in: *Journal of cleaner production*, 38, S. 44–55.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) (2014): Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS), Hennef.
- Felmeden J., B. Michel und M. Zimmermann (2017): Integrierte Bewertung neuartiger Wasserinfrastruktursysteme, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 32).
- Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) (2007): Räumliches Leitbild Entwurf. Wachsende Stadt – Grüne Metropole am Wasser, Hamburg.
- HAMBURG WASSER (2016): Machbarkeitsstudie zu den beiden Stadtquartieren Tucholsky-Quartier und Struensee-Quartier in Hamburg Altona. Im Rahmen des Forschungsprojektes netWORKS 3. Abteilung Q 2 HAMBURG WASSER, Hamburg.
- Hanke, S. (2016): Rechtliche Rahmenbedingungen neuartiger Wasserinfrastrukturen, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 31).
- Hefter, T., B. Birzle-Harder und J. Deffner (2016): Akzeptanz von Grauwasserbehandlung und Wärmerückgewinnung im Wohnungsbau. Ergebnisse einer qualitativen Bewohnerbefragung, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 27).
- Ipsen, D., G. Cichorowski und E. Schramm (1998): Wasserkultur: Beiträge zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung, Berlin.
- Ipsen, D. (2003): Wir brauchen eine neue Wasserkultur, in: "21". Das Magazin für zukunftsfähige Bildung, Heft 2, Juni 2003, S. 17–19.
- Kerber, H., E. Schramm und M. Winker (2016): Transformationsrisiken bearbeiten: Umsetzung differenzierter Wasserinfrastruktursysteme durch Kooperation, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 28).

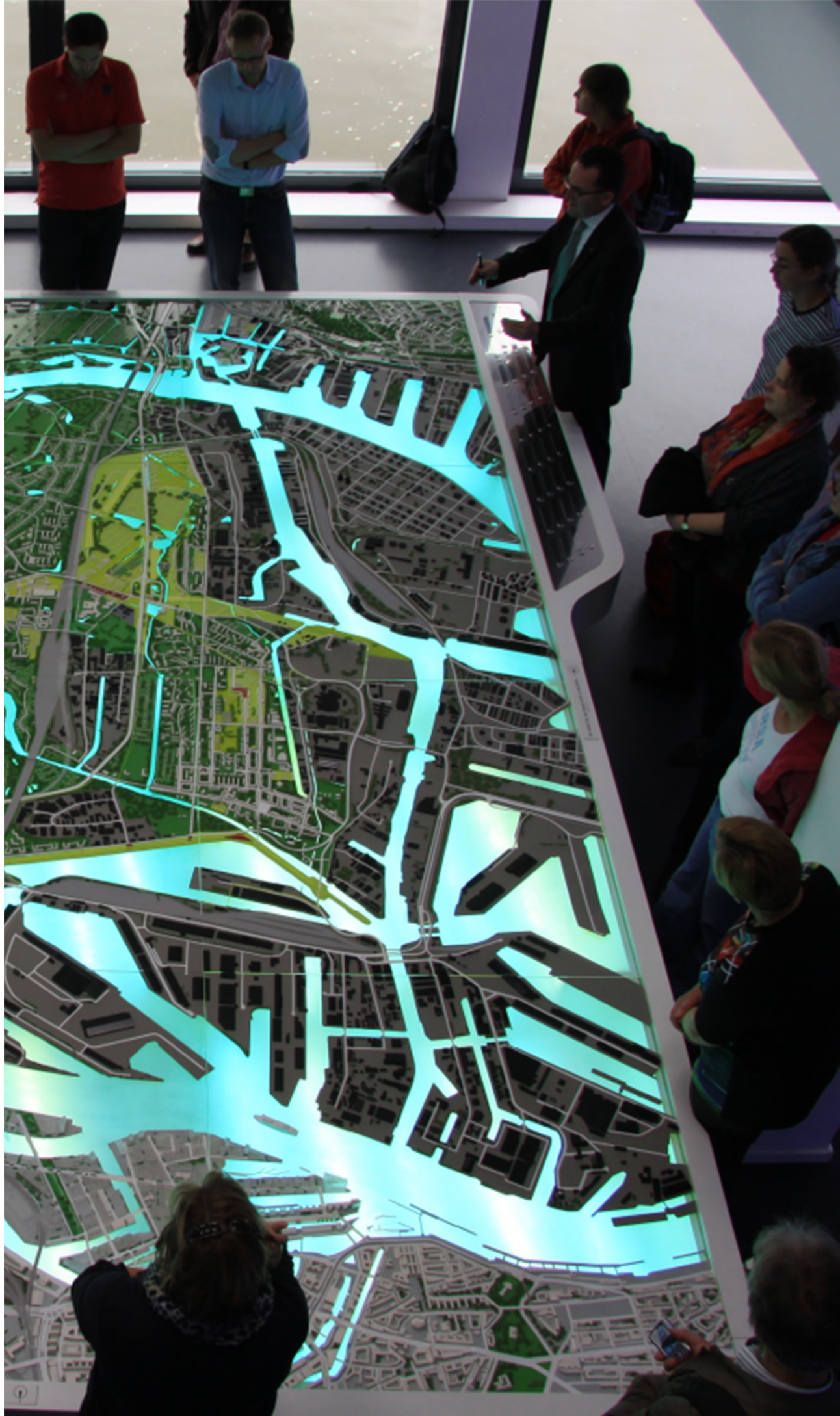
MLUL – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (2015): Abschlussbericht Leitbild zukunftsfähige Siedlungswasserwirtschaft Brandenburg, Potsdam.

Stadt Frankfurt am Main, Dezernat Planen, Bauen, Wohnen und Grundbesitz, Stadtplanungsamt (Hrsg.) (2012): Bericht zur Stadtentwicklung Frankfurt am Main 2012, Baustein 1/12, Frankfurt am Main.

Trapp, J. H., und J. Libbe (2016): Neuartige Wasserinfrastrukturen – Optionen für Unternehmensstrategien und Innovation, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 29).

D

Transformationsmanagement
zur Einführung von neuartigen
Wasserinfrastrukturen



Heide Kerber, Jan Hendrik Trapp und Engelbert Schramm

Akteure in der Transformation der Wasserinfrastrukturen

Die Transformation der Wasserinfrastrukturen hält zahlreiche Chancen für die städtische Entwicklung bereit. Damit sie optimal realisiert werden können, sind bei der Transformation die Bedürfnisse und Interessen zahlreicher Akteure zu berücksichtigen. Günstigenfalls bringen diese sehr unterschiedlichen Akteure, die im Folgenden charakterisiert werden, nicht nur ihre Ressourcen (Wissen, Finanzkapital, Personal) und Kompetenzen (Befugnisse, Verantwortlichkeiten, Aufgaben) in den Prozess der Transformation der Wasserinfrastrukturen ein, sondern auch ihre spezifischen Ansprüche und Vorstellungen über Stadt, Stadtgestaltung, Stoffströme und Infrastrukturen. Die Beteiligung dieser Akteure an der Transformation sollte möglichst geordnet ablaufen.

Vorgehensweise

Die folgenden Ausführungen basieren auf Diskussionsergebnissen eines verbundinternen Workshops, in dem für verschiedene technische Systemvarianten (siehe Beitrag B2) neuartiger Wasserinfrastrukturen systematisch mögliche Akteurskonstellationen entwickelt wurden. Dazu wurden im ersten Schritt möglichst vielfältige direkt und zum Teil auch nur mittelbar betroffene Akteure identifiziert. In weiteren Diskussionsschritten wurden die Akteure in einem Akteursmapping sortiert (öffentlich-privat, Vetoplayer, Schlüsselakteur usw.) und für die einzelnen Akteure deren institutionalisierte Aufgaben und Zuständigkeiten sowie angenommene potenzielle Interessen und Handlungslogiken formuliert. Das Ergebnis dieser interdisziplinären Arbeit im Verbund bildet die Grundlage der folgenden Ausführungen zu Akteuren im Transformationsprozess.

Validiert wurden die Ergebnisse des Workshops mit Aussagen aus einer Reihe von qualitativen Experteninterviews, die im Rahmen der Arbeiten zu unternehmerischen Strategieoptionen, Innovationsprozessen und deren Hemmnissen sowie

Koordinationsanforderungen geführt wurden. Insgesamt wurden 21 Interviews durch Difu und ISOE mit Vertreterinnen und Vertretern kommunaler Wasserunternehmen, aus Verbänden und relevanten Beratungsunternehmen geführt. Die auf Basis dieser leitfadengestützten Interviews erhobenen und mittels qualitativer Inhaltsanalyse (vgl. Flick 2005; Mayring 2007) gewonnenen Ergebnisse gehen ebenfalls in diesen Beitrag ein. Auf eine umfangreiche Unterfütterung der Aussagen mit Literatur wird vor diesem Hintergrund verzichtet.

Phasen der Transformation

Ein Transformationsprozess kann beispielsweise in folgende Phasen unterschieden werden: Systementscheidung, Planung, Umsetzung bzw. Bau, Betrieb und Reflexion bzw. Evaluation („Lernen“/Rückkopplung) (siehe auch Beitrag D3, Abbildung „Phasen der Kooperation im Transformationsmanagement“). In diesen Phasen sind, wie weiter unten gezeigt, kommunale Verwaltung, (kommunale) Unternehmen der Ver- und Entsorgungswirtschaft sowie weitere relevante Akteure unterschiedlich stark angesprochen und gefordert. Zum Teil können sie in den verschiedenen Phasen auch in unterschiedlichen Rollen und Aufgaben partizipieren.

Kommune

Die Aufgaben der Koordination und Steuerung fallen der Kommune und ihren internen (Kernverwaltung) wie assoziierten Organisationseinheiten (kommunalen Beteiligungsgesellschaften) im Rahmen ihrer kommunalen Selbstverwaltung und als Aufgabenträgerin der Daseinsvorsorge zu¹. Aufgrund der sektorenübergreifenden Wechselwirkungen ermöglicht ein integriertes Vorgehen der Wasserunternehmen und ihre Kooperation mit anderen kommunalen Unternehmen eine integrierte Stadtentwicklung und Infrastrukturplanung zur Sicherung der kommunalen Daseinsvorsorge und des Gemeinwohls.

Die Kommune, verstanden als politisch-administratives System aus Stadt-/Gemeinderat und Verwaltung, ist verfassungsrechtlich und demokratisch legitimierte Instanz der Definition des „örtlichen Gemeinwohls“. Im Rahmen des Rechts auf „kommunale Selbstverwaltung“ (Grundgesetz Art. 28.2) regelt sie die örtlichen Belange und kann entsprechende Festlegungen (Satzungen, Pläne usw.) erlassen.

1 Die Kommune kann sich für diese Aufgaben auch Dritter wie z.B. Planungs- und Beratungsbüros bedienen.

Der Kommune als Körperschaft des öffentlichen Rechts fallen Steuerungs- und Kontrollaufgaben (ebenso Ingerenzpflichten; vgl. Libbe/Trapp/Tomerius 2004) im Bereich der Daseinsvorsorge zu. Dabei kann es sich sowohl um freiwillige als auch um kommunale Pflichtaufgaben handeln (die Zuordnung variiert je nach Gemeindeordnung und Bundesland). Diese werden regelmäßig durch kommunale Unternehmen erbracht, die als institutioneller Teil der Kommune gefasst werden können.

Die Kommune ist in der Regel Eigentümer der Wasserinfrastruktur und für die Vergabe von Konzessionen (Wasserversorgung) und Betriebs- oder Betreiberverträgen (Abwasser) zuständig.

Die Kommune tritt im Transformationsprozess jedoch keinesfalls als homogener Akteur auf. Sie ist vielmehr gekennzeichnet durch eine Vielzahl von (zum Teil divergierenden) Interessen und Positionen in Politik (Stadt- bzw. Gemeinderat mit seinen Fraktionen), den unterschiedlichen Ämtern und Verwaltungseinheiten.

Diese werden daher in den folgenden Unterabschnitten weiter differenziert.

Stadt-/Gemeinderat

Der Stadt-/Gemeinderat setzt den politischen Rahmen und Leitlinien (z.B. Leitbilder, Integrierte Stadtentwicklungs-, Energie- oder Klimaschutzkonzepte). Er verabschiedet kommunale Satzungen und Planungen (Stadtentwicklungsplanung, Bauleitplanung usw.) und nimmt über die Haushaltsberatung und -verabschiedung Einfluss auf die kommunalen Unternehmen. Über den Haushalt werden die Investitions- und somit auch die Innovationsspielräume der kommunalen Unternehmen sowie die Gewinnerwartungen (Abführungen an den Kommunalhaushalt) festgelegt. Zur Steuerung und Kontrolle entsendet der Stadt-/Gemeinderat ausgewählte Mandatsträger in die Aufsichtsgremien der kommunalen Unternehmen (z.B. AG, GmbH, Wasserverband).

Kommunalverwaltung

Die Kommunalverwaltung tritt insbesondere über die verschiedenen Ämter, welche die kommunalen Aufgaben administrativ umsetzen, selbstständig nach außen in Erscheinung. Sie ist nach innen durch eine Vielzahl an Ämtern gekennzeichnet, die in der Regel nach bürokratisch-administrativen Regeln arbeiten. Häufig ist die Verwaltung als Linien- oder Stabsorganisation strukturiert.

Amt für Stadtplanung/Stadtentwicklung

Die Stadtplanung steuert die raumbezogene Entwicklung und ist bei dynamischen Siedlungsveränderungen (z.B. wachsende oder schrumpfende Kommunen) besonders wichtig. Sie wird aber auch bei der strategisch-langfristigen Planung und der Synchronisierung der Bau- und Infrastrukturentwicklung (Siedlungerschließung) sowie deren Einbettung in ein kommunales Gesamtkonzept (einschließlich Städtebaulicher Leitbilder) relevant.

Umweltamt

Das Umweltamt ist für Planung und Schutz der ökologischen Ressourcen und Umweltqualitäten zuständig. Es kann über Vorschriften die Gestaltung innovativer Systemlösungen beeinflussen.

Kämmerei (Querschnittsamt Kommunalverwaltung)

Das Amt der Kämmerei ist für die finanziellen Angelegenheiten einer Kommune verantwortlich. Die Kämmerei bedient sich vor dem Hintergrund der angespannten Haushaltslage vieler Kommunen der Beiträge der kommunalen Unternehmen zum Haushalt und zur Quersubventionierung defizitärer Aufgaben (z.B. ÖPNV im „Konzern“ Stadt). In der Kämmerei ist zudem in vielen Kommunen das Beteiligungsmanagement angesiedelt.

Aufgabenträger und Infrastrukturbetreiber: kommunale oder private Unternehmen

Abwasserbeseitiger

Die öffentliche Abwasserentsorgung (Abtransport und Aufbereitung des Abwassers) ist in Deutschland eine hoheitliche kommunale Pflichtaufgabe, die von Gemeinden und Städten wahrgenommen wird. Gestützt auf das in Artikel 28 Abs. 2 Grundgesetz (GG) verankerte Recht auf kommunale Selbstverwaltung kann die Kommune die Durchführung der Abwasserentsorgung durch den Träger der Abwasserentsorgungsaufgabe selbst gewährleisten oder – unter Beibehaltung der kommunalen Aufsicht – an Dritte übertragen. Zur eigenverantwortlichen und effektiven Abwasserbeseitigung stehen den Kommunen verschiedene rechtliche Organisationsformen zur Verfügung (z.B. Amt als Teil der Kernverwaltung, Eigenbetrieb, Regiebetrieb, Zweckverband, Eigengesellschaft in Form einer GmbH oder auch AG), welche sich u.a. hinsichtlich kommunaler Steuerung, Finanzierung, Investitionen, Entgelten/Abgaben und steuerlicher Behandlung unterscheiden. Abwassersammlung und -behandlung können, müssen aber nicht in einer Hand liegen. Die Gemeinden schreiben in der Regel zur Erfüllung der Abwasserbeseitigung einen Anschluss- und Benutzungszwang verpflichtend vor – eine Befreiung

ist in Ausnahmefällen möglich; wichtige Regelungen sind u.a. enthalten in den Abwasserkonzepten und Entwässerungssatzungen der Gemeinden.

Trinkwasserversorger

Die Trinkwasserversorgung fällt nach Maßgabe der jeweiligen Landesverfassungen, Gemeindeordnungen und/oder Landeswassergesetze grundsätzlich in die Verantwortung der Kommunen. Diese können die Selbstverwaltungsaufgabe der Trinkwasserversorgung hoheitlich wahrnehmen, mit anderen Kommunen kooperieren oder privat-rechtlich organisierte Unternehmen mit der Durchführung beauftragen. Der Betreiber muss nicht Eigentümer der Anlagen und Netze sein. Die Trinkwasserversorgung wird in deutschen Kommunen oftmals von öffentlichen Unternehmen wahrgenommen – regelmäßig als Sparte integrierter kommunaler Stadtwerke.

Energieversorgungsunternehmen

Energieversorgungsunternehmen (EVU) können sich sowohl in privater als auch – vollständig oder teilweise – in kommunaler Eigentümerschaft befinden. Für den Fall der kommunalen Eigentümerschaft sind sie dann meist als kommunale Stadt- oder Gemeindewerke organisiert und können Strom, Wasser, Gas, Fern-/Nahwärme integrieren. Bei den EVU ist nach den verschiedenen Wertschöpfungsstufen zu unterscheiden: Erzeugung, Beschaffung, Netze, Vertrieb, Dienstleistungen. Nicht alle Unternehmen bedienen alle Stufen – dies auch aufgrund rechtlicher Vorgaben (z.B. Unbundling in der Energiewirtschaft). Je nach Stufe gelten unterschiedliche Regulierungen (z.B. Konzessionsvergabewettbewerb für Netze), und in manchen Bereichen herrscht teilweise freier Wettbewerb (z.B. beim Vertrieb von Strom). Energiedienstleister können beispielsweise Contracting und Betriebsführung von Blockheizkraftwerken (BHKW) anbieten. Theoretisch könnten sie auch in den Anlagenmarkt im Wassersektor einsteigen (z.B. Wassersparcontracting).

Wärmenetzbetreiber

Wärmenetzbetreiber verteilen die Wärme über das Wärmenetz. Sie sind verantwortlich für Betrieb, Wartung und Ausbau des Wärmenetzes. Eigentümer und Betreiber müssen nicht identisch sein. Die Wärmenetzbetreiber sind oftmals kommunale Stadtwerke. Zunehmend treten private Betreiber auf den Markt, u.a. bei kleinen dezentralen Nahwärmenetzen.

Anlagen-/Netzbetreiber (Wärme, Brauchwasser)

Anlagen- und Netzbetreiber sind für das (tägliche) Funktionieren der Grauwasser-aufbereitungs- und Wärmerückgewinnungsanlagen innerhalb eines Hauses oder Blocks verantwortlich. Sie sind wichtige Wissens- und Erfahrungsträger im Betrieb von de- und semizentralen Anlagen. Auf dieses Wissen sollte im Rahmen der Transformation, in der die häuslichen und die öffentlichen Infrastrukturen passgenau aufeinander abzustimmen sind, zurückgegriffen werden.

(Abfall-)Entsorgungsbetrieb

Die Aufgaben dieses Akteurs umfassen den Abtransport des Abfalls sowie Entsorgung und Recycling. Entsorgungsunternehmen, die von den Gebietskörperschaften oder privat (im öffentlichen Auftrag) betrieben werden, sind zu berücksichtigen, wenn die Transformation im Wassersektor zu Veränderungen bei den Entsorgungsanforderungen führt. Zu diesen kann beispielsweise die Entsorgung von Schlämmen und Gärresten in de- und semizentralen Abwassersystemen zählen. Zudem können veränderte Anforderungen und Zuständigkeiten entstehen, wenn organische Abfälle (z.B. aus der Biotonne, kommunaler Rasenschnitt) bei der Energiegewinnung aus Schwarzwasser mit verwendet werden.

Hauseigentümer/Wohnungswirtschaft

Hauseigentümer – damit sind hier gleichermaßen Wohnungs-, Ein- und Mehrfamilienhausbesitzer, gewerbliche, kommunale und genossenschaftliche Wohnungswirtschaft und Investoren in diesem Sektor gemeint – sind für die häusliche Wasserinfrastruktur verantwortlich. Die Hausinstallation ergänzt die öffentliche Infrastruktur, indem sie in den Wohnungen bzw. im Gebäude die Nutzung der Wasserdienstleistungen ermöglicht. Bei einer Transformation der öffentlichen Wasserinfrastruktur ist darauf zu achten, dass die technischen Infrastrukturen/Hausinstallationen im häuslichen Bereich entsprechend technisch ausgelegt bzw. angepasst werden. Dies ist in der Regel mit Investitionsentscheidungen verbunden.

Endnutzer der Wasserinfrastruktur

Mieter bzw. Eigentümer von Wohnungen können als Nutzer der häuslichen Wasserinfrastruktur durch ihr Verhalten, z.B. mit Wasserspartechiken, Einfluss auf Innovationen nehmen und Veränderungen anstoßen, z.B. wenn der Trinkwasser-

verbrauch zurückgeht. Sie können aber auch bei fehlender Akzeptanz innovative Systemlösungen verhindern, denn sie sind „nah dran“ am System bzw. dieses ist in ihren Alltag integriert. Die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen kann massive Veränderungen der Nutzungsroutinen und/oder der Verantwortungsstruktur nach sich ziehen und somit eine Herausforderung für die Transformation darstellen.

Installateure

Installateure sind für das Funktionieren des häuslichen Teilsystems ausführend (mit-)verantwortlich (Bau, aber auch Wartung und Instandhaltung der Hausanlagen und -netze). Sie können in (bisher in der Regel meistergeführten) Handwerksunternehmen tätig sein, aber auch bei der Wohnungswirtschaft und bei Hausmeisterservice-Betrieben. Gut ausgebildetes Personal, das auch mit der neuen Technik vertraut ist, ist essenziell wichtig. Denn neue Systemvarianten können, wenn Anschlüsse falsch gelegt oder Reparatur- und Wartungsarbeiten nicht richtig ausgeführt werden, zu Fehlfunktionen der Anlagen, nicht-intendierten Folgen (z.B. Lärm) oder erhöhtem Kostenaufwand führen. Dies kann die Implementation neuer Systemlösungen erschweren.

(Untere) Wasserbehörden

Die (unteren) Wasserbehörden sind Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden. Ihre Aufgabe ist der Gewässerschutz. Ihnen obliegt der Vollzug des Wasserrechtes, und sie genehmigen u.a. Abwasseranlagen, Abwassereinleitungen sowie die Wasserentnahme aus Oberflächengewässern. Bestehen beispielsweise strikte Vorgaben zur Einleitung von Betriebswasser in die Gewässer oder werden Versickerungsvorgaben sehr eng ausgelegt, kann dies die Umsetzung von innovativen Systemlösungen erschweren.

Gesundheitsbehörde

In den Gebietskörperschaften ist die Gesundheitsbehörde (teilweise auch als „Fachdienst Gesundheit“) Teil des öffentlichen Gesundheitsdienstes und für die öffentliche Gesundheitspflege zuständig. Sie kann auch bei den Landratsämtern (als „Abteilung“ bzw. „Sachgebiet Gesundheitswesen“ oder „untere Gesundheitsbehörde“) angesiedelt sein. Sowohl für die Wasserversorgung als auch für die Abwasserbeseitigung ist sie Aufsichtsbehörde und wacht über die Einhaltung von wasserhygienischen und abwasserhygienischen Vorschriften sowohl auf der Ebe-

ne der kommunalen Unternehmen als auch in den einzelnen Häusern. Letztlich unterliegen auch die häuslichen Anlagen zur Trink- und Betriebswasserversorgung der Hygieneüberwachung. Werden hygienische Vorgaben sehr eng ausgelegt, wie es in der Vergangenheit beispielsweise in Bezug auf die häusliche Verwendung von Regenwasser der Fall war, kann dies die Transformation neuartiger Wasserinfrastrukturen einschränken. In Einzelfällen ist noch heute beispielsweise die dezentrale (innerhäusliche) Versorgung mit Betriebswasser meldepflichtig.

Ausblick

Schon um die Transformation der Wasserinfrastruktur zu planen und zu gestalten, sind vielfältige Akteure gefragt und in der Kommune zu beteiligen. Hemmend auf die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen kann sich auswirken, wenn bei den lokalen Akteuren die Zusammenhänge zwischen physisch-funktionalen und kulturell-symbolischen Dimensionen, die in der Stadtplanung anders als in der Planung der stadttechnischen Infrastruktur gewürdigt werden, nicht ausreichend bekannt sind oder bewusst ignoriert werden. Erschwerend kommt dann oft noch die sektorale Organisation der stadttechnischen Ver- und Entsorgung und damit verbunden ein spartenbezogenes Denken in Unternehmen und bei relevanten Akteuren in der Stadt hinzu. Dies lässt integrierende Sichtweisen nur bedingt zu. Allerdings ist die vorhandene Arbeitsteilung durchaus sinnvoll – nicht nur, solange es um „business as usual“ geht.

Kommunale Unternehmen der Siedlungswasserwirtschaft oder allgemeiner: lokale Ver- und Entsorgungsunternehmen können für die Systementscheidung und die Berücksichtigung einer Transformation der Wasserinfrastruktur in der Bauleitplanung wichtige Kommunikations- und Informationsarbeit leisten. Ihre Rolle kann es daher sein, auf kommunale und weitere lokale Akteure zuzugehen, Aufmerksamkeit und Sensibilität in der kommunalen Politik und Verwaltung für die Infrastruktursysteme „im Boden“ zu wecken und Veränderungen anzuregen. (Kommunale) Unternehmen kommt damit die Rolle eines „Motors“ im Rahmen eines Transformationsprozesses zu. Explizit forderten die im Rahmen von qualitativen Interviews befragten Experten ausgewählter Wasserunternehmen, dass die kommunalen Unternehmen der Siedlungswasserwirtschaft eine Vorreiter- und Motivatoren-Rolle gegenüber Kommunalverwaltung und -politik sowie weiteren Stakeholdern einnehmen sollten (siehe Beitrag D3). Wenn beispielsweise Fragen der Stadtentwässerung von Anfang an in Prozessen zur integrierten Stadtentwicklungsplanung angemessen behandelt würden (siehe ausführlicher Beitrag B5), könnte das Zusammenwirken der Akteure im Transformationsmanagement mit Blick auf die spezifische Topografie und die lokalen Gewässer eine angepasste

und klimaresiliente Siedlungs- und Freiraumplanung befördern (Stichwort: was-sersensible Stadt).

In den folgenden Beiträgen wird es deutlich: Der Steuerung und Koordination geeigneter (häufig: integrierter) Planungs- und Umsetzungsprozesse sowie der pro-aktiven Beteiligung und Kooperation vielfältiger Akteure und Stakeholder kommt im Transformationsmanagement erhebliche Bedeutung zu.

Literatur

- Blättel-Mink, B., und A. Ebner (2009): Innovationssysteme im wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs, in: Dies. (Hrsg.): Innovationssysteme, Wiesbaden, S. 11–23.
- Cichorowski, G. (2009): Institutionen des Nutzungs(zyklus)managements. Eine städtebauliche und institutionenanalytische Perspektive auf Handlungsbedarf und -möglichkeiten zur Zukunftssicherung von Wohnquartieren der 50er und 60er Jahre (Sofia-Studien zur Institutionenanalyse, Nr. 09-1).
- Cichorowski, G., M. Koziol und C. Meinecke (1996): Wasserwirtschaftlicher Handlungsrahmen in Frankfurt am Main (WasserKultur, Texte Nr. 23).
- Davoudi, A., D. Milosevic, E. Schramm und M. Winker (2016): Stoffstromanalyse zu verschiedenen Wasserinfrastruktursystemen in Frankfurt und Hamburger Quartieren, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 30).
- Flick, U. (2005): Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung, Reinbek bei Hamburg.
- Geyler, S., E. Gawel und N. Bedtke (2012): Nachhaltige Niederschlagswasserbewirtschaftung im Siedlungsbestand – Herausforderungen der institutionellen Steuerung, in: Infrastrukturrecht 9 (11), S. 308–311.
- Götz, K., J. Deffner und I. Stieß (2011): Lebensstilansätze in der angewandten Sozialforschung – am Beispiel der Transdisziplinären Nachhaltigkeitsforschung, in: J. Rössel und G. Otte (Hrsg.): Lebensstilforschung, Wiesbaden (Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Sonderheft 51), S. 86–112.
- Hanke, S. (2016): Rechtliche Rahmenbedingungen neuartiger Wasserinfrastrukturen. Zu den rechtlichen Möglichkeiten und Grenzen der Einführung von Grauwasserrecycling, Schwarzwasserbehandlung sowie Wärmehückgewinnung, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 31).
- Kerber, H., und E. Schramm (2015): Klimagerechte siedlungswasserwirtschaftliche Lösungen in der Planung anstoßen und umsetzen. Fachgespräch in Hamburg, 24.11.2015, Dokumentation zum Fachgespräch (unveröffentlicht).
- Kerber, H., E. Schramm und M. Winker (2016): Transformationsrisiken bearbeiten: Umsetzung differenzierter Wasserinfrastruktursysteme durch Kooperation, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 28).
- Kirschten, U. (2006): Nachhaltige Innovationsnetzwerke in Theorie und Praxis, in: R. Pfriem et al. (Hrsg.): Innovationen für eine nachhaltige Entwicklung, Wiesbaden, S. 269–286.
- Kluge, T., und J. Libbe (2010): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft. Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser, Berlin.
- Krozer, Y., S. Hophmayer-Tokich, H. van Meerendonk, S. Tijsma und E. Vos (2010): Innovations in the water chain—experiences in The Netherlands, in: Journal of Cleaner Production, 18 (5), S. 439–446.

- Libbe, J., J. H. Trapp und S. Tomerius (2004): Gemeinwohlsicherung als Herausforderung – umweltpolitisches Handeln in der Gewährleistungskommune. Theoretische Verortung der Druckpunkte und Veränderungen in Kommunen, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 8).
- Lienert, J., F. Schnetzer und K. Ingold (2013): Stakeholder analysis combined with social network analysis provides fine-grained insights into water infrastructure planning processes, in: *Journal of Environmental Management* 125, S. 134–148.
- Mayring, P. (2007): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*, Weinheim.
- Ott, R., A. Wallbrecht und N. Bieschke (2016): Umsetzung innovativer Wasserinfrastrukturen – Eine institutionenökonomische Analyse von Koordinationsproblemen, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 33).
- Schramm, E. (2012) Gebündelte Innovationen in integrierte Systemlösungen: Eine aussichtsreiche Zukunftsstrategie für Unternehmen der Wasserbranche, in: *uwf UmweltWirtschaftsForum* 20 (2–4), S. 145–154, doi: 10.1007/s00550-012-0254-z.
- Schramm, E., T. Giese, W. Kuck und C. Völker (2016): Neuartige Sanitärsysteme in Umsetzung und Betrieb: Hinweise zum Kooperationsmanagement am Beispiel der Jenfelder Au in Hamburg, in: *gwf-Wasser/Abwasser* 157 (2), S. 148–155.
- Stieß, I., J. Weiß, C. Dehmel, E. Dunkelberg, M. Kunkis, N. Schuldt-Baumgart und T. Vogelpohl (2015): *Kommunikationsstrategie „Wegweiser Hauskauf – Energetisches Modernisieren zahlt sich aus“* (ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung/Institut für ökologische Wirtschaftsforschung /IÖW) (Hrsg.), Frankfurt am Main/Berlin.
- Urbaniek, M. (2008): *Umweltinnovationen durch Kooperationen: Am Beispiel einer freiwilligen Branchenvereinbarung*, Wiesbaden.
- Voß, J.-P., und D. Bauknecht (2007): Netzregulierung in Infrastruktursektoren. Der Einfluss von Technik auf den Verlauf von Governance-Innovationen, in: U. Dolata und R. Werle (Hrsg.): *Gesellschaft und die Macht der Technik*, Frankfurt am Main/New York, S. 109–132.
- Tauchmann, H., J. Hafkesbrink, P. Nisipeanu et al. (2006): *Innovationen für eine nachhaltige Wasserwirtschaft: Einflussfaktoren und Handlungsbedarf*, Heidelberg.
- Werner, S. (2009): Steuerung von Kooperationen in der Stadtentwicklung, in: W. Andexlinger, S. Obkircher und K. Saurwein (Hrsg.): *DOKONARA 2008. 2. Int. DoktorandInnenkolleg Nachhaltige Raumentwicklung*, Innsbruck, S. 231–240.
- Zapf, W. (1989): Über soziale Innovationen, in: *Soziale Welt*, Vol. 40, Nr. 1–2, S. 170–183.

Ralf Ott, Jan Hendrik Trapp und Engelbert Schramm

Koordinationsbedarfe und -optimierungen

Mit der Transformation der Wasserinfrastruktur einhergehende Koordinationsbedarfe

Anders als beim undifferenzierten Umgang mit Abwasserströmen in einem konventionellen System wird bei neuartigen Wasserinfrastruktursystemen der Abwasserstrom in verschiedene Stoffströme aufgeteilt. Dadurch werden neue Nutzungen möglich.

Bei der Einführung neuartiger Wasserinfrastruktursysteme und der einhergehenden Wärmerückgewinnung ergeben sich zwischen den unterschiedlichen Akteuren, die an den Transformationsprozessen als Stake- oder Shareholder beteiligt sind (siehe Beitrag D1), neue Koordinationserfordernisse bzw. -bedarfe. Koordination wird dabei als Abstimmung zwischen Akteuren und den von ihnen eingenommenen Rollen verstanden.

Diese Abstimmung erlaubt es, sowohl (Verteilungs-)Konflikte zu verringern oder zu vermeiden, als auch den Aufwand der Akteure zu reduzieren. Denn die Koordination trägt dazu bei, die Abläufe so zu gestalten, dass z.B. Doppelarbeit vermieden wird und sich eine optimale Reihenfolge realisieren lässt. Ein anderes Ziel und Ergebnis der Koordination kann beispielsweise die Verringerung der Kosten bei der Abstimmung sein. Diese Abstimmung lässt sich mit verschiedenen Mechanismen oder Instrumenten erreichen.

Vorgehensweise

Vergleichend wurden qualitative Analysen durchgeführt, die vor allem auf Erkenntnissen und Methoden der Neuen Institutionenökonomik aufbauen (vgl. Voigt 2002). Im Zentrum stehen die Kosten, die im Rahmen von Transaktionen auftreten, und die sich hieraus ergebende Bestimmung institutioneller Konstrukte. Zudem können auch nicht-ideale Annahmen über die Akteure – wie deren unvollkommene Voraussicht und eingeschränkte Rationalität – in die Betrachtung eingehen (vgl. Ott/Wallbrecht/Bieschke 2016).

Der institutionenökonomische Ansatz erlaubt es damit zu ermitteln, welche institutionellen Designs für Umsetzungen mit geringeren Kosten geeignet sind. Das bei der Analyse unterstellte Zielsystem war die Verringerung wohlfahrtsökonomischer Kosten, wobei im Regelfall die Perspektive der Konsumenten oder Nutzer eingenommen wird. Entsprechend der Gemeinwohlprämisse sind die mit der Siedlungswasserwirtschaft verbundenen Wasserdienstleistungen – vor allem Gewährleistung und Aufrechterhaltung der Versorgung mit Trinkwasser und mit Sanitärleistungen sowie Ableitung und Behandlung von Abwasser – unter Einhaltung der gebotenen Umweltaspekte und der Ressourceneffizienz in jedem Fall sicherzustellen.

Ausgangspunkt der Untersuchung waren die im Forschungsverbund netWORKS erfolgten Sondierungen der Systemalternativen (siehe Beitrag B2) und die Charakterisierung der Akteure (siehe Beitrag D1). Ergänzend wurden vier leitfadengestützte qualitative Experteninterviews mit Entscheidungsträgern kommunaler Wasserver- und Abwasserentsorgungsunternehmen sowie mit Experten aus der Siedlungswasserwirtschaft durchgeführt. Die hierfür ausgearbeiteten Leitfäden und ihre zentralen Fragestellungen wurden innerhalb des Verbundes abgestimmt (vgl. Ott/Wallbrecht/Bieschke 2016).

Für die institutionenökonomische Analyse der Einführung neuartiger Abwasserinfrastruktursysteme wurden zwei verschiedene Akteurskonstellationen untersucht: Der eine Fall bezieht sich auf die Situation eines integrierten kommunalen Stadtwerkes, in dem vor der Transformation der Infrastruktur Leistungen in den Sektoren Abwasserentsorgung, Trinkwasserversorgung und Wärmelieferung erbracht werden. Der andere betrachtete Fall geht davon aus, dass innerhalb einer Stadt sämtliche Unternehmen desintegriert sind und ausschließlich gemäß ihres Zielsystems (öffentlicher Zweck im Fall kommunaler Unternehmen, Gewinnmaximierung im Falle privater Unternehmen) agieren. Besonders zu berücksichtigen war, dass sich die Aufgaben(bündel) der Akteure durch neuartige Infrastrukturen im Vergleich zu konventionellen Wasserinfrastrukturen verändern können.

Instrumente zur Koordination neuartiger Wasserinfrastruktursysteme

Zur Koordination der Implementierung neuartiger Wasserinfrastruktursysteme können verschiedene Koordinationsformen genutzt werden. Grundsätzlich unterscheidet die Neue Institutionenökonomie dabei zwischen den Formen der Hierarchie, des Marktes sowie Hybridformen.

- Ein allgemeines Beispiel für die Koordinationsform „Hierarchie“ ist die Eigenerstellung eines Produkts im Unternehmen; solange keine externen Partner benötigt werden, koordiniert eine Stelle verschiedene Handlungssysteme im Sinne übergeordneter Ziele (sobald das Management aber im Unternehmen zwischen mehreren Entscheidern geteilt wird, müssen sich diese Personen koordinieren, vgl. Schneeweis 1999).
- In der Koordinationsform „Markt“ findet die Koordination selbstabgestimmt zwischen den Akteuren statt. Dabei passen der Theorie nach die verschiedenen Akteure ihre (voneinander unabhängigen) Handlungen so aneinander an, dass sich die gegenseitigen Erwartungen bestätigen und keiner der Beteiligten sich durch einseitiges Abweichen von der so angepassten Handlungsweise besserstellen kann. Diese Selbstabstimmung führt also im Idealfall früher oder später zu einem Gleichgewicht. Dabei handelt es sich aber um ein sogenanntes Nash-Gleichgewicht. Dabei kann es auch dann, wenn sich das Gleichgewicht eingestellt hat, zu Situationen kommen, in denen einige Beteiligte schlechter gestellt sein können als vor Beginn der Transaktion. Auch können Trittbrettfahrer-Effekte auftreten.
- Hybridformen stellen eine Zwischenform dieser idealtypischen Ausprägungen dar; zu ihnen gehören beispielsweise längerfristige Verträge.

Zwar kann sich die Selbstabstimmung, insbesondere wenn der Aufwand und die Kosten der Koordination berücksichtigt werden, als die überlegene Koordinationsform erweisen. Allerdings hängt die Entscheidung für eine bestimmte Koordinationsform nicht alleine von den Eigenschaften der Transaktion ab, sondern auch von den betrachteten Akteuren und ihren Charakteristika; beispielsweise können sich Akteure aufgrund des vermuteten Koordinationsaufwandes dafür aussprechen, mit Mitteln der Ordnungspolitik eine hierarchische Lösung anzustreben.

Auf der analytischen Ebene kann die Zuordnung von institutionenökonomischen Rollen oder Rechten zu Akteuren als Instrument genutzt werden, um die Koordinationsaufgaben frühzeitig zu begreifen. Rolle beschreibt dabei ein Bündel von Aufgaben, die hinsichtlich der Erbringung einer definierten Leistung wahrzunehmen

men sind. Als sehr wesentliche Rolle bei der Einführung innovativer Wasserinfrastrukturkonzepte ist insbesondere die Systementscheidung hervorzuheben:

Im Rahmen der Systementscheidung findet die Auswahl des entsprechenden Wasserinfrastruktursystems statt. Der für diese Aufgabe verantwortliche Akteur hat wesentliche Entscheidungsgewalt über die künftige Ausgestaltung des Wasserinfrastruktursystems. Daher wird diese Rolle als entscheidend bei der Einführung und Umsetzung neuartiger Wasserinfrastrukturkonzepte angesehen. Weiterhin sind die Anlageneigentümerschaft sowie der Betrieb der Infrastruktur und ihrer Teilsysteme Rollen, die sich durch die Transformation der Wasserinfrastruktur ändern können, ebenso die Rolle der Hauseigentümer. Ferner ist die Rolle des Normengebers zu nennen. Sie kann von politischen Institutionen (als Gesetzgeber auf den verschiedenen Ebenen Gemeinde, Bundesland, Bund, EU) oder von anderen Akteuren (z.B. wissenschaftlich-technischen Fachverbänden oder dem DIN-Institut) ausgefüllt werden. Rollen können über verschiedene räumliche Ebenen und Wertschöpfungsstufen der Siedlungswasserwirtschaft hinweg wahrgenommen werden. Bei den Akteuren, die für die Übernahme von Rollen in Frage kommen, ist auf das Vorhandensein entsprechender Ressourcen (z.B. Kapital, Wissen) zu achten (siehe hierzu Beitrag D4).

Weitere anwendungsnahe Instrumente zur Koordination stellen beispielsweise Verträge im Allgemeinen sowie die kommunale Bauleitplanung im Besonderen dar. So kann der Systementscheider auch mittels Verträgen Leistungen bei anderen Akteuren kontrahieren. Verträge sind insbesondere auch bei der Wärmerückgewinnung von Bedeutung, wenn es darum geht, wie die Wärmerückgewinnung aus dem (öffentlichen) Kanal kontrahiert wird, sofern der Kanalbetreiber bzw. Eigentümer des Kanals die Wärmerückgewinnung nicht selbst durchführen möchte (siehe weiter unten). Außerdem könnte mittels des Instruments der kommunalen Bauleitplanung die Kommune als Systementscheider beispielsweise Vorgaben für weitere Akteure der Siedlungswasserwirtschaft machen.

Koordinationsbedarfe – Ein Beispiel

Als Beispiel wurden die semizentrale Grauwasseraufbereitung und Wärmerückgewinnung (bei zentraler Schwarzwasserbehandlung) gewählt. Das veränderte Wasserinfrastruktursystem trennt in dieser Systemvariante (KonvGrau) die Stoffströme Grauwasser und Schwarzwasser. Das erfasste Schwarzwasser wird über eine Schwemmkanalisation zur zentralen Behandlungsanlage transportiert. Das Grauwasser wird semizentral behandelt und dann als Betriebswasser zur Wiederverwendung zur Verfügung gestellt werden. Wärmerückgewinnung ist insbesondere semizentral am Grauwasserstrom möglich (siehe Beitrag B2).

Bei der integrierten Betrachtung von Wasserinfrastrukturen sind Interdependenzen zwischen den Systemen der Abwasserentsorgung und der Wärmerückgewinnung jeweils untereinander sowie im Zusammenspiel miteinander zu berücksichtigen. Stoffstromtrennung kann insbesondere Vorteile hinsichtlich der Effizienz der Wärmerückgewinnung haben, denn bestimmte Stoffströme können eine höhere Energiedichte im Hinblick auf die transportierte Wärme aufweisen. Auch mit Bezug zur räumlichen Verortung der Wärmerückgewinnung (und dann auch der Wärmenutzung) lassen sich möglicherweise Effizienzvorteile heben. Beispielhaft sei hier auf eine Wärmerückgewinnung aus leicht verschmutztem Grauwasser (z.B. Duschwasser) hingewiesen. Dieses wird mit einer relativ hohen Temperatur dezentral erfasst und direkt im Haus wieder genutzt. Allerdings ist in diesem Zusammenhang auf das Wärmeprofil sowohl der Wärmequelle als auch der Wärmesenke zu achten. Weiterhin könnte die Trennung von Stoffströmen die Eignung einer Wärmerückgewinnung an bestimmten Stellen im (bereits installierten) Kanal reduzieren. Dies ist beispielsweise bei der auf einen hohen Volumenstrom an einem Kanal ausgelegten Wärmerückgewinnung der Fall, wenn zu einem späteren Zeitpunkt im System eine Stoffstromtrennung mit vermehrter de- bzw. semizentraler Aufbereitung von Grauwasser erfolgt.

Aufgrund der vorgenannten technischen Interdependenzen können sich für potenziell umsetzende Akteure neuartiger Wasserinfrastruktursysteme Unsicherheiten und damit entsprechende Koordinationsbedarfe ergeben. So können nachträgliche Änderungen von Wasserinfrastrukturen den Wert bereits getätigter Investitionen in die Wärmerückgewinnung reduzieren, was wiederum den Anreiz zum Ausbau von neuartigen Wasserinfrastrukturen verringern könnte. Dies könnte beispielsweise dann der Fall sein, wenn dezentral umfangreich in die Wärmerückgewinnung investiert wird. Wenn nun diese dezentrale Wärmerückgewinnung spürbare Auswirkungen auf die noch mögliche Wärmerückgewinnung am öffentlichen Kanal hat, dann würden hierdurch bereits getätigte Investitionen in die Wärmerückgewinnung am öffentlichen Kanal entwertet oder die Anreize für Neuinvestitionen in Wärmerückgewinnungssysteme reduziert. Sollte aufgrund solcher technischer Interdependenzen hohe Unsicherheit zum Zeitpunkt einer Investitionsentscheidung bestehen, kann dies zum Unterlassen von (eigentlich vorteilhaften) Investitionen oder zu sehr hohen Aufschlägen bei den Kapitalkosten führen. Dies hätte wiederum negative Effekte für die Kosten der Nutzerschaft der Abwasserinfrastruktur. Ein weiterer Koordinationsbedarf bezieht sich auf das Problem, wie mit Effizienzgewinnen aus der Implementierung neuartiger Wasserinfrastruktursysteme (z.B. zusätzliche Erlöse durch Wärmerückgewinnung) umgegangen wird und wem diese zugutekommen.

Vor- und Nachteile bestimmter institutioneller Ausgestaltungen

Hinsichtlich der institutionellen Ausgestaltung der Implementierung neuartiger Wasserinfrastrukturen ist auf die Vorteilhaftigkeit unterschiedlicher Instrumente zu achten. So kann das Koordinieren qua Hierarchie deutlich geringere Abstimmungskosten zwischen Akteuren bedeuten. Ordnet man beispielsweise die Systementscheidung dem Akteur Kommune zu, kann diese über das zu implementierende System entscheiden und es möglichst gemäß ihrem Zielsystem umsetzen. Hierdurch entfällt die Aufgabe, viele verschiedene Akteure zu koordinieren, stattdessen müssen diese die Vorgaben der Kommune einhalten. Die Kommune könnte solche Vorgaben beispielsweise durch Bauleitpläne oder kommunale Satzungen machen. Durch direkte Zuordnung von Rechten (z.B. Entscheidungshoheit über zukünftiges Wasserinfrastruktursystem oder Recht, über die Wärmerückgewinnung am öffentlichen Kanal zu entscheiden) können auch möglicherweise intendierte Verteilungen von Erlösen leichter gelenkt werden. Andererseits könnte es sein, dass durch diese Koordinationsform das möglicherweise bei privaten Planungsbüros, Installationsfirmen und anderen Akteuren vorhandene Wissen über die Wahl von effizienten Technologien nicht genutzt wird.

Verträge können besonders hilfreich sein, wenn bestimmte Aufgaben leicht zu kontrahieren sind, das heißt wenn der Vertragsgegenstand leicht messbar, kontrollierbar und/oder nachvollziehbar ist und zudem nur eine geringe Unsicherheit über zukünftige Entwicklungen hinsichtlich des Wasserinfrastruktursystems besteht. Gerade bei der Wärmerückgewinnung und -nutzung am öffentlichen Kanal können Verträge dazu dienen, die Nutzung des Kanals zur Wärmerückgewinnung relativ einfach und transparent zu gestalten. Allerdings ist auch hier darauf zu achten, dass durch solche Verträge nicht die Rechte von (anderen) Dritten unnötig eingeschränkt und mögliche Innovationen verhindert werden.

Auch informelle Regeln wie Klimaschutzkonzepte lassen sich als Koordinationsinstrument nutzen. Dies bedeutet dann, dass sich Akteure auch ohne Vorgabe starrer Instrumente koordinieren und sich dabei dennoch gewünschte Ergebnisse bei der Koordination der Akteure ergeben. Der Vorteil besteht darin, dass durch ein bestimmtes Akteursgefüge und ein eingespieltes System, wie in der Siedlungswasserwirtschaft, Koordination ohne hohen Aufwand bewerkstelligt werden kann. Dies funktioniert allerdings nur, wenn Klarheit über das zu implementierende System besteht. Zudem wird ein gewisses Mindestmaß an klaren Regelungen vonnöten sein.

Mögliche institutionelle Ausgestaltung der Systementscheidung

Hinsichtlich der institutionellen Ausgestaltung scheint bei diesem System eine integrierte Systementscheidung und damit auch (Kapazitäts-)Planung bei Bau, Betrieb und Instandhaltung von Transport- und Behandlungsanlagen für das Schwarzwasser mit relativ geringen Abstimmungskosten möglich. Allerdings ergeben sich aufgrund der Stoffstromtrennung und der noch recht wenigen Erfahrungswerte Koordinationserfordernisse. Wegen der Stoffstromtrennung sind sowohl in der häuslichen Erfassungsinfrastruktur als auch in der öffentlichen Transportinfrastruktur zwei getrennte Leitungssysteme erforderlich; neben (geringfügig) erhöhten Investitionskosten kann dies auch zu höheren Abstimmungskosten beim Einbau von Leitungen führen (siehe dazu Beitrag D3).

Da das Grauwasser semizentral aufbereitet wird, sind kürzere Transportwege zurückzulegen; auch verursacht die Behandlung möglicherweise weniger Kosten. Nach dem Aufbereiten zu Betriebswasser kann das Grauwasser wiedergenutzt werden; dabei sind besondere institutionelle Anforderungen zu berücksichtigen. Betriebswasser kann bei bestimmten Nutzungen Trinkwasser substituieren; unter Umweltgesichtspunkten ist dies vorteilhaft. Um Probleme der Trinkwasserversorgung beispielsweise durch längere Standzeiten des Trinkwassers in der Leitung zu vermeiden, sollte der Trinkwasserversorger z.B. entsprechend veränderte Leitungen vorsehen. Folglich sind frühzeitig Abstimmungen (vor allem mit dem Trinkwasserversorger) erforderlich, die insbesondere bei getrennten Unternehmen zu koordinieren sind; dies betrifft auch Gebührenstruktur und -erhebung für die neue Wasserart. Gegebenenfalls ist auch mit der Kommunalpolitik abzustimmen, inwieweit die Verwendung des Betriebswassers für bestimmte Zwecke über kommunale Satzungen zu regeln ist. Eventuell kann Grauwasser auch so aufbereitet werden, dass es einem Stadtbach oder einem anderen urbanen Ökosystem zugeführt wird, was Vorteile für die Stadtökologie und die Klimaanpassung hat. Daher sind bereits beim Systementscheid Qualitätsanforderungen der Aufsichtsbehörden zu berücksichtigen (siehe Beitrag D3).

Mit Blick auf Wärmerückgewinnung und -nutzung muss entschieden werden, wie diese zum kommunalen Energie- bzw. Wärmekonzept passen bzw. wie sie dieses weiterentwickeln. Hier stellt sich die Frage nach dem Standort entsprechender Anlagen, z.B. semizentral am Grauwasserkanal aufgrund der geringeren Verschmutzung und der eventuell höheren Wärmedifferenz des Grauwassers. Über die praktische Umsetzung sind Absprachen mit dem Betreiber des Wärmenetzes erforderlich (siehe ausführlicher Beitrag D3); auch aufgrund der noch wenigen Erfahrungswerte können sich hier Koordinationserfordernisse ergeben.

Die Rolle des Systementscheiders könnte entweder (wie in der Situation der Einrichtung der Infrastrukturen) bei der Kommune liegen oder beim kommunalen Stadtwerk bzw. einem der kommunalen Wasserunternehmen. Zur integrierten Planung und Systementscheidung von Trink- und Betriebswasserversorgung, Schwarzwasserentsorgung und Grauwasseraufbereitung wird allerdings nur ein integriertes Kommunalunternehmen in der Lage sein. Ob andernfalls der Systementscheid durch den Abwasserbeseitiger oder den Trinkwasserversorger erfolgt, ist in der Regel zu koordinieren. Es könnte Vorteile haben, wenn der Abwasserbeseitiger sowohl für Systemdesign, Systemplanung, Bau, Betrieb und Instandhaltung als auch für die Qualitätssicherung im Gesamtsystem zuständig wäre. Aufgrund der möglichen Rückwirkungen auf das System der Trinkwasserversorgung wäre dann zumindest, wie bereits beschrieben, eine Koordination mit dem Versorger erforderlich.

Jenseits der Infrastrukturtechnik sind auch organisatorische Fragen zu entscheiden, z.B. welche Betriebsführungsmodelle zum Einsatz kommen. Eventuell bietet es sich an, die Betriebsführung für Grauwasseraufbereitung und Betriebswasserbereitstellung an einen Dritten auszulagern (sofern Letzterer Synergieeffekte heben kann); der Abwasserentsorger würde dann lediglich die Aufgabe der Schwarzwasserentsorgung wahrnehmen. In einem solchen Fall müssen jedoch sehr detaillierte Regelungen beispielsweise hinsichtlich der Gebühren und auch der Mindeststandards für die Betriebswasserqualität vorgegeben werden (dies wird dann erleichtert, wenn hier ein Normensetzer tätig wird). Durch den Systementscheider (oder einen Normensetzer) könnte zudem festgelegt werden, ob bestimmtes (zu stark verschmutztes) Grauwasser der zentralen Schwarzwasseraufbereitung zugeführt werden muss. Beim Auslagern der Betriebsführung ergeben sich möglicherweise höhere Transaktionskosten infolge von Unsicherheiten und Vertragsverhandlungen.

Allerdings könnte eine lange Diskussion über die anstehende kommunale Entscheidung zur Stoffstromtrennung auch für Hauseigentümer den Anreiz verstärken, auf dem eigenen Grundstück die Grauwasseraufbereitung (zusammen mit der Wärmerückgewinnung) vorzunehmen – um damit etwaige Gebühren sowohl bei der Trinkwasserversorgung als auch bei der Abwasserentsorgung einzusparen (sogenanntes „Rosinenpicken“). Folglich müssen Maßnahmen entwickelt und umgesetzt werden, mit denen sich das „Herausbrechen“ der Hauseigentümer aus dem Gesamtsystem – hier besonders der semizentralen Grauwasseraufbereitung – vermeiden lässt. Ordnungsrechtlich könnte dies der Anschluss- und Benutzungszwang sein, eventuell aber auch Anzeigepflichten der Hauseigentümer gegenüber dem Abwasserentsorger bei entsprechender Genehmigung durch diesen sowie ein angepasstes Gebührensystem. Das Wissen über veränderte Schnittstellen zwischen häuslichem und öffentlichem Wasserinfrastruktursystem

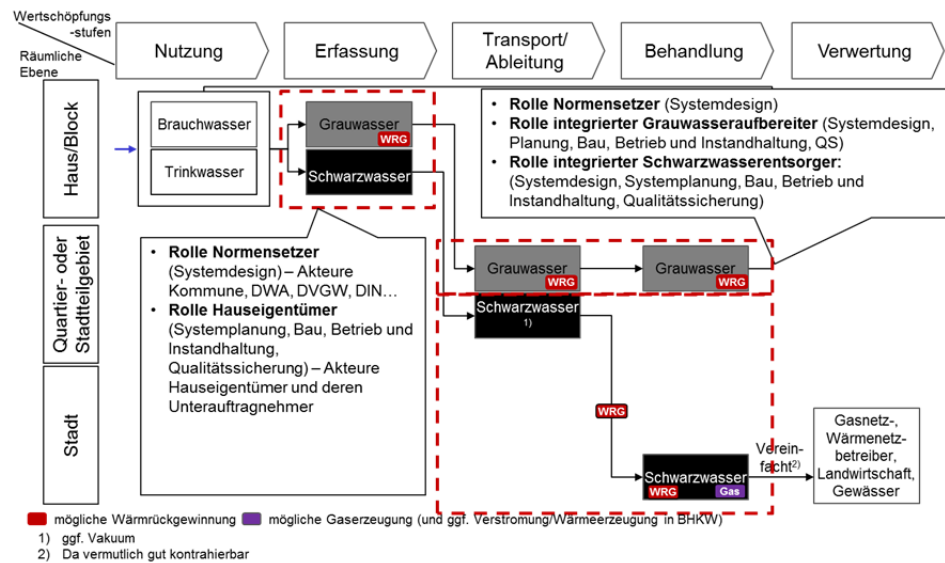
dürfte bei Hauseigentümern und bei den Installationsbetrieben weniger weit verbreitet sein, als dies beim konventionellen System der Fall ist (daher kann hier zur Verminderung des Koordinationsaufwandes das in Beitrag D3 beschriebene Kooperationsmanagement sinnvoll sein).

Bei der Transformation der Wasserinfrastruktur kommt den spezifischen Akteurskonstellationen hinsichtlich der Anreiz- und Zielsysteme eine größere Bedeutung als im konventionellen System zu. Vor allem die Lieferung von Betriebswasser als Substitut für Trinkwasser und der so verringerte Bedarf an Trinkwasser schaffen Koordinierungserfordernisse. Es ist vorteilhaft, wenn eine integrierte Gesamtplanung der Trink- und Abwasserinfrastruktur vorgenommen wird. Während des Betriebs könnten allerdings der Trinkwasserversorger wie auch der Betriebswasserversorger bzw. der Grauwasseraufbereiter versuchen, ihre Liefermengen zu erhöhen; hinter dieser Konkurrenz können unterschiedliche Motive liegen, etwa der entsprechende Umgang mit Gewinnerwartungen der (kommunalen) Eigner oder die Vermeidung von Kostennachteilen (z.B. aufgrund unverändert hoher Fixkosten der Trinkwasserversorgung bei einer Substitution). Auch könnten für die Nutzerinnen und Nutzer des Systems bei Veränderungen des Lieferverhältnisses von Betriebs- zu Trinkwasser aufgrund hoher Fixkosten Kostennachteile entstehen (vgl. Pawlowski 2009).

Die Transformation vereinfacht sich, wenn der Landesgesetzgeber wesentliche Rahmenbedingungen setzt, mit denen sich der Systementscheid vereinfacht; damit lässt sich vermeiden, immer wieder neu über grundlegende Fragen, z.B. zu Betriebsführung, Tarifgestaltung oder Qualitätsstandards der Betriebswasserversorgung, zu diskutieren.

Abbildung 1 stellt die mögliche Rollenzuordnung im Bereich der Abwasserinfrastruktur in der Systemvariante KonvGrau dar.

Abbildung 1: Mögliche Rollenzuordnung in der Systemvariante KonvGrau mit zentraler Schwarzwasseraufbereitung und dezentraler Grauwasseraufbereitung



Quelle: Ott/Wallbrecht/Bieschke 2016

Ein integriertes kommunales Stadtwerk dürfte vermutlich eher eine Optimierung des Gesamtsystems – zumindest für die einzelne Kommune – über die verschiedenen Sparten hinweg und damit auch eine Senkung der Kosten für die Nutzerschaft anstreben. Geht man hingegen von nicht-integrierten Unternehmen mit ungleichen Zielsystemen aus (z.B. privaten Unternehmen mit Gewinnmaximierung als Ziel), könnte dies zu einer ineffizienten Implementierung von Systemen und damit zu Kostensteigerungen für die Nutzerschaft führen. Solche Anreizkonflikte sind besonders dann zu beachten, wenn man von einer stärkeren Kopplung der Infrastruktursysteme ausgeht. So bestimmen sich die Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung durch einen Wärmeversorger bei der Kopplung von Abwasser und Wärme wohl über die ausgewählte Systemvariante.

Daher sind für diesen Fall auf Seiten der Kommune bzw. des Systementscheiders Regelungen vorzusehen, die eine optimale Koordination ermöglichen (siehe auch Beitrag D1). Insbesondere sollte die Systementscheidung nur einem Akteur zugeordnet werden, der über ausreichende Ressourcen (auch bezüglich von Personal und Wissen) verfügt, um die Systementscheidung und deren Folgen in Planung, Umsetzung und Betrieb gut zu bewältigen. Die Kommune selbst könnte die Umsetzung durch die kommunale Bauleitplanung (unter vorherigem Einbezug der Stadtentwicklung sowie betroffener Akteure) forcieren – und auch wesentliche

Aufgaben an die künftigen Betriebsführer (z.B. den Abwasserentsorger) delegieren (siehe Beitrag D3).

Fazit

Durch die Differenzierung von Stoffströmen und die Absicht, Potenziale in der Wärmerückgewinnung zu heben, ergibt sich eine Vielzahl von technischen Interdependenzen, die eventuell zu Koordinationsproblemen führen. Eine effiziente Koordination, welche die Transformation der Wasserinfrastruktur erleichtert, wird nicht allein auf einem selbstorganisierten (marktförmigen) Mechanismus beruhen, sondern auch auf rechtlichen oder vertraglichen Setzungen. Begünstigend kann sich auswirken, wenn der Systementscheider eine starke Stellung innehat. Eine derart optimierte Koordination erlaubt auch die Sektorenkopplung verschiedener Systeme (hier Wasser und Wärme).

Um neuartige Wasserinfrastrukturen kostengünstig einzuführen, sind jeweils spezifische institutionelle Regeln vorzusehen. Die Umsetzung der verschiedenen Systemvarianten kann dann zu Vorteilen beim Erreichen von Umweltzielen, zu einer erhöhten Flexibilität und – zumindest langfristig – zu Kostensenkungen für die Konsumenten führen.

Aufgrund der vielen lokalen Gegebenheiten eines Wasserinfrastruktursystems – insbesondere unter Berücksichtigung von Pfadabhängigkeiten – und angesichts von Unsicherheit über die Vorteilhaftigkeit verschiedener Systemvarianten scheint eine gewisse Rationalität dafür zu sprechen, Entscheidungskompetenzen über das zu implementierende System der Kommune oder per Delegation dem Abwasserentsorger zuzuordnen. Dies gilt umso mehr unter der Annahme, dass die Kommune das Ziel hat, die Kosten für die Nutzerschaft zu senken, und sie über das lokale Wissen verfügt – Letzteres ist bei räumlich differenzierten Wasserinfrastrukturen besonders wichtig. Wenn die Systementscheidung einem bestimmten Akteur, etwa dem kommunalen Abwasserunternehmen, frühzeitig kommunalpolitisch zugeordnet wird, ließe sich auch ein etwaiges „Herausbrechen“ aus dem System der (kommunalen) Wasserinfrastruktur und damit ein „Rosinenpicken“ vermeiden.

Literatur

- Ott, R., A. Wallbrecht und N. Bieschke (2016): Institutionenökonomische Analyse der Umsetzung neuartiger Wasserinfrastrukturen, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 33).
- Pawlowski, L. (2009): Der Preis des Wassersparens, in: Korrespondenz Abwasser, Nr. 3/2009, S. 287–292.
- Schneeweiss, C. (1999): Hierarchies in Distributed Decision Making, Berlin u.a.
- Voigt, S. (2002): Institutionenökonomik, München.

Heide Kerber, Michael Kunkis und Engelbert Schramm

Kooperationsmanagement – Ein Instrument zur Differenzierung der Wasserinfrastruktur

Innovation beruht auf Zusammenarbeit

Erfolgreiche Transformationen beruhen wie auch andere Innovationen auf einer Abstimmung von Koordinationserfordernissen (siehe Beitrag D2). Proaktiv betriebene Koordination erlaubt günstigenfalls, das Risiko für alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette zu mindern¹; hierbei ist häufig Kooperation erforderlich. Ziel einer Zusammenarbeit kann aber auch sein, Vertrauen in die Innovation selbst zu schaffen und darauf aufbauend die Innovation so zu realisieren, dass alle Akteure sie annehmen und nutzen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass weder der Innovationsprozess verschleppt wird, noch die anvisierten Verwertungsziele scheitern. Vor allem der Innovationsführer, der die neuartige Systemvariante vor Ort umsetzt (aber auch ihn stützende Kommunalakteure, siehe Beiträge B5 und D1), ist daran interessiert, dieses Ziel zu erreichen, weniger aber die Akteure, mit denen er zusammenarbeitet. Der Innovationsführer muss diese folglich erst für die Kooperation gewinnen. Entsprechend ist davon auszugehen, dass er einen höheren Aufwand für Koordination veranschlagen muss als andere von der Innovation betroffene Akteure. Kooperationsmanagement vermag hier zu unterstützen und zu einer Verbesserung in der Zusammenarbeit führen; dies kann Aufwand und betriebliche Kosten für die Koordination beim Investor deutlich verringern.

1 Da die jeweils nachgelagerte Stufe die Produkte der vorgelagerten Stufe aufnimmt und weiterverarbeitet, geht es darum, sich bereits im Vorfeld der Innovation mit den Lieferanten bzw. Abnehmern abzustimmen, um z.B. durch richtige Auslegung der Infrastruktur Aufbereitungs-, Verteilungs- oder Lagerkosten zu sparen.

Für den Betrieb von Wasserinfrastrukturen ist ein Zusammenspiel zwischen verschiedenen Akteuren erforderlich (siehe Beiträge B3 und D1). Dies erfolgt unter Beachtung von institutionenökonomischen Rollen (siehe Beitrag D2). Neuartige Wasserinfrastrukturen führen durch ihre Differenzierung der Stoffflüsse und den Versuch, die Kreisläufe besser zu schließen bzw. die Effizienz zu erhöhen, dazu, dass sich bestehende Koordinationsformen zwischen den Akteuren verändern (müssen) (vgl. Schramm et al. 2016). Es kommt zu weiteren, zusätzlichen Koordinationserfordernissen zwischen den Akteuren, andere Erfordernisse entfallen dagegen eventuell (siehe auch Beitrag D2). Beispielsweise können sich Infrastruktur-Schnittstellen, für die unterschiedliche Akteure verantwortlich sind, verschieben. Auch entstehen aufgrund der Innovation neue Märkte (z.B. für Betriebswasser), die möglicherweise über neue Vertriebswege und -formen sowie andere Institutionen als die herkömmlichen Wasserdienstleistungen erschlossen werden (siehe Beitrag D4). Dies führt leicht zu Konkurrenzen zwischen Akteuren (z.B. Trinkwasserversorger und Abwasserbeseitiger), die koordiniert werden sollten (siehe Beitrag D2).

Zum Zeitpunkt der Entscheidung über Innovationen der Wasserinfrastruktur sind häufig weder deren Auswirkungen auf das Akteursgefüge (Arbeitsteilung, Beziehungskonstellation) bekannt, noch sind bereits Vorschläge für ein angemessenes Verhalten in der Zusammenarbeit der Akteure entwickelt. Üblicherweise erarbeiten die beteiligten Akteure erst im Zuge ihrer Tätigkeit während des Innovationsprozesses die neuen Ausprägungen ihrer Rollen – dies überwiegend intuitiv. Dabei kann Unkenntnis über mögliche Wirkungen und eventuelle Risiken als Konsequenz einer Neuerung bei Akteuren zu einer restriktiven, eher ablehnenden Reaktion führen. Um entsprechende Innovationshemmnisse zu verringern, kann es hilfreich sein, die institutionellen Rollen oder Arrangements zwischen verschiedenen Akteuren, die von der Innovation betroffen sind, proaktiv und grundlegend zu überdenken und sie im Zuge von Kooperationsmanagement möglichst neu zu ordnen.

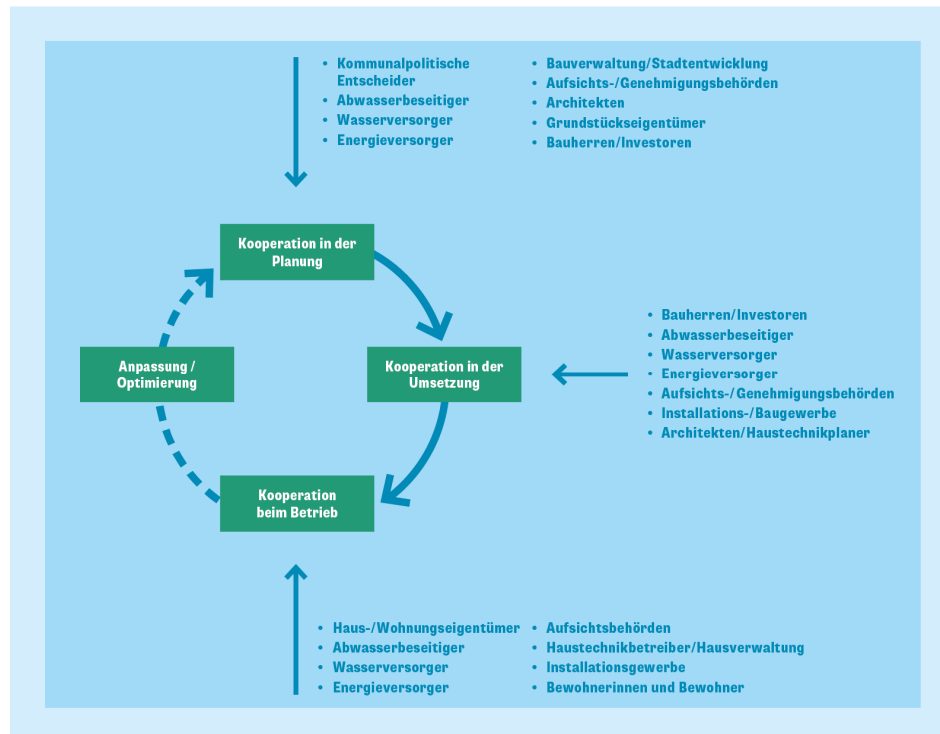
Kooperationsmodelle als vorbereitendes Instrument für Transformationsmanagement

Die Koordinationserfordernisse sind in den verschiedenen Phasen des (lokalen) Transformationsprozesses durchaus unterschiedlich. Beispielsweise ist es für Stadtquartiere angemessen, in ihrem Lebenszyklus folgende Phasen zu unterscheiden (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016):

- Planung (in Neubau- wie in Konversionsgebieten; auch bei einer Transformation im Bestand ist eigentlich ein entsprechender Prozess erforderlich),

- Realisierung (Umsetzung, Bau),
- Betrieb (Häuser, Infrastruktur),
- Bewertung (leitet gegebenenfalls in die nächste Planungsphase über²).

Abbildung 1: Phasen der Kooperation im Transformationsmanagement



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

In diesen Phasen kann die proaktive Zusammenarbeit mit den zum Teil je nach Phase unterschiedlichen Akteuren die Implementierung der Innovation und den Betrieb der darauf aufbauenden stadt- und haustechnischen Infrastrukturen erleichtern (siehe Abbildung 1). Während etwa die Stadtplanung in der ersten Phase eine zentrale Rolle spielt (vgl. Kerber/Schramm 2015), ist sie in den folgenden beiden Phasen eher randständig. Die Bewohnerschaft muss zwar in den früheren Phasen mitgedacht werden, erfordert aber erst in der dritten Phase eigene Koor-

2 Diese Phase beginnt etwa fünfzig Jahre nach Umgestaltung/Transformation. Sie muss selbstverständlich nicht bei der Innovationsvorbereitung berücksichtigt werden, ist jedoch bei einem umfassenden Transformationsmanagement zu bedenken. Entsprechend kann hier von einem zyklischen Prozess ausgegangen werden (siehe Abbildung 1).

dinationserfordernisse. Architekten und Haustechnik-Planer sollten unter Umständen bereits in der Planungsphase angesprochen und über die Neuerungen informiert werden (auch wenn sie über die Bauherren koordiniert und bezahlt werden), um besser zu gewährleisten, dass auch in der Haustechnik die Besonderheiten der Innovation ausreichend berücksichtigt werden.

Vorgehensweise

Die folgenden Ausführungen basieren einerseits auf einer Konzeptidee zu einem kooperationsorientierten Innovations- und Betriebsmanagement, die angeregt von HAMBURG WASSER entwickelt wurde (vgl. Schramm/Giese/Kerber 2015; Schramm et al. 2016), andererseits auf Diskussionsergebnissen eines verbundinternen Workshops. In diesem waren systematisch mögliche Akteurskonstellationen für verschiedene technische Systemvarianten neuartiger Wasserinfrastrukturen und deren Realisierung in Stadtquartieren entwickelt worden (siehe hierzu Beitrag D1). Validiert wurden die so erzielten Arbeitsergebnisse des Workshops mit Aussagen aus einer Reihe von qualitativen Experteninterviews (siehe zu Details Beitrag D1) und zwei Workshops mit städtischen Akteuren, die 2015 in den beiden am Vorhaben beteiligten Städten Frankfurt am Main und Hamburg durchgeführt worden waren.

Aufstellen von Kooperationsmodellen entlang der Rollen und Kooperationsbeziehungen

Die Entwicklung von sog. Kooperationsmodellen³ für die unterschiedlichen Phasen des Transformationsprozesses (siehe Abbildung 1) sollte der Innovationsführer oder der Innovationsentscheider angehen. Es bietet sich dabei das „Backcasting“, als Blick von der Zukunft in die Gegenwart, an (vgl. Kluge/Schramm 2016). Die Kooperationsbeziehungen werden beginnend mit der Betriebsphase über die Bauphase zurück in die Planungsphase aufgeschlüsselt, so dass die Anforderungen aus Betrieb und Bau/Umsetzung in der Planungsphase mit aufgenommen

3 Wir schließen hier an die Vorstellungen einer kooperativen Planung an, sind uns aber bewusst, dass der Begriff Kooperationsmodell bisher in der Siedlungswasserwirtschaft auch anders verwendet wird, etwa für bestimmte Formen von Betreibermodellen, bei denen private und öffentliche Partner zusammenarbeiten, aber auch für Formen der Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft im Ressourcenschutz (vgl. Schramm et al. 2016). Unsere Rede vom Kooperationsmodell schließt ausdrücklich nicht an die Verwendung des Begriffs im Supply Chain Management an. Dort wird versucht, die Koordination und Zusammenarbeit in Wertketten zu verbessern, um sogenannte Peitscheneffekte in der Lieferkette zu verringern und daher Datenaustausch und Zusammenarbeit in der Kette zu verbessern (vgl. Riemer 2008).

werden können. Das frühzeitige Erstellen von Kooperationsmodellen durch den Innovationsführer (z.B. auf der Ebene der Geschäftsführung oder des Vorstands) oder in seinem Auftrag ist zudem eine Art „Trockenübung“; sie hat für den Innovationsführer/Innovationsentscheider den Vorteil, dass er die Gesamtsituation bereits vor entsprechenden Umsetzungsschritten strategisch besser überblickt. Folglich hat das Modell für ihn eine heuristische Funktion. Mit dieser kann er bereits vor einer Entscheidung verstehen, welche Akteure welche Rollen einnehmen könnten, welche neuen Regeln in der Zusammenarbeit notwendig werden und welche Risiken bei der Innovationsentscheidung zu beachten sind.

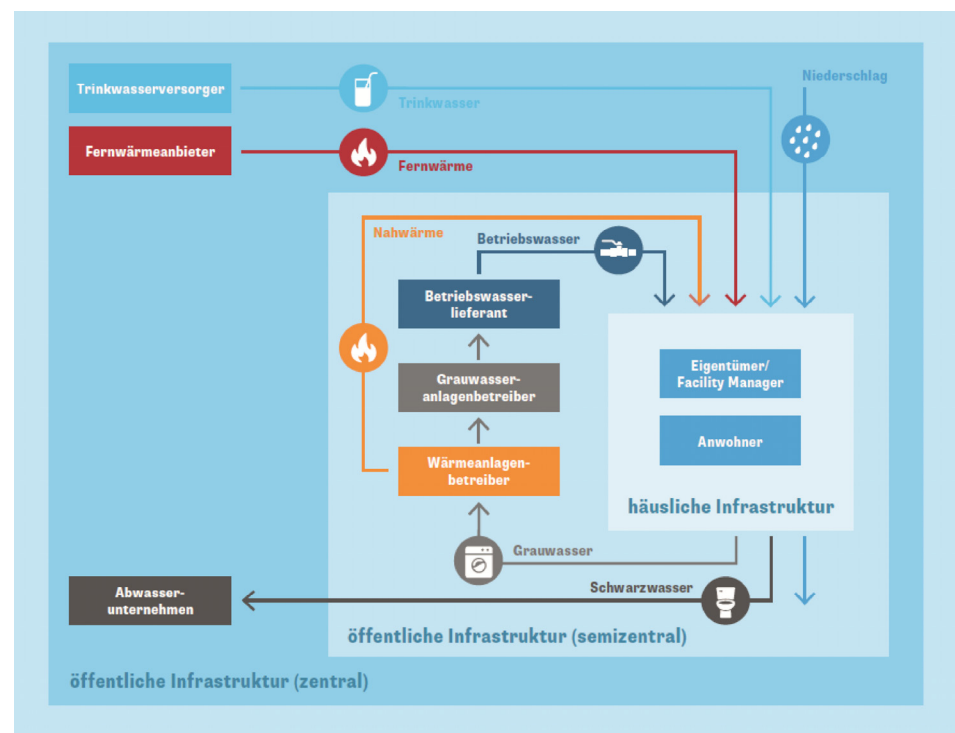
Zunächst wird der Innovationsführer/-entscheider oder eine für ihn tätige Beratungsinstitution verschiedene Akteurskonstellationen auswählen, die als Szenarien dienen können und in unterschiedlichen Kooperationsmodellen festgehalten werden sollen. Für die betrachteten Phasen werden dafür im Idealfall mögliche Rollen und Kooperationsbeziehungen zwischen den Akteuren identifiziert, die sich voraussichtlich durch die Innovation ändern. Dabei ist jeweils zu prüfen, ob alle für eine erfolgreiche Innovation erforderlichen Rollen eingenommen werden können.

Dazu werden insbesondere die aufgrund der Transformation „neuen“ Stoffflüsse betrachtet: Zum einen wird dabei auf der Grundlage der betrachteten technischen Systemvarianten (siehe Beitrag B2) ermittelt, wo sich Schnittstellen verändern – zwischen der öffentlichen und der häuslichen Wasserinfrastruktur, aber auch zwischen der Wasserinfrastruktur und weiteren verknüpften Infrastrukturen (das sind insbesondere Energie-Infrastrukturen, in der im Folgenden betrachteten Systemvariante vorrangig zur Wärmeversorgung). Zum anderen wird bezogen auf neue Märkte oder Produkte geprüft, ob bzw. welche neuen Institutionen benötigt werden und wo Konkurrenzbeziehungen entstehen (können). Es wird dann in den verschiedenen Kooperationsmodellen für die betrachteten Phasen abgeschätzt, wie weit das jeweilige Akteursgefüge zu den neuen oder veränderten Erfordernissen und Konstellationen passt. Unter Umständen werden dabei verschiedene Kooperationsmodelle miteinander verglichen. Als Ergebnis der Synthese wird weiterhin gefragt, wie institutionelle Arrangements möglich werden, die an den Erfahrungen der verschiedenen Akteure anschließen und mit deren jeweiligem Alltag gut vereinbar sind. Nach Möglichkeit ist ein dafür optimaler Vorschlag (oder ein Lösungskorridor für diesen) vorzubereiten.

Auch die Entscheidung über die jeweils der Transformation zugrunde gelegte Systemvariante kann durch Kooperationsmodelle unterstützt werden. Entsprechend können Kooperationsmodelle für unterschiedliche technische Systemvarianten entwickelt werden, um diese zu vergleichen und jene Variante mit den günstigsten Akteurskonstellationen, d.h. den geringsten Kooperationsanforderungen zu bestimmen (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016).

Welche Kooperationsmodelle sich für die Phase der Umsetzung und des Betriebs ergeben, wird im Folgenden exemplarisch entlang der Systemvariante KonvGrau beschrieben (siehe Beitrag B4; Davoudi et al. 2016). In der Variante KonvGrau werden die Haushalte mit Trink- und Betriebswasser versorgt. Aus den Haushalten werden sowohl leicht verschmutztes Grauwasser als auch Schwarzwasser aus den Toiletten (hier einschließlich dem Abwasser aus den Küchen) abgeleitet. Weiterhin trägt diese Systemvariante zur kommunalen Wärmeversorgung bei, indem überschüssige Wärme aus der Grauwasserkanalisation abgeschöpft und so verstärkt auf erneuerbare Ressourcen (im Sinne der Energiewende) zurückgegriffen wird. Daher wird im Quartier aus dem Grauwasserkanal auf semizentraler Ebene mit Wärmetauschern Abwärme zurückgewonnen und zur Versorgung mit Nahwärme eingesetzt (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Ver- und Entsorgungsleistungen in der Systemvariante KonvGrau



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Kooperationsmodelle für die Phase von Realisierung und Betrieb⁴

Modelle mit kommunalwirtschaftlichen Zentralakteuren

In dem Modell der Variante KonvGrau wird exemplarisch davon ausgegangen, dass die zentralen Akteure der Kommunalwirtschaft (siehe Beitrag D1) die neuen Aufgaben im Bereich der öffentlichen Infrastruktur übernehmen. Entsprechend sind in den meisten Städten zwei kommunale Wasserdienstleister als Schlüsselakteure zu berücksichtigen: ein Wasserversorgungsunternehmen sowie ein Abwasserbeseitigungsbetrieb (vereinfachend wird davon ausgegangen, dass der Abwasserbetrieb nicht nur für die Sammlung des Abwassers verantwortlich ist, sondern auch für dessen Behandlung in der Kläranlage). Weiterhin erhält der kommunale Energieversorger neue Aufgaben⁵. Im Stadtquartier, in dem nachverdichtet oder eine Konversion angestrengt wird, sind auch, so die Annahme im Modell, Investoren aktiv, die Wohnungen oder Büros schlüsselfertig erstellen und an Eigentümer verkaufen.

Phase der Realisierung von KonvGrau

Für die Umsetzung von KonvGrau ergeben sich neue Rollen: Einerseits hat die Kommune oder ihr Innovationsführer dafür zu sorgen, dass die Bauherren gewährleisten, die haustechnische Wasserinfrastruktur an die veränderte öffentliche Wasserinfrastruktur angepasst zu planen und zu bauen. Folglich sind die Investoren ebenso wie ihre Architekten und Planer rechtzeitig über den veränderten Aufwand in der Hausinfrastruktur und die Anforderungen an die Schnittstellen zur öffentlichen Infrastruktur zu informieren (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016). Die Installationskosten in den Häusern werden aufgrund des Mehraufwands an Leitungen für die Betriebswasserversorgung und die getrennte Abwasserableitung geringfügig steigen (vgl. Kerpen/Zapf 2005; Ingolstädter Kommunalbetriebe 2012). Es steht zu vermuten, dass die Wasserrechnung der späteren Eigentümer bzw. Mieter bei niedrigeren Betriebswassertarifen etwas günstiger sein wird (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016). Daher ist nicht zu erwarten, dass es zu Vermarktungsproblemen bei den fertiggestellten Häusern oder Wohnungen kommt. Zur Unterstützung der Vermarktung sollten sich die Liegenschaftsabteilungen und

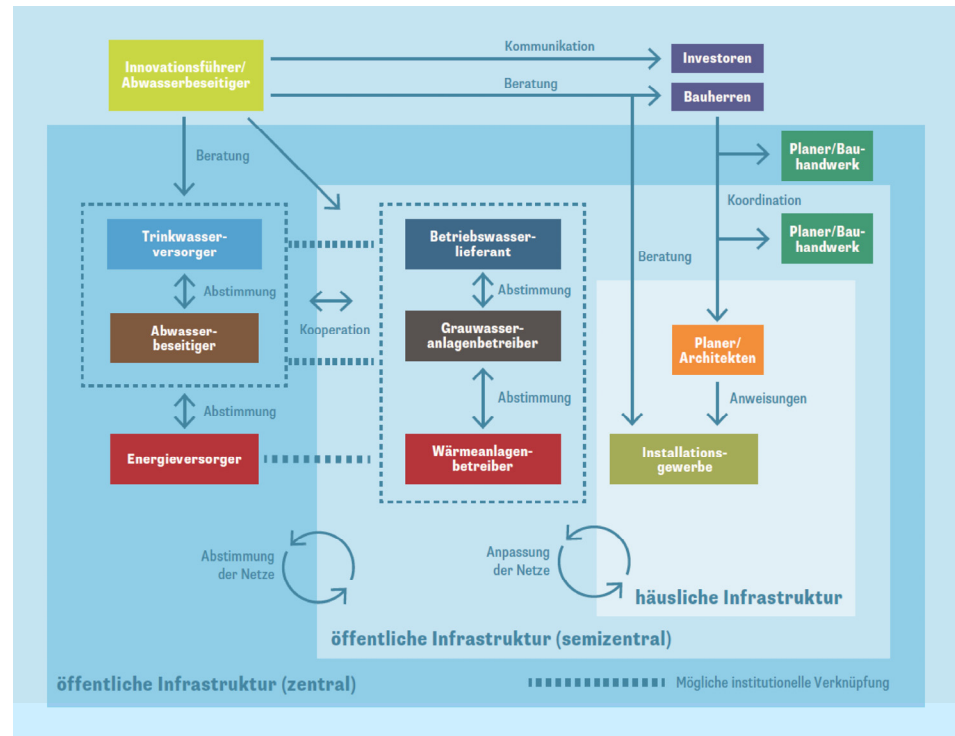
4 Siehe Kerber/Schramm/Winker (2016) für eine allgemeine Darstellung der Phase der Planung.

5 In wenigen Fällen werden diese drei Akteure „unter einem Dach“ (z.B. als Stadtwerk oder als breit aufgestelltes Wasserunternehmen mit Energietochter) zusammengeschlossen sein. Dadurch können sich Abstimmungen zwischen diesen drei Akteuren, die für die Verwirklichung der Innovation teilweise sehr eng zusammenarbeiten müssen, vereinfachen und Transaktionskosten verringern (siehe Beitrag D2).

andere kommunale Akteure gleichwohl Maßnahmen eines Kooperationsmanagements bedienen (vgl. Kerber/Schramm 2015).

Die genannten Erfordernisse führen vereinfacht zu folgendem Kooperationsmodell (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Kooperationsmodell für die Realisierung von KonvGrau



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Die beiden kommunalen Wasserdienstleister könnten sich die Aufgaben aufteilen⁶: Abtransport von Grauwasser zur semizentralen Behandlungsstation, dort Aufbereitung zu Betriebswasser, schließlich dessen Verteilung. Möglicherweise wird der Abwasserbeseitiger nicht nur für die Sammlung und Behandlung von Grauwasser verantwortlich sein, sondern wird bezogen auf die Bauausführung

6 Hierbei treten möglicherweise Reibungswiderstände auf. Diese lassen sich vermindern, wenn es ein kommunales Wasserunternehmen gibt, das (wie etwa in Berlin oder Hamburg) beide Sparten unter einem Dach vereint.

und die Abstimmung mit den anderen Kooperationspartnern insgesamt federführend (also auch für die Betriebswasseranlagen und -netze). Dies kann auch einige der in der Umsetzungsphase anstehenden Abstimmungs- und Dimensionsfragen vereinfachen. Und wird der Abwasserbeseitiger zum Innovationsführer in der Kommune, vereinfacht sich das Kooperationsmodell weiter (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016). Denn die kommunalen Wasserdienstleister müssen nicht nur die Investoren und deren Planer, sondern auch das Installationshandwerk auf besondere Herausforderungen vorbereiten, die mit dieser Systemvariante verbunden sind. Nur vereinzelt haben die Installateure bisher Betriebswasser-netze für die Versorgung von Toiletten oder auch weitere Anschlüsse in Hotels, Modellsiedlungen und einzelnen Gebäuden verlegt. Fehlanlüsse bei der (häuslichen) Trinkwasserversorgung sind auszuschließen. Zusätzlich zur gesetzlich vorgeschriebenen Kennzeichnung der Betriebswasserleitungen kann es empfehlenswert sein, wenn die kommunalen Wasserdienstleister hier zur (dauerhaften) Unterscheidung der beiden Leitungstypen jeweils spezifische Werkstoffe und Durchmesser vorschreiben. Es ist daher wichtig, dass der für Betriebswasser zuständige kommunale Wasserdienstleister auf die Innung (und möglicherweise die berufsbildenden Schulen) frühzeitig zugeht und eventuell auch bei Schulungen unterstützend mitwirkt. Ähnlich sind auch im Abwasserbereich das Schwarzwasser- und das Grauwassernetz getrennt zu halten (vgl. ebenda).

Derzeit fehlen für einige der angesprochenen Bereiche verbindliche Normen. Um die Kommunikation mit dem Installations- und Baugewerbe, aber auch den Planern und Investoren zu vereinfachen, empfiehlt es sich, ein Bauhandbuch bzw. Pflichtenheft zu erstellen, das in Zweifelsfällen immer wieder herangezogen werden kann. Es kann auch zur Mitarbeiterschulung dienen und von den Architekten und Planern genutzt werden, um den Handwerkern ihre Aufgaben anschaulich zu erklären. In einem derartigen Handbuch lassen sich die Schnittstellen zwischen häuslicher und öffentlicher Wasserinfrastruktur sowie eventuell weitere Empfehlungen zur Bauausführung gut darstellen. Diese Empfehlungen können so auch den Charakter von (örtlichen) Normen erhalten (vgl. Schramm et al. 2016). Aus pragmatischen Gründen ist es dabei sinnvoll, Frischwasser- und Abwasserthemen in einem gemeinsamen Handbuch/Pflichtenheft abzuhandeln – dies kann eine weitere Aufgabe für das Kooperationsmanagement der beiden kommunalen Wasserdienstleister darstellen.

Eine wichtige Vorbedingung für die (semizentrale) Abschöpfung von Abwärme aus dem Grauwasser ist ein kommunales Wärmekonzept, das ausweist, in welchen Gebieten der Stadt entsprechende Wärmeanlagen sinnvoll sind. Das DWA-Merkblatt M-114 befasst sich mit Regelungen zwischen dem Kanalbetreiber und dem Betreiber der semizentralen Wärmeanlagen und kann zur Orientierung dienen. Das Abschöpfen von Abwärme lässt sich insgesamt effektiver gestalten,

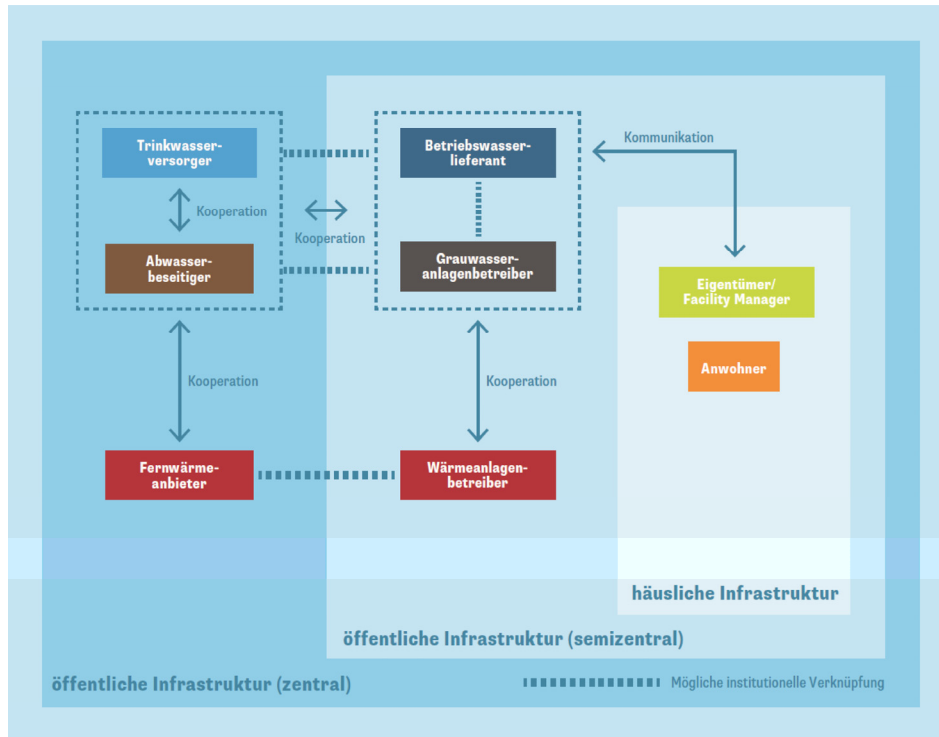
wenn in den Gebäuden selbst keine Abwärme abgeschöpft wird und möglichst dort auch die Grauwasserableitungen abisoliert werden, um Wärmeverluste zu verringern. Allerdings besteht für die Wohnungswirtschaft kein eigener Anreiz, sich entsprechend zu verhalten. Folglich sollte die Kommune diese Inhalte in (städtebaulichen) Verträgen oder in Ortssatzungen zur Umsetzung des kommunalen Wärmekonzepts festlegen (vgl. Hanke 2016; Kerber/Schramm/Winker 2016).

Phase des Betriebs von KonvGrau

Es ist ratsam, dass die beiden kommunalen Wasserdienstleister aufgrund der miteinander verknüpften Aufgaben Grauwasserbehandlung/Versorgung mit Betriebswasser eng zusammenarbeiten (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016). Zugleich muss die Gebäudewirtschaft statt wie bisher drei häusliche Wasserinfrastrukturen (für Trink- und für Schmutzwasser/Niederschlagswasser) nun fünf Infrastrukturen bewirtschaften, denn zusätzlich werden Betriebswasser angeboten und Schwarzwasser getrennt erfasst. Die Betriebsführung wird innerhäuslich durch diese Differenzierung zwar etwas komplexer, bleibt jedoch gut handhabbar. So sind weitere Schnittstellen zwischen öffentlicher und häuslicher Wasserinfrastruktur einzurichten und dauerhaft zu betreiben; hierbei stellen sich aber keine größeren Aufgaben für Hausmeister oder das Facility Management. Die Betreiber der häuslichen Frischwasserleitungen sind jedoch bei deren Reparaturen dafür verantwortlich, dass es nicht zu Fehlan schlüssen kommt. Bei regelmäßiger Einweisung der Installateure in diese Besonderheit des Hauses und einer ausreichenden Dokumentation bzw. Kennzeichnung der Leitungen ist dieses Risiko sicher zu beherrschen (vgl. Kerber/Schramm/Winker 2016).

Das Kooperationsmodell für den Betrieb der Systemvariante (siehe Abbildung 4) verdeutlicht es: In der Betriebsphase lässt sich der Abstimmungsbedarf durch die gewählten institutionellen Verknüpfungen zwischen den Wasserdienstleistern noch weiter reduzieren, wenn einer der Wasserdienstleister (z.B. der Abwasserpflichtige) die Federführung hat und der Fernwärmeanbieter auch der Betreiber der semizentralen Wärmeanlagen zum Abschöpfen der Grauwasserabwärme ist.

Abbildung 4: Kooperationsmodell für die Betriebsphase KonvGrau



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Bürger-Energiegenossenschaften als Player – Ein Spezialfall, der Unterschiede verdeutlicht

Andere Kooperationsmodelle ergeben sich, wenn Energiegenossenschaften berücksichtigt werden (müssen). Dies könnte der Fall sein, wenn eine Kommune das eventuell im Ort vorhandene Interesse an einer „Bürger-Energiegenossenschaft“ als Ausgangspunkt für die Gestaltung und Vermarktung eines Quartiers nimmt (vgl. weiterführend Volz/Storz 2015; ZfK 2016).

Zwar ist das Interesse, eigene Energie zu produzieren, sehr hoch und könnte ein interessantes Motiv zum Eigentumserwerb und/oder einer umfassenden energetischen Sanierung des Bestandsgebäudes sein (vgl. Stieß et al. 2015). Allerdings wird es vermutlich nur ein geringes Bürgerinteresse geben, das eigene Abwasser

zu bewirtschaften⁷. Aus Abwasser Energie zu gewinnen, könnte ein Motiv für eine entsprechende Erweiterung sein. Der Aspekt der eigenen bzw. genossenschaftlichen Energieproduktion und -versorgung im Quartier ist folglich sehr attraktiv und könnte im Zentrum eines weiteren Kooperationsmodells stehen, das als heuristischer Kontrast untersucht (und im Folgenden dargestellt) wird.

Im Neubaugebiet einer Kommune wird – so die entsprechende Annahme – eine Bürger-Energiegenossenschaft gegründet. Diese investiert in innovative Energieversorgung, zu der auch eine Abwasserinfrastruktur gehört, die u.a. zur regenerativen Energieversorgung beiträgt. In der Systemvariante KonvGrau, die den Zusammenhang zwischen Wasser/Abwasser-Dienstleistungen und Energieproduktion betont, kann die Abwasserinfrastruktur in das von der Genossenschaft aufgebaute Produktionssystem integriert werden (auch wenn dort, um den Bedarf im Quartier zu decken, energetisch vermutlich die Photovoltaik dominieren wird). Modellhaft wird der Fall betrachtet, bei dem die Energiegenossenschaft als Eigentümer des Produktionssystems den Betrieb an das Kommunalunternehmen übergibt.

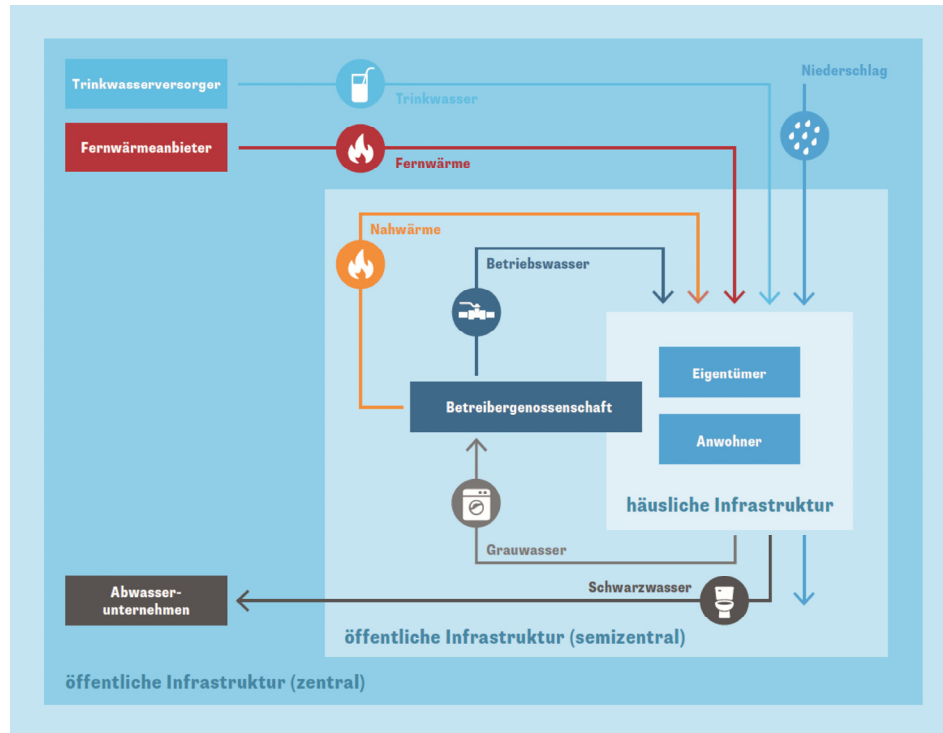
Diesem Szenario entsprechend verändert sich das Kooperationsmodell für die Aufbau- und für die Betriebsphase von KonvGrau: In der Aufbauphase errichtet die Bürger-Energiegenossenschaft, in der sich die (künftigen) Bewohnerinnen und Bewohner des Quartiers zusammenschließen, ein innovatives Energieproduktionssystem, das auch das Abwassersystem einschließt. Für Beratungen bedient sie sich dabei aufgeschlossener Unternehmen. Insofern vereinfacht sich das Kooperationsmodell (siehe Abbildung 5) deutlich gegenüber dem in Abbildung 3 vorgestellten Modell, in dem diese Aufgabe von kommunalwirtschaftlichen Akteuren wahrgenommen wird.

Damit sich die Kooperationsbeziehungen soweit vereinfachen, wie hier angeführt, steigt allerdings der Koordinationsaufwand für die kommunalen Akteure enorm. Das Modell funktioniert dann, wenn Kommune und Kommunalunternehmen die bisherigen Annahmen allesamt teilen. Günstig dafür kann es sein, wenn die Kommunalunternehmen in einer Stadtwerke-Holding zusammengefasst sind und bereits eine gemeinsame Tochter von Wärme- und Stromversorger vorhanden ist.

7 Allerdings ist in der Siedlung Lübeck-Flintenbreite, die zunächst als ökologische Mustersiedlung geplant, aber längst für den Mainstream geöffnet wurde, zu beobachten, dass aufgrund der Attraktivität der Wohnlage auch „normale“ Bürgerinnen und Bürger zu Mitgliedern der Genossenschaft werden.

Das Modell könnte nur dann realisiert werden, wenn beim Kommunalunternehmen die Bereitschaft vorhanden ist, den Betrieb zu übernehmen⁸. Für den Abwasserbereich ergibt sich dies bereits aus den Anforderungen des Wasserhaushaltsgesetzes.

Abbildung 5: Kooperationsmodell für den Aufbau der Systemvariante KonvGrau mit Betreiber-genossenschaft



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Abwasser- und Energie-Infrastrukturen sind produktionsseitig verkoppelt. Deshalb kann die Kommune eventuell auch in informellen Verhandlungen, die parallel zur Erstellung des Bebauungsplans stattfinden, durchsetzen, dass der kommunale Energieversorger nicht nur Betreiber des Nahwärmenetzes wird, sondern auch die Photovoltaik- und Wärmegewinnungsanlagen der Genossenschaft betreibt. Folglich werden der Energieversorger (und auch das Abwasserunternehmen) sich

8 Andernfalls wird die Bürger-Energiegenossenschaft einen anderen Betreiber suchen. Ein entsprechendes Konzept wird vermutlich nur in sehr seltenen Fällen kommunal unterstützt werden.

mit den aktuellen Innovationen auseinandersetzen (können), ohne das Innovationsrisiko im engeren Sinne zu tragen.

Dieses Kooperationsmodell weist noch einen Unterschied zum bisher dargestellten kommunalwirtschaftlichen Modell auf. Da die Energiegenossenschaft für das Gebiet an einem möglichst hohen Wärmeabschöpfungspotenzial interessiert sein sollte, wird sich hier kein Interessenkonflikt zwischen dezentraler und semizentraler Abwärmerückgewinnung entwickeln; vielmehr werden alle der semizentralen Lösung zustimmen. Folglich wird es auch im Interesse der Energiegenossenschaft sein, dass die Grauwasserleitungen in den Gebäuden abisoliert sind (die bei Kerber/Schramm/Winker 2016 beschriebene Problematik wird folglich nicht auftreten).

Auch wenn dieses Modell hinsichtlich der Kooperationsbeziehungen viel einfacher ist als das zuvor entwickelte, darf dies nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Abstimmungsaufwand zu seiner Realisierung sehr groß sein wird: Häufig wird es beispielsweise nicht leicht sein, die Geschäftsführungen kommunaler Unternehmen davon zu überzeugen, als Betreiber für eine genossenschaftliche Konkurrenz tätig zu werden. Die Bereitschaft für ein solches Modell kann zunehmen, wenn die kommunalen Unternehmen im Rahmen ihres öffentlichen Zwecks sich neue Geschäftsfelder erschließen möchten (siehe Beitrag D4).

Grundsätze eines Innovationsmanagements, das auf Kooperation setzt

Für Aufbau und Betrieb neuartiger Wasserinfrastrukturen lässt sich mit solchen heuristischen Modellen bereits vorab abschätzen, welche Konstellationen von Akteursbeziehungen die jeweilige Innovation begünstigen und welcher Koordinationsaufwand entsteht. Für die Identifikation optimaler Kooperationsmodelle ist es sinnvoll, entsprechend verschiedene Akteurskonstellationen für die Umsetzungs- und Betriebsphase zu berücksichtigen und dafür unterschiedliche Varianten auszuarbeiten. Legt man den heuristischen Modellen die Bedingungen vor Ort zugrunde, wird es in der Praxis meist nur wenige gangbare Konstellationen und Varianten geben. Bei der Vergleichsarbeit sollten auch mit der Innovation zu erreichende Ziele sowie Kompetenzen, Motive und Erwartungen von Kooperationspartnern und auch der Koordinationsaufwand einbezogen werden.

Dabei ist zu beachten: Das Festlegen von Regeln bzw. das Etablieren von institutionellen Arrangements kann, wenn die Zusammenarbeit sich zukünftig gut und erfolgreich entwickeln soll, nicht allein durch eine Seite erfolgen, sondern sollte gemeinsam vonstattengehen. Nach Möglichkeit sollte daher der Partner, der die In-

novation auf den Weg bringen möchte, proaktiv Kooperationen initiieren oder stützen, welche die Transformation der Wasserinfrastruktur befördern. Beispielsweise kann er frühzeitig auf die anderen Akteure zugehen und Vorschläge für die Veränderung der Zusammenarbeit einbringen. Dabei ist es für das gemeinsame Umsetzen der Innovation förderlich, wenn der „mächtigere“ Partner (z.B. ein kommunales Wasserunternehmen oder die dahinter stehende Kommune) den Transformationsprozess gemeinsam mit den anderen relevanten Akteuren entwickelt. Dabei wird auf gleicher Augenhöhe verhandelt. Der Prozess wird nach Möglichkeit so gesteuert, dass die beteiligten Partner zu einer guten Zusammenarbeit kommen⁹.

Übersicht 1: Kooperationsinstrumente zur Beförderung der Innovation

Instrumente des Kooperationsmanagements in der Planungsphase
• Frühzeitige informelle Absprachen • Integrierte Planungsprozesse • Beteiligung an Dialogen, Veranstaltungen und Netzwerken • Frühzeitige Vorsondierung von Rollenerwartungen bzw. Vorschlägen zur Arbeitsteilung und deren Kommunikation mit den Partnern • Städtebauliche Verträge oder Satzungen (Richtungssicherheit für Transformation häuslicher Infrastruktur) • Aufbau neuer Geschäftsfelder
Instrumente des Kooperationsmanagements in der Umsetzungsphase
• Frühzeitige Informationsveranstaltungen • Einführung einer Innovationsgovernance (beim Innovator) • Initiierung von Fortbildungsangeboten (z.B. für Handwerk, Planer, Architekten) • Frühzeitige Erarbeitung eventueller Risikoteilungen (insbesondere Komplexitätsreduktion der sich entwickelnden Verantwortungsstrukturen) • Frühzeitige Erarbeitung von (internen) technischen Normen
Instrumente des Kooperationsmanagements in der Betriebsphase
• Adäquate Betreibermodelle (eventuell auch auf häuslicher Ebene) • Frühzeitige Erarbeitung und Erörterung von Tarifmodellen • Eventuell Erhöhung technischer Redundanzen • Optimierte Störfall- und Havariemanagement • Zertifizierung von Handwerkern via technisch-wissenschaftliche Fachverbände • Dauerhafte Flankierung getroffener Absprachen mit Satzungen

Quelle: Forschungsverbund netWORKS

9 In aufwändigen Fällen kann es auch sinnvoll sein, dafür spezielle Innovationsnetzwerke zu gründen (vgl. Kirschten 2006: 271).

In den verschiedenen Phasen der Transformation kann dabei auf unterschiedliche Instrumente zurückgegriffen werden (siehe Übersicht 1). In der Umsetzungs- wie in der Betriebsphase sind Vertragsbeziehungen ordnungsrechtlichen Satzungen vorzuziehen (siehe Beitrag C4; Hanke 2016; Kerber/Schramm/Winker 2016). Für die Wohnungswirtschaft und die Betreiber der häuslichen Abwasserableitungen kann beispielsweise ein städtebaulicher Vertrag Orientierung bieten. Auch Zertifizierungen können eine Rolle spielen, insbesondere für Betriebe des Installationshandwerks, die der Betreiber nach Eignungsprüfungen der technisch-wissenschaftlichen Fachverbände oder gegebenenfalls auch der Hersteller zulässt (vgl. Schramm et al. 2016).

Literatur

- Blättel-Mink, B., und A. Ebner (2009): Innovationsysteme im wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs, in: Dies. (Hrsg.): Innovationsysteme, Wiesbaden, S. 11–23.
- Davoudi, A., D. Milosevic, E. Schramm und M. Winker (2016): Stoffstromanalyse zu verschiedenen Wasserinfrastruktursystemen in Frankfurter und Hamburger Quartieren, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 30).
- Gabler (2016): Kooperation. Gabler Wirtschaftslexikon, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/kooperation.html> (30.03.2017).
- Hagspiel, B. (2007): Wärme aus Abwasser. Evaluation von Technik, Betrieb und Randbedingungen: Potenzial der Kanalwärmenutzung in Freiburg im Breisgau, Freiburg i. Br. https://www.badenova.de/mediapool/media/dokumente/unternehmensbereiche_1/stab_1/innovationsfonds/abschlussberichte/2002_1/2002-6_Kanalwaerme_Abschlussbericht.pdf (30.03.2017).
- Hanke, S. (2016): Rechtliche Rahmenbedingungen neuartiger Wasserinfrastrukturen – Zu den rechtlichen Möglichkeiten und Grenzen der Einführung von Grauwasserrecycling, Schwarzwasserbehandlung sowie Wärmerückgewinnung, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 31).
- Ingolstädter Kommunalbetriebe: Versorgung des Baugebietes Etting-Westerberg mit Betriebswasser. Modellgebiet zentrale Betriebswasserversorgung (Stand 2/2012), https://www.in-kb.de/media/custom/2117_252_1.PDF?1391768203 (30.03.2017).
- Kerber, H., und E. Schramm (2015): Klimarechte siedlungswasserwirtschaftliche Lösungen in der Planung anstoßen und umsetzen. Fachgespräch in Hamburg. 24.11.2015. Dokumentation zum Fachgespräch (unveröffentlicht).
- Kerber, H., E. Schramm und M. Winker (2016): Transformationsrisiken bearbeiten: Umsetzung differenzierter Wasserinfrastruktursysteme durch Kooperation, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 28).
- Kerpen, J., und D. Zapf (2005): Grauwasserrecycling wirtschaftlich schon rentabel, in: Fach.Journal IHKS – Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung 2005/06, S. 88–92.
- Kirschten, U. (2006): Nachhaltige Innovationsnetzwerke in Theorie und Praxis: Ausgewählte Forschungsergebnisse, in: R. Pfriem et al. (Hrsg.): Innovationen für eine nachhaltige Entwicklung, Wiesbaden, S. 269–286.
- Kluge, T., und J. Libbe (2010): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft. Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser, Berlin.
- Kluge, T., und E. Schramm (2016): Wasser 2015. Mehr Nachhaltigkeit durch Systemlösungen, München.

- Kunkis, M. (2015): Innovation aus einer sozial-ökologischen Perspektive, in: A. Arnold et al. (Hrsg.): Innovation – Exnovation. Über Prozesse des Abschaffens und Erneuerns in der Nachhaltigkeitsforschung, Marburg, S. 35–45.
- Libbe, J. (2016): Kommunale Daseinsvorsorge zeitgemäß begründen. Wasserversorgung und Abwasserentsorgung gilt als Kernbestandteil der kommunalen Daseinsvorsorge, in: Transforming Cities. Urbane Systeme im Wandel. Das technisch-wissenschaftliche Fachmagazin (2016) 2, S. 22–27.
- Ott, R., A. Wallbrecht und N. Bieschke (2016): Umsetzung innovativer Wasserinfrastrukturen – Eine institutionenökonomische Analyse von Koordinationsproblemen, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 33).
- Riemer, K. (2008): E-Commerce und Supply-Chain-Management – Maßnahmen und Instrumente zur Verbesserung der Koordination in Lieferketten, Münster (Arbeitsbericht Nr. 53 des Kompetenzzentrums Internetökonomie und Hybridität).
- Schramm, E. (2012): Gebündelte Innovationen in integrierte Systemlösungen: Eine aussichtsreiche Zukunftsstrategie für Unternehmen der Wasserbranche, in: uwf UmweltWirtschaftsForum 20 (2–4), S. 145–154, doi: 10.1007/s00550-012-0254-z.
- Schramm, E., T. Giese und H. Kerber (2015): Kooperationsmanagement zur verbesserten Umsetzung von neuartigen Sanitärsystemen auf Quartiersebene, in: energie/wasser-praxis (4).
- Schramm, E., T. Giese, W. Kuck und C. Völker (2016): Neuartige Sanitärsysteme in Umsetzung und Betrieb: Hinweise zum Kooperationsmanagement am Beispiel der Jenfelder Au in Hamburg, in: gwf-Wasser/Abwasser 157 (2), S. 148–155.
- Stieß, I., J. Weiß, C. Dehmel, E. Dunkelberg, M. Kunkis, N. Schuldt-Baumgart und T. Vogel-pohl (2015): Kommunikationsstrategie „Wegweiser Hauskauf – Energetisches Modernisieren zahlt sich aus“, Frankfurt am Main/Berlin (Hrsg.: ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung/Institut für ökologische Wirtschaftsforschung/IÖW).
- Urbaniek, M. (2008): Umweltinnovationen durch Kooperationen: Am Beispiel einer freiwilligen Branchenvereinbarung, Wiesbaden.
- Volz, R., und N. Storz (2015): Erfolgsfaktoren und künftige Herausforderungen von Bürgerenergiegenossenschaften, in: Zeitschrift für das gesamte Genossenschaftswesen, Jg. 65, Heft 2, S. 111–120.
- ZfK – Zeitung für kommunale Wirtschaft (2016): Bürgerenergie der Zukunft, in: ZfK, Heft 3/2016, S. 15.

Jan Hendrik Trapp und Jens Libbe

Neue Strategieoptionen für Wasserunternehmen

Das traditionelle „Geschäftsmodell“ von (kommunalen) Wasserunternehmen – sofern der Begriff Geschäftsmodell in diesem Zusammenhang überhaupt trägt – basiert auf Verlässlichkeit, Kontinuität und Qualität der Ver- und Entsorgungsdienstleistungen. Technische Innovationen wurden in der Vergangenheit in der Siedlungswasserwirtschaft auf- und angenommen, wenn veränderte hydrologische, klimatische, demografische, wirtschaftliche oder regulatorische Rahmenbedingungen wie z.B. Umweltqualitätsziele (Reduzierung anthropogener Spurenstoffe in Wasserkörpern) die Einführung neuartiger Technologien (z.B. die verschiedenen Reinigungsstufen) erforderten. Technische Innovationen drücken sich in der Regel auch in angepassten internen Abläufen und gegebenenfalls Organisationsstrukturen aus. Die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen geht jedoch über die technische Optimierung einzelner Komponenten oder Anlagen hinaus; entsprechend weitreichend können die Innovationen auf betrieblich-organisatorischer Ebene in Unternehmen sein, wenn sich neue Strategieoptionen anbieten und Geschäftsfelder eröffnen. Zugleich können unternehmerische Strategieoptionen dazu beitragen, die Implementierung neuartiger Wasserinfrastrukturen voranzutreiben¹.

Einige grundsätzliche Besonderheiten im Management kommunaler Unternehmen sind zu beachten: Kommunale, öffentliche Unternehmen der Daseinsvorsorge (oftmals „Stadtwerke“ genannt) bewegen sich in ihrem Handeln vielfach zwischen den Referenzsystemen „Staat“ und „Markt“. Diese zeichnen sich durch unterschiedliche Logiken, Regelstrukturen und Anreizsysteme aus². Die Herausfor-

-
- 1 Vgl. Teece (2010), der argumentiert, dass sich Innovationen dann durchsetzen, wenn sie mit entsprechenden Geschäftsmodellen unterlegt sind.
 - 2 Für das Referenzsystem „Staat“ stehen Merkmale wie etwa politischer Einfluss, die Orientierung am Gemeinwohl und damit die Verfolgung öffentlicher Zwecke, Prinzipien kommunaler Daseinsvorsorge und das Örtlichkeitsprinzip. Dabei kann und wird auch in diesem Rahmen nach dem

derung im (strategischen) Management kommunaler Unternehmen in wettbewerblich organisierten Sektoren besteht darin, Pfade einzuschlagen, die beiden Referenzsystemen gerecht werden.

Strategisches Management und Strategieentwicklung in kommunalen Unternehmen liegen idealtypisch in geteilter Verantwortung zwischen der Kommune als Gesellschafterin und der Geschäftsführung (vgl. Libbe/Trapp 2006). Damit verbunden sind eine politische Vorstellung und Entscheidung der Kommune zur (künftigen) Organisation der kommunalen Daseinsvorsorge und deren Beiträgen und Funktionen im Kontext der Stadtentwicklung. Anders formuliert: Die Lebensqualität vor Ort und das Gemeinwohl der Bürgerinnen und Bürger der Gemeinde sind die Grundvoraussetzung und Orientierung für strategische Entscheidungen in kommunalen (Wasser-)Unternehmen (vgl. Libbe 2016).

Auf Basis qualitativer Experteninterviews mit Vertreterinnen und Vertretern von Wasserunternehmen wurden drei Strategieoptionen zum Umgang mit den Innovationen neuartiger Wasserinfrastrukturen in den Unternehmen und Betrieben entwickelt. Diese wurden in einem weiteren methodischen Schritt im Rahmen eines Expertenworkshops vertiefend diskutiert und gehärtet³:

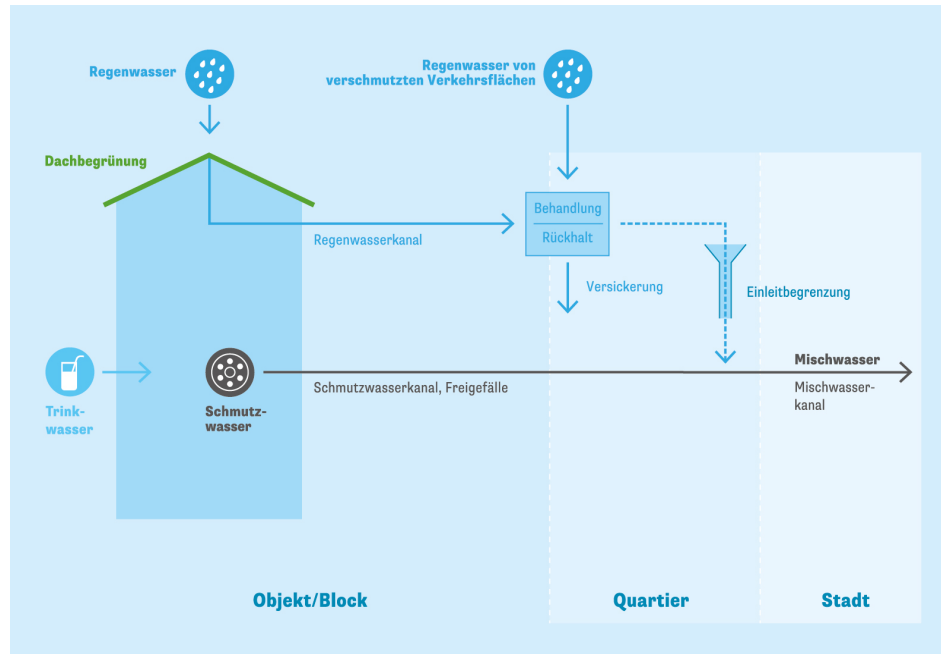
- Strategieoption „Nexus Wasser–Energie“,
- Strategieoption „Betrieb de- und semizentraler Anlagen“,
- Strategieoption „Integriertes Wasserressourcenmanagement und Gewässerschutz“.

Schon aus einem simplen, oberflächlichen Vergleich technischer Strukturschaubilder eines konventionellen Systems einerseits und einer Systemvariante neuartiger Wasserinfrastrukturen andererseits lassen sich Ansatzpunkte für neue Strategieoptionen identifizieren (siehe Abbildungen 1 und 2).

Wirtschaftlichkeitsprinzip, d.h. effizient, gehandelt. Demgegenüber ist das Referenzsystem „Markt“ von vergleichsweise geringer Komplexität, wenn man hier Wettbewerb und (kurzfristige) Gewinnmaximierung als zentrale Regelstrukturen für die Strategieentwicklung annimmt.

3 Zum methodischen Vorgehen vgl. Trapp/Libbe (2016: 14 f.).

Abbildung 1: Konventionelles System mit Mischwasserkanal



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Selbstverständlich hängen die für einzelne Unternehmen identifizierbaren und plausiblen Optionen und Strategien im Rahmen der Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen von verschiedenen Faktoren ab. Zu nennen sind:

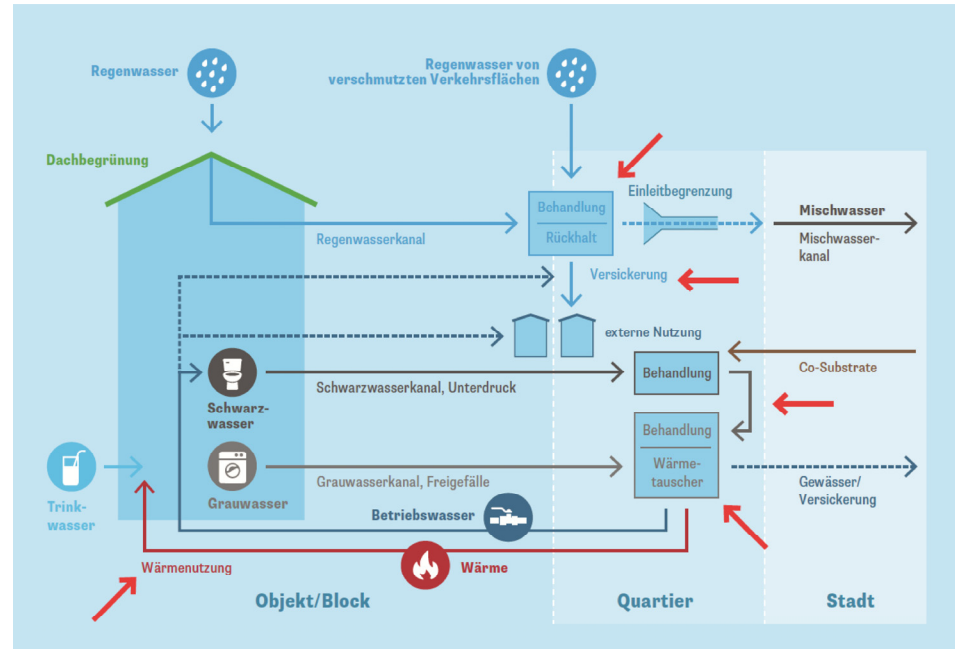
- die jeweils bestehende Rechtsform (öffentlich-rechtlich, privat),
- das Organisationsmodell (integriert, kooperativ, „stand-alone“) und
- die im Unternehmen verfügbaren Ressourcen (Kapital, Know-how usw.), die mit der Größe des Unternehmens korrelieren.

Es existieren in Deutschland vielfältige Organisationsformen⁴ und Kontexte der Leistungserstellung in der Siedlungswasserwirtschaft: integrierte Trinkwasser- und Abwasserzweckverbände oder kleine Wasserverbände im ländlichen Raum, Eigenbetriebe „Stadtentwässerung“ in deutschen Großstädten oder Trinkwasserversorgung als eine Sparte im kommunalen Stadtwerk (z.B. GmbH). Je nachdem, wie die Wasserver- und Abwasserentsorgung betrieben werden, liegen vollkommen unterschiedliche rechtliche, finanzielle und kompetenzielle (die Wissens- und

4 Für eine Übersicht über die Organisationsformen und Strukturen der Siedlungswasserwirtschaft in Deutschland vgl. das „Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2015“ (ATT et al. 2015).

Personalressourcen betreffende) Ausgangs- und Rahmenbedingungen für die Strategieentwicklung und -gestaltung im Umgang mit neuartigen Wasserinfrastrukturen vor.

Abbildung 2: Beispiel einer Systemvariante neuartiger Wasserinfrastrukturen – potenzielle Ansatzpunkte für unternehmerische Strategieoptionen



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Strategieoption „Nexus Wasser–Energie“

Wärmerückgewinnung aus Abwasser und die getrennte Erfassung von Schwarzwasser zur Biogasgewinnung sind zwei Möglichkeiten, die direkt auf die Kopplung von Abwasser und Energie verweisen. Vielfältige Ansatzpunkte zur Kopplung von Wasser und Energie werden zum Teil heute schon erschlossen (vgl. die Bestrebungen zur Steigerung der Energieeffizienz auf Kläranlagen; DWA 2013; Servicestelle: Kommunalen Klimaschutz 2012), weitere können systematisch identifiziert

und entwickelt werden⁵ (z.B. Wärmerückgewinnung oder das Einbinden der Siedlungswasserwirtschaftlichen Anlagen in das Lastmanagement im Strommarkt). Dabei kann die Siedlungswasserwirtschaft auch versuchen, an die Dynamik der Energiewende anzuknüpfen und sich „ins Spiel“ zu bringen (vgl. DWA 2013)⁶.

Bereitstellung des Abwasserkanals für Betreiber von Wärmerückgewinnungsanlagen

Wärme kann nicht nur wie heute schon vielerorts üblich zentral auf dem Klärwerk, sondern auch im Haus bzw. Block (dezentral) und im öffentlichen Kanal (semizentral) dem Abwasserstrom entzogen werden. Eine mögliche Variante der Wärmerückgewinnung aus (häuslichem) Abwasser zeigt Abbildung 3.

Die thermischen und wirtschaftlichen Potenziale der Wärmerückgewinnung (WRG) aus Abwasser werden in der Literatur jedoch zum Teil sehr unterschiedlich eingeschätzt (vgl. DWA 2013; Grazer Energieagentur 2007). Auch in den im Rahmen von netWORKS geführten Interviews mit Vertreterinnen und Vertretern ausgewählter Wasserunternehmen traten unterschiedliche Einschätzungen zutage. Wärmerückgewinnung im Kanal wird dann als mögliche Option eingeschätzt, wenn die thermischen Potenziale im Kanal groß sind (großer, stetiger Volumenstrom und hohe Temperatur; z.B. in großen Druckkanälen) und zugleich ein verlässlicher Wärmeabnehmer möglichst nah am Kanal und der Wärmerückgewinnungsanlage liegt.

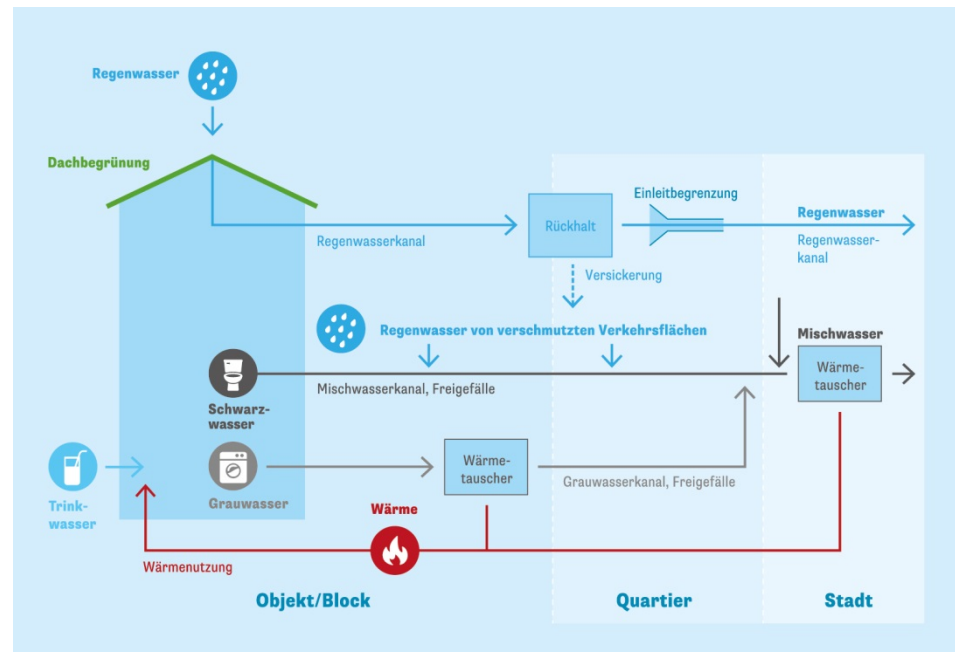
Ist das Wasserunternehmen prinzipiell aufgeschlossen gegenüber Wärmerückgewinnung aus Abwasser, kann eine Strategieoption darin liegen, proaktiv und systematisch (GIS-basiert) die Wärmerückgewinnungspotenziale im Abwassernetz der Stadt zu sondieren und eine Potenzialanalyse samt Karte zu erstellen. Unter Umständen wurden im Rahmen des kommunalen Energiemanagements auch bereits Wärme-Landkarten erstellt, in denen das Abwasser als Wärmequelle mit erfasst und mögliche Abwärmenutzer aufgeführt sind. Mit dem Wissen um die interessanten Stellen mit Wärmerückgewinnungspotenzial im Abwassernetz („hot spots“) kann aktiv an Unternehmen im Wärmemarkt herantreten werden. Entsprechend lassen sich potenzielle Interessenten (z.B. aus dem Einzelhandel oder

5 Vgl. in diesem Zusammenhang auch die BMBF-Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine energieeffiziente und ressourcenschonende Wasserwirtschaft – ERWAS“ (<https://bmbf.nawam-erwas.de/>).

6 Die Potenziale, die in der Verknüpfung von Wasser- und Energiesystem liegen, könnten mittels angepasster Anreizsysteme (etwa Förderung im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes) sicherlich schneller gehoben werden.

Unternehmen der Wohnungswirtschaft) für den Bau und den Betrieb von Wärmerückgewinnungsanlagen ansprechen. Ebenso kann das Abwasserunternehmen auf Wohnungsunternehmen und Investoren zugehen und in Abstimmung mit diesen Akteuren Wärmepotenziale auf de- und semizentraler Ebene in neuartigen Wasserinfrastrukturen heben.

Abbildung 3: Wärmerückgewinnung im zentralen Schmutzwasserkanal und auf Blockebene



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Ein denkbare Modell wäre, die Nutzung eines Abwasserkanals durch einen Wärmerückgewinnungsanlagenbetreiber lediglich in Höhe des zusätzlichen Aufwands für die Bereitstellung des Kanals und dessen besondere Wartung im betreffenden Abschnitt durch den Abwasserentsorger⁷ im Wege einer Sondernutzung (vgl. DWA-M 114 [2009; derzeit in Überarbeitung]: 42) in Rechnung zu stellen. Das Wasserunternehmen kann über die Nutzung des Kanals durch einen Dritten

⁷ Dieses Modell eignet sich insbesondere für Abwasserentsorger in öffentlich-rechtlicher Organisationsform, die keinen Gewinn erzielen möchten, um nicht körperschafts- und umsatzsteuerpflichtig zu werden („Betrieb gewerblicher Art“) und damit lediglich ihren Aufwand in Rechnung stellen. Für Abwasserentsorger in privater Rechtsform als Betreiber des Kanalnetzes stellt sich diese steuerrechtliche Frage nicht.

(Wärmerückgewinnungsanlagenbetreiber) Deckungsbeiträge für seine ohnehin fälligen Arbeiten und Dienstleistungen erzielen. Da Erlöse aus sonstigen Tätigkeiten kommunaler Wasserunternehmen (auch in öffentlicher Rechtsform) grundsätzlich nicht ausgeschlossen sind⁸, kann alternativ das Abwasserunternehmen geeignete Kanalabschnitte Dritten gegen ein Entgelt zur Wärmerückgewinnung überlassen. Interessenten können dann (in Absprache mit dem Abwasserunternehmen) entscheiden, an welcher Stelle genau und mit welcher Technik sie in Wärmerückgewinnung im Kanal⁹ einsteigen. In beiden Modellen betätigt sich das Wasserunternehmen nicht selbst im Geschäftsfeld Wärmerückgewinnung. Es ermöglicht aber anderen Unternehmen, unter seiner Aufsicht und Kontrolle in die Kanäle einzugreifen und Wärmerückgewinnungsanlagen zu errichten. Die Nutzung des Kanals oder dessen Vermietung ermöglichen dem Wasserunternehmen dabei, zusätzliche Einnahmen für Betrieb und Wartung der Kanäle zu erzielen. In semizentralen Systemvarianten, deren Kanäle regelmäßig auf privatem oder halb-öffentlichem Grund liegen können und die damit nicht per se Teil der öffentlichen Infrastruktur sind, stellt sich die Situation anders dar. Hier können Abwasserunternehmen insbesondere den Betrieb semizentraler Anlagen privater Akteure übernehmen. Diese Option wird im Abschnitt zur Strategieoption „Betrieb de- und semizentraler Anlagen“ (siehe unten) näher diskutiert.

Die Bereitstellung des Kanals ebenso wie der Betrieb der Wärmerückgewinnungsanlage einschließlich der Abgabe der Wärme an Nutzerinnen und Nutzer sind vertraglich zu regeln. Hier stellen sich Fragen hinsichtlich der Gestaltung der Vertragsbeziehungen und der Zulässigkeit vor dem Hintergrund des bestehenden Organisationsmodells des Abwasserunternehmens bzw. des Wärmerückgewinnungsanlagenbetreibers; beispielsweise wenn die Abgabe (entgeltlich oder unentgeltlich) von Wärme nicht durch den definierten Unternehmenszweck gedeckt ist und Organisationsanpassungen oder Änderungen des Satzungszwecks notwendig werden.

8 Erlöse aus sonstigen Tätigkeiten öffentlich-rechtlicher Unternehmen werden allerdings körperschafts- und umsatzsteuerpflichtig („Betrieb gewerblicher Art“), vgl. § 4 Körperschaftsteuergesetz (KStG).

9 Ein Beispiel ist die Anlage zur Abwasserwärmenutzung für das IKEA-Einrichtungshaus in Berlin-Lichtenberg (vgl. <http://www.bwb.de/content/language1/html/7660.php>; und http://www.abwasserbilanz.de/downloads/2010/101213_schitkowski.pdf).

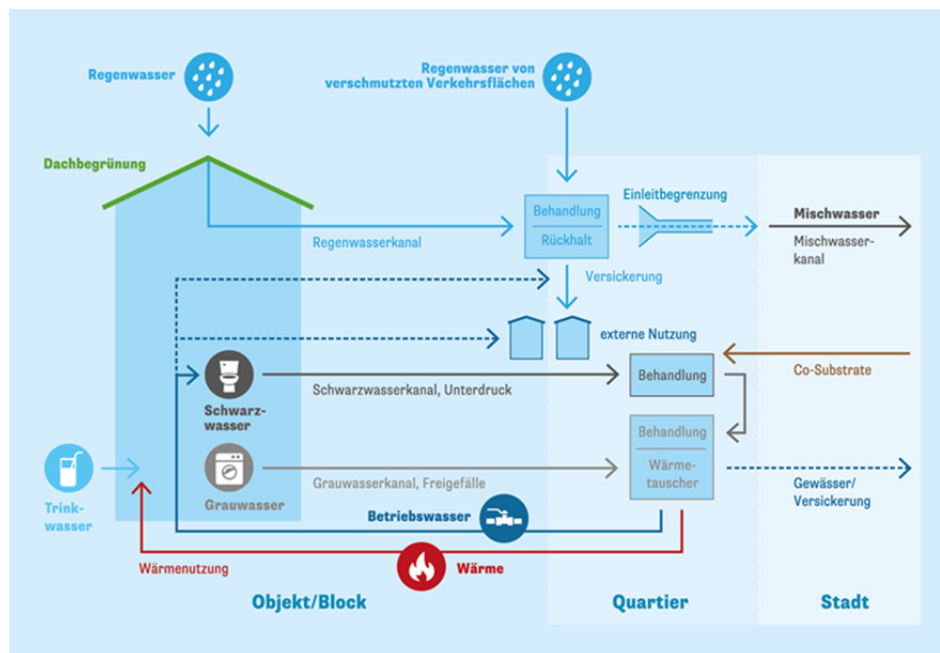
Erzeugung und Abgabe von Strom und Wärme auf der zentralen Kläranlage

Bereits heute schon wird vielerorts die auf Anlagen der Abwasserentsorgung gewonnene Energie (Biogas, Wärme) zur Eigenversorgung der Kläranlage genutzt. Für das Ziel einer „energieautarken Kläranlage“ lässt sich mit einer Vielzahl von Maßnahmen die Energieausbeute auf der Kläranlage steigern. Sollte die Ausbeute insgesamt oder in ihren Erzeugungsspitzen soweit steigen, dass Überschüsse zum lokalen Eigenbedarf (Strom, Wärme) entstehen, können diese entweder an anderen Standorten im Unternehmen zugeführt (Durchleitung zum Eigenverbrauch) oder gegebenenfalls auch an Dritte abgegeben bzw. verkauft werden.

Beispiel: Eigennutzung von Strom an verschiedenen Standorten eines Abwasserbetriebs

Ein Beispiel aus dem Kreis der Befragten bezieht sich auf die Eigennutzung von Strom an verschiedenen Standorten des Abwasserunternehmens: Der Klärschlamm aus verschiedenen Kläranlagen des Verbandes (insgesamt 31 Kläranlagen) wird in einer zentralen Anlage für die Klärgas-/Methan-Gewinnung genutzt. Im Blockheizkraftwerk (BHKW) der Kläranlage kann damit mehr Strom und Wärme erzeugt werden, als im Arealnetz des zentralen Klärwerks zur Eigenversorgung benötigt wird. Durch das zentrale Klärschlammmentsorgungskonzept für den Gesamtverband wird eine größere Effizienz in der Stromproduktion und sparsamer Energieeinsatz durch Verzicht auf aerobe Schlammstabilisierung in den kleineren Anlagen erreicht. Daher wird auch ohne Zugabe von Ko-Substraten ausreichend Energie zur Eigenversorgung des Arealnetzes erzeugt. Durch die Zugabe von Ko-Substraten (insbesondere Fette) können jedoch das Management der Faulungsprozesse verbessert und ein erweiterter Arealnetzbetrieb ermöglicht werden. So konnte die Eigenstromversorgung von der zentralen Kläranlage auf weitere Anlagen ausgedehnt werden. Dazu wurde mit den örtlichen Stadtwerken ein Vertrag zur Durchleitung des Stroms abgeschlossen. Der Überschussstrom auf der zentralen Kläranlage wird durch das Netz des Stadtwerks zu vier weiteren großen Kläranlagen im Verbandsgebiet und den größten energieverbrauchenden Anlagen (Abwasserpumpwerk und Wasserwerk) geleitet. In dieser Konstruktion findet damit kein Verkauf des Stroms durch den Abwasserentsorger statt, so dass dieser nicht in Konflikt mit seinen in der Satzung definierten öffentlichen Zwecken gerät. Die im BHKW erzeugte und nicht in der zentralen Kläranlage benötigte überschüssige Wärme wird in ein angrenzendes Nahwärme-Netz eingespeist. Dabei wird die Wärme an die örtlichen Stadtwerke abgegeben, die diese wiederum als Energieversorger weiter verkaufen. Die Kooperation mit einem anderen kommunalen Unternehmen der Daseinsvorsorge ist in diesem Beispiel fundamental.

Abbildung 4: Grauwasser- und Abwärmenutzung auf Quartiersebene und Schwarzwasserbehandlung



Quelle: Forschungsverbund netWORKS

Auch wenn die zuvor genannten Optionen Ansatzpunkte zur Stärkung des so genannten Wasser-Energie-Nexus bieten, die auch von den interviewten Unternehmensvertretern als gangbar eingeschätzt wurden, sind die beschriebenen Optionen (noch) stark im konventionellen System der Abwasserbehandlung verhaftet. Im Rahmen neuartiger Wasserinfrastrukturen können die Optionen weiter ausgebaut und attraktiver werden. So können beispielsweise mit der neuartigen Wasserinfrastruktur auf Quartiersebene semizentral Grauwasser separat erfasst und behandelt und zugleich die Wärme rückgewonnen oder auch Schwarzwasser separat behandelt und die biogenen Stoffe zu Biogas verwertet werden (siehe Beitrag B2 zu den technischen Systemvarianten).

Siedlungswasserwirtschaft als Akteur im intelligenten lokalen Lastmanagement

Eine der zentralen Herausforderungen der Energiewende liegt im Management und Aufbau von „Flexibilitätsoptionen“ (vgl. BMWi 2015: 13 f.) zur Sicherung der Systemstabilität und Versorgungssicherheit im Stromsektor. Neben leistungsfä-

higen Netzen, nicht-volatilen, flexiblen Erzeugungsanlagen und Energiespeichern ist das intelligente Lastmanagement eine wichtige Option. Die Siedlungswasserwirtschaft kann dabei für das Lastmanagement auf Verteilnetzebene durchaus eine Funktion übernehmen. Die spezifischen und in Maßen flexiblen Nachfrageprofile der Siedlungswasserwirtschaft für Strom in Verbindung mit den gegebenenfalls installierten Erzeugungskapazitäten auf Kläranlagen (BHKW) können zum Beispiel in Kooperation mit dem lokalen Energieunternehmen (Stadtwerke) im Lastmanagement des Stromnetzes genutzt werden. Der Strombedarf in der Abwasserentsorgung auf dem Klärwerk fällt insbesondere tagsüber an, während die Trinkwasserversorgung nachts einen erhöhten Strombedarf in den Wasserwerken hat. Ebenso können die auf Abwasseranlagen installierten eigenen BHKW stromgeführt und so unterstützend in das lokale Lastmanagement (virtuelle Kraftwerksparks) eingebunden werden.

Mittlerweile existieren spezialisierte Dienstleistungsangebote, die in wassertechnischen Anlagen und BHKW erzeugten bzw. verbrauchten Strom zu einem virtuellen Kraftwerk bündeln und im kurzfristigen Stromhandel (Minutenreservemarkt) anbieten. Die Erlöse aus dem Stromhandel mit diesen virtuellen „Wasserkraftwerken“ (Stromsenken und -quellen) bieten damit für Wasserunternehmen eine zusätzliche Einnahmequelle¹⁰.

Strategieoption „Betrieb de- und semizentraler Anlagen“

Schon heute ist der Betrieb von Anlagen Dritter (privater oder kommunaler Eigentümer) in Form von Betriebsführungs- und Betreibermodellen sowie Contracting-Lösungen für Unternehmen der Siedlungswasserwirtschaft gelebte Praxis (vgl. Hiesl et al. 2007; 2010; Di Brenner 2005; Monstadt/Schmidt/Wilts 2012). Auch im konventionellen, zentralen Wasserinfrastruktursystem existiert eine Reihe von Anlagen bzw. Komponenten (z.B. Brunnen, Wasserwerke, Überlauf- und Rückhaltebecken, Kläranlagen), die betrieben, gewartet und instandgehalten werden müssen. Diese Anlagen sind allesamt Teil der Wasserinfrastruktur als öffentlicher Einrichtung.

Mit der Einführung von neuartigen Wasserinfrastrukturen werden de- und semizentrale Anlagen, wie z.B. die bereits genannten Grauwasserbehandlungsanlagen

10 Beispielsweise bietet Gelsenwasser-Plus für Unternehmen der Wasserwirtschaft ein entsprechendes Dienstleistungspaket an (vgl. hierzu www.gelsenwasser-plus.de/kommunen/energie/flexibilitaeten-nutzen). In einem anderen Beispiel übernimmt das Abwasserunternehmen WVE GmbH Kaiserslautern selbst die Bündelung zu einem virtuellen Kraftwerk auf Basis einer speziellen IT-Systemplattform und überlässt die Vermarktung der Kapazitäten auf dem Minutenreservemarkt dem IT-Dienstleister Clean Energy Sourcing AG (Clens) (vgl. ZfK 10/2015: 27).

und Wärmerückgewinnungsanlagen weitere Verbreitung finden und von vermutlich unterschiedlichen Akteuren (z.B. Wasserunternehmen, Haus- und Grundstückseigentümern, Wohnungsgesellschaften, anderen Unternehmen) installiert und betrieben werden. Planung und Installation der de- und semizentralen Wasseranlagen können dabei in Abstimmung mit dem lokalen Wasserunternehmen erfolgen; zum Teil müssen sie es auch, etwa wenn eine Wärmerückgewinnungsanlage im öffentlichen Kanal implementiert werden soll. Sie können aber auch dem direkten Einflussbereich des Wasserunternehmens entzogen sein, wenn die Anlagen im Gebäude oder auf privatem Grund vor der Übergabe des Abwassers in den öffentlichen Kanal entstehen. De- und semizentrale Anlagen befinden sich oftmals im privaten oder halböffentlichen Raum, und die Frage aus Sicht eines Unternehmens der Siedlungswasserwirtschaft ist, inwiefern auf diese Anlagen steuernd und kontrollierend eingewirkt werden kann¹¹ und sollte.

Wasserunternehmen können den Betrieb de- und semizentraler Anlagen in verschiedenen Modellen und Leistungsspektren übernehmen. Die Leistungen und Aufgaben können die Überwachung, Wartung und Instandsetzung der bestehenden Anlagen einschließen, sie können sich aber auch auf die Konzeption, Planung und Projektsteuerung von Investitionsvorhaben für Neubauten, Erweiterungen und Modernisierungen erstrecken (vgl. Hiessl et al. 2010).

Ferner lassen sich im Zuge dieser Strategieoption und der Erbringung von Serviceleistungen in direkter Kundennähe weitere Dienstleistungen entwickeln: z.B. die Untersuchung der Grundstücksanlagen zur Abwasserableitung (Zugangskanäle)¹², das Management von Zählern mit der Fernauslesung für Wohnungsbau-gesellschaften und Versorgungswirtschaft, die Beratung im Betriebswassermanagement für Industriebetriebe sowie Planung und Betrieb von Brunnen zur Wasserförderung und Anlagen der Wasseraufbereitung für Industriebetriebe (außerhalb des öffentlichen Trinkwassernetzes).

Neben einer Vergütung für die Planung de- und semizentraler Anlagen und deren Wartung und Betrieb kann die öffentliche Kontrolle über deren Funktionsfähigkeit und ihre Leistungen (Ergebnisqualität) mit Blick auf den öffentlichen Auftrag der Sicherstellung einer der Trinkwasserverordnung entsprechenden Wasserversorgung und der ökologisch verträglichen Abwasserbehandlung eine wichtige Motivation für kommunale Unternehmen der Wasserwirtschaft sein, sich mit dieser Strategie auseinanderzusetzen. Entsprechend vertrat eine Reihe der im Rahmen von netWORKS befragten Experten die Auffassung, dass diese de- und semizent-

11 Eine Auseinandersetzung mit den rechtlichen Fragen in diesem Zusammenhang, etwa der Anwendung des Instituts des Anschluss- und Benutzungszwangs, findet sich in Hanke (2016).

12 Dies ist in einigen Bundesländern (etwa Hessen) auch gesetzlich vorgeschrieben.

ralen Anlagen aus dem „privaten Dunstkreis“, d.h. der privat geführten Planung, des privaten Designs und Betriebs usw., herausgelöst werden sollten. Somit kommt dieser Strategieoption eine ausgesprochen „politische“ Dimension zu, geht es doch auch darum, Spielräume öffentlicher und privater Akteure zu verhandeln und die öffentliche Kontrolle über Umweltqualität und lokalen Wasserhaushalt zu wahren.

Um die Strategieoption des Betriebs differenzierter de- und semizentraler Anlagen der Siedlungswasserwirtschaft praktisch und im Sinne einer „bestmöglichen Aufgabenerfüllung“ umzusetzen, werden je nach bestehendem Organisationsmodell geeignete, neue Organisationsformen und -strukturen zu entwickeln sein. Denkbar ist zum Beispiel die Gründung eines auf Betrieb und Wartung de- bzw. semizentraler Anlagen spezialisierten Tochterunternehmens im Wasserunternehmen. Je nach lokalem Organisationsmodell der Daseinsvorsorge in der Kommune kann auch eine gemeinsame Tochter von Wasser-/Abwasser- und Energieunternehmen gegründet werden. Primäre Kernaufgabe dieses hybriden Tochterunternehmens wären zunächst der Betrieb und die Wartung der eigenen kommunalen Anlagen im Wasser- und Energiesektor. Darüber hinaus können dann auch Anlagen im privaten Bestand, gestützt auf den öffentlichen Zweck der Sicherung von Umweltqualität und Sicherheit in der Kommune, betrieben werden. Das überwiegend sehr gute Image von und das hohe Vertrauen der Bevölkerung in kommunale Wasserbetriebe (vgl. ATT et al. 2015: 61 ff.) können ebenso wie das spezifische lokale Know-how hier positiv in Wert gesetzt werden.

In der Auseinandersetzung mit dieser Strategieoption bleibt neben der Abwägung von öffentlichem Zweck und „Subsidiaritätsklausel“ (Uechtritz et al. 2012: 99 f.)¹³ die besondere Konkurrenzsituation in diesem Geschäftsfeld zu prüfen. In der Betriebsführung und dem Betrieb größerer wasserwirtschaftlicher Anlagen sind private Dienstleistungsunternehmen der Wasserbranche (oftmals Tochterunternehmen großer Multi-Utilities wie z.B. Purena GmbH, Gelsenwasser plus oder Südwasser/Bayernwerk AG) aktiv.

13 Vgl. hierzu Beispiele für „untersagte wirtschaftliche Aktivitäten von Kommunen in Nordrhein-Westfalen“ (Konrad-Adenauer-Stiftung o.J.).

Strategieoption „Integriertes Wasserressourcenmanagement und Gewässerschutz“

Regelmäßig sind heute die verschiedenen Stoffströme (Trinkwasser auf der einen, Niederschlags- und Schmutzwasser auf der anderen Seite) organisatorisch-institutionell in verschiedenen Zuständigkeiten getrennt. Neuartige Wasserinfrastrukturen erfordern, Trinkwasserversorgung, Abwasserentsorgung und Abwasserbehandlung sowie das Management von Wasserressourcen in Siedlungen integriert zu betrachten. De- bzw. semizentrale Grauwasserbehandlung und Aufbereitung zu Betriebswasser, dezentrales Niederschlagswassermanagement oder auch die getrennte Erfassung und Behandlung von Schwarzwasser bauen grundlegend auf Vorstellungen von Wasserkreislauf-Führungen und lokal orientierten, integrierten Stoffströmen auf. Damit lassen sich nicht nur Brücken zwischen Trinkwasser und Abwasser schlagen, sondern auch Aufgaben im Rahmen von Gewässerunterhaltung und landschaftspflegerischen Maßnahmen (u.a. Unterhaltung von Vorflutern, Deichen und Gewässern, [Teich-]Entschlammung, Renaturierungsmaßnahmen an Gewässerläufen usw.) entwickeln. Schließlich unterliegt in der Regel den Gemeinden und Wasserverbänden die Unterhaltung der Gewässer II. Ordnung, die diese den kommunalen Unternehmen übertragen können (vgl. § 40 Abs. 2 Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts [WHG]). Dies führt dazu, dass Unternehmen der Siedlungswasserwirtschaft neben ihren technischen Infrastrukturen auch „grüne und blaue Infrastrukturen“ (vgl. Nickel et al. 2014; siehe Beitrag B5) als Teil ihres Tätigkeitsfelds in den Blick nehmen können. Wasser kann im städtischen Raum zur Versickerung gebracht werden. Es kann darüber hinaus über Verdunstung durch Pflanzen in Grünanlagen zur Kühlung beitragen und ebenso als ein gestalterisches Element (u.a. Wasserkörper) im Stadtraum zum Einsatz kommen.

Aufgaben und Tätigkeiten im Rahmen einer integrierten Bewirtschaftung der Wasserressourcen und der blau-grünen Infrastrukturen¹⁴ bieten Ansatzpunkte für die Vertiefung der Produkte und Dienstleistungsangebote entlang der Wertschöpfungskette der Siedlungswasserwirtschaft. Konkret könnten z.B. folgende Aufgaben und Dienstleistungen übernommen werden: vorsorgender Schutz und Pflege von (urbanen) Gewässern und Uferstreifen, Monitoring der Gewässerqualität (in Abstimmung mit der Wasserbehörde), Beratung und Unterstützung mit hydraulischen Daten bei der integrierten Planung von gekoppelten Infrastrukturen von Unternehmen der Wasserwirtschaft etwa bei der Einleitung von unbedenklichem Regenwasser in städtische Gewässer (Bäche).

14 Hierunter fallen Gewässer in der Stadt, Grünanlagen/Parks, Dach- und Fassadenbegrünungen, Versickerungsflächen usw.

Strategieoptionen als Chance in der Transformation – Anforderungen an Personalmanagement und Organisationsstrukturen

Die Gestaltung eines Transformationsprozesses zur Anpassung bzw. Weiterentwicklung der Infrastrukturen an zukünftige Anforderungen erfordert Ressourcen und umfangreiches Wissen in der kommunalen Verwaltung und im Unternehmen. Wissen bezieht sich dabei neben Fachwissen zum technischen und kaufmännischen Betrieb auch auf Methodenwissen und Kompetenzen zur Gestaltung der Transformation als Such- und Koordinationsprozess zwischen Akteuren.

Mit der Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen verändern sich Spektrum und Tiefe der erforderlichen Kompetenzen und Kenntnisse der Mitarbeiterschaft im Unternehmen. Gefragt sind vor dem Hintergrund der zuvor genannten drei grundlegenden Strategieoptionen (Nexus Wasser–Energie, Betrieb de- und semi-zentraler Anlagen, integriertes Wasserressourcenmanagement) und den darin implizierten Aufgaben und Geschäftsfeldern Spezialisten u.a. für Energieversorgung und -märkte, Steuerfachleute, Controller, Biologen für aquatische und urbane Ökosysteme, Planer für integrierte Vorhaben oder zur Moderation und Steuerung komplexer Planungs- und Entscheidungsprozesse.

Unabdingbar ist damit ein strategisches Personalmanagement im Unternehmen, das auf Basis einer fundierten Analyse der veränderten bzw. neuen benötigten Kompetenzen und Personalbedarfe sowohl das bestehende Personal entsprechend (weiter-)qualifiziert als auch gezielt neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter akquiriert. Darüber hinaus dürfte vor dem Hintergrund des demografischen Wandels grundsätzlich die Absicherung bzw. das Halten der bewährten Fach- und Führungskräfte im Unternehmen sehr wichtig werden. Gerade in vom demografischen Wandel betroffenen Regionen zeichnen sich schon heute Engpässe beim Fachpersonal in Unternehmen auch der Wasserwirtschaft ab (vgl. Adamski 2015).

Organisationsinterne Wissensbestände und Qualifikationen in Tiefe (Exzellenz) und Breite (Spektrum der Wissensgebiete) korrelieren mit der Anzahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und entsprechend mit der Größe einer Organisation. Erst ab einer bestimmten Größe kann Personal nicht nur für die Kernaufgaben, sondern auch für strategische und innovative Fragestellungen vorgehalten werden, um als Siedlungswasserwirtschaftsunternehmen eine aktive Rolle in der Transformation stadttechnischer Infrastruktursysteme einnehmen zu können. Diese These wird durch die Analysen von Tauchmann et al. (2006) zur organisatorischen und technischen Innovationskraft von Abwasserentsorgern gestützt. „Die Vorteile größerer Unternehmen in Hinblick auf den Zugang zu Informationen sowie personellen und finanziellen Ressourcen sollten sich insbesondere bei der

Adaption von Innovationen niederschlagen“ (Tauchmann et al. 2006: 172). Die Unternehmensgröße in der Siedlungswasserwirtschaft wird einerseits über die Größe des Ver- bzw. Entsorgungsgebietes und seine Einwohnerzahl bestimmt, andererseits über das Portfolio an Aufgaben, die zur Erfüllung der Unternehmenszwecke anfallen. Genau hierzu bieten die zuvor skizzierten Strategieoptionen Ansatzpunkte und können dem Aufgabenspektrum von Wasserunternehmen Vielfalt und „Substanz“ verleihen bzw. diese absichern¹⁵.

Die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen eröffnet den Wasserunternehmen nicht nur neue Strategieoptionen und Geschäftsfelder, sondern erfordert und bedingt Kooperation und veränderte Koordinationsbedarfe zwischen Akteuren, die sich zuvor gegebenenfalls nur gelegentlich oder nachrangig abstimmten. In Beitrag D3 wird dargelegt, wie gezieltes Kooperationsmanagement zwischen den Akteuren Innovationsprozesse befördern und z.B. Unsicherheit und Risiken abbauen kann. Kooperation und das sich mit der Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen weitende Feld betroffener Akteure erfordern effiziente Instrumente und Formen der Koordination (siehe Beitrag D2). Das Kooperationsmanagement dient neben der effektiven Koordination in der Planungs-, Realisierungs- und Betriebsphase auch dem Ausgleich von Interessen. Zugleich unterstützt es die Akteure beim Etablieren neuer Routinen zur Aufgabenerfüllung. Kooperation und Koordination stehen in engem Zusammenhang mit der vorhandenen bzw. gewählten Organisationsstruktur.

Die Organisationsstrukturen kommunaler Unternehmen können stärker integriert (Trinkwasser-Abwasser, Trinkwasser-Energie, Abwasser-Energie, Trinkwasser-Abwasser-Energie) oder sektoral differenziert sein. Planung und Betrieb einer semizentralen Schwarzwasserbehandlungsanlage mit anschließender Vergärung und angehängtem BHKW zur Strom- und Wärmeversorgung eines Quartiers – um eine mögliche Systemvariante zu umreißen – stellen eine Koordinations- und Kooperationsaufgabe zwischen Betrieben (z.B. Abwasserentsorger und Stadtwerk) oder Unternehmenssparten eines integrierten Ver- und Entsorgers dar. Kooperationserfahrungen aufgrund neuartiger Wasserinfrastruktur können auch weitere Vorhaben wie z.B. die Kooperation verschiedener Infrastrukturbetreiber etwa beim Betrieb von Kundenzentren lokaler Daseinsvorsorge oder bei Tiefbaumaßnahmen anregen.

15 Unabhängig von den Strategieoptionen können interkommunale Kooperationsmodelle oder Zweckverbandsgründungen sinnvoll sein, um Ressourcen gemeinsam und effizient zu sichern bzw. aufzubauen.

Die Kooperation eines Wasserunternehmens mit einem lokalen (kommunalen) Energieversorgungsunternehmen erschließt nicht nur fachliches Wissen und Know-how zum Betrieb von Energieanlagen in den Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft. Sie hilft auch, in einem geordneten Rahmen mit potenziellen (Interessen-)Konflikten zwischen den (kommunalen) Unternehmen umzugehen. Es sollte demnach Infrastruktursektoren übergreifend die Landschaft der lokalen Ver- und Entsorgungswirtschaft als Ganzes in den Blick genommen werden, wenn über neue Strategieoptionen im Zuge der Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen nachgedacht wird¹⁶. So kann die Auseinandersetzung mit neuen Strategieoptionen im Nexus Wasser–Energie und dem „Betrieb de- und semi-zentraler Anlagen“ als Chance verstanden werden, neue oder bisher nicht erkannte Kooperationsmöglichkeiten zu identifizieren und die Zusammenarbeit beispielsweise mit Stadtwerken in Form neuer Organisations- und Kooperationsmodelle (noch weiter) zu intensivieren. Dies könnte ein wichtiger Baustein sein, die stadtechnischen Infrastruktursysteme in der öffentlichen Hand, ergo Kommune, zusammenführen – sofern dies als strategisches und ebenso normatives Ziel der Kommune formuliert ist, etwa um die technischen Infrastruktursysteme und die Stadtentwicklung besser an den Klimawandel anzupassen (Resilienz), die Ressourceneffizienz zu erhöhen und die Entwicklungen zur Sektorkopplung und Digitalisierung in Städten aktiv zu gestalten.

Die Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen bietet demnach Chancen, die bestehenden Organisationsmodelle und unternehmerischen Strategien in der Wasserwirtschaft weiterzuentwickeln und Verknüpfungen bzw. Kopplungen mit anderen Infrastruktursektoren wie insbesondere der Energieversorgung zu suchen. Als bewährtes und bekanntes Organisationsmodell kann sich hierzu das traditionelle Stadtwerk als Vorbild für Mehrspartenunternehmen anbieten.

Aus der Perspektive kommunaler Unternehmen ist zu überlegen, inwiefern für besondere Aufgaben und Dienstleistungen, die über den eigentlichen öffentlichen Auftrag des Mutterunternehmens hinausgehen, Tochterunternehmen eine geeignete Organisationsform bieten. In diesen Modellen können gegebenenfalls Dienstleistungen im Markt (z.B. die Entsorgung von Fäkalklärschlamm) erbracht werden. Entsprechend können, je nach gewähltem Organisationsmodell zur Erbringung der satzungsgemäßen Kernaufgaben (Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung als pflichtige kommunale Selbstverwaltungsaufgabe), gegebenenfalls

16 Dies gilt im Übrigen nicht nur für die Nutzung von Wärmepotenzialen aus dem Abwasser, sondern generell in Hinblick auf die Nutzung Erneuerbarer Energien und die Abstimmung zwischen zentralen und dezentralen Versorgungsoptionen. Insofern sollten sich die Überlegungen von einem gesamtstädtischen Energienutzungsplan oder Ähnlichem leiten lassen (vgl. zu strategischer Infrastrukturplanung Libbe 2015 und Libbe/Beckmann 2014).

komplementäre Strukturen etwa in Form von privatrechtlich organisierten Tochterunternehmen gegründet werden, die weitergehende Dienstleistungen im Kontext innovativer Wasserinfrastrukturen anbieten.

Ebenso lässt sich durch die Verlagerung von neuartigen Geschäftsfeldern in Tochterunternehmen das unternehmerische Risiko für das Kerngeschäft begrenzen und eine klare, insbesondere auch buchhalterische Trennung der wirtschaftlichen Betätigungen zwischen Mutter und Tochter einführen (dies eventuell auch vor dem Hintergrund der Grenzen der Quersubventionierung).

Sektorenübergreifende Aufgaben und Dienstleistungen (z.B. Abwasser-Wärme) können in „hybriden“ Tochterunternehmen, die aus lokalem Wärmeversorger und Wasserunternehmen gemeinsam gegründet wurden, erbracht werden. In einzelnen Kommunen wurden bereits integrierte kommunale Netze-Gesellschaften als spartenübergreifende Tochterunternehmen von Energie- bzw. Wasserunternehmen gegründet¹⁷ (vgl. Energie/Wasser-Praxis 7–8/2015: 84 ff.). Immer ist im konkreten Einzelfall zu prüfen, wie sich in Konzernstrukturen Synergieeffekte zwischen Mutter- und Tochterunternehmen sicherstellen und optimieren lassen, um – im Falle kommunaler Unternehmen – dem öffentlichen Zweck und der Sicherung der kommunalen Daseinsvorsorge bestmöglich gerecht zu werden.

17 Vgl. z.B. in Frankfurt die NRM Netzdienste Rhein-Main GmbH als Tochterunternehmen der Mainova AG (<https://www.nrm-netzdienste.de/html/ueber-nrm.html>).

Literatur

- Adamski, S. (2015): Die Situation ist ernst! Bald fehlen uns qualifizierte Mitarbeiter, in: DVGW energie | wasser-praxis, Vol. 9/2015, S. 3.
- ATT – Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e.V., BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., DBVW – Deutscher Bund der verbandlichen Wasserwirtschaft e.V., DVGW – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. – Technisch-wissenschaftlicher Verein, DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., VKU – Verband kommunaler Unternehmen e.V. (Hrsg.) (2015): Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft, Bonn, [https://www.bdew.de/internet.nsf/res/1EF08743E7477878C1257E1200438C17/\\$file/Branchenbild_Wasserwirtschaft_2015.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/res/1EF08743E7477878C1257E1200438C17/$file/Branchenbild_Wasserwirtschaft_2015.pdf), http://de.dwa.de/tl_files/_media/content/PDFs/Abteilung_AuG/WEB-Branchenbild-dt-wasserwirtschaft-2011.pdf (18.05.2016).
- Blätzel-Mink, B., und A. Ebner (2009): Innovationssysteme im wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs, in: Dies. (Hrsg.): Innovationssysteme, Wiesbaden, S. 11–23.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.) (2015): Ein Strommarkt für die Energiewende. Ergebnispapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Weißbuch), Berlin, <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/publikationen/weissbuch,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (18.05.2016).
- Davoudi, A., D. Milosevic, E. Schramm und M. Winker (2016): Stoffstromanalyse zu verschiedenen Wasserinfrastruktursystemen in Frankfurter und Hamburger Quartieren, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 30).
- Di Brenner, K. (2005): Dienstleister und Partner für die Wasserwirtschaft – Veolia Water arbeitet für Kommunen, Verbände und Industrie, in: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Vol. 57 (7), S. a18–a19.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2013): Positionen zur Energie- und Wasserwirtschaft, Hennef, http://de.dwa.de/tl_files/_media/content/PDFs/Abteilung_WaBo/Energie-und-Wasserwirtschaft_Positionen.pdf (18.05.2016).
- Gabler (2016): Kooperation. Gabler Wirtschaftslexikon, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/kooperation.html> (18.05.2016).
- Götz K., J. Deffner und I. Stieß (2011): Lebensstilansätze in der angewandten Sozialforschung – am Beispiel der Transdisziplinären Nachhaltigkeitsforschung, in: J. Rössel und G. Otte (Hrsg.): Lebensstilforschung, Wiesbaden (Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Sonderheft 51), S. 86–112.
- Grazer Energieagentur (2007): Technisches und wirtschaftliches Marktpotenzial der Wärmeenergieerzeugung aus dem Abwasser in Österreich, Graz.
- Hagspiel, B. (2007): Wärme aus Abwasser. Evaluation von Technik, Betrieb und Randbedingungen: Potenzial der Kanalwärmennutzung in Freiburg im Breisgau, Freiburg i. Br., https://www.badenova.de/mediapool/media/dokumente/unternehmensbereiche_1/stab_1/innovationsfonds/abschlussberichte/2002_1/2002-6_Kanalwaerme_Abschlussbericht.pdf (18.05.2016).
- Hanke, S. (2016): Rechtliche Rahmenbedingungen neuartiger Wasserinfrastrukturen. Zu den rechtlichen Möglichkeiten und Grenzen der Einführung von Grauwasserrecycling, Schwarzwasserbehandlung sowie Wärmerückgewinnung, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 31).
- Hiesl, H., D. Toussaint, M. Becker, S. Geisler, M. Hetschel, N. Werbeck, M. Kersting, B. Schürmann, A. Dyrbusch, J. Sanden und L. Unrast (2010): AKWA Dahlefeld. Contracting im Bereich der Wasserwirtschaft, Stuttgart, http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-1230493.pdf (18.05.2016).

- Hiessl, H., J. Stemplewski, D. Toussaint, M. Hetschel, S. Geisler und M. Kersting (2007): Abwasserentsorgung einer Streusiedlung mit MBR-Kleinkläranlagen im Rahmen eines Contracting-Modells, in: Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, Vol. 54 (12), S. 1238–1245.
- Howaldt, J., und H. Jacobsen (Hrsg.) (2012): Soziale Innovation, Wiesbaden.
- Kerber, H., und E. Schramm (2015): Klimagerechte siedlungswasserwirtschaftliche Lösungen in der Planung anstoßen und umsetzen. Fachgespräch in Hamburg. 24.11.2015. Dokumentation zum Fachgespräch (unveröffentlicht).
- Kerber, H., E. Schramm und M. Winker (2016): Transformationsrisiken bearbeiten: Umsetzung differenzierter Wasserinfrastruktursysteme durch Kooperation, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 28).
- Kirschten, U. (2006): Nachhaltige Innovationsnetzwerke in Theorie und Praxis, in: R. Pfriem et al. (Hrsg.): Innovationen für eine nachhaltige Entwicklung, Wiesbaden, S. 269–286.
- Kluge, T., und J. Libbe (2010): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft. Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser, Berlin.
- Krozer, Y., S. Hophmayer-Tokich, H. van Meerendonk, S. Tijsma und E. Vos (2010): Innovations in the water chain—experiences in The Netherlands, in: Journal of Cleaner Production, 18 (5), S. 439–446.
- Kunkis, M. (2015): Innovation aus einer sozial-ökologischen Perspektive, in: A. Arnold et al. (Hrsg.): Innovation – Exnovation. Über Prozesse des Abschaffens und Erneuerns in der Nachhaltigkeitsforschung, Marburg, S. 35–45.
- Libbe, J. (2015): Transformation städtischer Infrastruktur. Perspektiven und Elemente eines kommunalen Transformationsmanagements am Beispiel Energie, Leipzig, http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/17484/Diss_libbe_final_M%C3%A4rz2014_Verleihungsbeschluss.pdf (18.05.2016).
- Libbe, J. (2016): Kommunale Daseinsvorsorge zeitgemäß begründen. Wasserversorgung und Abwasserentsorgung gilt als Kernbestandteil der kommunalen Daseinsvorsorge, in: Transforming Cities. Urbane Systeme im Wandel. Das technisch-wissenschaftliche Fachmagazin (2016) 2, S. 22–27.
- Libbe, J., und J. H. Trapp (2006): Strategien kommunalen Handelns im Umgang mit Versorgungsdienstleistungen, in: T. Kluge und J. Libbe (Hrsg.): Transformation netzgebundener Infrastruktur. Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser, Berlin (Difu-Beiträge zur Stadtforschung, Band 45), S. 66–77.
- Libbe, J., und K. J. Beckmann (2014): Orientierungen für kommunale Planung und Steuerung. Ein Handlungsleitfaden, Berlin (Edition Difu – Stadt Forschung Praxis, Band 13).
- Monstadt, J., M. Schmid und H. Wilts (2012): Regionale Zusammenarbeit in der Ver- und Entsorgung des Rhein-Main-Gebiets, in: J. Monstadt et al. (Hrsg.): Die diskutierte Region: Probleme und Planungsansätze der Metropolregion Rhein-Main, Frankfurt am Main, S. 185–210.
- Nickel, D., W. Schönfelder, D. Medearis, D. P. Dolowitz, M. Keeley und W. Shuster (2014): German Experience in Managing Stormwater with Green Infrastructure, in: Journal of Environmental Planning and Management, Vol. 57 (3), S. 403–423.
- Ott, R., A. Wallbrecht und N. Bieschke (2016): Umsetzung innovativer Wasserinfrastrukturen – Eine institutionenökonomische Analyse von Koordinationsproblemen, Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 33).
- Riemer, K. (2008): E-Commerce und Supply-Chain-Management – Maßnahmen und Instrumente zur Verbesserung der Koordination in Lieferketten, Münster (Arbeitsbericht Nr. 53 des Kompetenzzentrums Internetökonomie und Hybridität Münster).
- Schramm, E. (2012): Gebündelte Innovationen in integrierte Systemlösungen: Eine aussichtsreiche Zukunftsstrategie für Unternehmen der Wasserbranche, in: uwf UmweltWirtschaftsForum 20 (2–4), S. 145–154, doi: 10.1007/s00550-012-0254-z.

- Schramm, E., T. Giese, W. Kuck und C. Völker (2016): Neuartige Sanitärsysteme in Umsetzung und Betrieb: Hinweise zum Kooperationsmanagement am Beispiel der Jenfelder Au in Hamburg, in: *gwf-Wasser/Abwasser* 157 (2), S. 148–155.
- Servicestelle: Kommunalen Klimaschutz (Hrsg.) (2012): Klimaschutz und Abwasserbehandlung. Praxisbeispiele zum Klimaschutz in der kommunalen Abwasserbehandlung, Köln.
- Stieß, I., J. Weiß, C. Dehmel, E. Dunkelberg, M. Kunkis, N. Schuldt-Baumgart und T. Vogel-pohl (2015): Kommunikationsstrategie „Weg-weiser Hauskauf – Energetisches Modernisie-ren zahlt sich aus“, Frankfurt am Main/Berlin (ISOE – Institut für sozial-ökologische For-schung/IÖW – Institut für ökologische Wirt-schaftsforschung [Hrsg.]).
- Urbaniek, M. (2008): Umweltinnovationen durch Kooperationen: Am Beispiel einer freiwilligen Branchenvereinbarung, Wiesbaden.
- Tauchmann, H., J. Hafkesbrink, P. Nisipeanu, M. Thomzik, A. Bäumer, A. Brauer, H. Clausen, D. Drouet, D. Engel, K. Körkemeyer, M. Rothgang und M. Schroll (2006): Innovationen für eine nachhaltige Wasserwirtschaft – Einflussfaktoren und Handlungsbedarf, Heidelberg.
- Teece, D. J. (2010): Business models, business strategy and innovation, in: *Long Range Plan-ning*, 43, S. 172–194.
- Uechtritz, M., O. Otting und U. H. Olgemöller (2012): Kommunalrechtliche Voraussetzungen für die wirtschaftliche Betätigung, in: W. Hop-pe, M. Uechtritz und H.-J. Reck (Hrsg.): *Hand-buch Kommunale Unternehmen*, Köln, S. 63–128.
- Volz, R., und N. Storz (2015): Erfolgsfaktoren und künftige Herausforderungen von Bürgerener-giegenossenschaften, in: *Zeitschrift für das gesamte Genossenschaftswesen*, Jg. 65, H. 2, S. 111–120.
- Voß, J.-P., und D. Bauknecht (2007): Netzregulie-rung in Infrastrukturektoren. Der Einfluss von Technik auf den Verlauf von Governance-Innovationen, in: U. Dolata und R. Werle (Hrsg.): *Gesellschaft und die Macht der Tech-nik*, Frankfurt am Main und New York, S. 109–132.
- Weisshaupt, B. (2006): *systemInnovation. Die Welt neu entwerfen*, Zürich.
- Werner, S. (2009): Steuerung von Kooperationen in der Stadtentwicklung, in: W. Andexlinger, S. Obkircher und K. Saurwein (Hrsg.): *DOKONA-RA 2008. 2. Int. DoktorandInnenkolleg Nach-haltige Raumentwicklung*, Innsbruck, S. 231–240.
- Zapf, W. (1989): Über soziale Innovationen, in: *Soziale Welt*, Vol. 40, No.1/2, S. 170–183.
- ZfK – Zeitung für kommunale Wirtschaft (2016): Bürgerenergie der Zukunft, in: *ZfK*, 3/2016, S. 15.
- ZfK – Zeitung für kommunale Wirtschaft (2015), Vol. 10/2015.

E

Fazit und Ausblick



Martina Winker, Jens Libbe, Bernhard Michel, Engelbert Schramm,
Jan Hendrik Trapp und Martin Zimmermann

Fazit und Ausblick

Neben den Ergebnissen zu differenzierten Wasserinfrastrukturen, deren Bewertung und Umsetzung wurden noch weiterführende Forschungs- und Handlungsbedarfe identifiziert. Hierzu zählen die Klärung von Investitionsbedarfen und Finanzierbarkeit neuartiger Wasserinfrastrukturen, der Ausbau notwendiger Kompetenzen in Aus- und Weiterbildung, das Verknüpfen von Stadtentwicklungs- und Infrastrukturplanung, die stärkere Berücksichtigung des regionalen Kontextes der Kommunen und das verstärkte Pilotieren neuartiger Wasserinfrastrukturen innerhalb entsprechender Förderformate.

Anspruch und Zielsetzung

Der Forschungsverbund netWORKS war angetreten, die Verfasstheit des bestehenden Systems der Wasserinfrastruktur zu untersuchen und zu prüfen, welche Anpassungsbedarfe existieren und wie eine zielgerichtete Transformation eingeleitet werden kann. Dabei wurden das vorhandene technische System, die damit verbundenen institutionellen Strukturen sowie lokale und regionale Organisationsformen in den Blick genommen. Wo Änderungsbedarfe ersichtlich wurden, galt es abzuschätzen, welche Konsequenzen sich für das bestehende Arrangement ergeben und wie eine Transformation bewerkstelligt werden kann.

Der Forschungsverbund im Vorhaben netWORKS 3 hatte folgende Ziele:

- Potenziale der Umnutzung und weitergehenden Umgestaltung der Wasserinfrastruktur abschätzen und bewerten;
- neuartige Systemvarianten als Beitrag zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz entwerfen und umsetzen;
- Hemmnisse und Potenziale in vorhandenen Kooperationsformen der infrastrukturellen Leistungserbringung einschließlich des aktuellen institutionellen Settings identifizieren;

- Empfehlungen in Hinblick auf technische Konfigurationen, institutionelle Anpassungsbedarfe und akteursbezogene Handlungsbedarfe formulieren.

Verfasstheit und Transformationsbedarfe

Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen es: Die Wasserinfrastruktur wird sich zukünftig durch Kombination, Diversifizierung und Koexistenz verschiedener Systeme ausweisen. Um das jeweils optimale technische System für eine Kommune oder die ideale Systemvariante für jede einzelne bauliche Maßnahme zu bestimmen, bedarf es einer Prüfung von Fall zu Fall auf Ebene der Kommune bzw. der einzelnen städtebaulichen Maßnahme. Es ist zentral, dass die Kommunen im Rahmen ihrer Planungshoheit und Verantwortung für die lokale Daseinsvorsorge diesen Gestaltungsanspruch annehmen. Sie sind prädestiniert, den Transformationsprozess im Gemeinwohlinteresse zu koordinieren. Die hier beschriebenen Ergebnisse und der Ausblick sind unter dieser Prämisse zu verstehen.

In operativer Umsetzung und Betrieb können vielfältige unternehmerische Strategieoptionen sinnvoll sein. Ohne die kommunalen Wasserinfrastrukturbetreiber ist die koordinierte und zielorientierte Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen kaum vorstellbar. Für Wasserunternehmen ergeben sich durch das Einführen neuartiger Wasserinfrastrukturen neue Strategieoptionen und Geschäftsfelder. Zum einen eröffnen sich Möglichkeiten sektorübergreifender Kopplungen etwa mit Blick auf Energiepotenziale. Zum anderen bietet die absehbar größere Zahl de- und semizentraler Anlagen, die in der Systemperspektive integraler Bestandteil der Wasserinfrastruktur der Stadt sind, Ansätze, über weitere Betreibermodelle dieser Anlagen nachzudenken. Der Betrieb dieser de- und semizentralen Anlagen durch den (kommunalen) Infrastrukturbetreiber ist dabei nicht nur ein Geschäftsfeld, sondern sichert langfristig auch die Qualität der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung, z.B. mit Blick auf Umwelt- und Hygienestandards in der Abwasserbehandlung. Zugleich vermögen neuartige Wasserinfrastrukturen veränderte konzeptionelle und praktische Zugänge zum urbanen Wasserkreislauf zu erschließen und zur Klimaanpassung beizutragen.

Hierfür sind eine strategische, auf gesamtstädtischer Ebene angelegte und integrierte Planung sowie eine sektorenübergreifende Koordination erforderlich. Dies gilt insbesondere für die städtische Ebene. Auf ihr werden Notwendigkeit und Potenziale einer integrierten Planung von Stadt, Freiraum und Infrastruktur (angelegt als kommunales Transformationsmanagement) augenscheinlich. Die sich ergebenden, miteinander kombinierbaren unternehmerischen Strategieoptionen betonen die Notwendigkeit, Infrastrukturen und Stadtentwicklung noch stärker als bisher integriert und in ihren Wechselwirkungen zu betrachten. „Starke“, d.h.

kompetente und mit qualifiziertem Personal ausgestattete Wasserunternehmen sind hierbei als Partner unersetzlich.

Die institutionenökonomische Analyse macht darauf aufmerksam, dass es für die kostengünstige Einführung neuartiger Wasserinfrastrukturen neuer institutioneller Regeln bedarf. Durch die Differenzierung von Stoffströmen sowie die Absicht, bisher ungenutzte Potenziale zu heben, ergibt sich eine Vielzahl technischer Interdependenzen, die leicht zu Problemen bei der Koordination der beteiligten Akteure führen. Eine durch klare Zuweisung von Aufgaben und Rollen effiziente Koordination basiert dabei ebenso auf formellen regulativen Vorgaben durch Rechtsvorschriften, Verträge, Normen und Standards wie auf informellen Regeln und mentalen Einstellungen auf Seiten der Akteure. Entscheidend für die zielgerichtete Transformation sind passende Anreizstrukturen, um gleichermaßen technischen wie institutionellen Wandel zu befördern oder zumindest, im Sinne des Ausprobierens neuer Lösungen, möglich zu machen. Kommunen haben hier im Rahmen ihrer Selbstverwaltung verschiedene Möglichkeiten, solche Anreize zu setzen, etwa durch Entgeltmodelle, Information und Know-how-Transfer, Standardisierung von Satzungen oder Verträgen, Zielvorgaben gegenüber Infrastrukturbetreibern oder erweiterte Geschäftsmodelle der siedlungswasserwirtschaftlichen Unternehmen und Betriebe.

Für die Transformation der Wasserinfrastrukturen und für deren Betrieb – dieser wird künftig zum Teil mit anderen Infrastrukturen (z.B. Wärme, Strom, Abfall) gekoppelt sein – sind zudem Veränderungen in der Zusammenarbeit der Akteure erforderlich. Entsprechend kann der Transformationsprozess durch ein Kooperationsmanagement unterstützt werden, also die bewusste und proaktive Gestaltung von Form und Art der Zusammenarbeit der unterschiedlichen Akteure. So kann der Innovationsführer auch Akteure für die Kooperation gewinnen, für die etwaige Vorteile der Transformation zunächst nicht unmittelbar einleuchten. Letztlich vermag Kooperationsmanagement die Transformation zu unterstützen und zu einer Verbesserung in der Zusammenarbeit zu führen; der Aufwand (auch für die damit einhergehende Koordination) lässt sich so deutlich verringern.

Die Prüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen ergab, dass die Planung neuartiger Wasserinfrastrukturen in Neubau- und Entwicklungsgebieten auf Basis der heutigen Rechtslage möglich ist. Rechtliche Änderungen sind demnach nicht zwingend erforderlich, um die steuernde und koordinierende Funktion der Kommune als Trägerin öffentlicher Belange der Daseinsvorsorge zu wahren. Verträge sind dabei gut geeignete Instrumente, die genau auf die lokalen Bedingungen hin zugeschnitten werden können. Änderungsbedarfe im Rechtsrahmen werden insbesondere im Hinblick auf rechtliche Klarstellungen gesehen.

Bei der Transformation im Gebäude- und Siedlungsbestand sieht dies jedoch anders aus. Hier sind derzeit nur wenige Einflussmöglichkeiten vorhanden. Für den Fall der Transformation im Bestand gibt die Eigentumsgarantie nach Art. 14 Abs. 1 Grundgesetz einen starken Rahmen für etwaige Gesetzesänderungen vor. Wichtig ist in jedem Fall, dass eine Transformation zu neuartigen Wasserinfrastrukturen gegenüber konventionellen Systemen einen potenziellen Mehrwert aufweist: zum Beispiel mit Blick auf Ressourcenschutz, Klimaschutz, Energieeinsparung, Resilienz oder Wirtschaftlichkeit. Die juristische Überprüfung des Mehrwerts orientiert sich dabei am niedergelegten „Stand der Technik“. Diesen gilt es für die neuartigen Wasserinfrastrukturen so weiterzuentwickeln, dass auch Fachfremde – wie etwa Richterinnen und Richter – in der Lage sind, Fälle zu erkennen, in denen neuartige Wasserinfrastrukturen eine mindestens gleichrangige Lösung im Vergleich mit herkömmlichen darstellen.

Für die städtischen Akteure stehen immer wieder die Bewohnerinnen und Bewohner bzw. die Nutzerschaft von Betriebswasser und/oder Energie und deren Belange im Vordergrund. Deren positive Einstellung gegenüber neuartigen Wasserinfrastrukturen ist ein zentrales Kriterium. Hier konnte gezeigt werden: Die Nutzerakzeptanz gegenüber neuartigen Wasserinfrastrukturen in Gebäuden scheint gegeben zu sein, soweit deren reibungsloses und unauffälliges Funktionieren garantiert ist. Grauwasseraufbereitung hat zwar keine wesentlichen, aber doch geringe Auswirkungen im Alltag der Bewohnerinnen und Bewohner. Wärmerückgewinnung dagegen spielt nur bei der Bewertung und dem wahrgenommenen Nutzen der Technik eine Rolle. Das Vorhandensein neuartiger Wasserinfrastruktur wird von den Bewohnerinnen und Bewohnern bewusst als Zusatznutzen registriert, wenn auch auf einer eher symbolischen Ebene.

Mit Blick auf die Entwicklung neuartiger technischer Systemvarianten konnte gezeigt werden, dass grundsätzlich eine Vielzahl an Optionen möglich ist. Deren Sinnhaftigkeit lässt sich plausibel nur entsprechend den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten – zu diesen zählen u.a. Siedlungsstruktur, Topographie, bestehende Infrastrukturen – und den gewählten inhaltlichen Schwerpunkten/Kriterien – z.B. Ressourceneffizienz, Anpassungsfähigkeit, Transformationsaufwand, Handhabbarkeit, Wirtschaftlichkeit – bewerten, um eine passende Systemvariante zu identifizieren und das vorhandene System entsprechend zu transformieren. Für neuartige Wasserinfrastrukturen sprechen die mit ihnen verbundene Steigerung der Wasserressourceneffizienz und ihr Beitrag zu benötigten Wärme- und Energiebedarfen. Darüber hinaus zeichnen sich durch die Stoffstromtrennung auch Emissionseinsparungen und eine stärkere Erschließung von Kreisläufen mit Blick auf Nährstoffe – hier wurden Stickstoff und Phosphor untersucht – ab.

Bei der Entscheidung für das passende System ist es erforderlich, sich zunächst einen Überblick über die zu betrachtenden Kriterien zur Bewertung der Transformation zu verschaffen. Die Relevanz der einzelnen Kriterien orientiert sich an den Akteuren (kommunale Planung, Betriebsleitung oder Geschäftsführung eines kommunalen Wasserunternehmens, Architekt usw.) und dem betrachteten Raum (z.B. Gebiet, in dem eine neuartige Wasserinfrastruktur implementiert werden soll, gesamtstädtische Ausrichtung, Region, in der sich die Kommune befindet und in deren Abhängigkeit sie agiert). Wichtig ist es, zu unterscheiden zwischen Kriterien, die das Ergebnis einer Transformation bewerten (Auswirkungen der Transformation), und solchen, die den Transformationsprozess beschreiben (Anforderungen an die Transformation). Ziele und Prioritätensetzung differenziert zu beschreiben und über die entsprechenden Kriterien gut auszuhandeln, kann eine angemessene Entscheidungsfindung sehr befördern.

Ausblick

Die Ergebnisse zur Verfasstheit der bestehenden Wasserinfrastrukturen und zu den Änderungs- und Transformationsbedarfen, die sich ergeben, um für die Zukunft sicher aufgestellt zu sein, sind eindeutig. Daneben kristallisierten sich auch einige Gesichtspunkte mit explizitem Forschungs- und Handlungsbedarf heraus. Dabei geht es im Kern darum, in der kommunalen Daseinsvorsorge mit Blick auf die Wasserinfrastruktur die hohe Qualität dauerhaft zu gewährleisten. Die hier genannten Gesichtspunkte erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit, wurden jedoch im Rahmen der dreijährigen Arbeiten und in unterschiedlichen Gesprächen und Veranstaltungen mit Experten und Akteuren der Siedlungswasserwirtschaft immer wieder benannt.

Investitionsbedarfe und Finanzierbarkeit neuartiger Wasserinfrastrukturen

Investitionsbedarfe und Finanzierbarkeit der Transformation sind in der aktuellen Forschung zu neuartigen Wasserinfrastrukturen als Thema noch weitgehend unterbelichtet (vgl. Zimmermann/Libbe 2016). Dabei geht es um die Spannungsfelder zwischen tatsächlichen Substanzverlusten und getätigten Investitionen sowie um Innovationspotenziale und deren ökonomische Bewertung. Zu fragen ist nach geeigneten Rahmenbedingungen und Anreizen für die Einführung neuartiger Systemvarianten. Transformation bedeutet zunächst einmal einen erhöhten finanziellen Aufwand und letztlich auch betriebswirtschaftliche Risiken.

Infrastrukturbetreiber benötigen größere Freiheitsgrade, um Investitionen in Richtung Transformation (z.B. in Form einer „Transformationsrücklage“) vornehmen zu können. Gegenüber ihren Eigentümern (hier vor allem die Kommunen) bedarf es einer transparenten Kommunikation von Nachhaltigkeitszielen, um notwendige Investitionen zu begründen. Umgekehrt sollten aber auch entsprechende städtische Ziele formuliert sein, um eine Gesamtbewertung dessen, was geleistet werden muss, vornehmen zu können. Letztlich geht es um das Erarbeiten einer strategischen Investitionsplanung. Innerhalb dieser lassen sich Sanierungs- und Transformationsstrategien im Sinne einer kaufmännischen Reinvestitionsstrategie entwickeln und prüfen. Dabei sollten Brückentechnologien mit in die Überlegungen einfließen.

Verknüpfung von Infrastrukturentwicklung und Stadtplanung

Fragen der integrierten Stadtentwicklungs- und Infrastrukturplanung gewinnen an Bedeutung. Damit neuartige Wasserinfrastrukturen in Zukunft stärker in Abwägungsprozessen berücksichtigt werden, sollten die Formen der Zusammenarbeit von Stadtplanung und Infrastrukturbetreibern stärker in den Fokus rücken. Dies schließt eventuell notwendige Anpassungen in formellen und informellen Planungsprozessen ein.

Kreislaufwirtschaft ist im Wasserbereich aktuell politisch noch nicht vorgesehen. Doch halten neuartige Wasserinfrastruktursysteme große Potenziale für die stadt-räumliche Gestaltung bereit. Ähnlich wie Regenwasser bietet Betriebswasser strategische Chancen, den Umgang mit Wasser im urbanen Raum neu zu „denken“ und letztlich integrale Konzepte von räumlicher und infrastruktureller Entwicklung zu entwerfen. Mit Konzepten wie dem der wassersensitiven Stadtentwicklung, die Wasser in einem ganzheitlich-integrierten Planungsprozess für den (urbanen) Raum vorsehen, kann systematisch das Potenzial von Transformationen erschlossen werden.

Kommunen und ihr Umland: der regionale Blickwinkel

Innovationsbedarf und entsprechendes Transformationspotenzial der kommunalen Wasserinfrastruktur stellen sich in Deutschland regional sehr unterschiedlich dar (vgl. Felmeden et al. 2016). Vorhandene Wasserinfrastruktur, naturräumliche Gegebenheiten, demografische Entwicklung und wirtschaftliche Rahmenbedingungen haben hier maßgeblichen Einfluss. Es wird davon ausgegangen, dass die Kosten zentraler Wasserinfrastruktursysteme mit regional abnehmendem Was-

serbedarf und Abwasseranfall steigen, der Innovationsbedarf sich demzufolge wirtschaftlich begründet.

Es gilt hier, eine nachhaltige Wasserinfrastruktur für die einzelne Kommune wie auch über diese hinaus mit Blick auf die jeweilige Region zu entwickeln und tragfähige zukünftige Konzepte zu etablieren. Dabei muss einiges berücksichtigt werden, etwa Interessensabstimmungen zwischen immer stärker wachsenden Ballungsräumen, deren ressourcenseitige Abhängigkeit vom Umland, Mittelstädte in dünnbesiedelten, ländlichen Regionen, die immer häufiger gefordert sind, konzeptionelle Entwicklungen und Dienstleistungen für ganze Regionen zu übernehmen.

Pilotierungen und passende Förderformate

Eine geeignete Maßnahme, um die Bedingungen für Transformation zu verbessern, ist auch die Erhöhung der Anzahl von Pilotprojekten. Nur durch anwendungsorientierte Forschung mit Blick auf Bau und Betrieb lassen sich Hemmnisse und Probleme erkennen und Antworten zu deren Überwindung finden. Je vielfältiger diese Projekte angelegt sind und je mehr Erfahrungen gemacht werden, desto schneller lassen sich die empirische Datengrundlage bereitstellen und notwendiges Wissen generieren und transferieren. Mittels Lernen am guten Beispiel können Impulse und verlässliche Entscheidungsgrundlagen auch für andere Kommunen gegeben werden. Wichtig ist, dass diese Erfahrungen auch Eingang in die Dokumentation des „Stands der Technik“ finden.

Dabei gilt es zu beachten: Bauliche Umsetzungen entfalten ihre eigene Dynamik (vgl. Winker et al. 2017) und passen nur bedingt in die zeitlichen Abläufe eines klassischen Forschungsprojektes. Folglich müssten die Randbedingungen der Forschungsförderung geändert und neue Förderformate entwickelt werden.

Damit modellhafte Lösungen in die Fläche getragen und geprüft werden können, ist nicht zuletzt auch die Ressortforschung gefordert. Sie müsste sich der Transformation annehmen und diese über experimentelle Modellvorhaben fördern. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Verknüpfungen zu anderen kommunalen Themenfeldern, wie etwa der energetischen Stadtsanierung, berücksichtigt werden. In Förderprogrammen sollte Sorge dafür getragen werden, dass neutrale Beratungsangebote – etwa für die Genehmigungsbehörden, aber auch für die kommunale Praxis – etabliert werden.

Kompetenzen in Aus- und Weiterbildung

Neuartige Wasserinfrastrukturen sind vielen Fachleuten immer noch weitgehend unbekannt. Dies gilt gleichermaßen für Akteure der Siedlungswasserwirtschaft wie für solche in angrenzenden Sektoren (z.B. Energie) und der Stadtentwicklung (vgl. Winker et al. 2017). Es fehlt nicht nur an Wissen über die technischen Varianten, sondern auch hinsichtlich stadtplanerischer, architektonischer usw. Optionen und Möglichkeiten; oft mangelt es an eigenen Erfahrungen oder Kenntnissen über die Erfahrungen Dritter mit Planung, Umsetzung und Betrieb. Schnell entsteht so der Eindruck von Überkomplexität und Überforderung – mit der Folge, dass bei Planung und Bau von Quartieren und Gebäuden auf Standardlösungen der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung zurückgegriffen wird.

Für die Umsetzung neuartiger Wasserinfrastrukturen bedarf es einer gezielten Aus- und Weiterbildung auf allen Ebenen: Ausbildung in Handwerk und Hochschule, Weiterbildung und Erfahrungsaustausch für Facharbeiter, Planer, Architekten und Ingenieure in kommunaler Verwaltung, Unternehmen und Handwerk. Die zunehmende Bedeutung einer zukunftsfähigen Personalentwicklung wird den Entscheidungsträgern in Kommunen und kommunalen Unternehmen – gerade vor dem Hintergrund des demografischen Wandels – immer bewusster. Neben Risiken bieten sich hier Chancen für die Zukunft.

Literatur

Felmeden, J., J. Libbe, B. Michel, E. Schramm und M. Winker (2016): Integrierte Infrastrukturbetrachtung. Zur Umsetzung neuartiger Wasserinfrastrukturen, in: Planerin (6), S. 9–11.

Winker, M., T. Giese, J. Libbe, J. Londong, M. Oldenburg und E. Schramm (2017): Probleme und Stolpersteine beim Umsetzen neuartiger Wasserinfrastrukturen: Diskrepanzen zwischen Theorie und Praxis, in: Wasserinfrastrukturen für die zukunftsfähige Stadt. Beiträge aus der INIS-Forschung, Berlin, Beitrag D9.

Zimmermann, M., und J. Libbe (2016): Protokoll des Workshops „Investitionsbedarfe und Finanzierung neuartiger und differenzierter Wasserinfrastruktursysteme“. Difu/ISOE, 6. Oktober 2016, ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main.

Autorinnen und Autoren



Barbara Birzle-Harder

Dipl.-Geographin und Marktforscherin. Freiberuflich am Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) tätig. Schwerpunkte: Vorbereitung und Durchführung sozial-empirischer Untersuchungen zu Wasserinfrastrukturen, Mobilität und Verkehr, Konsum sowie Ökologie und Nachhaltigkeitsfragestellungen im Alltag.
E-Mail: Barbara.Birzle-Harder@ergo-network.de

Arash Davoudi

Diplom in Umwelttechnik/-messtechnik, Hochschule RheinMain, Master Umweltingenieurwissenschaften, TU Darmstadt, Schwerpunkte: Ver- und Entsorgung, Raum- und Infrastrukturplanung. 2011 bis 2016 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE), Forschungsschwerpunkt Wasserinfrastruktur und Risikoanalysen. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Stoffstrom- und Energiemanagement, alternative Wasserinfrastrukturen. Promotion zu Nachhaltigkeitsaspekten alternativer Wasserinfrastruktursysteme.
E-Mail: talaghun@yahoo.de

Dr. rer. pol. Jutta Deffner

Dipl.-Ing. Raum- und Umweltplanung, Universität Kaiserslautern, Promotion (2008) zu Stilen nichtmotorisierter Mobilität von Stadtbewohnern, TU Dortmund. Tätigkeiten in Forschung und Planung in Berlin, Stuttgart und Zürich. Seit 2005 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE), seit 2010 Leitung des Forschungsschwerpunktes „Mobilität und Urbane Räume“. Forschungsthemen: Transformation von Mobilitätssystemen sowie Angebote und Infrastrukturen im Bereich Wasser/Abwasser, Wohnen, öffentliche Räume.
E-Mail: deffner@isoe.de

Dr.-Ing. Jörg Felmeden

Studium Bauingenieurwesen, Vertiefungsrichtungen Wasserwirtschaft und Umwelttechnik, Universität Kassel. Seit August 2014 Geschäftsführer der COOPERATIVE Infrastruktur und Umwelt, Reinheim/Kassel; freier Mitarbeiter am Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE). Zuvor dort wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsschwerpunkt Wasserinfrastruktur und Risikoanalysen. Mitglied der International Water Association (IWA) und der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA). Dort in der Arbeitsgruppe „Systemintegration“ des Fachausschusses „Neuartige Sanitärverfahren“ aktiv. Lehrbeauftragter im Bereich Wasserwirtschaft, Bauhaus-Universität Weimar und Universität Kassel.
E-Mail: j.felmeden@cooperative.de

Thomas Giese

Leiter der Abteilung Energiemanagement und Projekte bei HAMBURG WASSER. Zuvor Mitarbeiter u.a. bei: Institut Fresenius, Wiesbaden/Taunusstein; TU Hamburg-Harburg, Hamburg; Prof. Sekoulov und Partner – Ingenieursozietät, Hamburg; Hamburger Stadtentwässerung/HAMBURG WASSER, Hamburg. Langjährige Erfahrung als Projektleiter im Bereich der weitergehenden Abwasserreinigung, der verfahrenstechnischen und energetischen Optimierung kommunaler und industrieller Kläranlagen im In- und Ausland.
E-Mail: thomas.giese@hamburgwasser.de

Abgebildete (v.l.n.r.)

Barbara Birzle-Harder (Foto: Privat)
Arash Davoudi (Foto: Privat)
Dr. Jutta Deffner (Foto: Jürgen Mai)
Dr. Jörg Felmeden (Foto: Privat)
Thomas Giese (Foto: Privat)



Stefanie Hanke

Volljuristin mit einem Master im Wirtschaftsrecht, seit 2010 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Deutschen Institut für Urbanistik (Difu), Bereich Mobilität. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: kommunalspezifische Fragen des öffentlichen Rechts, Städtebaurechts und des Wirtschaftsrechts; insbesondere rechtliche Fragestellungen im Bereich Mobilität und Infrastruktur.

E-Mail: hanke@difu.de

Heide Kerber

M.A., Studium der Geographie, Politikwissenschaft und des öffentlichen Rechts an der Universität Würzburg. Seit 2012 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE). Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: nachhaltiges Wassermanagement, neuartige Wasserinfrastruktursysteme, Governance von Meeresmüll, Risikoabschätzung anthropogener Spurenstoffe im Wasserkreislauf, Stakeholder-Dialoge.

E-Mail: kerber@isoe.de

Sabine Kunkel

Dipl.-Ing. (FH) für Bauingenieurwesen (Fachhochschule Frankfurt am Main), Schwerpunkt konstruktiver Ingenieurbau und Fachplanerin für Energieeffizienz IngKH. Zunächst tätig im Bereich Tragwerksplanung und Bauphysik bei Lenz Weber Ingenieure GmbH und Deutsch-Buckert-Thomas Ingenieursozietät. Seit 2013 bei der ABGnova GmbH in Frankfurt im Bereich von Energieberatungen, Energieausweisen und Forschungsprojekten tätig.

E-Mail: s.kunkel@abgnova.de

Dr. Michael Kunkis

Soziologe (M.A.), Dissertation an der Goethe-Universität Frankfurt, Thema: „Innovation und Kooperation in regionalen Wirtschaftsklustern mit Fokus auf Erneuerbare Energien“. Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Exzellenzcluster „Integrated Climate System Analysis and Prediction“ (CliSAP) der Universität Hamburg. Aktuelle Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: allgemeine wirtschafts- und umweltsociologische Fragestellungen, Dekarbonisierung der Wirtschaft, Klima-Governance und Klimapolitik, Entwicklung und Umsetzung von Strategieprozessen bzw. Zukunftserwartungen in Unternehmen.

E-Mail: michael.kunkis@uni-hamburg.de

Dr. Jens Libbe

Dipl.-Sozialökonom und Dipl.-Volkswirt, Dissertation an der Universität Leipzig zum Thema „Transformation städtischer Infrastruktur. Perspektiven und Elemente eines kommunalen Transformationsmanagements am Beispiel Energie“. Seit 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Difu, leitet seit August 2015 den Bereich „Infrastruktur und Finanzen“. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Infrastruktursysteme und Transformation, kommunale Daseinsvorsorge und Dienstleistungen von allgemeinem wirtschaftlichem Interesse, Institutioneller Wandel kommunaler Aufgaben, Governance öffentlicher Unternehmen, Begleitforschung und Evaluation.

E-Mail: libbe@difu.de

Abgebildete (v.l.n.r.)

Stefanie Hanke (Foto: David Ausserhofer)

Heide Kerber (Foto: Jürgen Mai)

Sabine Kunkel (Foto: Privat)

Dr. Michael Kunkis (Foto: Michael Kleinespel)

Dr. Jens Libbe (Foto: David Ausserhofer)



Dr.-Ing. Bernhard Michel

Studium Bauingenieurwesen, TH Darmstadt. Danach wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung, TH Darmstadt. Außerdem Studium der Volkswirtschaftslehre, Universität Erlangen-Nürnberg. Promotion zur Funktion der technischen Infrastruktur in der regionalen Entwicklung. Gründungsgesellschafter des Ingenieurbüros COOPERATIVE Infrastruktur und Umwelt, Reinheim/Kassel; fachliche Schwerpunkte: Ressourcenmanagement (Energie; Wasser) und Infrastruktursysteme. Lehrbeauftragter TH Darmstadt zu Stadtentwicklung und Regionalplanung, Umwelt- und Raumplanung; Bauhaus-Universität Weimar zu Umweltverträglichkeitsprüfung und Management von Wasserressourcen.

E-Mail: b.michel@cooperative.de

Danijela Milosevic

Studium der Ökotoxikologie (B.Sc.) und Umweltwissenschaften (M.Sc.) an der Justus-Liebig-Universität Gießen, unter anderem mit den Schwerpunkten (Öko-)Toxikologie, Abwasser- und Abfallwirtschaft. Fernstudium Journalismus an der Freien Journalistenschule, Berlin. Wissenschaftliche Assistenz bei der Plattform SuSanA – Sustainable Sanitation Alliance. Seit 2013 wissenschaftliche Assistentin am Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) und freie Autorin.

E-Mail: milosevic@isoe.de

Ralf Ott

Dipl.-Kaufmann und M.Sc. Bis 2013 Unternehmensberater bei Rödl & Partner im Public Management Consulting. Seit 2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet für Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP) der TU Berlin und seit April 2016 Referent am Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM). Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Design und Organisation von Infrastruktursektoren mit Schwerpunkten Elektrizitäts- und Wasserwirtschaft, Finanzierung von Erneuerbare-Energien-

Anlagen sowie Beteiligung von Bürgern und öffentlicher Hand an der Transformation des Energiesystems.

E-Mail: ro@wip.tu-berlin.de

Ruth Scheidegger

arbeitet in der Gruppe „Stoffflüsse in der Anthroposphäre“ der Eawag aquatic research, Dübendorf (Schweiz). Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Modellierung von anthropogenem Material und von Stoffflüssen, Entwicklung des Modellierungsprogramms SIMBOX.

E-Mail: ruth.scheidegger@eawag.ch

Dr. Engelbert Schramm

Studium der Biologie, Chemie und Erziehungswissenschaften, Universität Frankfurt am Main, Promotion zur Ideengeschichte des Kreislaufs, TU Darmstadt. Mitbegründer des Instituts für sozial-ökologische Forschung (ISOE) und seit April 2014 Mitglied der Institutsleitung. Bis März 2014 Leitung des Forschungsschwerpunkts „Wasserinfrastruktur und Risikoanalysen“. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: neuartige und differenzierte Wasserinfrastruktursysteme, Transformationsmanagement, Kopplung von Infrastrukturen, sozial-ökologische Risikoforschung, partizipative und transdisziplinäre Szenarioentwicklung, transdisziplinäre Forschung.

E-Mail: schramm@isoe.de

Abgebildete (v.l.n.r.)

Dr. Bernhard Michel (Foto: Privat)

Danijela Milosevic (Foto: Harry Kleespies)

Ralf Ott (Foto: Privat)

Ruth Scheidegger (Foto: Privat)

Dr. Engelbert Schramm (Foto: Jürgen Mai)



Jan Hendrik Trapp

Dipl.-Soziologe (Siedlungs-, Umwelt- und Planungssoziologie), von 1998 bis 2006 und erneut seit September 2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Deutschen Institut für Urbanistik (Difu), Bereich Infrastruktur und Finanzen. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Governance von Transformationsprozessen stadttechnischer Infrastrukturen, Handlungsstrategien für Kommunen, kommunale Unternehmen, Organisations- und Managementmodelle der Daseinsvorsorge.
E-Mail: trapp@difu.de

Bernd Utesch

Master Business Administration an der Johannes-Gutenberg-Universität, Mainz, sowie Dipl.-Ing. Physikalische Technik, Fachhochschule Wiesbaden. Berufliche Stationen unter anderem: Geschäftsführer bei der ASUE – Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (1998–2008), Leiter des Vertriebs bei der Mainova EnergieDienste GmbH (2008–2010), Seit 2009 Geschäftsführer der ABGnova.
E-Mail: b.utesch@abgnova.de

Dr. Thomas Werner

Projektleiter in der Abteilung Energiemanagement und Projekte bei HAMBURG WASSER. Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Promotion am Institut für Technischen Umweltschutz, TU Berlin; Projektleiter im Ingenieurbüro Buss und Hempel, Bad Schwartau; Projektleiter und Water Quality Specialist bei Hamburger Stadtentwässerung/HAMBURG WASSER, Hamburg. Langjährige Erfahrung als Planer und Berater im Bereich Trinkwasseraufbereitung, Erschließungsmaßnahmen, kommunale Kläranlagen, Energieanalysen und verfahrenstechnische Op-

timierung, Wärme aus Abwasser. Lehrtätigkeit und Fortbildung von Betriebspersonal auf Kläranlagen, Mitglied im DWA-Fachausschuss für Neuartige Sanitärsysteme.
E-Mail: thomas.werner@hamburgwasser.de

Dr.-Ing. Martina Winker

M.Sc. Agrarökologie und B.Sc. Agrarwissenschaften, Promotion (2009) an der TU Hamburg-Harburg zum Thema „Pharmazeutische Rückstände in Urin und die potentiellen Risiken bezogen auf dessen Nutzung als Dünger in der Landwirtschaft“. Tätigkeit bei der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH im Bereich Nachhaltige Sanitärversorgung. Seit 2012 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE), seit 2014 Leiterin des Forschungsschwerpunkts „Wasserinfrastruktur und Risikoanalysen“. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: neuartige und differenzierte Wasserinfrastruktursysteme, Transformationsmanagement, Kopplung von Infrastrukturen, sozial-ökologische Risikoforschung, Water Reuse, Landwirtschaft.
E-Mail: winker@isoe.de

Dr.-Ing. Martin Zimmermann

Studium Wirtschaftsingenieurwesen, technische Fachrichtung Bauingenieurwesen mit Schwerpunkten Umwelt-, Raum- und Infrastrukturplanung, TU Darmstadt. Im Rahmen des interdisziplinären DFG-Graduiertenkollegs „Topologie der Technik“ und seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut IWAR der TU Darmstadt Promotion zur nachhaltigen Transformation des Wasserversorgungssystems im zentralen Norden Namibias. Danach Tätigkeit als PostDoc, Lehr- und Forschungseinheit Mensch-Umwelt-Beziehungen, Department für Geographie, Ludwig-Maximilians-Universität München. Seit 2014 Wissenschaftler am Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE), Forschungsschwerpunkt Wasserinfrastruktur und Risikoanalysen.
E-Mail: zimmermann@isoe.de

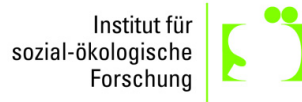
Abgebildete (v.l.n.r.)

Jan Hendrik Trapp (Foto: David Ausserhofer)
Bernd Utesch (Foto: Privat)
Dr. Thomas Werner (Foto: HAMBURG WASSER)
Dr. Martina Winker (Foto: Jürgen Mai)
Dr. Martin Zimmermann (Foto: Privat)

Partner im Forschungsverbund netWORKS

Forschungsverbund netWORKS im Projekt „Potenzialabschätzung und Umsetzung wasserwirtschaftlicher Systemlösungen auf Quartiersebene in Frankfurt am Main und in Hamburg (netWORKS 3)“

Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE)
Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt
→ Dr.-Ing. Martina Winker (Koordination)
Tel.: +49 69 7076919-53
E-Mail: winker@isoe.de



Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu)
Zimmerstr. 13-15
10969 Berlin
→ Dr. Jens Libbe
Tel.: +49 30 39001-115
E-Mail: libbe@difu.de
→ Jan Hendrik Trapp
Tel.: +49 30 39001-210
E-Mail: trapp@difu.de



Technische Universität Berlin
Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP1)
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin
→ Prof. Dr. Thorsten Beckers
Tel.: +49 30 314-23243
E-Mail: tb@wip.tu-berlin.de



COOPERATIVE Infrastruktur & Umwelt
Am Seegärtchen 23
64354 Reinheim
→ Dr.-Ing. Bernhard Michel
Tel.: +49 6162 9117-582
E-Mail: b.michel@cooperative.de



ABG FRANKFURT HOLDING Wohnungsbau- und Beteiligungsgesellschaft mbH
Elbestraße 48
60329 Frankfurt/Main
→ Frank Junker
Tel.: +49 69 2068-276
E-Mail: f.junker@abg-fh.de



ABGnova GmbH, Unternehmen für Innovationen in der
Energie- und Wohnungswirtschaft (ABGnova)
Ginnheimer Straße 48
60487 Frankfurt/Main
→ Bernd Utesch
Tel.: +49 69 21384101
E-Mail: b.utesch@abgnova.de



Hamburger Stadtentwässerung AöR, Unternehmen von
HAMBURG WASSER (HSE)
Billhorner Deich 2
20539 Hamburg
→ Dr. Kim Augustin
Tel.: +49 40 7888-82600
E-Mail: kim.augustin@hamburgwasser.de
→ Thomas Giese
Tel.: +49 40 7888-82612
E-Mail: thomas.giese@hamburgwasser.de

