

Potenziale flexibler integrierter semizentraler Infrastruktursysteme in der Siedlungswasserwirtschaft

Neue Handlungsspielräume für die Infrastrukturentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland?

Susanne Bieker · Birte Frommer

Eingegangen: 4. Januar 2010 / Angenommen: 14. Mai 2010 / Online publiziert: 3. Juli 2010
© Springer-Verlag 2010

Zusammenfassung Dynamische Rahmenbedingungen wie der demographische Wandel oder der Klimawandel erfordern eine Flexibilität, die bestehende Infrastruktursysteme nur schwerlich gewährleisten können. Die bisherige Annahme, dass zentrale Systeme bei mittleren bis hohen Siedlungsdichten technische und ökonomische Vorteile gegenüber dezentralen Systemen haben, muss vor dem Hintergrund der erforderlichen Anpassungsfähigkeit in Frage gestellt werden. Der vorliegende Beitrag stellt einen innovativen Ansatz integrierter Infrastrukturlösungen vor, der ursprünglich für schnell wachsende urbane Räume Asiens entwickelt wurde. Vor dem Hintergrund sich verändernder Rahmenbedingungen und dem bestehenden Investitionskostenrückstand in Deutschland wird die Übertragbarkeit dieses Ansatzes bzw. einzelner Komponenten davon kritisch überprüft. Handlungsoptionen für die Anpassung bestehender Infrastruktursysteme der Siedlungswasserwirtschaft in der Bundesrepublik werden abgeleitet und Anpassungsstrategien aufgezeigt.

Schlüsselwörter Integrierte Infrastruktursysteme · Siedlungswasserwirtschaft · Demographischer Wandel · Klimawandel · Investitionskostenrückstand · Nachhaltige Infrastrukturentwicklung

Potentials of Flexible Integrated Semicentralized Infrastructure Systems in Urban Water Management

New Scopes for the Infrastructure Development in Germany?

Abstract Dynamics like climate or demographic changes require a new flexibility, which existing infrastructure systems in Germany cannot perform. The general assumption centralized systems within urban areas of middle or high density offer advantages compared to decentralized structures has to be scrutinized under changing conditions. The following paper introduces an innovative approach of integrated, sector crossing infrastructure systems developed for fast growing urban areas in Asia and screens for transfer potentials of this approach, in order to develop strategies to cope with arising problems in infrastructure matters in Germany. The paper closes with strategic recommendations for changing infrastructure development and offers strategies for adapting current infrastructure elements in order to perform better under changing conditions.

Keywords Integrated infrastructure systems · Urban water management · Demographic change · Climate change · Arrears of reinvestments · Sustainable infrastructure development

Dr.-Ing. S. Bieker (✉)
Institut IWAR, Fachgebiet Abwassertechnik,
Technische Universität Darmstadt,
Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt, Deutschland
E-Mail: s.bieker@iwar.tu-darmstadt.de

B. Frommer
Institut IWAR, Technische Universität Darmstadt,
Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt, Deutschland
E-Mail: b.frommer@iwar.tu-darmstadt.de

1 Einleitung

Die zentralen Infrastruktursysteme der Siedlungswasserwirtschaft beruhen auf den Leitbildern „Hygiene“ und „flächendeckende Ver- und Entsorgung“ und haben sich in den vergangenen mehr als 100 Jahren sukzessive entwickelt. Sie

bieten heute eine hohe Ver- und Entsorgungssicherheit und einen professionellen Betrieb.

Sich wandelnde Rahmenbedingungen führen zu Veränderungen des Verbrauchs und der Verfügbarkeit lokaler und regionaler Wasserressourcen. Der reduzierte Wasserbedarf auf der einen und die zunehmenden Schwankungen in Niederschlagsmenge und -intensität auf der anderen Seite erfordern eine Flexibilität, die bestehende zentrale Systeme schwerlich gewährleisten können. Die bisherige Annahme, dass zentrale Systeme bei mittleren bis hohen Siedlungsdichten technische und ökonomische Vorteile gegenüber dezentralen Systemen haben, muss vor dem Hintergrund der erforderlichen Anpassungsfähigkeit in Frage gestellt werden. Allerdings wird ein Systemwechsel im Bestand mit vielen Herausforderungen konfrontiert. Diese sind für die Bundesrepublik Deutschland:

- ein starker Rückgang von Wasserverbrauch und Abwasseranfall,
- daraus resultierende Überschusskapazitäten in der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung (betrifft im Allgemeinen sowohl die Netze als auch die Anlagen),
- weiter zunehmende Auslastungsschwankungen durch die Auswirkungen des demographischen Wandels und des Klimawandels,
- ein großer Sanierungsbedarf im Bereich der öffentlichen und privaten Ver- und Entsorgungsnetze,
- die höchsten Wasser- und Abwassergebühren in Europa.

Ziel dieses Beitrages ist es, die Potenziale der im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte für den Bereich des Siedlungsneubaus in China entwickelten Konzepte alternativer Infrastrukturansätze für die gegenwärtigen Herausforderungen der Infrastruktur in Deutschland zu identifizieren. Hierzu werden zunächst die potenziellen Folgen dynamischer Veränderungen wie des demographischen Wandels und des Klimawandels auf die technische Infrastruktur dargestellt. Aufbauend auf einer Bestandsanalyse der technischen Ver- und Entsorgungsinfrastruktur im Bereich Wasserver- und Abwasserentsorgung in der Bundesrepublik Deutschland werden übertragbare Komponenten herausgearbeitet. Daraus werden konzeptionelle Handlungsansätze für die zukünftige Infrastrukturentwicklung in Deutschland abgeleitet.

2 Rahmenbedingungen und Herausforderungen für die technische Infrastruktur

2.1 Ziele der Siedlungswasserwirtschaft

Die heutigen zentralen Systeme der Siedlungswasserwirtschaft haben sich über lange Zeiträume hinweg unter der Annahme eines stetigen Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums entwickelt. Der Anspruch, durch eine hohe

Ver- und Entsorgungssicherheit vor allem in den urbanen Siedlungsgebieten gesunde bzw. gesündere Lebensbedingungen zu schaffen, prägte ihre Entstehung dabei wesentlich (Schott 2006). Aufgrund des erreichten hohen Anschlussgrads sowohl bei der zentralen Wasserversorgung (99 %) als auch bei der zentralen Abwasserbeseitigung (96 %) (Statistisches Bundesamt 2006; bezogen auf Gesamtdeutschland) sind die Ziele der Siedlungswasserwirtschaft heute eher qualitativer Art.

Für die Wasserversorgung bedeutet dies vor allem die Sicherstellung der flächendeckenden Versorgung der Bevölkerung mit qualitativ hochwertigem Trinkwasser bei Unterschreitung von zulässigen Grenzwerten sowie weitere Effizienzsteigerungen für einen sozialverträglichen Wasserpreis trotz Kostendeckungsprinzip (Haakh 2002). Im Hinblick auf die Abwasserentsorgung soll neben der Einhaltung der Qualitätsziele der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und der Optimierung der Regen-, Grauwasser- und Wertstoffnutzung auch eine bessere Auslastung bestehender Behandlungskapazitäten (vor allem bezogen auf die neuen Bundesländer) erreicht werden (Kozioł/Veit/Walther 2006; Reidenbach/Bracher/Grabow et al. 2008). Als weiteres Ziel sowohl der Wasserver- als auch der Abwasserentsorgung rückt die Sanierung der bestehenden Netze in den Mittelpunkt der Betrachtung (Roscher 2003; Berger/Lohaus 2004).

2.2 Einflussfaktoren des künftigen Infrastrukturbedarfs in der Siedlungswasserwirtschaft

Technische Innovationen, wie z. B. Wasser sparende Armaturen und Geräte in Privathaushalten sowie Wasserkreislaufsysteme in Industrie und Gewerbe, Wassersparkampagnen und die Einführung eines kostendeckenden Wasserpreises, haben in den vergangenen Jahrzehnten zu einem sinkenden Wasserverbrauch in der Bundesrepublik geführt (Geiler 2003; Reidenbach/Bracher/Grabow et al. 2008). Im Zuge des demographischen Wandels ist durch die sinkende Bevölkerungszahl mit einem weiteren Rückgang des Wasserverbrauchs zu rechnen. Gleichzeitig wird der Klimawandel durch die projizierte Zunahme von Trockenphasen und Hitzewellen periodisch einen höheren Wasserbedarf herbeiführen und durch die Veränderung der Niederschlagsverteilung und -menge die Abwasserbeseitigung vor neue Herausforderungen stellen.

2.2.1 Demographischer Wandel

Wie die aktuelle Raumordnungsprognose des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung zeigt, wird die Bevölkerungszahl in Deutschland bis zum Jahr 2020 insgesamt leicht (2 %) zurückgehen (BBR 2009: 2). Dies wird sich jedoch regional sehr unterschiedlich auswirken. Während in

der Regel nur noch in den Ballungsräumen von Metropolregionen Wachstum stattfindet, nehmen die Schrumpfungstendenzen in zahlreichen Städten und Kreisen – mittlerweile auch in Westdeutschland – zu.

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts hat sich darüber hinaus die Art und Weise des Wohnens und Arbeitens in der Bundesrepublik Deutschland erheblich geändert. Zum einen betrifft dies den Anstieg der Wohnfläche pro Person. Zum anderen ist die Haushaltsgröße – die Anzahl an Personen, die durchschnittlich in einem Haushalt leben – stark gesunken, während gleichzeitig die Zahl der Einpersonenhaushalte deutlich angestiegen ist (Pennekamp/Frommer 2005).

Die Zunahme der Haushalte trotz leicht sinkender Bevölkerungszahl, die Auswirkungen weiterer Wanderungsbewegungen (Ost-West- sowie Stadt-Land-Wanderungen) und vor allem die in der Regel sehr disperse Schrumpfung von Städten oder Stadtteilen werden die Stadttechnik zukünftig herausfordern (Koziol/Veit/Walther 2006).

So ergibt sich auf der einen Seite an einigen Orten neuer Anschlussbedarf durch die Haushaltszunahme (im Rahmen von Nachverdichtung im Bestand und durch Neubaugebiete), während auf der anderen Seite in vielen Regionen weitere Überkapazitäten im Bestand entstehen werden. Kluge/Koziol/Lux et al. (2003: 43) beschreiben beispielsweise für Wohngebiete mit hohen Leerstandsquoten in Ostdeutschland einen Wasserverbrauch und eine entsprechende Abwassermenge von nur noch einem Viertel der Auslegung. Die begrenzte Anpassungsfähigkeit der Systeme führt zu steigenden Pro-Kopf-Ausgaben: Im Trinkwassersektor gilt es, der Gefahr der Wiederverkeimung von Trinkwasser durch die hohe Verweildauer des Wassers in den nunmehr zu großen Versorgungsleitungen und Belagsbildungen im Netz entgegenzuwirken. Abwasserseitig besteht der Bedarf, Ablagerungen in den Kanälen zu verhindern, die zu Geruchsbildung und Korrosion führen können (vgl. DVGW 1997; Cornel/Weber/Böhm et al. 2004; Koziol 2004; Koziol 2006; Mutschmann/Stimmelmayer 2007; Libbe/Scheele 2008). Darüber hinaus verursacht die hohe Kapitalbindung im bestehenden Netz einen hohen Fixkostenanteil, der auf immer weniger Nutzer umgelegt wird (Reidenbach/Bracher/Grabow et al. 2008: 80 ff.).

2.2.2 Klimawandel

Naturkatastrophen wie Hitzewellen, starke Stürme und Hochwasserereignisse haben in den letzten Jahrzehnten weltweit an Intensität zugenommen. Nach Einschätzungen von Experten sind diese Häufungen deutliche Anzeichen für den globalen Klimawandel. Der Klimawandel zeigt sich allerdings nicht nur durch vermehrt auftretende Extremereignisse, sondern auch durch eine langfristige ‚schleichende‘ Veränderung der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse (IPCC 2007; Zebisch/Grothmann/Schröder et al. 2005).

Als mögliche Auswirkungen des Klimawandels mit Folgen für die Siedlungswasserwirtschaft in Deutschland können nach UBA (2005: 6 ff.) und UBA (2006: 6 ff.) aufgeführt werden (vgl. auch Frommer/Schlipf 2008; Jacob 2009; Stock/Kropp/Walkenhorst 2009):

- steigende Durchschnittstemperaturen
- zunehmende Häufigkeit von Hitzeperioden und zunehmende Wahrscheinlichkeit von Dürren
- erhöhte Klimavariabilität (veränderte Schwankungen in den jährlichen Witterungsbedingungen)
- Veränderung der jährlichen Niederschlagsverteilung (Zunahme der Niederschläge im Winterhalbjahr, Abnahme im Sommerhalbjahr)
- Zunahme der Niederschlagsintensität bei Starkregenereignissen

So können ansteigende Durchschnittstemperaturen und die sich ändernden Niederschlagsverhältnisse zu einer Veränderung der Verfügbarkeit von Brauch- und Trinkwasser sowie zur Beeinträchtigung der Grundwasserneubildungsraten führen. Auch in Regionen, die bis heute ausreichend mit Wasser versorgt sind, kann es dadurch zu temporärem Wassermangel kommen. Auch das Selbstreinigungsvermögen von Gewässern kann sich verändern (BMVBS/BBR 2008: 20). Die Zunahme von Trockenphasen und sommerlichen Hitzewellen wird einerseits den Wasserbedarf steigern, andererseits erhöht sich die Gefahr, dass in Gebieten mit Mischwasserführung nicht genügend Durchfluss im Kanalnetz gegeben ist. Während der Reduzierung von Abwasserströmen in Schrumpfungsbereichen heute schon mit Kanalspülungen begegnet wird, können die Auswirkungen des Klimawandels zu einer Verstärkung und Ausweitung dieses Problems führen (Koziol/Veit/Walther 2006). Im Gegensatz zu diesen Auslastungsproblemen ist das bestehende System der Siedlungsentwässerung bei der projizierten zunehmenden Intensität von Starkregenereignissen überfordert. Eine zunehmende Überlastung von Netz und Anlagen betrifft dann vor allem Gebiete, in denen Mischwasserkanalisation vorherrscht (Schmitt/Illgen/Kaufmann 2006: 758).

3 Bestandssituation der technischen Infrastruktur in Deutschland

Zur Beschreibung des Bestands der technischen Infrastruktur im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft ist zunächst die Unterscheidung in öffentliche und private Anlagen und Netze wichtig. Bestand, Durchschnittsalter, Anschlussgrad und Sanierungsbedarf der öffentlichen Anlagen und Netze sind größtenteils bekannt. Der Inspektionsgrad, dessen Einschätzung trotz zunehmender Erhebungsdichten mit Unsicherheiten behaftet ist, hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte sukzessive erhöht (von 75 % im Jahr 2001 auf

77 % im Jahr 2004). Regelmäßige Erhebungen wie z. B. die Umfrage der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA 2009) oder die Abfragen des Statistischen Bundesamtes haben die Datenlage und -interpretation deutlich verbessert.

Die Kenntnis über den Status Quo der privaten Leitungen und Installationen ist allerdings weitaus geringer. Ihr Zustand wird erheblich schlechter eingeschätzt. Dies ist insofern relevant, als die Länge des privaten Netzes doppelt bis dreifach so lang wie die der öffentlichen Netze ist (Schlüter 2003: 24). Rund 40 % hiervon werden als sanierungsbedürftig eingeschätzt (Berger/Lohaus 2004: 9 f.).

3.1 Struktur und Funktionsweise

In Deutschland erfolgen die Aufbereitung von Trinkwasser und die Behandlung von Abwasser zumeist in zentralen Anlagen. Ein weit verzweigtes Netz von Rohrleitungen und Kanälen sorgt für die Verteilung des Trinkwassers und die Sammlung und den Transport des Abwassers.

Zur Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser wird dem natürlichen Wasserkreislauf Rohwasser (zum größten Teil als Grund- und Quellwasser) entnommen. Das Rohwasser wird – was im Regelfall erforderlich ist – in einer zentralen Wasseraufbereitungsanlage gereinigt und so weit aufbereitet (z. B. durch Filtration, Fällung, Flockung, Desinfektion), dass auf dem Transportweg zum Verbraucher keine nachteiligen qualitativen Veränderungen entstehen können. Die Trinkwasserverteilung erfolgt über Druckleitungen. Um auch zu Spitzenzeiten die Nachfrage befriedigen zu können, werden Wasserspeicher eingesetzt. Nach BMU/UBA (2006: 64) bietet die „zentrale öffentliche Trinkwasserversorgung (...) nach derzeitigem Wissensstand die größte Sicherheit für die Bereitstellung von einwandfreiem Trinkwasser in ausreichender Menge und mit dem technisch notwendigen Druck“. Das Zitat spiegelt die über Jahrzehnte verfolgten Ziele und Aufgaben der Siedlungswasserwirtschaft wider: Die flächendeckende Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser höchster Qualität war das wesentliche Ziel, der Umgang mit Wachstum (Zunahme des Wasserverbrauchs pro Kopf, Bevölkerungswachstum) die wesentlichen Herausforderungen.

Zur Ableitung von Schmutz- und Regenwasser werden im Rahmen der öffentlichen Abwasserbeseitigung vorwiegend Freispiegelleitungen eingesetzt. Dies bedeutet, dass das Abwasser nur aufgrund der Schwerkraft von der höher gelegenen Siedlung zur tiefer gelegenen Kläranlage fließt. Der Wasserstand liegt dabei in der Regel unter dem Rohrscheitel, das heißt, die Kanäle sind nur bei starken Niederschlägen komplett mit Abwässern gefüllt. Das Kanalnetz wird ergänzt von entsprechenden Sammlerbauwerken, z. B. Regenrückhaltebecken und Staukanälen. In der Bundesrepublik Deutschland überwiegt die Mischwasserkanalisa-

tion, die häusliches und gewerbliches Schmutzwasser mit Niederschlagswasser vermischt abführt. Bei der vor allem in den nördlichen Bundesländern vorherrschenden Trennkanalisation werden Schmutz- und Regenwasser in separaten Kanälen abgeleitet, wobei das Regenwasser einer Regenwasserbehandlungsanlage oder bei geringem Verschmutzungsgrad direkt dem Vorfluter zugeführt wird. Das Schmutzwasser hingegen wird in einer zentralen Kläranlage gereinigt und erst dann in einen Vorfluter eingeleitet.

3.2 Alter und Zustand

Mehr als die Hälfte der öffentlichen Wassergewinnungsanlagen ist über 25 Jahre alt. Bei den Wasserverteilungsanlagen liegt ebenfalls mehr als die Hälfte oberhalb dieser Altersgrenze. Der Anteil neuerer Anlagen mit einem Alter von weniger als zehn Jahren beträgt lediglich 5 % (Koziol/Veit/Walther 2006: 71), wobei das Alter eines Leitungssystems nur bedingt auf seinen Zustand schließen lässt. Dieser hängt vielmehr von mehreren Faktoren wie z. B. unterschiedlichen Werkstoffen mit unterschiedlichen Rostschutzhüllungen, aber auch von verschiedenen örtlichen Gegebenheiten wie Veränderung von Verkehrsverhältnissen, des Bewuchses oder der Grundwasserverhältnisse ab (Roscher 2003). Da Rohrleitungen aus hygienischen Gründen schwieriger zu überwachen sind als Abwasserkanäle, wird der Zustand des Trinkwassernetzes häufig an der Leckrate gemessen. Diese ist in Deutschland mit 7,3 % relativ niedrig (zum Vergleich: England und Wales 19,2 %, Frankreich 26,4 %, Italien sogar 28,5 %) (BMU/UBA 2006: 67). Allgemein wird der Zustand der Trinkwassernetze besser eingeschätzt als der der Kanalisation, trotzdem sind erhebliche Investitionen in diesem Bereich notwendig (Roscher 2003).

Der Sanierungsbedarf in der kommunalen Abwasserbeseitigung ergibt sich größtenteils aus dem hohen Alter der Kanäle. Nur rund ein Drittel des Kanalnetzes ist jünger als 25 Jahre, der größte Teil (39 %) ist zwischen 25 und 50 Jahre alt, während gut ein Fünftel des Kanalnetzes älter als 50 Jahre ist (Berger/Lohaus 2004: 5). Der Inspektionsgrad des öffentlichen Kanalnetzes liegt gegenwärtig bei knapp unter 80 %. Dadurch liegen genauere Kenntnisse über unterschiedliche Kanalschäden vor. Auf dieser Basis kann festgestellt werden, dass etwa 20 % der öffentlichen Kanalisation kurz- bzw. mittelfristig sanierungsbedürftig sind. Weitere 21,5 % weisen geringfügige Schäden auf und müssen langfristig saniert werden (Berger/Lohaus 2004: 7).

3.3 Investitionsbedarf

Dem aufgezeigten Sanierungsbedarf steht der zu beobachtende starke Rückgang kommunaler Investitionstätigkeit gegenüber. Dieser führt erstens zu sinkenden angebotsseitigen Wachstumsimpulsen aufgrund fehlender Ausbauinvesti-

tionen. Zweitens aber, und mit viel gravierenderen Folgen, ist der Infrastrukturbestand betroffen, da die vielfach zur Bestandserhaltung notwendigen Ersatzinvestitionen nicht im erforderlichen Ausmaß erfolgen (Jakubowski 2006).

Einer im Jahr 2008 veröffentlichten Studie des Deutschen Instituts für Urbanistik (Reidenbach/Bracher/Grabow et al. 2008) zufolge entfallen für die Jahre 2006 bis 2020 58 Mrd. Euro des Investitionsrückstandes und Investitionsbedarfs im Bereich kommunaler Infrastrukturen auf die kommunalen Abwasseranlagen, die damit nach den Positionen Straßenbau (162 Mrd. Euro) und Schulen (73 Mrd. Euro) den drittgrößten Investitionsbedarf aufweisen. Den größten Anteil des Investitionsbedarfs bei der kommunalen Abwasserbeseitigung haben die Ersatzinvestitionen (rund 44 Mrd. Euro). Sanierungsmaßnahmen im Bereich des Kanalnetzes erfordern davon rund 50 %, während die anderen 50 % sich jeweils etwa hälftig auf den baulichen Teil von Kläranlagen bzw. den Teil der Maschinen- und Elektrotechnik verteilen. Den Investitionsbedarf in der kommunalen Trinkwasserversorgung schätzt die Studie des Deutschen Instituts für Urbanistik auf 29 Mrd. Euro. Auch hier bildet der Ersatzbedarf mit knapp 75 % den deutlich größten Anteil. Erweiterungsbedarf in der öffentlichen Trinkwasserversorgung besteht durch die weitere Erhöhung des Anschlussgrads, der vor allem durch Zunahme der Anzahl der Haushalte und durch Neubautätigkeiten erforderlich wird. Der Ersatzbedarf ergibt sich aus der Nutzungsdauer. Diese wird mit 60 Jahren für den baulichen Teil in der Trinkwasserversorgung und zehn Jahren für den technischen Teil (Ausrüstungen) angesetzt (Reidenbach/Bracher/Grabow et al. 2008: 136 f.). Darüber hinaus besteht, wie bereits geschildert, ein erheblicher Sanierungsbedarf im Bereich der privaten Anlagen und Netze.

3.4 Auswirkungen des Investitionsrückstandes auf die Infrastruktursysteme

Wie deutlich gemacht wurde, sind die Investitionsrückstände erheblich. Dennoch funktionieren die Systeme zumindest augenscheinlich für den Nutzer ohne (größere) Probleme. Warum sollten also in Zeiten knapper öffentlicher Kassen Summen dieser Größenordnungen investiert werden, nur um einen Rückstand auszugleichen? Die Antwort ist einfach: Um langfristig betrachtet Kosten zu sparen!

Kenntnis über diesen Effekt ist spätestens seit dem Stern-Report über die wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels (Stern 2006) weit verbreitet – je länger eine Investition zur Erreichung eines Zustandes x hinausgezögert wird, desto höher wird der Investitionsbedarf zur Erreichung eben dieses Zustandes. Genau dieses Prinzip gilt auch im Bereich der Infrastrukturkosten. Eine Studie der Metropolitan Transportation Commission aus dem Jahr 2000 veranschaulicht, wie sich eine Investitionsverschleppung auf die

Qualität einer Straße auswirkt: Binnen der ersten zehn bis 15 Nutzungsjahre sind die Qualitätseinbußen bei geringen bis unterlassenen Reinvestitionen überschaubar und liegen bei bis zu 40 %. Wird diese „Strategie“ beibehalten, verringert sich die Qualität rasant negativ: Nach bereits drei weiteren Jahren sinkt das Qualitätsniveau um weitere 40 %. Neben dem beschleunigten Qualitätsverlust hat dies jedoch auch wirtschaftliche Konsequenzen. Ohne jährliche Reinvestitionen steigt der Investitionsbedarf nach einer kurzen stabilen Phase rasch stark an und erreicht nach zehn Jahren ein Niveau von rund 250 Mio. £. Jährliche Reinvestitionen von 5 bzw. 6 Mio. £ reduzieren den Investitionsbedarf nach zehn Jahren um fast bzw. mehr als 50 % und damit die Kosten für den öffentlichen Haushalt um 75 bzw. knapp 100 Mio. £. Würden jährlich 11,5 Mio. £ investiert, läge der Investitionsbedarf nach zehn Jahren bei Null – was einer Einsparung von insgesamt 135 Mio. £ binnen zehn Jahren im Vergleich zur Nullinvestitionsstrategie führte (Reidenbach/Bracher/Grabow et al. 2008: 76 ff.).

Die Sanierungsstrategie hat auch erheblichen Einfluss auf die Betriebskosten eines Systems. Denn gleichmäßige Reinvestitionen können zu langfristig stark reduzierten Betriebs- und Reinvestitionskosten führen. Daher stellen die Investitionsrückstände im Infrastrukturbereich neben den langfristig höheren Gesamtkosten für die öffentliche Hand auch eine zusätzliche (und überflüssige!) Belastung der Nutzer dar, die überhöhte Systemkosten über die Gebühren tragen müssen. Zudem erhöht sich das Gefährdungspotenzial für Nutzer und Umwelt, da beispielsweise ungeklärte Abwässer in den Boden und damit ins Grundwasser gelangen können oder eine Wiederverkeimung des Trinkwassers auf dem Transportweg von der Aufbereitung zum Verbraucher erfolgen kann.

3.5 Zwischenfazit zum Stand der Infrastruktur in Deutschland

Die aufgrund langjähriger Erfahrungen erreichte hohe Trinkwasserqualität und der hohe qualitative Stand der Abwasserreinigung kennzeichnen die Siedlungswasserwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Die vorherrschenden zentralen Ver- und Entsorgungssysteme bieten eine hohe Betriebssicherheit und ökonomische Vorteile gegenüber dezentralen Strukturen: Durch Skaleneffekte sinken die spezifischen Behandlungskosten (trotz des größeren Ver- und Entsorgungsnetzes) mit zunehmender Größe. Zudem ist eine weitestgehend flächendeckende Ver- und Entsorgung mit Zugang für alle sozialen Gruppen gewährleistet.

Demgegenüber steht die Mischung unterschiedlicher Wasserströme, die erhebliche Reinigungskapazitäten in Kläranlagen bindet. Einen weiteren Nachteil zentraler Systeme stellen die geringe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an die sich verändernden Rahmenbedingungen

des demographischen Wandels und des Klimawandels dar. Technisch wäre eine Anpassung vielfach möglich. Die hohe Kapitalbindung zentraler Systeme – 70 bis 80 % der Investitionskosten einer Abwasserreinigungsanlage verursacht das Kanalnetz (Günther/Reicherter 2001: 1) – führen zu einer langen Abschreibungsdauer und damit zu einer ‚verordneten‘ langfristigen Nutzung der bestehenden Strukturen. Zudem bestehen aufgrund des verringerten spezifischen Wasserbedarfs auf der einen und der vielerorts rückläufigen Bevölkerungsdichte (und der dadurch zusätzlich reduzierten Nachfrage) auf der anderen Seite erhebliche Überhangkapazitäten in Aufbereitungs- und Behandlungsanlagen, die aus ökonomischer Sicht für einen kurzfristigen radikalen Systemwechsel nicht zugänglich sind. Hinzu kommt der Faktor ‚Erfahrung‘: Über Jahrzehnte hat sich der zentrale Ansatz in der Wasserversorgung und der Abwasserreinigung bewährt, es gibt umfassende Betriebserfahrungen, und Deutschland gilt weltweit als Vorzeigeland in Sachen leitungsgebundener Infrastruktur.

Gleichzeitig führt der in vielen Kommunen über Jahre aufgeschobene Sanierungsbedarf der Kanalsysteme zu einem kurz- bis mittelfristig hohen Investitionsbedarf, der seinerseits bei einer systemaren Betrachtung neue Handlungsspielräume für zukünftige technische Infrastruktursysteme eröffnen kann (vgl. Wilderer/Paris 2001; Koziol/Veit/Walther 2006; Reidenbach/Bracher/Grabow et al. 2008). Hier ergibt sich ein Gelegenheitsfenster für die Diskussion über einen potenziellen Paradigmenwechsel in der Siedlungswasserwirtschaft – weg von ausschließlich zentralen und sektoral getrennten Ansätzen hin zu mehr Vielfalt in Aufbereitung, Verteilung, Sammlung und Nutzung verschiedener Stoffströme.

4 Das Konzept semizentraler Infrastruktursysteme

4.1 Dezentrale vs. zentrale Infrastrukturlösungen

In Fachkreisen werden seit Jahren zentrale und dezentrale wasserwirtschaftliche Systeme kontrovers diskutiert. Die hohen Investitionskosten für bestehende zentrale, also ganze Stadtgebiete umfassende leitungsgebundene Systeme der Wasserversorgung und -verteilung sowie der Abwasser-sammlung und -reinigung führen zu langfristiger Kapitalbindung und damit zu einer Festlegung auf das gewählte System für mehrere Jahrzehnte. Gleichzeitig ist aber ein professioneller Betrieb bei stabilen Kosten gesichert, sofern die Rahmenbedingungen gleich bleiben. Im Gegensatz dazu sind dezentrale Ver- und Entsorgungssysteme oder -einheiten besser an Einzelfallerfordernisse anpassbar. Hier sind die Investitionskosten spezifisch jedoch höher, ebenso wie die Kosten zur Sicherung eines professionellen Betriebes. Allerdings ist bei dieser Lösung die Vorlaufzeit (Konzeption

und Umsetzung) bis zur Inbetriebnahme des Systems deutlich geringer als bei umfassenden zentralen Systemen. Verschiedene Untersuchungen (z. B. Jeffrey/Jefferson 2002) zeigen zudem, dass die Akzeptanz einer Wasserwiederverwendung mit Verkleinerung des Einzugsgebietes zunimmt, so dass auch in diesem Punkt dezentrale Systeme von Vorteil sind.

Beide Ansätze weisen ökonomische, ökologische und soziale Vor- bzw. Nachteile auf. Im Folgenden wird der Ansatz integrierter semizentraler Infrastruktursysteme beschrieben, dessen Ziel es ist, die spezifischen Vorteile zentraler und dezentraler Systeme zu vereinen und deren Nachteile zu minimieren. Solche Systeme, die in ihrer Größe zwischen „zentral“ und „dezentral“ liegen und im Folgenden „semizentral“ genannt werden, sind entsprechend „so klein wie möglich und gleichzeitig so groß wie nötig“ zu konzipieren (Weber/Bieker/Selz et al. 2005: 184).

4.2 Der Ansatz integrierter semizentraler Infrastruktursysteme

Der Ansatz integrierter semizentraler Infrastruktursysteme des Instituts IWAR der Technischen Universität Darmstadt greift die Herausforderungen auf, die hohe und schnelle urbane Wachstumsraten an die technische Infrastruktur in den Bereichen der Wasserversorgung, Abwasserreinigung und -entsorgung sowie Abfallbehandlung und -entsorgung stellen. Die in vielen Schwellen- und Entwicklungsländern Asiens und Afrikas anzutreffenden Urbanisierungsraten stellen alle bislang bekannten Entwicklungen in den Schatten: Urbane Zentren wie Shanghai, Dhaka oder Lagos sind mit Zuwachsraten von 32 bis 58 Menschen pro Stunde (!) konfrontiert (Burdett/Rode 2007: 28 f.), was bedeutet, dass die Städte jedes Jahr um 280 000 bis 500 000 Einwohner wachsen. Neben vielfältigen anderen Herausforderungen ist die Vorhaltung der technischen Infrastruktur zur Sicherung hygienischer Verhältnisse eine der wesentlichen Aufgaben.

Konventionelle Ver- und Entsorgungssysteme sind sektoral angelegt (vgl. Abb. 1), das heißt, die Wasserversorgung wird unabhängig von der Abwasserentsorgung und diese wiederum un-abhängig von der Abfallbeseitigung geplant und organisiert.

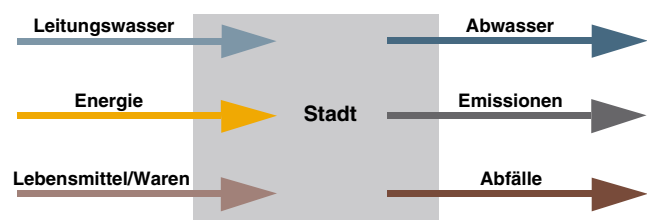


Abb. 1 Prinzipiskizze zentraler Ver- und Entsorgungssysteme: Sektoriale Behandlung

Das Trink- bzw. Leitungswasser wird an zentraler Stelle aus Rohwasser aufbereitet und in das Verteilnetz eingespeist. Das bei den Nutzern entstehende Abwasser wird zentral über eine Schwemmkanalisation gesammelt und zu einer zentralen, in der Regel außerhalb des Siedlungsraumes gelegenen Abwasserreinigungsanlage transportiert, dort aufbereitet und in einen Vorfluter eingeleitet. Im Abfallbereich gibt es in Schwellen- und Entwicklungsländern vielfach so genannte Fliegende Händler, die privaten Haushalten Wertstoffe abkaufen. Öffentliche Abfallsammlungen erfolgen vielfach unsortiert und der organische Anteil ist entsprechend hoch. Die gesammelten Abfälle werden oft unbehandelt deponiert, was einerseits einen hohen Platzbedarf erfordert, andererseits zu Problemen in der Deponieführung aufgrund von biologischen Abbauprozessen und damit von Setzungen oder Deponiebränden führt (vgl. BMBF 2006; Cornel/Wagner/Chang 2007; Rohde 2007; Bieker 2009).

Vorteile dieses Vorgehens liegen abfallseitig vor allem in den geringen Kosten. Im Abwassersektor ist durch eine zentrale Behandlung zudem ein professioneller Betrieb gewährleistet, da eine effiziente Überwachung der Behandlung und klare Zuständigkeiten gegeben sind. Der Betriebsaufwand der Behandlungsanlagen ist gering und die spezifischen Kosten entsprechend niedrig, da technische Infrastrukturanlagen klaren Skaleneffekten unterliegen, das heißt, mit zunehmender Größe nehmen die spezifischen Kosten für die Aufbereitung von Trinkwasser und die Behandlung von Abwasser und Abfall ab (vgl. Günther/Reicherter 2001; Reicherter 2003).

Der Ansatz integrierter semizentraler Infrastruktursysteme knüpft an den Systemnachteilen der langen Transportwege, der hohen Kapitalbindung, der geringen Anpassungsfähigkeit und der Verhinderung einer Kreislaufführung in zentralen Systemen an und fokussiert kleinere und integrierte Lösungen, die die großen Verteil- und Sammelnetze vermeiden und gleichzeitig eine Kreislaufführung ermöglichen. Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme ver- und entsorgen somit nicht ganze Stadtgebiete, sondern vielmehr kompakte Siedlungseinheiten. Zur Ermöglichung einer Kreislaufführung wird die Nutzung von Synergieeffekten durch gemeinsame bzw. integrierte Planung und Behandlung angestrebt. Dies erfolgt über

- die Einsparung von Trinkwasser durch den qualitätsgemäßen Einsatz von Wasser für unterschiedliche private Nutzungen,
- die Reduktion der Mengen und der biologischen Aktivität von Bioabfällen und Klärschlämmen und
- die Nutzung von Energiepotenzialen im Gesamtsystem.

Weiterhin steht die massive Reduktion der Kanal- und Druckleitungslängen im Vordergrund. Semizentrale Systeme fokussieren daher eine anfallortnahe Aufbereitung und Behandlung der benötigten bzw. anfallenden Stoffströme.

Zur Minimierung der Kanal- und Leitungslängen ist eine integrierte wohnortnahe Behandlung in einem „semizentralen Ver- und Entsorgungszentrum“ intendiert. Durch die daraus resultierende Nähe zu sensiblen Nutzungen wird das semizentrale Ver- und Entsorgungszentrum als baulich geschlossene Lösung (Einhausung) vorgesehen, so dass Lärm-, Geruchs- und Schadstoffemissionen minimiert werden.

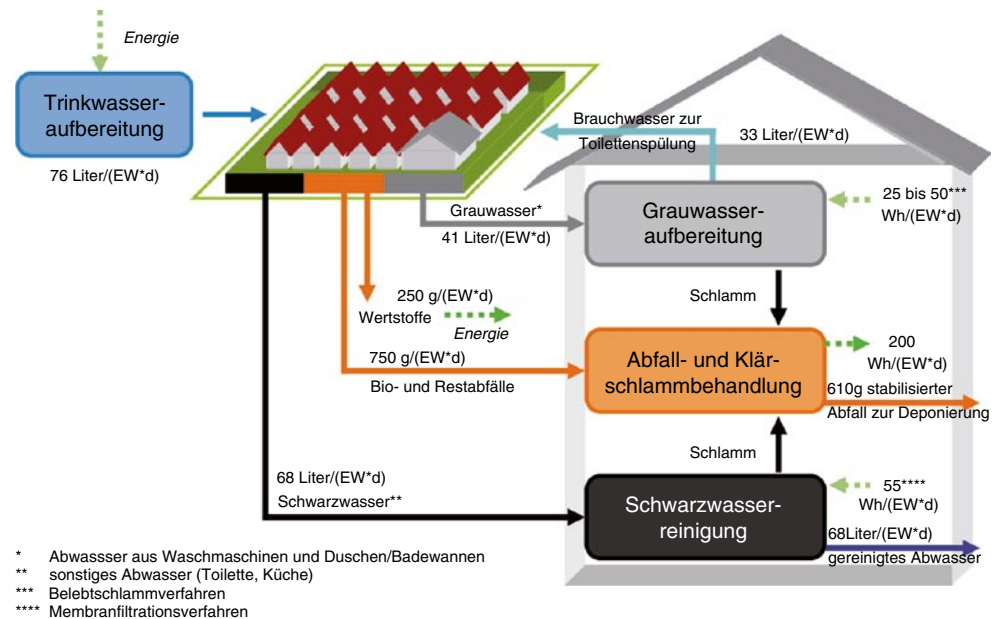
Das semizentrale Ver- und Entsorgungssystem umfasst dabei die Aufbereitung bzw. Behandlung der Stoffströme Trinkwasser, Grauwasser (Abwasser aus Dusch- und Waschmaschinenabläufen)¹, Schwarzwasser (Abwasser aus Küchen und Toilettenabläufen), Bio- und Restabfälle² sowie Klärschlämme (aus der Trink- und Grauwasseraufbereitung sowie der Schwarzwasserbehandlung). Abbildung 2 veranschaulicht das Zusammenwirken der verschiedenen Stoffströme und visualisiert die Wassermengen und Energieflüsse. Die Berechnungen basieren auf den Bedarfs- und Verbrauchsdaten der Stadt Qingdao in der Volksrepublik China.

Der Tageswasserbedarf von insgesamt 109 Litern im Beispielfall kann mit 76 Litern Trinkwasser gedeckt werden, da die Toilettenspülung mit Brauchwasser aus aufbereitetem Grauwasser beschickt wird. Die durchschnittliche tägliche Abfallmenge liegt bei einem Kilogramm pro Person und lässt sich in etwa 250 g Wertstoffe wie Kunststoffe, Papier und Metall und rund 750 g biogene Abfälle und Restabfälle unterteilen. Diese größere Fraktion wird innerhalb des semizentralen Ver- und Entsorgungszentrums behandelt, die Wertstoffe wie beschrieben im Regelfall zuvor informell aussortiert. Die Vergärung (anaerobe Behandlung) der Abfälle reduziert die Menge auf 610 g mit erheblich reduzierter biologischer Aktivität, was einerseits Deponiefläche spart und andererseits die Methanbildung im Deponiekörper minimiert. Gleichzeitig wird energetisch nutzbares Biogas gewonnen. Im Falle des Verbleibens der Wertstoffe im Abfall würden diese vor der anaeroben Behandlung abgetrennt und könnten zusätzlich zu so genannten Ersatzbrenn-

¹ Laut DIN 4045 umfasst Grauwasser alle Abwasserströme, die nicht mit Fäkalien versetzt sind. Da im Kontext semizentraler Anlagen im ersten Schritt eine Wasserwiederverwendung zunächst nur zur Toilettenspülung angedacht ist, wird der aufzubereitende Grauwasserstrom auf die am geringsten verschmutzten Ströme begrenzt, um die Aufbereitung zu Brauchwasser zu vereinfachen.

² Grundsätzlich ermöglicht der Ansatz auch eine getrennte Behandlung von Bio- und Restabfällen, die eine Verwertung des Gärückstandes beispielsweise zur landwirtschaftlichen Nutzung ermöglichen könnte. Aufgrund der anfallenden Abfallmengen in hoch verdichteten urbanen Räumen existieren lokal jedoch kaum Abnehmer für diese Produkte, so dass diese zur Verwertung über lange Strecken ins Umland transportiert werden müssten. Entsprechend entfällt im semizentralen Ansatz die Trennung von Bio- und Restabfällen, da – von Einzellösungen abgesehen – von einer Deponierung des Gärückstandes auszugehen ist.

Abb. 2 Prinzipskizze eines semizentralen Ver- und Entsorgungszentrums: Integrierte Behandlung der verschiedenen Stoffströme zur Nutzung von Synergieeffekten



stoffen aufbereitet werden, die die Gesamtenergiebilanz des Systems positiv beeinflussen.

Energetisch werden innerhalb des beispielhaften semizentralen Ver- und Entsorgungszentrums für die Stadt Qingdao für die Aufbereitung und Behandlung der Stoffströme Grauwasser, Schwarzwasser, Abfälle und Klärschlämme zwischen 80 und 105 Wh je Einwohner und Tag benötigt, während durch die Biogasgewinnung und dessen energetische Nutzung ein spezifischer Wert von 200 Wh generiert werden kann. Das System kann somit energieautark betrieben werden und leistet einen positiven Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. Die Trinkwasseraufbereitung ist in diesem Kontext nicht mit bilanziert. Dies beruht darauf, dass die Trinkwasseraufbereitung in China zentral geführt werden muss und somit von gesetzlicher Seite keine semizentralen Lösungen im Trinkwasserbereich möglich sind.

Die zu behandelnden Stoffströme sind in spezifischen Werten pro Einwohner und Tag angegeben. Um Tagesganglinien ausgleichen zu können, bedarf diese Konzeption einer Mindestgröße von mehr als 10 000 Einwohnern, die an ein integriertes Ver- und Entsorgungszentrum angeschlossen sind. Nur so kann sichergestellt werden, dass ausreichende Brauchwassermengen zur Toiletenspülung zur Verfügung stehen, auch wenn mehrere Tage lang in einem Haushalt kein Grauwasser angefallen ist. Auch ist das Grau- und Brauchwassersystem kein geschlossenes: Im Falle eines Ausfalls der Grauwasseraufbereitung oder eines zu geringen Brauchwasserdargebotes wird das System mit Trinkwasser gespeist.

4.3 Synergieeffekte durch integrierte semizentrale Behandlung

Integrierte semizentrale Ver- und Entsorgungszentren lassen sich aufgrund der Energiegewinnung aus Klärschlamm und Abfällen energieautark betreiben. Dies erhöht die Behandlungssicherheit für die Nutzer auf der einen und die Entsorgungssicherheit aus Umweltgesichtspunkten auf der anderen Seite. Zusätzliche Energiepotenziale liegen in der Wärme(rück)gewinnung aus Grauwasser innerhalb des semizentralen Ver- und Entsorgungszentrums. Das Grauwasser hat je nach Anwendung eine Temperatur von 15° bis 60° C. Nach der Aufbereitung zu Brauchwasser fördert die hohe Durchschnittstemperatur die Gefahr der Wiederverkeimung während der Speicherung. Die Nutzung der Temperatur des Grauwassers zu Wärmezwecken beispielsweise im angrenzenden Siedlungsgebiet könnte einerseits Wärmeenergie einsparen, andererseits die Gefahr der Wiederverkeimung bzw. den Chemikalieneinsatz zu deren Verhinderung deutlich reduzieren.

Die Kompaktheit semizentraler Systeme reduziert die Kapitalbindung durch kürzere Leitungs- und Kanalnetze erheblich. Gleichzeitig ist durch schnellere Realisierungszeiten und kleinere Ver- und Entsorgungseinheiten eine verbesserte Planungssicherheit durch schnellere Systemauslastung (vgl. Bieker 2009) gegeben. Die höhere Flexibilität semizentraler Systeme im Vergleich zu konventionellen zentralen Lösungen ergibt sich zum einen aus der geringeren Größe und der daraus resultierenden Anpassbarkeit der in Planung befindlichen Einheiten, aber auch aus der erhöh-

ten Flexibilität bestehender Systeme an sich verändernde Rahmenbedingungen, die aufgrund der verringerten Netzgröße und der reduzierten Kapitalbindung möglich wird.³ Die begrenzte Einwohnerzahl, die kompakte Netzstruktur und die potenzielle Autarkie integrierter semizentraler Systeme verringert zudem ihre Vulnerabilität. Im Falle von Naturkatastrophen wie Erdbeben, Stürmen oder Überflutungen würden Schäden an Anlagen oder im Netz (verhältnismäßig) wenige Menschen treffen, die im Unglücksfall z. B. mit Tankwagen mit Trinkwasser versorgt werden könnten. Schäden an der Aufbereitungsanlage oder im Verteilernetz zentraler Anlagen können eine Vielzahl von Menschen gleichzeitig treffen, deren Versorgung im Notfall als weit aus schwieriger einzuschätzen ist (vgl. dazu z. B. Cornel/Weber/Böhm et al. 2004).

4.4 Zwischenfazit: Potenziale integrierter semizentraler Ver- und Entsorgungssysteme

Wie gezeigt bietet der integrierte semizentrale Ansatz verschiedene Vorteile gegenüber zentralen sektoralen Systemen: Der gewohnte Komfort zentraler Systeme ist gesichert, ebenso die Ver- und Entsorgungssicherheit – sowohl aus qualitativer als auch aus quantitativer Sicht. Die Trennung der Wasserströme ermöglicht eine Verringerung des Wasserbedarfs, während die integrierte Behandlung von Klärschlämmen und Abfällen zu einem energieautarken Betrieb und damit zu einer Verringerung der Treibhausgasemissionen im Vergleich zu sektoralen Ansätzen führt, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden.

5 Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme – Lösungsansätze für die Herausforderungen der Gegenwart in Deutschland?

Wie dargestellt werden konnte, sind die bestehenden Infrastruktursysteme der Siedlungswasserwirtschaft mit neuen Herausforderungen konfrontiert. Zeitweilig erhebliche Überlastungen sind die Folge von Starkregenereignissen, die im Zuge des Klimawandels weiter an Intensität und möglicherweise auch Häufigkeit zunehmen werden. Im ‚Tagesgeschäft‘ ist die Siedlungswasserwirtschaft aufgrund rückläufiger Verbrauchs- und Bevölkerungszahlen jedoch vielmehr mit dem gegenteiligen Phänomen konfrontiert, nämlich mit erheblichen Unterauslastungen von Leitungs- und Aufbereitungs- bzw. Behandlungsanlagen – mit allen technischen, ökologischen und finanziellen Folgen von

Überhangkapazitäten. Vor allem in den Netzen sind diese Effekte schwierig bis gar nicht zu kompensieren. Technische Behandlungsanlagen bestehen im Regelfall aus einzelnen Modulen, von denen im Unterlastfall einzelne abschaltbar sind. Die technische Leistungsfähigkeit der Aufbereitung bzw. Behandlung bleibt so gewährleistet. Anders stellt sich die Situation in Kanälen und Druckleitungen dar: Diese sind auf Durchflussmengen dimensioniert, die, wenn diese nicht anfallen bzw. abgenommen werden, die Standzeiten des Wassers erhöhen – zu Lasten der Trinkwasserqualität auf der einen und der Funktionsfähigkeit der Schwemmkanalisation auf der anderen Seite.

Der dargestellte Sanierungsbedarf großer Teile der Infrastruktursysteme in der Bundesrepublik kann als Krise angesehen werden, die sich aufgrund aufgeschobener Investitionen der vergangenen Jahre und Jahrzehnte entwickelt hat. Welche Möglichkeiten bietet der damit bestehende Handlungsbedarf im Bereich der systemaren Komponenten (vor allem der Netze) für einen Systemwechsel hin zu kleineren, kompakten und anpassungsfähigeren Lösungen? Welche Chancen könnten daraus erwachsen, beispielsweise verschiedene Wasserströme in der Erfassung und Behandlung zu trennen und damit Energie, Leitungsnetze, Investitions- und Betriebskosten zu sparen?

Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden die einzelnen siedlungswasserwirtschaftlichen Komponenten des integrierten semizentralen Ansatzes im Hinblick auf ihre Übertragbarkeit auf die Herausforderungen der Bestandssituation in Deutschland untersucht.

5.1 Semizentrale Trinkwasserversorgung

Dem Verständnis eines komplett integrierten semizentralen Systems folgend würde Trinkwasser aus regionalen bzw. lokalen Rohwasserquellen (Grundwasser, Oberflächenwasser, Uferfiltrat) gewonnen, in einem integrierten semizentralen Ver- und Entsorgungszentrum aufbereitet und als Trinkwasser den Nutzern zugeführt. Diese für den Siedlungsneubau im Bereich schnell wachsender urbaner Räume mit hohen Siedlungsdichten konzipierte Lösung entspricht insofern in ihren wesentlichen Punkten bereits der Trinkwassergewinnung, -aufbereitung und -versorgung in der Bundesrepublik.

Wesentliches Merkmal der Trinkwasserversorgung in der Bundesrepublik ist die Qualität des Trinkwassers: Die hohe Versorgungssicherheit, auch in heißen Sommern wie im Jahr 2003, in Kombination mit der permanent hohen Qualität ist einmalig in Europa. Trotz hoher Trinkwasserpreise sind die Kosten gerechtfertigt: In den meisten anderen europäischen Ländern ist entweder die Qualität nicht vergleichbar oder die Preise sind staatlich subventioniert (Metropolitan Consulting Group 2006; Libbe/Scheele 2008: 110). Eine Verkleinerung des Maßstabs bestehender Trinkwasserver-

³ Die Reduzierung der Leitungslängen und -durchmesser geht im Rahmen des semizentralen Ansatzes mit einer doppelten Leitungsführung zur Wasserrückverwendung einher. Eine Flexibilitätseinbuße sehen die Autorinnen hierin nicht, da die Wasserqualitäten jederzeit beeinflussbar und auch Teilsysteme unabhängig voneinander nutzbar sind.

sorgungssysteme (Gewinnung und Aufbereitung) würde die Kosten unweigerlich steigern. Dezentrale Lösungen sind bei gleichem Qualitäts- und Sicherheitsniveau aufgrund des hohen Überwachungsaufwandes als teurer einzuschätzen als bestehende Systemgrößen.

Potenzial besteht allerdings im Drucknetz. Auch hier liegt kurz- bis mittelfristig ein nicht unerheblicher Sanierungsbedarf vor, der die einmalige Chance bietet, den rückläufigen Trinkwasserabnahmemengen (bedingt durch technische Innovationen, demographischen Wandel und gegebenenfalls Wasserwiederverwendung) durch geringere Rohrdurchmesser zu begegnen (Roscher 2006). Erste Ansätze zur kostensparenden Sanierung und Verkleinerung der Rohrdurchmesser sind bereits in Cottbus realisiert: In bestehende Druckleitungen werden Leitungen mit geringerem Durchmesser eingezogen und die Durchflussmengen reduziert. Ergänzend zur Verringerung der Aufbereitungsmengen in bestehenden Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen können so die Standzeiten kostengünstig reduziert und die Trinkwasserqualität an der Zapfstelle gesichert werden.

5.2 Trennung von Grau- und Schwarzwasser ...

5.2.1 ... zur häuslichen Wiederverwendung

Die Wiederverwendung von Grauwasser als häusliches Brauchwasser ist technisch einfach möglich und kann zu einer Reduzierung des häuslichen Trinkwasserverbrauchs von 30 % bis 40 % führen.⁴

Während bei entsprechenden dezentralen Konzepten der Einsatz von Entsorgungsleitungen entfallen kann, erfordert der semizentrale Ansatz sowohl im Druck- als auch im Kanalnetz eine doppelte Leitungsführung. Daher sind kurze Distanzen von wenigen Hundert Metern bis einigen Kilometern zwischen Anfall- bzw. Verwendungs-ort und Wiederaufbereitung notwendig, um die Transportaufwendungen des Grauwassers zur Behandlung und des Brauchwassers von der Behandlung zur Wiederverwendung möglichst gering zu halten (BMBF 2006). Der Ansatz integrierter semizentraler Infrastruktursysteme fordert dementsprechend Aufbereitungseinrichtungen in räumlicher Nähe zu bzw. in den Siedlungsgebieten. Die Integration zusätzlicher Aufbereitungsanlagen in den Siedlungsbestand ist allerdings vor allem vor dem Hintergrund der Lebensdauer bestehender Behandlungsanlagen als schwierig und kostspielig einzuschätzen. Gleichzeitig müssten Flächen im Bestand für Abwasserbehandlungsanlagen gefunden und diese dann realisiert werden. Auch spielen das Leitungs- und das Kanalnetz eine wichtige Rolle. Wie zuvor beschrieben ist das Ver- und Entsorgungssystem in öffentliche und

private Bereiche zu unterscheiden. Die Entscheidung für eine Trennung unterschiedlicher Abwasserströme kann also nicht allein von der Gemeinde getroffen werden, sondern muss auch die privaten Leitungsanteile und die im privaten Bereich zu treffenden Investitionsmaßnahmen berücksichtigen. Abbildung 3 zeigt drei Varianten, wie im Rahmen der kommunalen Entwässerungssatzung die Zuständigkeiten für die einzelnen Kanalisationsabschnitte von der Grundleitung bis zum Hauptsammler geregelt sein können.

Ansatzpunkt für einen sukzessiven Systemwechsel hin zu einer Trennung der verschiedenen Abwasserströme könnte der Sanierungsbedarf der Kanalisation sein. Wie dargestellt, sind 20 % der Kanäle im öffentlichen Bereich in Deutschland als kurz- bis mittelfristig sanierungsbedürftig eingestuft, die Schätzwerte für den privaten Bereich liegen mit 40 % noch weit darüber. Die gesetzlich vorgeschriebene Dichtheitsprüfung von Hausanschlüssen bis zum Jahr 2015 eröffnet neue Chancen für einen Systemwechsel, bei dem die Herausforderungen für die Wasserver- und -entsorgung hinsichtlich der ohnehin rückläufigen Verbrauchswerte und deren Auswirkungen unbedingt zu berücksichtigen sind. Erfahrungen aus Pilotprojekten zeigen, dass es technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist, die Sanierung der öffentlichen Kanalisation in einem ganzheitlichen Konzept mit der Sanierung von Hausanschlusskanälen und Grundstücksentwässerungsanlagen zu planen. Werden dabei anstelle „harter“ rechtlicher Mittel (wie z. B. Sanierungsverfügung) Kooperationsmodelle zwischen Kommune und Grundstückseigentümern eingesetzt, ist die Aussicht auf eine erfolgreiche Durchführung der groß angelegten Sanierungsmaßnahme mit Vorteilen für beide Seiten deutlich besser. Schlüter (2003) beschreibt am Beispiel der Gemeinde Würselen, dass durch eine fachlich fundierte Planung und Vorbereitung der Sanierungsarbeiten durch die Gemeinde qualitativ hochwertigere Ergebnisse erzielt werden können, die Arbeiten schneller durchgeführt werden und die Kosten für die Bürger um 50 % reduziert werden konnten.

Eine langfristige Planung könnte den schrittweisen Umbau der Kanalisation einer Gemeinde – sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich – ermöglichen. Notwendig dafür wären allerdings das Erkennen der langfristig realisierbaren Potenziale und die Kostenkalkulation eines langfristigen sukzessiven Systemwechsels. In Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren wie Siedlungsdichte, Länge der Transportwege, bestehende Behandlungskapazitäten der zentralen Anlage bzw. Möglichkeit der Integration von Aufbereitungsanlagen für weitere Abwasserströme auf der bestehenden zentralen Kläranlage muss jeweils vor Ort abgewogen werden, ob sich eine Grauwasseraufbereitung (mit dem Ziel der innerstädtischen Wasserwiederverwendung) – wie in Abb. 4 oben dargestellt – in den Siedlungsbestand integrieren lässt oder ob die Aufbereitung – wie in

⁴ Dies erfolgt durch den Einsatz von Abläufen aus Dusche, Waschbecken und Waschmaschine zur Toilettenspülung.

Abb. 3 Grenzen privater und öffentlicher Kanalisation.
(Quelle: Eigene Darstellung nach Schlüter/Bosseler (2003))

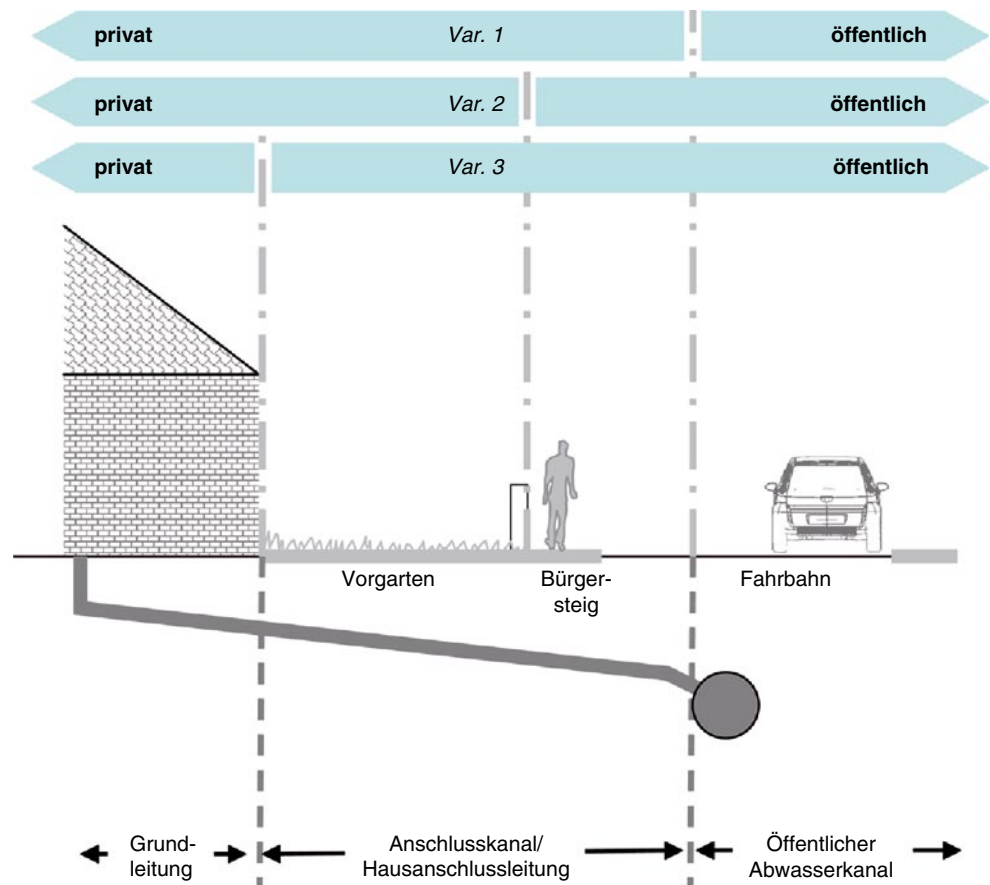


Abb. 4 Vergleich der Wassermengen im konventionellen zentralen Mischsystem (oben) und nach Umstellung auf Trennkanalisation und Grauwasserwiederverwendung im Privathaushalt (unten)

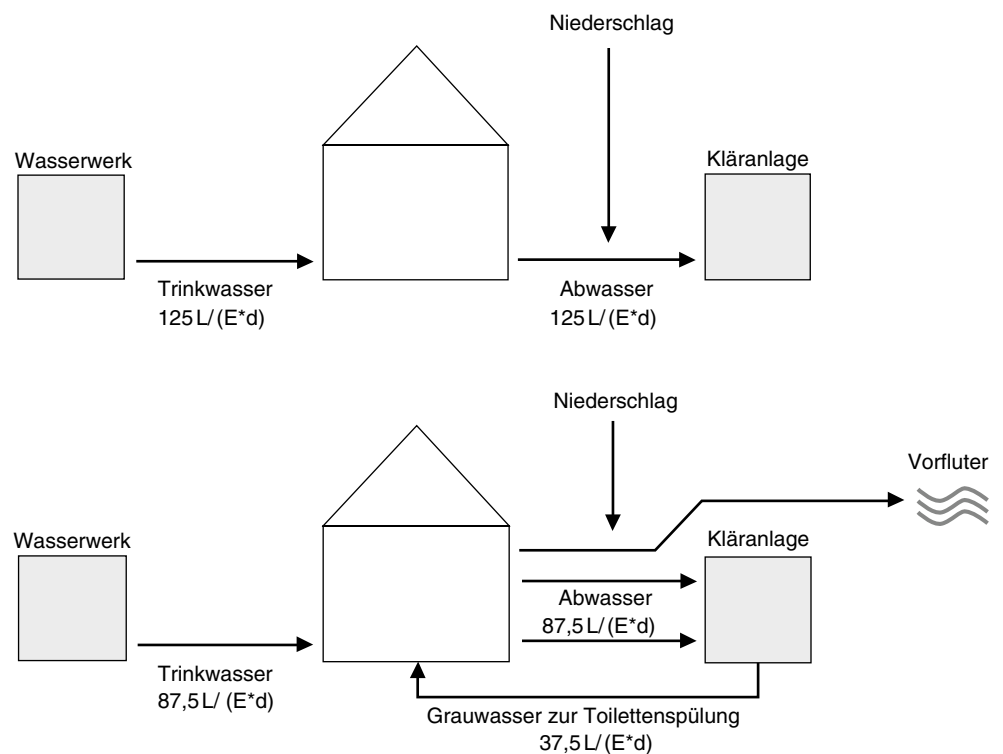


Abb. 4 unten dargestellt – sinnvoller zentral vorgenommen wird.

5.2.2 ... zur gewerblichen Wiederverwendung

Wenn aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (z. B. zu lange Transportwege oder ein günstiger Wasserpreis) eine Rückführung des aufbereiteten Grauwassers zur Wiederverwendung in den privaten Haushalten nicht sinnvoll erscheint, müssen alternative Einsatzmöglichkeiten gefunden werden. Dies könnte aus planerischer Sicht ein ‚Brauchwasser-Loop‘ von der Aufbereitungsanlage zu einem Industrie- und Gewerbegebiet sein. Ob diese Variante bei der sich abzeichnenden Zunahme der Wasserkreislaufführung im industriell-gewerblichen Bereich eine nachhaltige Lösung darstellen kann, muss im Einzelfall überprüft werden. Denn neue Entwicklungen bei der Wasseraufbereitung, wie z. B. die Membrantechnik, lassen es nach Geiler (2003) wahrscheinlich erscheinen, dass vor allem im industriell-gewerblichen Bereich der Wasserbezug aus dem öffentlichen Netz noch weiter abnehmen wird. Daher sollte genau geprüft werden, ob die Einrichtung zusätzlicher Versorgungsleitungen zur Führung des aufbereiteten Grauwassers von der Aufbereitungsanlage in ein nahe gelegenes Industrie- und Gewerbegebiet eine langfristig tragbare Alternative darstellt.

Unabhängig von der Art (häuslich oder industriell-gewerblich) der Wiederverwendung des aufbereiteten Grauwassers müssen geeignete technische Lösungen gefunden werden, um der Verlangsamung des Schwarzwasserabflusses im Kanal entgegenzuwirken. Je nach Bemessung kann die Trennung von Grau- und Schwarzwasser die hydraulische Leistungsfähigkeit des Kanals stark einschränken. Als Vorteil der anfallortnahen Stoffstromtrennung ist allerdings anzuführen, dass hochkonzentrierte Mengen an Abwasser in der Regel effizienter zu behandeln sind als verdünnte (Christ 2003).

Wenn es dadurch gelingt, unterschiedliche Stoffströme mit ihren spezifischen Eigenschaften optimal zu behandeln und zu verwerten, kann durch eine Nährstoffrückgewinnung ein zusätzlicher wichtiger Beitrag zur Ressourcenschonung geleistet werden (vgl. Sigglow 2010).

5.3 Trennung von Abwasser und Niederschlagswasser

Die getrennte Ableitung von Abwasser und Niederschlagswasser in Form einer Trennkanalisation ist sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht eine sinnvolle Maßnahme – auch und insbesondere vor dem Hintergrund zunehmender Auslastungsschwankungen der Kanalisation bedingt durch die beschriebenen Veränderungsprozesse. Durch die getrennte Ableitung des Niederschlagswassers wird die in der Kläranlage zu behandelnde Wassermenge erheblich reduziert, was (zumindest perspektivisch) zu Kos-

teneinsparungen führt. Die zu behandelnden Abwassermengen bleiben unabhängig von Witterungs- und klimatischen Einflüssen stabil und können daher auch bei Starkregenereignissen zuverlässig und umfänglich gereinigt werden. Bei Starkregenereignissen können 200fach erhöhte Wassermengen anfallen, als dies bei Trockenwetter der Fall ist. Die Mischkanalisation kann diese Mengen trotz Regenrückhaltevorrichtungen nicht aufnehmen und gibt überschüssige Mengen vermischten Niederschlags- und Abwassers ungeklärt in die Vorflut ab. Diese Extremfälle lassen sich durch den Einsatz von Trennkanalisationssystemen verhindern. Ein weiterer positiver Faktor hinsichtlich der Umweltwirkungen stellt die Möglichkeit dar, Niederschlagswasser schnell wieder dem Wasserkreislauf zuzuführen und somit absinkende Grundwasserstände auf der einen und Hochwasserspitzen auf der anderen Seite zu mildern (vgl. Kaiser 2006). Zusätzlich sind die Abkopplung geeigneter Flächen vom Kanalnetz und die Einführung einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung sinnvoll. Dies ist auch im Bestand möglich. Modellprojekte haben gezeigt, dass „mithilfe der offenen Führung, Rückhaltung, Nutzung und Versickerung von Regenwasser in den Freiräumen die Aktivitäten von Stadterneuerung und Stadtentwässerung synergetisch“ verknüpft werden können (Kaiser 2006: 131). Potenziell durch den Stadtumbau freiwerdende Flächen könnten zudem zur anfallsortnahen Regenwasserversickerung genutzt werden, sofern dies nicht durch eventuelle Bodenbelastungen und -verdichtungen aufgrund der vorherigen Nutzung eingeschränkt wird.

Technisch wäre die Trennung durch Einziehung eines Schmutzwasserkanals innerhalb des bestehenden Mischwasserkanals, ähnlich dem „tight-in-pipe“-Verfahren (Naujoks 2004) denkbar (vgl. Abb. 5). Der neue Schmutzwasserkanal würde, entgegen dem Sanierungsverfahren, jedoch einen deutlich geringeren, an die neuen Abwassermengen angepassten Durchmesser aufweisen. Dies würde gleichzeitig die Gefahr der Verlangsamung des Abwasserflusses aufgrund der verringerten Spülmengen in großen Kanaldurchmessern reduzieren und potenziell bestehende unterirdische Regenrückhaltevorrichtungen könnten weiterhin in Funktion bleiben. Der ehemalige Mischwasserkanal mit dem größeren Durchmesser könnte dann als Transportkanal für das Niederschlagswasser dienen.

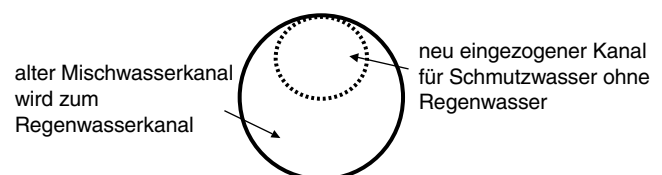


Abb. 5 Rohr-in-Rohr-Prinzip zur Trennung von Niederschlags- und Schmutzwasser

Das gleiche Prinzip wäre auch auf die getrennte Erfassung von Grau- und Schwarzwasser anwendbar: Angepasste Durchmesser der neu einzuziehenden Rohre würden – ein entsprechendes Gefälle vorausgesetzt – den Transport der verschiedenen Stoffströme zur Behandlungsanlage ermöglichen.

Grundsätzlich sind die Kosten für die Umstellung von einer Misch- auf eine Trennkanalisation im Zuge von Sanierungsverfahren als tragbar einzuschätzen, wenn die perspektivisch erzielbaren (Kosten-)Vorteile, die aus der Umstellung realisieren, entsprechend berücksichtigt werden. Lübeck und Karlsruhe können als Beispiele für die Umstellung von Misch- auf Trennkanalisation angeführt werden.⁵ So wäre vorab zu untersuchen, ob die Ersparnis in der Behandlung – es kommen weit geringere Mengen zu behandelnden Schmutzwassers an der Kläranlage an, diese sind zudem stärker aufkonzentriert und machen die Behandlung und Nährstoffrückgewinnung effizienter – die gegebenenfalls anfallenden Kosten für zusätzliche Kanalspülungen kompensieren kann.

5.4 Übertragbarkeit des semizentralen Ansatzes auf Infrastruktursysteme in Deutschland

Die Ausführungen haben gezeigt, dass die wesentliche Herausforderung der Übertragung des semizentralen Ansatzes auf die Infrastruktur in der Bundesrepublik in der integrierten Betrachtung liegt. Ver- und Entsorgungssysteme sind in Deutschland traditionell sektoral angelegt. Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Sektoren, insbesondere zwischen den Sektoren Wasserver- und Abwasserentsorgung (die vielfach bereits in gemeinsamer Hand liegen) und den damit verbundenen Auswirkungen auf andere Infrastrukturbereiche wie die Abfall- und Energiewirtschaft, aber auch die Stadt(entwicklungs)planung, bleiben bislang unberücksichtigt. Ein Ansatz in Richtung einer zukunftsweisenden Infrastrukturentwicklung könnte ein Masterplan Infrastruktur(entwicklung) sein, der die verschiedenen Rahmenbedingungen von Stadtentwicklung und darüber hinaus sowie die daraus resultierenden Auswirkungen auf die verschiedenen Infrastrukturbereiche und deren Wechselwirkungen darstellt und im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung versucht, Synergieeffekte durch „integriertes Denken“ und vorausschauendes Planen zu generieren.

⁵ In Lübeck erfolgte Ende der 1990er Jahre die Umstellung vom Misch- auf das Trennsystem in Form eines Ersatzes des Mischwasserkanals durch einen Schmutzwasser- und einen Regenwasserkanal. Die Stadt Karlsruhe stellte bereits in den 1960er und 1970er Jahren ganze Stadtteile von Misch- auf Trennsystem um, indem der alte Mischwasserkanal für das Schmutzwasser verwendet und ein neuer Regenwasserkanal verlegt wurde (Dörr/Haas 2009).

6 Empfehlungen zur strategischen Entwicklung des semizentralen Ansatzes

6.1 Flächendeckend Trennkanalisation anstreben

Die Etablierung einer Trennkanalisation stellt den ersten (und mit relativ geringen Kosten verbundenen) Schritt innerhalb des vorgestellten semizentralen Ansatzes dar, der mit der Trennung von Niederschlags- und Schmutzwasser zu einer Stabilisierung der anfallenden Wassermengen und damit zu einer deutlich verbesserten Planungssicherheit hinsichtlich der zu behandelnden Abwasserströme führt. Als Begleitmaßnahmen werden die Verbesserung der innerstädtischen Nutzung und Versickerung von Niederschlagswasser empfohlen (vgl. Kaiser 2006; Sigglow 2010).

6.2 Sukzessive Trennung von Grau- und Schwarzwasser vornehmen

Die getrennte Erfassung der verschiedenen Abwasserströme erfordert einen größeren Aufwand als die weiter oben genannte Trennung von Abwasser und Niederschlagswasser. Zusätzlich zu den Kosten der Kanalisation sind hierfür Aufwendungen in der Hausinstallation erforderlich, die eine enge Kooperation der Gemeinde bzw. des zuständigen Entsorgers mit privaten Gebäudeeigentümern bedingt. Wie bereits dargestellt, besteht auch im privaten Bereich ein erheblicher Sanierungsbedarf, der – sofern eine gesamt-räumliche Konzeption erfolgt – durch öffentlichkeitswirksame Maßnahmen, Fördergelder etc. die Erschließung aller Potenziale einer Grauwassernutzung ermöglicht. Grundvoraussetzung für die Berücksichtigung einer getrennten Erfassung und Behandlung von Grauwasser ist jedoch die Sicherung eines behandlungsnahen Abnehmers für das Brauchwasser, um die Aufbereitung sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht (abhängig von Restlaufzeit bestehender Behandlungsanlagen, Umfang des Kanalnetzes etc.) sinnvoll zu gestalten. Für die sukzessive Einführung einer Grauwasseraufbereitung sind daher zwei unterschiedliche Szenarien denkbar.

Szenario 1: Gewerbliche/industrielle Grauwassernutzung
Grauwasser privater Haushalte wird sukzessive getrennt erfasst, für die Aufbereitung zur Kläranlage transportiert und dort in einer separaten Einheit behandelt. Das entstehende Brauchwasser wird als Brauchwasser zur industriellen oder gewerblichen Nutzung eingesetzt. Eine Nutzung nahe der Aufbereitungsanlage minimiert den Transportaufwand von der Behandlungsanlage zum Verwendungsort und spart zudem Material- und Energieaufwand für Leitungssysteme und Wassertransporte – was eine kurzfristige und kostengünstige Umnutzung ermöglicht. Gleichzeitig kann durch den Einsatz von Brauchwasser die Wassermenge bei

der Aufbereitung von Roh- zu Trinkwasser reduziert werden. Ein Rücktransport des aufbereiteten Grauwassers in die Wohngebiete erfolgt nicht. Die erforderliche doppelte Leitungsführung kann in diesem Szenario entfallen. Die Transportproblematik des Schwarzwassers im Kanal aufgrund reduzierter Spülmengen ist – ebenso wie die Trennung der Stoffströme Schwarz- und Grauwasser – mithilfe des Rohr-in-Rohr-Prinzips (vgl. Abb. 5) lösbar.

Szenario 2: Grauwassernutzung in öffentlichen Gebäuden und privaten Haushalten

In räumlicher Nähe zur Kläranlage sind keine adäquaten Abnehmer für das Brauchwasser vorhanden, dennoch ist die Trennung von Grau- und Schwarzwasser z. B. aus Ressourcenschutzgründen politisch gewollt. Voraussetzung für die Umsetzung dieser Maßnahmen ist ein bestehender akuter Sanierungsbedarf im vorhandenen System, der kurzfristige bis mittelfristige Investitionen notwendig macht und damit die Einführung der erforderlichen doppelten Leitungsführung (Grauwasserleitung zur Aufbereitungsanlage, Brauchwasserleitung zurück zu den Verbrauchern) rechtfertigt. Konzeptionell ist dabei die Trennung von Grau- und Schwarzwasser bereits innerhalb der Haushalte vorgesehen, gekoppelt mit einer dezentralen Grauwasserbehandlung innerhalb eines Wohnblocks oder Viertels. Wie oben ausgeführt, können hierdurch die Aufbereitungsmengen im Trinkwassersektor erheblich reduziert werden. Grundsätzlich könnte diese Art der de-/semizentralen Grauwasseraufbereitung auch mit einer Regenwassernutzung gekoppelt werden.

6.3 Mut zur Abkopplung

In Gebieten, in denen der Sanierungsbedarf bestehender zentraler Systembestandteile (insbesondere der Kanalisation) sehr hoch ist und gleichzeitig weitere Kriterien (wie z. B. große Entfernung zu bestehenden Behandlungsanlagen, geringe und weiter abnehmende Bevölkerungsdichte, bestehende und möglicherweise zunehmende Überschwemmungsgefahr) zutreffen, muss die Abkopplung dieser Siedlungsbereiche vom zentralen System ernsthaft erwogen werden. Zur Entscheidungsfindung müssen die Kosten für den mittelfristigen Systemerhalt – technisch lösbar durch zusätzliche Desinfektionsstufen in der Trinkwasserbereitstellung und aufwendige Spülungen der Kanäle zur Transportsicherstellung des Abwassers – den Kosten für die Abkopplung besonders betroffener Gebiete gegenübergestellt werden. Gleichzeitig sind die im Betrachtungszeitraum zu erwartenden Veränderungen der Rahmenbedingungen (Zustand der Ver- und Entsorgungssysteme, Hochwassergefahr, Siedlungsdichte, Bausubstanz, Bevölkerungsprognose) abzuschätzen und in der Kalkulation zu berücksichtigen. Erfolge kann dies beispielsweise anhand von Entwick-

lungsprognosekarten für die Regionalplanung und die kommunale Entwicklungsplanung.

6.4 Anwendung rechtlicher Mittel, flankierender Kooperationsmodelle und finanzieller Anreize

Als Chance für gesamtsystemare Veränderungen wurde der gleichzeitig zum Sanierungsbedarf der kommunalen Netze und Behandlungsanlagen bestehende Sanierungsbedarf innerhalb privater Leitungssysteme im Siedlungsbestand erkannt, der abgestimmte umfassende Systemänderungen überhaupt erst ermöglicht. Zur Umsetzung können die Kommunen auf „harte“ rechtliche Mittel, wie z. B. Sanierungsverfügung, zurückgreifen oder Kooperationsmodelle mit Grundstückseigentümern eingehen. Staatliche Förderprogramme, wie sie im Bereich der energetischen Altbauinsanierung eingesetzt werden (z. B. KfW-Gebäudesanierungsprogramm) könnten einen geeigneten Ansatzpunkt für einen zielgerichteten und gemeinsamen Sanierungsweg öffentlicher und privater Netzbetreiber darstellen.

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Übertragung des integrierten semizentralen Ansatzes auf die Bestandssituation in der Bundesrepublik ist nicht standardisiert möglich. Zudem sind einzelne Komponenten (wie z. B. die Klärschlammnutzung) in der Bundesrepublik – sofern die Rechtslage es zulässt – bereits etabliert. Jedoch besteht eine Vielzahl von Übertragungsmöglichkeiten – individuell angepasst an den konkreten Sanierungsbedarf, an finanzielle Handlungsspielräume von kommunalen und privaten Betreibern und nicht zuletzt in Abhängigkeit von den Einsatzmöglichkeiten für potenziell einzeln aufzubereitende Stoffströme.

Unter Kostengesichtspunkten sind die Betrachtungsgrenzen für die Entscheidung zugunsten eines Systemwechsels von konventionellen zentralen Systemen hin zu zukunftsfähigen alternativen Lösungen von Bedeutung: Neben einer unbestritten erforderlichen betriebswirtschaftlichen Betrachtung sollte auch eine volkswirtschaftliche Betrachtung erfolgen, die die Folgekosten der verschiedenen Systemlösungen einander gegenüberstellt. Grundsätzlich konnte im Rahmen dieses Beitrags festgestellt werden, dass der Sanierungsbedarf bestehender kommunaler Systeme bereits auf einem hohen Niveau liegt und weiter zunimmt, was zu erheblichen Belastungssteigerungen der Nutzer führen wird. Verschärft wird diese Entwicklung durch den demographischen Wandel, in dessen Folge die Bevölkerungsdichten in vielen Teilen der Bundesrepublik zum Teil dramatisch abnehmen. Hinzu kommen neue Herausforderungen in der Wasserwirtschaft, resultierend aus der Klimaveränderung und deren Auswirkungen auf den Niederschlagsanfall. Als Chance

für gesamtsystemare Veränderungen wurde der gleichzeitig zum Sanierungsbedarf der kommunalen Netze und Behandlungsanlagen bestehende Sanierungsbedarf innerhalb privater Leitungssysteme im Siedlungsbestand erkannt, der abgestimmte umfassende Systemänderungen überhaupt erst ermöglicht. Förderprogramme, wie sie im Bereich der energetischen Altbausanierung eingesetzt werden (z. B. KfW-Gebäudesanierungsprogramm) könnten einen geeigneten Ansatzpunkt für einen zielgerichteten und gemeinsamen Sanierungsweg öffentlicher und privater Netzbetreiber darstellen. Eine wesentliche Herausforderung wird ‚nach‘ der konzeptionellen Entwicklung im Betrieb potenzieller integrierter Systeme liegen, da es gilt, unterschiedliche Kompetenzen, Aufgabenfelder und Machtbereiche zusammenzuführen und integriert zu handeln.

Auf der konzeptionellen Seite bleibt festzuhalten, dass der Ansatz integrierter semizentraler Infrastruktursysteme eine Bandbreite von Handlungsoptionen anbietet, die individuellen Anforderungen angepasst werden können und damit einem nachhaltigen Ressourcenmanagement dienlich sein können.

Literatur

- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2009): Raumordnungsprognose 2025/2050. Bonn. = Berichte, Bd. 29.
- Berger, C.; Lohaus, J. (2004): Zustand der Kanalisation in Deutschland. Ergebnisse der DWA-Umfrage 2004. Hennef.
- Bieker, S. (2009): Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme – neue Lösungen für schnell wachsende urbane Räume in Entwicklungs- und Schwellenländern. Darmstadt. = Schriftenreihe des WAR-Fördervereins, Bd. 200.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2006): Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme für urbane Räume Chinas, Teilprojekt 1. Forschungsbericht 02WD0398.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; UBA – Umweltbundesamt (2006): Wasserwirtschaft in Deutschland – Teil 1 Grundlagen. Berlin.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2008): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel – Vorstudie für Modellvorhaben. Bonn. = BBR-Online-Publikation, Nr. 19/2008.
- Burdett, R.; Rode, P. (2007): The Urban Age Project. In Burdett, R.; Sudjic, D. (Hrsg.): The endless city. London, 8–31.
- Christ, O. (2003): Dezentrale Wassermanagement-Konzepte. In: Wasserwirtschaft Wassertechnik 9, 30–35.
- Cornel, P.; Wagner, M.; Chang, Y. (2007): Semi-centralized Supply and Treatment Systems for Urban Areas. IWA International Symposium Water Supply and Sanitation for All. Berching.
- Cornel, P.; Weber, B.; Böhm, H. R.; Bieker, S.; Selz, A. (2004): Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme – eine Voraussetzung zur innerstädtischen Wasserwiederverwendung? In: Verein zur Förderung des Instituts WAR. (Hrsg.): Wasserwiederverwendung – eine ökologische und ökonomische Notwendigkeit wasserwirtschaftlicher Planung weltweit? 73. Darmstädter Seminar Abwassertechnik. Am 4.11.2004 in Darmstadt. Darmstadt, 17–32.
- Dörr, A.; Haas, R. (2009): Flächenmanagement unter Berücksichtigung der privaten Entwässerungssysteme bei der Kanalnetzbeurteilung in Karlsruhe. In: KA – Korrespondenz Abwasser Abfall 56, 5, 481–484.
- DVGW – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (1997): „Wiederverkeimung von Trinkwasser“ und „Nicht ausreichend durchflossene Trinkwasserleitungen“. Bonn. = Wasser-Information Nr. 25; DVGW-Information Ausgabe 8/97.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2009): DWA-Politikmemorandum 2009. Hennef.
- Frommer, B.; Schlipf, S. (2008): Klimawandel als Aufgabe der Stadtentwicklung. Erfahrungen aus der Netzwerkarbeit In: Planerin 2, 15–17.
- Geiler, N. (2003): Wasserverbrauch sinkt dramatisch – Bleiben die Wasserwerke auf ihrem Wasser sitzen? In: Wasserwirtschaft Wassertechnik 10–11, 22–23.
- Günther, F. W.; Reicherter, E. (2001). Investitionskosten der Abwasserentsorgung. München.
- Haakh, F. (2002): Nachhaltige Trinkwasserversorgung in Deutschland. In: Energie Wasser Praxis 7/8, 10–14.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers. Cambridge.
- Jacob, D. (2009): Regionalisierte Szenarien des Klimawandels. In: Raumforschung und Raumordnung 67, 2, 89–96.
- Jakubowski, P. (2006): Stadt ohne Infrastruktur heißt Stadt ohne Zukunft. Zur Agenda kommunaler Infrastrukturpolitik. In: Informationen zur Raumentwicklung 5, 237–248.
- Jeffrey, P.; Jefferson, B. (2002): Public Receptivity Regarding „In-House“ Water Recycling: Results from a UK Survey. Proceedings IWA World Water Congress, 2002. Melbourne.
- Kaiser, M. (2006): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung als Baustein einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung. In: Raumforschung und Raumordnung 64, 2, 126–134.
- Kluge, T.; Koziol, M.; Lux, A.; Schramm, E.; Veit, A. (2003): Netzgebundene Infrastrukturen unter Veränderungsdruck – Sektoranalyse Wasser. Berlin. = Networks Papers, H. 2.
- Koziol, M. (2004): Folgen des demographischen Wandels für die kommunale Infrastruktur. In: Deutsche Zeitschrift für Kommunalwissenschaften 43, 1, 69–83.
- Koziol, M. (2006): Transformationsmanagement unter den besonderen Bedingungen der Schrumpfung. In: Kluge, T.; Libbe, J. (Hrsg.): Transformation netzgebundener Infrastruktur. Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser. Berlin, 355–400. = Difu-Beiträge zur Stadtforschung, Bd. 45.
- Koziol, M.; Veit, A.; Walther, J. (2006): Stehen wir vor einem Systemwechsel in der Wasserver- und Abwasserentsorgung? Sektorale Randbedingungen und Optionen im stadttechnischen Transformationsprozess. Berlin. = Networks Papers, H. 22.
- Libbe, J.; Scheele, U. (2008): Räumliche Aspekte von Qualitäts- und Versorgungsstandards in der deutschen Wasserwirtschaft. In: Informationen zur Raumentwicklung 1/2, 101–112.
- Metropolitan Consulting Group (2006): VEWA-Vergleich Europäischer Wasser- und Abwasserpreise. Berlin.
- Mutschmann, J.; Stimmelmayer, F. (2007): Taschenbuch der Wasserversorgung, 14. Auflage. Wiesbaden.
- Naujoks, G. (2004): Tight in Pipe – das TIP-Verfahren. Grabenlose Rohr-Neuverlegung. In: Wasserwirtschaft Wassertechnik 1–2, 16–20.
- Pennekamp, S.; Frommer, B. (2005): Daten und Fakten zum Flächenverbrauch – Status quo und Szenarien. In: Verein zur Förderung des Instituts WAR. (Hrsg.): Unendliches Wachstum auf endlicher Fläche? 74. Darmstädter Seminar Umwelt und Raumplanung. Darmstadt, 17–36. = Schriftenreihe WAR, Bd. 161.

- Reicherter, E. (2003): Untersuchungen zu Kennzahlen als Grundlage für Kostenbetrachtungen in der Abwasserentsorgung. München.
- Reidenbach, M.; Bracher, T.; Grabow, B.; Schneider, S.; Seidel-Schulze, A. (2008): Investitionsrückstand und Investitionsbedarf der Kommunen. Ausmaß, Ursachen, Folgen und Strategien. Berlin. = Edition Difu – Stadt Forschung Praxis, Bd. 4.
- Rohde, C. (2007): Milchsäurefermentation von biogenen Abfällen. Darmstadt.
- Roscher, H. (2003): Flächendeckende Rehabilitation von Wasserrohrnetzen. In: Wasserwirtschaft Wassertechnik 1–2, 36–40.
- Roscher, H. (2006): Wasserrohrnetze im 21. Jahrhundert. In: Wasserwirtschaft Wassertechnik 3, 43–47.
- Schlüter, M. (2003): Hausanschlusssanierung: Stadtverwaltung kooperiert mit den Bürgern. In: Wasserwirtschaft Wassertechnik 1–2, 24–27.
- Schlüter, M.; Bosseler, B. (2003): Hausanschlüsse sanieren. In: Wasserwirtschaft Wassertechnik 6, 8–14.
- Schmitt, T. G.; Illgen, M.; Kaufmann, I. (2006): Klimawandel – Konsequenzen für die Siedlungsentwässerung? DWA-Expertengespräch in Hennef. In: KA – Korrespondenz Abwasser Abfall 53, 8, 756–759.
- Schott, D. (2006): Wege zur vernetzten Stadt – technische Infrastruktur in der Stadt aus historischer Perspektive. In: Informationen zur Raumentwicklung 5, 249–257.
- Sigglow, J. (2010): Stadtumbau – Gelegenheitsfenster zur Strukturoptimierung einer (Ab-) Wasserbewirtschaftung. In: Altrock, U.; Kunze, R.; Pahl-Weber, E.; von Petz, U.; Schubert, D. (Hrsg.): Weniger, mehr oder anders? Infrastrukturen in der Stadterneuerung. Berlin. = Jahrbuch Stadterneuerung 2010 (in Vorbereitung).
- Statistisches Bundesamt (2006): Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. Wiesbaden. = Fachserie 19, Reihe 2.1.
- Stern, N. (2006): Stern Review on the Economics of Climate Change. Cambridge.
- Stock, M.; Kropp, J. P.; Walkenhorst, O. (2009): Risiken, Vulnerabilität und Anpassungserfordernisse für klimaverletzliche Regionen. In: Raumforschung und Raumordnung 67, 2, 97–113.
- UBA – Umweltbundesamt (2005): Klimafolgen und Anpassung an den Klimawandel in Deutschland – Kenntnisstand und Handlungsnotwendigkeiten. Hintergrundpapier, September 2005. Dessau.
- UBA – Umweltbundesamt (2006): Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Szenarien und nationale Aufgaben. Hintergrundpapier, Oktober 2006. Dessau.
- Weber, B.; Bieker, S.; Selz, A.; Cornel, P.; Böhm, H. R. (2005): Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme – ein Erfolgsfaktor für wachsende und schrumpfende Regionen gleichermaßen? In: Hangebruch, N.; Kiehl, M.; Prossek, A.; Utku, Y.; Weiß, K. (Hrsg.): Agglomerationen – Situation und Perspektiven. Hannover, 182–187. = Arbeitsmaterial der ARL, Nr. 325.
- Wilderer, P. A.; Paris, S. (2001): Integrierte Ver- und Entsorgungssysteme für urbane Gebiete. Abschlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Förderkennzeichen 02WA0067. Garching.
- Zebisch, M.; Grothmann, T.; Schröder, D.; Hasse, C.; Frisch, U.; Cramer, W. (2005): Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensibler Systeme. Dessau.