



Auswirkungen eines technischen Paradigmenwechsels auf die wasserwirtschaftliche Organisation in strukturschwachen ländlichen Räumen

Grit Rost · Kirsten Maier · Martin Böhm · Jörg Londong

Eingegangen: 28. November 2014 / Angenommen: 8. September 2015 / Online publiziert: 23. September 2015
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Zusammenfassung Strukturschwache ländliche Räume in Deutschland stehen teilweise vor enormen Herausforderungen. Es wird zunehmend schwieriger, bestimmte Regionen mit einer adäquaten Infrastruktur zur Sicherung gleichwertiger Lebensverhältnisse zu versorgen. Alternative Ansätze wie Neuartige Sanitärsysteme (NASS) können hierzu einen essenziellen Beitrag leisten. Die Kernidee von NASS ist die Kreislaufführung verschiedener Ressourcen innerhalb siedlungswasserwirtschaftlicher Pfade. Dazu erfolgt die getrennte Erfassung von Teilströmen durch technische Neugestaltung der Infrastruktursysteme. Durch die Möglichkeit, Ressourcen zu gewinnen und zu verwerten, eröffnet sich für strukturschwache ländliche Räume die Perspektive der Wertschöpfung im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft.

Dazu werden hier organisatorische Probleme vor dem Hintergrund der Defizite des konventionellen Entsorgungssystems beleuchtet. Insbesondere im Zuge bedeutender Veränderungen wie der demographischen Entwicklung und dem Klimawandel gilt es, neue Rahmenbedingungen für

die Planung in Betracht zu ziehen. Daher wird beispielhaft untersucht, welche Hemmnisse und Herausforderungen für die Implementierung bzw. den Übergang (Transition) zu neuen technischen und organisatorischen Lösungen für Abwasserinfrastruktursysteme maßgeblich sind.

Schlüsselwörter Raumplanung · Organisation der Wasserwirtschaft · Neuartige Sanitärsysteme (NASS) · Siedlungsentwässerung · Strukturwandel · Strukturschwacher ländlicher Raum

Effects of a Technical Paradigm Change on the Organization of Water Management in Structurally Weak Rural Areas

Abstract Structurally weak rural areas in Germany partially are confronted with enormous challenges. It is becoming increasingly difficult to provide these regions with an adequate infrastructure to secure equivalent living conditions. Alternative concepts such as New Sanitation Systems (NASS) can offer an essential contribution. The main idea of NASS is the driving of resources within urban water circular paths. Therefore a separated collection of waste water flows through a technical re-design of infrastructure systems becomes necessary. Winning and utilizing resources offers a new perspective of value adding for urban water management.

The paper addresses the organizational problems regarding the background and deficits of conventional sewage systems. Especially in the context of important changes, such as demographic development and climate change, new framework requirements for planning need to be taken into account. Therefore it is investigated which constraints

G. Rost, Dipl. Geographin (✉) · K. Maier, M.Sc. · Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Londong
Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is), Bauhaus-Universität Weimar,
99423 Weimar, Coudraystraße 7, Deutschland
E-Mail: grit.rost@uni-weimar.de

K. Maier, M.Sc.
E-Mail: kirsten.maier@uni-weimar.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Londong
E-Mail: joerg.londong@uni-weimar.de

M. Böhm, M.Sc.
GSL Sachsen/Thüringen GmbH & Co. KG,
09405 Zschopau, An den Anlagen 20, Deutschland
E-Mail: boehm@gsl-sachsen-thueringen.de

and challenges influence the implementation of new technical and organizational solutions for sanitation systems.

Keywords Urban and regional planning · Organization of water management and sanitation · New sanitation systems · Sewage systems · Structural change · Structurally weak rural areas

1 Einleitung und Problemstellung

Infolge von Umbrüchen und besorgniserregenden Umfeldentwicklungen wie dem demographischen Wandel, dem Klimawandel, der Globalisierung, der Liberalisierung auf nationaler und supranationaler Ebene und dem gleichzeitigen politischen Ziel einer nachhaltigen Entwicklung wird es teilweise schwierig, strukturschwache ländliche Räume (genauer dazu in Kap. 2.2) mit einer angemessenen Infrastruktur zu versorgen. Gleichzeitig führt unter anderem die Zunahme von Extremwetterlagen zu neuen Herausforderungen im Sektor Abwasserwirtschaft. Moss (2008) erläutert die Probleme der technischen Funktionalität, der Politik und der wirtschaftlichen Machbarkeit beim Betrieb der Infrastruktur in auf Wachstum ausgerichteten, aber schrumpfenden, zersplitterten Regionen in Ostdeutschland. Libbe/Scheele (2008) beschreiben ausführlich, dass durch die neuen Entwicklungen von Regionen aus der Perspektive der Daseinsvorsorge raumplanerische Herausforderungen entstehen. Im Bereich der Abwasserwirtschaft stoßen insbesondere die konventionellen zentralen und dezentralen Systeme an ihre Grenzen. Die demographisch oder klimatisch bedingte, periodisch schwankende Über- und Unterauslastung der Kanalnetze führt zu verfahrenstechnischen Problemen, wie Korrosion und Geruchsbildung. Auch der Wassermehrverbrauch bei periodischer Wasserknappheit erfordert Anpassungsmaßnahmen (Hillenbrand/Hiessl/Klug et al. 2013, S. 42). Zur Lösung dieser Probleme wurden zahlreiche technische Anpassungsmaßnahmen entwickelt. Die komplette Finanzierung solcher Zusatzkosten wird über die Gebührenmodelle jedoch nicht gewährleistet (Grambow 2013, S. 202–204). Die Abwasserzweckverbände und die Bevölkerung in strukturschwachen ländlichen Räumen ringen derzeit mit diesen Problemen, die das entsorgungsorientierte System der Siedlungsentwässerung mit sich bringt (Bieker/Frommer 2010; Londong/Hillenbrand/Niederste-Hollenberg 2011; Lüder 2012, S. 7). Werden die Problemfelder strukturschwacher ländlicher Räume in den Zusammenhang mit den Zielen neuartiger Sanitärsysteme gestellt, sind jedoch neue Lösungsansätze für die Raumentwicklung denkbar.

Für die Umsetzung einer Strategie der Nachhaltigkeit sollten die Komponenten der Siedlungswasserwirtschaft als ein physikalisches System aus Stoffströmen und die Mög-

lichkeit einer Wiederverwertung der Ressourcen berücksichtigt werden. Dieser Prozess muss mit dem Ziel einer Maximierung des wirtschaftlichen und sozialen Wohls erfolgen, ohne dabei die Nachhaltigkeit vitaler Ökosysteme zu beeinflussen (Mitchell 2006, S. 589; GWP/INBO 2012, S. 10; Rost/Londong/Dietze et al. 2014). In den vergangenen Jahren rückten die Entwicklung und Erforschung von Systemen, welche die Kreislaufführung von Wasserressourcen berücksichtigen, zusehends in den Vordergrund. Einen besonderen Ansatz bilden dabei die sogenannten „Neuartigen Sanitärsysteme“ (NASS). Hier steht besonders die Ressourcenrückgewinnung im Vordergrund, die beispielsweise durch das Nichtvermischen von Grauwasser und Toilettenabwasser erleichtert wird (Bieker/Frommer 2010, S. 316).

Dieser Beitrag ergänzt den derzeit in der Raumplanung geführten Diskurs über Nachhaltigkeit, Resilienz und den effizienten Ressourceneinsatz in ruralen, strukturschwachen Räumen um eine weitere Ebene, namentlich die bisher kaum in der Raumplanung thematisierte wasserwirtschaftliche Infrastruktur und deren Organisation (Crosta/Maguire/Freshwater et al. 2007; Klingenberg 2007; Moss 2009; Haaren/Galler 2011; Lüder 2012; Grambow 2013). Ziel des Artikels ist es zu diskutieren, wie das Konzept der neuartigen Sanitärsysteme die derzeitigen Probleme, wie sie in strukturschwachen ländlichen Räumen z. B. in Thüringen auftreten, minimieren kann. Die Grundlage der Diskussion ergibt sich aus den Erfahrungen bei der Umsetzung fortschrittlicher Technologien und der Anwendung integrierter Planungsansätze aus der Sicht der Umweltingenieurwissenschaften. Den zukunftsweisenden politischen Zielvorgaben zur Ressourceneffizienz der Umwelttechnologien liegen Konzepte und Systemvorschläge des gesellschaftlichen und technischen Zusammenspiels zugrunde (CDU/CSU/SPD 2013, S. 118). Ressourcenschonende und wertschöpfende Systemlösungen gelten als zielorientiert (WBBau 2013, S. 3). Im System der Siedlungswasserwirtschaft können bedeutende Ressourcen nutzbar gemacht werden, sofern die technischen und organisatorischen Voraussetzungen dafür umgesetzt werden. Da diese systemische Neuorientierung auch in den Organisationssektor der Siedlungswasserwirtschaft und der Raumplanung eingreift, muss dieses Zusammenspiel diskutiert werden (CDU/CSU/SPD 2013, S. 164; Londong/Hartmann 2014).

Dazu zeigt dieser Beitrag Wege für eine integrierte Sichtweise auf und identifiziert Optionen für eine entsprechende Organisation der Wasserwirtschaft. Zunächst (Kap. 2.1) werden Zwecke und Aufgaben der Siedlungswasserwirtschaft im Kontext der Organisation des Wassersektors erläutert. Anschließend (Kap. 2.2) werden die Problemfelder und deren Konsequenzen aufgezeigt, mit welchen die Siedlungsentwässerung in strukturschwachen ländlichen Räumen ringt. Als Lösungsansatz wird in Kap. 3 das Konzept der Neuartigen Sanitärsysteme (NASS) vorgestellt.

Dieses auf Nachhaltigkeit orientierte Konzept wird in den Rahmen raumwirtschaftlicher Organisation gestellt und in seinen Konsequenzen erörtert. Die Chancen, welche sich für die strukturschwachen ländlichen Räume ergeben, und die dafür wichtigen Handlungsempfehlungen, die zu ihrer Stabilisierung beitragen können, werden in Kap. 4 erläutert. In Kap. 5 erfolgt schließlich eine Zusammenfassung im Hinblick auf die Folgen des vorgestellten Paradigmenwechsels.

2 Rahmenbedingungen und Grenzen

2.1 Organisation und Aufgaben der Siedlungswasserwirtschaft

In Deutschland sind unter anderem die Wasserversorgung, Abwasserentsorgung, die Abfallbeseitigung und der öffentliche Personenverkehr zentrale Bausteine der Daseinsvorsorge. Der Gemeinde obliegt dabei die Sicherung der Grundversorgung der Einwohner mit Gütern und Dienstleistungen (ThürKO § 2). Der Begriff Daseinsvorsorge geht auf die Arbeiten von Forsthoff (1958, S. 6f) zurück, einem Staatsrechtler aus dem 20. Jahrhundert: „Dem Staat ist die Aufgabe und die Verantwortung zugefallen, alles das vorzukehren, was für die Daseinsermöglichung des modernen Menschen ohne Lebensraum erforderlich ist. Was in der Erfüllung dieser Aufgabe notwendig ist, nenne ich Daseinsvorsorge“ (Forsthoff 1958, S. 6f). Diese Dienstleistungen werden traditionell durch die öffentliche Hand bereitgestellt. Damit wird die Schaffung gleichwertiger Lebensverhältnisse in Deutschland angestrebt. In diesem Sinne stellt insbesondere die Abwasserentsorgung zum einen eine hoheitliche kommunale Aufgabe dar, zum anderen ist die Kommune kommunalrechtlich auch verpflichtet (unter anderem durch die jeweiligen Gemeindeordnungen der einzelnen Bundesländer), diese Aufgaben zu übernehmen (Libbe/Scheele 2008, S. 102).

Die Organisation des Wassersektors in Deutschland erfolgt durch die lokale Verankerung der wasserwirtschaftlichen Unternehmensformen, wie Abwasserzweckverbände oder Stadtwerke. Diese ist in die kommunalen, gesetzlich festgelegten Aufgabenbereiche eingebettet. Die Organisationsform für die Regelung der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung liegt laut GG Art. 28. Abs. 2 in der Entscheidungshoheit der Kommune. Die Gemeinde hat demnach die Entscheidungsfreiheit darüber, wie sie die Aufgabe der Abwasserentsorgung organisiert. Dies kann unter anderem über die Kernverwaltung (z. B. Eigenbetrieb), im Rahmen einer öffentlich-rechtlichen Einrichtung, in einer privatwirtschaftlich organisierten Gesellschaft, in einer gemischtwirtschaftlichen Form (z. B. mit einem privaten Dritten) oder in Form einer interkommunalen Zusammenarbeit erfolgen (Bogumil/Pielow/Ebbinghaus et al. 2010,

S. 11). Daraus wird meist die Orientierung der wirtschaftlichen Betätigung einer Gemeinde entlang der Gemeindegrenzen abgeleitet (Klingenberg 2007, S. 145).

Ursprünglich wurde die Siedlungswasserwirtschaft vor allem als Entwässerungs- und Hygienemaßnahme verstanden (Lange/Otterpohl 1997, S. 9). In der heutigen Zeit haben sich die Ziele der Siedlungswasserwirtschaft stärker ausdifferenziert (WBBau 2015, S. 1). Eine integrierte Siedlungsentwässerung mit einer Vielzahl von Zielen rückt in den Fokus (Haaren/Galler 2011; Haller 2013, S. 28). Essenzielles Ziel ist nach wie vor der im Wasserhaushaltsgesetz verankerte Gewässerschutz. Gemäß der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) gilt der Grundsatz, den ökologischen, den chemischen wie auch den mengenmäßigen Gewässerzustand geringstmöglich zu beeinflussen bzw. zu optimieren. Daneben spielt auch die Nutzungssicherung mit den Schwerpunkten Trinkwassergewinnung, Baden, Fischerei und Naherholung eine Rolle. Ebenso gilt es, Belange wie den Natur- und Bodenschutz zu beachten. Seitens der Nutzer wird ein kostengünstiges und betriebssicheres System in Deutschland erwartet. Damit ist die Akzeptanz der Nutzer ebenso ein zentraler Punkt, der Beachtung finden muss (Londong/Alexeeva-Steiniger/Welch Guerra et al. 2010, S. 45).

2.2 Problemfelder der Siedlungswasserwirtschaft im strukturschwachen ländlichen Raum

In der Regel werden ländliche Räume als Gegensatz zu städtischen Räumen wahrgenommen. Um diese dichotome Begriffsbestimmung zu stützen, werden üblicherweise Verdichtungs- und Zentralitätsmerkmale herangezogen. Laut Henkel (2004, S. 33) wird der ländliche Raum folgendermaßen definiert: „... naturnaher, von Land- und Forstwirtschaft geprägter Siedlungs- und Landschaftsraum mit geringer Bevölkerungs- und Bebauungsdichte sowie niedriger Zentralität der Orte, aber höherer Dichte der menschlichen Beziehungen“. Nach Crosta/Maguire/Freshwater et al. (2007, S. 33) gilt eine Region als vorwiegend ländlich, wenn die Bevölkerungsdichte unter 150 Einwohnern je km² liegt. Ist der ländliche Raum zusätzlich von ungünstigen Struktur- und Entwicklungsmerkmalen wie Abwanderung, demographischer Alterung, Bewirtschaftungs- und Finanzierungsproblemen geprägt, dann spricht man von strukturschwachem ländlichem Raum (Crosta/Maguire/Freshwater et al. 2007, S. 35). Dort herrscht zum einen die Notwendigkeit der Stabilisierung der wirtschaftsräumlichen Verflechtungen, andererseits bestehen auch gute Ausgangsbedingungen für ein Umdenken hinsichtlich der Infrastrukturösungen (vgl. Kap. 3.3). Folgende Problemfelder können identifiziert werden:

2.2.1 Demographischer Wandel

Die Veränderung der Bevölkerungsstruktur und die damit einhergehende Polarisierung des Raumes (Landflucht) bringen ungleichmäßig verlaufende und unvorhersehbare Wachstums- und Schrumpfungsprozesse mit sich. Insbesondere durch den demographischen Wandel kommen die Probleme der bisher üblichen zentralisierten, leitungsgelassenen Form der Abwasserbeseitigungssysteme zum Tragen. Dabei hat der Bevölkerungsrückgang technisch-betriebliche, ökonomische und ökologische Folgen für die Abwasserinfrastruktur.

Der Rückgang der Bevölkerung und der damit verbundene Rückgang der anfallenden Schmutzwassermenge und Schmutzwasserfracht führen zur Überdimensionierung der Kanäle und zum Mangel an Schleppkraft im Kanal. Die längere Aufenthaltszeit des Abwassers im Kanal führt zu Faulungsprozessen, damit verbundenen Korrosionsschäden und zu Geruchsbelästigungen. Der Einfluss des demographischen Wandels auf die technischen Probleme gilt dennoch als relativ beherrschbar. Problematischer dagegen sind die finanziell-ökonomischen Konsequenzen. Die anhaltend negative Bevölkerungsentwicklung in vielen Regionen der Bundesrepublik führt besonders beim Betrieb und der Instandhaltung des vorhandenen Kanalnetzes zu einem wirtschaftlichen Mehraufwand. Die Finanzierung und Refinanzierung der konventionellen Systeme wird wegen der abnehmenden Zahl an Systemteilnehmern problematisch (Londong 2013, S. 115). Die gleichbleibenden Fixkosten müssen von weniger Menschen getragen werden (Londong/Alexeeva-Steiniger/Welch Guerra et al. 2010, S. 60). Bei der Abwasserentsorgung liegen die Fixkosten bei ca. 75 bis 85 % für Abschreibung, Verzinsung, Personal etc. (Bellefontaine 2008, S. 121). Dies sind Kosten, die unabhängig von Menge und Fracht des Abwassers für die Ableitung und Behandlung des Abwassers aller angeschlossenen Einwohner anfallen. Im Gegenzug liegen damit die verbrauchsabhängigen Kosten bei „nur“ 15 % (Bellefontaine 2008, S. 121). Die Investition in die konventionelle Siedlungswasserung fällt mit Baubeginn an. Deren Finanzierung wird auf die gesamte Nutzungsdauer verteilt, wobei eine Nutzungsdauer von bis zu 80 Jahren angenommen wird (Hillenbrand/Menger-Krug et al. 2010, S. 189). Weniger Nutzer führen zu geringeren Einnahmen, die beispielsweise über Gebühren- und/oder Beitragserhöhung auszugleichen sind (Bellefontaine 2008, S. 121).

Als ökologische Folgen des demographischen Wandels werden die Gewässerbelastungen durch die Zunahme von Medikamentenrückständen im (gereinigten) Abwasser, welche letztlich in die Oberflächengewässer eingeleitet werden, diskutiert. Bisher werden diese Rückstände substanzspezifisch nicht aus dem Abwasser entfernt. Die Folgen der Arzneimittelnrückstände im Wasser für die Umwelt und die

Elimination bzw. der Abbau von Arzneimitteln aus Abwasser sind Gegenstand der Forschung (Schulte-Oelmann/Oelmann/Püttmann et al. 2007; Wätzel/Kraft 2014).

2.2.2 Investitionsstau bei der Abwasserentsorgung

Sowohl bei der Errichtung als auch beim Unterhalt von Abwasseranlagen ist deutschlandweit ein großer Investitionsstau aufgelaufen. Investitionsbedarf ergibt sich zunächst einmal bei der Ersterrichtung der Kanäle und Kläranlagen, aber auch anschließend bei bestehenden Systemen aus dem Instandhaltungs- und Instandsetzungsbedarf. Dieser steigt mit zunehmendem Alter der Kanäle. Zudem entstehen Kosten aufgrund von steigenden Qualitätsanforderungen und Anpassungen an den aktuellen Stand der Technik. Die Finanzierung der Maßnahmen wird zu einem grundlegenden Problem für die Aufgabenträger. Besonders in Gebieten mit deutlichen Bevölkerungsverlusten besitzt die Abwasserwirtschaft ohne drastische Gebührenerhöhungen in der Regel nicht mehr die nötigen finanziellen Mittel, um den Investitionsbedarf decken zu können. Eine ausbleibende Anpassung der Einnahmen, beispielsweise aus politischen Gründen, führt zu einem Investitionsstau, welcher langfristig das angemessene Funktionieren der Abwasserbeseitigung einschränken wird (Hillenbrand 2009; Bieker/Frommer 2010, S. 314).

Eine besondere Situation findet sich im ländlichen Raum Thüringens. Aufgrund des hohen Anteils an ländlichen Räumen mit Bevölkerungsverlusten und einem vergleichsweise geringen Anteil an Verdichtungsräumen kommen in Thüringen die Folgen des Investitionsstaus besonders zum Tragen (Kämpfer/Berndt/Londong et al. 2008). Derzeit macht sich die finanzielle und organisatorische Heterogenität (viele kleine Eigenbetriebe) bei der Umsetzung der Maßnahmen der WRRL bemerkbar. Vor allem in strukturschwachen ländlichen Räumen kommt es zu hohen Pro-Kopf-Kosten für die Erfüllung des Anschlusszwanges der finanziell und personell geschwächten Unternehmen (Kämpfer/Berndt/Londong et al. 2008; Moss 2008; Londong 2011, S. 157). Der Handlungsdruck ist in ähnlicher Art und Weise auch im strukturschwachen ländlichen Raum der restlichen neuen Bundesländer feststellbar. Jedoch liegt im Bundesvergleich der Anschlussgrad an eine kommunale Kläranlage in Thüringen bei unterdurchschnittlichen 72 % (Destatis 2013). Bei der genaueren Betrachtung der Zahlen fällt auf, dass mehr als 90 % der nicht angeschlossenen Einwohner in Orten bzw. Ortsteilen leben, die weniger als 500 Einwohner aufweisen (Lüder 2012).

Aufgrund der noch nicht durch die zentrale Erschließung ausgelösten mittel- bis langfristigen Kapitalbindung könnten hier bereits kurzfristig alternative Sanitärsysteme eine Umsetzung erfahren. Es bietet sich an, die vorherrschende Situation in Thüringen weiter zu eruieren.

In anderen Bundesländern, wie beispielsweise Sachsen, in denen die Erhöhung des Anschlussgrades durch den flächendeckenden Einbau von Kleinkläranlagen erreicht wurde, ist nur für einen begrenzten Zeitraum (Abschreibungszeit von 15 Jahren) eine Lösung gefunden worden. Somit sind auch hier perspektivisch Änderungen im Bereich der Abwasserwirtschaft realistisch.

2.2.3 Dispersion der Siedlungsfläche

Die Flächennutzung und die damit verbundene Siedlungsdichte stehen in engem Zusammenhang mit der einwohnerspezifischen Kanalnetzlänge. Diese gibt an, wie viele Einwohner je Meter Kanal angeschlossen sind, und nimmt mit abnehmender Siedlungsdichte zu. Anhand der einwohnerspezifischen Kanalnetzlänge lassen sich direkt die spezifischen Kosten für die infrastrukturelle Erschließung erkennen. In ländlichen Räumen sind diese demnach höher als in dicht besiedelten Räumen. Unter Berücksichtigung des demographischen Wandels bedeutet dies, dass nicht nur immer weniger Einwohner die gleichen Kosten tragen müssen, sondern dass aufgrund der Verringerung der Siedlungsdichte die einwohnerspezifische Kanalnetzlänge in diesen Gebieten weiter steigen wird (Hillenbrand/Niederste-Hollenberg/Menger-Krug et al. 2010, S. 180; Schiller 2010, S. 61).

2.2.4 Rückgang des Wasserverbrauchs

Der Einsatz Wasser sparender Armaturen und technologischer Neuerungen führt zu einem Rückgang des durchschnittlichen Wasserverbrauchs pro Einwohner und Tag und erhöht die Schwierigkeiten des Betriebs der konventionellen Schwemmwaterkanalisation. Zusätzlich verstärkend wirkt an dieser Stelle der Bevölkerungsrückgang durch den demographischen Wandel. Der sichere Betrieb der konventionellen Infrastruktursysteme kann nur mit ausreichend Spülwasser und Schleppkraft gewährleistet werden (Hillenbrand/Niederste-Hollenberg/Menger-Krug et al. 2010, S. 64).

2.2.5 Klimawandel

Parallel dazu haben der Klimawandel und daraus resultierende Änderungen der regionalen Witterungslagen erhebliche Auswirkungen auf die Siedlungswasserwirtschaft. Besonderen Einfluss auf die Abwasserinfrastruktursysteme haben Veränderungen der Niederschlagsmengen, die Zunahme von Starkniederschlägen und die Zunahme von Trockenperioden. Der Klimawandel erhöht somit den Anpassungsdruck für die konventionellen Mischsysteme. Sowohl die Kanalisationsplanung als auch die Auslegung von Kläranlagen sind davon betroffen. Diese Anpassungs-

maßnahmen werden die Abwasserwirtschaft vor neue finanzielle Herausforderungen stellen. Gleichzeitig wird in Deutschland die Ressource „Wasser“ einen neuen Stellenwert erhalten, was eine Abkehr von wasserintensiven Lösungen fordert und die Wassermehrfachnutzung ökonomisch interessant werden lässt (Bieker/Frommer 2010, S. 313).

2.2.6 Verknappung der Ressourcen

Ressourcenrückgewinnung ist bisher bei konventionellen Abwassersystemen von geringer Bedeutung. Die Verknappung endlicher Ressourcen, wie Phosphor und fossile Brennstoffe, erhöhen jedoch den Handlungsdruck, Stoffkreisläufe zu schließen. Während bei konventionellen Systemen die Minimierung von Schadstoffeinträgen vordergründig ist, muss die Siedlungswasserwirtschaft die Rückgewinnung und Nutzung essenzieller Ressourcen zunehmend stärker in Betracht ziehen (WBBau 2015, S. 6).

2.3 Konsequenzen für die wasserwirtschaftliche Organisation

Die sich verändernden Rahmenbedingungen üben einen wirtschaftlichen und verfahrenstechnischen Einfluss auf die bestehenden Infrastruktursysteme aus. Mit einer Veränderung der technischen Konzeption und der damit verbundenen Neugestaltung der Organisation kann diesen Herausforderungen begegnet werden.

Heterogene Siedlungsstrukturen, wie sie in ländlichen Räumen anzutreffen sind, bringen eine Zersplitterung der gemeindegebundenen Organisationsformen mit sich. Viele kleine Abwasserzweckverbände, die sich in den dünn besiedelten Regionen abseits zentraler Infrastruktursysteme befinden, sehen sich mit wirtschaftlichen Herausforderungen konfrontiert und verfügen aufgrund der ihnen zur Verfügung stehenden Finanzmittel kaum über entsprechend ausgebildete Fachkräfte. Dadurch ist es mittlerweile fraglich, ob die Zweckverbände perspektivisch die angemessene Abwasserentsorgung, insbesondere in den ländlich geprägten Räumen, ohne drastische Gebührenerhöhungen sicherstellen können. Es besteht ein von den skizzierten Problemfeldern ausgehender Anpassungsdruck. Einerseits stellt dieser Umstand ein Problem dar, da vielerorts die Schwierigkeiten zunehmen, die infrastrukturelle Versorgung aufrechtzuerhalten. Andererseits verbirgt sich dahinter eine Chance. Der Anpassungsdruck führt zu einer erhöhten Aufgeschlossenheit für alternative Ansätze. Somit kann in strukturschwachen ländlichen Räumen die Einführung neuer Konzepte bzw. die Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen ein Ausweg aus der organisatorisch und finanziell stark begrenzten Handlungsfähigkeit der Aufgabenträger sein (Londong/Hartmann 2014, S. 4).

Eine Veränderung der Organisationsstruktur kann hier neue Möglichkeiten eröffnen. Aus Nordrhein-Westfalen ist bekannt, dass sich in Regionen mit hoher Gewässerbelastung die Organisationsstruktur des Wassersektors an den Grenzen der Flusseinzugsgebiete orientiert. Dort wurden auf der Basis von Sondergesetzen durch den Landtag all diejenigen Einleiter zu Genossenschaften oder Verbänden zusammengeschlossen, die zu einem gemeinsamen Flussgebiet gehören und dadurch gemeinsam zu dessen Verschmutzung beitragen. Am Beispiel der nordrhein-westfälischen Organisationsstrukturen, die leistungsfähige und wirtschaftlich arbeitende Großverbände hervorgebracht haben, wird deutlich, dass diese das Potenzial haben, innovative Forschung und Entwicklung zu betreiben. Eine gesetzlich verordnete Neuorientierung der Organisationsstruktur kann demzufolge neue Perspektiven eröffnen.

Da letztlich beim klassischen System der Abwasserableitung und -behandlung die Gewässer die gesamte Restverschmutzung aus den Kläranlagenab- und Mischwasserüberläufen aufnehmen, ist die Orientierung des End-of-Pipe-Systems an den Einzugsgebieten der Gewässer eine logische Konsequenz. Im nächsten Kapitel wird gezeigt, dass bei Neuartigen Sanitärsystemen (NASS) eine Einleitung in Gewässer mit signifikanter Restverschmutzung vermieden werden kann. Für die Umsetzung von NASS müsste sich die wasserwirtschaftlichen Organisationsform an den Ressourcen bzw. Produkten orientieren und nicht an räumlichen Grenzen.

3 Das System der Verwertung und Wertschöpfung

Insgesamt gesehen stellen die ökonomischen Schwierigkeiten in strukturschwachen ländlichen Räumen ein Kernmoment für die Umsteuerung der Siedlungsentwässerung dar. Die Notwendigkeit der Implementierung alternativer Systeme im Bereich der Abwasserwirtschaft und die Anpassung der Organisation der Verbände bergen die Chance, aktiv nicht nur die Siedlungswasserwirtschaft, sondern ebenfalls die Stadt- und Raumentwicklung an die aktuellen Bedingungen anzupassen. Laut Bathelt/Glückler (2002, S. 44) können Regionen nach verschiedenen Abgrenzungsprinzipien untergliedert werden. Die räumliche Gliederung nach dem Funktionalprinzip orientiert sich an den internen Interaktionen. Derartige interne, wirtschaftliche Interaktionen sowie Verflechtungsbeziehungen kennzeichnen auch das Konzept der kreislauf- und ressourcenorientierten Siedlungsentwässerung. Eine funktionale Organisationsform kann demzufolge Synergieeffekte zwischen den einzelnen Nachhaltigkeitszielen nutzbar machen. Zu diesen Zielen gehören etwa die Entwicklung strukturschwacher ländlicher Räume, die Entwicklung von Klimafolgenanpassungsstrategien oder Strategien, die der Verknappung von Ressourcen ent-

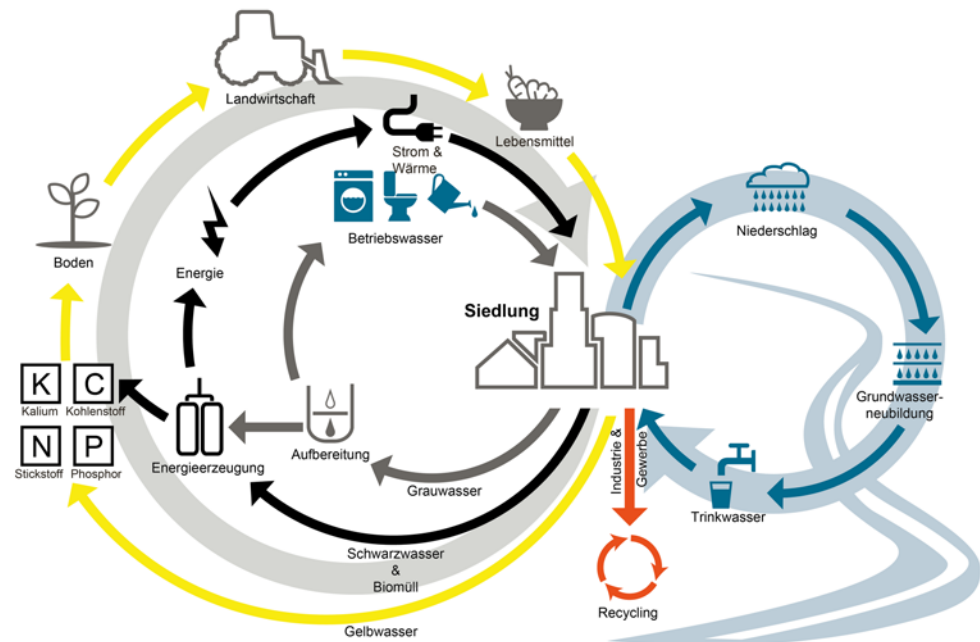
gegenwirken, dann auch das (gemäß WRRL vorgesehene) Bewirken des guten chemischen und ökologischen Zustandes der Oberflächengewässer und die Erhöhung regionaler Wertschöpfungsmöglichkeiten. Mithilfe zukunftsfähiger Technologieentwicklungen kann jedes dieser Ziele besser erreicht werden. Die Synergieeffekte beruhen auf dem Kreislaufgedanken und werden im Folgenden näher dargestellt (Birkmann/Fleischhauer 2009, S. 118; van de Kerk/Manuel/Kleijnans et al. 2014, S. 9; vgl. BNatSchG).

3.1 Kerngedanken von Neuartigen Sanitärsystemen (NASS)

Neuartige Sanitärsysteme (NASS) können zur Stabilisierung des ländlichen Raumes beitragen, indem sie flexibler auf Veränderungen reagieren und gleichzeitig ressourcenschonender mit den natürlichen Gütern umgehen (DWA 2014, S. 8). Aufgrund des akuten Anpassungsbedarfes der Infrastruktursysteme an die zukünftigen Entwicklungen werden speziell in strukturschwachen ländlichen Regionen innovative Möglichkeiten benötigt. Der Grundgedanke der Neuartigen Sanitärsysteme ist die Kreislaufführung von verschiedenen Ressourcen. Dies kann durch das Wiederverwerten von Wasser aus den im häuslichen Bereich genutzten Anlagen oder ähnlichen Herkunftsbereichen und der anschließenden Verwertung der Abwasserinhaltsstoffe geschehen. Kernelement solcher Systeme ist die getrennte Erfassung, Ableitung und gezielte Behandlung der verschiedenen Teilstoffströme. Das zugrunde liegende Konzept von NASS ist in Abb. 1 zu sehen. Zunächst ist NASS ein Sammelbegriff für eine Vielzahl unterschiedlichster Systemlösungen. Dementsprechend ist die Abgrenzung zwischen den verschiedenen Systemkomponenten zum Teil fließend. Nach dem Merkmal „abgeleitete Stoffströme“ lassen sich folgende Teilstoffströme und ihr Verwertungspotenzial innerhalb von NASS unterscheiden:

- Niederschlagswasser: auf Grundstücken aus Niederschlag (z. B. Regenwasser, Schnee) anfallendes Wasser. Ressource nach NASS: Brauchwasser, Wasser für Grundwasserneubildung
- Grauwasser: Stoffstrom aus dem häuslichen Bereich ohne Fäkalien (Küchen-, Waschmaschinenwasser). Ressource nach NASS: Wasser für Betriebswasser
- Gelbwasser: Urin mit Spülwasser. Ressource nach NASS: Nährstoffe wie Phosphor, Kalium, Stickstoff für landwirtschaftliche Verwertung und Lebensmittelproduktion
- Braunwasser: Fäzes (Ausscheidungen) mit Spülwasser. Ressource nach NASS: Energieträger für Biogaserzeugung und Kohlenstoff (Humus) für landwirtschaftliche Verwertung zur Energiegewinnung und Lebensmittelproduktion

Abb. 1 Das Konzept der Neuartigen Sanitärsysteme (eigene Darstellung)



- **Schwarzwasser:** Fäkalien mit Spülwasser. Ressource nach NASS kombinierbar mit organischen Reststoffen: Energieträger für Biogaserzeugung sowie Humus und Nährstoffe (P; N; K; C) für landwirtschaftliche Verwertung zur Lebensmittelproduktion und Energiegewinnung

Die Abb. 1 zeigt die unvermischte Kreislaufführung der einzelnen Stoffströme. Die in den Stoffströmen enthaltenen Inhaltsstoffe können zur weiteren Nutzung aufbereitet werden. Mit der Darstellung im Kreislauf werden die Potenziale zur Wiederverwendung der Ressourcen aus Abwasser auf regionaler Ebene veranschaulicht. Somit kann die Wertschöpfung mittels NASS die regionale Wirtschaft fördern und die strukturschwachen ländlichen Räume in ihrer Bedeutung als wichtiger Lebensmittel- und Energieproduzent partiell stärken.

In der folgenden Tab. 1 sind die zentralen Vorteile bzw. Nutzungsdimensionen von Neuartigen Sanitärsystemen im Vergleich zu denen der konventionellen Abwassersysteme dargestellt.

Vor dem Hintergrund, dass laut der Agenda 21 und des Koalitionsvertrages der derzeit regierenden Parteien (CDU/CSU/SPD 2013; DWA 2013; Grambow 2013, S. 59) seitens der Politik eine nachhaltige, auf die Einsparung von Energie und Ressourcen fokussierte Entwicklung angestrebt wird, bietet das Konzept von NASS angepasste Gestaltungsmöglichkeiten für die Infrastruktursysteme. Für die Abwasserentsorgung in ländlichen Räumen, die beispielsweise in Kooperation mit der Landwirtschaft als Produzent von Energie auftreten kann, bieten NASS sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile.

3.2 Anpassungsfähigkeit von NASS an sich ändernde Rahmenbedingungen

Der Betrieb des konventionellen Systems der Siedlungsentwässerung gilt als Stand der Technik und ist durch seinen hohen Nutzerkomfort etabliert. Die Verfahrenstechnik zur Bemessung technischer Anlagen dieses Systems ist in Regelwerken festgeschrieben und ermöglicht weitestgehend die gesicherte hygienische Beseitigung von Abwasser. Sensibel reagiert das System auf schwankende Nutzerzahlen, da dann der reibungslose Betriebsablauf gestört wird. Der Reinigungsprozess kann dann nicht mehr stattfinden. Solche Schwankungen treten besonders bei geringer Bevölkerungsdichte und bei Extremwetterlagen auf. Gewässerbelastungen und Schäden im Kanalnetz können die Folgen sein (Alexeeva-Steiniger 2015, S. 5–6). Den aus dem demographischen Wandel resultierenden Problemen (vgl. Kap. 2.2) können NASS begegnen. Integrierte Sanitärsysteme sehen die modulare Implementierung von NASS in bestehende Systeme vor und können somit als Ergänzung und Entlastung bestehender Systeme implementiert werden. So können beispielsweise einzelne Wohnquartiere innerhalb einer Siedlung mit NASS ausgestattet werden und an das Gesamtentwässerungskonzept der Siedlung angekoppelt werden. Auf sich ändernde Anschlusszahlen kann durch modulare Erweiterungen bzw. Abkoppelung flexibel reagiert werden. Die Modularität von NASS bietet an dieser Stelle Effizienzmöglichkeiten und eine individuelle Nutzung der Verfahrenspalette (vgl. Kap. 3.1) (WBBau 2015, S. 4).

Der Einsatz von NASS kann als Klimaanpassungsmaßnahme gelten, insofern sie unabhängig von Wasser als Transportmedium im Mischwassersystem sind. Die Probleme

Tab. 1 Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von konventionellen und neuartigen Systemen (eigene Zusammenstellung)

	Konventionelle Systeme (Stoffliche Vermischung)		Neuartige Sanitärsysteme (Stoffstromtrennung)	
	Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
Betrieb des Systems	Stand der Technik und etabliertes System; hoher Stellenwert bei Endnutzern (WC)	Schwankungen zwischen Über- und Unterlast beeinträchtigen den Betrieb	Möglichkeit nachhaltiger Verfahrenstechnik durch Stoffstromtrennung und Kreislaufführung	Bisher geringe abgesicherte Wissensbestände zum reibungslosen Betriebsablauf
Standortabhängigkeit	Günstig bei hoher Anschlussdichte und räumlicher Nähe zum Kanal	Finanzieller Aufwand durch Rohr-/Kanalnetzgebundenheit oder Transport mit Fäkalienwagen bei geringer räumlicher Dichte	Sowohl Integration mit bestehenden abwassertechnischen Infrastruktursystemen als auch unabhängige Verfahren möglich	Bisher Stand der Wissenschaft (Theorie)
Verwertung/Wertschöpfung	Verwertungsmöglichkeiten zentral auf der Kläranlage (Phosphor, Biogas)	Durch die vorherige Vermischung der Stoffströme nur mit hohem technischen Aufwand möglich	Breite Palette von Verfahrens- und Verwertungsoptionen (je nach Stofftrennsystem)	Bisher keine gesetzliche Grundlage und keine genormte Verfahrenstechnik zur Verwertung aller Stoffströme
Gewässerschutz	Mindestmaß an Wasserverbrauch notwendig (Schleppkraft); Mindestmaß an Gewässergüte wird erreicht durch gesetzliche Grenzwerte und regelmäßige, behördliche Kontrollen	Negative Auswirkungen auf Gewässersysteme durch Einleitung von unvollständig gereinigtem Abwasser (Arzneimittelrückstände, Mikroschadstoffe etc.)	Minimierung der Einflüsse auf die Umwelt durch Entkopplung des Entsorgungsweges für einzelne Stoffströme; Reduzierung des Wasserverbrauchs möglich	Qualitätskontrollen bei privater Verwertung der Stoffströme nicht gesetzlich geregelt und kontrolliert

der Abflussspitzen und -senken bedingt durch klimatische Extremereignisse tangieren NASS nicht. Die Schleppkraft der Wasserressourcen, welche für die herkömmliche Schwemmkanalisation betriebliche Voraussetzung ist, wird nicht benötigt, weil durch NASS die Vermischung von Stoffströmen mit Wasser als Transportmedium vermieden wird (WBBau 2015, S. 6).

Der Weg gewässergefährdender Stoffe in die Oberflächengewässer wird durch NASS unterbrochen. Aufgrund der Teilstrombehandlung gelangen weder fäkalienhaltiges Abwasser noch gewässergefährdende Substanzen enthaltende Abwasserströme über den konventionellen Weg der Schwemmkanalisation, Kläranlage und Kläranlagenauslass in ein Gewässer. Sie werden stattdessen in systemabhängige Verwertungskreisläufe integriert und als Ressource behandelt (vgl. Abb. 1). So können zum Beispiel substanzspezifische Medikamentenrückstände und Spurenstoffe, welche durch das konventionelle System in die Oberflächengewässer geleitet werden, durch NASS als Abfallprodukt entsorgt oder durch Vergärungsprozesse abgebaut werden (Wätzel/Kraft 2014).

NASS wirkt dem Problem der Verknappung von Ressourcen entgegen. Phosphor, Nährstoffe, Energie können als Produkte aus dem Abwasser gewonnen werden, sofern der Nährstoffkreislauf geschlossen wird (WBBau 2015, S. 187). Phosphaterze und andere fossile Energieträger gelten als endliche Ressourcen, deren Bedarf zunimmt. Hinzu kommt, dass Mineraldünger aus abgebautem Rohphosphat Schwermetalle wie Uran und Cadmium beinhalten. Laut Dienemann/Utermann (2012) besteht die Gefahr der

Schwermetallanreicherung im Boden und im Trinkwasser durch die Verwendung von mineralischem Dünger eher als bei der Verarbeitung von organischen Düngemitteln.

Als weiteres Problem wurde das verfügbare kommunale Investitionsvolumen im Bereich Infrastruktur genannt. Ein an die technischen Neuerungen von NASS angepasstes Gebührenmodell kann diesem Problem entgegenwirken. Die Infrastruktur im Bestand gilt als Investition, auf welche sich die Gebührensysteme stützen. Ein an NASS angepasstes Gebührensystem wird die finanziellen Probleme wie Investitionsstau und steigende Kosten durch sinkende Bevölkerungszahlen relativieren. Mit dem Ziel, die Wertschöpfung in das Gebührensystem zu integrieren, trägt NASS zur Stabilisierung strukturschwacher ländlicher Räume bei. Auch die Umnutzung bestehender Infrastruktur wirkt sich auf die Investitionskosten aus. Die Entwicklung geeigneter Gebühren- und Betreibermodelle ist derzeitiger Forschungsgegenstand im Forschungsprojekt TWIST++ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) (Wolter/Hiessl/Hillenbrand 2014).

So haben wir ein in Europa und vielen Teilen der Welt etabliertes System der Siedlungsentwässerung, welches auf mechanisch-biologischen Reinigungsprozessen basiert, die hygienischen Anforderungen erfüllt und zum Umwelt- und Gewässerschutz beiträgt. Demgegenüber steht ein Konzept, welches darüber hinaus die Palette der Verwertungsoptionen essenzieller Ressourcen, welche im Abwasser enthalten sind, erweitert. Das System der NASS gilt als nachhaltig und systemorientiert, ist aber nicht etabliert. Politisch-gesellschaftliche Organisationsstrukturen sind auf das

konventionelle leitungsgebundene Entwässerungssystem ausgelegt. Als Teil der Daseinsvorsorge gehört die Organisation der abwassertechnischen Infrastruktur in öffentliche Hand. Diese um die neuen, konzeptionellen Ideen der NASS und deren Verfahrenstechnik zu erweitern, erfordert Anpassungen in vielen Bereichen.

Für eine Umsetzung von NASS wird laut WBBau (2015, S. 211) unter anderem die Akzeptanz der Nutzer als kritischer Faktor angesehen. Eine flächenmäßige Implementierung erfordert die Prozessstabilität und einen reibungslosen Betriebsablauf. Die Verfahrenstechnik von NASS für einige Teilströme entspricht bisher eher dem Stand der Forschung als dem Stand der Technik. Des Weiteren gibt es noch Bedarf bei der Verbesserung des Endnutzerkomforts. Die Auswahl an komfortablen Armaturen auf dem Markt ist zurzeit noch gering. Für den organisatorischen Rahmen müssen Aspekte der rechtlichen Ordnung und die technischen Regelwerke weiter entwickelt bzw. angepasst werden (Alexeeva-Steiniger 2015, S. 89). In Form von Modell- und Demonstrationsprojekten wird an Lösungen für die genannten Probleme in unterschiedlichen Bebauungstypen gearbeitet (Hillenbrand 2009; Sievers/Londong/Stübler et al. 2014; Lamkowski/Saladin 2014; Wolter/Hiessl/Hillenbrand 2014).

Zu den Zielen der Raumplanung und Siedlungsentwicklung gehören gemäß BNatSchG Naturschutz, Zugänglichkeit zu Infrastruktursystemen, Ressourceneffizienz, Sicherheit und Anpassungsflexibilität (Resilienz) (Birkmann/Fleischhauer 2009, S. 116; van de Kerk/Manuel/Kleinjans et al. 2014, S. 9). Gelingt es der Raumplanung, die Raumstruktur zu stärken, können Abwanderungen verhindert und die Anpassungsflexibilität gegen äußere Einwirkungen (klimatisch bedingte Extremereignisse, demographischer Wandel) gestärkt werden. Zur Entwicklung resilienter Regionen kann die Etablierung neuer Infrastruktursysteme beitragen. Eine solche Systemerweiterung kann durch Nutzung und Umnutzung vorhandener Systeme erfolgen, um einen nachhaltigen Umgang mit bestehender Infrastruktur zu gewährleisten. Bestehende Kanal- und Leitungssysteme können z. B. für Teilstoffströme weitergenutzt werden (Temann 2014, S. 97). Die Umnutzung sieht sowohl Investition und Infrastruktur als Ressource und Wert.

3.3 Organisationsformen im Wassersektor – Auswirkungen einer technischen Neugestaltung auf die Entwicklung strukturschwacher ländlicher Räume

Sind die Vorteile im Zusammenhang mit einer resilienten Umgestaltung der technischen Infrastruktur auch eindeutig, ein reibungsloser Anpassungsprozess wird maßgebend durch die Organisationsform des Wassersektors gehemmt. Die wesentlichen Unterschiede, die das konventionelle Entwässerungssystem und dessen Organisation von einer zukunftsfähigen, kreislauforientierten Organisationsform

unterscheiden, werden in folgender Tab. 2 gegenübergestellt. Die räumliche Organisation der Siedlungswasserwirtschaft beruht als hoheitliche öffentliche Aufgabe auf dem Prinzip der „Zentralen Orte“. Laut Bathelt/Glückler (2002, S. 116) „ist das ursprünglich sinnvolle Zentrale-Orte-Konzept mit der Schaffung einer flächendeckenden Versorgungsinfrastruktur obsolet geworden“. Auch Bosch/Peyke (2011) diskutieren die Optimierung der Raumnutzung und die Bedeutung des ländlichen Raumes für den Standort neuer Technologien. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das auf Homogenität ausgerichtete Zentrale-Orte-Konzept unter anderem aufgrund der anhaltenden Zersiedelung und der Schrumpfungsprozesse zunehmend an seine Grenzen stößt. Inwieweit die infrastrukturelle Ver- und Entsorgung zukünftig gewährleistet werden kann, bleibt fraglich. Eine Anpassung der infrastrukturellen Organisationseinheiten wird zunehmend wichtiger. Deutlich wird, dass neue Prinzipien und Ziele andere Organisationsformen benötigen. Ist die Siedlungsentwässerung derzeit durch kommunale Verwaltungseinheiten strukturiert, braucht eine zukunftsfähige Struktur die integrierte Vernetzung von Siedlungswasserwirtschaft, Landwirtschaft, Gewässerökologie, Gewerbe und Energiewirtschaft, um angemessener auf die derzeitigen Rahmenbedingungen reagieren zu können. Die Regionalisierung nach dem Funktionalprinzip, orientiert an Stoffströmen und Ressourcennutzung, bei dem Regionen aufgrund von Interaktionen abgegrenzt werden, ist ein mögliches Instrument (Bathelt/Glückler 2002, S. 46). In der folgenden Tab. 2 werden das herkömmliche End-of-Pipe-System und das kreislauforientierte Entwässerungssystem im Kontext der Organisationsstrukturen gegenübergestellt.

4 Chancen und Handlungsempfehlungen für eine Neuorientierung der Raumplanung

Bisher spielt die Siedlungswasserwirtschaft keine bedeutende Rolle in der Raumplanung und Landesentwicklungspolitik der Bundesländer. Die Notwendigkeit, die Siedlungsentwässerung sowohl strukturell als auch technologisch anzupassen, sollte stärker in den Fokus der Politik rücken. Um die Chancen einer Neuordnung mittels NASS durch die Länder zu nutzen, müssen folgende Aspekte beachtet werden.

Die Wasser- und Abwasserwirtschaft wird zum erheblichen Teil staatlich subventioniert (Klingenberg 2007, S. 186–187). Diese Subventionen orientieren sich an konventionellen Systemen. Um eine wirtschaftliche Vergleichbarkeit zu erhalten, müssten die Neuartigen Sanitärssysteme entweder in die Subventionsprogramme aufgenommen oder die Subventionen für den Bau konventioneller Systeme zurückgefahren werden.

Tab. 2 Unterschiede von administrativen und funktionalen Organisationsformen (eigene Zusammenstellung)

Raumwirtschaftliche Prinzipien	End-of-Pipe-System und administrative Organisationsform	NASS und funktionale Organisationsform
Abgrenzung des Raumes	Orientierung an räumlichen administrativen Einheiten: - Kommunale Organisationsform - Orientierung an Flusseinzugsgebiet, natürlichen Grenzen	Orientierung an funktionalen Einheiten (Ressource, Verwertung): - Wirtschaftlich getriebene Organisationsform - Orientierung an landwirtschaftlicher Verwertung und Verwendungsmöglichkeiten/Bedarf an Ressourcen - Möglichkeit der Agglomeration
Gesamtsystem der Abwasserinfrastruktur	Leitungsgebundene Systeme für die Schwemmkanalisation (beispielsweise Mischwasser) - Nicht modular, zentral, unflexibel Leitungsungebundenheit bringt sensible Verfahrenstechnik (beispielsweise Kleinkläranlagen) - Modular und dezentral, unflexibel	Leitungsgebundene Systeme für die Stoffstromseparation (beispielsweise Schwarzwasser) - Modular und zentral, flexibel Leitungsungebundenheit bringt Flexibilität (beispielsweise Regenwassermanagement) - Modular, dezentral, flexibel
Funktion	Prinzip der Verminderung der Schadwirkung des Abwassers durch Entsorgung: - Verknappung der Ressourcen, geringe Wertschöpfung	Prinzip der Wertschöpfung durch Anerkennung der Teilströme (NASS) als Rohstoff, Wertstoff, Energieträger (analog KrWG): - Nachhaltiger Umgang mit essenziellen, endlichen Ressourcen
Resultat	Ausbeutung der Wasserressourcen: - Ver(sch)wendung von aufwendig aufbereitetem Trinkwasser - Begrenzte Möglichkeit der Degradierung von Spurenstoffen und anderen Stofffrachten - Einleiten ins Gewässer	Schutz der Wasserressourcen: - Wertstellung von Wasser und Trinkwasser - Getrennte Verwendung von Trink- und Brauch-/Betriebswasser - Fließgewässer wird vor Stofffrachten geschützt
Potenzielle Verflechtungsbeziehung, Interaktion	- Siedlung - Wasser- und Abwasserwirtschaft - Landwirtschaft - Abfallwirtschaft - Energiewirtschaft	- Siedlung - Wasser- und Abwasserwirtschaft - Landwirtschaft - Abfallwirtschaft - Energiewirtschaft - Brauchwasserbewirtschaftung - Regenwasserbewirtschaftung - Gewässerökologie
Wirtschaftlichkeit	- Investitionen hierarchisch nach dem Prinzip der Zentralen Orte - Sektorale Separation - Verknappung/Verschwendung	- Wertschöpfung - Agglomeration - Intersektorale Verflechtungsmöglichkeiten

NASS haben bisher kaum eine Bedeutung bei der Aus- und Weiterbildung von Fachkräften. Es gilt, die betreffenden Berufsgruppen in diesem Bereich zu schulen (Anpassung der Inhalte der fachbezogenen Studiengänge und der Berufsausbildung und Weiterbildung).

Für eine großflächige Implementierung werden weitere technische Normen notwendig werden. Hier ist in den nächsten Jahren mit deutlichen Fortschritten zu rechnen. So erschien erst kürzlich das Arbeitsblatt der DWA „Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS)“ (DWA 2014), welches als eine Grundlage für die Genehmigung und Planung entsprechender Anlagen gesehen wird. Gleichzeitig werden noch weitere Praxiserfahrungen aus dem Betrieb solcher Systeme benötigt werden. Sogenannte „Leuchtturmprojekte“ könnten dabei Abhilfe schaffen.

Um die Konzepte wirtschaftlich tragbar zu machen, ist eine serielle Produktion notwendig.

Die bestehenden Organisationsstrukturen in der Wasser- und Abwasserwirtschaft müssen auf die neuen Ansätze angepasst werden (Hillenbrand/Niederste-Hollenberg/Menger-Krug et al. 2010, S. 199; Londong/Hillenbrand/Niederste-Hollenberg et al. 2011, S. 156).

Für einen Systemwechsel muss die Politik eingreifen. Die Länder sind aufgrund ihrer Steuerungsfunktion in der Lage, durch Rahmengesetzgebung die Abwasserbeseitigung effektiver und zukunftsfähiger zu gestalten. Bereits heute lassen sich NASS innerhalb bestehender rechtlicher Bedingungen umsetzen, jedoch ist die Gesetzgebung (KrWG, Wasserhaushaltsgesetz, Düngemittelverordnung) nicht kohärent und bleibt von Fall zu Fall auszulegen. In der Regel kommt bei der Siedlungsentwässerung das Abwasserrecht zum Tragen. Jedoch kann bei der Anwendung von NASS ebenso das Kreislaufwirtschafts- und Abfallrecht (KrWG) greifen, da die Derivate aus den zu behandelnden Medien diesem unterliegen können. Je nachdem, welches

rechtliche System genutzt wird und welches Landesrecht greift, unterscheidet sich auch das anzuwendende materielle Recht (WBBau 2015, S. 7).

Neben diesen generellen rechtlichen Rahmenbedingungen spielen ebenso städtebauliche Rechtsinstrumente eine entscheidende Rolle bei der Einführung von NASS. Allen voran steht dabei die im Grundgesetz festgelegte Planungshoheit der Kommune (Art. 28 II GG). Diese Bestimmung legt fest, dass Kommunen ihre städtebauliche Entwicklung selbst lenken. Die dazugehörigen Instrumente sind im Baugesetzbuch (BauGB) beschrieben und besitzen einen weitreichenden Einfluss auch auf das Privateigentum. Dies geht über die vorbereitende und die verbindliche Bauleitplanung bis hin zu Maßnahmen des „Besonderen Städtebaurechts“, wie den Sanierungs-, Entwicklungs-, Erhaltungs- und Stadtumbaumaßnahmen.

Ein anderes wichtiges Instrument in Bezug auf NASS stellt der städtebauliche Vertrag dar. Dieser ist eine besondere Form eines Vertrages zwischen der Kommune und einem privaten Akteur. Er dient der Abstimmung der kommunalen Planungsziele mit denen der privaten Akteure und kommt unter anderem beim „Vorhabenbezogenen Bebauungsplan“ zum Einsatz. Er findet aber ebenso Anwendung bei Entwicklungs- und Sanierungsmaßnahmen. In diesem Vertrag wird eine Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern über gewisse Gegenstände festgehalten, zum Beispiel über die Nutzung stadttechnischer Systeme für die Kraft-Wärme-Rückkoppelung. Dieser städtebauliche Vertrag könnte auch Neuartige Sanitärsysteme zum Gegenstand haben und dadurch für eine Implementierung förderlich sein (WBBau 2015, S. 199). Eine rechtliche Hürde besteht jedoch bei der Verwertung der wiedergewonnenen Ressourcen aus NASS; z. B. ist die Verwertung von Schwarzwasser in landwirtschaftlichen Biogasanlagen aufgrund der Gesetzgebung bisher nicht möglich.

4.1 Hindernisse beim Übergang

Die Einführung eines neuen kreislaforientierten Entsorgungssystems stellt eine Herausforderung dar, da dieses in ein komplexes, von vielen Faktoren abhängiges, stagnierendes End-of-Pipe-System eingefasst werden muss.

Einerseits gilt das konventionelle System als etabliert und erfüllt die gesetzlichen Mindestanforderungen an den Gewässerschutz. Andererseits ist das System standortabhängig. Ein reibungsloser Betriebsablauf und das Prinzip der Betriebskostendeckung ist insbesondere in strukturschwachen ländlichen Räumen nicht möglich. In solchen Regionen innovative technische Lösungen zu etablieren ist schwer, da es an Finanzen und Fachkräften fehlt. Darüber hinaus wird die Möglichkeit der Etablierung innovativer Systeme durch den rechtlichen Rahmen, den fehlenden politischen Willen, ökonomische Zwänge und nicht zuletzt

wegen eines Mangels an Fachkräften in kleinteiligen Strukturen begrenzt (vgl. Kap. 3.2) (Londong/Hartmann 2014, S. 11). Die Nutzung im privaten Bereich (Küche, Bad, WC) erfordert außerdem ein Umdenken der eigentlichen Hauptakteure, der privaten Haushalte. Die Umwandlung und Weiterentwicklung von Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungssystemen ist Gegenstand des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsvorhabens TWIST++ (Wolter/Hiessl/Hillenbrand 2014).

Aufgrund der Problemlage, mit welcher strukturschwache ländliche Räume konfrontiert sind, kann die Einführung eines neuen kreislaforientierten Entsorgungssystems wie NASS der nachhaltigen Entwicklung zuträglich sein.

4.2 Ansatzpunkte zur Überwindung der Hindernisse

Die Notwendigkeit für die langfristige Implementierung alternativer Ansätze kann zwar gezeigt werden, jedoch muss die Motivation zu nachhaltigem, kreislaforientiertem Wirtschaften in der Gesellschaft und der Politik Fuß fassen. Das Bewusstsein für neue Systemlösungen kann folgendermaßen geweckt werden. Nutzerakzeptanz und Nachfrage können durch funktionales Design und Bildungsmaßnahmen erreicht werden (WBBau 2015, S. 211). Die Entfaltung des Standes der Technik kann durch Innovationsförderung im Bereich von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) unterstützt werden. Rechtliche Hindernisse können durch die Ausweitung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes auf die Wasserwirtschaft überwunden werden. Nicht zuletzt werden der politische Wille und die Aufnahme neuer Konzepte in die Instrumente der Landesplanung und -entwicklung benötigt.

Für eine Entwicklung strukturschwacher ländlicher Räume mittels NASS müssen sich die Rahmenbedingungen für die Infrastrukturplanung ändern. Erste Handlungsempfehlungen werden folgend kurz dargestellt (s. Tab. 3).

5 Zusammenfassung und Ausblick

Neuartige Sanitärsysteme (NASS) sind für zukünftige Entwicklungen gerüstet und haben langfristig positive Auswirkungen. Insbesondere in Regionen, welche bereits heute mit den Problemen ringen, die den Betrieb der konventionellen Abwasserinfrastruktur beeinträchtigen, haben modular einsetzbare, flexible, ressourcenorientierte Systeme wie NASS ein hohes Potenzial, Nachhaltigkeit, Resilienz und Stabilisierung in strukturschwachen ländlichen Räumen zu befördern.

Die gebietsübergreifende Verflechtung von Akteuren, die Bereitschaft, sowohl technisch wie organisatorisch neue Wege zu gehen, und ein entwickeltes Bewusstsein von

Tab. 3 Handlungsempfehlungen (eigene Zusammenstellung)*Organisatorische Handlungsempfehlungen*

Gliederung der wasserwirtschaftlichen Organisationseinheiten nicht nach den administrativen Grenzen, sondern nach räumlichen, funktionalen Einheiten (z. B. im Hinblick auf die Verwertung/Landwirtschaft) oder Einheiten der Flusseinzugsgebiete und dem Prinzip der WRRL

Notwendigkeit eines Kreislaufwirtschaftsgesetzes für die Wasserwirtschaft

Flexible Gestaltung der Abwasserentsorgungsunternehmen

Verstärkte Kooperationen zwischen den relevanten lokalen und regionalen Akteuren

Orientierung der wasserwirtschaftlichen Organisationseinheiten anhand der regionalen Verflechtungen (insbesondere an den landwirtschaftlichen Strukturen)

Handlungsempfehlungen für die öffentlichen Institutionen

Ertüchtigung gesetzmäßiger Lenkungsfunktionen durch die öffentlichen Akteure in Verwaltung und Politik auf Gemeinde-, Kreis- und Landesebene (z. B. durch neue Verordnungen, Zusammenlegungen der Verbände etc.)

Stärkere Fokussierung der Förderung auf den Umbau der Infrastrukturen (anstelle des Festhaltens an den konventionellen Systemen)

Anpassung von Gesetzmäßigkeiten: Weiterentwicklung technischer Regelwerke für die Möglichkeit der Integration neuer Ansätze auf Planungsebene, Anpassung der rechtlichen Ordnung für die Eindeutigkeit und Planungssicherheiten, z. B. Erweiterung der Abwasserbeseitigungspflicht um Elemente des Kreislaufwirtschaftsgesetzes

Fächerübergreifende Abstimmung der Abwasserbeseitigungskonzepte mit städtischen und regionalen Entwicklungskonzepten (Erstellung von integrierten Strategien)

Handlungsempfehlungen im Zuge des „Capacity Development“

Verankerung der Thematik in den relevanten wissenschaftlichen Disziplinen (z. B. Agrarwirtschaft, Energiewirtschaft, Wasserwirtschaft)

Initiierung, Entwicklung, Bau und Betrieb von Pilotprojekten

Sensibilisierung der Bevölkerung durch Bildungsmaßnahmen und Informationsvermittlung

Schaffung finanzieller Anreize für die Bevölkerung durch ein Gebührensystem, welches Wertschöpfung ermöglicht

der Bedeutung der Kreislaufwirtschaft können ebenfalls zu einer zukunftsfähigen Entwicklung ländlicher Räume beitragen.

Die Organisationsstruktur der Ver- und Entsorger wird durch mehrere Einflussfaktoren vor große Herausforderungen gestellt. Zum einen werden der Betrieb der technischen Anlagen erschwert und die Ressourcen verschwendet, zum anderen ist die Finanzierbarkeit insbesondere in ländlichen, schrumpfenden Regionen beeinträchtigt. Ein Paradigmenwechsel und die Einführung neuer Infrastruktursysteme dienen auch den politischen Zielen der Ressourcen- und Energieeffizienz (DWA 2013; CDU/CSU/SPD 2013).

Die Betrachtung des ländlichen Raumes als „Versorgungsraum“ für die urbanen Gebiete hat sowohl mit der Entwicklung der Dienstleistungsgesellschaft und dem demographischen Wandel als auch durch die Globalisierung an Bedeutung verloren (Crosta/Maguire/Freshwater et al. 2007, S. 147). Ein Paradigmenwechsel von der Entsorgung zur Verwertung bzw. eine Umnutzung der abwasserbezogenen Infrastruktursysteme würden insbesondere strukturschwache ländliche Räume in ihrer Funktion als Versorger von urbanen Zentren stärken. Die gleichzeitig damit bewirkte Konzentration auf regionale Stoff-, Energie- und Wirtschaftskreisläufe kann durch die Etablierung Neuartiger Sanitärsysteme unterstützt werden. Deshalb leisten sie letztlich auch einen Beitrag zur Stabilisierung strukturschwacher ländlicher Räume.

Danksagung Ein besonderer Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die finanzielle Förderung des Projektes TWIST++.

Literatur

- Alexeeva-Steiniger, J. (2015): Implementierungsanalyse der technischen Konzepte zur nachhaltigen Fäkalienentsorgung im kleingärtnerischen Bereich: Entwicklung und Anwendung der Methode. Dissertation (eingereicht). Weimar.
- Bathelt, H.; Glückler, J. (2002): Wirtschaftsgeographie. Stuttgart.
- Bellefontaine, K. (2008): Auswirkungen der demographischen Entwicklung auf die Gebührenkalkulation und die Gebührenentwicklung. In: DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Herausforderungen und Chancen für die Deutsche Wasserwirtschaft. Hennef, 121–134.
- Bieker, S.; Frommer, B. (2010): Potentiale flexibler integrierter semi-zentraler Infrastruktursysteme in der Siedlungswasserwirtschaft. In: Raumforschung und Raumordnung 68, 4, 311–326.
- Birkmann, J.; Fleischhauer, M. (2009): Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: „Climate Proofing“ – Konturen eines neuen Instruments. In: Raumforschung und Raumordnung 67, 2, 114–127.
- Bogumil, J.; Pielow, J.-E.; Ebbinghaus, J.; Gerber, S.; Kohrsmeyer, M. (2010): Die Gestaltung kommunaler Daseinsvorsorge im Europäischen Binnenmarkt – empirische Untersuchung zu den Auswirkungen des europäischen Beihilfe- und Vergaberechts insbesondere im Abwasser- und Krankenhaussektor sowie in der Abfallentsorgung. Im Auftrag des Ministers für Bundesangelegenheiten, Europa und Medien des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.

- Bosch, S.; Peyke, G. (2011): Gegenwind für die Erneuerbaren – Räumliche Neuorientierung der Wind-, Solar- und Bioenergie vor dem Hintergrund einer verringerten Akzeptanz sowie zunehmender Flächennutzungskonflikte im ländlichen Raum. In: Raumforschung und Raumordnung 69, 2, 105–118.
- Crosta, N.; Maguiere, K.; Freshwater, D.; Mantino, F. (2007): OECD-Prüfbericht zur Politik für ländliche Räume. http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/LaendlicheRaume/OECD-Pruefbericht.pdf?__blob=publicationFile (23.06.2015).
- CDU – Christlich Demokratische Union; CSU – Christlich-Soziale Union; SPD – Sozialdemokratische Partei Deutschlands (2013): Deutschlands Zukunft gestalten. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD (18. Legislaturperiode). Berlin. http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2013/2013-12-17-koalitionsvertrag/Wasserwirtschaft/Tabellen/Weiterf_Tab_OE-Wassvers_PDF.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (06.08.2015).
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2013): Umwelt. Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung nach Ländern. Anschlussgrad und Wasserabgabe. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/Weiterf_Tab_OE-Wassvers_PDF.pdf?__blob=publicationFile (28.08.2015).
- Dienemann, C.; Utermann, J. (2012): Uran in Boden und Wasser. Texte des Umweltbundesamts 37/2012. Dessau-Rosslau. <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4336.pdf> (28.08.2015).
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2013): Stellungnahme zum Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. Hennef.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2014): Arbeitsblatt DWA-A 272: Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS). Hennef.
- Forsthoef, E. (1958): Die Daseinsvorsorge und die Kommune. Köln.
- Grambow, M. (2013): Nachhaltige Wasserbewirtschaftung. München.
- GWP – Global Water Partnership; INBO – International Network of Basin Organizations (2012): The Handbook for Integrated Water Resources Management in Transboundary Basins of Rivers, Lakes and Aquifers. <http://www.gwp.org/Global/ToolBox/References/The%20Handbook%20for%20Integrated%20Water%20Resources%20Management%20in%20Transboundary%20Basins%20of%20Rivers,%20Lakes,%20and%20Aquifers%20%28INBO,%20GWP,%202012%29%20ENGLISH.pdf> (23.06.2015).
- Haaren von, C.; Galler, C. (2011): Zukunftsfähiger Umgang mit Wasser im Raum. Hannover. = Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL, 234.
- Haller, B.-E. (2013): Entwicklung eines global übertragbaren raumbezogenen Planungsinstruments für das integrierte urbane Wassermanagement. Berichte aus Forschung und Entwicklung Nr. 55. Stuttgart.
- Henkel, G. (2004): Der ländliche Raum. Gegenwart und Wandlungsprozesse seit dem 19. Jahrhundert in Deutschland. Stuttgart.
- Hillenbrand, T. (2009): Analyse und Bewertung neuer urbaner Wasserinfrastruktursysteme. Dissertation. Karlsruhe. = Schriftenreihe SWW, 134.
- Hillenbrand, T.; Niederste-Hollenberg, J.; Menger-Krug, E.; Klug, S. (2010): Demografischer Wandel als Herausforderung für die Sicherung und Entwicklung einer kosten- und ressourceneffizienten Abwasserinfrastruktur. <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3779.pdf> (23.06.2015).
- Hillenbrand, T.; Hiessl, H.; Klug, S.; Freiherr von Lüninck, B.; Niederste-Hollenberg, J.; Sartorius, C.; Walz, R. (2013): Herausforderungen einer nachhaltigen Wasserwirtschaft. Arbeitsbericht Nr. 158 des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Karlsruhe. <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab158.pdf> (28.08.2015).
- Kämpfer, W.; Berndt, M.; Londong, J.; Kaub, J.-M. (2008): Zustandserfassung von Kleinkläranlagen in Thüringen und Vorschläge für die technische Umsetzung der Anforderungen der Abwasserverordnung. Erfurt. http://www.thueringen.de/imperia/md/content/tmlnu/themen/wasser/studie_kka.pdf (23.06.2015).
- Klingenberg, A. (2007): Organisationsveränderungen in der kommunalen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung – Beschreibung und Interpretation von institutionellen Anpassungen der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Deutschland an sich ändernde Umfeldfaktoren. Dissertation. Duisburg-Essen.
- Lamkowski, G.; Saladin, M. (2014): Partizipative Methoden: Erfahrungen zur verbesserten Siedlungswasserwirtschaft in der Mongolei. Osnabrück.
- Lange, J.; Otterpohl, R. (1997): Abwasser: Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft. Donaueschingen-Pföhren.
- Libbe, J.; Scheele, U. (2008): Räumliche Aspekte von Qualitäts- und Versorgungsstandards in der deutschen Wasserwirtschaft. In: Informationen zur Raumentwicklung (IzR), Themenheft 1–2/2008 (Infrastruktur und Daseinsvorsorge in der Fläche), 101–112.
- Londong, J. (2013): Neuartige Sanitärsysteme – Optionen für den ländlichen Raum? In: Jahrbuch Kleinkläranlagen 2013. Dresden, 115–120.
- Londong, J.; Hartmann, M. (2014): Angepasste Einzelfalllösungen unter wegweisenden politischen Rahmenbedingungen statt detaillierter administrativer Vorgaben – ein Plädoyer für die Ingenieur- und Rechtskunst. In: J. Pinnekamp (Hrsg.): Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft „Ist unsere Wasserwirtschaft zukunftsfähig?“. Aachen, 29/1–29/14.
- Londong, J.; Alexeeva-Steiniger, J.; Welch Guerra, M.; Meyer, D.; Sauer, S.; Schröder, M.; Kobel, C.; Steinke, M.; Müllerstedt, N. (2010): Auswirkungen des demografischen Wandels auf die technische Infrastruktur von Abfallentsorgung, Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in ländlichen Regionen in den neuen Bundesländern. Weimar.
- Londong, J.; Hillenbrand, T.; Niederste-Hollenberg, J. (2011): Demografischer Wandel: Anlass und Chance für Innovationen in der Wasserwirtschaft. In: KA Korrespondenz Abwasser Abfall 58, 2, 152–158.
- Lüder, M. (2012): Auswirkungen der demografischen Entwicklung auf die Abwasserentsorgung. Erfurt. <http://apps.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1364.pdf> (23.06.2015).
- Mitchell, V. G. (2006): Applying Integrated Urban Water Management Concepts: A Review of Australian Experience. In: Environmental Management 37, 5, 589–605.
- Moss, T. (2008): ‘Cold spots’ of Urban Infrastructure: ‘Shrinking’ Processes in Eastern Germany and Modern Infrastructural Ideal. In: International Journal of Urban and Regional Research 32, 2, 436–451.
- Moss, T. (2009): Zwischen Ökologisierung des Gewässerschutzes und Kommerzialisierung der Wasserwirtschaft: Neue Handlungsanforderungen an Raumplanung und Regionalpolitik. In: Raumforschung und Raumordnung 67, 1, 54–68.
- Rost, G.; Londong, J.; Dietze, S.; Osor, G. (2014): Integrated urban water management: development of an adapted management approach. In: Environmental Earth Sciences 73, 2, 709–718.
- Schiller, G. (2010): Kostenbewertung der Anpassung zentraler Abwasserentsorgungssysteme bei Bevölkerungsrückgang. Dissertation. Cottbus.
- Schulte-Oehlmann, U.; Oehlmann, J.; Püttmann, W. (2007): Humanpharmakawirkstoffe in der Umwelt: Einträge, Vorkommen und der Versuch einer Bestandsaufnahme. In: Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung – interdisziplinäre Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 19, 3, 168–179.

- Sievers, J.; Londong, J.; Stübler, A.; Bestenlehner, D. (2014): Heat recovery potential of domestic grey water in the pilot project Jenfelder Au in Hamburg. In: Lohaus, J. (Hrsg.): Proceedings of 17th International EWA Symposium "WatEnergyResources – Water, Energy and Resources: Innovative Options and Sustainable Solutions" during IFAT, 5–9 May 2014. Hennef.
- Temann, H.-J. (2014): Teilortskanalisationen – Möglichkeiten der Integration eines etablierten Provisoriums in zukunftsfähige Systeme. Dissertation. Weimar. = Schriftenreihe des Bauhaus-Instituts für zukunftsweisende Infrastruktursysteme 27.
- Van de Kerk, G.; Manuel, A.; Kleinjans, R. (2014): Sustainable Society Index SSI-2014. The Hague.
- Wätzel, T.; Kraft, E. (2014): Specified, anaerobic degradation of pharmaceuticals and digester gas recovery – A comprehensive study. In: Lohaus, J. (Hrsg.): Proceedings of 17th International EWA Symposium "WatEnergyResources – Water, Energy and Resources: Innovative Options and Sustainable Solutions" during IFAT, 5–9 May 2014. Hennef.
- WBBau – Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt (2013): Integrale Siedlungsentwässerung – Grundlagen und Lösungsansätze in Planung und Betrieb. Weimar.
- WBBau – Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt (2015): Neuartige Sanitärsysteme – Begriffe, Stoffströme, Behandlung von Schwarz-, Braun-, Gelb-, Grau- und Regenwasser, Stoffliche Nutzung. Weimar.
- Wolter, S.; Hiessl, H.; Hillenbrand, T. (2014): TWIST ++ Transitionswege WasserInfraStruktursysteme. In: KA Korrespondenz Abwasser Abfall 61, 4, 273–275.

Rechtsquellen

BauGB: Baugesetzbuch. <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbaug/gesamt.pdf> (07.08.2015).BNatSchG: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz). http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf (26.06.2015).GG: Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland. <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gg/gesamt.pdf> (07.08.2015).KrWG: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz). <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/krwg/gesamt.pdf> (23.06.2015).WRRL: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hwrm_rl.pdf (23.06.2015).ThürKO: Thüringer Kommunalordnung. Thüringer Gemeinde- und Landkreisordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. Januar 2003. <http://www.landesrecht.thueringen.de/jportal/?quelle=jlink&query=KomO+TH&psml=bsthueprod.psml&max=true&aiz=true> (24.08.2015).