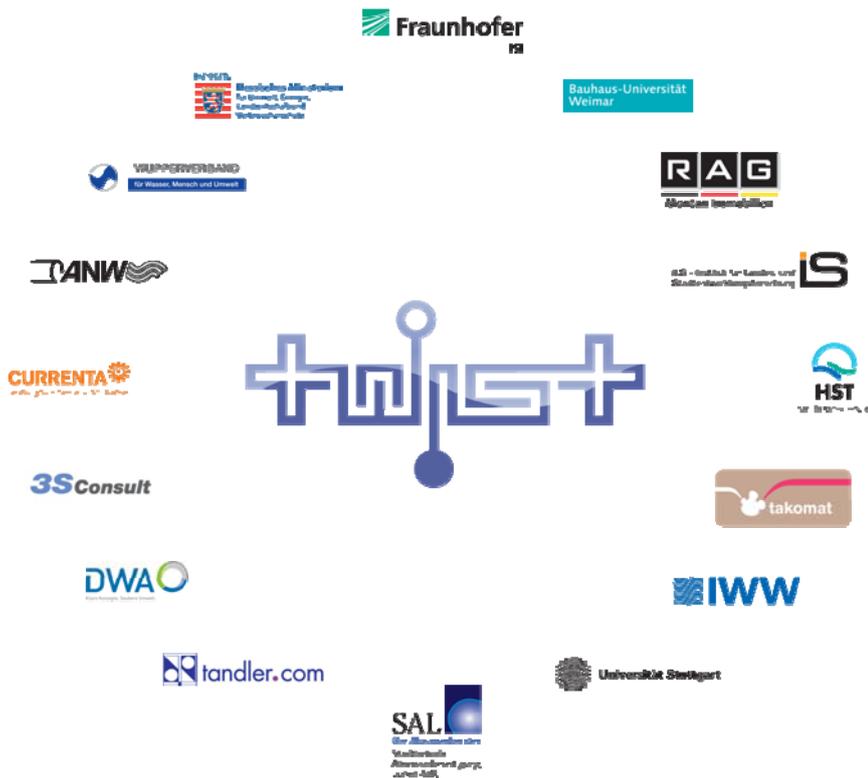


**Transitionswege WasserInfraStruktursysteme:
Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum**

Endbericht

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Partner:



März 2017



**Dr. Thomas Hillenbrand, Dr. Eve Menger-Krug, Dr. Jutta Niederste-Hollenberg,
Dr. Dr. Christian Sartorius, Benedikt Freiherr von Lüninck, Dr. Harald Hiessl**

unter Mitarbeit von

*Ulrike Feldmann, Angelina Pavon Garcia, Julia Neuhäuser, Elena Joel,
Dr. Anja Peters, Torsten Hummen*

Verbundprojekt TWIST++

Transitionswege WasserInfraSTruktursysteme: Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum

Vor dem Hintergrund der langen Nutzungsdauern von Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsinfrastrukturen, ihrer geringen Flexibilität und der Veränderungen wichtiger Rahmenbedingungen sind die bestehenden Systeme weiterzuentwickeln um kommenden Herausforderungen gerecht zu werden. Hier setzt das Verbundvorhaben TWIST++ (Transitionswege **WasserInfraSTruktursysteme**) an. In diesem Projekt wurden integrierte und zukunftsweisende technische Lösungen erarbeitet, die auf intelligente Weise Entsorgungsaufgaben für Abwasser mit Versorgungsaufgaben für Trinkwasser vereinen und die Flexibilität des Gesamtsystems, sich an künftige Veränderungen anzupassen, erhöhen. Unter Leitung des Fraunhofer ISI arbeiteten dazu Forschungsinstitute, Partner aus Kommunen, Wasser- und Abwasserwirtschaft (Betreiber) sowie Unternehmen aus den Bereichen Planung, Software/Spielentwicklung und Anlagenbau in einem Projektverbund zusammen. In diesem Bericht sind die Ergebnisse des Fraunhofer ISI zusammengefasst, weitere Informationen zum Projekt und zu Projektergebnissen sind auf der Projektseite <http://www.twistplusplus.de/> zu finden.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033W011A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Herausgeber:

*Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe*

März 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund und Zielsetzung	1
2	Arbeitspaket 1 – Bestandsaufnahme Modellgebiete	3
2.1	Modellgebiet Lünen.....	3
2.2	Modellgebiet Wohlsborn-Rohrbach (Thüringen)	8
2.3	Modellgebiet Zeche Westerholt.....	8
3	Arbeitspaket 2 – Randbedingungen und Planungsgrundlagen.....	9
3.1	Modellgebiet Lünen.....	9
3.2	Methodik zur Analyse künftiger Entwicklungen relevanter Randbedingungen.....	10
4	Arbeitspaket 3: Innovationen und Konzepte	23
4.1	Überblick über die Arbeiten im Arbeitspaket 3	23
4.2	Entwicklung eines integrierten Gesamtkonzepts mit hoher Ressourceneffizienz für den urbanen Raum.....	27
5	Arbeitspaket 4: Planungsunterstützungssystem PUS	39
5.1	Abbildung des innovativen Konzepts für Lünen im PUS	39
5.2	Evaluation des PUS	42
6	Arbeitspaket 5: Bewertungsverfahren	43
6.1	Anwendung der Bewertungsmethode MuBeWis auf die erste Ausbaustufe von i.WET in Lünen	46
6.2	Zusammenfassung der Bewertung	56
7	Arbeitspaket 6: Systeminnovation – Demonstration	57
7.1	Modellgebiet Lünen: Anwendung von i.WET im Bestand.....	57

7.2	Modellgebiet Westerholt - i.WET für Konversionsflächen.....	59
8	Arbeitspaket 7: Institutioneller Rahmen und Übertragbarkeit	62
9	Arbeitspaket 8: Forschungscoordination und Berichtswesen	64
10	Zusammenfassung	65
11	Eigenpublikationen	67
12	Literatur.....	70
13	Anhang 1.....	75
14	Anhang 2.....	107
15	Anhang 3.....	111
16	Anhang 4.....	149

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Überblick über die Arbeitspakete und ihre Vernetzung	2
Abbildung 2-1:	Bevölkerungsentwicklung 1980-2030 in Lünen (Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: it.NRW 2015a & it.NRW 2015b).....	4
Abbildung 2-2:	Fläche nach Nutzungsarten in Lünen zum 31.12.2013 (Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: it.NRW 2014a: 3)	5
Abbildung 3-1:	Determinanten der Bevölkerungsentwicklung in Lünen 1980-2013 (Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: it.NRW 2015d)	11
Abbildung 3-2:	Schematische Darstellung des vorgeschlagenen kommunalen Anpassungsplanungsprozesses	14
Abbildung 3-3:	Szenarien der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Gelsenkirchen (Quelle: IT.NRW 2014c, eigene Berechnungen)	17
Abbildung 3-4:	Szenarien der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Lünen (Quelle: IT.NRW 2014c, eigene Berechnungen)	19
Abbildung 3-5:	Szenarien der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Gelsenkirchen (Quelle: IT.NRW 2014d, eigene Berechnungen)	20
Abbildung 4-1:	Energiebilanz für die Grauwasserwärmerückgewinnung in i.WET (Quelle: Fraunhofer ISI)	24
Abbildung 4-2:	Grundsätzliche Unterscheidung des urbanen Metabolismus als lineares oder kreislauforientiertes System (Quelle: Fraunhofer ISI).....	26
Abbildung 4-3:	Qualitative Darstellung der Stoffemissionen in Gewässer in verschiedenen Entwässerungskonzepten (Quelle: Fraunhofer ISI).....	27
Abbildung 4-4:	Schematische Abbildung von i.WET	28
Abbildung 4-5:	Sankey-Diagramm des Wasserflusses pro Einwohner und Jahr (Feldmann, U. 2015).....	30
Abbildung 4-6:	Barwertbetrachtung der alternativen Entwässerungsmöglichkeiten für das Sügge Quartier in Lünen unter Berücksichtigung der sukzessiven	

	Transitionsschritte im i.WET-Konzept (Quelle: Fraunhofer ISI)	34
Abbildung 4-7:	Strukturdaten von Konversionsflächen in Deutschland (Quelle: Joel 2016)	35
Abbildung 4-8:	Grundmodell für die Modellierung der Wasserflüsse in Westerholt (Joel 2016).....	36
Abbildung 4-9:	Ergebnisse der dynamischen Modellierung in Westerholt (Joel 2016).....	37
Abbildung 4-10:	Darstellung der Wasserflüsse für i.WET in Westerholt in einem Jahr mit durchschnittlichem Niederschlag und in einem Jahr mit extrem hohen Niederschlägen (Joel 2016).....	38
Abbildung 5-1:	Sukzessive Einführung von i.WET im Sügge Quartier in Lünen (eigene Darstellung Fraunhofer ISI).....	40
Abbildung 5-2:	Abbildung des Grauwasserfilters im PUS	41
Abbildung 5-3:	Abbildung der Energieallee im PUS	41
Abbildung 5-4:	Abbildung der Energieallee im PUS mit Verweis auf die manuell einzutragenden Werte	42
Abbildung 6-1:	Zielhierarchie für die Bewertung von Wasserinfrastruktursystemen	44
Abbildung 6-2:	Verschiedene Ansätze zur Normierung und Umrechnung von Indikatoren in Teilnutzwerte am Beispiel von CSB-Emissionen (links), Treibhausgasemissionen (Mitte) und der Eliminierung ökotoxikologischer Stoffe (rechts).....	45
Abbildung 7-1:	Energieallee: Mehrfachnutzung der urbanen Fläche zur Wasseraufbereitung, Wasserspeicherung und Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen (Quelle: Fraunhofer ISI).....	57
Abbildung 7-2:	Transitionsschritte bei sukzessiver Implementierung des i.WET-Konzepts	58
Abbildung 7-3:	Geplante Ausbaustufen der Konversionsfläche Zeche Westerholt (eigene Darstellung nach Scheuven und Wachten (2015)).....	61
Abbildung 8-1:	Beziehungen zwischen Stadtwerken (SW), Bauverein (BVzL), Mietern, Abwasserentsorgung (SAL) und Lippeverband (LV) inkl. der resultierenden Wasser- und Geldströme (Quelle: Fraunhofer ISI).....	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Entgelt für Frischwasser in Lünen	7
Tabelle 3-1:	Übersicht über einige verfügbare Informationsquellen zur Dynamik der Rahmenbedingungen	16
Tabelle 6-1:	Einwohnerspezifische, jährliche Kosten von innovativer und konventioneller Infrastruktur und daraus resultierende Bewertung.....	51
Tabelle 6-2:	Bewertung der konventionellen und neuartigen Wasserinfrastruktur im urbanen Modellgebiet in Lünen	55

1 Hintergrund und Zielsetzung

Wasserinfrastruktursysteme müssen zukünftig neue Herausforderungen und weitergehende Anforderungen erfüllen. Vor diesem Hintergrund müssen die Systeme weiterentwickelt und ihre Flexibilität hinsichtlich weiterer Veränderungen maßgeblicher Randbedingungen muss erhöht werden. Gleichzeitig soll ein nachhaltiger Umgang mit Wasser, Energie und Ressourcen erreicht werden. Vor allem für Neubaugebiete wurden im Rahmen unterschiedlicher Forschungs- und Demonstrationsprojekte neue Techniken entwickelt. Der Fokus lag dabei vor allem auf einem integrierten Abwasser- und Ressourcenmanagement (vgl. Übersicht in DWA, 2008, und abgeleiteter Forschungsbedarf in DWA-AG KA-1.8, 2011). Für eine breitere Umsetzung auch im Bestand einschließlich der Wechselwirkungen mit der Trinkwasserversorgung waren diese Ansätze sowohl hinsichtlich wichtiger Einzelkomponenten als auch auf konzeptioneller Ebene weiter zu entwickeln. Hier setzte das Verbundvorhaben TWIST++ an.

Der Projektverbund TWIST++ entwickelte ressourceneffizientere Infrastrukturkonzepte, zur Umsetzung notwendiger technischer Teilkomponenten, Software-Tools zur Planung, Vermittlung (Serious Game) und Entscheidungsunterstützung sowie ein umfassendes Bewertungssystem für innovative und integrierte Wasserinfrastrukturkonzepte. Dem Verbundprojekt unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) in Karlsruhe gehörten neben vier weiteren Forschungsinstituten (Bauhaus-Universität Weimar, Universität Stuttgart, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung IWW, Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung ILS) drei Partner aus Kommunen, Wasser- und Abwasserwirtschaft (Stadtbetriebe Abwasserbeseitigung Lünen AöR, der Abwasserzweckverband Nordkreis Weimar und der Wupperverband KöR), sechs Unternehmen aus unterschiedlichen Bereichen (3S Consult GmbH, tandler.com Gesellschaft für Umweltinformatik mbH, takomat GmbH, CURRENTA GmbH & Co. OHG, HST Systemtechnik GmbH & Co. KG, RAG Montan Immobilien GmbH), die DWA sowie das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV) als assoziierter Projektpartner an.

Zur praktischen Umsetzung der Ergebnisse wurden für drei Modellgebiete (urban, ländlich, Konversionsfläche) konkrete Planungsvarianten erarbeitet. Die für die Umsetzung relevanten Treiber und Hemmnisse einschließlich der maßgeblichen institutionellen Rahmenbedingungen wurden analysiert. Vor dem Hintergrund der Ausgangssituation in Deutschland mit Anschlussgraden an die bestehende, konventionelle Trink- und Abwasserinfrastruktur von 99 % bzw. 97 % war es ein wesentliches Kennzeichen des Projekts, zukunftsfähige Konzepte zu entwickeln, die auch im Bestand umgesetzt werden können. So genannte Transitionswege ermöglichen es, schrittweise Bestandssysteme in ressourcenoptimierende und flexible Systeme zu überführen.

In Abbildung 1-1 sind die Arbeitspakete im Überblick dargestellt.

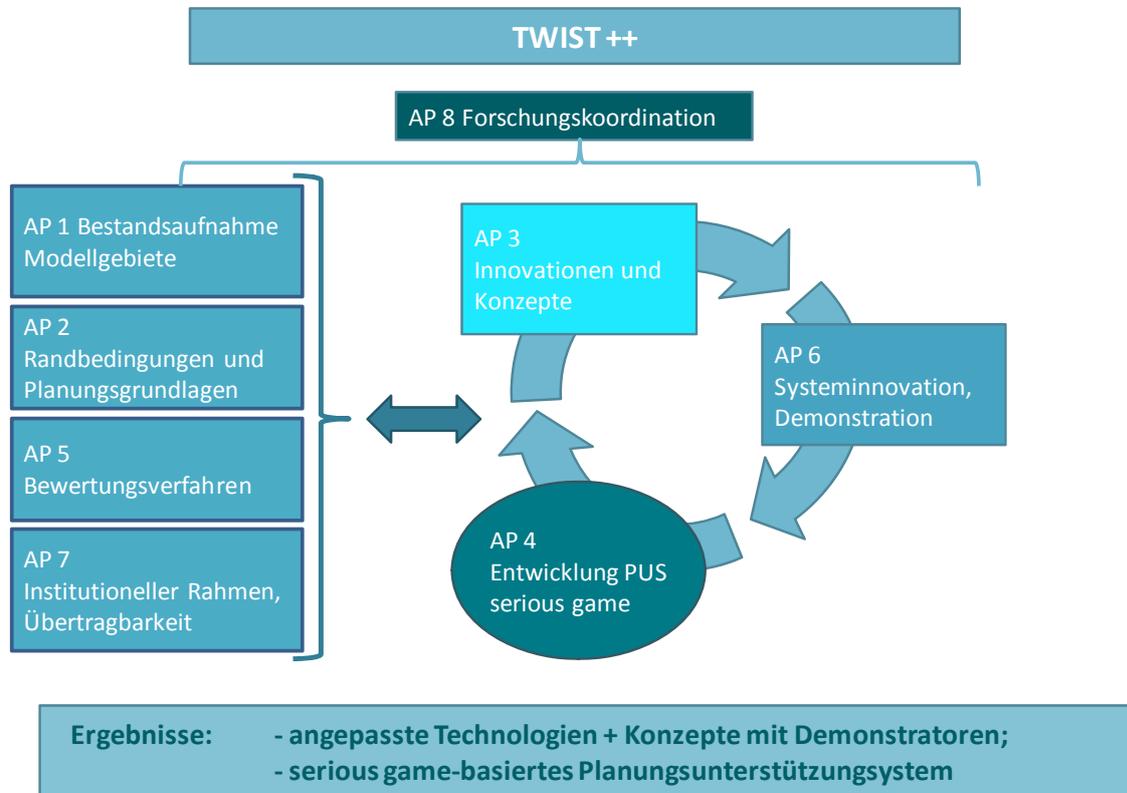


Abbildung 1-1: Überblick über die Arbeitspakete und ihre Vernetzung

2 Arbeitspaket 1 – Bestandsaufnahme Modellgebiete

Bei der Auswahl der Modellgebiete wurde darauf geachtet, die Breite des Projektansatzes über sehr unterschiedliche Ausgangsbedingungen und Problemlagen abzudecken. In diesem Sinne steht das Modellgebiet Lünen für eine städtische Struktur, das Modellgebiet Wohlsborn-Rohrbach für den ländlichen Raum und das Modellgebiet Zeche Westerholt für eine Konversionsfläche.

In den drei Modellgebieten war die Ausgangssituation der Wasser-/Abwassersysteme (Struktur, Zustand, Leistungsfähigkeit) zu erfassen. Vorhandene Planungsgrundlagen werden aufgearbeitet und Daten vervollständigt, bestehende Datenbanken sowie vorhandene hydraulische Modelle (Kanal, TW-Netz) ausgewertet. Ergebnisse von AP 1 sind Beschreibungen der Modellgebiete auch unter Berücksichtigung der jeweiligen institutionellen Randbedingungen.

Hinsichtlich der Aufarbeitung der Informationen zu den verschiedenen Modellgebieten war das Fraunhofer ISI für das Modellgebiet Lünen verantwortlich. Entsprechend sind im Folgenden vor allem Ergebnisse zu diesem Modellgebiet beschrieben.

2.1 Modellgebiet Lünen

Die Stadt Lünen im Kreis Unna ist eine große Mittelstadt mit 84.783 Einwohnern [Stand: 31.12.2014] (it.NRW 2014a). Sie ist die größte Stadt des Kreises Unna und liegt im Regierungsbezirk Arnsberg in Nordrhein-Westfalen. Lünen liegt am nordöstlichen Rand des Ruhrgebietes und am südlichen Rand des Münsterlandes, direkt nördlich angrenzend an die Stadt Dortmund. Die Lippe stellt die natürliche Senke im Stadtgebiet dar, welche durch Erhebungen im Norden und Süden der Stadt gefasst wird.

2.1.1 Bevölkerungsstruktur und -entwicklung

Die Bevölkerungsentwicklung in Lünen war in den Jahren von 1980 bis 1999 von einem Bevölkerungsanstieg geprägt. So stieg die Einwohnerzahl von 85.883 auf 92.044 Einwohner. Ab dem Jahr 1999 ist eine negative Entwicklung der Bevölkerung festzustellen (siehe Abbildung 2-1). Im Jahr 2013 zählte die Stadt Lünen noch 86.254 Einwohner, dies sind 5.790 Einwohner weniger als im Jahr 1999. Die Entwicklungen entsprechen – relativ gesehen – in etwa den Entwicklungen des Landes Nordrhein-Westfalen. Vergleicht man die Entwicklung der Stadt Lünen mit der durchschnittlichen Entwicklung der großen Mittelstädte in Nordrhein-Westfalen, so ist festzustellen, dass andere große Mittelstädte in der Regel zwischen den Jahren 1983 und 2003 geringfügig stärkeres Bevölkerungswachstum erfahren haben im Vergleich zum Ausgangsjahr 1983 (vgl. it.NRW 2014a: 5-7; it.NRW 2015a).

Aus der Bevölkerungsvorausberechnung lässt sich eine Abnahme der Bevölkerungszahl bis unter den Stand von 1984 erkennen. Ausgehend von dem Jahr 2014 bis zum Jahr 2030 wird Lünen voraussichtlich circa 4.730 Einwohner verlieren (vgl. it.NRW 2015a; vgl. it.NRW 2015b).

Bei Betrachtung der Bevölkerungsdeterminanten ist festzustellen, dass das Bevölkerungswachstum von Lünen ab dem Jahr 1984 bis zum Jahr 1999 auf einem positiven Wanderungssaldo beruht. Die natürliche Bevölkerungsentwicklung sowie der Wanderungssaldo stellen sich seit Beginn des Jahrtausends jedoch negativ dar (siehe Abbildung 2-1).

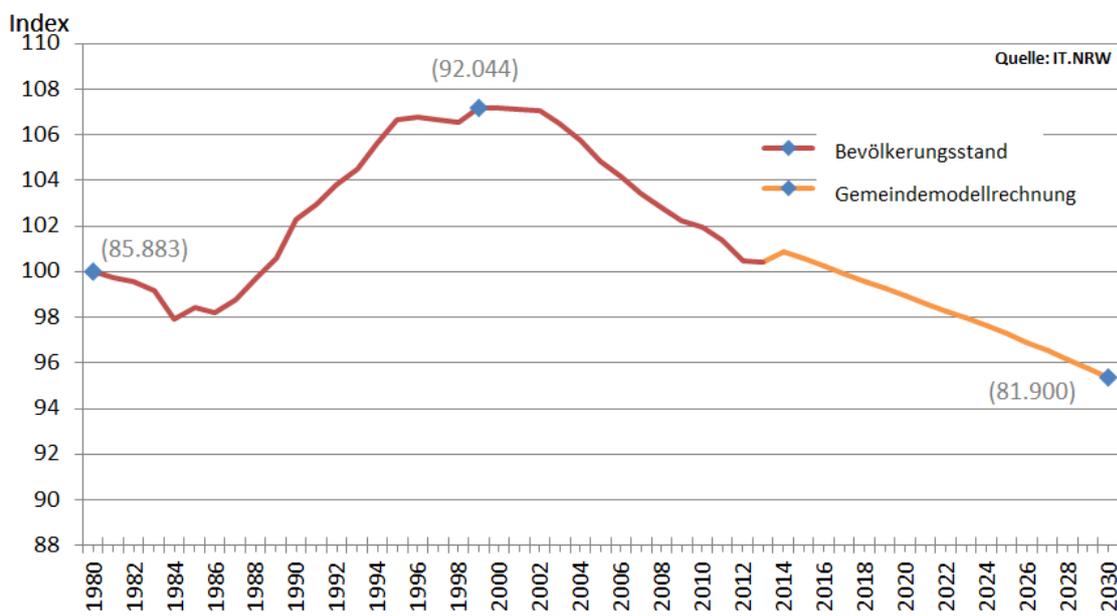


Abbildung 2-1: Bevölkerungsentwicklung 1980-2030 in Lünen (Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: it.NRW 2015a & it.NRW 2015b)

2.1.2 Bebauungsstruktur

Die Stadt Lünen hat insgesamt eine Fläche von 5.939 ha. 2.887 ha sind Siedlungs- und Verkehrsfläche; dies entspricht 48,6 % der Gesamtfläche (siehe Abbildung 2-2). Große Mittelstädte in Nordrhein-Westfalen weisen im Durchschnitt einen Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil von 31,3 % auf. Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche ist im Stadtgebiet stark differenziert, und es kann ein Übergang von urban geprägten Räumen im Süden mit einem hohen Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil zu rural geprägten Räumen im Norden mit geringem Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil beobachtet werden. Diese Veränderung der Siedlungsstruktur von Süden nach Norden spiegelt den Übergang vom Ruhrgebiet zum Münsterland wider. Die Bevölkerungsdich-

te beträgt in Lünen 1.427,4 Einwohner je km². Der Kreis Unna weist im Vergleich mit der Stadt Lünen eine geringere Bevölkerungsdichte von 720,9 Einwohnern je km² auf. Große Mittelstädte weisen in der Regel eine Bevölkerungsdichte von 755,4 Einwohnern je km² auf (vgl. it.NRW 2014a: 3; vgl. it.NRW 2015c).

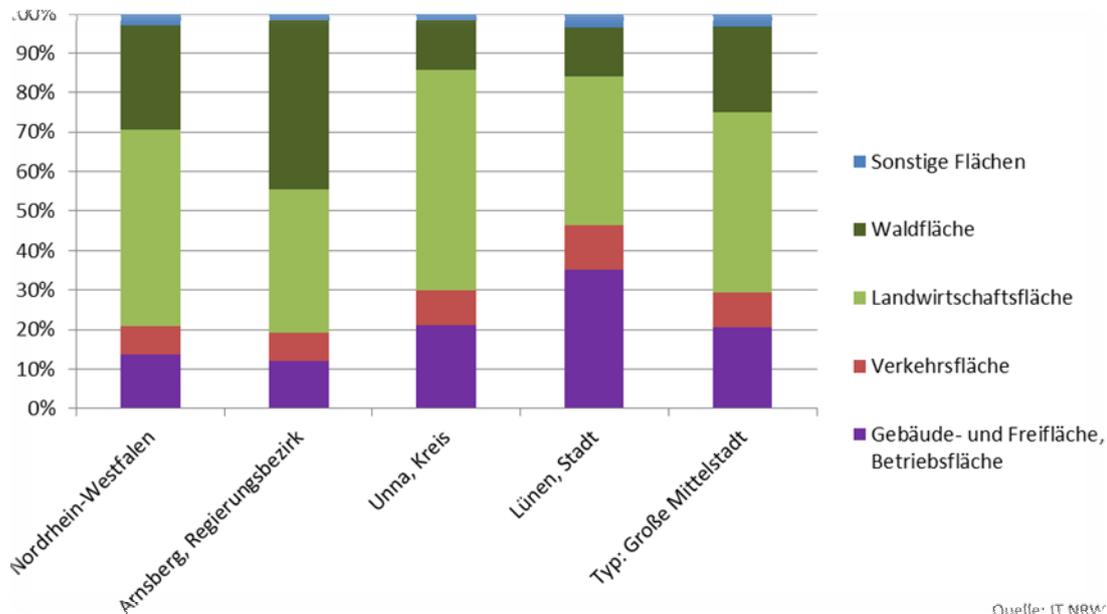


Abbildung 2-2: Fläche nach Nutzungsarten in Lünen zum 31.12.2013 (Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: it.NRW 2014a: 3)

Die dichtesten Bebauungs- und Siedlungsstrukturen in Lünen sind in der Stadtmitte, Brambauer und Lünen-Süd anzufinden. Die Stadtmitte von Lünen weist Mischbebauung auf, welche eine sehr hohe Geschossflächenzahl besitzt und folglich eine hohe Einwohnerdichte. Es sind Handel und Wohnnutzungen anzutreffen. Der Dorfkern von Lünen Brambauer weist ebenfalls die Charakteristika von Mischbebauung auf. Im Süden der Stadt entstanden in der Nachkriegszeit, im Zuge des Wiederaufbaus, um die Vorort-Kerne Arbeitersiedlungen in Zeilenbebauung, welche sich durch eine hohe Einwohnerdichte und ihrem Fokus auf die Wohnnutzung auszeichnen. Auch in der Nähe zum Industriegebiet am Hafen ist dieser Bebauungstyp anzutreffen. In den Randlagen der Vororte und der Innenstadt wurden in den späteren Jahren Plattenbauten errichtet. Die Plattenbauweise zeichnet sich, ähnlich der Zeilenbebauung, durch eine hohe Einwohnerdichte sowie teilweise sehr hohe Geschossflächenzahlen aus. Ein- und Zweifamilienhausbebauung mit deutlich geringerer Einwohnerdichte sind in Lünen im Zusammenhang bebauter Ortsteile sowie an Ortsrandlagen zu beobachten. Im Norden der Stadt sind außerhalb der Vororte auch Streusiedlungen zu identifizieren, welche

eine sehr geringe Einwohnerdichte aufweisen. Gewerbe- und Industriegebiete sind in Lünen am Datteln-Hamm-Kanal, an der Lippe, an der Bahnstrecke Preußen-Münster sowie an der Strecke Dortmund-Enschede vorhanden. Kleinteiligere Gewerbegebiete, mit geringeren Parzellengrößen, befinden sich insbesondere an den ehemaligen Fabriken und Zechenanlagen in den Vororten, wie beispielsweise südlich der Innenstadt am Datteln-Hamm-Kanal. Klassische Gewerbegebiete mit mittleren bis hohen Geschossflächenzahlen und mittelgroßen Parzellengrößen sind an verkehrsgünstigen Standorten an Kanal und Eisenbahn anzutreffen. Industriegebiete sind hingegen in Lünen an verkehrsgünstigen Standorten mit Bahn- und Kanalanschluss bzw. im Stadthafen Lünen gelegen (vgl. Website Stadt Lünen).

2.1.3 Ausgangslage Siedlungswasserwirtschaft

Bei der Betrachtung der Wasserinfrastruktur muss zwischen der Versorgung und der Entsorgung unterschieden werden. Die Versorgung wird von den Stadtwerken Lünen übernommen. Das Trinkwassernetz hat eine Länge von 540 km Trinkwasserleitungen. Die Stadtwerke liefern pro Jahr 7 Mio. m³ Wasser in ihrem Versorgungsgebiet. Das Wasser wird durch acht Übernahmestationen an Einspeisepunkten des vorgelagerten Netzbetreibers übernommen (vgl. Website Stadtwerke Lünen 1; Website Stadtwerke Lünen 2; Reviermanager 2015).

Das Entgelt pro m³ beträgt 1,55 € und ist somit geringer als der Durchschnittspreis auf Kreis-, Regierungsbezirks- und Landesebene. Das verbrauchsunabhängige Entgelt pro Jahr ist im Vergleich geringer als der Preis im Durchschnitt auf Kreisebene, jedoch höher als auf Regierungsbezirks- und Landesebene. Auffällig ist außerdem die Konstanz der verbrauchsunabhängigen Entgelte in Lünen, im Vergleich zu den höheren Verwaltungsebenen (siehe Tabelle 2-1; vgl. Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2015).

Die Abwasserentsorgung wird durch den Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen und dem Zweckverband Lippeverband gesichert. Der Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung unterhält insgesamt 325 km Kanalisation (überwiegend Mischsystem) mit 17 Einlaufbauwerken, 16 Abwasserpumpstationen, 13 Pumpwerken, sieben Stauraumkanälen, vier Regenüberlaufbecken, vier Regenrückhaltebecken, zwei Regenüberläufen, zwei Retentionsbodenfilterbecken und einem Düker. Die Abwasserentsorgung unterliegt den Bedingungen der Bergsenkungen durch den Bergbau. Die Kanalnutzungsentgelte werden durch den Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen erhoben, welcher Gebrauch von dem Kanalnetz des Zweckverbandes macht (Seseke) (vgl. Website SAL 1; Website Lippeverband).

Tabelle 2-1: Entgelt für Frischwasser in Lünen

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Nordrhein-Westfalen						
Verbrauchsabhängiges Entgelt pro cbm	1,61 €	1,62 €	1,63 €	1,63 €	1,62 €	1,62 €
Haushaltsübliches verbrauchsunabh. Entgelt p. Jahr	109,22 €	109,92 €	111,29 €	111,17 €	114,61 €	118,67 €
Arnsberg, Regierungsbezirk						
Verbrauchsabhängiges Entgelt pro cbm	1,56 €	1,58 €	1,58 €	1,59 €	1,60 €	1,61 €
Haushaltsübliches verbrauchsunabh. Entgelt p. Jahr	142,06 €	142,35 €	143,99 €	147,33 €	150,18 €	155,05 €
Unna, Kreis						
Verbrauchsabhängiges Entgelt pro cbm	1,59 €	1,60 €	1,60 €	1,58 €	1,58 €	1,58 €
Haushaltsübliches verbrauchsunabh. Entgelt p. Jahr	159,11 €	159,11 €	159,11 €	166,46 €	166,46 €	166,65 €
Lünen, Stadt						
Verbrauchsabhängiges Entgelt pro cbm	1,52 €	1,56 €	1,56 €	1,55 €	1,55 €	1,55 €
Haushaltsübliches verbrauchsunabh. Entgelt p. Jahr	163,20 €	163,20 €	163,20 €	163,20 €	163,20 €	163,20 €

(Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2015)

Die Kanalanschlussbeiträge sind abhängig von der Art des Anschlusses. So kostet ein Vollanschluss 2,72 € pro m² Veranlagungsfläche, ein Schmutzwasseranschluss 1,33 € pro m² Veranlagungsfläche und ein Regenwasseranschluss 1,39 € pro m² Veranlagungsfläche. Eine verbrauchsunabhängige Gebühr für einen Schmutz- und Mischwasseranschluss wird nicht erhoben. Der Frischwasserverbrauch dient als Bemessungsgrundlage für die verbrauchsabhängige Benutzungsgebühr; sie beträgt 2,47 € pro m³. Die Gebühren für das Niederschlagswasser betragen 1,28 € pro m² angeschlossene Grundstücksfläche. Verbandsgenossen erhalten rabattierte Entgelte (1,45 € pro m³ Frischwasser Frisch- für Schmutzwasser und 1,16 € pro m² je angeschlossene Grundstücksfläche für Niederschlagswasser (vgl. Website SAL 2).

Der Stadtbetrieb hat seit dem Jahr 2003 ein Programm aufgelegt, welches die privaten Grundstücksentwässerungsanlagen verbessern soll. Das Lünener Modell setzt dabei auf Beteiligung, Transparenz und Kommunikation (vgl. Website SAL 3).

2.2 Modellgebiet Wohlsborn-Rohrbach (Thüringen)

Das Modellgebiet Wohlsborn-Rohrbach (Thüringen) steht exemplarisch für die Abwasserentsorgung im ländlichen Raum in den NBL. Der Anschlussgrad an die öffentliche Kanalisation (Mischsystem) ist zwar hoch, meist handelt es sich jedoch um sanierungsbedürftige Teilortskanäle ohne Anschluss an eine Kläranlage. Der Fremdwasseranteil ist sehr hoch, Mischwasserabschläge belasten und schädigen die empfindlichen Gewässer stofflich und hydraulisch. Die Kläranlagen haben oft geringe Anschlussgrößen oder fehlen teilweise. Der spezifische Wasserverbrauch ist sehr gering und damit die Konzentrationen im Schmutzwasser entsprechend hoch. Die Wasserversorgung ist jedoch auf die früher deutlich höheren Verbräuche ausgelegt.

Im Rahmen des Projektes waren bspw. alternative Abwasserentsorgungskonzepte mit Schnittstellen zu den Sektoren Energie und Landwirtschaft zu entwickeln und zu prüfen. Eine detaillierte Bestandsaufnahme für das Modellgebiet Wohlsborn-Rohrbach wurde vom Projektpartner Bauhaus-Universität Weimar durchgeführt.

2.3 Modellgebiet Zeche Westerholt

Die zwischen Gelsenkirchen/Herten gelegene, ca. 32 ha große ehemalige Zeche Lippe/Westerholt steht stellvertretend für Erschließungs- und Konversionsflächen inmitten angrenzender Wohnbebauung. Die bestehende Kanalisation ist alt, überdimensioniert und kann wegen fehlendem Gefälle nicht im Freispiegel mit der angrenzenden Siedlungsentwässerung verbunden werden. Planungsalternativen wie Abwassertrennung, Druckentwässerung, Regenwassernutzung etc. könnten modellhaft für kostengünstig zu erschließende innerstädtische Flächen (Industriestandorte, Bahntrassen, etc.) untersucht werden.

Der Projektpartner RAG-MI ist Eigentümerin und arbeitet eng mit den städtischen Planungsämtern Gelsenkirchen/Herten zusammen. Die detaillierte Bestandsaufnahme für dieses Modellgebiet ist Inhalt der Arbeiten des Projektpartners IWW.

3 Arbeitspaket 2 – Randbedingungen und Planungsgrundlagen

3.1 Modellgebiet Lünen

Für die künftige Entwicklung und die Anwendung innovativer Ansätze im Bereich der Wasserver- und Abwasserentsorgung sind vor allem die demografische Entwicklung und der klimatische Wandel (insbesondere im Kontext der Flächennutzung und -versiegelung) von großer Bedeutung.

Der klimatische Wandel schlägt sich in Veränderungen der Temperaturen und der Niederschläge nieder. Für die Entwicklung der Temperaturen sind für Lünen bis zum Jahr 2100 je nach Szenario Anstiege um 2,5 bis 4 Grad vorhergesagt (PIK 2014), die im Wesentlichen den IPCC-Szenarien (IPCC 2013) entsprechen. Diese Anstiegsraten wirken sich auf verschiedene hydrologische Parameter aus, so dass insbesondere die lokale Evapotranspiration zunimmt und damit die Wasserbilanzen negativ beeinflusst werden (Kropp et al. 2009).

Für die Funktion der bestehenden Wasserinfrastruktur deutlich schwerwiegender ist die Entwicklung der Niederschläge. Obwohl hier der Anstieg der Tagesniederschläge im Jahresmittel bis zum Jahr 2100 auf den ersten Blick gering ausfällt, liegt die Brisanz im Auseinanderfallen der saisonalen Entwicklungen. Während die Sommerniederschläge im Durchschnitt um ein knappes Viertel zurückgehen, steigen die Winterniederschläge um ein Drittel an (PIK 2014). Zusätzlich ist gegenüber den 1990er Jahren schon heute eine deutliche Zunahme der Starkniederschläge zu verzeichnen, die sich in Zukunft weiter fortsetzen wird. Da diese Starkniederschläge von der bestehenden Kanalisation schon heute nicht immer vollständig aufgenommen und abgeleitet werden können, ist diesbezüglich in Zukunft mit noch mehr und noch heftigeren Überflutungen und daraus resultierenden wirtschaftlichen Schäden zu rechnen.

Im Vergleich zum klimatischen Wandel sind die erwarteten demografischen Veränderungen hinsichtlich Ausmaß und Wirkung weniger bedeutend; dennoch schlagen sie sich in den spezifischen Kosten der Infrastruktur nieder und müssen folglich berücksichtigt werden. Während die Bevölkerungszahl Lünens bis zum Jahr 2000 auf rund 92.000 angestiegen war, ist sie seitdem in leichtem Sinken begriffen. Ende 2013 wurden knapp 85.000 Einwohner gezählt (IT.NRW 2014a) und bis zum Jahr 2030 wird eine Zahl von knapp 82.000 erwartet (IT.NRW 2012). Deutliche Unterschiede ergeben sich auch hier bei der Betrachtung einzelner Altersgruppen. Aktuell entsprechen deren Anteile an der Gesamtbevölkerung den Durchschnittswerten für Nordrhein-Westfalen und für Große Mittelstädte (IT.NRW 2014a). Für die Zukunft wird jedoch erwartet, dass vor allem die Zahl jüngerer Menschen (von 18 bis 30 Jahren) in Lünen überdurch-

schnittlich abnehmen wird – ein Trend, der durch geringe Zuwächse in der Altersgruppe der 30- bis 50-Jährigen nicht ausgeglichen wird (IT.NRW 2014b).

Für die Flächeninanspruchnahme bedeutet dies, dass der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche deutlich weniger ansteigt als im Durchschnitt Nordrhein-Westfalens oder Großer Mittelstädte (IT.NRW 2014b). Allerdings ist dieser Anteil aktuell (Ende 2012) in Lünen mit 33 % deutlich höher als im Durchschnitt Großer Mittelstädte (20 %). Durch den hohen Versiegelungsgrad dieses Flächentyps gewinnt die eingangs erwähnte Zunahme der Starkniederschläge besondere Brisanz.

3.2 Methodik zur Analyse künftiger Entwicklungen relevanter Randbedingungen

Bislang war die Planung von Siedlungswasserinfrastrukturen fast ausschließlich davon bestimmt, dem Ausbau- und Sanierungsbedarf gerecht zu werden mit dem Ziel, die Funktionen der Infrastrukturen im Bestand zu gewährleisten und die neu entwickelten Siedlungs- und Verkehrsflächen an die bestehenden Systeme anzuschließen. Dieser planerische Grundsatz ergibt sich aus den Landkreis- und Gemeindeordnungen der Bundesländer, die Kommunen im Sinne der Volksgesundheit und des öffentlichen Wohls zur Durchsetzung des Anschluss- und Benutzungszwanges an die Ver- und Entsorgungseinrichtungen und Anlagen ermächtigt. In der Regel sehen die landesspezifischen gesetzlichen Bestimmungen vor, dass die Kommunen oder ihre Einrichtungen den Zwang auf bestimmte Teile des Gebietes oder bestimmte Gruppen von Grundstücken oder Personen beschränken können.

Unter den öffentlichen Ver- und Entsorgungseinrichtungen und Anlagen (Trinkwassernetze, Kanalisation, Wärmeversorgung, Straßenreinigung, Abfallentsorgung, etc.) stehen die Siedlungswasserinfrastrukturen (Trinkwassernetze und Kanalisation) einerseits durch ihre techno-ökonomischen Merkmale hohe Lebensdauer (rund 100 Jahre), Immobilität und Kapitalintensivität hervor. Zum anderen sind die i. d. R. langfristig angelegten Finanzierungskonzepte, die eine Deckung der durch Bau, Betrieb, Wartung und Instandhaltung entstehenden Kosten über die von den Nutzern zu erhebenden Gebühren vorsieht, charakteristisch. Oftmals dienen Annahmen über nahezu gleichbleibende Rahmenbedingungen (bspw. Einwohnerdichte- und Struktur, Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen, Bemessungsregen, gesetzliche Anforderungen an die Trink- und Abwasserqualitäten) als Planungsgrundlage für die Topologie und Dimensionierung der Siedlungswasserinfrastrukturen und der Tarif- bzw. Gebührenmodelle.

Veränderungen in den planungsrelevanten Rahmenbedingungen sind jedoch vielerorts beobachtbar (klimatischer, demografischer, wirtschaftsstruktureller, gesellschaftspolitischer, und technologischer Wandel), und die Auswirkungen führen mancherorts zu merklichen Kostensteigerungen und Funktionalitätseinschränkungen bei den Siedlungswasserinfrastrukturen. Zudem zeichnet sich eine zunehmende Dynamik in den Veränderungen der Rahmenbedingungen ab und verfügbarere Prognosen und Vorhersagen gehen von einem zunehmendem Tempo und Ausmaß der Veränderungen aus. Im Kontext des Klimawandels sind vor allem häufigere und intensivere Starkregenereignisse zu erwarten, die zu folgenschweren Überflutungen führen können. Auch erscheint eine Veränderung der natürlichen Wasserkreislaufprozesse und der nutzerspezifischen Wassernutzungsmuster aufgrund zunehmender Hitze- und Trockenperioden plausibel. Vor dem Hintergrund rückläufiger Bevölkerungszahlen und Alterungsprozesse im Zuge des demografischen Wandels konkurrieren die Kommunen und Städte um zukünftige Gebührenzahler. Auf absehbare Zeit wird sich dieser Wettbewerb verschärfen und Schrumpfs- und Wachstumsprozesse in enger räumlicher Nähe stattfindenden. Die Verlierer sind nicht nur mit rückläufigen Bevölkerungszahlen (= Gebührenträger) und tendenziell abnehmender Einkommensstärke der Bevölkerung im Alter konfrontiert, wodurch finanzielle und planerische Handlungsspielräume abnehmen, sondern auch mit zahlreichen Begleiterscheinungen wie bspw. einer höheren Konzentration von Medikamentenrückständen im Abwasser. Für Lünen sind die Determinanten der Bevölkerungsentwicklung in Abbildung 3-1 dargestellt.

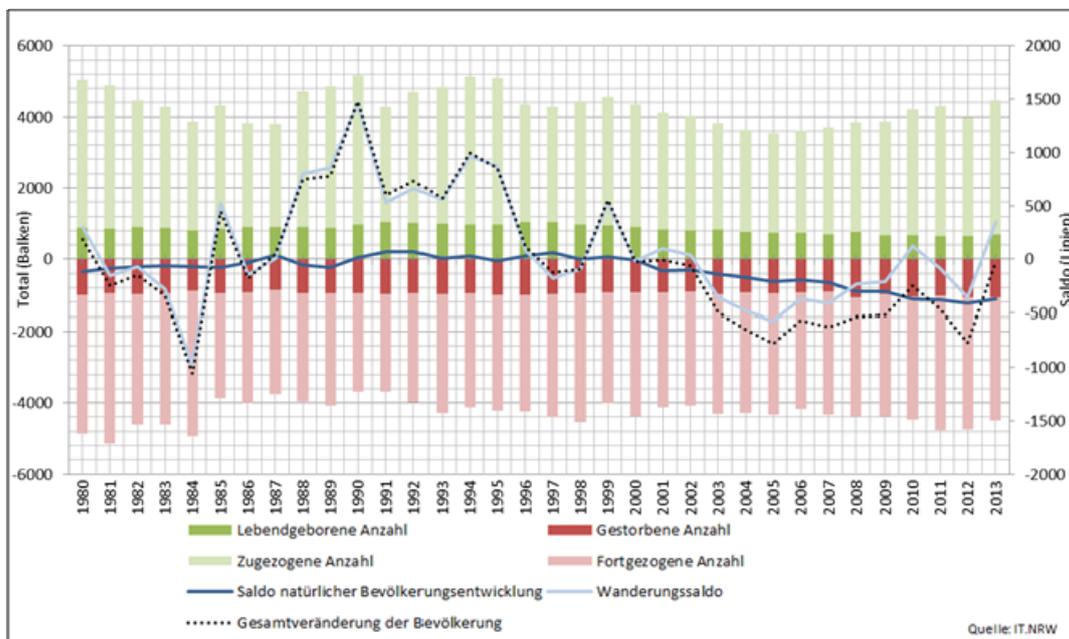


Abbildung 3-1: Determinanten der Bevölkerungsentwicklung in Lünen 1980-2013
(Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: it.NRW 2015d)

Im Gegensatz dazu eröffnen sich für sozio-ökonomisch attraktive Standorte mit ausgeglichener Altersstruktur und zunehmenden Bevölkerungszahlen investive und planerische Handlungsspielräume. Aus gesellschafts- und umweltpolitischen Entwicklungen, die sich u. a. an der Zielsetzung den Zustand der Umwelt und die Gesundheit der Gesellschaft zu bewahren und zu verbessern orientieren, entstehen einerseits zusätzliche Anforderungen an die Rückgewinnungs- Reinigungs- und Aufbereitungsleistung der Wasserinfrastruktursysteme und ihre Betreiber, die oftmals investive Maßnahmen erfordern (bspw. P-Recycling, Elimination von (Mikro-) Schadstoffen). Andererseits wird in diesem Kontext auch eine, die Umwelt- und Ressourcenkosten einschließende Deckung der Kosten entsprechend des Verursacherprinzips gefordert.

Aufgrund der veränderlichen Rahmenbedingungen und der sich teilweise gegenseitig verstärkenden Auswirkungen geraten die Siedlungswasserinfrastruktursysteme in vielen Kommunen an ihre Leistungsgrenzen und die Betreiber an die Grenzen der Wirtschaftlichkeit, was oftmals zu negativen ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen führt. In einigen Kommunen werden die Systeme bereits jenseits dieser Grenzen betrieben, mit entsprechenden Folgen für die Nachhaltigkeit. Die skizzierten Entwicklungen in den Rahmenbedingungen und die aus den lokalen Auswirkungen entstehenden Herausforderungen geben Anlass, die Thematik der Anpassungsplanung im Bereich der Siedlungswasserinfrastrukturen auf den kommunalen Agenden stärker zu priorisieren und hierfür neue Planungsinstrumente zu entwerfen, da bisherige Planungswerkzeuge neuartige und integrierte Wasserver- und Abwasserentsorgungskonzepte nicht abbilden können. Hierzu wurden Ergebnisse und Erfahrungen aus Arbeiten zu den veränderlichen Rahmenbedingungen und Planungsgrundlagen sowie zur kommunalen Anpassungsplanung herangezogen, um Handlungshinweise zur Aufsetzung eines strategischen Prozesses zu Planung von Siedlungswasserinfrastrukturen zu erarbeiten, durch den die Planung und Bewertung verschiedener Systemoptionen ermöglicht wird. Der hier vorgeschlagene Prozess besteht aus mehreren Modulen.

3.2.1 Aufsetzung eines strukturierten Anpassungsplanungsprozesses

In vielen Kommunen besteht ein umfangreiches Karten und Datenwerk, teilweise aufgeteilt auf die verschiedenen kommunalen Behörden und Betriebe. Insbesondere für jüngere Erhebungszeiträume sind viele Informationen digital vorhanden. Eine speziell für die Bedürfnisse der siedlungswasserwirtschaftlichen Planung zugeschnittene Aufbereitung und Darstellung dieser lokalspezifischen Daten bildet eine Datenplattform, anhand derer viele unterschiedliche planungsrelevante Parameter des Kommunalgebietes mit hoher Informationstiefe dargestellt und als Planungsgrundlage verwendet werden können. Aus den Erkenntnissen der Wissenschaft und Forschung über die

Dynamik der Veränderungen der Rahmenbedingungen auf höheren räumlichen Ebenen sind regionale und lokale Veränderungen der Rahmenbedingungen prognostizierbar und die Folgen und Auswirkungen teilweise auch kleinräumig für die Siedlungswasserwirtschaft in Teilen abschätzbar.

Der notwendige Anpassungsplanungsprozess sieht in mehreren modularen Schritten zunächst den Aufbau einer kommunalen Datenplattform bestehend aus den aggregierten lokalspezifischen Daten vor. Parallel dazu sollen die Erkenntnisse über die Dynamik der Veränderungen der Rahmenbedingungen in einer Informationsplattform aufbereitet werden. Eine Kopplung der lokalspezifischen Datenplattform mit der Informationsplattform ermöglicht es, anschließend zukünftige Zustände der regional und lokal vorherrschenden Rahmenbedingungen modellhaft darzustellen, aus den historischen Daten zukünftige Zustände der Siedlungswasserinfrastrukturen zu extrapolieren und die zukünftigen Zustände der Rahmenbedingungen und der Siedlungswasserinfrastruktursysteme gegeneinander in Relation zu setzen, um frühzeitig Fehlentwicklungen zu identifizieren und adäquate Systemanpassungen oder -umstellungen einzuleiten. Da zunehmend die Möglichkeit besteht, die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung sowie angrenzende Sektoren miteinander kleinräumig zu koppeln, ist ein Einsatz dieses Prozesses als Entscheidungsunterstützungsinstrument grundsätzlich auf der weiteren kommunalen Ebene denkbar, die Akteure aller kommunalen Planungsstellen einschließt. Ziel ist jedoch zunächst, auf lokaler Ebene ein Werkzeug zur Entscheidungsunterstützung zu entwickeln, das kurzfristig belastbare Prognosen, mittelfristig richtungsweisende Vorhersagen und langfristig probabilistische Zukunftsszenarien liefert. Adressaten dieses Instrumentes, das einen Großteil der relevanten Daten und Informationen, auch über die Vorteilhaftigkeit alternativer und neuartiger Infrastrukturkonzepte für die operative und strategische Planung und Entscheidungsfindung zu Weiterentwicklung der kommunalen Infrastrukturen liefert, sind in erster Linie die Akteure der Siedlungswasserwirtschaft.

Die schematische Darstellung des Prozesses in Abbildung 3-2 zeigt, dass der Anpassungsplanungsprozess aus zwei Modulen – der kommunalen Datenplattform und der Informationsplattform über die Dynamik der Rahmenbedingungen – besteht. Beide Module aggregieren Informationsbestandteile aus öffentlich zugänglichen und kommunalen, möglicherweise sensiblen Quellen und stellen diese zum Abruf für die Entscheidungsunterstützung bereit.

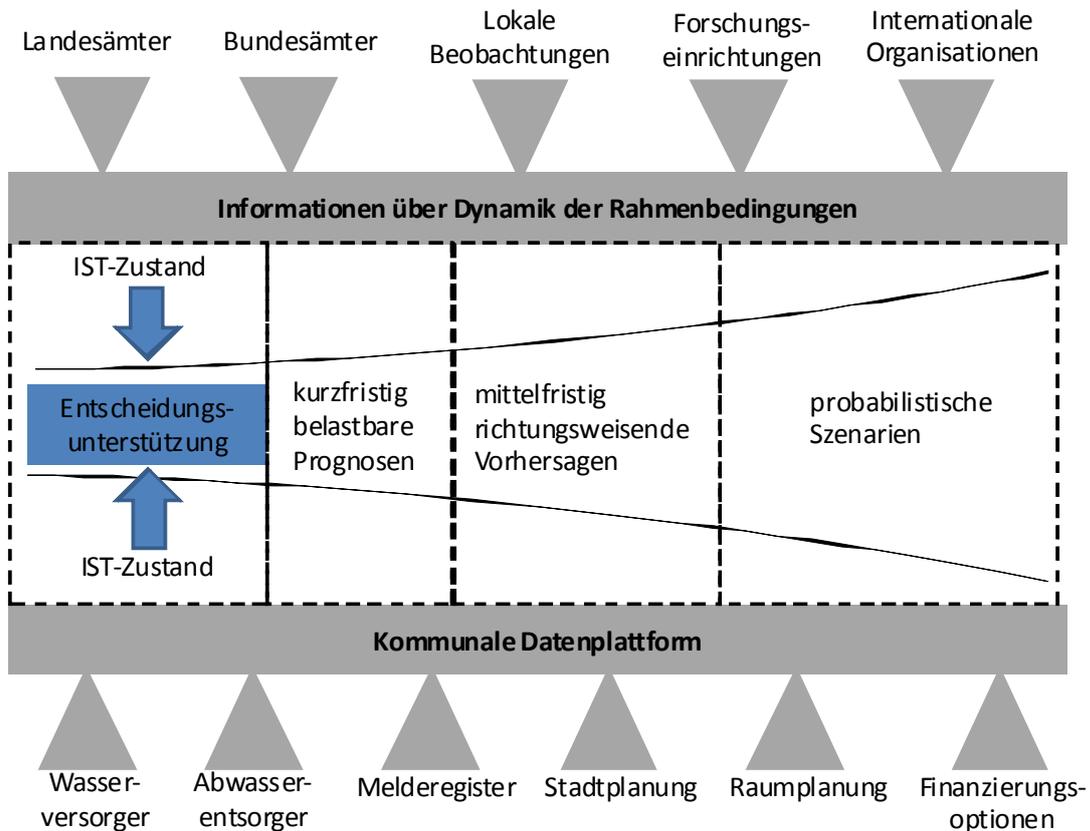


Abbildung 3-2: Schematische Darstellung des vorgeschlagenen kommunalen Anpassungsplanungsprozesses

Aufgrund der verschiedenen Zeithorizonte, in denen die demographischen, klimatischen, gesellschafts- und umweltpolitischen und wirtschaftsstrukturellen Wandelprozesse ablaufen, bedarf es einer periodischen Aktualisierung der Informationen über die Dynamik der veränderlichen Rahmenbedingungen. Insbesondere für die eher kurzfristigen Prozesse demographischer und wirtschaftsstruktureller Wandel sollte ein kontinuierliches Monitoring erfolgen. Neue politische Anforderungen sollten zumindest halbjährlich ergänzt werden, neue Informationen über die Auswirkungen des Klimawandels im 3- bis 5 Jahresrhythmus.

Für die kommunale Datenplattform sollte ebenfalls eine kurzfristig revolvierende Aktualisierung anvisiert werden, so dass sich das kommunale Wissen, auch über zur Verfügung stehende Fördermöglichkeiten und sich ggf. kurzfristig ergebende finanzielle Spielräume des kommunalen Haushaltes, stets auf dem aktuellen Stand befindet.

Der anfänglich zu betreibende Aufwand zur Aufsetzung des Anpassungsplanungsprozesses ist stark durch die Art der bisherigen Informations- und Wissensverwaltung, insbesondere der kommunalen Betriebe der Siedlungswasserwirtschaft bestimmt. In

Kommunen, in denen bereits Kopplungen von Grafiksystemen, objektorientierten Datenbanken und hydraulische Analyseprogramme im Einsatz befindlich sind, kann eine kommunale Datenplattform relativ aufwandsarm durch zusätzliche Datenbankkomponenten erstellt werden. Zur Verringerung des Aufwands sind ggf. auch Kooperationen von Kommunen denkbar.

3.2.2 Verfügbare Informationsquellen

Die Ämter der Länder und des Bundes, zahlreiche Forschungseinrichtungen und internationale Organisationen stellen Informationen über die Prozessabläufe in den verschiedenen Rahmenbedingungen Klima, Demografie, Politik und Wirtschaft für unterschiedliche räumlichen Ebenen zur Verfügung. Tabelle 3-1 stellt eine kommentierte Übersicht über einige zusätzliche verfügbaren Informationsquellen dar, der sich die Kommunen zur Ergänzung und Vervollständigung eigener Beobachtungen zum Aufbau einer Informationsplattform über die Dynamik der Rahmenbedingungen bedienen können.

	Anbieter	Stand	Kurzbeschreibung	Zugriff
Klimawandel	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung	2014	Darstellung einer Vielzahl von klimarelevanten Parametern und sich daraus ergebenden Folgen wie Waldbrandgefahr, Gesamtabfluss, Ernteerträge, u. a. auf regionaler Ebene.	www.klimafolgenonline.com
	Climate Service Center	2014	Die Klimasignalkarten stellen klimarelevante Modelldaten auf Kreisebene für die kommenden Jahrzehnte bereit. Der Stadtbaukasten unterstützt dabei Herausforderungen zu erkennen, rechtzeitig zu handeln und stellt Module für eine nachhaltige, klimaangepasste Stadtplanung bereit.	www.climate-service-center.de
	Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung / Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung	2013	Entscheidungsunterstützungswerkzeug zur Erstellung einer kommunalen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Unterstützung der Auswahl und Umsetzung von Maßnahmen zum Klimaschutz und der Klimaanpassung.	www.stadtklimalotse.net
Demografie	Bertelsmann-Stiftung	2014	Übersicht über kommunale, demografiebezogene Daten. Anhand demografischer Merkmale kann jede Kommune einem von neun unterschiedlichen Demografietypen zugeordnet werden. Für die Demografietypen liegen Handlungshinweise vor.	www.wegweiser-kommune.de
	Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung	2014	Online-Handbuch Demographie in dem Hintergründe der Bevölkerungsentwicklung und Fachbegriffe erklärt werden. Zudem stehen Specials zu den Themen Demografiestrategie, Generationenvertrag und demografische Dividende bereit.	www.berlin-institut.org
Fläche	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung	2014	Informationen und graphische Darstellung der Anteile verschiedener Flächenarten an der Gesamtfläche. Unter anderem Anteil der versiegelten Bodenfläche auf Gemeindeebene	www.ioer-monitor.de

Tabelle 3-1: Übersicht über einige verfügbare Informationsquellen zur Dynamik der Rahmenbedingungen

3.2.3 Anwendung der Szenariomethodik

Um im Anpassungsplanungsprozess kurzfristig belastbare, mittelfristig richtungweisende und langfristig probabilistische Szenarien zu erstellen, empfiehlt sich die Anwendung der Szenariotechnik. Hierbei werden die – in der kommunalen Datenplattform gesammelten – historischen Daten unter bestimmten Annahmen fortgeschrieben. Kurz- und mittelfristige Fortschreibungen der Entwicklungen der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) wurden beispielhaft für die Stadt Lünen (Abbildung 3-4) und die Stadt Gelsenkirchen (Abbildung 3-3) vorgenommen.

Für die Periode vom Jahr 1994 bis zum Jahr 2014 ist die historische Entwicklung der SuV abgetragen. Für Lünen zeigt sich hierbei ein relativ stabiler Flächenzuwachs um etwa 0,5 % jährlich. In Gelsenkirchen fiel die Flächenneugewinnung mit 0,1 % jährlich etwas moderater aus.

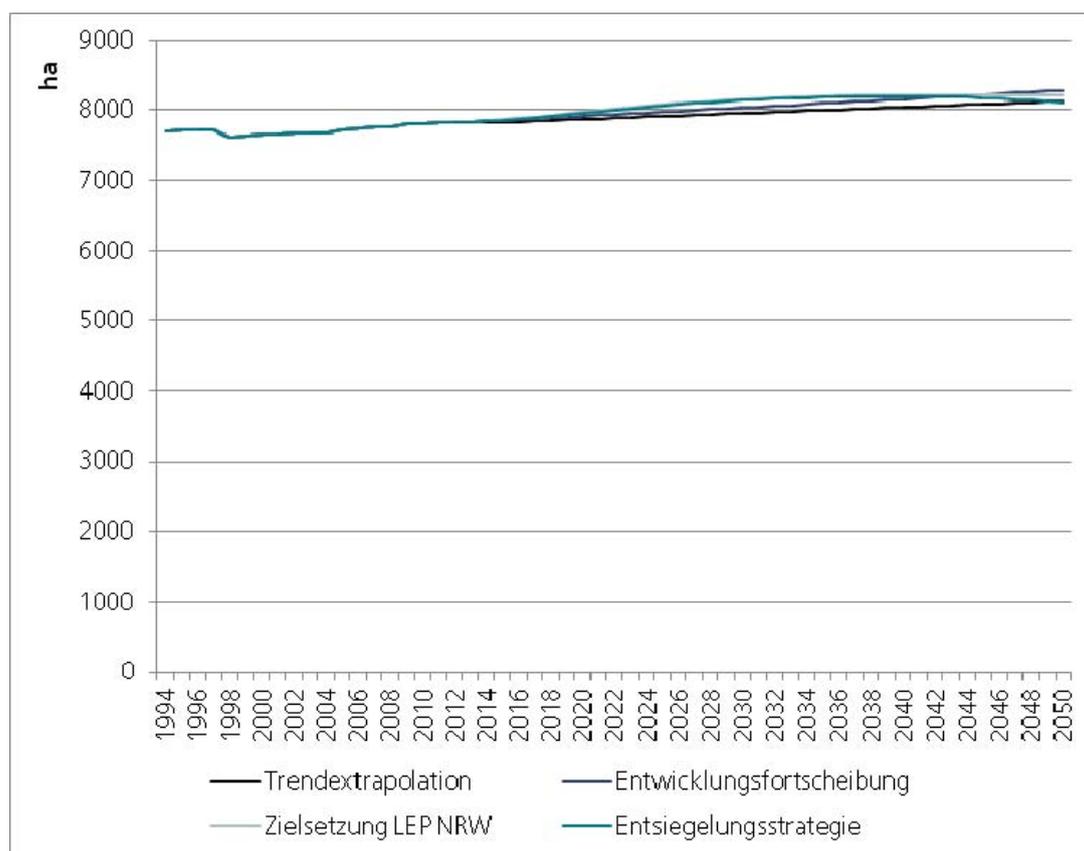


Abbildung 3-3: Szenarien der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Gelsenkirchen (Quelle: IT.NRW 2014c, eigene Berechnungen)

Auf Basis der verfügbaren historischen Daten wurde für den Zeitraum bis 2050 die Flächenentwicklung unter vier unterschiedlichen Annahmen fortgeschrieben:

1. Trendextrapolation: Extrapolation der Flächenentwicklung auf Basis der in der Periode der Jahre 1994 bis 2013 beobachteten Entwicklung nach der Methode der kleinsten Quadrate.
2. Entwicklungsfortschreibung: Fortschreibung des durchschnittlichen jährlichen prozentualen Flächenzuwachses der Jahre 2009 bis 2013 (0,71 %).
3. Zielsetzung LEP NRW: An den Zielwerten der im Landesentwicklungsplan NRW (LEP NRW) vorgesehenen Flächenentwicklung¹ (Für Lünen und Gelsenkirchen/Herten ergibt sich als Zielwert für das Jahr 2020 ein zusätzliches Wachstum von 0,000103893 ha /Jahr $[(5 \cdot 365) / 17.566.128 \text{ Einwohner NRW im Jahr 2020}]$).
4. Entseigelungsstrategie: Die Ziele des LEP NRW werden erreicht. Anschließend erfolgt eine Flächenrückgewinnung, die in NRW bis 2050 auf -3 ha/Tag SuV ausgedehnt werden kann.

Die Divergenz zwischen den Fortschreibungen der Flächenentwicklung auf Grundlage der vier Annahmen nimmt mit dem Zeithorizont der Fortschreibung zu. Während unter der „Entseigelungsstrategie“ und der „Zielsetzung LEP NRW“ kurzfristig bis zum Jahr 2024 ein Zuwachs um 2,8 % im Vergleich zum Jahr 2013 zu erwarten ist, führt die „Entwicklungsfortschreibung“ zu einem Zuwachs um 7,4 %. Dazwischen liegt mit 4 % die Trendexploration. Mit Zeithorizont bis zum Jahr 2050 führt die „Entwicklungsfortschreibung“ zu einem Flächenzuwachs um 30 % und die „Trendexploration“ um 14 %. Entsprechend der „Zielsetzung LEP NRW“ findet ab dem Jahr 2040 kein weiterer Netto-Flächenzuwachs mehr statt. Entsprechend der „Entseigelungsstrategie“ erreicht der Flächenzuwachs im Jahr 2040 den Höchststand und ist anschließend rückläufig.

¹ Die Entwurfsfassung des Landesentwicklungsplanes NRW (Staatskanzlei des Landes NRW 2013) sieht als eine strategische Ausrichtung vor, das tägliche Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsfläche bis zum Jahr 2020 auf 5 ha/Tag und langfristig auf Netto-Null zu reduzieren.

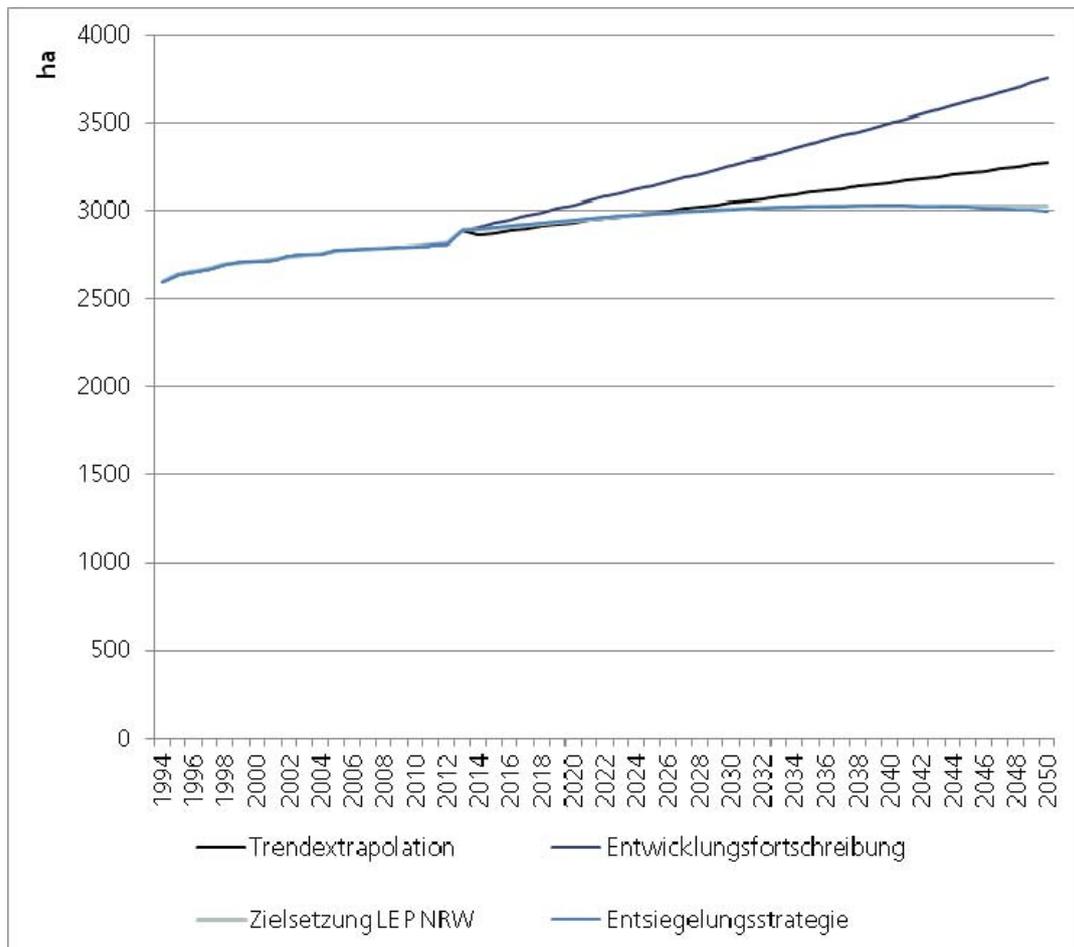


Abbildung 3-4: Szenarien der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Lünen (Quelle: IT.NRW 2014c, eigene Berechnungen)

Die bislang in Lünen beobachtete, gleichmäßig zunehmende Flächenentwicklung verlief in Gelsenkirchen etwas moderater, was dazu führt, dass die Fortschreibungen der Flächenentwicklung unter verschiedenen Annahmen weniger divergieren. Kurzfristig lässt sich bis zum Jahr 2024 eine Flächenzunahme um 1 % („Trendexploration“), 1,5 % („Entwicklungsfortschreibung“) oder 2,5 % („Zielsetzung LEP NRW“ und „Entsiegelungsstrategie“) prognostizieren. Mittelfristig bis zum Jahr 2050 ist entsprechend der Vorhersage mit einer Flächenzunahme um 4 % bis 6 % zu rechnen.

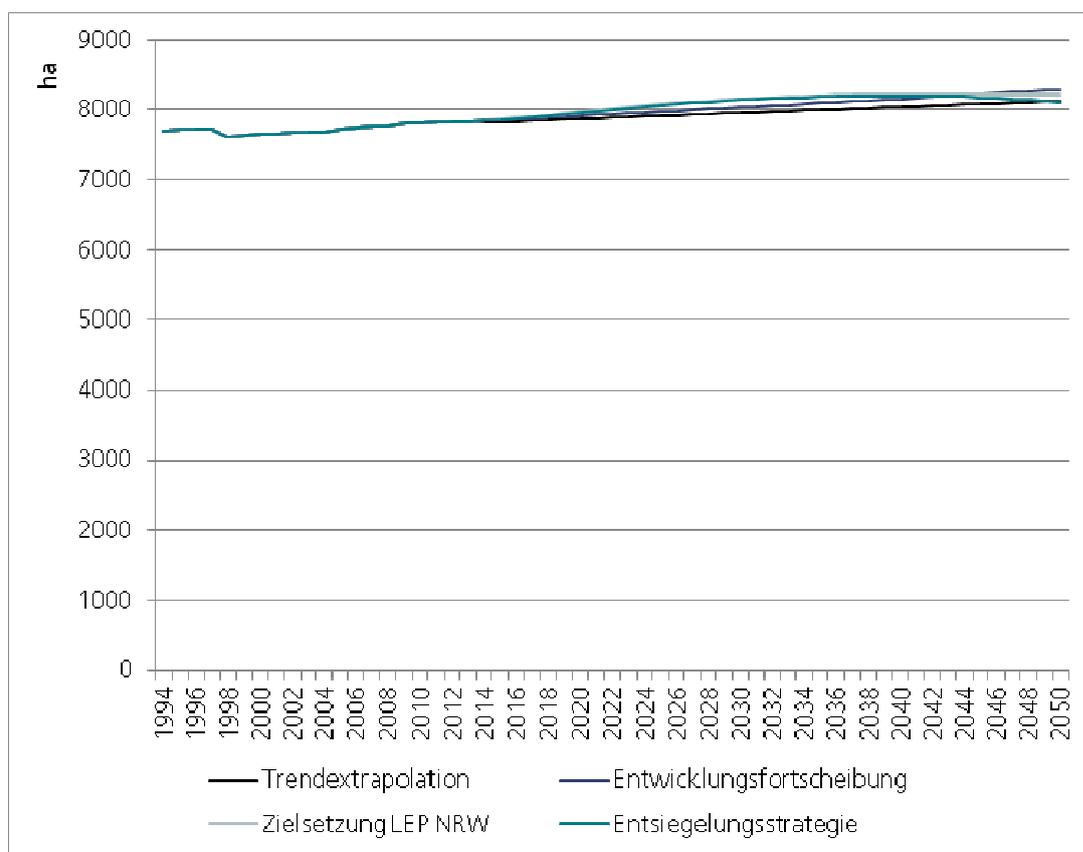


Abbildung 3-5: Szenarien der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Gelsenkirchen (Quelle: IT.NRW 2014d, eigene Berechnungen)

Wie anhand der beiden Beispiele Lünen und Gelsenkirchen vorgestellt, lässt sich durch die Fortschreibung der Entwicklung von planungsrelevanten Rahmenbedingungen ein, mit zunehmendem Zeithorizont unschärfer werdendes Bild der Zustände in der Zukunft entwerfen. So kann für die kommende Dekade unter den skizzierten Annahmen – andauernder Flächenentwicklungstrend und sukzessive greifende politische Zielsetzungen – für Lünen als auch für Gelsenkirchen kurzfristig mit einer weiteren, moderaten Flächenzunahme gerechnet werden. Mittel- und langfristig lässt sich unter den genannten Annahmen festhalten, dass in Gelsenkirchen eher Schrumpfungsentwicklungen zu erwarten sind, während in Lünen ein weiterer moderater Flächenzuwachs wahrscheinlich ist.

Die hier vorgestellte quantitativ gestützte Szenariotechnik kann auf alle Rahmenbedingungen angewendet werden. Entscheidend für die Güte und Belastbarkeit der Aussagen ist die historische Datenlage, der gewählte Zeithorizont und insbesondere das Wissen um die Zusammenhänge der Antriebskräfte der Rahmenbedingungen, denn hierauf fußen die Annahmen über die Richtung und Stärke der zukünftigen Entwick-

lung. Die wirtschaftsstrukturellen, demografischen und siedlungsstrukturellen Entwicklungen beeinflussen sich auf vielfältige Weise gegenseitig, und in Teilen ist die siedlungsstrukturelle Entwicklung als Ergebnis der demografischen und der wirtschaftsstrukturellen Entwicklung zu verstehen. Je besser das Verständnis über die Dynamik der Antriebskräfte und die gegenseitige Beeinflussung der Rahmenbedingungen im lokalspezifischen Zusammenhang vor Ort, in dem zahlreiche spezifische Faktoren wirken können, umso realitätsnäher können Annahmen über die zukünftige Entwicklung formuliert werden. Ein gewisses Maß an Unsicherheit, das mit dem Zeithorizont zunimmt, verbleibt immer.

3.2.4 Fazit

Die Auswirkungen der Veränderungen in den Rahmenbedingungen führen zu zunehmenden Handlungs- und Anpassungsdrücken, die für die konventionellen siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruktursysteme eine ambivalente Herausforderung darstellen. Die Bestimmung der aktuellen kommunalspezifischen Ausgangslage, die Fortschreibung der lokalspezifischen Veränderungen in den Rahmenbedingungen und die Identifikation der möglichen Auswirkungen und Folgen vor Ort stellt eine anspruchsvolle und komplexe Informationsmanagementaufgabe dar. Aufgrund der Langlebigkeit, Immobilität und Kapitalintensivität der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastrukturen stellt die Anpassung der lokalen siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastrukturen an die zukünftigen Herausforderungen zudem eine komplexe und anspruchsvolle Planungsaufgabe dar. Entscheidend ist es, immer wieder frühzeitig die Folgen der sich abzeichnenden Entwicklungen abschätzen zu können und die leistungs- und wirtschaftlichkeitsgrenzen der lokalen Infrastruktur so genau zu kennen, dass trotz der verbleibenden Unsicherheiten eine Bewertung des Gefahrenpotenzials erfolgen kann.

Der vorgestellte Anpassungsplanungsprozess stellt für diese Herausforderung ein Instrumentarium bereit, das in der Lage ist, die Wirtschaftlichkeits- und Leistungsgrenzen der Infrastruktur in der Zukunft, soweit es prognostische Methoden erlauben, vorherzusagen und diese in den Kontext der veränderlichen Rahmenbedingungen zu setzen. Die Qualität dieses strategischen Planungsansatzes kann durch periodische Aktualisierung der Datenbestände, ein kontinuierliches Monitoring der regionalen und lokalen Entwicklungen und revolvierende Planungszyklen stark gesteigert werden. Durch die permanente Pflege und Anpassung der einzelnen Module des Anpassungsplanungsprozesses kann das Wissen um die „Known-unknowns“, also die bekannten Unwägbarkeiten der Herausforderungen, beständig vertieft werden. Zudem kann zusätzliches Wissen um bislang unbekannte Unwägbarkeiten, also „unknown unknowns“ in die Daten- und Informationsplattformen integriert werden. Über diese revolvierende Fortschreibung der Planungsgrundlagen und mit zunehmender Integration von neuem

Wissen über die Zusammenhänge der Antriebskräfte der Rahmenbedingungen können die Annahmen, unter denen die Fortschreibungen erfolgen, zunehmend realitätsnäher gestaltet werden.

Auch versprechen die neuartigen siedlungswasserwirtschaftlichen Systemkonzepte eine höhere Flexibilität sowie ökonomisch, sozial und ökologisch vielversprechende Potenziale. Es gilt somit im Zuge der Anpassungsplanung auch zu eruieren, ob und welche Vorteile innovative Lösungskonzepte vor dem Hintergrund der zukünftigen Entwicklungen gegenüber den konventionellen Infrastruktursystemen bringen, um gegebenenfalls frühzeitig die Weichen für eine Systemumstellung im Rahmen einer konzertierten Aktion, die eine Koordinierung der Nutzer, Betreiber, Komponentenzulieferer und Finanzierungsquellen erfordert, zu stellen. Die Herausforderung hierbei besteht darin, heutige Ausbau und Sanierungs-, bzw. Instandhaltungsplanungen so zu koordinieren, dass sich in Zukunft Handlungsfenster öffnen.

In drei Viertel der 11.288 deutschen Kommunen beträgt die Einwohnerzahl weniger als 5.000 Einwohner. In diesen vorwiegend ländlich geprägten Siedlungsstrukturen ist tendenziell durch die niedrige Siedlungsdichte eine geringe Effizienz der Infrastrukturen gegeben. Zudem sind ländliche Kommunen durch starke Abwanderung oft als Verlierer des demografischen Wandels anzusehen, in denen die Kosten der Versorgungsleistungen von einer abnehmenden Zahl an Nutzern zu finanzieren sind. Somit sind in diesen Kommunen die finanziellen Handlungsspielräume limitierter als in Ballungszentren. Hinzu kommt, dass detaillierte Informationen über die Lage, Material und Zustand der Infrastrukturen in kleinen Kommunen teilweise nicht digital verfügbar sind. Auch sind historische Daten über die Entwicklung kritischer Rahmenbedingungen wie bspw. die demografische Entwicklung oftmals nicht direkt verfügbar und müssen erst lokal erarbeitet werden. Somit ist dort, wo ein großes Potenzial für innovative Lösungskonzepte vermutet wird, auch der Planungsaufwand am größten. Die Ausweitung des vorgestellten Planungsansatzes auf weitere kommunale Infrastrukturbereiche, wie den Gas- und Elektrizitätssektor erscheint generell möglich. Auch erscheint die Kooperation von Kommunen mit ähnlichen Ausgangslagen und vergleichbaren Zukunftsperspektiven als vorteilhaft, da so Erfahrungen und Kenntnisse ausgetauscht und evtl. der Planungsaufwand reduziert werden kann. Ausführliche Ergebnisse zu AP 2 sind in einem internen Arbeitspapier detailliert beschrieben.

4 Arbeitspaket 3: Innovationen und Konzepte

4.1 Überblick über die Arbeiten im Arbeitspaket 3

Die Arbeiten zur (Weiter-)Entwicklung von Technikkomponenten und technischen Konzepten umfassen Anpassungen bei nachrüstbaren Unterdruckentwässerungssystemen auf Haushalts- oder Einzugsgebietsgröße, die Untersuchung der Fit-for-purpose-Aufbereitung verschiedener (Roh-) Wässer mittels Membrantechnik, die Grauwasserbehandlung mit Wärmerückgewinnung auf Haushaltsebene, die anaerobe Schwarzwasserbehandlung, Nährstoffrückgewinnung aus Schwarzwasser und Urin, Strategien zur Behandlung von Gewerbe- und Industrieabwässern sowie Lösungen für alternative Löschwasserbereitstellung und die hydraulische Anpassung der Trinkwassernetze bei deutlich geringerem Trinkwasserbedarf. Die Untersuchungsergebnisse und die erzielten technischen und ökonomischen Verbesserungen (vgl. „Techniksteckbriefe“ unter <http://www.twistplusplus.de> und im Gesamtband „Steckbriefe“) bilden eine wichtige Grundlage für die Planung neuer Konzepte bspw. für die Modellgebiete.

Als Arbeiten des Fraunhofer ISI im Rahmen von AP 3 wurden im Wesentlichen relevante Zuarbeiten zur Entwicklung der Technikkomponenten und Vorarbeiten zum Gesamtkonzept im Modellgebiet Lünen durchgeführt.

Zuarbeiten des Fraunhofer ISI zu den Teilarbeitspaketen

Das Fraunhofer ISI war an den fett gedruckten Teilarbeitspaketen beteiligt und hat hier in Arbeitsgruppen und mit konkreter, lösungsorientierter Zuarbeit unterstützt.

TAP 3.1 Energie-/Nährstoffrückgewinnung

TAP 3.2 Bedarfsgerechte Aufbereitung unterschiedlicher Eingangswässer

TAP 3.3 Wasserbezogene Energiekonzepte

Im Rahmen der wasserbezogenen Energiekonzepte wurden wesentlich die Arbeiten zur Energie- und Stoffbilanzierung des neu entwickelten, innovativen Wasserinfrastrukturkonzeptes „i.WET“ (vgl. im Detail 4.2) durchgeführt. Ein wesentlicher Aspekt dieses Konzepts ist die Wärmerückgewinnung aus Grauwasser.

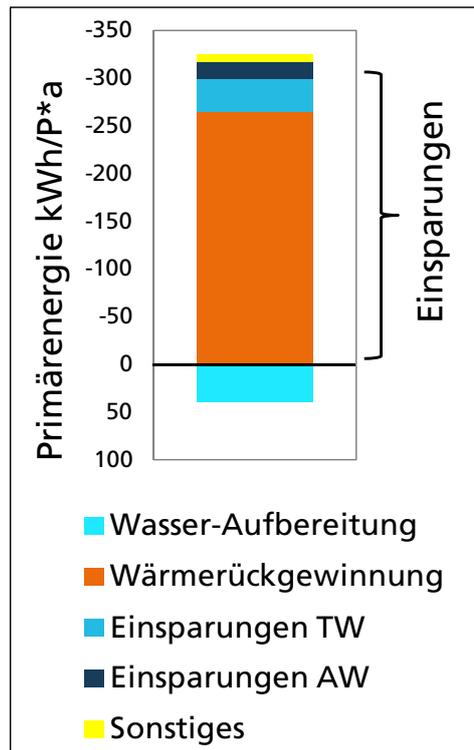


Abbildung 4-1: Energiebilanz für die Grauwasserwärmerückgewinnung in i.WET (Quelle: Fraunhofer ISI)

Bei der Wärmerückgewinnung aus Grauwasser summieren sich eine effiziente Brauchwasserbereitstellung, die Einsparungen aus Abwasserentsorgung und Trinkwasserbereitstellung (Volumen und Fracht reduziert) zu einer Netto-Einsparung von 120 bis 280 kWh/Person*Jahr Primärenergie (PE). Die energetische Leistung der Evapotranspiration der Energie-Allee kann überschlägig zu ~ 1000 kWh/p*a errechnet werden.

Wesentliche Ergebnisse der Stoffstromanalysen flossen außerdem in die Arbeiten der Universität Stuttgart ein.

TAP 3.4 Löschwasserkonzepte und Anpassung von Trinkwasserteilnetzen

In Diskussionen des Fraunhofer ISI mit Vertretern der Wasserversorgung und der Landesfeuerwehr Baden-Württemberg wurde u. a. erarbeitet, dass eine netzintegrierte Löschwasservorhaltung auch zu Stagnationsproblemen im Netz führt. Insbesondere große öffentliche Gebäude wie bspw. Museen wurden hier als problematisch identifiziert.

Wesentliche Gründe sind die überdurchschnittlich hohen Kosten für die immensen vorzuhaltenden, in aller Regel aber fast nie benötigten Wassermengen und eine nicht un-

erhebliche Verkeimungsgefahr durch den großen Stagnationsraum, der sich durch die netzintegrierte Bevorratung in den Gebäuden (z. B. Oper) ergibt.

Unabhängig davon und von dezentralen Wasserinfrastrukturen können auch technologische Weiterentwicklungen wie bspw. Nebellöschanlagen als Treiber für eine Entkopplung der Löschwasserversorgung von der Trinkwasserversorgung wirken.

Für die Löschwasserkonzepte wurden die Arbeiten mit Analysen zu Wasserströmen unterstützt und das Konzept für die Zeche Westerholt erarbeitet (vgl. u. a. Joel 2016).

Insgesamt zeigten die Ergebnisse, dass für die meisten Löschwasserbauwerke (Löschwasserteiche, Löschwasserbecken, Löschwasserbehälter oberirdisch/ unterirdisch und Löschwasserbrunnen) eine Entkopplung vom Trinkwassernetz generell technisch möglich ist. Auf der anderen Seite zeigten hydraulische Modellierungen des IWW für das Modellgebiet Westerholt aber auch, dass mittels konventioneller Konzepte negative Auswirkungen durch die Neuordnung der Löschwasserhydranten sowie Änderung der Bauart und Dimension stark reduziert werden können.

Die Ergebnisse aus den Modellierungen des IWW zeigten, dass semivermaschte Trinkwassernetze ein geeignetes technisches Gestaltungselement sind, um auch bei sich ändernden und nicht genauer prognostizierbaren Trinkwasserverbräuchen die Netzhydraulik anpassbar und optimierbar zu gestalten.

Diese Ergebnisse waren wichtige Ausgangsinformationen für die Arbeiten zur Ausgestaltung innovativer Wasserinfrastruktursysteme im Bestand, und flossen bspw. in den Arbeiten zum Modellgebiet Lünen mit ein.

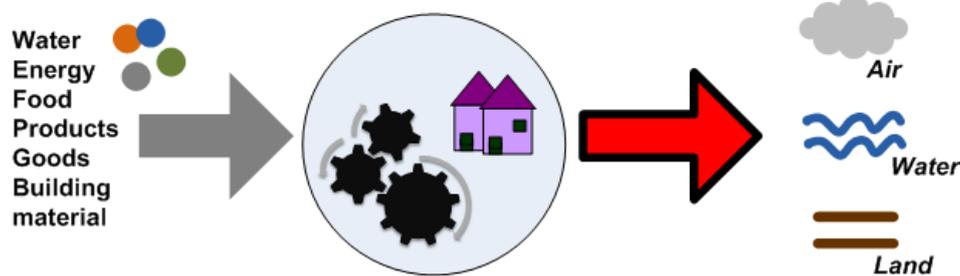
TAP 3.5 Konzepte Gewerbe- / Industrieabwasser (vgl. Uni Stuttgart)

TAP 3.6 Konzepte zur Ableitung von Abwasserströmen (vgl. Bauhaus Universität Weimar)

TAP 3.7 Integrierte Gesamtkonzepte

Im Rahmen der integrierten Gesamtkonzepte wurden vom Fraunhofer ISI die strukturelle Konzeptionierung der Modellierung von Gesamtkonzepten erarbeitet und wesentliche Beiträge zu den Stoffströmen geliefert. Für die Untersuchungen wurde dabei von der in Abbildung 4-2 gezeigten grundsätzlichen Unterteilung ausgegangen.

Linear urban metabolism



Circular urban metabolism

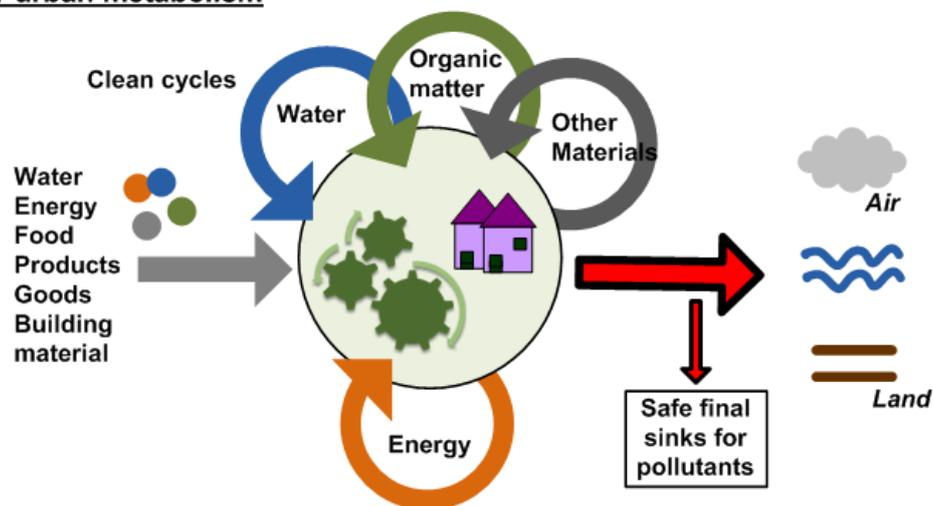


Abbildung 4-2: Grundsätzliche Unterscheidung des urbanen Metabolismus als lineares oder kreislauforientiertes System (Quelle: Fraunhofer ISI)

Die Ergebnisse der Arbeiten sind in einem internen Arbeitspapier im Detail beschrieben und fließen in die weitere Bearbeitung von AP 3.7, aber auch von AP 4 (Beschreibung des konventionellen Systems als Grundlage für die Darstellungen und Berechnungen im PUS) sowie AP 5 und AP 6 (Analyse und Bewertung von Wasserinfrastrukturkonzepten) ein.

In Abbildung 4-3 sind Stoffemissionen konventioneller Systeme im Vergleich mit dem vom Fraunhofer ISI entwickelten Konzept i.WET dargestellt. Die Ergebnisse der Stoffstromanalysen belegen für i.WET deutliche ökologische Vorteile gegenüber Trenn- oder Mischwassersystem.

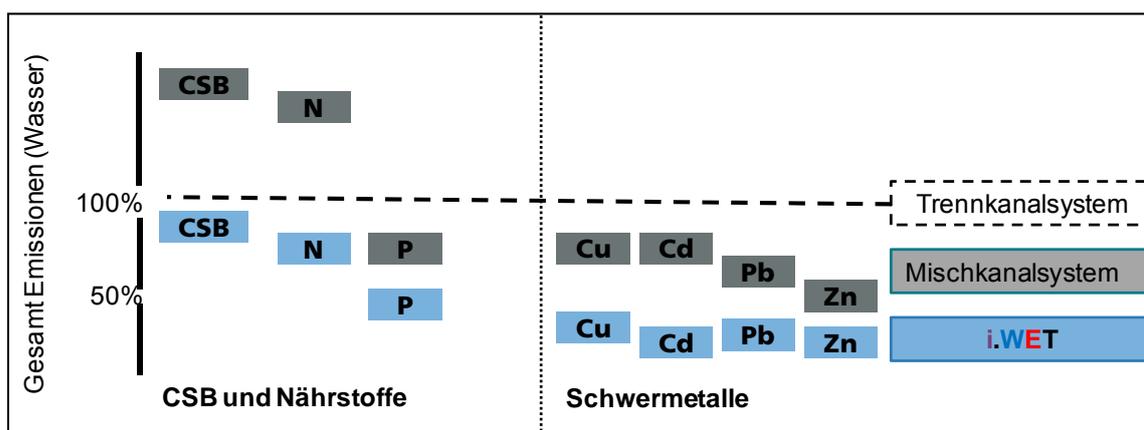


Abbildung 4-3: Qualitative Darstellung der Stoffemissionen in Gewässer in verschiedenen Entwässerungskonzepten (Quelle: Fraunhofer ISI)

4.2 Entwicklung eines integrierten Gesamtkonzepts mit hoher Ressourceneffizienz für den urbanen Raum

Im Rahmen des AP 3 wurden am Fraunhofer ISI vorbereitende Arbeiten durchgeführt, die die Grundlage für die konkrete Konzeptentwicklung, -anpassung und -bewertung von i.WET in den Arbeitspaketen 5 und 6 bilden.

4.2.1 Kurzbeschreibung des Konzepts i.WET

Das Infrastrukturkonzept i.WET (integriertes WasserEnergieTransitions-Konzept) sieht eine kombinierte Wiederverwertung von Regenwasser und behandeltem Grauwasser mit Wärmerückgewinnung vor. Das Konzept ist für Stadtquartiere im innerstädtischen Umfeld entwickelt worden.

Im technischen Teil von i.WET, dem „blauen“ Wiederverwertungsweg, wird Regenwasser von Dachflächen aufgefangen, zu Betriebswasser aufbereitet und gespeichert. Das Grauwasser aus Dusche und Bad wird zur Wärmerückgewinnung genutzt. Im Bedarfsfall wird dieses Grauwasser einer technischen Aufbereitung unterzogen, insoweit für die Deckung des Betriebswasserbedarfs nicht genügend Regenwasser zur Verfügung steht. Unmittelbar vor der Nutzung wird das Betriebswasser hygienisiert und steht dann für die Toilettenspülung und ggf. die Waschmaschine zur Verfügung. Kontinuierlich anfallendes Grauwasser ergänzt somit das diskontinuierlich anfallende Regenwasser zu einem zuverlässig zur Verfügung stehenden Betriebswasser.

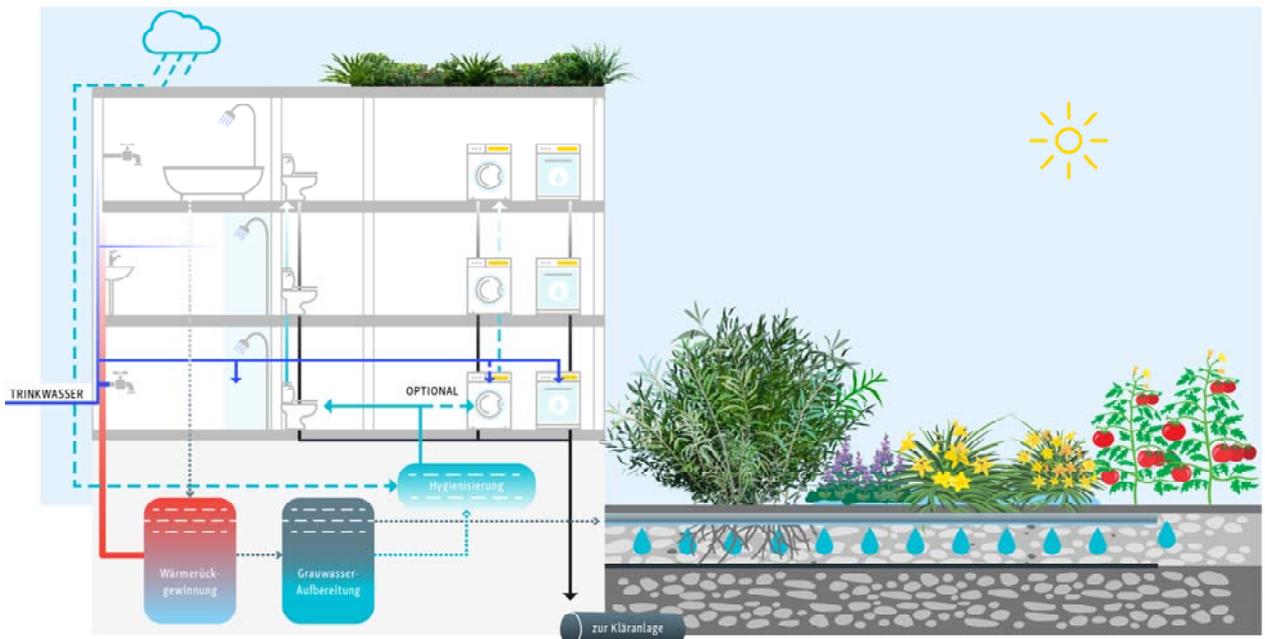


Abbildung 4-4: Schematische Abbildung von i.WET

Der „grüne“ Wiederverwertungsweg sieht ergänzend eine naturnahe Aufbereitung des überschüssigen Grau- und Regenwassers im Außenbereich vor. Kernstück bildet dabei die „Energieallee“, die eine Kombination aus einem horizontalen Bodenfilter und einer Kurzumtriebsanlage (KUP) mit schnellwachsenden, stauwassertoleranten Gehölzen (z. B. Weiden) darstellt (vgl. Abbildung 4-4). Die Zuleitung zu diesem drainierten und nach unten abgedichteten Modul erfolgt direkt unter der Oberfläche. Die Energieallee kann als grünes Infrastrukturelement entlang von Straßen oder Grundstücksgrenzen eingesetzt werden und erfüllt mehrere Funktionen: Neben der Retention des Oberflächenabflusses und einer hohen Evapotranspiration erfolgt auch eine Nährstoffrückgewinnung durch die Erzeugung von Biomasse sowie eine Schadstoffelimination, was gerade mit Blick auf den Straßenablauf relevant ist. Das so gereinigte, überschüssige Wasser kann z. B. für Bewässerungszwecke weiter genutzt, die erzeugte Biomasse zu Pellets oder Holzhäckseln weiterverarbeitet werden. Einsparpotenziale für den Nutzer ergeben sich durch Wassereinsparungen und Energierückgewinnung. Aus ökologischer Sicht sind vor allem die hohe Verdunstungsleistung und der damit verbundene positive Einfluss auf das Mikroklima im Quartier (sommerliche Hitzeperioden, Hitzeinseln, Klimaanpassung) sowie weitere Ökosystemdienstleistungen wie bspw. Erhöhung der Biodiversität zu nennen. Das i.WET-Konzept beruht auf der Kombination verfügbarer und erprobter Technologiekomponenten zu einem integrierten Gesamtkonzept.

4.2.2 Ökologische Analyse des Konzepts i.WET

Zur ökologischen Analyse des Konzeptes i.WET wurden umfangreiche Stoffstromanalysen von Wasser, Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor durchgeführt (vgl. Feldmann, 2015). Darüber hinaus wurden die Energiemehrverbräuche und -rückgewinne bilanziert. Durch die Betrachtung unterschiedlicher Szenarien, die auch zukünftige Veränderungen umfassen, werden variierende Einflüsse auf das Konzept für die Betriebsphase abgebildet. Eine dynamische Modellierung der Wasserflüsse demonstriert die Abhängigkeit von täglichen Niederschlagsmengen, Speicherfüllständen und dem Bedarf an Bewässerungswasser heraus. Die ökologische Analyse zeigt Vorteile wie Wasser- und Energieeinsparungen und eine kurze energetische Amortisationszeit für den Energieaufwand der Bauphase. Ebenso resultiert eine Abschätzung der Lebenszykluskosten in ökonomischen Vorteilen des Konzeptes. Im Hinblick auf eine mögliche Umsetzung werden Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt und beteiligte Akteure und Auswirkungen auf das Gesamtsystem untersucht.

Die Ergebnisse, die am Beispiel eines Stadtquartiers in Lünen („Süggelquartier“) erarbeitet wurden, können wie folgt zusammengefasst werden:

Wasser: Durch die Nutzung von Betriebswasser zur Toilettenspülung und Bewässerungswasser aus dem Ablauf der Energieallee sowie der Verdunstung dort werden Trink- und Abwassermengen eingespart, die etwa einem Drittel der gesamten Trink- und Abwassermenge entsprechen. Den größten Teil macht die Nutzung von Betriebswasser zur Toilettenspülung aus (ca. 12 m³ pro Person und Jahr). Dieser Bedarf wird durch die Verschneidung von Regen- und Grauwasser stets gedeckt. Der Bedarf an Bewässerungswasser für die Rasenfläche zwischen den fünf „Süggel-Hochhäusern“ (10m² pro Einwohner) wird zu ca. 80 % gedeckt und entspricht 2,4 bis 3,3 m³ pro Person und Jahr bei den gegebenen Flächen. In diesem Zusammenhang spielt die Speicherkapazität im Bodenkörper der Energieallee eine zentrale Rolle. Die Bedeutung der daraus resultierenden Retention der Abflüsse und Wasserspeicherung wird in Zukunft durch das Auftreten extremerer Wetterereignisse voraussichtlich zunehmen. Unter jetzigen Bedingungen wird die Energieallee zu keinem Zeitpunkt hydraulisch überlastet. Es bleibt eine Wassermenge bis zu 6 m³ pro Einwohner und Jahr übrig, die nicht als Substitution von Trinkwasser genutzt werden kann. Zur Reduktion dieser Menge ist eine Verstärkung der Verdunstungsleistung zu empfehlen. Weiterhin kann das Restwasser, das in der Energieallee mit hoher Qualität aufbereitet wird, versickern und zum Auffüllen eines Löschteichs oder für Spülungen des Kanalnetzes verwendet werden. Die Wasserflüsse unterscheiden sich deutlich je nach betrachtetem Tagesszenario. Durch die Verschneidung von Regen- und Grauwasser zur Betriebswasserbereitstellung sind sie in erster Linie von der verfügbaren Niederschlagsmenge abhängig. Zu-

sätzlich wirken sich die Schwankungen des Bewässerungsbedarfs sowie der Evapotranspiration aufgrund der jahreszeitlichen Änderungen auf die Wasserflüsse aus.

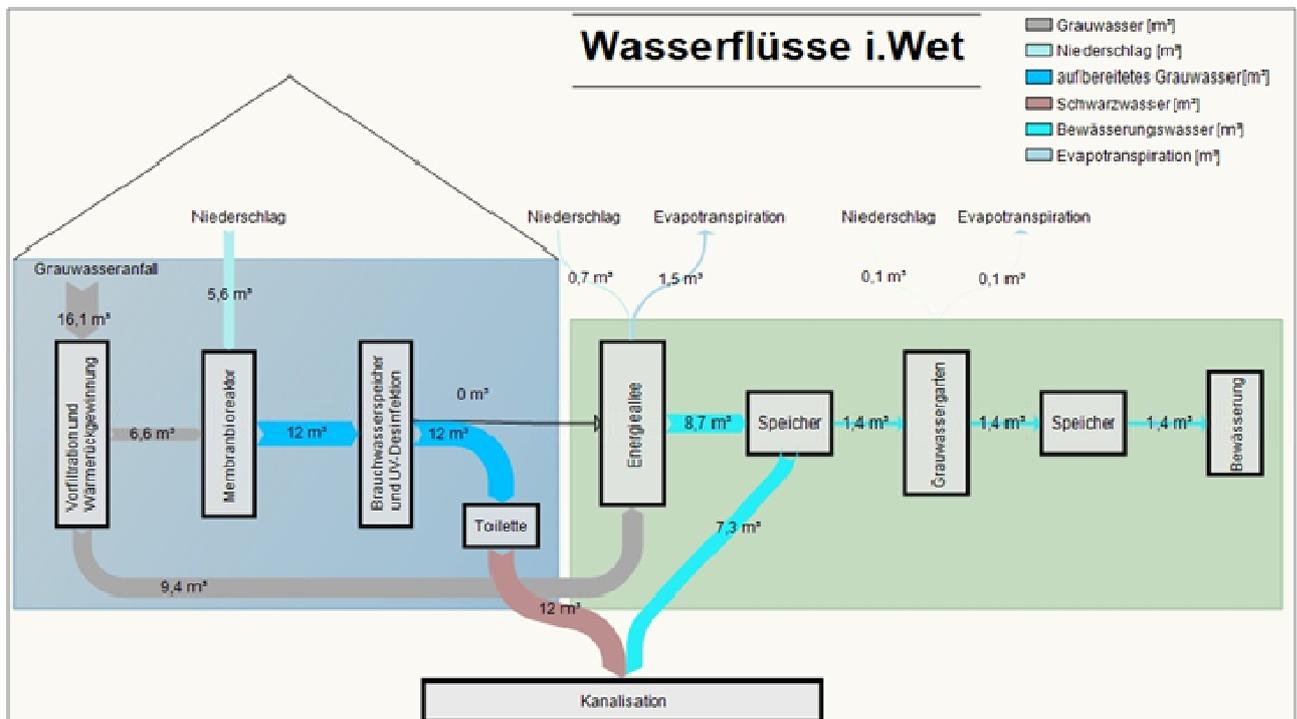


Abbildung 4-5: Sankey-Diagramm des Wasserflusses pro Einwohner und Jahr (Feldmann, U. 2015)

Nährstoffe: Insgesamt erreicht durch Grau- und Regenwasser nur ein geringer Anteil der Nährstofffracht des häuslichen Abwassers die Konzeptkomponenten von i.WET (5-11 %). Dadurch machen die Frachten, die durch Umsetzung von i.WET nicht in der kommunalen Kläranlage behandelt werden müssen, nur 3,1 bis 5,9 % der Nährstofffracht des gesamten häuslichen Schmutzwassers und des auf den Dachflächen anfallenden Regenwassers aus. Da das Abwasservolumen deutlich stärker reduziert wird (um 27 %), erhöhen sich die Nährstoffkonzentrationen des Ablaufs zur Kläranlage pro angeschlossenen Einwohner um 30 bis 33 %. Als Weiterentwicklung des Konzeptes sollten die im restlichen Abwasser enthaltenen Nährstoffe möglichst weitgehend recycelt werden. Dementsprechend ist die Aufkonzentrierung hilfreich. In der Energieallee werden 22-32 g Stickstoff und 5-7 g Phosphor pro Quadratmeter und Jahr in die Biomasse der Weiden eingebaut und substituieren damit Düngemittel. Es werden 1.150 g Kohlenstoff pro Quadratmeter und Jahr aus der Atmosphäre aufgenommen, weswegen von einer CO₂-Senke gesprochen werden kann. Die Dimensionierung des Bodenfilters ist mit einem Quadratmeter pro Einwohner mehr als ausreichend für die gegebene Fläche.

chenbelastung. Zu beachten sind lediglich die Phosphor-Akkumulationen im Bodenkörper der Energieallee sowie die Möglichkeit von Distickstoffmonoxid-Emissionen. Auf die täglich variierenden Stoffflüsse der Nährstoffe Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor haben der schwankende Nährstoffbedarf der Pflanzen innerhalb eines Jahres sowie die Schwankungen der ankommenden Nährstofffrachten Einfluss. Diese ergeben sich aus den täglich anfallenden Niederschlagsmengen und als Folge daraus, wie viel und zu welchen Anteilen Grau- und Regenwasser den Zulauf zur Energieallee ausmachen.

Energie: Energieeinsparungen durch das i.WET Konzept ergeben sich erstens direkt durch den Vergleich der Energiemehrverbräuche der Anlagenkomponenten mit der Wärmerückgewinnung, zweitens durch die mit der reduzierten Trink- und Abwassermenge verbundenen Rückläufe sowie drittens aufgrund der Kühlung der Umgebung durch die Evapotranspirationsleistung der Weiden. Sie liegt bei 781 kWh bzw. 970 kWh pro Quadratmeter Energieallee und Jahr. Der Primärenergievorteil ohne die Evaporationsleistung beträgt je nach Szenario 119 kWh bzw. 283 kWh pro Einwohner und Jahr. In CO₂-Äquivalenten sind dies 29 kg bzw. 66 kg CO₂ pro Einwohner und Jahr. Die Energieverbräuche und -einsparungen unterscheiden sich je nach betrachteten Tagen insofern, dass bei Verfügbarkeit von Niederschlagswasser gegenüber Grauwasser nur etwa ein Drittel der Energie zur Aufbereitung des Betriebswassers zur Toilettenspülung aufgewendet werden muss. Der Aufwand für die Bereitstellung von Betriebswasser entspricht in etwa den Energieeinsparungen durch eingespartes Trink- und Abwasser. Den größten Anteil an den Energierückläufen der Anlage hat die Wärmerückgewinnung aus dem schwach belasteten Grauwasser zur Warmwasserbereitung (141 bis 265 kWh pro Einwohner und Jahr). Deshalb ist eine Optimierung an dieser Stelle am effektivsten. Der Bau sowie die in der Nutzungsdauer von 50 Jahren anfallenden Neuanschaffungen verursachen einen kumulierten Energieaufwand von 80 kWh pro Einwohner und Nutzungsjahr. Dieser kann durch den Primärenergievorteil (ohne Berücksichtigung der Evapotranspirationsleistung) innerhalb von 6,5 bzw. 15,5 Jahren ausgeglichen werden.

Die Ergebnisse bestätigen die zu erwartenden Ressourceneinsparungen und tragen zum Systemverständnis bei. Während durch die technischen Anlagenkomponenten vor allem Wasser- und Energieeinsparungen erzielt werden, liegen die Besonderheiten der naturnahen Aufbereitung in der Speicherkapazität und der daraus folgende Retention von Abflüssen sowie in der Stärkung des urbanen Wasserkreislaufs und der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen. Die Funktionalität und die Anforderungen an die jeweiligen Wasserqualitäten werden vollständig erfüllt.

Zur vollständigen Bewertung der ökologischen Aspekte sind weitere Kriterien wie die Belastung der Umwelt durch ökotoxikologische Stoffe und klimarelevante Gase sowie weitere Vorteile wie Ökosystemdienstleistungen zu berücksichtigen.

4.2.3 Ökonomische Bewertung von i.WET auf der Basis des Life Cycle Costings unter besonderer Berücksichtigung der Ökosystemdienstleistungen

Zur ökonomischen Bewertung von i.WET wurden – wiederum am Beispiel des ausgewählten Stadtquartiers in Lünen – in einer ersten Kostenbetrachtung aus Nutzerperspektive (erster Kostenkreis) alle mit dem Konzept verknüpften Investitions-, Reinvestitions- und Betriebskosten sowie die mit i.WET verknüpften Einsparungen und Erlöse ermittelt und über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren dynamisch berechnet (vgl. Pavon Garcia 2016). In einer Kostenbetrachtung mit erweiterten räumlichen und zeitlichen Systemgrenzen wurde das Konzept aus gesamtwirtschaftlicher Sicht bewertet und dem konventionellen Abwassersystem in Form von innovativen Alternativen gegenübergestellt (zweiter Kostenkreis). Zur Darstellung von Unsicherheiten in der Kostenberechnung wurden schwer kalkulierbare Parameter in Szenarien variiert und somit eine realistische Spannweite der Kosten abgebildet. Des Weiteren wurde im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse der für die dynamische Kostenrechnung verwendete Diskontsatz variiert. Zur Abrundung der rein ökonomischen Analyse auf der Basis des LCC wurden die durch i.WET bereitgestellten Ökosystemdienstleistungen auf qualitativer Ebene in die Bewertung des Konzepts mit einbezogen.

Die ökonomische Analyse auf der Basis des LCC ergab für das Konzept i.WET Investitionskosten zwischen 520 € und 660 €/EW. Ein Großteil (ca. 80 %) dieser Kosten entfällt dabei auf die Grauwasser-Recycling-Anlage, das separate Leitungssystem für Grau- bzw. Regenwasser und Betriebswasser in den Gebäuden, sowie die dazugehörigen Einbaumaßnahmen. Der Einbau des Leitungsnetzes konnte in diesem Zusammenhang als ein besonders unsicherer und risikobehafteter Kostenpunkt identifiziert werden. Die Anschaffungs- und Baukosten für die Energie-Allee machen die übrigen 20 % der Gesamtkosten für das Konzept i.WET aus. Bei den Betriebskosten von 10 bis 14 € pro Einwohner und Jahr entfällt ebenfalls der Hauptteil (ca. 72 bis 74 %) auf die Grauwasseraufbereitung im Gebäude. Hier sind die Wartungs- und Stromkosten als größte Kostenpunkte aufzuzählen, wobei die Stromkosten direkt von der aufbereiteten Menge Grau- und Regenwasser und dem Betriebswasserbedarf abhängen. Bei der Energie-Allee entfällt der größte Kostenanteil auf Ernte- und Pflegearbeiten, welche bei der betrachteten Flächengröße manuell erfolgen müssen. Durch die Kombination aus Grauwasser-Recycling-Anlage und Energie-Allee können auf der anderen Seite jedoch auch erhebliche Einsparungen bei Trink- und Abwassergebühren, Niederschlagsge-

bühren und Energiekosten erzielt werden (insgesamt 71 bis 87 €/EW*a). Würde das anfallende Grau- und Regenwasser nicht nur für die Toilettenspülung und Bewässerungszwecke verwendet, sondern z. B. auch für die Versorgung der Waschmaschine, könnten in diesem Bereich noch mehr Gebühren eingespart werden. Des Weiteren könnten durch eine zusätzliche Nutzung von stärker belastetem Grauwasser auch im Energiesektor größere Kostenvorteile erzielt werden. Welche Kosteneinsparungen mit dem Konzept generiert werden können, ist auch davon abhängig, wie die Preise im Energiesektor bzw. bei den Trink- und Abwassergebühren sich mit den Jahren verändern. Steigen diese stärker an, als in der Berechnung einbezogen (1,5 % Preissteigerung), würde das die bisherige Amortisationsdauer des Konzepts (7 bis 16 Jahre) verbessern. Im Hinblick auf die bei i.WET einzuplanenden Reinvestitionen ist anzumerken, dass diese mit der Zeit wesentlich günstiger werden könnten, wenn sich die Technologie im Bereich Grauwasser-Recycling weiter entwickelt und verbessert. So könnte die Amortisationsdauer reduziert und das Konzept insgesamt wirtschaftlicher werden. Insgesamt kann in Bezug auf i.WET angemerkt werden, dass im Zuge des „grünen“ Wiederverwendungswegs auch weitere Verwendungen für das in der Energie-Allee gereinigte Grau- und Regenwasser möglich sind. In diesem Zusammenhang sind die Grauwassergärten zu nennen, welche im Rahmen dieser Arbeit nur am Rande erwähnt wurden, da diesbezüglich noch keine konkreten Planungen im Projekt enthalten sind. Diese leisten zwar im Gegensatz zur Energie-Allee keinen großen Beitrag zur Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen, sie bieten aber eine weitere Möglichkeit, das Restwasser aus der Energie-Allee (welches bisher nicht zu Bewässerungszwecken genutzt und daher als überschüssiges Wasser in den Kanal eingeleitet wird) zu verwenden. Des Weiteren sind mit der Implementierung solcher Gärten auch ästhetische Aspekte verknüpft, welche das Wohlbefinden der Bürger steigern können.

Die gesamtwirtschaftlich orientierte Kostenbetrachtung auf Quartiersebene konnte zeigen, dass i.WET (mit angeschlossenem Mischwasserkanal oder Vakuumentwässerung) bei einem Vergleich der Projektkostenbarwerte in der Größenordnung der Mischwasserkanalsanierung liegt, langfristig eher darunter. Die Implementierung einer Vakuumkanalisation anstelle des Mischwasserkanals stellt dabei die kostengünstigere Variante mit i.WET dar und könnte bei einer Quartierstransformation entweder von Beginn an oder schrittweise eingeführt werden. In diesem Fall könnte das konventionelle Kanalsystem als Ganzes durch ein wesentlich flexibleres Wasserinfrastruktursystem ersetzt werden, welches im Vergleich zur Umsetzung der Trennkanalisation deutliche Kostenvorteile aufweist. Die Versorgung eines gesamten Quartiers mit i.WET und der Vakuumentwässerung eröffnet zudem auch die Möglichkeit einer energieeffizienteren, anaeroben Abwasserbehandlung, was sich durch weitere Kosteneinsparungen im Vergleich zur konventionellen Abwasserinfrastruktur bemerkbar machen könnte.

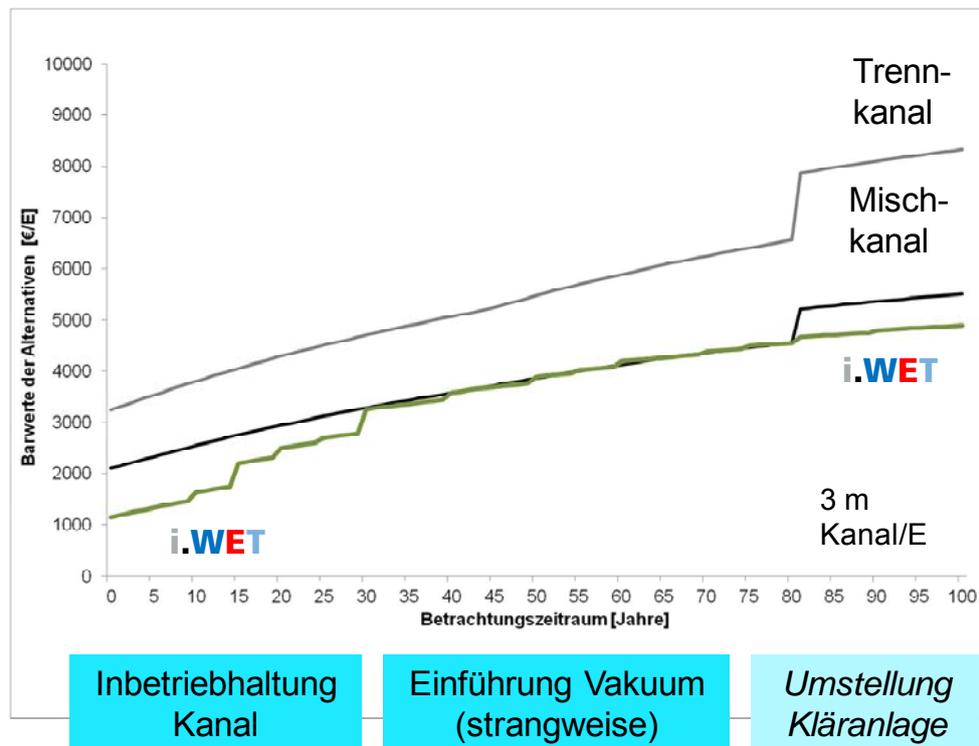


Abbildung 4-6: Barwertbetrachtung der alternativen Entwässerungsmöglichkeiten für das Süssgelquartier in Lünen unter Berücksichtigung der sukzessiven Transitionsschritte im i.WET-Konzept (Quelle: Fraunhofer ISI)

Berücksichtigt man bei der Gegenüberstellung aller Investitionsalternativen neben den Projektkosten und den Gesichtspunkten der Systemflexibilität auch die mit i.WET verbundenen Ökosystemdienstleistungen, kann den Alternativen mit i.WET ein weiterer, nicht direkt monetär erfassbarer, sondern auf ökologischer Ebene wirksamer Zusatznutzen zugeordnet werden. Hinsichtlich der Ökosystemdienstleistungen sollte jedoch beachtet werden, dass diese stark von der Gestaltung der Energie-Allee abhängen. Während für die Eliminationsleistung in Bezug auf Nährstoffe und Schadstoffe insbesondere die Pflanzenauswahl und die Länge der Erntezyklen von Bedeutung sind (neben saisonalen und klimatischen Faktoren), spielen für die Förderung der Biodiversität im Stadtquartier beispielsweise auch die Flächengröße und die Umgebung der Energie-Allee eine große Rolle.

4.2.4 Integriertes Konzept für ein nachhaltiges Wasserinfrastruktursystem für eine Konversionsfläche

Ausgehend von den Ergebnisse für das i.WET-Konzept bei der Anwendung in einem urbanen Bestandsgebiet wurde das Konzept an die Rahmenbedingungen einer Konver-

sionsfläche am Beispiel des Modellgebiets Westerholt angepasst bzw. weiterentwickelt (vgl. auch Joel 2016). Zusätzlich wurde überprüft, inwiefern i.WET auch für andere Konversionsflächen eine Alternative zu konventionellen Wasserinfrastruktursystemen darstellt. Der Fokus lag dabei auf dem Teilstrom Wasser und insbesondere auf dem Umgang mit dem anfallenden Regenwasser. Folgenden Fragen wurde nachgegangen:

- Was sind Charakteristika von Konversionsflächen in Deutschland?
- Wie setzen sich die Wasserflüsse im Modellgebiet zusammen und welche Größenordnung haben sie?
- Welche Anforderungen an das Entwässerungskonzept gibt es im Modellgebiet?
- Wie verhält sich das i.WET System in unterschiedlichen Niederschlagsszenarien?
- Wie verhält sich i.WET im Hinblick auf Kosten und Ökosystemdienstleistungen im Vergleich zum konventionellen Entwässerungssystem?

Die wichtigsten Ergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst.

Charakteristika von Konversionsflächen in Deutschland

Als Brachfläche wird nach LABO (2010) eine „nach Aufgabe einer gewerblich-industriellen oder sonstigen baulichen Nutzung über einen längeren Zeitraum ungenutzte und funktionslos gewordene Fläche, die als Potenzial für neue Nutzungen dienen könnte“, gesehen.

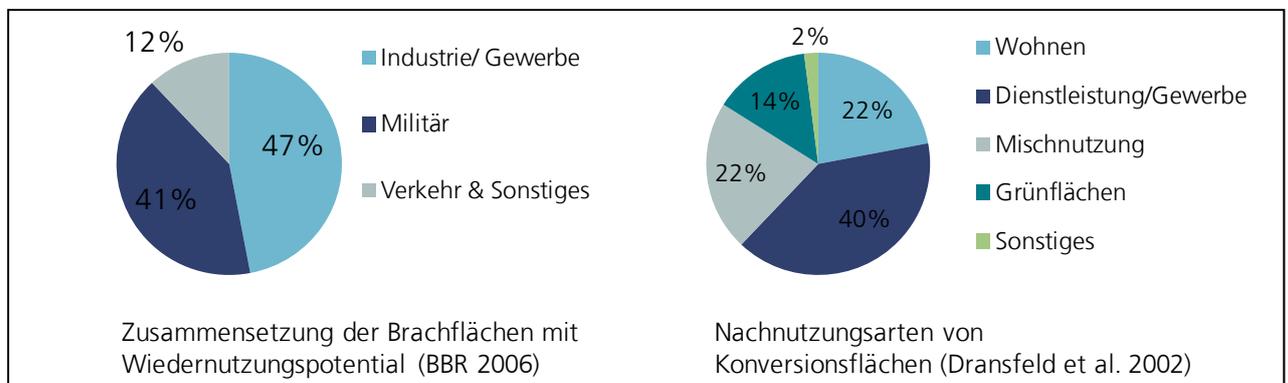


Abbildung 4-7: Strukturdaten von Konversionsflächen in Deutschland (Quelle: Joel 2016)

Der Brachflächenbestand in Deutschland ist nicht genau quantifizierbar, liegt aber nach Schätzungen des Umweltbundesamtes (2015) in einer Größenordnung von 150.000 – 175.000 ha. Davon haben nach Schätzung des BBR (2006) etwa 63.000 ha ein Wiedernutzungspotenzial und geschätzte 150.000 ha (Umweltbundesamt 2015) sind durch

Altlasten kontaminiert, die i. d. R. nicht dekontaminiert, sondern lediglich gesichert werden.

Wasserflüsse im Modellgebiet

Als Alternative zum konventionellen Entwässerungssystem werden für das Modellgebiet Westerholt die Kombination von Grau- und Regenwassernutzung und die Bereitstellung von Retentionsflächen mit Vakuumbleitung des Niederschlagswassers vorgeschlagen. Die vorgesehenen Flächen der Energieallee und des Mulden-Rigolen Systems erlauben die Rückhaltung und zeitverzögerte Ableitung eines fünfjährlichen Regenereignisses. Der Betriebswasserbedarf kann bis auf wenige Tage im Jahr durch aufbereitetes Grau- und Regenwasser gedeckt werden.

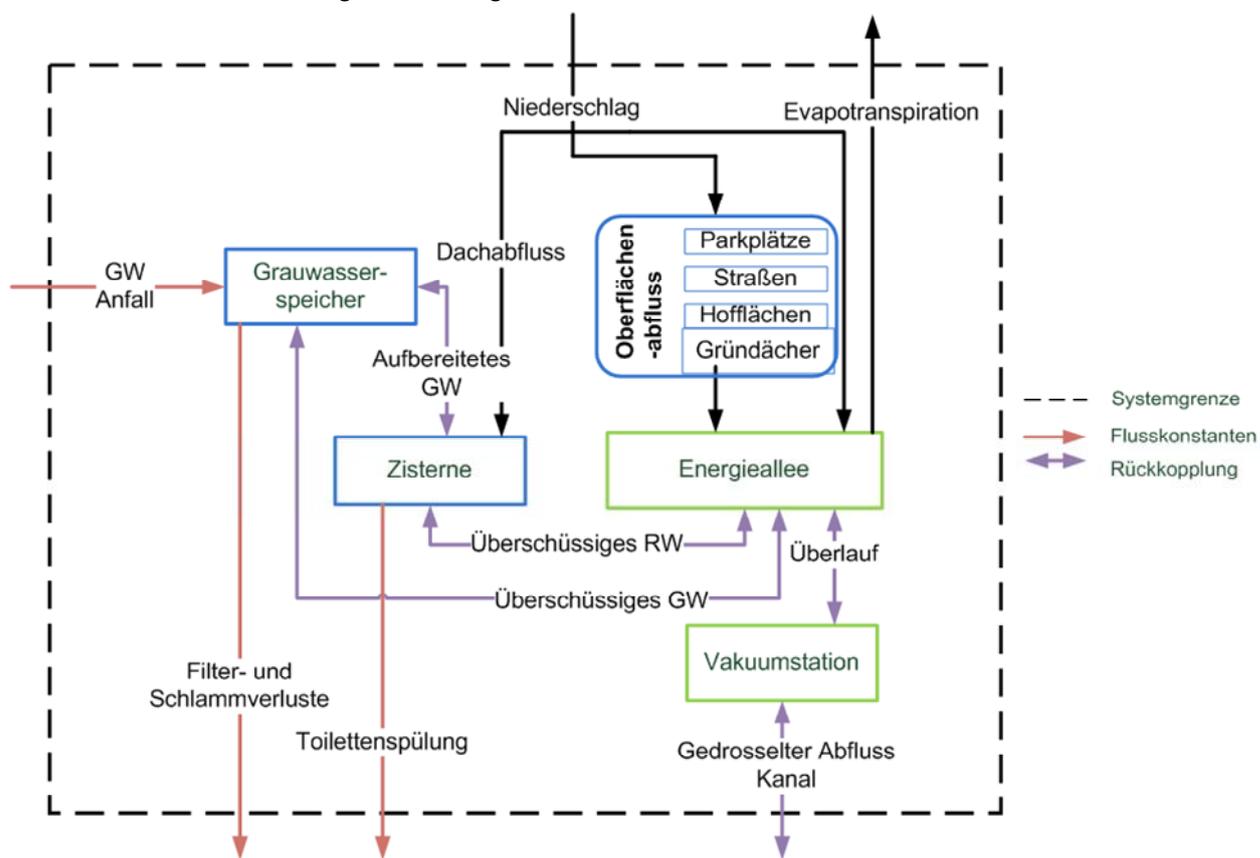


Abbildung 4-8: Grundmodell für die Modellierung der Wasserflüsse in Westerholt (Joel 2016)

In Abbildung 4-8 und Abbildung 4-9 sind Modell und exemplarische Modellierungsergebnisse für die Zeche Westerholt dargestellt.

Die Umsetzung des angepassten i.WET Konzepts wirkt sich insgesamt positiv auf den Wasserhaushalt und das Mikroklima im Quartier aus. Durch die Regenwassernutzung

und die Retention des Niederschlagswassers auf Gründächern und in der Energieallee verringert sich der Gebietsabfluss, und die Verdunstungsleistung wird signifikant erhöht. Dies resultiert in einem naturnäheren Wasserkreislauf und in einer Verbesserung der kleinklimatischen Bedingungen im Quartier. Der reduzierte Trinkwasserbedarf und Schmutzwasseranfall verbessern die Energieeffizienz des Gesamtsystems.

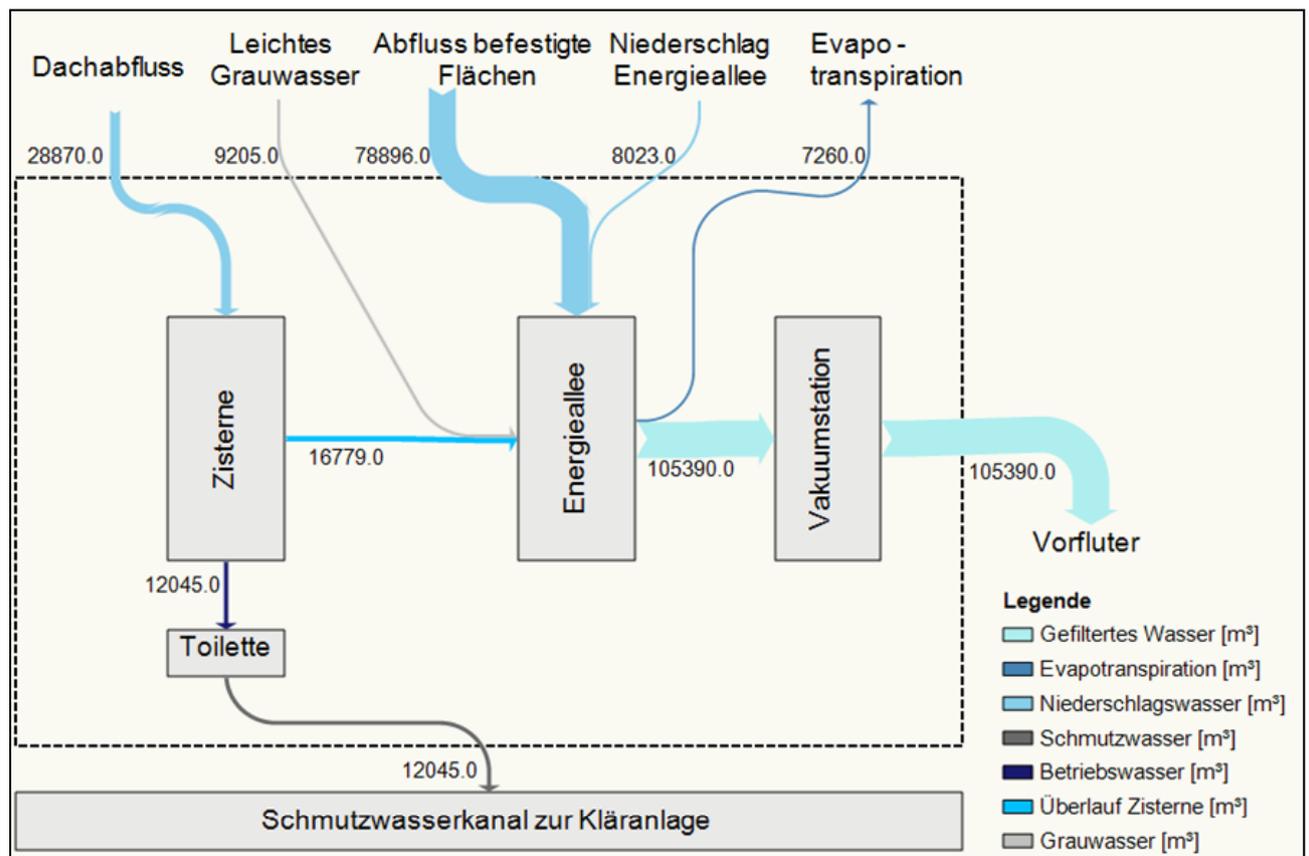


Abbildung 4-9: Ergebnisse der dynamischen Modellierung in Westerholt (Joel 2016)

i.WET System in unterschiedlichen Niederschlagsszenarien

In Abbildung 4-10 sind die Wasserflüsse für i.WET in der Zeche Westerholt in zwei unterschiedlichen Regenjahren dargestellt. Danach sind die Regenwasserzisternen zur Nutzung von Regenwasser im Durchschnittsjahr an fünf Tagen im Jahr leer, im Extremjahr dagegen gar nicht.

Deutlich wird auch, dass die Energieallee in beiden Szenarien meistens vollgefüllt ist und nur in langen Trockenperioden die Evapotranspiration signifikanten Einfluss auf das Wasservolumen hat. Das gibt Hinweise darauf, dass die Energieallee ein sinnvol-

les Modul ist, das aber um weitere Bausteine zur Retention und weiteren Elementen (Versickerung, Ableitung, Landschaftsgestaltung...) ergänzt werden muss.

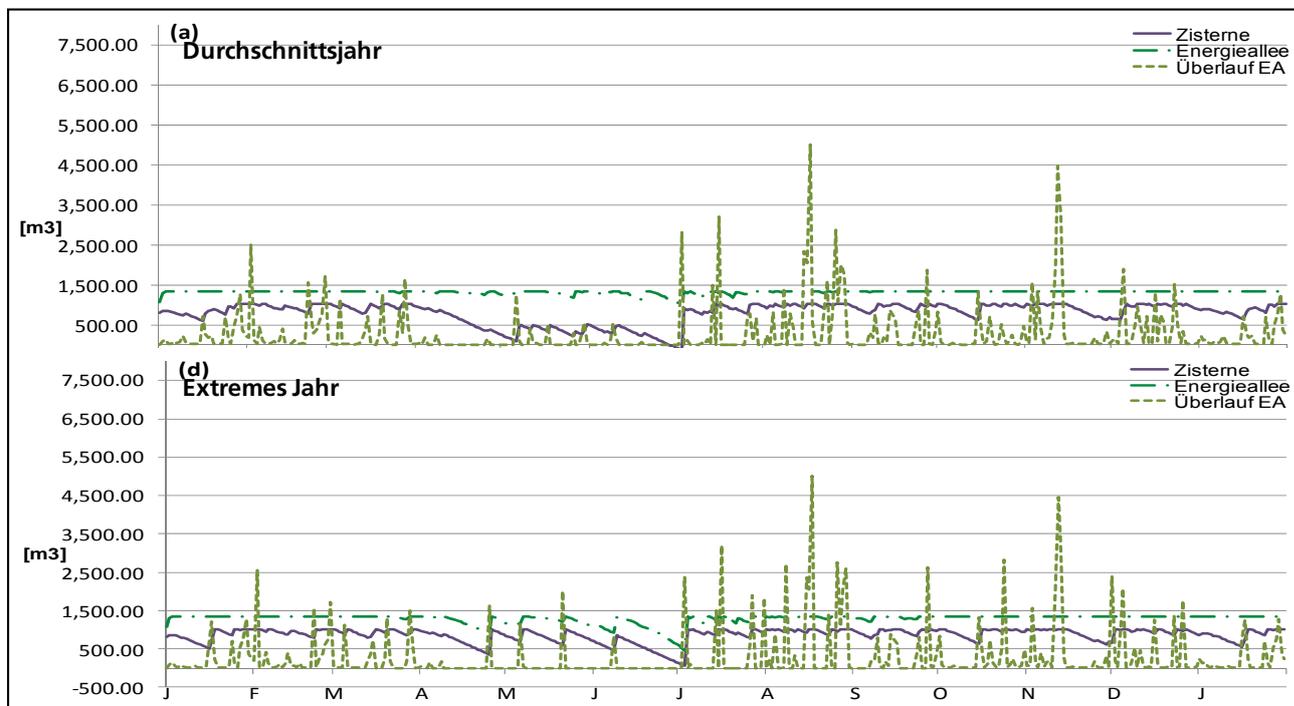


Abbildung 4-10: Darstellung der Wasserflüsse für i.WET in Westerholt in einem Jahr mit durchschnittlichem Niederschlag und in einem Jahr mit extrem hohen Niederschlägen (Joel 2016)

Die Investitionskosten für das i.WET Konzept liegen selbst im teuersten Preisszenario unter denen des konventionellen Entwässerungssystems. Mögliche zusätzliche Kosteneinsparungen durch den reduzierten Trinkwasserbedarf und Schmutzwasseranfall wurden dabei noch nicht berücksichtigt. Das Konzept stellt eine sinnvolle Alternative für Westerholt dar und ist u. a. aufgrund seiner Modularität und damit verbundenen Flexibilität an verschiedene Randbedingungen anpassbar. Es kann demnach auch eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Option für andere Konversionsflächen darstellen.

Als Weiterentwicklung des i.WET-Konzepts könnte die Ableitung des Schmutz- und Regenwassers in einem gemeinsamen Vakuumnetz erfolgen, wobei tagsüber das Schmutzwasser und im Bedarfsfall nachts das Regenwasser abgeleitet würde. Weiteres Innovationspotenzial besteht in einer erweiterten Nutzung des gefilterten Ablaufs der Energieallee. Dieses vorgereinigte Wasser könnte beispielsweise nach einer zusätzlichen Aufbereitung ebenfalls zur Deckung des Betriebswasserbedarfs verwendet werden.

5 Arbeitspaket 4: Planungsunterstützungssystem PUS

Das Planungsunterstützungssystem (PUS) ist eine ingenieurtechnische Expertensoftware zur detaillierten und integrierten Planung der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung unter Einbindung von NASS sowie innovativen Konzepten der Wasserversorgung und ökonomischen, ökologischen und soziologischen Bewertungsmethoden. Im Rahmen eines modularen Konzepts, das basierend auf einem zentralen Datenbestand die jeweilige Analyse unterschiedlicher Aspekte ermöglicht, werden bereits bestehende Programm(modul)e integriert und Schnittstellen zur Einbindung weiterer Programme geschaffen.

Das in TWIST++ entwickelte PUS ist geeignet, integrierte Planungsprozesse der Wasser- und Abwasserinfrastrukturen zu unterstützen. Insbesondere auch die Möglichkeit, Neuartige Sanitäre Systeme (NASS) in der Planung berücksichtigen zu können, stellt einen erheblichen Mehrwert gegenüber anderer Planungssoftware dar.

Das Spiel ermöglicht Laien einen intuitiven Zugang zu den vielen interdisziplinären Zusammenhängen, Abhängigkeiten und Wechselwirkungen der technischen Innovationen. Gleichzeitig kann es von Fachleuten als unkompliziertes Planungsunterstützungssystem, Visualisierungstool sowie für transparente Dokumentation genutzt werden. Ingenieure können Entscheidungsträger und Anwohner im Simulationsspiel zur gemeinsamen Arbeit an innovativen Lösungen einladen oder ihre Ingenieurslösungen und Planungsalternativen spielerisch vorstellen. Verschiedene technische Teilkomponenten wie die Energie- und Nährstoffrückgewinnung, selbstreinigende Trinkwasser-Teilnetze, sowie Ansätze zur Integration von Indirekteinleitern und Löschwasserbereitstellung sind integrierte Spielelemente.

Die Arbeiten des ISI im Rahmen von AP 4 umfassen die Zuarbeit zur Entwicklung des PUS in dem Sinne, dass die technischen Konzepte und Stoffströme implementiert werden. Außerdem wurde das technische Konzept i.WET für das Quartier in Lünen im PUS umgesetzt.

5.1 Abbildung des innovativen Konzepts für Lünen im PUS

Das Gesamtkonzept für das Süssgelquartier in Lünen wurde inklusive der Chronologie der Transition im Planungsunterstützungssystem abgebildet. Exemplarisch sind hier einige relevante der in der Software vorgenommenen Schritte dargestellt.

In Abbildung 5-1 ist eine mögliche Chronologie der sukzessiven Einführung von i.WET, resp. der Energiealleen im Süssgelquartier in Lünen dargestellt. Diese Chronologie ba-

siert auf den wichtigsten Randbedingungen im Untersuchungsgebiet und wurde als Grundlage für die Darstellungen im PUS verwendet.

Die Abbildung eines Grauwasserfilters im PUS ist in Abbildung 5-2 skizziert. Abbildung 5-3 und Abbildung 5-4 beschreiben die Möglichkeiten, die Energieallee mit dem Instrumentarium des PUS darzustellen.

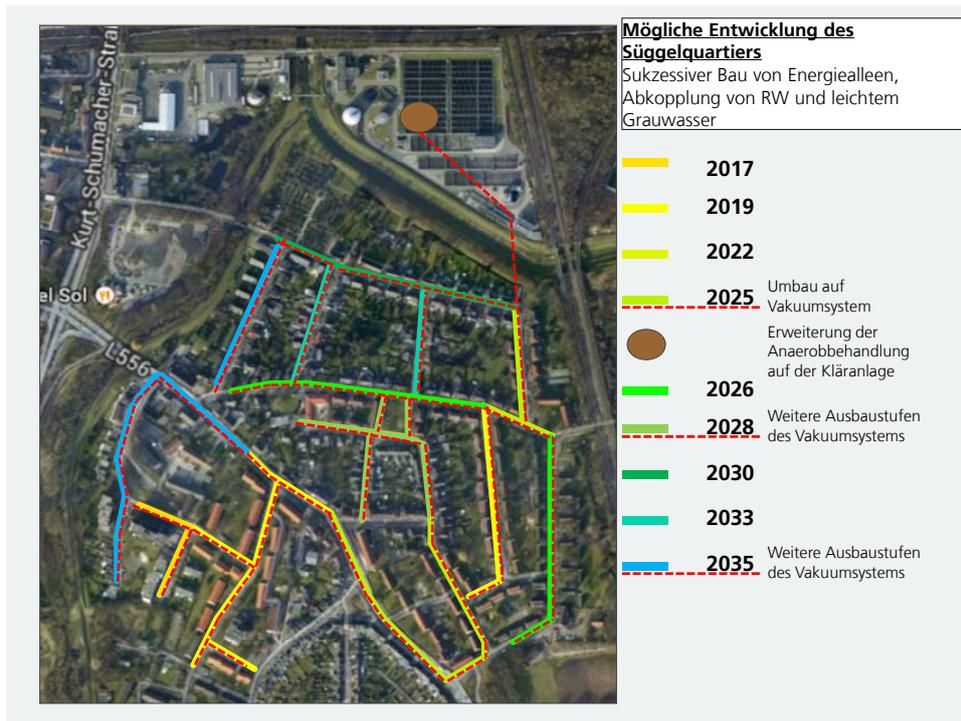
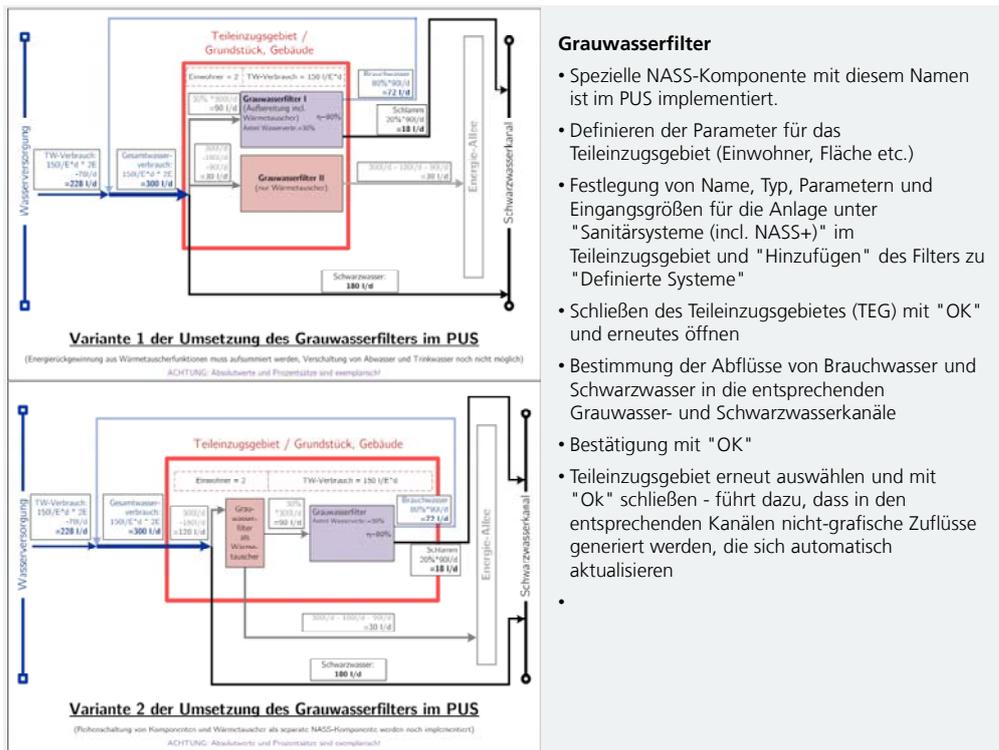


Abbildung 5-1: Sukzessive Einführung von i.WET im Süggelquartier in Lünen (eigene Darstellung Fraunhofer ISI)



Grauwasserfilter

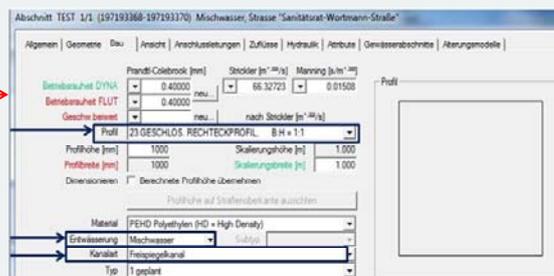
- Spezielle NASS-Komponente mit diesem Namen ist im PUS implementiert.
- Definieren der Parameter für das Teileinzugsgebiet (Einwohner, Fläche etc.)
- Festlegung von Name, Typ, Parametern und Eingangsgrößen für die Anlage unter "Sanitärsysteme (incl. NASS+)" im Teileinzugsgebiet und "Hinzufügen" des Filters zu "Definierte Systeme"
- Schließen des Teileinzugsgebietes (TEG) mit "OK" und erneutes öffnen
- Bestimmung der Abflüsse von Brauchwasser und Schwarzwasser in die entsprechenden Grauwasser- und Schwarzwasserkanäle
- Bestätigung mit "OK"
- Teileinzugsgebiet erneut auswählen und mit "Ok" schließen - führt dazu, dass in den entsprechenden Kanälen nicht-grafische Zuflüsse generiert werden, die sich automatisch aktualisieren

Abbildung 5-2: Abbildung des Grauwasserfilters im PUS

Abbildung der Energieallee im PUS

Kanal

- Kanal mit offenem Profil (vorgegebenes Profil wählen oder selbst definieren - z.B. 23 Rechteck - Projektbaum/Allgemein/Profile)
- Führung von Grauwasser/Regenwasser → Modellierung als Mischwasser
- Kanalart: Freispiegelkanal



- Geometrie/Knotensole übernehmen

Anschlusspunkt		Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Status	Lage	Umrechnen mit gleichem Gefälle
Startknoten	3397946.623	5719640.479		0 Kein Eintrag	Zentriert	
Knotenkoordinaten übernehmen				Knotensole übernehmen		
Endknoten	3397989.037	5719621.913		2 Digitalisiert	Zentriert	
Knotenkoordinaten übernehmen				Knotensole übernehmen		

Knoten		Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Finden
Deckelhöhe [mNN]	3397946.623	5719640.479	49.469	Höhe
Sohlhöhe [mNN]	3397946.623	5719640.479	48.469	1.000
Deckelhöhe [mNN]	3397989.037	5719621.913	49.367	Höhe
Sohlhöhe [mNN]	3397989.037	5719621.913	48.367	1.000

- nur Darstellung der Wasserleitungseigenschaften: dargestelltes Volumen = Porenvolumen – nicht reales Volumen der Energieallee (nachgeschaltete Berechnung des Bodenvolumens notwendig)

Abbildung 5-3: Abbildung der Energieallee im PUS

Abbildung der Energieallee im PUS

Speicher (Überlauf aus Energieallee)
 Beckendimensionierung mit dem Porenvolumen = 20% * Gesamtvolumen (Gesamtvolumen: 1m³ Kanal/EW)
 Drosselung = Verlust durch Verdunstung

hier das Volumen der Energieallee darstellen

Ablauf ist die Verdunstung

Beckenüberlauf hier ins PW

Verdunstungsrate aus der Allee

Kanal "1/9"; Knoten "197193380" = Ablaufkanal/Verdunstung
 Kanal "2/1"; Knoten "197193378" = Beckenüberlauf, Volumen ins Pumpwerk zum Fluss "Süggelbach" (nutzbare Höhe ungleich Überfallhöhe)

Abbildung 5-4: Abbildung der Energieallee im PUS mit Verweis auf die manuell einzutragenden Werte

5.2 Evaluation des PUS

Ob der jeweilige Entwicklungsstand die Anforderungen des jeweiligen Entwicklungsdurchlaufs erfüllt, ob sich die Zielgruppe mit den Mechanismen eines Simulationsspiels motivieren lässt und ob die fachlichen Inhalte mit Hilfe eines Simulationsspiels dargestellt werden können, wurde in regelmäßigen Evaluationsschritten geprüft. Zur Evaluation gehört auch die Prüfung, ob PUS und Simulationsspiel die fachlichen Informationen für fundierte Entscheidungen liefert.

Im Spiel wurden auf Grundlage der Arbeiten in AP3, AP5 und AP6 verschiedene Innovationskonzepte und Bewertungen zu den untersuchten Modellgebieten implementiert. Es durchlief dazu unter Beteiligung der Projektpartner mehrere Testläufe. Die wichtigsten Ergebnisse der Arbeiten sind bei Söbke et al. (2017) veröffentlicht.

Fraunhofer ISI hat in diesem Sinne in einem iterativen Prozess an der Weiterentwicklung des PUS mitgearbeitet (vgl. auch Abbildungen in Kap. 5.1).

6 Arbeitspaket 5: Bewertungsverfahren

Im Rahmen von TWIST++ wurde eine Methode zur umfassenden, multikriteriellen Bewertung von Wasser- und Abwasserinfrastrukturen entwickelt, die den Vergleich neuartiger Infrastruktursysteme untereinander und mit konventionellen Ansätzen erlaubt. Dabei werden nicht nur gängige Kriterien wie Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und gesundheitliche Unbedenklichkeit in der Bewertung berücksichtigt, sondern auch Aspekte wie die Akzeptanz bei den Anwendern, die Anpassungsfähigkeit gegenüber sich verändernden Rahmenbedingungen und die Sicherheit im Störfall. Die Anwendung der Bewertungsmethode erfolgt beispielhaft für die Umsetzung einer dezentralen Regen- und Grauwasseraufbereitung im städtischen Umfeld in Lünen. Es zeigt sich, dass die alternative Infrastruktur der konventionellen in fast allen Belangen überlegen ist.

Um neuartige Wasserinfrastrukturen untereinander und mit konventionellen Wasser- und Abwasserentsorgungskonzepten vergleichend bewerten zu können, wurde im Projekt TWIST++ eine Methode zur umfassenden Bewertung von Wasserinfrastrukturen, kurz MuBeWis, entwickelt. Für den Vergleich hat neben anderen Forschergruppen (z. B. Lienert et al. 2015) auch die DWA in ihrem Arbeitsblatt 272 Kriterien aufgelistet (DWA 2015). Beide Kriteriensätze weisen trotz struktureller Unterschiede inhaltlich einen hohen Grad an Übereinstimmung auf. Die Kriterien der DWA wurden in TWIST++ um Anforderungen aus dem Bereich der Trinkwasserversorgung und der Raumplanung ergänzt. Darüber hinaus wurde der besondere Kontext der zu bewertenden Modellinfrastrukturen berücksichtigt. Die ausgewählten Kriterien wurden dann in ein (Bewertungs-)System integriert, welches ein mehrstufiges, sich an den Anforderungen an die Infrastruktursysteme orientierendes Zielsystem, widerspiegelt. Ökologische, sicherheitsrelevante, wirtschaftliche, soziale und technische Ziele stellen dabei die oberste Ebene dar, die den Anforderungen entsprechend herunter gebrochen werden. Auf der Ebene mit dem höchsten Detailgrad entsprechen die Einzelziele den Kriterien, denen zwecks Mess- bzw. Vergleichbarkeit jeweils mindestens ein Indikator zugeordnet wird (vgl. Abbildung 6-1). Um verschiedene Infrastrukturen auf Basis dieser Vielzahl von Kriterien zu bewerten, wird die Nutzwertanalyse angewendet. Als multikriterielles Verfahren erfüllt sie unter einer Vielzahl vorhandener Bewertungsverfahren am besten die an die Bewertung komplexer Wasserinfrastruktursysteme gestellten Anforderungen. So können unterschiedliche Dimensionen einbezogen, die Transparenz des Vorgehens gewahrt und der für die Datenerhebung notwendige Aufwand minimiert werden (vgl. Hein et al. 2015).



Abbildung 6-1: Zielhierarchie für die Bewertung von Wasserinfrastruktursystemen

Bei der Nutzwertanalyse wird für jedes Kriterium mittels eines oder mehrerer Indikatoren zunächst der Beitrag zur jeweiligen Zielerreichung ermittelt. Daraus wird zum Zwecke der Vergleichbarkeit mittels Transformationskurven (bzw. -geraden) jeweils der normierte Teilnutzwert (TNW) berechnet. Für das dem Unterziel "Gewässerschutz" zugeordnete Kriterium "CSB-Belastung" bspw. bedeutet das, dass für die zu bewertende Infrastruktur die in die Gewässer gelangende CSB-Fracht abgeschätzt und mittels der erwarteten Abwassermenge in eine Konzentration umgerechnet wird. Aus dieser Konzentration erfolgt die Berechnung eines (normierten) TNW, indem die erwartete zu der jeweils gesetzlich maximal zulässigen Konzentration in Relation gesetzt wird. Diese gesetzlichen Grenzwerte werden einem TNW von 0 gleichgesetzt; keine CSB-Emissionen entsprächen einem TNW von 1. Die TNW für die zu bewertende Infrastruktur ermitteln sich durch lineare Interpolation zwischen diesen beiden Referenzwerten. Existiert, wie im Fall der Treibhausgasemissionen, für ein Kriterium kein Grenzwert, erfolgt die (lineare) Inter- bzw. Extrapolation zwischen dem TNW von 1 für keine Emissionen und dem TNW 0,5 für die durchschnittlichen Emissionen der Wasser- und Abwasserinfrastrukturen in Deutschland (vgl. Abbildung 6-2). Grundsätzlich können die der Umrechnung von Indikatoren in TNW zugrunde liegenden Transformationsfunktionen auch nicht-linear sein. Da dadurch aber vor allem die Höhe der Bewertung, viel weniger jedoch deren Unterschied beim Vergleich verschiedener Alternativen betroffen

ist (Zheng et al. 2016), wurde hier der einfachere Ansatz gewählt. Hängt die Ausprägung eines Indikators von der Größe der Infrastruktur (z. B. Emissionsfracht) und/oder der Dauer des Betriebs (z. B. Kosten) ab, erfolgt eine Normierung durch Bezugnahme auf die Anzahl der angeschlossenen Personen und einen Zeitabschnitt von einem Jahr. Gehen, wie im Fall der Nährstoffbelastung, mehrere Indikatoren (N und P) in ein Kriterium ein, so wird der Mittelwert der jeweiligen TNW gebildet. Bei einigen Kriterien, die aufgrund des derzeitigen Wissensstandes nicht oder zumindest nicht mit vertretbarem Aufwand quantitativ erfasst werden können, kommen Bonus-Malus-Systeme zum Einsatz, um auch qualitative Unterschiede zumindest teilweise zu quantifizieren (vgl. Nyga et al. 2016).

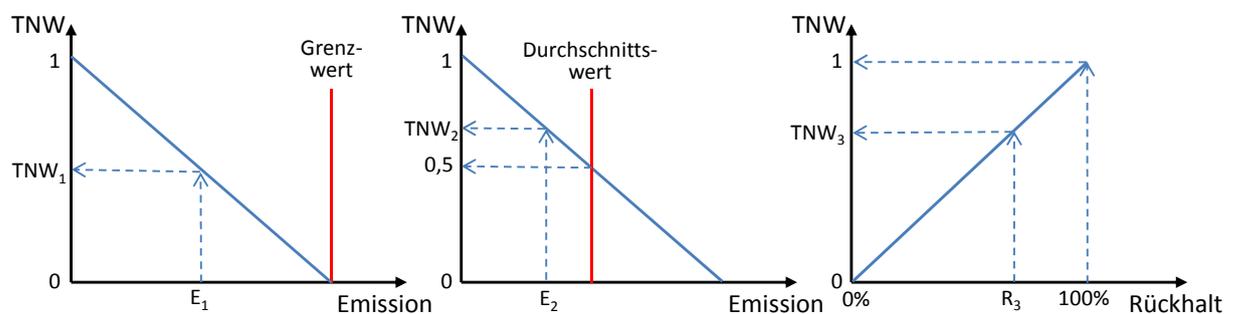


Abbildung 6-2: Verschiedene Ansätze zur Normierung und Umrechnung von Indikatoren in Teilnutzwerte am Beispiel von CSB-Emissionen (links), Treibhausgasemissionen (Mitte) und der Eliminierung ökotoxikologischer Stoffe (rechts)

Schließlich werden die TNW für alle Kriterien entsprechend ihrer jeweiligen Bedeutung für eine Gesamtbewertung gewichtet und durch Addition aggregiert. In der Literatur werden andere Aggregationsverfahren beschrieben, die bspw. Präferenzordnungen widerspiegeln, in denen eine schlechte Bewertung in einem Kriterium *nicht* durch eine positive Bewertung in einer anderen Kategorie ausgeglichen werden kann. Da diese Präferenzordnungen sich jedoch von Entscheider zu Entscheider stark unterscheiden (Zheng et al. 2016), finden die entsprechenden Aggregationsverfahren hier keine Anwendung. Die Ermittlung der erforderlichen Gewichtungsfaktoren erfolgt mittels AHP-Methode (AHP = Analytical Hierarchy Process) auf der Grundlage einer Befragung von Betroffenen und Fachleuten. Anhand dieser Gewichtungsfaktoren und der jeweiligen TNW können auf verschiedenen Aggregationsniveaus (Teil-) Nutzwerte berechnet werden, die einen direkten Vergleich der bewerteten Infrastrukturen ermöglichen. Zur besseren Einordnung der Bewertungsergebnisse wird jede alternative Wasserinfrastruktur im Vergleich zu einer Referenzinfrastruktur bewertet, die in der Regel der konventionellen Infrastruktur vor Ort darstellt. Werden einheitliche Annahmen insbesonde-

re hinsichtlich der Systemgrenzen zugrunde gelegt, sind die Ergebnisse für verschiedene Infrastrukturen auch zwischen unterschiedlichen Modellgebieten und Projekten vergleichbar.

Die beschriebene Bewertungsmethode *MuBeWis* wurde im Projekt TWIST++ auf die für drei konkrete Modellgebiete entwickelten alternativen Wasserinfrastruktursysteme angewendet (vgl. Sartorius et al. 2016). Im Folgenden werden die Grundzüge der Bewertung für die Wasser- und Abwasserinfrastruktur im urbanen Modellgebiet in Lünen dargestellt. Das Konzept der alternativen Wasserinfrastruktur in Lünen ist in Kapitel 7 beschrieben.

6.1 Anwendung der Bewertungsmethode MuBeWis auf die erste Ausbaustufe von i.WET in Lünen

Im Folgenden wird das Vorgehen bei der Bewertung der einzelnen Kriterien nach Teilzielen gegliedert im Einzelnen dargestellt. Die detaillierten Ergebnisse sind an anderer Stelle (Sartorius et al. 2016) aufgeführt.

6.1.1 Ökologische Ziele

Die ökologischen Ziele umfassen Gewässer-, Boden- und Klimaschutz, Ressourceneffizienz und Senkung des Flächenverbrauchs. Hinsichtlich des Gewässerschutzes kommen zwei Kriterien mit jeweils mehreren Indikatoren zum Tragen. Das eine Kriterium ist die Nährstoffbelastung, die anhand der in die Gewässer emittierten N- und P-Frachten bewertet wird. Beim in Lünen vorhandenen konventionellen System handelt es sich um eine Kläranlage der Größenklasse 5, die im Vergleich zum deutschlandweiten Durchschnitt (TNW = 0,5) eine etwas höhere Leistungsfähigkeit bei der N- und eine deutlich höhere bei der P-Retention aufweist. Die entsprechenden TNW betragen daher 0,52 bzw. 0,69. Im System mit i.WET ist das Volumen des der Kläranlage zugeführten Abwasserstroms durch die anderweitige Verwendung des leichten Grau- und Regenwassers deutlich, die Nährstofffracht hingegen nur leicht reduziert. Da angenommen wird, dass in der Kläranlage die Ablaufkonzentrationen von N und P trotz der höheren Zulaufkonzentrationen konstant gehalten werden können, resultiert daraus eine höhere Reinigungsleistung, die sich in TNW von 0,56 und 0,73 niederschlagen.

Das zweite gewässerschutzrelevante Kriterium ist der Eintrag ökotoxikologischer Stoffe, von denen die Metalle Kupfer und Zink, das Arzneimittel Diclophenac und das Biozid Terbutryn stellvertretend als Indikatoren ausgewählt wurden. Von diesen Stoffen werden im konventionellen System, d. h. in kommunalen Kläranlagen und der Kanalisation insgesamt nur 20, 19, 17 bzw. 39 Prozent zurückgehalten, was gleichzeitig dem entsprechenden TNW entspricht. Da Kupfer und Zink größtenteils mittels Regenwasser

von entsprechenden Oberflächen abgespült werden, gelangt ein großer Teil davon in i.WET folglich in die Energieallee und wird dort weitgehend adsorbiert. Der Rest wird dem normalen Abwasserstrom zugeführt. Ähnlich ist die Situation im Fall von Terbutryn, wobei der der Energieallee zugeführte Anteil deutlich kleiner ist. Gar nicht wirkt sich i.WET auf die Elimination von Diclofenac aus, da es im Wesentlichen mit dem Schwarzwasser abgeführt wird. In der Folge verbessern sich durch i.WET die TNW für Kupfer (0,37) und Zink (0,29) gegenüber dem konventionellen System deutlich, für Terbutryn (0,17) und Diclofenac (0,39) jedoch (fast) nicht.

Die Bewertungslogik bezüglich des dritten Gewässerschutzkriteriums, Belastung durch CSB-relevante sauerstoffzehrende Stoffe, ähnelt der des ersten Kriteriums (Nährstoffbelastung) mit einem wichtigen Unterschied: Der Referenzwert entspricht nicht der durchschnittlichen Belastung in Deutschland (mit TNW=0,5), sondern dem gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwert (mit TNW=0), der für Kläranlagen der Größenklasse 5 einer maximalen CSB-Fracht von 5,62 kg/(EW*a) entspricht. Die tatsächliche durchschnittliche Fracht beträgt aber nur 2,54 kg/(EW*a) und schöpft damit den Grenzwert nur zu 45 Prozent aus, was einem TNW von 0,55 entspricht. Durch i.WET findet wie im Fall der Nährstoffe eine Aufkonzentration des Kläranlagenzulaufs statt, die bei angenommener unveränderter Ablaufkonzentration eine Erhöhung der Reinigungsleistung zur Folge hat. Die gewässerbelastende CSB-Fracht wird dadurch auf 2,26 kg/(EW*a) reduziert, was einen Anstieg des TNW auf 0,6 zur Folge hat.

Hinsichtlich des Bodenschutzziels existiert ein Kriterium, die Belastung durch ökotoxikologische Stoffe, die exemplarisch anhand dreier Indikatoren gemessen wird: Cadmium, Blei und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Alle drei Substanzen gelangen im konventionellen System vor allem mit dem landwirtschaftlich oder landbaulich genutzten Klärschlamm in die Böden, wobei zu berücksichtigen ist, dass durch den Klärschlamm mineralische Düngemittel ersetzt werden, die ebenfalls häufig vor allem mit Cadmium kontaminiert sind. Die Bewertung erfolgt grundsätzlich wie bei der CSB-Belastung auf der Grundlage von Grenzwerten für die Gehalte des Bodens an diesen drei Stoffen, die in der Düngemittelverordnung festgelegt sind. Der durchschnittliche TNW für die konventionelle Infrastruktur würde also 0,53 und aufgrund des in der Energieallee retendierten Anteils in i.WET 0,65 betragen. Da in Lünen jedoch Klärschlamm nicht landwirtschaftlich verwertet wird, beträgt der TNW im konventionellen System tatsächlich 1,0 und auf der Basis von i.WET und des dort in der Energieallee substituierten Mineraldüngers sogar 1,03, d. h. aufgrund der indirekten Effekte der Biomasseerzeugung in der Energieallee werden außerhalb des eigentlichen Wasserinfrastruktursystems Emissionen verringert und dadurch ein TNW > 1 erreicht.

Die Emission von Treibhausgasen erfolgt in der Wasserwirtschaft vor allem durch die für die Bereitstellung des Wassers sowie die Sammlung und Behandlung des Abwassers erforderlichen (fossilen) Energieträger. Außerdem werden entsprechend dem Vorgehen im Nationalen Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar (Umweltbundesamt 2014) die CH₄- und N₂O- (nicht jedoch CO₂-) Emissionen einbezogen, die unmittelbar im Behandlungsprozess entstehen. Gleiches gilt für die Biomasseerzeugung (z. B. in der "Energieallee"), die zu einer entsprechenden CO₂-Gutschrift führt. Für die konventionelle Wasser- und Abwasserinfrastruktur in Lünen berechnen sich Emissionen von CO₂-Äquivalenten, die mit 50,7 kg CO₂e/(EW*a) etwas niedriger als im Referenzfall liegen und damit in einem TNW von 0,51 resultieren. Unter Berücksichtigung von i.WET ergeben sich neben einer CO₂-Lastschrift für den Betrieb der Grauwasseraufbereitung Gutschriften für die produzierte Biomasse, den substituierten Mineraldünger, den Minderenergieaufwand bei der (verminderten) Wasserver- und Abwasserentsorgung und vor allem die Wärmerückgewinnung aus dem Grauwasser, die zu Gesamtemissionen von nur noch 2,5 kg CO₂e/(EW*a) und damit einem TNW von 0,98 führen.

Ebenfalls klimawirksam ist die Beeinflussung des Mikroklimas insbesondere durch bauliche Maßnahmen. Hier erfolgt keine Berechnung aufgrund quantitativer Eingangsdaten. Stattdessen werden ausgehend von einem TNW von 0,5 für das bestehende System Mali oder Boni von -0,2 bis +0,2 jeweils dafür verteilt, dass in größerem oder kleinerem Umfang Kaltluftentstehungsgebiete versiegelt bzw. entsiegelt oder Luftleiterbahnen durch Baukörper blockiert bzw. wiederhergestellt werden. Da die Energieallee in Lünen eine vorhandene konventionelle Straßenrandbepflanzung ersetzen würde und deshalb von i.WET in der ersten Ausbaustufe keine besonderen Wirkungen der betrachteten Art ausgehen, bleibt der TNW von 0,5 unverändert.

Die Berücksichtigung der effizienten Ressourcennutzung erfolgt anhand zweier Kriterien: des Ressourcenverbrauchs und der Ressourcenrückgewinnung. Die Messung des Verbrauchs erfolgt typischerweise in Masseinheiten (z. B. kg). Um verschiedene Rohstoffe und Materialien auf dieser Basis vergleichen und bewerten zu können, muss berücksichtigt werden, dass sich die Ressourcenaufwände für die Bereitstellung verschiedener Stoffe (z. B. Sand und Gold) stark unterscheiden. Die Vergleichbarkeit könnte dann mit Hilfe der jeweiligen spezifischen kumulierten Rohstoffaufwände hergestellt werden (Giegrich et al., 2012). Da dies sehr aufwändig ist, werden die Massen stattdessen mit den jeweiligen Preisen gewichtet. Die Ermittlung der Rohstoffkosten erfolgt nur für die Betriebsphase, da bei den Investitionen eine Differenzierung zwischen Rohstoff- und anderen (z. B. Personal-) Kosten i. d. R. nicht möglich ist. Für die konventionelle Wasser- und Abwasserinfrastruktur wurden diese Betriebsmittelkosten im deutschlandweiten Durchschnitt mit 18,24 Euro pro Einwohner und Jahr ermittelt,

was einen TNW von 0,5 begründet. Im System mit i.WET sind die Betriebsmittelkosten dagegen vor allem wegen der Wärmerückgewinnung um mehr als die Hälfte reduziert, woraus ein TNW von 0,76 resultiert.

Die Ermittlung des Ressourcenrückgewinnungsgrades erfolgt beispielhaft für vier wasserwirtschaftlich relevante Stoffe: Wasser, Kohlenstoff und die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff. Die Bewertung leitet sich unmittelbar aus dem Mittelwert der einzelnen mit dem jeweiligen Wert gewichteten eingesparten Anteile ab. Da im konventionellen System in Lünen keine Rückgewinnung (auch keine landwirtschaftliche Klärschlamm-nutzung) stattfindet, beträgt der TNW 0. Im i.WET-System werden 27 Prozent des Wassers durch die Regen- und Grauwassernutzung und geringere Mengen an Phosphor und Stickstoff durch die Kurzumtriebsanlage eingespart bzw. recycelt. Das an den Preisen der pro angeschlossener Person anfallenden Mengen orientierte Gewichtsverhältnis für Wasser, Kohlenstoff, Phosphor und Stickstoff liegt bei 96 : 2 : 1,2 : 0,8, woraus ein TNW von 0,26 resultiert.

Der Flächenverbrauch der Wasserinfrastrukturen orientiert sich an der kommunalen Flächenbilanz (Katasterflächen), wobei diese durch die baurechtliche Festsetzung als „Gebäude- und Freifläche“ oder „Betriebsfläche“ für Ver- und Entsorgung dokumentiert wird. Für die Bewertung wird der Flächenverbrauch der vorhandenen Infrastruktur mit $TNW = 0,5$ angesetzt. Wird für die neue Infrastruktur mehr Fläche verbraucht, sinkt der TNW, wird weniger Fläche verbraucht, steigt er (bis $TNW = 1$, wenn keine Fläche verbraucht wird). Da i.WET in der betrachteten Ausbaustufe auf die vorhandene Infrastruktur zurückgreift und die zusätzliche Energieallee auf bereits als Verkehrsfläche eingestufte Flächen (Straßenrandbepflanzung) zurückgreift, ergeben sich gegenüber der konventionellen Variante keine Änderungen – und ein TNW von ebenfalls 0,5.

6.1.2 Sicherheitsrelevante Ziele

Zur Bewertung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit des Trinkwassers werden als Kriterien die Keimbelastung sowie Geruch und Trübung herangezogen. Maßstab für die Keimbelastung ist die Vorschrift, dass Trinkwasser keine coliformen Bakterien (0 KbE pro 100 ml) enthalten darf. Ist diese Bedingung erfüllt, beträgt der TNW 1 andernfalls 0. Für die konventionelle Trinkwasserversorgung im Modellgebiet "Süggelquartier" in Lünen wurde ermittelt, dass es im Versorgungsnetz von 10 Prozent der Haushalte zu Stagnation kommen kann und damit eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für hygienische Beeinträchtigungen besteht. Der TNW reduziert sich dadurch auf 0,9.

Im alternativen System werden 27 Prozent des Trinkwassers durch Betriebswasser aus aufbereitetem Regen- und Grauwasser substituiert, für welches ein anderer Bewertungsmaßstab anzulegen ist. Gemäß Badegewässer-Richtlinie, die häufig als Maß-

stab für Betriebswasser herangezogen wird, darf die E. coli-Konzentration 900 KbE/100 ml nicht überschreiten. Einen ähnlichen Grenzwert von 1.000 KbE/100 ml empfiehlt Nolde (Giegrich et al. 2012) für die Toilettenspülung. Da die für die Grauwasserbehandlung verwendeten MBR-Anlagen weniger als 100 KbE/100 ml erreichen, ist mit hoher Sicherheit von einer Unterschreitung der Grenzwerte und damit von einem TNW von 1 für das Betriebswasser auszugehen. Gleichzeitig ist wegen des Minderverbrauchs von Trinkwasser von einer etwas höheren Stagnationswahrscheinlichkeit und deswegen einer etwas geringeren Bewertung (0,87) in diesem Teil der Wasserversorgung auszugehen, woraus insgesamt der gleiche TNW (0,9) wie für das konventionelle System resultiert.

Geruch und Trübung sind im Trinkwasserkontext sicherheitsrelevante Indikatoren, die zwar selbst nicht notwendigerweise Schäden hervorrufen, aber auf Umstände hinweisen, die gesundheitliche Beeinträchtigungen (z. B. durch verstärkte Verkeimung) begünstigen können. Zu diesen Umständen zählt die Stagnation von Trinkwasser in den entsprechenden Leitungen. Die Bewertung leitet sich wie im Fall der Keimbelastung unmittelbar aus dem Anteil des Versorgungsnetzes her, der nicht von Stagnation betroffen ist. Die TNW betragen also, wie oben beschrieben, 0,9 und 0,87 für die konventionelle und die alternative Infrastruktur. Da Geruch und Trübung für Betriebswasser keine Rolle spielen, geht dieser Teil der Versorgung nicht in die Bewertung ein.

6.1.3 Ökonomische Ziele

Die ökonomischen Ziele umfassen einerseits die Kosten der Infrastruktur, andererseits die Flexibilität und Systemwechselfähigkeit. Während die Kosten einen Vergleich verschiedener Infrastrukturalternativen unter den aktuellen Bedingungen ermöglichen, legen die Kriterien Flexibilität und Systemwechselbereitschaft eine Langfristsperspektive an, die Aufschluss darüber gibt, wie leicht, bspw. als Reaktion auf sich verändernde Rahmenbedingungen, ein Wechsel zu anderen Infrastrukturalternativen möglich ist.

Die Ermittlung der Kosten der Wasserver- und Abwasserentsorgungsalternativen erfolgt dynamisch auf Basis des Lebenszykluskosten-Ansatzes. Dabei werden alle Kosten (und ggf. Erlöse), die im Verlaufe der Nutzungsdauer anfallen, mit einem Zinssatz von 1,5 Prozent auf ein Basisjahr diskontiert (Umweltbundesamt 2012). Zu den Kosten zählen Investitions- und Reinvestitionskosten (für die Lebensdauer der gesamten Infrastruktur, d. h. ca. 80 Jahre) ebenso wie die Betriebskosten, die den Saldo aus allen laufenden Kosten und Erlösen darstellen. Bei den Kosten des konventionellen Systems ist zu berücksichtigen, dass die aktuellen Mischabwasserkanäle in Lünen stark sanierungsbedürftig sind und durch Zubau eines Schmutzwasserkanals in eine Trennkanalisation umgewandelt werden müssten. Durch den Einsatz von i.WET erübrigt sich der

zweite Kanal, da kaum noch Regenwasser anfällt. Außerdem sinken durch den Minderverbrauch von Trinkwasser die Kosten für die Trinkwasserversorgung, allerdings nur im Umfang der variablen Kosten (d. h. 20 % der gesamten Kosten). Diesen Einsparungen stehen Mehraufwendungen für Regen- und Grauwasserbehandlung, Wärmerückgewinnung Betriebswasserverteilung und Energieallee gegenüber. Die Aufstellung der Kosten in Tabelle 6-1 zeigt, dass i.WET hinsichtlich aller Infrastrukturelemente günstiger ist, was sich auch in einem höheren TNW (0,46 anstelle von 0,42) niederschlägt.

Tabelle 6-1: Einwohnerspezifische, jährliche Kosten von innovativer und konventioneller Infrastruktur und daraus resultierende Bewertung

	i.WET	konventionell
Kosten d. Abwasserableitung (EUR/(E*a))	84,16	93,10
Kosten der Abwasserbehandlung (EUR/(E*a))	30,00	30,00
Kosten der TW-Versorgung (EUR/(E*a))	86,70	91,60
Gesamtkosten (EUR/(E*a))	200,86	214,70
Referenzkosten (EUR/(E*a)) [TNW = 0,5]		184,99
Teilnutzwert	0,46	0,42

Zwecks Bewertung der Flexibilität und Systemwechselbereitschaft kommen zwei Indikatoren mit unterschiedlicher Zeitperspektive zum Einsatz. Der abzuschreibende Restbuchwert (aRWB) bestimmt, welcher Wert bei Ersatz der vorliegenden (konventionellen) Infrastruktur durch eine (z. B. innovativere) Alternative zum Zeitpunkt des Wechsels obsolet würde, abgeschrieben werden müsste und damit Kosten in entsprechender Höhe verursachen würde. Die bilanzielle Nutzungsdauer (bND) der neu zu errichtenden Infrastruktur beeinflusst die Möglichkeit eines Wechsels zu einem späteren Zeitpunkt, wenn dies aufgrund jetzt noch nicht absehbarer Veränderungen geboten erschiene. Dass die Kanalisation in Lünen aktuell stark sanierungsbedürftig ist, bedeutet, dass der aRWB in diesem Bereich der konventionellen Infrastruktur gering ist und damit eine gute Gelegenheit (d. h. ein Window of Opportunity) für die Umstellung auf i.WET besteht. Der aRWB der alternativen Infrastruktur ist in diesem Fall irrelevant, da i.WET noch gar nicht implementiert ist. Weil die aRWB in beiden Fällen kein Hindernis darstellen, betragen die TNW in beiden Fällen 1.

Ist i.WET dann erst einmal neu installiert, bemisst sich seine Wechselbereitschaft ebenso wie die einer konventionellen Alternative an der bND. Beim Vergleich der beiden Alternativen ist seitens der konventionellen Infrastruktur nur die Kanalisation relevant, die mit einer bND von 80 Jahren zu Buche schlägt und damit einen TNW von 0 aufweist. Seitens der alternativen Infrastruktur sind die Kanäle nur für die 73 Prozent

des konventionellen Abwassers relevant. Der Anteil von 27 Prozent, der die Energieallee durchläuft, schlägt hingegen nur mit 27 Jahren zu Buche. Daraus resultieren ein durchschnittlicher bND von 65 Jahren und ein TNW von 0,19.

6.1.4 Soziale Ziele

Unter sozialen Zielen wird sowohl die Akzeptanz der Infrastrukturen bei den Nutzern als auch die Vermeidung von Externalitäten, d. h. von Beeinträchtigungen Dritter subsummiert. Dabei wird die Akzeptanz mittels zweier Kriterien beurteilt. Für die Bestimmung der Bequemlichkeit wird der Zeitaufwand der Nutzer für die Bereithaltung der Wasserver- und Abwasserentsorgung abgeschätzt, welche sich im konventionellen System in Lünen im Wesentlichen auf die Ablesung des Zählers und den Schriftverkehr beschränkt. Die Zufriedenheit der Nutzer kann daher als hoch eingestuft und einem TNW von 0,9 bewertet werden. Wird i.WET, wie vorgesehen, vom Bauverein zu Lünen betrieben, dann ändert sich für die Nutzer gegenüber der aktuellen Vorgehensweise (im konventionellen System) nichts. Der Bauverein betreibt die Anlage und reicht die entstehenden Kosten wie bei der konventionellen Abwasserentsorgung per Nebenkostenabrechnung an die Bewohner der Wohnungen weiter. Die Bewertung ist die gleiche.

Das zweite Kriterium ist die wirtschaftliche Belastung, wobei es nicht um die im wirtschaftlichen Kontext bereits bewerteten Kosten, sondern um besondere, darüber hinaus gehende Be- oder Entlastungen der Nutzer geht. Beispiele dafür könnten hohe Einmalbelastungen (bspw. bei der privaten Errichtung einer Kleinkläranlage) sein, die bei der Bewertung negativ zu Buche schlagen würden, oder, wie im Fall von i.WET, Einsparungen für die Nutzer, die über die allgemeine Kostenbetrachtung hinausgehen. Diese Einsparungen ergeben sich aus dem Minderverbrauch von 27 Prozent des Trinkwassers, der für die Nutzer beim Wasserversorgungsentgelt zumindest kurzfristig in voller Höhe wirksam wird. In der Kostenbetrachtung im Kontext der ökonomischen Ziele wurden dagegen nur die tatsächlichen Einsparungen in Höhe der variablen Kosten berücksichtigt. Längerfristig würde die flächendeckende Einsparung von 27 Prozent des Trinkwassers voraussichtlich eine Erhöhung der spezifischen Entgelte aufgrund gleichbleibender Fixkosten und ggf. steigender Wartungskosten wie etwa Rohrnetzpflege nach sich ziehen. Für die Bewertung schlägt sich dies in einem TNW von 0,5 für die konventionelle und 0,56 für die alternative, auf i.WET gestützte Infrastruktur nieder.

Die konventionelle Wasser- und Abwasserinfrastruktur wird, von den unmittelbaren Anliegern von Kläranlagen abgesehen, im Allgemeinen als frei von Belästigungen empfunden. Weil der Idealzustand nicht ganz erreicht wird, wird ihr daher ein TNW von 0,9 zugeordnet. Ansonsten würden je nach Belastungsintensität (d. h. Häufigkeit, Intensität und Betroffenenzahl) pro Belastungsmedium (z. B. Geruch, Lärm, Ästhetik) Mali zwi-

schen $-0,1$ und $-0,3$ angewendet werden. Da für i.WET nicht von zusätzlichen Belastungen auszugehen ist, beträgt der TNW hier ebenfalls $0,9$.

6.1.5 Technische Ziele

Hinsichtlich der technischen Ziele gehen folgende Teilaspekte in die Bewertung ein: Anfälligkeit für Prozessstörungen (im Normalbetrieb), Auswirkungen eines Versagenszustandes, Bereitstellung von Löschwasser über das Trinkwassernetz, Flexibilität bzgl. sich ändernder Rahmenbedingungen und Anforderungen an andere Infrastrukturbereiche.

Die Anfälligkeit für Prozessstörungen wird mit der Wahrscheinlichkeit gleichgesetzt, dass es im Normalbetrieb zu Störungen kommt. Dabei werden als Indikatoren die erwartete Schadensanfälligkeit und die Verfügbarkeit von Know-how unterschieden, welches erforderlich wäre, um einen Schaden schnellstmöglich zu erkennen und zu beheben. In die erwartete Schadensanfälligkeit gehen vorhandene Kapazitätsreserven zur Vermeidung oder Minderung von Schäden ebenso ein wie das Schadenspotenzial im Fall des Schadenseintritts. Gegenüber der mit einem TNW von $0,5$ bewerteten (durchschnittlichen) konventionellen Infrastruktur ergeben sich für die Alternative mit i.WET Boni für die aufgrund des geringeren Trinkwasserverbrauchs und der zusätzlichen Betriebswassernutzung erhöhten Redundanz ($+0,3$) sowie daraus, dass durch die Dezentralität der Abwasserbehandlung pro Schadensfall weniger Nutzer betroffen sind ($+0,1$). Dem steht seitens der Know-how-Verfügbarkeit für das alternative System ein TNW-Abschlag von $-0,2$ im Vergleich zum konventionellen System gegenüber, für welches das Know-how als weit verbreitet (TNW = $0,8$) angesehen werden kann.

Im Falle eines Versagens der Abwasserbehandlung gelangt Schmutzwasser ungeklärt in die Umwelt. Als Indikator für die Auswirkungen dieses Versagens kann die CSB-Konzentration angesehen werden, die sich dadurch im Gewässer einstellt. Für die Bewertung ist dabei nur der Teil der eingeleiteten Fracht maßgebend, der im Gewässer einen am CSB-Grenzwert im Kläranlagenablauf angelegten Schwellenwert überschreitet. Da konkrete Zahlen für Lünen nicht verfügbar waren, wurden beispielhaft die Auswirkungen für den Fall berechnet, dass der Schwellenwert durch das Versagen leicht (d. h. um 20%) überschritten wurde. In diesem Fall hat die durch die dezentrale Grauwasseraufbereitung um 10% reduzierte CSB-Fracht zur Folge, dass die Überschreitung des Schwellenwertes ebenfalls reduziert wird. Als TNW-Werte für das konventionelle und alternative System resultieren aus diesen Berechnungen $0,83$ bzw. $0,93$.

Grundsätzlich erfolgt die Bewertung der Zuverlässigkeit der Löschwasserbereitstellung anhand eines Bonus-/Malussystems, welches die Redundanz alternativer Entnahme-

stellen (z. B. Gewässer) ebenso berücksichtigt wie die Redundanz innerhalb des Wassernetzes. Für die Bewertung von i.WET ist die Bereitstellung von Löschwasser jedoch irrelevant, da i.WET dazu keinen Beitrag leistet. Stattdessen wird dafür im i.WET- und im Referenzfall auf die konventionelle Infrastruktur zurückgegriffen. Da es sich in Lünen auch im aktuellen Zustand um ein größtenteils vermaschtes Trinkwassernetz mit Notstromversorgung handelt, welches Modellrechnungen zufolge an jedem Ort im untersuchten Teilnetz pro Stunde nachweislich mindestens 96 m^3 Löschwasser bereitstellt, kommt als TNW in beiden Fällen 1 zum Ansatz.

Das Kriterium der Flexibilität zielt darauf ab, ob und wie sich innerhalb der bestehenden Kapazität durch Auslastungs- oder bauliche Änderungen (Zu- oder Rückbau) Anpassungen an sich verändernde Rahmenbedingungen vornehmen lassen. Bei der Bewertung deutet ein TNW von 0 auf keine, ein TNW von 1 hingegen auf vollständige Flexibilität hin. Zur Umsetzung erfolgt die Aufteilung der fiktiven 100 Prozent Flexibilität auf die relevanten Komponenten des Systems, wobei wichtigeren (Schlüssel-)Komponenten (z. B. Leitungsnetz) ein höherer Anteil zugewiesen wird. Für jede Komponente erfolgt dann die Beurteilung, ob sie leicht anpassbar ist (\rightarrow voller %-Anteil), gar nicht anpassbar (\rightarrow 0 %) oder dazwischen liegt. Abschließend werden die gewichteten Prozentzahlen aufsummiert. In der konventionellen Infrastruktur sind die Verteilnetze und Kanäle (Gewicht: 0,5) nur mit großen Schwierigkeiten (Faktor: 0,2) und die Wasseraufbereitungs- und Kläranlagen (Gewicht: 0,5) mit substantiellen Einschränkungen (Faktor: 0,4) aus- oder zurückbaubar, woraus sich ein TNW von $(0,5 \times 0,2 + 0,5 \times 0,4 =) 0,3$ berechnet. In i.WET wird durch die dezentrale, modulare Grau- und Regenwasserbehandlung ein Teil des Systems (Gewicht: 0,2) deutlich flexibler (Faktor: +0,5), woraus ein Anstieg um 0,1 und ein Gesamt-TNW von 0,4 resultiert.

Je höher und vielfältiger die Anforderungen der Wasser- und Abwasserinfrastruktur an andere Infrastrukturen sind, desto anfälliger sind sie hinsichtlich deren Versagen. Relevante Abhängigkeiten des konventionellen Systems bestehen hinsichtlich der Stromversorgung, der Abfallentsorgung und, in zunehmendem Umfang, der Datenvernetzung. Der TNW für diesen Referenzfall wird auf 0,5 festgelegt. Im Vergleich dazu zeichnet sich die alternative Infrastruktur mit i.WET durch eine höhere Autonomie bzgl. der Energieallee, aber eine höhere Abhängigkeit bzgl. der Grau- und Regenwasseraufbereitung sowie des Betriebs der Toiletten aus. Insgesamt erscheint die Abhängigkeit von anderen Infrastrukturelementen in i.WET also noch etwas höher als im konventionellen System. Daher wird ein TNW von 0,4 als angemessen angesehen.

Alle Ergebnisse der Bewertung sind in Tabelle 6-2 zusammengefasst.

Tabelle 6-2: Bewertung der konventionellen und neuartigen Wasserinfrastruktur im urbanen Modellgebiet in Lünen

	Kriterium	Indikatoren	Gewichtung (%)	Konventionell	i.WET
1. Ökologische Ziele			22,0	0,49	0,63
1.1	Nährstoffbelastung	N P	1,29 1,29	0,52 0,69	0,57 0,73
1.2	Ökotoxische Stoffe/Wasser	Cu Zn Diclophenac Terbutryn	0,77 0,77 0,77 0,77	0,20 0,19 0,39 0,17	0,37 0,29 0,39 0,17
1.3	Sauerstoffzehrende Substanzen	CSB	2,62	0,55	0,60
1.4	Ökotoxische Stoffe/ Boden	Cd Pb PAK	0,95 0,95 0,95	1,00 1,00 1,00	1,10 0,99 0,99
1.5	Emission Klimagase	THG-Äquivalente	2,44	0,51	0,98
1.6	Beeinflussung des Mikroklimas		1,91	0,50	0,50
1.7	Ressourcenverbrauch	Energie, Betriebsstoffe	2,52	0,50	0,76
1.8	Ressourcenrückgewinnung	P N H ₂ O C (organisch)	0,02 0,03 2,28 0,05	0,00 0,00 0,00 0,00	0,01 0,01 0,27 0,00
1.9	Flächenverbrauch	r _F -Wert	1,84	0,50	0,50
2. Sicherheitsrelevante Ziele			26,7	0,90	0,90
2.1a	Verkeimung/Hygiene	Gesamtkeimzahl, Coliforme KbE	22,8	0,90	0,90
2.1b	Geruch/Trübung	TON, NTU	3,92	0,90	0,87
3. Ökonomische Ziele			16,4	0,46	0,52
3.1	(Netto-)Kosten	Investition und Betrieb	8,90	0,42	0,46
3.2	Flexibilität, Systemwechselbereitschaft	Restbuchwert Nutzungsdauer	3,74 3,74	1,00 0,00	1,00 0,19
4. Soziale Ziele			16,0	0,74	0,77
4.1	Bequemlichkeit (Servicequalität)	Zeitaufwand	5,18	0,90	0,90

4.2	Wirtschaftliche Belastung	Besondere Belastungen	6,28	0,50	0,56
4.3	Belästigung	Anzahl Medien	4,49	0,90	0,90
5. Technische Ziele			18,8	0,66	0,70
5.1	Störungsanfälligkeit	Kapazitätsreserve	1,53	0,50	0,80
		Schadenspotenzial	1,53	0,50	0,60
		Know-how-Verfügbarkeit	1,53	0,80	0,60
5.2	Auswirkungen des Versagenszustandes	Anteil CSB im Gewässer	4,05	0,83	0,93
5.3	Löschwasserbereitstellung	Sicherer Anteil	3,89	1,00	1,00
5.4	Flexibilität bzgl. Rahmenbedingungen	Zu-/Rückbaubarkeit	3,65	0,30	0,40
5.5	Abhängigkeit	Anzahl/Intensität	2,61	0,50	0,40
Gesamtbewertung			100	0,67	0,72

6.2 Zusammenfassung der Bewertung

Beim Vergleich der TNW zeigt sich, dass die für das Modellgebiet in Lünen geplante alternative Infrastruktur der konventionellen in fast allen Belangen überlegen ist. Hinsichtlich der ökologischen Ziele kommt insbesondere zum Tragen, dass das Grauwasser mit seinen Verunreinigungen größtenteils in der Energieallee behandelt und damit die kommunale Kläranlage entlastet wird (Umweltschutz); außerdem werden Wasser und Nährstoffe wiederverwertet (Ressourcenschutz). Wirtschaftlich erweist es sich als Vorteil, dass i.WET die Umstellung auf eine konventionelle Trennkanalisation überflüssig macht und aufgrund der niedrigeren Nutzungsdauer eine flexiblere Reaktion auf sich verändernde Rahmenbedingungen erlaubt. Aus der durch die Betriebswassernutzung bedingten Einsparung von Trinkwasser ergibt sich für den Endnutzer, soweit die bisherigen Tarifstrukturen beibehalten werden, eine geringere wirtschaftliche Belastung, die zu einer höheren sozialen Akzeptanz führt. Aus technischer Sicht überwiegen die Vorteile bei Störungsanfälligkeit, Auswirkungen von Versagenszuständen und Flexibilität den kleinen Nachteil seitens der höheren Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen. Allein hinsichtlich der Sicherheit schneidet die konventionelle Infrastruktur genauso gut ab wie die alternative, was angesichts der bestehenden hohen Standards nicht verwundert.

7 Arbeitspaket 6: Systeminnovation – Demonstration

Im Rahmen von TWIST wurde am Fraunhofer ISI eine transitionsfähige Systemlösung für Bestandssituationen entwickelt (vgl. Kap. 4.2). Dieses Transitionskonzept i.WET (integriertes WasserEnergieTransitions-Konzept) wurde für das Süggelquartier in Lünen konkretisiert und darüber hinaus für die Konversionsfläche Alte Zeche Westerholt angepasst.

7.1 Modellgebiet Lünen: Anwendung von i.WET im Bestand

i.WET sieht eine kombinierte Wiederverwertung von Regenwasser und behandeltem Grauwasser mit Wärmerückgewinnung vor.



Abbildung 7-1: Energieallee: Mehrfachnutzung der urbanen Fläche zur Wasseraufbereitung, Wasserspeicherung und Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen (Quelle: Fraunhofer ISI)

Das Konzept ist für Stadtquartiere im innerstädtischen Umfeld entwickelt worden, konkreter Anwendungsfall ist ein Quartier mit mehrgeschossigen Wohnhäusern in der Stadt Lünen. Es kann aber ebenso bei Neuerschließungen in Wohn- und Gewerbegebieten genutzt oder ggf. auch auf den ländlichen Raum angepasst werden. i.WET ermöglicht die sukzessive Einführung unter anfänglicher Beibehaltung des vorhandenen Systems.

i.WET lässt sich als Insellösung umsetzen, wenn sich Gelegenheitsfenster („windows of opportunity“) ergeben. Dabei steht sinnvollerweise die Sanierung von Bestandsgebäuden oder mindestens die Abkopplung von abflusswirksamen Flächen mit Einführung der Energieallee für Regenwasser am Anfang.

Das häusliche Rest-Abwasser, das nicht als Grauwasser in i.WET Verwertung findet, ist um etwa 30 % reduziert und dementsprechend weniger verdünnt. Es wird zunächst weiterhin im vorhandenen Kanalsystem zur Kläranlage abgeleitet.

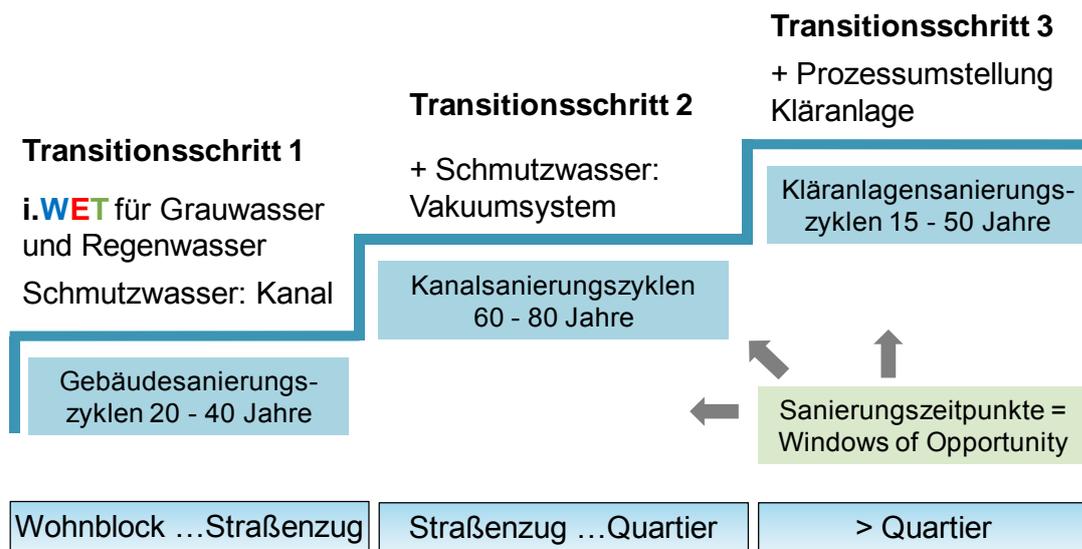


Abbildung 7-2: Transitionsschritte bei sukzessiver Implementierung des i.WET-Konzepts

Ab einer gewissen Durchdringung dieses 1. Transitionsschritts im Gebiet ist die Schlepplspannung im Kanal nicht mehr ausreichend für den Transport im Freigefälle, so dass der Schwemmkanal sukzessive zu einer Vakuumkanalisation umgebaut werden kann (2. Transitionsschritt). Das im Vergleich zum herkömmlichen häuslichen Schmutzwasser höher konzentrierte Restabwasser ermöglicht den dritten Transitionsschritt, indem es auf der Kläranlage direkt einer anaeroben Behandlung mit anschließender Nährstoffrückgewinnung zugeführt wird. Die aerobe Stufe dient dann nur noch der Nachbehandlung. Langfristig und wiederum abhängig von der Durchdringung mit i.WET im Einzugsgebiet der Kläranlage, kann die Kläranlage durch die prioritär anaerobe Behandlung des Abwassers und die Einführung einer Nährstoff-Rückgewinnung zu einem Ressourcenzentrum avancieren (vgl. Abbildung 7-2). Auch ohne diesen dritten Schritt ergeben sich Vorteile für das Gesamtsystem.

Ein Konzept wie i.WET ermöglicht auf diese Weise einen sukzessiven Umbau der Wasserinfrastruktur mit flexiblen, an die Sanierungszyklen von Gebäuden, Kanalabschnitten und Kläranlagen angepassten Implementierungszeitpunkten. Die technischen

Möglichkeiten für eine solche Umgestaltung sowie mögliche Geschäfts- und Gebührenmodelle wurden im Projekt intensiv untersucht, ebenso die Implikationen für die Trinkwassernetze (vgl. Arbeiten des IWW im Projekt TWIST++).

Zur Sicherstellung der weiteren Umsetzung der erzielten Ergebnisse wurden mit den wichtigsten Akteuren vor Ort ein „Letter of Intent“ unterschrieben mit der Zielsetzung, den entwickelten innovativen Ansatz, in Lünen modellhaft in einem Stadtquartier gemeinsam mit den relevanten Akteuren Bauverein zu Lünen, Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen AöR, dem Lippeverband und dem Fraunhofer ISI als Forschungspartner zu konkretisieren und umzusetzen.

7.2 Modellgebiet Westerholt - i.WET für Konversionsflächen

Konversionsflächen weisen einige typische Merkmale auf, die bei der Planung innovativer Wasserinfrastrukturen und Systemlösungen relevant sein können. Zu berücksichtigen sind bspw. Altlastenflächen oder die mit der Nutzungsänderung einhergehenden veränderten Infrastrukturanforderungen. Eine große Herausforderung kann eine – abhängig vom Verkauf der Flächen – sich über längere Zeiträume hinziehende Bebauung darstellen, indem die gesamte Erschließung trotz hoher Planungsunsicherheiten hinsichtlich zukünftiger Bedarfe bereits zu Beginn erfolgen muss. Gerade vor diesem Hintergrund können innovative Systeme mit hoher Flexibilität große Vorteile realisieren.

Im Rahmen von TWIST++ wurde eine Konversionsfläche in Gelsenkirchen / Herten, die ehemalige Zeche Westerholt, untersucht.

Anforderungen

Die Konversionsfläche „Alte Zeche Westerholt“ setzt bestimmte Rahmenbedingungen für mögliche Wasserinfrastrukturkonzepte.

Das bestehende Mischsystem muss nach den Vorgaben des Landeswassergesetzes (LWG) in NRW durch ein Trennsystem ersetzt werden (§ 51a Abs. 1 LWG NRW), was insbesondere für die Ableitung des anfallenden Niederschlagswassers Änderungen mit sich bringt. Die bestehenden Altlastenflächen lassen eine gezielte Versickerung des Niederschlagswassers nicht zu, es muss auf dem Gelände (zwischen-) gespeichert und ggf. gedrosselt abgeleitet werden.

Eine weitere Herausforderung liegt darin, dass die Konversionsfläche stufenweise erschlossen werden soll und sich die zukünftige Nutzungsstruktur nicht mit abschließen-

der Sicherheit vorhersagen lässt (vgl. Abbildung 7-3). Das Wasserinfrastruktursystem muss sich flexibel erweitern und an unterschiedliche Nutzungen anpassen lassen.

Im Rahmen von TWIST++ wurde das Konzept i.WET als ein innovatives System mit einem Fokus auf grüner Infrastruktur für die Zeche Westerholt angepasst (i.WET Westerholt). Im Gegensatz zur bestehenden Entwässerungsplanung soll die Entwässerung im Konzept i.WET Westerholt nicht im Freigefälle, sondern im Vakuumsystem erfolgen. Neben den grundsätzlichen Vorteilen, wie bspw. der Unabhängigkeit von topografische Gegebenheiten, geringe Tiefenlagen, geringerer Bodenaushub, schließt vor allem die konsequente Trennung verschiedener Wasserströme eine Freigefälle-entwässerung zumindest für das Schmutzwasser aus.

Die grundsätzliche Konzeptidee für i.WET Westerholt beinhaltet folgende Punkte:

- Ein möglichst großer Anteil der Dachflächen wird begrünt, der Anteil versiegelter Flächen wird grundsätzlich minimiert.
- Die Energieallee durchzieht das Gebiet als straßenbegleitendes Grün, in das der Oberflächenabfluss von allen Parkplätzen, Straßen-, Gründächern- und einem Teil der Hofflächen eingeleitet wird.
- Der Dachabfluss der herkömmlichen Dachflächen wird in Zisternen gespeichert, das überschüssige Regenwasser wird ebenfalls in die Energieallee abgeleitet.
- Regenwasser aus den Zisternen wird für die Toilettenspülung genutzt.
- Für das Hauptgebiet lohnt sich eine Grauwasseraufbereitung aufgrund des hohen Anteils an Büro- und Gewerbeflächen nicht. Hier kann das ggf. anfallende Grauwasser ebenfalls in die Energieallee eingeleitet werden, lediglich das Regenwasser aus der Zisterne wird zur Deckung des Betriebswasserbedarfs verwendet. Der Bedarf an Betriebswasser für die Toilettenspülung ist in Gewerbegebieten vergleichsweise hoch. Die Regenwassernutzung ist somit eine Möglichkeit, Trinkwasserressourcen zu schonen und gleichzeitig Regenwasser als Schmutzwasser aus dem Gebiet abzuleiten.

Für die „Gartenstadt“, den ausschließlich wohnbebauten nördlichen Teil des Geländes, kann neben der Regenwassernutzung auch die Grauwassernutzung mit Wärmerückgewinnung vorgesehen werden (vgl. i.WET Lünen).

- Schmutzwasser wird im Vakuumsystem abgeleitet und an geeigneter Stelle in das umliegende Mischkanalsystem übergeben.
- Das Regenwassersystem wird an einer oder mehreren semizentralen Speichern über ein Vakuumsystem soweit entleert und in nördlich gelegene Feuchtwiesen mit Grabensystem geleitet, dass immer genügend Speicherraum für den Bemessungsregenfall vorhanden ist.

Die neuen Funktionalitäten innovativer Konzepte gehen einher mit neuen Akteuren, mindestens aber mit neuen Aufgaben für die herkömmlichen Akteure. Bei der im Rahmen des TWIST++-Projektes planerisch vorbereiteten Umsetzung von i.WET in einem Quartier in Lünen ist ein wesentlicher neuer Akteur eine Wohnungsbaugesellschaft (Bauverein zu Lünen BVZL) als Investor, der zusätzlich Betreiberaufgaben übernimmt. Für die bisherigen Akteure Netz-Betreiber (Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen AöR: SAL) und Betreiber der Kläranlage (Lippeverband: LV) ergeben sich im Rahmen von i.WET neue Aufgaben. Dafür können Anpassungen der rechtlichen Grundlagen (z. B. Satzungen) notwendig werden. Darüber hinaus spielen weitere Akteure eine Rolle, wie z. B. die Mieter als Nutzer der neuen Ressourcen, die Stadtwerke (SW) als Trinkwasser- und Energieversorger oder ggf. auch Straßen- oder Grünflächenämter hinsichtlich Bau und Betrieb der grünen Infrastruktur.



Abbildung 7-3: Geplante Ausbaustufen der Konversionsfläche Zeche Westerholt (eigene Darstellung nach Scheuvsen und Wachten (2015))

Die Verschiebung der Aufgaben besteht im ersten Transitionsschritt im Wesentlichen aus

- dem BVZL als Investor und Betreiber einer Grauwasseraufbereitung und Wärmerückgewinnung sowie der Erfassung und Bereitstellung von Regenwasser als Betriebswasser (→ Wasser- und Energieversorger).
- Die Investitionen des BVZL haben für die Mieter signifikante Einsparungen zur Folge.
- Der SAL als Betreiber der Energieallee mit den entsprechenden Dienstleistungen (→ Abwasserreinigung- und -ableitung, Bereitstellung von Wasser zu Bewässerungszwecken). Die Reinigungsfunktion der Energieallee führt dazu, dass die SAL in diesem Sinne eine Abwasserreinigungsanlage betreibt.

8 Arbeitspaket 7: Institutioneller Rahmen und Übertragbarkeit

Konzeptionelle Veränderungen in den Bereichen der Wasserver- und Abwasserentsorgung sind mit Auswirkungen auch auf den rechtlichen und organisatorischen Rahmen verbunden. In diesem Arbeitspaket wurden deshalb der notwendige Änderungsbedarf sowohl auf Ebene der drei Modellgebiete als auch hinsichtlich einer breiteren Übertragung der Ergebnisse herausgearbeitet, Lösungsansätze einschließlich möglicher Betriebs- und Geschäftsmodelle identifiziert und mit wesentlichen Akteuren (z. B. Wohnungsbaugesellschaft) diskutiert.

Zu den rechtlichen Fragestellungen wurde im Rahmen des Projekts ein Gutachten erarbeitet, das als Anhang 1 angehängt ist. Die Beauftragung und Begleitung des Gutachtens durch den Projektpartner SAL erfolgte in enger Abstimmung mit dem Fraunhofer ISI.

Beziehungsnetz Wasserströme und Geldströme

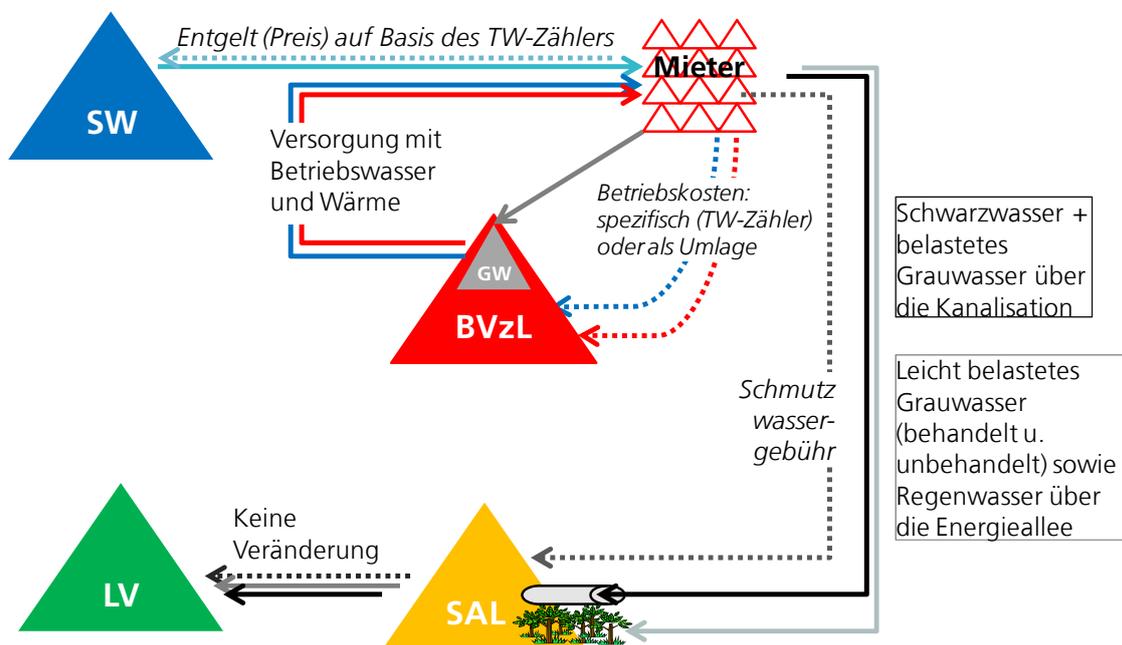


Abbildung 8-1: Beziehungen zwischen Stadtwerken (SW), Bauverein (BVzL), Mietern, Abwasserentsorgung (SAL) und Lippeverband (LV) inkl. der resultierenden Wasser- und Geldströme (Quelle: Fraunhofer ISI)

Wesentlicher Schwerpunkt der Arbeiten des Fraunhofer ISI in diesem Arbeitspaket waren außerdem die Überprüfung und die Identifizierung von Anpassungsbedarf der organisatorischen und finanziellen (vgl. Abbildung 8-1) Rahmenbedingungen für das Modellgebiet Lünen. Wesentliche Ergebnisse fließen als ein Schwerpunkt in den DWA-Themenband ein, der aus dem Projekt TWIST++ entsteht.

Im Rahmen dieses Arbeitspakets hat das Fraunhofer ISI zusätzlich wesentlich beim INIS-Querschnitts-Workshop „Institutioneller Rahmen“ mitgearbeitet.

9 **Arbeitspaket 8: Forschungskoordination und Berichtswesen**

Inhalte der Arbeiten des Fraunhofer ISI war die Gesamtprojektleitung einschließlich der administrativen und wissenschaftlichen Projektsteuerung wie z. B. Organisation von Gesamtprojekttreffen und Workshops sowie die Kommunikation mit dem wissenschaftlichen Koordinierungsvorhaben. Von Seiten des Fraunhofer ISI wurde außerdem der Aufbau und die Pflege der Internetdarstellung des Projekts übernommen (<http://www.twistplusplus.de/twist-de/index.php>).

Wesentliches Element zur Koordination des sehr interdisziplinär zusammengesetzten Projektverbunds waren Integrationsworkshops, die regelmäßig durchgeführt wurden und dem intensiven Austausch und Diskussion zwischen allen Projektbeteiligten dienten.

- TWIST++-Integrationsworkshops:
 - o **Weimar, 11. Oktober 2013:** Vorstellung des Konzeptes einer wassersensiblen Stadtentwicklung und möglicher Technologien; Auseinandersetzung mit der Frage, wie zukunftsfähige Wasserinfrastrukturen für unterschiedliche Rahmenbedingungen (Neubau, Umbau, Ländlicher Raum) aussehen könnten und wie sich diese Konzepte in einem Spiel abbilden lassen könnten.
 - o **Weimar, 1./2. Dezember 2014:** Exkursion nach Wohlsborn; Vorstellung des Stands der einzelnen Arbeitspakete; Präsentation und Diskussion der Bewertungskriterien für TWIST und der nötigen institutionellen Rahmenbedingungen; TWIST Basar der Ideen.
 - o **Stuttgart, 28./29. September 2015:** Vorstellung der TWIST-Highlights sowie des Stands der Arbeitspakete; Interaktive Präsentation des AP5 Multikriterielle Bewertung; Diskussion der Rolle des Regenwassermanagements im Kontext integrierter Gesamtkonzepte; Posterausstellung.

Zur Dokumentation und Veröffentlichung der Ergebnisse wurden außerdem zum Abschluss des Projekts zwei Veranstaltungen durchgeführt:

- Abschlussveranstaltung „Wasserinfrastruktur in der Stadt – die unsichtbare Herausforderung“ am 19.05.2016 in Lünen,
- zusätzliche Abschlussveranstaltung: Präsentation und Diskussion ausgewählter Ergebnisse am 09.09.2016 in Wuppertal.

Die Tagesordnungen dieser Veranstaltungen sind in Anhang 2 angefügt.

Die Veranstaltungen wurden mit entsprechenden Pressemitteilungen begleitet.

10 Zusammenfassung

Wichtige Randbedingungen für unsere Wasserinfrastruktursysteme ändern sich, neue Anforderungen bspw. hinsichtlich einer höheren Ressourceneffizienz sind zukünftig zu erfüllen. Um einen nachhaltigeren Umgang mit Wasser, Energie und Ressourcen zu erreichen und die Zukunftsfähigkeit einschließlich der Bezahlbarkeit der infrastrukturellen Dienstleistungen sicher zu stellen, müssen die bestehenden Systeme weiterentwickelt werden.

Im Projekt TWIST++ wurden technische und nicht-technische Innovationen zur Umsetzung nachhaltiger und zukunftsfähiger Wasserinfrastruktur-Lösungen erarbeitet, die mehrere Anforderungen erfüllen: hohe Flexibilität mit Blick auf demografische Veränderungen, Anpassungsfähigkeit gegenüber möglichen Auswirkungen des Klimawandels und Erfüllung höherer ökologischer Ansprüche (z. B. hinsichtlich Energieeffizienz, Ressourcenrückgewinnung). Zu diesem Zweck erarbeitete TWIST++ technische Teilkomponenten, Software-Tools zur Planung, Vermittlung („Serious Game“) und Entscheidungsunterstützung sowie ein umfassendes Bewertungssystem. Für eine künftige praktische Umsetzung wurden konkrete Planungsvarianten für drei Modellgebiete (urbaner Raum, ländlicher Raum, Konversionsfläche) entworfen. Es wurden auf dieser Basis mögliche Transitionswege aufgezeigt, die die Umsetzung nachhaltiger Konzepte zur energetischen und stofflichen (Wieder-)Nutzung von (Ab)Wasser im Bestand ermöglichen.

Für den urbanen Raum wurde in Lünen (NRW) das Konzept i.WET (integriertes WasserEnergieTransitionssystem) entwickelt. Es berücksichtigt Sanierungszyklen bestehender Systeme und kann flexibel und modular umgesetzt werden. Den Kern des Konzepts bilden die selektive Auskopplung und integrierte Bewirtschaftung wenig belasteter Teilströme (Grauwasser, Regenwasser) aus dem kommunalen Abwasser sowie die intelligente Kombination zweier komplementärer Wiederverwertungswege zu einem Gesamtsystem. Der „blaue“ Wasserwiederverwendungsweg umfasst die (technische) Aufbereitung im Gebäude (Wohnen und Gewerbe) zu hochwertigem Betriebswasser inklusive Wärmerückgewinnung. Der „grüne“ Wasserwiederverwendungsweg beinhaltet die naturnahe Aufbereitung im Außenbereich zu Bewässerungswasser inklusive Bioenergieproduktion und weiteren Ökosystemdienstleistungen. Kerntechnologie ist die „Energieallee“, eine Kombination aus horizontalem Bodenfilter und Kurzumtriebsplantage (KUP) mit schnellwachsenden, stauwassertoleranten Gehölzen, beispielsweise Weiden. Die Energieallee kann z. B. entlang von Grundstücksgrenzen oder anstelle von Straßenbegleitgrün angeordnet werden. Eine wichtige Zusatzfunktion ist die Zwischenspeicherung von Wasser im Substratkörper. Dadurch lässt sich Regenwasser zurückhalten und zur späteren Verwendung als Bewässerungswasser spei-

chern. Die erhöhte Evapotranspiration (Verdunstung von Wasser besonders durch das Blattwerk der Pflanzen sowie von Boden- und Wasserflächen) in der optimal versorgten Energieallee verbessert das Mikroklima und mildert urbane Hitzeinsel-Effekte. i.WET trägt so dazu bei, die großen Herausforderungen der Wasserinfrastruktur in Deutschland – demografische Entwicklung, Klimawandel und Energiewende – zu lösen. Für die weitere Umsetzung des Konzepts in Lünen wurden die Voraussetzungen erarbeitet.

Für den ländlichen Raum entwickelte TWIST++ am Beispiel der Gemeinde Wohlsborn-Rohrbach (Thüringen) ein Konzept, das Synergien mit der Landwirtschaft nutzt. Stark belastetes Schwarzwasser wird dazu abgetrennt und gemeinsam mit organischen Reststoffen einer Biogasanlage zur Verwertung zugeführt. Das restliche Abwasser kann nach Reinigung entweder als Betriebswasser genutzt oder der Vorflut zugeführt werden. Dieses Konzept lässt sich ebenfalls schrittweise entsprechend den vorgegebenen Sanierungszyklen im Kanal- und Gebäudebereich umsetzen.

Ausgangsbasis des Konzepts für die Konversionsfläche (ehemaliges Zechengelände) ist das urbane Konzept (i.WET). Dieses wurde jedoch am Beispiel der ehemaligen Zeche Westerholt in Gelsenkirchen (NRW) entsprechend den besonderen Rahmenbedingungen (belastete Böden, teilweise neu zu errichtende Infrastrukturen, möglichst starker Rückhalt von Regenwasser) angepasst. Trinkwasserversorgung und Löschwasserbereitstellung werden so ausgelegt, dass – aufgrund der Unsicherheit hinsichtlich des künftigen Bedarfs – die hydraulische Kapazität ein Höchstmaß an Flexibilität aufweist.

Ein wesentliches Projektergebnis sind außerdem die entwickelten Software-Tools, wie beispielsweise ein „Serious Game“ mit direkter Kopplung zur Planungssoftware und offener Schnittstelle für GIS-Daten. Das Ziel dieses digitalen Lernspiels ist es, komplexe Sachverhalte in spielerischer Form zu vermitteln, um die Verständnislücke zwischen Experten (Ingenieuren), Entscheidungsträgern und Nichtexperten (Bürgerinnen und Bürgern) zu schließen. Es stellt ein wichtiges Kommunikationsinstrument dar, mit dem sich innovative Konzepte in ihren vernetzten Zusammenhängen zum Umfeld erklären und bewerten lassen.

Die Ergebnisse aus den Modellgebieten zeigen, dass die Transition bestehender Wasserinfrastrukturen auf Gebäude- wie auch Quartiersebene technisch und organisatorisch möglich und zur Verbesserung der Zukunftsfähigkeit bestehender Systeme sinnvoll und erforderlich ist. Für die Überwindung der Hemmnisse und eine breitere Anwendung der gewonnenen Ergebnisse ist die Umsetzung im Rahmen von Demonstrationsprojekten ein entscheidender künftiger Schritt.

11 Eigenpublikationen

- Hiessl, H.; Hillenbrand, T. (2016): [Projektbeispiel „TWIST++“ - Weiterentwicklung der Wasserinfrastruktursysteme im städtischen und ländlichen Raum](#). In: DStGB DOKUMENTATION NO 139: Wasser, Abwasser, Energie – Übergreifende Lösungen und Modellvorhaben zur Integration der Infrastrukturen. S. 13-14.
- Hiessl, H. (2016): Integrierte Systemlösungen für Wasser und Energie. Abschlusskonferenz zur BMBF-Fördermaßnahme „Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung“ (INIS), 20.-21. April 2016, Berlin.
- Hillenbrand, T. (2017): Transitionswege für Wasserinfrastruktursysteme. Erster DWA Forschungstag. Wasser Berlin, 29.03.2017.
- Hillenbrand, T.; Londong, J.; Steinmetz, H.; Wilhelm, C.; Sorge, C.; Söbke, H.; Nyga, I.; Minke, R.; Menger-Krug, E. (2016): Anpassungen an neue Herausforderungen – nachhaltige Wasserinfrastruktursysteme für Bestandsgebiete. Ergebnisse des Forschungsvorhabens TWIST++. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 63 (2016), Nr. 11, S. 992–998.
- Hillenbrand, T. (2016): Umsetzung innovativer Wasserinfrastrukturen im Zusammenspiel verschiedener Akteursgruppen (TWIST++). Abschlusskonferenz zur BMBF-Fördermaßnahme „Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung“ (INIS), 20.-21. April 2016, Berlin.
- Hillenbrand, T. (2015): BMBF-INIS: Transitionswege Wasserinfrastruktursysteme: Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum (TWIST++). Innovationsforum Wasserwirtschaft - Aus der Forschung in die Praxis, DBU, BMBF, DWA, 17-18.11.2015
<https://www.dbu.de/media/2511150214524j3i.pdf>.
- Hillenbrand, T. (2015): Das neue DWA-A 272 „Grundsätze bei der Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS)". Bund –Länder-Arbeitskreis Abwasser, 19./20. November 2015, Mainz.
- Hillenbrand, T. (2015): Bewertung von Abwasserinfrastruktursystemen - Leitfaden zum DWA- A 272. 2. KläranlagenTage DWA, 09./10. Juni 2015, Kassel.
- Hillenbrand, T. (2015): Das neue DWA-A 272 „Grundsätze bei der Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS)" In: Wiener Mitteilungen (2015) Band 238. S. G I - G I3, Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz, Universität für Bodenkultur Wien, ISBN 978-3-85234-133-0.
- Hillenbrand, T. (2015): Hemmnisse bei der Umsetzung innovativer Niederschlagswasserkonzepte. Seminar TAH, Mut zu neuen Wegen - Umgang mit Starkregen als Bestandteil des Generationenvertrages? 22. Januar 2015, Lünen.

- Hillenbrand, T.; Dockhorn, T.; Felmeden, J.; Kaufmann-Alves, I.; Langergraber, G.; Lautenschläger, S.; Maurer, M.; Neuhausen, S.; Sigglow, J.; Steimmetz, H. (2014): New technical standards for resources-oriented sanitation systems in Germany. In: Thanikal, J.V., Torrijos, M. (Eds) , Conference proceedings 12th IWA Specialized Conference on Small Water and Wastewater & 4th IWA Specialized Conference on Resource Oriented Sanitation, 2-4 November 2014, Muscat, Oman, pp.14-21.
- Hillenbrand, T. (2014): Innovationen durch Neuartige Sanitärsysteme TAH Praxis-Seminar „Mut zu neuen Wegen“. Lünen, 20. Februar 2014.
- Hillenbrand, T. (2014): Perspektiven zum nachhaltigen Umgang mit Niederschlagswasser. Regenwassertag, Umgang mit Regenwasser - Status Quo und Perspektiven. Gelsenkirchen, 24. Juni 2014.
- Menger-Krug, E. (2015): How can urban water infrastructures contribute to a sustainable urban metabolism? Trust - Cities of the Future Conference, Mülheim an der Ruhr, 28. - 30. April 2015.
- Niederste-Hollenberg, J.; Menger-Krug, E.; Feldmann, U.; Joel, E.; Hillenbrand, T. (2016): Transition von Wasserinfrastruktursystemen in Bestands- und Neuerschließungsgebieten. wwt Modernisierungsreport 2016/2017, S. 4–9.
- Nyga, I.; C. Sartorius und P. Lévai (2016): Multikriterielle Bewertung. Ergebnispapier Nichttechnische Arbeiten im Projekt TWIST++ – Transitionswege Wasserinfrastruktursysteme, 2016. http://www.twistplusplus.de/twist-wAssets/docs/Steckbriefe/nichttechnische_Arbeiten/Steckbrief_Bewertung_2016_0414_end_jnh2.pdf.
- Radloff, M. (2014): Im Gespräch mit Dr. Harald Hiessl und Dr. Thomas Hillenbrand: Fraunhofer-Experten haben TWIST++ im Blick. wasserwirtschaft wassertechnik, (10), pp.6–7. Available at: <http://wwt-online.de/fraunhofer-experten-haben-twist-im-blick>.
- Sartorius, C.; Hillenbrand, T.; Lévai, P.; Nyga, I.; Schulwitz, M. und Tettenborn, F. (2016b): Indikatoren zur Bewertung alternativer Wasserinfrastrukturen im Projekt TWIST++. Arbeitspapier zu AP 5. http://www.twistplusplus.de/twist-wAssets/docs/Steckbriefe/nichttechnische_Arbeiten/Indikatoren_Bewertung_2016-11.pdf.
- Sartorius, C.; Menger-Krug, E.; Niederste-Hollenberg, J.; Hillenbrand T. (2016a): Bewertung der alternativen Wasserinfrastruktur in Lünen (1. Ausbaustufe). Arbeitspapier zu AP 5. http://www.twistplusplus.de/twist-wAssets/docs/Steckbriefe/nichttechnische_Arbeiten/Bewertung_Lünen_Stufe1_2016-11.pdf.

- Sartorius, C.; Levai, P.; Niederste-Hollenberg, J.; Nyga, I.; Hillenbrand, T. (2017): Comparative multi-criteria performance assessment tool for alternative water infrastructure systems. IWA PI conference 2017, Vienna; Topic: Decision-making support tools based on performance indicators.
- Sartorius, C.; Levai, P.; Nyga, I.; Sorge, C.; Menger-Krug, E.; Niederste-Hollenberg, J.; Hillenbrand, T. (2017 eingereicht): Multikriterielle Bewertung von Wasserinfrastruktursystemen am Beispiel des TWIST-Modellgebietes Lünen. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (zur Veröffentlichung eingereicht).
- Söbke, H.; Hofmann, A. F.; Kropp, I.; Miethke, A.; Schwarz, D.; Hillenbrand, T.; Londong, J. (2017): Software-TWISTing: Integrierte Systeme für die Planung zukunftsfähiger kommunaler Wasserinfrastruktur. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (zur Veröffentlichung eingereicht).
- TWIST++ (2015): Transitionswege Wasserinfrastruktursysteme - Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum. Broschüre INIS - Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Zwischenergebnisse aus den INIS-Projekten, S.18-19. Download: [Zwischenergebnisse aus den INIS-Projekten](#).
- Wolter, S.; Hiessl, H.; Hillenbrand, T. (2014): TWIST++ Transitionswege WasserInfraStruktursysteme. KA Korrespondenz Abwasser Abfall, 2014 (4), pp. 273–275. Download: [KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2014 \(4\), S. 273-275](#).

12 Literatur

- BBR (2006): Wohnungs- und Immobilienmärkte in Deutschland 2006 (Berichte / Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung). Hg. v. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Bonn. Online verfügbar unter http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Abgeschlossen/Berichte/2006_2007/Bd27Kurzfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 30.05.2016.
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2013): Digitales Geländemodell Gitterweite 200 m. Stand: 2007-2013. http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz_rahmen.gdz_div?gdz_spr=deu&gdz_akt_zeile=5&gdz_anz_zeile=1&gdz_unt_zeile=3&gdz_user_id=0 (Zugriff: 17.11.2013).
- Dransfeld, E.; Boele-Keimer, G.; Musinszki, A.; Häpke, U. (2002): Aktivierung von Brachflächen als Nutzungspotential für eine aktive Bauland- und Freiflächenpolitik. Expertise für die Enquetekommission "Zukunft der Städte in NRW" des Landtags Nordrhein-Westfalen. Dortmund. Online verfügbar unter <http://www.akoplan.de/EKZukunftStadteNRWIBoMaBrachflaechen2002.pdf>, zuletzt geprüft am 06.06.2016.
- DWA (2008): Neuartige Sanitärsysteme (NASS), Themenband des DWA-Fachausschusses KA 1 und seiner 6 Arbeitsgruppen, DWA, Hennef 2008.
- DWA (2015): Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme. Arbeitsblatt 272 der DWA-Arbeitsgruppe KA-1.4 „Systemintegration“ im Fachausschuss „Neuartige Sanitärsysteme“, 2015.
- Feldmann, U. (2015): Ökologische Analyse eines integrierten Konzeptes zum Wasser- und Energierecycling im Modellgebiet Lünen sowie Rückschlüsse für die praktische Umsetzung, Karlsruhe-Weimar, 2015 (Masterarbeit unveröffentlicht).
- Giegrich, J.; Liebich, A.; Lauwigi, C.; Reinhardt, J. (2012): Indikatoren/Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. Texte 01/2012, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2012.
- Hein, A.; Levai, P.; Wencki, K. (2015): Multikriterielle Bewertungsverfahren: Kurzbeschreibung und Defizitanalyse (Teil 1), *gwf – Wasser|Abwasser*, 156 (2015), Nr. 1, S. 58–61.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2013): Climate Change 2013. The Physical Science Basis. (www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/).
- IT.NRW (Information und Technik Nordrhein-Westfalen) (2012): Statistische Analyse und Studien Band, 72. Vorausberechnung der Bevölkerung in den kreisfreien Städten und Kreisen Nordrhein-Westfalens 2011 bis 2030/2050. (http://www.it.nrw.de/statistik/analysen/stat_studien/2012/band_72/z089201251.pdf).

- IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2014a): Kommunalprofil Lünen, Stadt. Kreis Unna, Regierungsbezirk Arnsberg, Gemeindetyp: Große Mittelstadt. Kommunalprofil. 10.12.2014.
<https://www.it.nrw.de/kommunalprofil/I05978024.pdf> (Zugriff: 13.07.2015).
- IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2014b): Kommunalprofil Altena, Stadt. Märkischer Kreis, Regierungsbezirk Arnsberg, Gemeindetyp: Größere Kleinstadt. Kommunalprofil. 10.12.2014
<https://www.it.nrw.de/kommunalprofil/I05962004.pdf> (Zugriff: 17.08.2015).
- IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2015a): Bevölkerungsstand und -bewegung. Bevölkerungsstand und -bewegung (ab 1962) - Gemeinden - Jahr.
<https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online/data;jsessionid=B14528EE84CB9B9C6DB1547970A423FD?operation=abruf tabelleAbrufen&selectionname=12491-01ir&levelindex=1&levelid=1436780609486&index=1> (Zugriff: 13.07.2015).
- IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2015b): Gemeindemodellrechnung 2011 bis 2030. Gemeindemodellrechnung 2011 bis 2030 nach Geschlecht - kreisangehörige Gemeinden - Stichtag.
<https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online/data;jsessionid=804705B68AA86969789D542E6874063B?operation=abruf tabelleAbrufen&selectionname=12422-01i&levelindex=1&levelid=1436779150664&index=1> (Zugriff: 13.07.2015).
- IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2015c): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung. Katasterfläche nach der tatsächlichen Art der Nutzung (21)- Gemeinden - Stichtag. Landesdatenbank.
<https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online/data;jsessionid=87ED3FF8483E1AB5948BB08235CC9FF8?operation=abruf tabelleAbrufen&selectionname=33111-02ir&levelindex=1&levelid=1436781158554&index=6> (Zugriff: 13.07.2015).
- IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2015d): Bevölkerungsstand und -bewegung. Bevölkerungsstand und -bewegung (ab 1962) - Gemeinden - Jahr. Landesdatenbank.
<https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online/data;jsessionid=D1BBBBF4FC3DF77C3166B2E9D1BA155B8?operation=abruf tabelleAbrufen&selectionname=12491-01ir&levelindex=1&levelid=1436883355478&index=1> (Zugriff: 13.07.2015).
- Joel, E. (2016): Anpassung und Bewertung eines integrierten Konzepts für ein nachhaltiges Wasserinfrastruktursystem im Modellgebiet Westerholt, Karlsruhe, 2016. (Masterarbeit unveröffentlicht).

- Kropp, J.; Holsten A.; Lissner, T.; Roithmeier, O.; Hattermann, F.; Huang, S.; Rock, J.; Wechsung, F.; Lüttger, A.; Pompe, S.; Kühn, I.; Costa, L.; Steinhäuser, M.; Walther, C.; Klaus, M.; Ritchie, S.; Metzger, M.; (2009): „Klimawandel in Nordrhein-Westfalen - Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren“. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV).
- Lienert, J.; Scholten, L.; Egger, C.; Maurer, M. (2015): Structured decision-making for sustainable water infrastructure planning and four future scenarios. *EURO J. Decis. Process* 3 (2015), S. 107–140.
- Neuhäuser, J. (2016): Multi-criteria analysis of an integrated concept for water and energy recycling considering urban material and energy flows, Karlsruhe, 2016. (Masterarbeit unveröffentlicht).
- Nyga, I.; Sartorius, C. und Lévai, P. (2016): Multikriterielle Bewertung. Ergebnispapier Nichttechnische Arbeiten im Projekt TWIST++ – Transitionswege Wasserinfra-Struktursysteme, 2016. http://www.twistplusplus.de/twist-wAssets/docs/Steckbriefe/nichttechnische_Arbeiten/Steckbrief_Bewertung_2016_0414_end_jnh2.pdf.
- Pavon Garcia, A. (2016): Ökonomische Bewertung eines integrierten Konzepts zur Wasser- und Energiewiederverwertung auf der Basis des Life Cycle Costings unter besonderer Berücksichtigung der Ökosystemdienstleistungen, Karlsruhe-Landau, 2016. (Masterarbeit unveröffentlicht).
- PIK (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung) (2014): KlimafolgenOnline. (www.klimafolgenonline.com).
- Reviermanager (2015): Stadtwerke Lünen. Revier Manager (Hrsg.): Revier Manager. Arnsberg. <http://revier-manager.de/stadtwerke/stadtwerke-luene/luene/ruhrgebiet> (Zugriff: 13.07.2015).
- Sartorius, C.; Hillenbrand, T.; Levai, P.; Nyga, I.; Schulwitz, M. und Tettenborn, F. (2016): Indikatoren zur Bewertung alternativer Wasserinfrastrukturen im Projekt TWIST++. Arbeitspapier zu AP 5. http://www.twistplusplus.de/twist-wAssets/docs/Steckbriefe/nichttechnische_Arbeiten/Indikatoren_Bewertung_2016-11.pdf.
- Sartorius, C.; Menger-Krug, E.; Niederste-Hollenberg, J.; Hillenbrand, T. (2016): Bewertung der alternativen Wasserinfrastruktur in Lünen (1. Ausbaustufe). Arbeitspapier zu AP 5. http://www.twistplusplus.de/twist-wAssets/docs/Steckbriefe/nichttechnische_Arbeiten/Bewertung_Luene_Stufe1_2_016-11.pdf.
- Scheuvsen und Wachten (2015): Neue Zeche Westerholt. Von der Idee zum Masterplan. Dokumentation der Machbarkeitsstudie.

- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.) (2015): Erhebung der Wasser- und Abwasserentgelte. Wasser- und Abwasserentgelte: Entgelt für die Trinkwasserversorgung privater Haushalte - Stichtag 01.01. - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte. Regionaldatenbank Deutschland. Düsseldorf <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/data;jsessionid=E934C0E785AB0D1DAC22CA1935250026?operation=abrufabelleAbrufen&selectionname=517-01-5&levelindex=1&levelid=1437741670680&index=2> (Zugriff: 13.07.2015).
- Umweltbundesamt (2014): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2012. Climate Change 24/2014, Dessau-Roßlau 2014.
- Umweltbundesamt (2012): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. Dessau-Roßlau 2012.
- Umweltbundesamt (2015): Flächenrecycling und Innenentwicklung. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/themen/bodenlandwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/flaechenrecycling-innenentwicklung>, zuletzt geprüft am 20.05.2016.
- Zheng, J.; Egger, C.; Lienert, J. (2016): A scenario-based MCDA framework for wastewater infrastructure planning under uncertainty. *Journal of Environmental Management* 183 (2016), S. 895–908.

Internetquellen:

- Website Lippeverband – Emscher Genossenschaft und Lippeverband: Die Seseke – Neues Gesicht für einen Fluss. <http://www.eqlv.de/wasserportal/lippe-umgestaltung/seseke.html> (Zugriff: 13.07.2015).
- Website SAL 1 - Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen AöR: Kanalbetrieb. <http://abwasser-luenen.de/index.php/kanalbetrieb/kanalreinigung/> (Zugriff: 13.07.2015).
- Website SAL 2 - Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen AöR: Abwassergebühr 2015 des Stadtbetriebs Abwasserbeseitigung Lünen AöR. <http://abwasser-luenen.de/index.php/fuer-buerger/recht-gebuehren/> (Zugriff: 13.07.2015).
- Website SAL 3 - Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen AöR: Unsere Philosophie | Das Lünener Modell. <http://abwasser-luenen.de/index.php/ueber-uns/unsere-philosophie/das-luenener-modell/> (Zugriff: 13.07.2015).

Website Stadt Lünen - LUENGIS: Flächennutzungsplan.

http://luengis.luenen.de/wwwsite/luenen_www_http_utm/viewer.htm (Zugriff: 13.07.2015).

Website Stadtwerke Lünen 1 – Stadtwerke Lünen: Netzdaten. <https://www.stadtwerke-luenen.de/netze/trinkwasser/netzdaten/> (Zugriff: 13.07.2015).

Website Stadtwerke Lünen 2 – Stadtwerke Lünen: <https://www.stadtwerke-luenen.de/netze/trinkwasser/netzdaten/netzbeschreibung/> (Zugriff: 13.07.2015).

13 Anhang 1

Juristisches Gutachten der KommunalAgentur NRW

Gutachten **Stand 24.08.2016**

Auftraggeber	Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen AöR (SAL) Vorstand Herr Claus Externbrink Borker Straße 56 - 58 44534 Lünen
Projekt	Rechtliche Beratung in dem Forschungsprojekt „TWIST++“
Auftragnehmer	Kommunal Agentur NRW GmbH Cecilienallee 59 40474 Düsseldorf Telefon: 0211 43077-0 Telefax: 0211 43077-22
Projekt-Nr./Datum	054 15 289 / April 2016
Bearbeitung	Ass. jur. Nadine Appler Ass. jur. Thea Resem Ass. jur. Astrid Konzelmann Ass. jur. Viola Wallbaum



A. Ausgangslage

Im Rahmen des BMBF-Verbundforschungsvorhabens TWIST++ (Transitionswege Wasserinfrastruktursysteme) werden integrierte und zukunftsweisende technische Wasserinfrastrukturkonzepte entwickelt und umgesetzt. Auf intelligente Weise sollen Entsorgungsaufgaben für Abwasser mit Versorgungsaufgaben für Trinkwasser kombiniert und die Flexibilität des Gesamtsystems erhöht werden. Ziel ist, sich an künftige Veränderungen anzupassen.

Ansatzpunkt ist eine angepasste Aufteilung unterschiedlicher Abwasserteilströme (insbesondere Schwarz- und Grauwasser) und eine gezielte Aufbereitung der unterschiedlichen Teilströme entsprechend der jeweiligen Verwendungsmöglichkeiten. Die Projektleitung liegt beim Fraunhofer ISI, Karlsruhe. Die Arbeiten werden für drei Modellgebiete mit sehr unterschiedlichen Randbedingungen konkretisiert.

Als Beispiel für einen urbanen Anwendungsfall mit hoher Einwohnerdichte dient die Stadt Lünen. Im Rahmen der bisherigen Arbeiten wurden dort zwei Projektbereiche (Süggel-Quartier und Schillstraße) identifiziert und Konzepte zur Umsetzung neuer Wasserinfrastruktursysteme erarbeitet. Kern dieser Konzepte ist die Trennung von Schwarz- und Grauwasser im Rahmen der dort anstehenden Sanierungsarbeiten in ausgewählten Wohngebäuden des Bauvereins zu Lünen.

Hierdurch werden zum einen eine Wärmerückgewinnung aus dem Grauwasser sowie die gezielte Aufbereitung des Grauwassers mit Wiedernutzung sowohl innerhalb als auch außerhalb der Gebäude umgesetzt. Zum anderen ermöglicht die separate Ableitung des Schwarzwassers hin zur nahe gelegenen Kläranlage bspw. über eine Vakuumentwässerung eine anaerobe Aufbereitung und Gewinnung von Biogas. Das Niederschlagswasser wird in das Konzept mit einbezogen und - soweit Bedarf besteht - als Brauchwasser ebenfalls mit genutzt.

Nicht benötigtes Grauwasser und aufbereitetes Grauwasser aus dem Speicherüberlauf soll einer sog. Grünen Aufbereitung zugeführt werden, um schließlich zur Gartenbewässerung oder als Spülwasser für die Kanalisation zu dienen. Die dazu erforderlichen Anlagen (Energieallee, Wassergarten) – die neben der Aufbereitung auch der Ableitung dienen - werden in der Regel im öffentlichen Raum liegen.

Für die Ableitung der überschüssigen Grau- und Niederschlagswässer sollen am Übergabepunkt unmittelbar vor der Schwarzwasserbehandlung bzw. der Einleitung in ein Gewässer weiterhin die Pumpwerke und ein Regenüberlaufbecken des Lippeverbandes genutzt werden. Zur direkten Übergabe der Abwässer aus der Grauwasseranlage in die öffentliche Kanalisation sollen keine weiteren Pumpwerke etc. des Lippeverbandes zwischengeschaltet werden.

Das vorliegende Gutachten untersucht die sich im Zusammenhang mit der Umsetzung dieses Projekts stellenden rechtlichen Fragen.

B. Grauwasseranlage

I. Umsetzung

Grauwasser ist gem. Ziff. 3.1.4 der DIN EN 12056 Teil 1 fäkalienfreies Abwasser.

In der hier geplanten Grauwasseranlage wird im Wesentlichen Duschwasser separat gesammelt und aufbereitet. Nach der Aufbereitung folgt der Überlauf in einen Betriebswasserspeicher aus dem Toilettenspülungen usw. gespeist werden können. Soweit der Betriebswasserspeicher mehr aufbereitetes Grauwasser enthält, als beim Betrieb benötigt wird, erfolgt eine Ableitung in die "Grüne Aufbereitung" (vgl. Punkt C.).

Präferierte Variante - nach Untersuchung der Kommunal Agentur NRW GmbH - ist ein Modell, nach dem der private Grundstückseigentümer auch Eigentümer der Grauwasseranlage ist. Der Betrieb und die Unterhaltung der Grauwasseranlage sollten dabei allerdings durch den SAL erfolgen.

Alternativ bestünden auch folgende Möglichkeiten:

- Grauwasseranlage ist privat und wird auch vom Grundstückseigentümer selbst betrieben oder
- der Grundstückseigentümer ist Eigentümer der gesamten Anlage (Grauwasseraufbereitung und Grüne Aufbereitung) und betreibt diese auch selbständig.

Sofern sich hierbei Problempunkte ergeben, werden diese ebenfalls im nachfolgenden Gutachten dargestellt.

II. Rechtslage

1. Überlassungspflicht für Schmutzwasser

Zu untersuchen ist hier zunächst die Bedeutung der für Abwasser grundsätzlich bestehenden Überlassungspflicht des Anschlussnehmers an die öffentliche Entwässerungsanlage für die hier präferierte Variante.

Eine spezielle gesetzliche Definition für Grauwasser existiert nicht. Es handelt sich hierbei um durch häuslichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften verändertes Wasser und damit rechtlich um Schmutzwasser (§ 54 Abs. 1 Nr. 1 WHG).

Rechtsfolge davon ist die umfassende Überlassungspflicht aus § 48 Satz 1 LWG NRW: "Abwasser ist von dem Nutzungsberechtigten des Grundstücks, auf dem das Abwasser anfällt, der Gemeinde oder im Falle eines Übergangs der Aufgabe nach § 46 Absatz 1 Satz 2 Nummer 2 auf eine juristische Person des öffentlichen Rechts nach § 52 Absatz 1 dieser zu überlassen, soweit nicht nach den §§ 49 bis 53 der Nutzungsberechtigte selbst oder andere zur Abwasserbeseitigung verpflichtet sind."

Die sich anschließenden Ausnahmenvorschriften sind in ihrer Reichweite begrenzt. Nach § 59 Abs. 5 und 6 LWG NRW besteht die Möglichkeit der Freistellung von der Überlassung von Schmutzwasser (mit gleichzeitiger Übertragung der Abwasserbeseitigungspflicht) lediglich bei Grundstücken außerhalb im Zusammenhang bebauter Ortsteile, darüber hinaus bei Abwasser aus landwirtschaftlichen oder gewerblichen Betrieben.

Andere Ausnahmetatbestände kennt das LWG NRW nicht. Eine komplette Übertragung der Abwasserbeseitigungspflicht bei Schmutzwasser aus privaten Haushalten im Innenbereich ist rechtlich nicht möglich.

Eine Verletzung dieser Grundsätze ist im Fall der Umsetzung der hier präferierten Variante indessen nicht zwingend zu sehen. Vielmehr kann argumentiert werden, dass es sich vorliegend um eine durch den Betreiber der öffentlichen Abwasseranlage vorgeschriebene Vorbehandlung des Schmutzwassers handeln würde (vgl. dazu Punkt B.II.2), wonach letztlich das gesamte erzeugte Schmutzwasser - über den Umweg der Einspeisung aus dem Betriebswasserspeicher - in die öffentliche Abwasseranlage gelangt (zu der nach Möglichkeit auch die "Grüne Aufbereitung" gehören soll, vgl. Punkt C.).

Für die Vertretbarkeit dieser Argumentation spricht z. B. auch die Rechtsprechung des OVG Niedersachsen. Dieses hatte in seinem Urteil vom 18.09.2003 (Az: 9 LC 540/02) für Recht erkannt, dass hausintern über eine Abwasserreinigungsanlage vom Typ Biomir gereinigtes Schmutzwasser jedenfalls dann als Brauchwasser (z. B. für die Waschmaschine) weiterverwendet werden darf, wenn das Abwasser in einem geschlossenen Kreislauf geführt wird. Die Effektivität eines angeordneten Benutzungszwangs sei nämlich nicht davon abhängig, dass angefallenes Abwasser unmittelbar, also ohne jede weitere vorherige Nutzung, an den Abwasserbeseitigungspflichtigen überlassen wird. Eine ordnungsgemäße Abwasserbeseitigung über zentrale Kanäle sei schon dann gewährleistet, wenn Abwasser - ohne zwischenzeitlich in den Naturkreislauf zu gelangen oder sonst wie verloren zu gehen - zu irgendeinem Zeitpunkt, also nicht notwendig unmittelbar nach seiner Entstehung, in den öffentlichen Kanal eingeleitet wird.

Ein angeordneter Benutzungszwang schließe mithin nicht aus, dass aufbereitetes Schmutzwasser - unter Einsparung wertvollen Trinkwassers - zunächst grundstücksbezogen wieder verwendet und der abwasserbeseitigungspflichtigen Körperschaft erst bei Auftreten eines Überschusses überlassen werde.

Die Überlassungspflicht für Schmutzwasser steht dem hier zu prüfenden Vorhaben mithin nicht entgegen.

2. Vorbehandlung von Schmutzwasser

Grundsätzlich lässt die aktuelle Rechtslage zu, dass dem Anschlussnehmer eine Vorbehandlung seiner Abwässer vor Übergabe in die öffentliche Entwässerungsanlage aufgegeben wird.

Das OVG NRW hat in der Vergangenheit die Regelung von Nutzungsbedingungen in der Abwasserbeseitigungssatzung grundsätzlich für zulässig erachtet (z. B. Beschluss vom 07.05.2009, Az: 15 B 354/09, zu Arbeiten an Anschlussleitungen). So hat das OVG NRW mit Beschluss vom 13.09.2012 (Az: 15 A 1467/12) ausdrücklich klargestellt, dass die satzungsrechtlich geregelte Pflicht zum Einbau eines Fettabscheiders zulässig ist.

Entsprechend hat das OVG NRW in dem zitierten Beschluss vom 07.05.2009 aber gerade nicht entschieden, dass eine Gemeinde die ihr obliegende Abwasserbeseitigungspflicht (§ 56 WHG i.V.m. § 53 Abs. 1 LWG NRW a. F.) nicht erfüllt, wenn sie Vorgaben zur Abwasservorreinigung an den Anschlussnehmer stellt. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die Gemeinde aus ihrer Anstaltsgewalt heraus befugt ist, die Vorreinigung von Abwasser einzufordern. Die sog. Anstaltsgewalt ist dabei Ausfluss der Befugnis zum Betrieb

der öffentlichen Entwässerungseinrichtung, die die Ermächtigung umfasst, das entsprechende Benutzungsverhältnis per Satzung oder Einzelverfügung zu regeln (vgl. z. B. OVG NRW, Beschluss vom 16.10.2002, Az: 15 B 1355/02).

Dies gilt insbesondere dann, wenn die Funktionstüchtigkeit und Arbeitsweise der öffentlichen Abwasseranlage dieses erfordert. Insoweit ist im Bereich der Schmutzwasserbeseitigung z. B. auch der Einbau sog. Leichtflüssigkeitsabscheider anerkannt. Darüber hinaus können sich im Bereich der Schmutzwasserbeseitigung aus der Abwasser-Verordnung des Bundes Anforderungen an die Vorreinigung von Abwasser vor Einleitung in den öffentlichen Abwasserkanal für den Anschlussnehmer ergeben.

Eine satzungsrechtliche Grundlage bietet insoweit bereits aktuell § 7 Abs. 4 Satz 2 der Muster-Entwässerungssatzung des Städte- und Gemeindebundes in Zusammenarbeit mit der Kommunal Agentur NRW - dem § 7 Abs. 4 Satz 2 Entwässerungssatzung des SAL vom 04.12.2013 entspricht - wonach die Betreiberin der öffentlichen Entwässerungsanlage das Benutzungsrecht davon abhängig machen kann, dass auf dem anzuschließenden Grundstück eine Vorbehandlung oder eine Rückhaltung und dosierte Einleitung des Abwassers erfolgt.

Diese Regelungsbefugnisse der Betreiberin der öffentlichen Entwässerungsanlage aus der Anstaltsgewalt könnten im Rahmen des hier zur Prüfung stehenden Sachverhalts jedoch insoweit begrenzt sein, als die Vorgaben nicht zwingend erforderlich wären, um die Funktionstüchtigkeit und Arbeitsweise der öffentlichen Abwasseranlage zu gewährleisten und bei Zuwiderhandlung Abwasserreinigungsprozesse in der öffentlichen Anlage nicht grundsätzlich gefährdet wären. Denn Normzweck der auf die Anstaltsgewalt gestützten Regelungen müssten entsprechend der rechtlichen Grundlage der Anstaltsgewalt immer die ordnungsgemäße Erfüllung der Abwasserbeseitigungspflicht sein. Mit dem Betrieb der öffentlichen Entwässerungsanlage kommt der SAL seiner Abwasserbeseitigungspflicht nach § 46 Abs. 1 LWG NRW nach. Danach ist das im Stadtgebiet anfallende Abwasser zu beseitigen, und zwar grundsätzlich das gesamte Abwasser.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass nach dem OVG NRW selbst bei grundsätzlich zulässiger satzungsrechtlicher Beschränkung der Einleitungsbedingungen ein Anspruch des Anschlussnehmers auf Befreiung von diesen Bedingungen bestehen kann, wenn die Funktionsfähigkeit der öffentlichen Entwässerungsanlage dadurch nicht substantiell gefährdet wäre (vgl. OVG NRW, Urteil vom 20.03.2007, Az: 15 A 69/05).

Im Ergebnis bleibt festzuhalten, dass die Vorbehandlung von Schmutzwasser in privaten Aufbereitungsanlagen zur Verwendung als Betriebswasser durch die geltenden rechtlichen Bestimmungen nicht ausgeschlossen ist. Ein Prozessrisiko bestünde jedoch, soweit eine

zwingende Verpflichtung privater Grundstückseigentümer zum Betrieb einer entsprechenden Grauwasseranlage vorgesehen werden soll.

Der freiwillige bzw. einvernehmliche Betrieb entsprechender Anlagen wäre dagegen rechtlich zulässig.

Im Zusammenhang mit § 7 Entwässerungssatzung des SAL sollte Folgendes beachtet werden:

Bei der Grauwasseraufbereitung fällt in geringen Mengen Schlamm an, der nach den technischen Vorgaben direkt über ein Ablassventil zum Kanal, ca 1-2 mal Jährlich, entsorgt werden soll. Grundsätzlich erscheint auch eine Fernwartung möglich. Der Schlamm, der bei der Grauwasseraufbereitung anfällt, könnte jedoch unter die nach der Satzung verbotenen Stoffe (§ 7 Abs. 2) fallen. Sofern also eine Ableitung in den Kanal erfolgen soll, wäre vom SAL zu prüfen, ob diese direkte Ableitung überhaupt möglich ist. Ggf. müssten dann für den Betreiber der Grauwasseranlage Ausnahmegenehmigungen nach § 7 Abs. 7 erteilt werden. Andernfalls müsste eine Abfuhr ähnlich der Abfuhr bei Kleinkläranlagen angedacht werden. Dies hätte zur Folge, dass hier noch eine zusätzlich Gebühr anfielen.

3. Betriebsführung durch den SAL

Bestandteil des hier favorisierten Lösungsansatzes ist der Betrieb der privaten Grauwasseranlage durch den SAL im Auftrag des jeweiligen Grundstückseigentümers. Der SAL hätte dabei die Rechtsstellung eines vertraglich verpflichteten Erfüllungsgehilfen. Fraglich ist, wie diese Rechtsstellung des SAL erreicht werden könnte.

a) Verbindliche Vorgabe

Verbindlich vorgeschrieben werden könnte ein solches Konstrukt entweder durch ausdrückliche satzungsrechtliche Regelungen oder im Rahmen des Zustimmungsverfahrens nach § 14 Abs. 1 der Entwässerungssatzung des SAL vom 04.12.2013.

Der damit verbundene Kontrahierungszwang kann jedoch nur verhältnismäßig sein, wenn anderweitig eine für die Sicherung der Volksgesundheit (vgl. § 9 GO NRW) erforderliche Gewährleistung des ordnungsgemäßen Betriebs der öffentlichen Entwässerungsanlage nicht möglich wäre.

Das scheint hier jedenfalls zweifelhaft, da z. B. auch die Möglichkeit bestünde, den Abschluss von Wartungsverträgen mit besonders geeigneten Unternehmen vorzuschreiben. So hat das OVG NRW mit Beschluss vom 07.05.2009 (Az.: 15 B 354/09) entschieden, dass die abwasserbeseitigungspflichtige Körperschaft in der Entwässerungssatzung regeln kann, dass nur bewährte Unternehmen Arbeiten an Anschlussleitungen an der öffentlichen

Abwasseranlage durchführen dürfen. Zwar darf sich die abwasserbeseitigungspflichtige Körperschaft sogar vorbehalten, erforderliche Arbeiten an privaten Anschlussleitungen ausschließlich selbst durchzuführen, was schon § 10 Abs. 1 Satz 1 KAG NRW impliziert. Es ist jedoch in Frage zu stellen, ob der Betrieb einer privaten Grauwasseranlage in der hier geplanten Form ähnlich entscheidenden Einfluss auf den Betrieb der öffentlichen Entwässerungsanlage hat.

b) Vereinbarung

Im Ergebnis kann hier ebenso wie unter Punkt B.II.2 aus Gründen der Rechtssicherheit lediglich die freiwillige bzw. einvernehmliche Durchführung dieser Variante empfohlen werden.

Hierzu wäre zwischen dem SAL als Betreiber der Grauwasseranlage und dem Grundstücks- und Anlageneigentümer eine Vereinbarung zu treffen, die die Rechte und Pflichten der beteiligten Vertragspartner eindeutig und umfassend regelt.

In der Vereinbarung sollten neben Regelungen zur eigentlichen Aufgabenverteilung und Kostentragung außerdem mögliche Regressansprüche oder deren Ausschluss, sowie Regelungen in Hinblick auf eine mögliche Vertragsbeendigung aufgenommen werden.

Die Realisierung einer Grauwasseranlage ist ein umfassendes und auf längere Vertragslaufzeit angelegtes Projekt. Hierbei kann nicht jeder erdenkliche Zustand der Zukunft erfasst werden. Daher müssen über die Vereinbarung ggf. Nachverhandlungen möglich sein. Die vorgesehenen vertraglichen Regelungen sind möglichst weit zu fassen, um den Aufwand und etwaige Risiken, die sich infolge von Nachverhandlungen (z. B. ein Anlagenteil muss erneuert oder verlegt werden) ergeben können, zu minimieren.

c) Wirtschaftliche Betätigung des SAL

Zu prüfen bleibt, ob es sich bei der Betriebsführung durch den SAL um eine wirtschaftliche Betätigung handelt und ggf. ob diese zulässig wäre.

Bei einer Erweiterung des Aufgabenspektrums einer AöR ist darauf zu achten, dass die Voraussetzungen des § 114a GO NRW eingehalten werden. Grundsätzlich darf eine AöR sich wirtschaftlich betätigen und auch Betriebe gewerblicher Art unterhalten. Die Zulässigkeit der wirtschaftlichen Betätigung unterliegt den Einschränkungen des § 107 Abs. 1 und 2 GO NRW.

Der SAL ist ein nichtwirtschaftliches Unternehmen gem. § 107 Abs. 2 Nr. 4 bzw. Nr. 1 GO NRW, denn die Abwasserbeseitigung ist den Gemeinden gesetzlich vorgeschrieben und eine gemeindliche Personen- und Sachgesamtheit, die diese Aufgabe erfüllt, ist eine nichtwirtschaftliche Einrichtung. Auch die anderen in der Unternehmenssatzung aufgeführten

Tätigkeitsbereiche hängen entweder mit der Abwasserbeseitigung zusammen oder betreffen die gemeindliche Pflicht der Gewässerunterhaltung.

Fraglich ist nun weiterhin, ob die skizzierte Betriebsführung für die Grauwasseranlagen noch von diesen Tatbeständen erfasst wird.

Die Rechtsprechung sieht als ein Indiz für das Überschreiten der Grenze zur wirtschaftlichen Betätigung an, wenn gezielt Zusatzkapazitäten geschaffen werden, um Leistungen marktmäßig anzubieten. Auch eine kapazitätserweiternde Tätigkeit ist jedoch nicht von vornherein unzulässig, bedarf aber, wenn sie sich nicht mehr auf den öffentlichen Zweck der Tätigkeit zurückführen lässt, der Prüfung an den Maßstäben des § 107 Abs. 1 GO NRW. Anderes gilt, wenn es sich um eine untergeordnete Nebentätigkeit handelt.

Eine untergeordnete Nebentätigkeit liegt dann vor, wenn die angebotene Leistung ihrem Umfang nach gegenüber der Haupttätigkeit einen untergeordneten Rang einnimmt und lediglich „bei Gelegenheit“ der eigentlichen, bislang wahrgenommenen Aufgabenverwirklichung unter Ausschöpfung der vorhandenen, ggf. sonst brachliegenden Kapazitäten betrieben wird (Cronauge in: Rehn/Cronauge/von Lennep/Knirsch, Gemeindeordnung NRW, Kommentar, § 107, Anm. VII, Nr. 12). Nach Ansicht von Cronauge gehören dazu z. B. auch Untersuchungen privater Anschlussleitungen (a.a.O., Anm. VII, Nr. 11 und 12). Über die Annex-tätigkeit hinaus geht dagegen die Betätigung dann, wenn – insbesondere zum Zweck der Gewinnmaximierung – neue Kapazitäten mit dem Ziel der Vermarktung aufgebaut werden (Cronauge, a.a.O.).

Eine Betriebsführung für die Grauwasseranlagen durch den SAL kann nach diesen Grundsätzen eine untergeordnete Nebentätigkeit zu der nichtwirtschaftlichen Betätigung „Abwasserbeseitigung“ (§ 107 Abs. 2 Nr. 4 GO NRW) sein. Die Betätigung würde zwar eine private Abwasseranlage betreffen, jedoch haben die Art der Anlage und deren Zustand Auswirkungen auf Bestand und Funktionieren der öffentlichen Anlage (zu der nach der hier favorisierten Variante auch die Grüne Aufbereitung gehört, vgl. Punkt C). Gerade auch wegen der Bedeutung des Projekts aus Aspekten der Nachhaltigkeit öffentlicher Abwasserbeseitigung ist die Betriebsführung auf dem jeweils angeschlossenen Grundstück eng mit dem Betrieb der öffentlichen Abwasseranlage verbunden.

Von daher spricht vieles dafür, das vorgesehene Tätigwerden als nichtwirtschaftliche Annex-Tätigkeit i.S.v. § 107 Abs. 2 GO NRW einzuordnen.

Käme man entgegen dieser Argumentation zu dem Schluss, dass es sich nicht um eine untergeordnete Nebentätigkeit handelt, so müsste gemäß § 107 Abs. 1 Satz 1 GO NRW ein

öffentlicher Zweck die Betätigung erfordern, die Betätigung müsste in einem angemessenen Verhältnis zu der Leistungsfähigkeit des SAL stehen und der SAL müsste die Leistung mindestens ebenso günstig und wirtschaftlich wie andere Unternehmen des privaten Marktes erbringen können.

Der öffentliche Zweck liegt immer dann vor, wenn die Leistung im Aufgabenbereich der öffentlich-rechtlichen Körperschaft liegt. Dazu gehört jede gemeinwohlorientierte, im öffentlichen Interesse der Einwohner liegende Zielsetzung, also die Wahrnehmung einer sozial-, gemeinwohl- und damit einwohnernützlichen Aufgabe, die über die Daseinsvorsorge hinaus gehen kann (Cronauge in: Rehn/Cronauge/von Lennep/Knirsch, Gemeindeordnung NRW, Kommentar, § 107, Anm. III, Nr. 1).

Der öffentliche Zweck kann hier in dem Aufrechterhalten der Funktionsfähigkeit der öffentlichen Abwasseranlage sowie (bei Abschlag der Grünen Aufbereitung in ein Gewässer) im Gewässerschutz gesehen werden.

Insgesamt erscheint daher eine Betriebsführung für die privaten Grauwasseranlagen durch den SAL mit dem Gemeindefinanzierungsrecht vereinbar. Allerdings ist ein gewisses Prozessrisiko nicht auszuschließen, solange Rechtsprechung zu diesem Thema noch nicht vorliegt.

Soweit es sich bei der Betriebsführung um eine - wenn auch gem. § 107 Abs. 1 Satz 1 GO NRW erlaubte - wirtschaftliche Tätigkeit handelt, wäre auch die Umsatzsteuerpflicht nach § 2a UStG zu berücksichtigen, denn die Tätigkeit würde dem SAL dann gerade nicht im Rahmen der öffentlichen Gewalt obliegen. Dies schließt das Tätigwerden durch den SAL zwar nicht aus, die Umsatzsteuerpflicht würde es im Rahmen der kaufmännischen Buchführung des SAL jedoch erforderlich machen, eine Spartenrechnung zu führen - aufgespaltet in einen Betrieb gewerblicher Art und in einen Betrieb nicht gewerblicher Art.

d) Alternativen

Es bestünde auch die Möglichkeit, dass der Grundstückseigentümer die private Grauwasseranlage selbst betreibt (Grüne Aufbereitung ist in der favorisierten Variante ein Bestandteil der öffentlichen Anlage, damit keine Probleme bei der Abwasserüberlassungspflicht entstehen). Grundsätzlich ist dies möglich und würde bestimmte oben aufgezeigte Probleme beheben. Es muss jedoch beachtet werden, dass dann nur eine begrenzte Überwachungsmöglichkeit des SAL besteht, was aber gerade unter dem Gesichtspunkt, dass hier eine neue Art der Abwassernutzung erprobt wird, interessant, wenn nicht sogar erforderlich sein könnte.

4. Betriebswasserversorgung

a) Überwachungswerte

Das aus der Grauwasseraufbereitung in den Betriebswasserspeicher gelangende Wasser soll zur Toilettenspülung, zum Waschmaschinenbetrieb oder (nach der Grünen Aufbereitung) zur Gartenbewässerung bestimmt werden. Da das Wasser nicht zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen und Getränken oder zur Körperpflege und -reinigung, Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß mit Lebensmitteln in Berührung kommen oder Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen, bestimmt ist, handelt es sich nicht um Trinkwasser. Die Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 - TrinkwV - (BGBl. I S. 459) findet mithin grundsätzlich keine Anwendung.

Allerdings gilt die TrinkwV gem. § 2 Abs. 2 TrinkwV für Anlagen und Wasser aus Anlagen, die zur Entnahme oder Abgabe von Wasser bestimmt sind, das nicht die Qualität von Trinkwasser hat, und die zusätzlich zu den Wasserversorgungsanlagen nach TrinkwV installiert werden können, soweit sie darauf ausdrücklich Bezug nimmt.

Gem. § 13 Abs. 4 haben Inhaber von Anlagen, die zur Entnahme oder Abgabe von Wasser bestimmt sind, das keine Trinkwasserqualität hat, und die im Haushalt zusätzlich zu den Wasserversorgungsanlagen nach der TrinkwV installiert sind, diese Anlagen entsprechend den Regelungen des § 13 Abs. 1 und 3 TrinkwV der zuständigen Behörde (Gesundheitsamt, Ziff. 21.4 der Anlage zur ZustVU NRW) anzuzeigen.

Einschlägig ist hier außerdem § 41 Abs. 1 Satz 1 IfSG, wonach die Abwasserbeseitigungspflichtigen darauf hinzuwirken haben, dass Abwasser so beseitigt wird, dass Gefahren für die menschliche Gesundheit durch Krankheitserreger nicht entstehen. Konkret einzuhaltende Grenzwerte sind dabei nicht festgeschrieben. Allerdings obliegen entsprechende Aufbereitungsanlagen der infektionshygienischen Überwachung durch die zuständige Behörde. Zuständig ist vorliegend gem. § 5 Abs. 3 der Verordnung zur Regelung von Zuständigkeiten nach dem Infektionsschutzgesetz - ZVO-IfSG NRW - der Kreis. Von dort könnten gegebenenfalls Grenzwerte vorgegeben werden.

Fraglich ist, wer neben der infektionshygienischen Überwachung durch den Kreis im laufenden Betrieb die Ablaufwerte der Grauwasseraufbereitung überwachen sollte, sofern der SAL die Betriebsführung ausführt. Sinnvoll erscheint die Überwachung nur dann, wenn diese durch einen unabhängigen Dritten erfolgt. Denkbar wäre es hierbei, die Aufsichtsbehörde einzubinden. Im konkreten Fall könnte sich aufgrund der unterschiedlichen

Rechtspersönlichkeiten von ÄoR und Stadt aber auch eine Überwachung durch die Stadt Lünen anbieten.

Bei der Variante, nach der die Betriebsführung der Grauwasseranlage nicht durch den SAL, sondern durch ein Unternehmen oder den privaten Anlageneigentümer selbst durchgeführt würde, sollte der SAL sich die Kontrolle selbst vorbehalten.

Bei den Ablaufwerten in die öffentlichen Abwasseranlage wäre zudem zu überwachen, dass die Einleitwerte aus der Entwässerungssatzung eingehalten werden.

b) Rechte und Pflichten des Anschlussnehmers

Nach dem Urteil des BVerwG vom 31.03.2010 (Az: 8 C 16.08) ist jedenfalls eine landesrechtliche Regelung, die eine Teilbefreiung vom Zwang zur Benutzung der öffentlichen Wasserversorgungsanlage für den Verwendungszweck des Wäschewaschens von der wirtschaftlichen Zumutbarkeit für den Wasserversorger abhängig macht, mit Bundesrecht und europäischen Gemeinschaftsrecht vereinbar. Danach ist eine Teilbefreiung von der Benutzungspflicht für die öffentliche Frischwasserversorgung zulässig, soweit Gründe der Volksgesundheit oder der Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung nicht entgegenstehen.

Auch die Trinkwasserverordnung verbietet nicht, zum Wäschewaschen im eigenen Haushalt das Wasser einer dort zusätzlich zum Trinkwasseranschluss verwendeten Eigenversorgungsanlage zu benutzen. Das gilt - so das BVerwG a.a.O. - selbst dann, wenn für das Wasser aus der Eigenversorgungsanlage keine Trinkwasserqualität nachgewiesen ist.

Es gibt keine Wasserversorgungsrumpfsatzung für die Stadt Lünen. Die diesbezüglichen vertraglichen Angelegenheiten sind über den bestehenden Konzessionsvertrag geregelt.

Ein weiteres Problem könnte jedoch die Trinkwasser-Überlassungspflicht darstellen. Anschlussnehmer an die öffentliche Trinkwasseranlage ist immer der Grundstückseigentümer, nicht aber der Mieter (so Morell, AVB-WasserV, § 1 S. 4). Der Grundstückseigentümer hat also einen Anspruch auf Überlassung ausreichender Mengen an Trinkwasser. Der Grundstückseigentümer kann aber gem. § 3 Abs. 1 AVBWasserV fordern, den Trinkwasserbezug auf einen Teilbedarf zu beschränken. Inwieweit eine Weitergabe dieser Einschränkung an die Mieter zulässig ist, ist eine Frage des Mietrechts (s. u.).

5. Wärmerückgewinnung

Der Betrieb der Wärmerückgewinnung würde bei der präferierten Lösung ebenfalls durch den SAL erfolgen. Auch hier wäre aber der Grundstückseigentümer Eigentümer der Wärmerückgewinnungsanlage. Eine Stromerzeugung findet hierbei nicht statt und die erzeugte Wärme verbleibt rein beim Grundstückseigentümer, es erfolgt keine Einspeisung in das öffentliche Wärmenetz, weshalb keine Besonderheiten zu beachten sind.

Grundsätzlich ist auch hier der Betrieb durch den Grundstückseigentümer selbst denkbar, jedoch mit den oben aufgezeigten Bedenken. Da die Anlage zur Wärmerückgewinnung auch faktischer und notwendiger Bestandteil der gesamten Grauwasseranlage ist, erscheint hier eine Aufteilung zwischen Betriebsführung der Wärmerückgewinnung und Betrieb der Grauwasseranlage im engeren Sinne nicht geboten. Sofern hier aber technisch eine eindeutige Trennung möglich ist, mag sich auch eine andere Einschätzung ergeben.

III. Finanzierung

1. Betrieb und Unterhaltung

Die Kosten für den Betrieb und die Unterhaltung der privaten Grauwasseranlage kann der SAL nicht in die Abwassergebühr einstellen, da es sich gerade nicht um Bestandteile der öffentlichen Entwässerungsanlage handelt. Die Kosten müssten daher über eine Entgeltregelung in dem abzuschließenden Betriebsführungsvertrag refinanziert werden.

2. Entflechtungsmaßnahmen

Da die Grauwasseranlage Bestandteil der privaten Abwasseranlage auf dem jeweils anzuschließenden Grundstück ist, hat grundsätzlich der Grundstückseigentümern alle Kosten für die Herstellung der Anlage und die erforderliche Entflechtung der Abwasserströme auf dem Grundstück zu tragen.

3. Gebührenanreize

Um die Grundstückseigentümer in den Projektgebieten und später auch andere Anschlussnehmer trotz zunächst entstehender Mehrkosten für die hier zur Prüfung stehende zukunftsweisende Konzeption zu gewinnen, müssten monetäre Anreize z. B. in Form von Gebührenersparnissen geschaffen werden.

Eine Durchbrechung des Wahrscheinlichkeitszusammenhangs von Frischwasserverbrauch und Verursachung von Kosten für die Schmutzwasserbeseitigung zugunsten eines

grundsätzlich anderen Gebührenmaßstabs ist nicht ersichtlich. Abzugsmöglichkeiten für auf dem Grundstück zurückgehaltene Mengen (sog. Frischwasserabzugsmengen) sind grundsätzlich gegeben.

Letztlich dürfte ein Abzug von Frischwasserverbrauchsmengen im Rahmen der Berechnung der Schmutzwassergebühr hier aber nicht geboten sein. Im Rahmen des geplanten Konzepts und der favorisierten Lösungsvariante gelangt grundsätzlich jeder Kubikmeter bezogenen Frischwassers - ggf. über den Umweg der Grauwasseraufbereitung - in die öffentliche Entwässerungsanlage, entweder als Schwarzwasser oder als Ableitung in die "Grüne Aufbereitung", vgl. Punkt C.

Ein Gebührenanreiz wird über den verminderten Frischwasserverbrauch geschaffen, der sich sowohl auf die Frischwassergebühr als auch auf die Abwassergebühr senkend auswirkt. Hinzu kommt die Einsparung von Energiekosten über die Wärmerückgewinnungsanlage. Hilfreich könnte hier die beispielhafte Berechnung eines Musterfalls anhand einer Probekalkulation von Frischwasser, Schmutzwasser- und Niederschlagswassergebühr sein.

Auch eine Abkehr vom Flächenmaßstab für die Niederschlagswassergebühr zu Gunsten eines neuen Maßstabs ist weder ersichtlich noch erforderlich. Auch insoweit gibt es Möglichkeiten für einen Abzug. So können bei der Niederschlagswassergebühr die Flächen in Abzug gebracht werden, die z. B. vom Dach direkt in die Grauwasseranlage fließen, da diese nicht in den allgemeinen Niederschlagswasserkreislauf gelangen. Hierdurch kann letztlich aber nur ein geringer Anreiz geschaffen werden, da das Niederschlagswasser, was zusätzlich in die Grauwasseraufbereitung gelangt, später als Schmutzwasser über die öffentliche Abwasseranlage abgeleitet wird. Die hier anfallenden zusätzlichen Schmutzwassermengen müssten also durch einen Zähler erfasst und bei der Schmutzwassergebühr berücksichtigt werden.

Sollte die Grüne Aufbereitung jedoch als private Anlage betrieben werden und nicht benötigtes Grauwasser und Betriebswasser (über den Speicherüberlauf) in die Grüne Aufbereitung gehen, dann müssten an diesen Stellen Messgeräte verbaut werden, damit diese Wassermengen von der Frischwassermenge und damit entsprechend von der Schmutzwassergebühr abgezogen werden könnten.

Dann würden sich jedoch die oben beschriebenen Probleme bezüglich der Beseitigung von Schmutzwasser (Verzicht/Freistellung nicht möglich) ergeben, vgl. Punkt B. II. 1.

Beachtet werden sollte auch, dass bei der Grauwasseraufbereitung Schlamm anfällt. Sofern dieser nicht über den Kanal abgeleitet werden kann, sondern wie Schlamm aus

Kleinkläranlagen zu entsorgen wäre, käme hier noch eine zusätzliche Gebühr auf die Anschlussnehmer zu.

Grundsätzlich denkbar erscheint auch eine Förderung ähnlich der Förderung der NRW Bank "Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW (ResA)", die Gemeinden, Gemeindeverbände, Zweckverbände, Industrie- und Gewerbebetriebe, Unternehmen und juristische Personen des öffentlichen Rechts, sowie sonstige juristische Personen des öffentlichen und privaten Rechts (mit Ausnahme des Bundes) in Anspruch nehmen können. Zudem gibt es z. B. für inländische und ausländische Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft vergünstigte Kreditoptionen (NRW.BANK.Effizienz kredit, zinsverbilligte Darlehen mit flexiblen Laufzeiten für Unternehmen zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz). Welche Förderungen genau in Betracht kämen, wäre dann vertieft zu prüfen.

IV. Haftung

Bei der hier favorisierten Variante (Betriebsführung durch den SAL) stünde der Grundstückseigentümer als Anlageninhaber in der grundsätzlichen Verantwortlichkeit für den ordnungsgemäßen Betrieb der Grauwasseranlage. Da der SAL nur als Erfüllungsgehilfe für den Anlageneigentümer handelt, haftet der Anlageneigentümer Dritten gegenüber selbst. Der SAL würde jedoch im Innenverhältnis zum Anlageneigentümer als Betriebsführer für den ordnungsgemäßen Betrieb der Grauwasseranlage haften (abhängig von der Betriebsführungsvereinbarung). Ggf. müssten hier Anpassungen bei den Versicherungsverhältnissen (Gebäudeversicherung o.ä.) erfolgen.

Falls der Grundstückseigentümer die Grauwasseranlage selbst betreibt, würde sich keine unmittelbare Haftung des SAL ergeben.

V. Anpassungen

Für die hier favorisierte Lösung, wonach der private Grundstückseigentümer Eigentümer der Grauwasseranlage ist und der Betrieb und die Unterhaltung der Grauwasseranlage durch den SAL erfolgen, sind verschiedene Satzungsanpassungen bzw. vertragliche Regelungen zweckdienlich.

1. In die Entwässerungssatzung sollte ein ausdrücklicher Passus darüber aufgenommen werden, dass bei Einspeisung in eine ordnungsgemäß betriebene Grauwasseranlage und Weiternutzung des Wassers über einen Betriebswasserspeicher zunächst auf die Überlassung des Schmutzwassers verzichtet wird.

-
2. Aus Gründen der Gleichbehandlung (Art. 3 Abs. 1 GG) wird sich der SAL möglicherweise auch anderen - von diesem Projekt unabhängigen - Bestrebungen der privaten Schmutzwasseraufbereitung auf angeschlossenen Grundstücken öffnen müssen. Es kann sich in diesem Zusammenhang anbieten, grundsätzliche satzungsrechtliche Regelungen über Anschluss, Ausführung, Betrieb und Unterhaltung von Anlagen zur Schmutzwasseraufbereitung vorzunehmen. Jedenfalls sind solche Regelungen mit Blick auf die im Rahmen des Projekts zu realisierenden Anlagen empfehlenswert.
 3. Die Regelungen zur Ausführung von Anschlussleitungen (§ 13 Entwässerungssatzung) sollten entsprechend angepasst werden.
 4. Soll vorzugsweise der SAL die Grauwasseranlagen im Auftrag des jeweiligen Anschlussnehmers betreiben und unterhalten, müsste ein privatrechtlicher Betriebsführungsvertrag mit Aufgabenzuweisungen, Betretungsrechten und Entgeltregelungen aufgesetzt werden.

Auf der Ebene des Landesgesetzgebers wäre für die Frage der Refinanzierung eine Erweiterung des § 10 Abs 1 KAG NRW auf weitere haustechnische Abwasseranlagen hilfreich, vgl. Punkt B.III.

VI. Alternativen

1. Zur Betriebsführung durch den SAL

Will man von einer Betriebsführung für die privaten Grauwasseranlagen durch den SAL absehen, wäre eine Einordnung der privaten Grauwasseranlage ähnlich dem Charakter privat betriebener Kleinkläranlagen denkbar, deren abzufahrender Inhalt auch der Entsorgungspflicht des Betreibers der öffentlichen Entwässerungsanlage obliegt, § 53 Abs. 1 Satz 2 Nr. 5 LWG NRW.

Ähnlich wie die Regelungen der Mustersatzung über die Entsorgung des Inhaltes von Grundstücksentwässerungsanlagen des Städte- und Gemeindebundes NRW in Zusammenarbeit mit der Kommunal Agentur NRW könnten hierzu - entweder in einer gesonderten Satzung oder in der Entwässerungssatzung - Bedingungen zu Ausführung, Betrieb und Unterhaltung der Grauwasseranlage, Betretungsrechte des SAL sowie zum Abschluss von Wartungsverträgen festgelegt werden. die Regelungsbefugnis des SAL würde auch hier aus der Anstaltsgewalt erwachsen (vgl. Punkt B.II.2), denn das die Grauwasseranlage durchlaufende Abwasser wäre letztlich dem SAL zu überlassen (vgl. Punkt B.II.1).

2. Zum privaten Charakter der Grauwasseranlage

Wollte man - anders als in der hier präferierten Variante - die Grauwasseranlage auf dem jeweiligen Grundstück als Bestandteil der öffentlichen Entwässerungsanlage deklarieren, dann würde eine Überlassung des Schmutzwassers unmittelbar nach dessen Anfall erfolgen und die Überlegungen zu Punkt B.II.1 wären obsolet.

Der SAL würde dann aber auch zum Wasserversorger, da das Grauwasser letztendlich über die Speisung aus dem Betriebswasserspeicher wieder dem Grundstückseigentümer zur Verfügung gestellt würde. Dies erscheint rechtlich nicht ausgeschlossen, sondern wäre entsprechend zu gestalten. Es könnten sich aber ggf. auch Widersprüche zu den bestehenden Wasserversorgungsstrukturen (SWL) ergeben.

Erforderlich wären zumindest Anpassungen

- an der Unternehmenssatzung des SAL und
- an den vertraglichen Beziehungen zwischen der Stadt Lünen und der SWL GmbH.

Unberührt hiervon bleiben die im Zusammenhang mit der Wasserversorgung grundsätzlich zu beachtenden rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere die hygienerechtlichen Vorschriften.

Steuerrechtlich wäre Folgendes zu beachten:

Die hoheitliche Tätigkeit einer kommunalen Körperschaft und ihrer rechtsfähigen Anstalten des öffentlichen Rechts (AöR) unterliegt grundsätzlich nicht der Ertrags- und Umsatzsteuerpflicht, sondern diese sind als Betriebe der Daseinsvorsorge steuerbefreit. Anders ist es dagegen bei den Betrieben gewerblicher Art wie z. B. im Bereich der Energie- und Wasserversorgung, mit der auch juristische Personen des öffentlichen Rechts der Steuerpflicht unterliegen. Zudem unterliegt der Übergang des Grundvermögens bei steuerpflichtigen Betrieben gewerblicher Art der Grunderwerbsteuer.

Nimmt eine AöR ausschließlich Tätigkeiten im hoheitlichen Aufgabenbereich wahr, so unterliegt sie nicht der Steuerpflicht. Betreibt sie ausschließlich Betriebe gewerblicher Art, so greift die Steuerpflicht ein.

Werden in einer AöR hoheitliches und gewerbliches Tun zusammengeführt, so ist auf eine getrennte Führung beider Bereiche zu achten. Wird keine eindeutige Trennung des

gewerblichen und hoheitlichen Tätigwerdens vorgenommen, schlägt die Steuerpflicht eines Betriebes gewerblicher Art auch auf die hoheitliche Tätigkeit durch. Insofern ist es zwingend erforderlich, eine strikte Trennung zwischen hoheitlicher Tätigkeit und Betrieben gewerblicher Art durchzuführen und einzuhalten, indem z. B. alle Tätigkeiten und Maßnahmen auf Kostenstellen gebucht werden, die den einzelnen Bereichen eindeutig zugeordnet werden können.

VII. Zwischenfazit Grauwasseranlage

Beide Lösungen (Grauwasseranlage privat, Betrieb durch SAL, Grüne Aufbereitung öffentlich oder Grauwasseranlage privat, Betrieb durch den Grundstückseigentümer, Grüne Aufbereitung öffentlich) sind grundsätzlich rechtlich durchführbar. Einer flächendeckenden Transition könnte allenfalls entgegen stehen, dass in einigen Punkten (vgl. Ziff. B.II 2. und 3.) nicht ohne rechtliche Probleme auf ein Einvernehmen mit dem jeweiligen Grundstückseigentümer verzichtet werden kann.

Für eine entsprechend erforderliche Attraktivität des Konzepts fehlt bislang noch eine konkrete Einschätzung der anfallenden Kosten einerseits und der Höhe der möglichen Gebührenersparnis durch weniger Frischwasserverbrauch auf der anderen Seite.

C. Grüne Aufbereitung

I. Umsetzung

Nicht benötigtes (und damit unbehandeltes) Grauwasser sowie aufbereitetes Grauwasser (Betriebswasser) aus dem Speicherüberlauf sollen einer sog. Grünen Aufbereitung (auch Energieallee) zugeführt werden, um schließlich den Anliegern z. B. zur Gartenbewässerung oder als Spülwasser für die Kanalisation zu dienen.

Diese Energieallee soll in Form eines offenen Wasserlaufs gestaltet werden, dessen Boden mit einer wasserundurchlässigen Erdwanne abgedichtet ist. Die biologischen Vorgänge innerhalb des Wasserlaufs sind mit denen einer Pflanzenkläranlage vergleichbar.

In einer ersten Variante soll der Überlauf der Energieallee in die öffentliche Mischwasserkanalisation abgeleitet werden.

In einer zweiten Variante soll nach Abschluss einer vollständigen Transition - also einer flächendeckenden Trennung von Schwarz- und Grauwasser und Implementierung eines Netzes aus grüner Aufbereitung (grüner Kanal) neben dem bestehenden Mischsystem - die Ableitung direkt in natürliche Gewässer erfolgen.

Präferierte Alternative ist in jedem Fall der Bau und Betrieb durch den SAL. Die Grüne Aufbereitung soll dabei Bestandteil der öffentlichen Abwasserbeseitigungsanlage sein.

II. Rechtslage

Primäre Aufgabe des SAL ist gem. § 2 Abs. 1 der Satzung der Stadt Lünen über die Anstalt des öffentlichen Rechts "Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen" vom 03.11.2008 in der Fassung der 2. Änderungssatzung vom 23.09.2010 die Beseitigung des auf dem Gebiet der Stadt Lünen anfallenden Abwassers. Dafür hat er die notwendigen Anlagen vorzuhalten, zu planen, zu bauen und zu betreiben. Die Stadt Lünen hat dem SAL in diesem Zusammenhang die Abwasserbeseitigungspflicht im Sinn des § 46 Satz 1 LWG NRW zur Wahrnehmung in eigenem Namen und in eigener Verantwortung übertragen.

Zu dieser Abwasserbeseitigungspflicht gehört gem. § 46 Satz 2 Nr. 3 LWG NRW unter anderem das Behandeln des übernommenen Abwassers. Damit korrespondieren sowohl § 54 Abs. 2 WHG als auch § 1 Abs. 1 der Satzung über die Entwässerung der Grundstücke und den Anschluss an die öffentliche Abwasseranlage – Entwässerungssatzung – des Stadtbetriebes Abwasserbeseitigung Lünen AöR (SAL) vom 04.12.2013.

Durch § 43 Nr. 1 LWG NRW ist der Begriff Abwasserbehandlungsanlage definiert als eine Einrichtung, die dazu dient, die Schadwirkung des Abwassers zu vermindern oder zu beseitigen. Unter diese Definition dürfte die hier geplante Energieallee zu subsumieren sein. Insbesondere stellt § 55 Abs. 1 Satz 2 WHG klar, dass dem Wohl der Allgemeinheit auch die Beseitigung von häuslichem Abwasser durch dezentrale Anlagen entsprechen kann.

Aus § 54 Satz 1 LWG NRW geht klar hervor, dass zu den in der Abwassergebühr, die auf der Grundlage des KAG NRW erhoben wird, ansatzfähigen Kosten alle Aufwendungen gehören, die der abwasserbeseitigungspflichtigen Körperschaft durch die Wahrnehmung ihrer diesbezüglichen Aufgaben entstehen.

Gem. § 1 Abs. 2 der Entwässerungssatzung stellt der SAL zum Zweck der Abwasserbeseitigung im Gebiet der Stadt Lünen und zum Zweck der Verwertung oder Beseitigung der bei der gemeindlichen Abwasserbeseitigung anfallenden Rückstände die erforderlichen zentralen und dezentralen Anlagen als öffentliche Einrichtung zur Verfügung

(öffentliche Abwasseranlagen). Die öffentlichen Abwasseranlagen bilden eine rechtliche und wirtschaftliche Einheit.

Gem. § 1 Abs. 3 der Entwässerungssatzung bestimmt der SAL (im eigenen Ermessen) Art, Lage und Umfang der öffentlichen Abwasseranlagen. Im Rahmen dieses weiten sog. Organisationsermessens obliegt es grundsätzlich der abwasserbeseitigungspflichtigen Körperschaft, ob mehrere räumlich und technisch getrennte Anlagen, die der Erfüllung derselben Aufgabe dienen (hier Schmutzwasserbehandlung), gebührenrechtlich als selbständige Einrichtung mit besonderen Gebührensätzen oder aber als eine einheitliche (umfassende) Einrichtung mit einheitlichen Gebührensätzen betrieben werden (vgl. Lichtenfeld in: Driehaus, Loseblatt-Kommentar zum Kommunalabgabenrecht, § 4, Rz: 41; OVG NRW, Urteil vom 18.03.1996, Az: 9 A 384/93, NVwZ-RR 1997, S. 652). Eine Zusammenfassung von technisch selbständigen Anlagen zu dem Zweck, einheitliche Gebühren zu erheben, ist auch bei unterschiedlicher Arbeitsweise der Anlagen grundsätzlich möglich, also auch bei zentralen und dezentralen Abwasserbeseitigungsanlagen (vgl. Lichtenfeld, a.a.O., Rz: 43). Problematisch wird es jedoch, wenn zwei Umstände kumulativ vorliegen (vgl. OVG NRW, Urteil vom 18.12.2007, Az: 9 A 3648/04, abrufbar unter www.nrwe.de, zur Erforderlichkeit eines separaten Gebührenmaßstabs für die Niederschlagswasserbeseitigung):

- wenn zwischen dem derzeit für die Berechnung der Schmutzwassergebühren verwendeten Maßstabs des Frischwasserverbrauchs und dem kostenrelevanten Umfang der Inanspruchnahme der Leistungen der Grünen Aufbereitung kein Zusammenhang erkennbar wäre und zusätzlich
- (nach dem Grundsatz der Typengerechtigkeit) der zu Grunde gelegte Regeltyp weniger als 90 % der betroffenen Fälle erfasst

Als im Rahmen der Refinanzierbarkeit über Abwassergebühren relevant zu beachten ist außerdem der gebührenrechtliche Grundsatz der Erforderlichkeit der Kosten. In der Konsequenz müssen überflüssige/unnötige Mehrkosten über allgemeine Haushaltsmittel der öffentlich-rechtlichen Körperschaft finanziert werden (vgl. zur Abfallgebühr VG Düsseldorf, Urteil vom 24.10.2012, Az: 16 K 2408/12; Queitsch in: ZKF 2013, S. 73 ff.).

Vorliegend sind jedoch keine Anhaltspunkte ersichtlich, dass die Kosten der geplanten Energiealle gemessen an den Zielen der Wasser- und Abwasserwirtschaft überflüssig sind. In den Blick zu nehmen ist hier auch § 54 Satz 3 LWG NRW, wonach ein schonender und sparsamer Umgang mit Wasser in die Gestaltung der Benutzungsgebühr einfließen soll.

Nach alledem kann die Energieallee unproblematisch vom SAL als Bestandteil der öffentlichen Abwasseranlage betrieben werden. Auch die Refinanzierung über die bestehenden Schmutzwassergebühr erscheint dabei derzeit zulässig.

Dieses Ergebnis gilt grundsätzlich sowohl für einzelne bestehende Grüne Aufbereitungen als auch für ein vollständiges Netz von Energiealleen nach Abschluss der Transition.

In einer separaten Gebühr kann aber auch eine Chance für Gebührenanreize gesehen werden. Dies gilt vor allem dann, wenn im Rahmen der Transition ein flächendeckendes Netz geschaffen würde.

III. Ablaufwerte

Zu untersuchen bleibt, welche Werte mit der Grünen Aufbereitung bei Überleitung in den öffentlichen Kanal bzw. bei Abschlag in ein Gewässer eingehalten werden müssen.

Für den Überlauf in den Mischwasserkanal, in den ohne die Aufbereitungsanlage das Grauwasser direkt abgeleitet würde, sind keine spezifischen rechtlichen Anforderungen und Grenzwerte ersichtlich.

Für die Einleitung in ein Gewässer wären die Regelungen des WHG maßgeblich.

Die Einleitung stellt eine Gewässerbenutzung im Sinn des § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG dar. Sie bedarf daher gem. § 8 Abs. 1 WHG einer Erlaubnis der zuständigen Behörde. Zuständig ist gem. Ziff. 20.1.6 ZustVU NRW die Umweltschutzbehörde des Kreises, soweit es sich um Abwassereinleitungen von weniger als 2.000 Einwohnerwerten handelt, im Übrigen die Bezirksregierung. Die zuständige Behörde stellt dann gem. § 13 Abs. 2 WHG Anforderungen an die Beschaffenheit der Einleitung. Als Entscheidungshilfe ist nach wie vor der Runderlass "Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA)" vom 14.05.1991 in Kraft. Ausgangspunkt ist jeweils die Güte des Gewässers, in das die Einleitung erfolgt.

Ggf. wäre eine Abwasserabgabe für die Einleitung zu entrichten, wenn nicht gem. § 3 Abs. 1 Satz 2 AbwAG die Abgabepflicht entfällt. Das ist der Fall, wenn die Schadstoffkonzentration bzw. Jahresmenge die in Spalte 4 der Anlage zu § 3 AbwAG angegebenen Schwellenwerte nicht überschreitet.

IV. Alternativen

Ein Verzicht auf die Einleitung unbehandelten Grauwassers in die Energieallee hätte rechtlich keine maßgeblichen Änderungen zur Folge.

Auch das in der Grauwasseranlage bereits aufbereitete und dann in die Energieallee abgeschlagene Wasser müsste anhand der geltenden gesetzlichen Definitionen als Schmutzwasser eingeordnet werden. Dies gilt jedenfalls soweit, als das (aufbereitete)

Grauwasser in seinen Eigenschaften verändert, also nicht identisch mit den Eigenschaften des bezogenen Frischwassers ist.

Jedenfalls kann das aufbereitete Grauwasser mangels Übereinstimmung mit der entsprechenden Definition des § 54 Abs. 1 Nr 2 WHG nicht als Niederschlagswasser charakterisiert werden. An der Einordnung als Abwasser und aller damit einhergehenden Rechtsfolgerungen würde dies ohnehin nichts ändern. Ein Unterschied bestünde lediglich insoweit, als die durch die Energieallee entstehenden Kosten in eine andere Kostenmasse (Niederschlagsentwässerung) innerhalb des Abwassergebührenhaushalts einzureihen wären.

V. Haftung

Grundsätzlich ist jeder Anlagenbetreiber für die von ihm betriebene Anlage verkehrssicherungspflichtig. Eine entsprechende Haftung aus § 823 BGB wird nicht nur für Abwasseranlagen begründet, sondern orientiert sich an der konkreten Gefährdung, die von der jeweiligen Anlage ausgeht.

Bei der Energieallee wird es sich indessen tatsächlich um eine zu sichernde Abwasseranlage handeln.

Eindeutige Rechtsgrundlagen auf deren Basis klar erkennbar ist, welche konkreten Vorkehrungen für welche Anlagen in Form von Schutzmaßnahmen vorzusehen sind, liegen nicht vor. Welche Maßnahmen getroffen werden müssen, hängt vielmehr von den jeweiligen Umständen im Einzelfall ab. Bei der DWA ist derzeit ein Merkblatt "Verkehrssicherungspflicht bei Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern – Empfehlungen zur Handhabung" in Arbeit (Entwurf DWA-M 616), das auch Aussagen zu Abwassergräben enthält. Jedoch heißt es dort ebenfalls, dass alle Sicherungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der aktuellen Rechtsprechung individuell zu gestalten sind.

Es besteht mithin keine allgemeine Pflicht, eine Abwasseranlage durch Einfriedung oder andere Maßnahmen zu sichern. Eine Sicherung ist aber dann erforderlich, wenn mit – auch unbefugtem – Betreten vor allem durch Kinder zu rechnen ist, insbesondere wenn von dem Grundstück oder der Anlage eine besondere Gefahr ausgeht. Besondere Sicherungsmaßnahmen sind mithin erforderlich, wenn aufgrund der konkreten Umstände mit der Gefährdung Dritter zu rechnen ist, z. B. auch dann, wenn Kinder unbefugt auf dem Grundstück spielen (vgl. Palandt, Bürgerliches Gesetzbuch, Kommentar, 2015, § 823, Rdnr. 198). Eine Pflicht zum Ergreifen von Sicherungsmaßnahmen besteht auch dann, wenn mit bestimmten Verhaltensweisen gerechnet werden muss, insbesondere damit, dass Dritte von der Gefahrenquelle, z. B. einem Rohrdurchlass, angelockt werden könnten. Dies gilt in

besonderem Maße für Kinder, die sich wegen ihrer geringen Erfahrung, ihrer Unbesonnenheit und ihres Spieltriebs eher einer Gefahrenquelle nähern (vgl. BGH, Urteil vom 12.11.1996, Az: VI ZR 270/95, NJW 1997, S. 582).

In diesem Zusammenhang kann es nach einer Würdigung der Gesamtumstände ausreichend sein, wenn deutliche Warnschilder, die auch von Kindern als Warnung erfasst und verstanden werden können, aufgestellt werden (Bergmann/Schumacher, Die Kommunalhaftung, Rdnr. 661). Wenn allerdings besondere Anreize gerade für Kinder bestehen, sich auch unbefugt an der Gefahrenquelle aufzuhalten, können weitere Schutzmaßnahmen und –vorkehrungen erforderlich werden (vgl. Rotermund, Haftungsrecht in der kommunalen Praxis, S. 236). Zu berücksichtigende Punkte sind dabei, wie viele spielende Kleinkinder den Weg zum Bauwerk finden könnten, wie weit ein Wohngebiet entfernt ist, wie tief der Wasserstand sein kann und wie leicht zugänglich das Bauwerk / der Durchlass ist. Auch für Erwachsene ist abzuwägen, wie gut eine mögliche Gefahrenquelle erkennbar ist (plötzlich auftretende Flutwellen können auch Erwachsene mitreißen, im Durchlass kann sich der Mensch verfangen und am Schwemmgut hängen bleiben, usw.) und wie hoch frequentiert das Gefahrengebiet ist.

Das OLG Dresden hat z. B. mit Urteil vom 15.11.2006, Az: 6 U 975/06 zum Umfang der Verkehrssicherungspflicht einer Gemeinde für ein Regenrückhaltebecken entschieden. Dieses Regenrückhaltebecken lag offen in einem brachliegenden Feld knapp 100 m von der nächsten öffentlichen Straße entfernt und war weder eingezäunt noch sonst kenntlich gemacht oder gesichert. In dieses 3,60 m tiefe Regenrückhaltebecken stürzte ein Motocrossfahrer. Das Gericht war der Ansicht, dass die Gemeinde ihre Verkehrssicherungspflicht nicht verletzt hatte. Da das betreffende Feld auch bisher nicht von Motocrossfahrern genutzt worden war, musste die Gemeinde nicht damit rechnen, dass das Feld entsprechend genutzt würde. Auch für Kinder und Spaziergänger stelle die Böschung mitten im Feld nach Auffassung des OLG keine Gefahr dar, der mit besonderen Schutzmaßnahmen begegnet werden müsse. Denn die rechtlich gebotene Verkehrssicherung umfasst nur diejenigen Maßnahmen, die ein umsichtiger und verständiger, in vernünftigen Grenzen vorsichtiger Mensch für notwendig und ausreichend hält, um andere vor Schäden zu bewahren. Voraussetzung ist daher, dass sich vorausschauend für ein sachkundiges Urteil die nahe liegende Gefahr ergibt, dass Rechtsgüter anderer verletzt werden können. Eine Verkehrssicherung, die jeden Unfall ausschließt, ist nicht erreichbar. Deshalb muss nicht für alle nur denkbaren Möglichkeiten eines Schadenseintritts Vorsorge getroffen werden, sondern es sind nur die Vorkehrungen geboten, die geeignet sind, die Schädigung anderer tunlichst abzuwenden (ständige Rspr. des BGH, z.B. Urteil v. 15.07.2003, Az: VI ZR 155/02; Göbel-Pithard, Verkehrssicherungspflichten an Wasserflächen, BADK-Information IV/1999).

Die genannten Grundsätze gelten in Bezug auf die Verkehrssicherungspflicht für alle gefahrenträchtigen Anlagen. Soweit es um Abwasseranlagen geht, ist jedoch zu beachten, dass der SAL parallel zur Verkehrssicherungspflicht auch dafür verantwortlich ist, dass die Abwasserbeseitigung ordnungsgemäß durchgeführt wird. Dazu gehört auch der gefahrlose Abfluss des Abwassers möglichst ohne Beeinträchtigungen durch Verstopfungen, Rückstau oder Überschwemmung. Auch in diesem Licht muss die Erforderlichkeit und Geeignetheit von Schutzmaßnahmen abgewogen werden.

Trotz der vorangegangenen Ausführungen spricht vorliegend angesichts der unmittelbar angrenzenden Wohnbebauung viel für erhöhte Anforderungen an die Sicherung der Energieallee. Wegen des Mangels an klaren Vorgaben kann sich eine Abstimmung mit der zuständigen Kommunalversicherung empfehlen. Der Vertreter der Versicherung kann in einem Ortstermin aufgrund seiner Einschätzung und seiner Erfahrung mitteilen, welche Schutzvorkehrungen sich anbieten. Üblicherweise wird eine solche Einschätzung auch schriftlich vermerkt.

VI. Anpassungen

Die Realisierung nach den hier dargestellten Maßgaben (Energieallee als Bestandteil der öffentlichen Entwässerungsanlage ohne Sondergebühr) erfordert geringe Satzungsanpassungen:

1. In § 1 Abs. 2 Satz 1 der Entwässerungssatzung könnte zur Klarstellung die dezentrale Energieallee ausdrücklich aufgenommen werden. Das ist jedoch rechtlich nicht zwingend.
2. Die Regelungen zur Ausführung von Anschlussleitungen (§ 13 Entwässerungssatzung) sollten entsprechend angepasst werden.

Außerdem ist ein Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Einleitungserlaubnis zu stellen, sobald eine Ableitung aus der Energieallee in ein natürliches Gewässer geplant ist.

D. Schmutzwasserkanalisation

I. Rechtslage

Der Betrieb und die Refinanzierung der Schmutzwasserkanalisation können grundsätzlich unverändert weiter fortgeführt werden

II. Lippeverband

1. Verbandsbeitrag

Wünschenswert ist eine Reduzierung des durch den SAL für die Reinigung des zugeleiteten Abwassers in der Verbandskläranlage zu leistenden Lippeverbandsbeitrages. Wesentliches Argument ist insoweit die Reduzierung der zugeleiteten Schmutzwassermengen insgesamt.

Gem. § 26 Abs. 1 Lippeverbandsgesetz (LVG) verteilt sich die Beitragslast auf die Mitglieder im Verhältnis der mittelbaren oder unmittelbaren Vorteile, die sie von der Durchführung der Aufgaben des Verbandes haben, und der Kosten, die der Verband entsprechend auf sich nimmt. Gem. § 26 Abs. 3 LVG erlässt der Lippeverband darüber hinaus vertiefende Veranlagungsgrundsätze.

Ausweislich des Lippeverbandsbescheides an die Stadt Lünen vom 07.12.2015 für das Wirtschaftsjahr 2016 sind zwei Faktoren für die Höhe der Beitragsveranlagung maßgeblich:

- für die Kläranlage maßgebliche Einwohnerzahl
- Jahresschmutzwassermenge

Beide Faktoren können durch eine Umsetzung des Projekts TWIST zu vermindern sein.

Die konkrete Ermittlung dieser Faktoren ergibt sich offenbar aus der Beitragsliste und dazugehörigen Unterlagen. Diese konnten laut dem vorliegenden Bescheid jedoch lediglich im Zeitraum 09.12.2015 bis 07.01. 2016 in den Räumen des Lippeverbandes eingesehen werden. Dies entspricht den Veröffentlichungsregeln des § 33 Abs. 1 LVG.

Die aktuellsten der Kommunal Agentur NRW vorliegenden Veranlagungsgrundsätze für den Lippeverband verweisen in Ziff. 1.2 Abs. 5 hinsichtlich der maßgeblichen Einwohnerzahl auf § 96 VwVfG NRW. Gem. § 96 Abs. 1 VwVfG NRW bemisst sich die Einwohnerzahl nach den bei der Volkszählung festgestellten Ergebnissen. Diese Regelung sieht mithin keine Anpassung der maßgeblichen Einwohnerzahl z. B. an Einwohnergleichwerte vor, die einen verminderten Schmutzwasseranfall berücksichtigen.

Weiterhin sieht Ziff. 2.2.1 Abs. 5 Nr. 1 der hier vorliegenden Veranlagungsrichtlinien für den Lippeverband vor, dass als Schmutzwassermenge der Städte und der Gemeinden für kanalisierte Gebiete 55 m³ pro Einwohner und Jahr zu Grunde gelegt werden. Auch hier besteht jedenfalls kein ausdrücklicher Spielraum für eine Anpassung der Jahresschmutzwassermenge bei vermindertem Frischwasserverbrauch.

Erforderlichenfalls müsste - auch über die Mitgliedschaft in den Verbandsorganen des Lippeverbands - eine Anpassung der Veranlagungsgrundsätze angestrebt werden, die innovativen technischen Lösungen mit weniger Abwasseranfall Rechnung trägt.

2. Gewinnung von Biogas

Nach Einschätzung der Kommunal Agentur NRW ist der Umfang der Gewinnung von Biogas durch eine Beförderung des Schwarzwassers über eine Vakuumentwässerungsleitung zur Kläranlage und die damit verbundene Möglichkeit der aeroben Aufbereitung eher von untergeordneter Bedeutung.

Näheres kann nur unter Einbezug des Lippeverbands erörtert werden. Dieser müsste auch der direkten Zuleitung zum Faulturm - insbesondere unter dem Stichwort Co-Substrat - zustimmen. Aus diesseitiger Sicht müssen indessen die notwendigen Bestandteile des Schwarzwassers - insbesondere Toilettenspülwasser - im Hinblick auf die biologischen Vorgänge im Faulkörper nicht zwingend als Fremdkörper angesehen werden. Auch der abgefahrene Inhalt aus Kleinkläranlagen und abflusslosen Gruben wird von Kommunen in NRW teilweise direkt in den Faulturm gegeben.

III. Anpassungen

Erforderlich sind folgende Absprachen mit dem Lippeverband:

- Attraktivität der Gewinnung von Biogas
- Direkte Zuleitung des Schwarzwassers zum Faulturm (falls sich Biogasgewinnung lohnt)
- Anpassung der Beitragsveranlagung
- Information an den Lippeverband über die veränderte Qualität des über das Pumpwerk des Lippeverbandes geschickte Abwasser

E. Mietverhältnisse

I. Pflicht des Vermieters zur Trinkwasserlieferung und Wasserversorgung

Der Vermieter hat grundsätzlich die Pflicht, dem Mieter Trinkwasser zu liefern, das den Qualitätsstandards entspricht, also keine Gesundheitsgefährdungen zur Folge hat.

Auch wenn dies nicht ausdrücklich vereinbart worden ist, ergibt sich aus dem Mietvertrag die Verpflichtung des Vermieters, eine ausreichende Wasserversorgung und -entsorgung zu gewährleisten.

Da in dem hier vorliegenden Fall ein Trinkwasseranschluss vorhanden ist, dürfte diese Voraussetzung erfüllt sein. Aus diesseitiger Sicht würde ein Frischwasseranschluss ausreichen, da damit die Wasserversorgung sichergestellt ist. Dies gilt unabhängig davon, ob beispielsweise für den Betrieb der Waschmaschine Grauwasser verwendet wird.

Nach der TrinkwV müssen allerdings Wasserhähne bzw. Zuleitungen, die an die Grauwasseranlage angeschlossen sind, gekennzeichnet werden (§ 17 Abs. 6 TrinkwV). Eine solche Kennzeichnung müsste der Grundstückseigentümer also vornehmen.

Fraglich ist, ob dem Mieter eine Wahlmöglichkeit eingeräumt werden muss, ob Frischwasser oder Grauwasser für die Waschmaschine und Toilette genutzt wird, d.h. ob z.B. an der Waschmaschine zwei gekennzeichnete Anschlüsse vorhanden sein müssen (Frisch- und Grauwasser). In diesem Fall wäre es die Pflicht des Vermieters, zwei gekennzeichnete Anschlüsse zu installieren.

Sofern nur eine Schmutzwassergebühr gezahlt wird (s.o.) und auch nur diese auf die Mieter umgelegt wird, bedarf es aus finanzieller Sicht zumindest keiner Wahlmöglichkeit.

Es kann sich jedoch aus mieterschutzrechtlichen Gründen für den Vermieter empfehlen, zwei Anschlüsse anzubieten.

Das LG Münster hat beispielsweise in einem Beschluss vom 22.10.09 (Az: 5 T 720/09, abrufbar unter www.nrwe.de) entschieden, dass der Mieter eine Mietminderung geltend machen kann, wenn er einen Biofilm in der Einfüllkammer der Waschmaschine und im Spülkasten der WC-Anlage feststellt.

Sofern dies oder andere Veränderungen (z. B. Rückstände an der Wäsche) durch die Nutzung von Grauwasser auftreten können, hätte der Vermieter einen erheblichen Nachteil durch die Verpflichtung der Nutzung der Anlage durch den Mieter.

Das bedeutet im Grundsatz, dass der Vermieter aus mieterschutzrechtlichen Aspekten durchaus ein Risiko trägt, sofern bei der Nutzung von Grauwasser die Möglichkeit von Veränderungen des Wassers bzw. daraus folgend Schäden für im Eigentum stehender Gegenstände des Mieters besteht.

Sofern der Vermieter den Mieter verpflichten möchte, die Grauwasseranlage zu nutzen und auch keinen Alternativanschluss mit Frischwasser errichtet, ist dies individualvertraglich zu

regeln. Die Nutzung des Wassers ist insofern im Mietvertrag vorzusehen und der Mieter ist auf diese Tatsache vor Abschluss eines Mietvertrages hinzuweisen, da er sich hiermit einverstanden erklären muss. Nichts desto trotz könnte er im Falle von Schäden eine Mietminderung vornehmen, da der Vermieter sein Haftungsrisiko insofern nicht ausschließen kann.

Schafft der Vermieter hingegen eine Wahlmöglichkeit, errichtet er also zwei gekennzeichnete Anschlüsse an Toilette und Waschmaschine, kann der Mieter selbst entscheiden, welches Wasser er nutzt. Indessen muss auch in diesem Fall die gefahrlose Nutzung des Grauwassers gewährleistet werden. Es sollte auch hier ein Hinweis in den Mietvertrag aufgenommen werden, dass eine solche Wahlmöglichkeit besteht. Beachtet werden sollte jedoch, dass durch die Zurverfügungstellung einer Wahlmöglichkeit vom Gebrauch der Grauwasseranlage (zumindest teilweise) abgesehen werden könnte, was dazu führen könnte, dass der gesamte Betrieb der Anlage unwirtschaftlich würde.

II. Umlage der anfallenden Kosten auf die Mieter

1. Umlage von Abwassergebühren

Schmutz- und Niederschlagswassergebühren werden grundsätzlich mit dem Grundstückseigentümer abgerechnet. Dieser leitet die Abrechnungen eins zu eins an die Mieter weiter. Da sich hier auch keine Abzugsmengen ergeben (s.o.), sind bzgl. des Abrechnungssystems keine Veränderungen vorzunehmen.

2. Betriebskosten der Grauwasseranlage

Wünschenswert wäre die Refinanzierung der Betriebskosten der Grauwasseranlage über eine verbrauchsunabhängige Pauschale und eine Umlage dieser Pauschale auf die jeweiligen Mieter.

Die Betriebskosten für die Grauwasseranlage, die der Grundstückseigentümer (Vermieter) an den SAL zu zahlen hat (s.o.) können im Rahmen einer Neben- bzw. Betriebskostenvereinbarung gemäß § 556 Abs. 1 Satz 1 BGB auf die Mieter umgelegt werden.

Mietnebenkosten sind alle Leistungen des Mieters, die neben dem Entgelt für die Gebrauchsüberlassung - der Grundmiete - verlangt werden (Weidenkaff in: Palandt, Kommentar zum BGB, § 535 Rn. 87). Hierunter fallen insbesondere Betriebskosten.

Für diese Kosten können Vermieter und Mieter eine spezifische Vereinbarung treffen (§ 556 BGB).

Betriebskosten sind nach § 556 Abs. 1 Satz 2 BGB die Kosten, die dem Eigentümer oder Erbbauberechtigten durch das Eigentum oder das Erbbaurecht am Grundstück durch den bestimmungsgemäßen Gebrauch des Gebäudes, der Nebengebäude, Anlagen, Einrichtungen und des Grundstücks laufend entstehen.

Entscheidend dabei ist, dass es sich um wiederkehrende "laufende" Kosten handelt (Weidenkaff in: Palandt a.a.O., § 556 Rn. 4).

Zu den klassischen Betriebskosten, die regelmäßig mit dem Mieter abgerechnet werden, zählen insbesondere auch Kosten der Entwässerung sowie der Wasserversorgung. Da es sich bei den Betriebskosten der Grauwasseranlage im weitesten Sinne auch um Kosten für eine Entwässerungseinrichtung handelt, können die Kosten grundsätzlich in eine solche Betriebskostenvereinbarung aufgenommen werden. Es sind insbesondere auch Kosten, die wiederkehrend entstehen und keine einmalig anfallenden Kosten.

Gerade im Bestand bzw. im Rahmen eines laufenden Mietverhältnisses hat der Vermieter jedoch verstärkt das Gebot der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit zu beachten. Dabei handelt es sich um eine den Vermieter treffende Nebenpflicht, wonach nur solche Kosten umgelegt werden dürfen, die bei gewissenhafter Abwägung aller Umstände und bei ordentlicher Geschäftsführung gerechtfertigt sind. So sind z. B. nach einem Urteil des AG Dortmund (vom 15.09.2015, Az: 425 C 1223/15, abrufbar unter www.nrwe.de) die mit einer Änderung der Bewirtschaftungsform durch den Vermieter verbundenen Kostensteigerungen nur umlegbar, wenn die Änderung auf nachvollziehbaren Gründen beruht. Ob diese Gesichtspunkte für den Vermieter zu einem Problem werden können hängt in erster Linie von den tatsächlich mit der Transition verbundenen Kostensteigerungen ab. Auch wird maßgeblich die Frage eine Rolle spielen, inwieweit dem Vermieter überhaupt Alternativen verbleiben.

Probleme könnten außerdem entstehen, wenn dem Mieter eine Wahlmöglichkeit eingeräumt wird (s.o.). In diesem Fall könnte es Mieter geben, die den angebotenen Grauwasseranschluss freiwillig nicht nutzen, sondern ihr Wasser lediglich über den Frischwasseranschluss beziehen. Diesen Mietern dann gleichwohl die Betriebskosten für die Grauwasseranlage aufzuerlegen, erscheint zunächst fraglich. Andererseits gehört die Grauwasseranlage als Einrichtung zum Grundstück und eine entsprechende Nutzungsmöglichkeit ist vertraglich vorgesehen, so dass die Kosten grundsätzlich auch auf alle Mieter umgelegt werden können. Jedem ist die Möglichkeit eröffnet, das darin aufbereitete Wasser zu nutzen. Zudem kommen hier allen Mietern gleichermaßen die Kostenvorteile über die Nutzung der Wärmerückgewinnung zu Gute. Auch dies könnte eine Beteiligung an den Kosten rechtfertigen.

Sofern man hier eine Unterscheidung zwischen den Mietern, die die Grauwasseranlage nutzen und denen, die nur Frischwasser nutzen, treffen wollte, müssten hier entsprechende Wasseruhren installiert werden, die die jeweilige Nutzung nachweisen. Dies würde erneute Kosten und Aufwand verursachen.

14 Anhang 2

Tagesordnungen der zwei Abschlussveranstaltungen in Lünen und Wuppertal

Termin

Donnerstag, 19. Mai 2016

Tagungsstätte

LÜNTEC
Technologiezentrum Lünen GmbH
Am Brambusch 24
44536 Lünen

Ausrichter

Natur- und Umweltschutz-Akademie NRW
DWA LV NRW
Projekt TWIST++

nua • natur- und
umweltschutz-
akademie nrw.



NaWaM INIS



Leitung

Prof. Dr. Jörg Londong, Bauhaus-Universität Weimar
Dr. Thomas Hillenbrand, Fraunhofer ISI
Dr. Christian Wilhelm, DWA
Gisela Lamkowsky, NUA NRW

Anmeldung

bei der NUA online unter www.nua.nrw.de oder per E-Mail
poststelle@nua.nrw.de; mit beiliegendem Anmeldebogen per
Post oder per Fax unter 02361/305-3340.

Anmeldeschluss: 5. Mai 2016

Da die Teilnehmerzahl begrenzt ist, empfiehlt sich eine früh-
zeitige Anmeldung.

Organisatorische Fragen werden Ihnen beantwortet unter
Tel.: 02361/ 305-3304, -3340 und -3344.

Fachliche Fragen

beantwortet
Gisela Lamkowsky, 02361/ 3078
gisela.lamkowsky@nua.nrw.de

Kosten

Die Teilnahmegebühr beträgt 30,- € inkl. Verpflegung. Sie ist
vor Ort bar zu entrichten.

Anfahrt

Sie erreichen uns über die A2. An der Anschlussstelle Dortmund-
Nordost verlassen Sie die A2 und folgen der Beschilderung B236
in Richtung Lünen/Dortmund-Brechten.

Am Ende der B236 biegen Sie nach rechts in die Dortmunder
Straße ab und folgen der Straße bis zur zweiten Ampel. An
der zweiten Ampel biegen Sie nach links in Richtung Lünen-
Brambauer auf die Brambauerstraße ab und folgen der Straße
bis kurz nach dem Ortseingang Brambauer. Hier biegen Sie – der
Beschilderung LÜNTEC folgend – rechts ab auf die Straße „Am
Brambusch“ und folgen dem Straßenverlauf, bis Sie auf das
Gelände des Technologiezentrums kommen. Besucherparkplätze
sind ausgeschildert.

Via ÖPNV ab Lünen Hauptbahnhof oder Brambauer Verkehrshof:
Buslinie C6, Haltestelle „Im Berge“ Buslinie C1, Haltestelle „Auf
dem Kelm“



Foto: (c) 2013 takomat GmbH

Wasserinfrastruktur in der Stadt – die unsichtbare Herausforderung

19. Mai 2016

Lünen

Veranstaltung Nr. 048-16

Impressum

Natur- und Umweltschutz-Akademie NRW
Siemensstraße 5, 45659 Recklinghausen
E-Mail: poststelle@nua.nrw.de
Internet: www.nua.nrw.de
Telefon: 02361/ 305-0



*Druck auf 100% Recycling-Papier, ausgezeichnet mit dem
„Blauen Umweltengel“.*

**Die NUA ist eingerichtet im Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz des Landes NRW (LANUV). Sie arbeitet in
einem Kooperationsmodell mit den vier anerkannten Natur-
schutzverbänden zusammen (BUND, LNU, NABU, SDW).**

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



www.nua.nrw.de



Zum Thema

Sauberes und hochwertiges Trinkwasser steht uns immer ausreichend zur Verfügung. Nach dem Gebrauch verschwindet das Abwasser einfach und schnell in der Kanalisation. Diese unsichtbar im Untergrund stattfindende Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung ist eine der wichtigsten Errungenschaften und gleichermaßen eine der größten Herausforderungen bei der Gestaltung der Infrastruktur in unseren Städten.

Seit vielen Jahren wird an technischen Lösungen und innovativen Konzepten geforscht mit dem Ziel flexible und zukunftsfähige Wasserinfrastruktursysteme zu etablieren. In diesen Konzepten wird Abwasser nicht mehr als Abfall, sondern als Wertstoff und Energieträger betrachtet. In dem vom BMBF geförderten Forschungsvorhaben TWIST++(Transitionswege **W**asser **I**nfra**S**truktursysteme) werden in zwei Modellregionen in NRW, in Lünen und am Standort der Zeche Westerholt sowie einer Modellregion in Thüringen vielseitige Aspekte dieser Fragestellungen untersucht.

Die erzielten Ergebnisse beinhalten sowohl technische Weiterentwicklungen als auch neue Planungssoftwares und Bewertungsmethoden bis hin zu Lösungen für die Überwindung rechtlicher und organisatorischer Hemmnisse. Ein wichtiges Element ist die Entwicklung eines Lernspiels (Serious Game), mit dem die komplexen Zusammenhänge verständlich dargestellt werden können.

Die Tagung stellt Lösungsansätze im Kontext von TWIST++ und den Modellregionen vor und richtet sich an alle Akteure, die am Entscheidungs- und Umsetzungsprozess für zukünftige Wasserinfrastruktursysteme in der Stadt beteiligt sind: Kommunen, Architekten, Stadt- und Landschaftsplaner, Planer in der Gebäudetechnik und interessierte Bürger.

Programm

Begleitend zur Veranstaltung präsentieren sich auf einem Marktplatz die Teilprojekte aus TWIST++ mit Postern (technische Entwicklungen, Bewertung, Modellgebiete) und praktischen Anwendungen (Planungssoftwares, Serious Game).

Moderation

Gisela Lamkowsky, NUA NRW

ab 9:30 Uhr

Eintreffen, Anmeldung, Stehkaffee

10:00 Uhr

Begrüßung

Dr. Barbara Köllner, LANUV

Dr. Helmut Löwe, BMBF

10:20 Uhr

Transition von Wasserinfrastruktur – Wo liegen die Herausforderungen?

Dr. Jochen Stemplewski, Emschergenossenschaft/
Lippeverband

10:40 Uhr

Wasserinfrastrukturen für die Städte der Zukunft - Motivation und Inhalte des TWIST++ Projektes

Dr. Harald Hiessl, Projektleitung Fraunhofer ISI Karlsruhe

10:55 Uhr

Highlights aus TWIST++

Kurzvorstellung der Marktstände

- neue Technologien
- Softwares für Planung und Entscheidung
- Serious Game
- Bewertung innovativer Konzepte
- Hemmnisse und Anpassungsbedarf

11:15 Uhr

Kaffeepause

11:45 Uhr

Highlights aus TWIST++ (Fortsetzung)

12:30 Uhr

Transitionswege für den urbanen Raum am Beispiel Lünen

Dr. Thomas Hillenbrand, Fraunhofer ISI Karlsruhe

Prof. Heidrun Steinmetz, TU Kaiserslautern

Claus Externbrink, Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen

13:20 Uhr

Mittagspause

Gelegenheit zum Besuch des Marktplatzes und Austausch mit dem TWIST++ Team

14:50 Uhr

Transitionswege im ländlichen Raum am Beispiel Wohlsborn-Rohrbach – Kandidat der IBA Thüringen

Prof. Jörg Londong, Bauhaus-Universität Weimar

Kirsten Maier, Abwasserzweckverband Nordkreis Weimar

15:30 Uhr

Aus Alt mach Neu – Konversionsflächen für Wohnen und Gewerbe im Modellgebiet „Neue Zeche Westerholt“

Dr. Christian Sorge, IWW Mülheim adR

Kim Troidner, RAG MI GmbH

15:55 Uhr

Der Rahmen für die Umsetzung: Hemmnisse, Anpassungsbedarf und Akzeptanz

Dr. Christian Wilhelm, DWA Hennef

16:20 Uhr

TWIST++: Was bleibt? Wie geht es weiter?

Dr. Thomas Hillenbrand, Fraunhofer ISI Karlsruhe

16:30 Uhr bis 18:00 Uhr

Gelegenheit zum Besuch des Marktplatzes Ende der Veranstaltung

Ansprechpartner:

Dr. Anja Miethke

Wupperverband, Untere Lichtenplatzer Str. 100, 42289 Wuppertal

Telefon: 0202 583-240

Anmeldung:

Bis zum 12. August unter ame@wupperverband.de



Transitionswege WasserInfraStruktursysteme:

Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum



Das Forschungsprojekt TWIST++: Präsentation und Diskussion ausgewählter Ergebnisse

Wupperverband, Wuppertal

Konferenzsaal Klärwerk Buchenhofen, Buchenhofen 45, 42329 Wuppertal

09. September 2016



www.twistplusplus.de

Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung

Hintergrund von TWIST++

Die bestehenden Wasserinfrastruktursysteme müssen weiterentwickelt werden um vor dem Hintergrund langer Nutzungsdauern wichtiger Komponenten (Kanäle, Leitungsnetze) und der damit verbundenen geringen Flexibilität bei gleichzeitiger Änderung wichtiger Rahmenbedingungen kommenden Herausforderungen gerecht zu werden. Für Neubaugebiete wurden neue Techniken und Konzepte bereits in mehreren Forschungs- und Demonstrationsprojekten erprobt, doch auch die bestehenden Systeme müssen angepasst werden. Hier setzte das BMBF-geförderte Verbundvorhaben TWIST++ (Transitionswege Wasser-InfraStruktursysteme) an und entwickelte zukunftsweisende technische Lösungen, die auf intelligente Weise Entsorgungsaufgaben für Abwasser mit Versorgungsaufgaben für Trinkwasser vereinen und die Flexibilität des Gesamtsystems, sich an künftige Veränderungen anzupassen, erhöhen. In einem großen Projektverbund von 16 Partnern wurden deshalb technische Komponenten (weiter-)entwickelt, darauf aufbauend integrierbare Konzepte erarbeitet sowie Planungssoftware erweitert. Wesentliches zusätzliches Ergebnis ist ein sogenanntes Serious Game, das die Zusammenhänge auf leicht verständliche Art erklärt und die künftige Umsetzung der Konzepte erleichtern soll.

Tagesordnung

Moderation: Karl-Heinz Spies, Wupperverband

09:00 Uhr

Begrüßung

Georg Wulf, Wupperverband

09:10 Uhr

Wasserinfrastrukturen für die Städte der Zukunft – Motivation und Inhalte des TWIST++-Projektes

Dr. Thomas Hillenbrand, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

09:20 Uhr

Transitionswege für den urbanen Raum – das Konzept i.WET

Dr. Jutta Niederste-Hollenberg, Dr. Eve Menger-Krug, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

09:40 Uhr

Auswirkungen innovativer Konzepte auf die bestehende Wasserinfrastruktur

a) Kanalnetz und Kläranlage

Prof. Dr. Heidrun Steinmetz, TU Kaiserslautern

b) Trinkwasserversorgung

Dr. Christian Sorge, IWW Mülheim



10:15 Uhr

Diskussion

10:35 Uhr

Kaffeepause

11:00 Uhr

Standardisierte Geodatenhaltung als Basis integrierter Planungssysteme

Dr. Anja Miethke, Wupperverband

11:20 Uhr

Ingenieurssoftware zur Umsetzung integrierter Wasserinfrastrukturkonzepte

Gerald Angermair, Tandler GmbH

11:40 Uhr

Serious Game als Informations- und Fortbildungsinstrument und Planungs- und Entscheidungshilfe in der Wasserwirtschaft

Daniel Schwarz, Takomat GmbH

12:00 Uhr

Diskussion

12:20 Uhr

Der Rahmen für die Umsetzung: Hemmnisse, Anpassungsbedarf und Akzeptanz

Dr. Christian Wilhelm, DWA Hennef

12:40 Uhr

TWIST++: Möglichkeiten zur Umsetzung im Einzugsgebiet der Wupper?!

Prof. Dr. Jörg Londong, Bauhaus-Universität Weimar

Dr. Volker Erbe, Wupperverband

13:00 Uhr

Diskussion

13:20 Uhr

Gemeinsames Mittagessen

14:00 Uhr: Ende der Veranstaltung



15 Anhang 3

Arbeitspapier zur Bewertung der Alternativen Wasserinfrastruktur in Lünen

TWIST++ Arbeitspapier – AP 5

Bewertung der alternativen Wasserinfrastruktur in Lünen (1. Ausbaustufe)

Autoren:

Dr. Dr. Christian Sartorius (Fraunhofer ISI)

Dr. Eve Menger-Krug (Fraunhofer ISI)

Dr. Jutta Niederste-Hollenberg (Fraunhofer ISI)

Dr. Christian Sorge (IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung)

Dr. Thomas Hillenbrand (Fraunhofer ISI)

Stand: November 2016

Inhalt

Abkürzungen	iv
1 Einleitung	1
2 Beschreibung des zu bewertenden Systems	2
3 Bewertung	5
3.1 Ökologische Ziele	5
3.1.1 Belastung durch Nährstoffe (Gewässerschutz): P und N	5
3.1.2 Belastung durch ökotoxikologische Stoffe (Gewässerschutz): Metalle Cu und Zn, Arzneimittel Diclophenac und Biozid Terbutryn	6
3.1.3 Belastung durch sauerstoffzehrende Stoffe (Gewässerschutz): CSB	8
3.1.4 Belastung durch ökotoxische Stoffe (Bodenschutz): Cd, Pb, PAK	9
3.1.5 Emission klimarelevanter Gase (Treibhausgase – THG)	11
3.1.6 Beeinflussung des Mikroklimas (durch bauliche Maßnahmen)	12
3.1.7 Ressourcenverbrauch	13
3.1.8 Ressourcenrückgewinnung	14
3.1.9 Flächenverbrauch (Ver- und Entsorgungsanlagen)	15
3.2 Sicherheitsrelevante Ziele	17
3.2.1 a) Hygiene (Keimzahl)	17
3.2.1 b) Geruch/Trübung	18
3.3 Ökonomische Ziele	19
3.3.1 Aufwendungen: Investitions- und Nettobetriebskosten	19
3.3.2 Flexibilität/Systemwechselbereitschaft	21
3.4 Soziale Ziele	23
3.4.1 Bequemlichkeit (Servicequalität)	23
3.4.2 Wirtschaftliche Belastung (Bezahlbarkeit)	23
3.4.3 Belästigung der Nutzer oder Dritter im Betrieb	24
3.5 Technische Ziele	25
3.5.1 Anfälligkeit für Prozessstörungen (im Normalbetrieb)	25
3.5.2 Auswirkungen eines Versagenszustandes	26

3.5.3	Bereitstellung von Löschwasser	28
3.5.4	Flexibilität bzgl. sich ändernder Rahmenbedingungen	28
3.5.5	Anforderungen an andere Infrastrukturbereiche	29
4	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	32
	Quellen	34

Abkürzungen

AbfKlärV	Klärschlammverordnung
aRWB	Abzuschreibender Restbuchwert
AW	Abwasser
bND	Bilanzielle Nutzungsdauer
BPW	Bruttoproduktionswert
BW	Betriebswasser
C	Symbol für chem. Element Kohlenstoff
CAN	Calciumammoniumnitrat (Trivialname: Kalkammonsalpeter)
CH ₄	Chem. Formel für Methan
GK	Größenklasse
CO ₂	Chem. Formel für Kohlendioxid
Cu	Symbol für chem. Element Kupfer
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DüMV	Düngemittelverordnung
GW	Grauwasser
KRA	Kumulierter Rohstoffaufwand
LF	Leistungsfähigkeit (i.d.R. zwischen 0 und 100%, entspricht Teilnutzwert)
N	Symbol für chem. Element Stickstoff
N ₂ O	Chem. Formel für Lachgas
ÖFL	Ökologische Flächenleistung
P	Symbol für chem. Element Phosphor
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe Heterogene Stoffgruppe, von denen 16 durch Konvention des U.S. EPA als re- präsentativ ausgewählt und als Summenwert analysiert werden (Σ EPA-PAK ₁₆)
PUS	Planungsunterstützungstool
THG	Treibhausgas
TS	Trockensubstanz
TSP	Triplesuperphosphat
TW	Trinkwasser
Zn	Symbol für chem. Element Zink

1. Einleitung

Neben der Entwicklung alternativer Wasser- und Abwasserinfrastrukturen besteht ein Ziel des Projektes TWIST++ darin, diese Alternativen im Vergleich zur bestehenden, konventionellen Infrastruktur zu bewerten (AP 5). Anhand des vorliegenden Entwurfspapieres soll anhand der konkreten Umsetzung im Modellgebiet Lünen dargestellt werden, wie die im Rahmen des Projektes entwickelten technischen Infrastrukturalternativen untereinander und mit der existierenden Referenzinfrastruktur vergleichend bewertet werden können. Hierzu wurde im Vorfeld, in TAP 5.1, die Nutzwertanalyse als geeignetes mehrdimensionales Bewertungsverfahren identifiziert und in TAP 5.2 ein Set von Indikatoren entwickelt, auf Basis derer die Bewertung durchgeführt werden kann.

Die unterschiedlichen Dimensionen der Bewertung werden innerhalb eines dreistufigen Zielsystems abgebildet und mit Kriterien ergänzt. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wird zu jedem Kriterium mindestens ein Indikator als Messgröße identifiziert. Um die Teilnutzwerte der verschiedenen Kriterien vergleichbar zu machen, werden sie mittels Transformationskurven normalisiert; die dafür notwendigen Fixpunkte werden ebenfalls für jeden Indikator angegeben. Die Indikatoren und ihre Verwendung im Rahmen der Nutzwertanalyse wurden im TWIST++ AP 5-Arbeitspapier mit dem Titel "Indikatoren zur Bewertung alternativer Wasserinfrastrukturen im Projekt TWIST++" beschrieben. Im vorliegenden Entwurfspapier wird diese Bewertungsmethodik auf das Modellgebiet Lünen angewendet.

2. Beschreibung des zu bewertenden Systems

In Lünen wurde die Süggelstraße (im Folgenden als „Süggelquartier“ bezeichnet) als Modellgebiet für die Umsetzung von i.WET ausgewählt. Im Rahmen einer ersten Quartiertransformatiionsstufe ist zunächst eine Umsetzung von i.WET in fünf Hochhäusern der Süggelstraße geplant (Süggelstraße 13, 15, 17, 19 und 21), die laut Eigentümer, dem Bauverein Lünen, zur Sanierung anstehen. Jedes Hochhaus umfasst 24 Wohneinheiten, das ergibt 120 Wohneinheiten im gesamten Modellgebiet. Darin wohnen insgesamt rund 250 Personen, d.h. ca. 50 pro Hochhaus.

i.WET beschreibt ein flexibles und integriertes Wasserver- und Abwasserentsorgungssystem, welches die Wiederverwertung von behandeltem Grauwasser und Regenwasser mit Wärmerückgewinnung und der Produktion von Bioenergie kombiniert. Dieses System ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

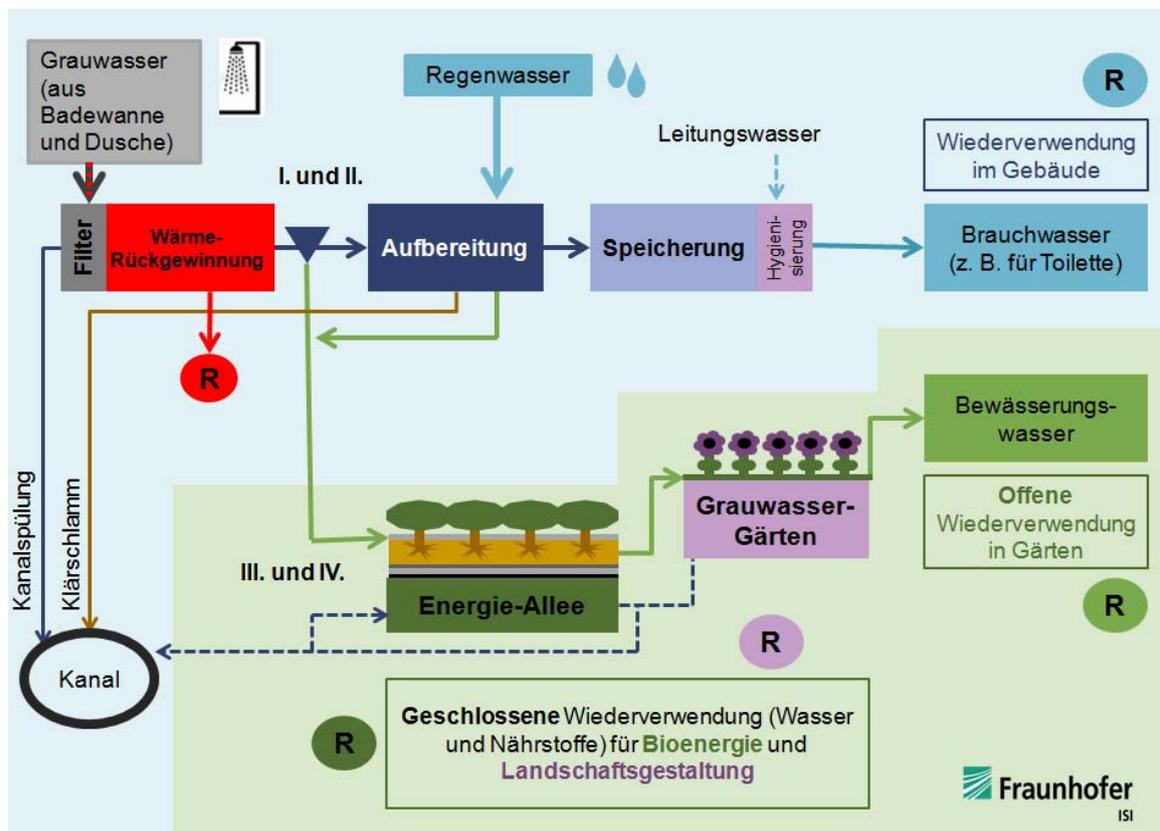


Abbildung 1: Schematische Darstellung von i.WET mit den beiden komplementären Wiederverwendungswegen innerhalb und außerhalb der Gebäude (blau bzw. grün hinterlegt)

Grundsätzlich werden bei i.WET zwei Wiederverwendungspfade unterschieden. Die technische Aufbereitung von Grau- und Regenwasser im Gebäude (I.) inklusive Wärmerückgewinnung (II.) werden als „blauer“ Wiederverwendungspfad bezeichnet. Der „grüne“ Wiederverwendungspfad umfasst die naturnahe Aufbereitung im Außenbereich zu Bewässerungswas-

ser (III. und IV.) inklusive Bioenergieproduktion und weiteren Ökosystemdienstleistungen. Die Elemente der Wiederverwendung werden im Folgenden genauer erläutert:

(I) Grauwasserrecycling und Regenwassernutzung

Innerhalb des Gebäudes wird im Rahmen von i.WET Regenwasser und Grauwasser technisch zu Brauchwasser aufbereitet, so dass Letzteres z.B. für die Toilettenspülung oder Waschmaschine verwendet werden kann. Bei i.WET erfolgt die Wasseraufbereitung nach Bedarf, das heißt, dass zunächst Regen- und, wenn erforderlich, auch Grauwasser nur im erforderlichen Umfang zu Betriebswasser aufbereitet werden. Dadurch wird der Energieverbrauch der Anlage möglichst gering gehalten. Nicht verwendetes Regen- und Grauwasser stehen für eine Aufbereitung im Außenbereich (d.h. Energieallee, Grauwassergarten) zur Verfügung (Fraunhofer ISI 2015).

(II) Wärme-Recycling aus Grauwasser

Die im Grauwasser gespeicherte thermische Energie wird mittels eines Wärmetauschers zurückgewonnen und dazu verwendet, Frischwasser vor der eigentlichen Warmwasserbereitung vorzuwärmen.

(III) Energie-Allee und (IV) Grauwassergarten

Die Energie-Allee stellt die Kerntechnologie des „grünen“ Wiederverwendungswegs dar. Das Grau- und Regenwasser, welches nicht als Betriebswasser im Gebäude benötigt wird, wird mit der Energie-Allee, d.h. einem Bodenfilter, im Außenbereich naturnah aufbereitet. Außerdem erfolgt eine Wiederverwertung von Nährstoffen und Wasser (z.B. für Gartenbewässerung, Kanalspülung) im Zuge einer Kurzumtriebsplantage, die zeitgleich die Gewinnung von Bioenergie ermöglicht. Des Weiteren stellt die Energie-Allee ein landschaftsgestaltendes Element dar, welches in Wohngebiete integriert oder als Straßenbegleitgrün installiert werden kann. Durch die Energie-Allee gereinigtes und nicht von den Pflanzen aufgenommenes Wasser, kann gesammelt und z. B. zur Bewässerung von Grauwassergärten verwendet werden, die nicht der Biomassegewinnung, sondern vorwiegend ästhetischen und ökologischen Zwecken dienen.

Neben dem schwach belasteten Grauwasser aus Duschen, Badewannen und Handwaschbecken, das mit i.WET recycelt wird, fallen im Gebäude auch noch stark belastetes Grauwasser (z. B. Küchenabwässer) und Schwarzwasser (Abwässer aus Toiletten) an. Diese Abwasserteilströme müssen weiterhin in das Kanalsystem geleitet und anschließend in Kläranlagen aufbereitet werden. i.WET kann somit das bestehende Abwasserentsorgungssystem nicht gänzlich ersetzen, sondern kann als Ergänzung angesehen werden, mit der auf der einen Seite Trinkwasser eingespart und auf der anderen Seite das Abwassersystem entlastet werden kann. Die Implementierung von i.WET setzt also ein zumindest teilweise weiterbestehendes Kanalsystem voraus. Dieses kann in der hier bewerteten ersten Ausbaustufe (= erste Phase der Transformation) aus einem konventionellen Abwasserkanal bestehen, an

dessen Ende das Abwasser konventionell behandelt wird, oder, in einer weiteren Ausbaustufe (= zweite Phase der Transformation), aus einem Kanal mit Unterdruckentwässerung, der die Möglichkeit zur energieeffizienteren, anaeroben Abwasserbehandlung eröffnet.

Zusätzliche Vermaschung des Trinkwassernetzes

Jenseits der genannten Innovationen seitens der Entsorgung und Behandlung von Abwasser wird im Trinkwassernetz der Stadt Lünen eine zusätzliche Vermaschung dergestalt durchgeführt, dass aktuell vereinzelt auftretende Stagnation vermieden wird. Die Stagnationsbereiche, die aktuell nach Modellrechnungen ca. ein Zehntel der Haushalte betreffen, können, wie in Abbildung 2 dargestellt, durch das Herstellen von zusätzlichen Verbindungen zwischen einzelnen Netzabschnitten und die gezielte Anpassung von Leitungsquerschnitten in einzelnen Netzabschnitten vollständig vermieden werden.



Abbildung 2: Trinkwassernetzabschnitte in Lünen mit Stagnationswahrscheinlichkeit (rote Abschnitte) vor (linke Karte) und nach zusätzlicher Vermaschung und Querschnittsanpassung (rechte Karte)

Um Kosten und Ressourcen zu sparen, wird diese Maßnahme über einen längeren Zeitraum hinweg im Rahmen der üblichen Instandhaltung durchgeführt. Dadurch wird sie voraussichtlich nicht zum Ende der ersten, sondern eher der zweiten Ausbaustufe von i.WET fertiggestellt sein. Daher erfolgt die Bewertung dieser Anpassung der TW-Infrastruktur getrennt von den Veränderungen der ersten Ausbaustufe des innovativen Sanitärsystems.

3. Bewertung

3.1. Ökologische Ziele

3.1.1. Belastung durch Nährstoffe (Gewässerschutz): P und N

Die Umsetzung von i.WET zielt auf die innovative Behandlung (eines Teils) des Abwassers ab; daher spielt die Reduzierung des Nährstoffgehaltes eine wichtige Rolle. Relevant für die Bewertung sind die Frachten von Phosphor (P) und Stickstoff (N) pro Einwohner(wert) im Ablauf, wobei im Prinzip zwei Übergabepunkte in die Umwelt identifiziert werden können: der Ablauf der Kläranlage, der das schwere Grauwasser und das Schwarz- und Gelbwasser zugeführt werden, sowie der Ablauf von Energieallee und ggf. Grauwassergarten, wo nur Regen- und leichtes Grauwasser behandelt werden. Da der Anteil der Nährstofffrachten im letzten der beiden Ströme gering ist und diese außerdem dem Grauwasser in der Energieallee weitestgehend entzogen werden, wird für die Bewertung nur die Nährstoffeliminierung in der Kläranlage als relevant angesehen. In diesem Zusammenhang unterscheidet sich i.WET dahingehend von der konventionellen Abwasserbehandlung, dass die der Kläranlage zufließende Nährstofffracht zwar im Wesentlichen unverändert ist, die Nährstoffkonzentration im Zufluss aber größer ist. Ursache dafür ist, dass durch die Grauwassernutzung in i.WET das Wasservolumen, welches als Trink- oder Regenwasser den Häusern im Süggelquartier zugeführt und entsprechend mit dem Abwasser wieder ausgeschleust wird, geringer ist als in Häusern mit konventioneller Wasserver- und Abwasserentsorgung. Bezüglich der Kläranlage wird davon ausgegangen, dass diese ohne zusätzliche Maßnahmen in der Lage ist, die Nährstoffe auch aus dem höher konzentrierten Abwasser so zu eliminieren, dass die sonst üblichen Ablaufkonzentrationen eingehalten werden. Die Ablauffracht wird dadurch im Vergleich zum konventionellen System in dem Maße (d.h. proportional) reduziert wie auch das Volumen reduziert wird.

Bewertung des konventionellen Systems

Für die Ermittlung der Transformationskurve, die eine Übersetzung der Ablauffrachten in entsprechende Werte der Leistungsfähigkeit (LF) erlaubt, werden, wie in der Anleitung zur Umsetzung der Bewertung (Sartorius et al. 2015) dargestellt, 800 g N und 62 g P pro EW und Jahr als Durchschnittsfrachten im Ablauf und damit als Referenzwerte angesehen und mit einer Leistungsfähigkeit von 50% gleichgesetzt. Eine Ablauffracht von 0 würde annahmegemäß 100% LF entsprechen, wobei die LF mit sinkender Fracht proportional steigt. Als Referenz für das Modellgebiet Lünen wird nun aber nicht dieser deutschlandweite Durchschnittswert verwendet, sondern die Ablauffrachten, die für eine Kläranlage der Größenklasse (GK) 5 gelten, wie sie in Lünen für das Modellgebiet relevant ist. Dafür betragen die im Leistungsvergleich der DWA (2010) genannten Frachten 767 g N bzw. 38 g P pro EW und Jahr. Das entspricht LF-Werten von 52,1% für die N- und 69,4% für die P-Eliminierung (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Nährstofffrachten im Ablauf der Kläranlage und daraus abgeleitete Bewertung

Nährstoff	Konventionelle Abwasserbehandlung in Deutschland		Konventionelle Abwasserbehandlung in Lünen (GK5)		Innovative Abwasserbehandlung in Lünen	
	Fracht (g/E/a)	LF (%)	Fracht (g/E/a)	LF (%)	Fracht (g/E/a)	LF (%)
N	800	50	767	52,1	685	57,2
P	62	50	38	69,4	34	72,6

Die in der Bewertungsanleitung bei Berücksichtigung der direkten Nährstoffeinträge aus der Kanalisation genannten Referenzwerte von 93 g P bzw. 831 g N werden hier nicht berücksichtigt, da unklar ist, welchen Einfluss der Regenwasserrückhalt in der Energieallee auf diese Einträge hat. Erst wenn in einer späteren Ausbaustufe Regenwasser flächendeckend den dann existierenden Energiealleen zugeführt und schweres Grau- und Schwarzwasser mittels Vakuumkanalisation der Kläranlagen zugeführt würde, kann davon ausgegangen werden, dass Nährstoffeinträge aus der Kanalisation nicht mehr erfolgen. Nur in diesem Fall wäre die Anwendung des entsprechenden höheren Referenzwertes sinnvoll.

Bewertung von i.WET

Zur Berechnung der veränderten Nährstofffrachten im Modellgebiet Lünen wird berücksichtigt, dass durch die Betriebswassernutzung das den Haushalten von außen zugeführte Wasser und damit auch das der Kanalisation (und damit der Kläranlage) zugeführte Abwasservolumen um 27% reduziert wird. Außerdem macht im Modellgebiet der häusliche Abwasserstrom 40% des Gesamtabwasserstroms aus. Da angenommen wird, dass das Kläranlagenablaufvolumen in gleichem Umfang reduziert wird und die Ablaufkonzentrationen dennoch konstant gehalten werden können, reduzieren sich die Ablaufrachten für N und P auf 685 bzw. 34 g/EW/a, was LF-Werten von 57,2 bzw. 72,6% entspricht. Für die Nährstoffe insgesamt betragen die arithmetischen Mittelwerte 60,8% für die konventionelle Infrastruktur und 64,9% für i.WET.

3.1.2. Belastung durch ökotoxikologische Stoffe (Gewässerschutz): Metalle Cu und Zn, Arzneimittel Diclophenac und Biozid Terbutryn

Von den für den Gewässerschutz aus ökotoxikologischer Perspektive grundsätzlich als relevant erachteten Stoffen Cu, Zn, Diclophenac und Terbutryn sind die beiden ersten für die Bewertung von i.WET auf jeden Fall relevant, da die mit dem Regenwasser von entsprechenden Oberflächen abgespülten Mengen einen großen Teil der Frachten ausmachen, die in konventionellen Abwasserinfrastrukturen gesammelt und den Kläranlagen zugeführt werden. Gleiches gilt für Terbutryn, das ebenfalls überwiegend durch das Niederschlagswasser dem Abwasserstrom zugeführt wird. Im Gegensatz dazu ist Diclophenac in Regenwasser i.d.R. nicht und in Grauwasser nur in sehr geringem Umfang (z.B. durch Abwaschen von Diclophenac enthaltenden Hautcremes) enthalten. Dagegen gelangen mehr als 97% des Gesamteintrags an Diclophenac mit dem Urin über das Schwarzwasser ins Abwasser. Diclo-

phenac ist daher für die Bewertung insbesondere der hier betrachteten ersten Ausbaustufe nicht relevant.

Bewertung des konventionellen Systems

Da für die Elimination von Cu, Zn und Terbutryn keine für die Verhältnisse im Modellgebiet Lünen spezifischen Daten vorliegen, können der Bewertung der konventionellen Infrastruktur nur die in Tabelle 2 angegebenen durchschnittlichen Eliminationsraten zugrunde gelegt werden. In einer Mischabwasserkanalisation, wie sie im Modellgebiet vorliegt, sind dabei die Werte für "Komm. Kläranlagen + Kanalisation" relevant. Diese entsprechen unmittelbar der jeweiligen Leistungsfähigkeit der konventionellen Infrastruktur.

Tabelle 2: Eintragspfadabhängige Eliminationsraten (in %) für ausgewählte ökotoxikologische Stoffe und die daraus abgeleiteten Bewertungen (Erläuterungen in Sartorius et al. 2015)

Eintragspfad	Cu	Zn	Terbutryn	Diclophenac
Kommunale Kläranlagen	88	79	30	40
Komm. Kläranlagen + Kanalisation	20	19	17	39
LF der konventionellen Infrastruktur	20	19	17	39
Anteil der Schadstofffracht aus dem Regenwasser, der i.WET zugeführt wird	43	19	1	0
Anteil der Schadstofffracht aus dem gesamten Ab- und Regenwasser, der i.WET zugeführt wird	21	12	0,1	0
Komm. Kläranlage (inkl. Kanalisation) + i.WET	37	29	17	39
LF von i.WET (+ konv. Infrastruktur)	37	29	17	39

Bewertung von i.WET

Zur Bewertung von i.WET wird unterstellt, dass der Anteil der ökotoxikologischen Stoffe, der in die Energieallee gelangt, dort im Zuge der Bodenpassage adsorbiert oder von den Pflanzen aufgenommen wird. Dieser Anteil wird in i.WET vollständig eliminiert und gelangt daher nicht in die Kanalisation und die angeschlossene Kläranlage. Die Eliminationsleistung der Energieallee addiert sich folglich zur Eliminationsleistung der kommunalen Kläranlage. Dabei ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass bei der Aufbereitung des gesammelten Regenwassers ein Teil der Schadstoffe im Klärschlamm bzw. Filterrückstand der Anlage gebunden und der Kanalisation zugeführt wird. Dadurch ist der Anteil der Schadstoffe, die in die Energieallee gelangen, kleiner als wenn das Regenwasser unbehandelt in die Energieallee geleitet würde. Allerdings ist dieser Aspekt nur relevant, wenn das Regenwasser von größeren Flächen in Energiealleen behandelt würde, was in der ersten Ausbaustufe von i.WET aber nicht der Fall ist. Daher wird hier nur Regenwasser betrachtet, welches zum Zwecke der Aufbereitung gesammelt wurde. Für diesen Wasser(teil)strom liegt der Anteil der in der Energieallee zurückgehaltenen Schadstofffrachten zwischen 43% für Cu und 1% für Terbutryn.

Bezogen auf den gesamten Abwasserstrom der Haushalte im Sügge Quartier (d.h. einschließlich Schwarz- und schwerem Grauwasser) liegen die auf die Energieallee zurückzuführenden Eliminationsraten naturgemäß deutlich niedriger (s. Tabelle 2), weil die Schadstofffrachten in diesen Wasserteilströmen von vorneherein nicht der Energieallee, sondern dem Mischabwasserkanal zugeführt werden. In der Gesamtschau müssen diese niedrigen Eliminationsraten dann aber durch die Eliminierungsleistung ergänzt werden, die weiterhin in der kommunalen Kläranlage stattfindet. Es ergeben sich folglich Gesamteliminationsraten zwischen 37% für Cu und 17% für Terbutryn, die unmittelbar den LF-Werten entsprechen (siehe Tabelle 2). Dass sich die Eliminationsraten für Terbutryn im konventionellen System und in i.WET fast nicht unterscheiden, ist darauf zurückzuführen, dass entlang des betrachteten Regenwasserpfades nur 1% der Terbutrynfracht in die Energieallee gelangt – 99% werden letztlich konventionell behandelt. Dieses Verhältnis würde sich deutlich ändern, wenn das Regenwasser – in einer späteren Ausbaustufe – auch unbehandelt in die Energieallee gelangen würde.

Der Gesamtwert der LF im Bereich der ökotoxikologischen Stoffe ermittelt sich als arithmetischer Mittelwert der Einzelwerte und beträgt 23,8% für die konventionelle Infrastruktur und 30,5% für i.WET.

3.1.3. Belastung durch sauerstoffzehrende Stoffe (Gewässerschutz): CSB

Die Logik bei der Bewertung von i.WET hinsichtlich der Eliminierung von CSB ist analog der Logik bei der Nährstoffeliminierung (s. Kap. 3.1.1). Da das der Energieallee zugeführte leichte Grau- und Regenwasser nur einen im Verhältnis zum gesamten Abwasser geringen CSB aufweist, resultiert die Wirkung von i.WET auf den CSB fast ausschließlich darauf, dass das Volumen des zur Kläranlage gelangenden Abwassers geringer ist als bei Anschluss an die konventionelle Abwasserinfrastruktur. Das bedeutet bei unveränderter CSB-Konzentration im ebenfalls unveränderten Ablaufvolumen, dass ein größerer Teil der Fracht eliminiert wird.

Bewertung des konventionellen Systems

Die Transformationskurve, die eine Übersetzung der CSB-Ablaufmengen in entsprechende LF-Werte erlaubt, basiert auf einer Geraden, die durch zwei Punkte bestimmt ist: 100% LF, wenn keinerlei CSB emittiert würde und 0% LF wenn die CSB-Emissionen den gesetzlichen Grenzwert voll ausschöpfen. Wie in Tabelle 3 dargestellt, emittiert eine Kläranlage der GK 5, wie sie auch in Lünen betrieben wird, im deutschen Durchschnitt 2,54 kg CSB pro EW und Jahr, was bei einer durchschnittlich angeschlossenen EW-Zahl von 62,79 Mio. und einer behandelten Abwassermenge von 4,72 Mrd. m³ einer durchschnittlichen CSB-Konzentration im Ablauf von 33,8 mg/l entspricht. Damit wird der Grenzwert von 75 mg/l zu 45% ausgeschöpft, was einer LF von 55% entspricht.

Anders gerechnet entspräche die vollständige Ausschöpfung des Grenzwertes von 75 mg/l bei der angegebenen EW-Anzahl und Abwassermenge einer durchschnittlichen CSB-Fracht von 5,64 kg/(EW*a). Mit einer tatsächlichen CSB-Fracht von 2,54 kg/(EW*a) wird die maxi-

mal zugelassene Fracht natürlich ebenfalls zu 45% ausgeschöpft, was wieder einem LF von 55% entspricht. Diese alternative Berechnungsweise ist trotz der Gleichheit des Ergebnisses wichtig, weil bei der Bewertung im konkreten Fall auf die Änderung der Fracht und nicht die Änderung der Konzentration abgehoben wird.

Tabelle 3: Tatsächliche CSB-Frachten und CSB-Grenzwerte für Kläranlagen verschiedener Größenklassen und deren gewichteten Mittelwert.

	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5	Mittelwert
Tatsächliche CSB-Fracht (lt. DWA 2011) (kg/(EW*a))	3,58	3,07	2,39	2,17	2,54	2,42
CSB-Grenzwert (lt. AbwV) (mg/l)	150	110	90	90	75	92,9
Jahresabwassermengen (Mio. m ³)	113	528	511	4.114	4.722	9.988
Angeschlossene EW (Mio.)	1,11	4,51	4,90	46,37	62,79	119,68
Dem Grenzwert entsprechende CSB Fracht (kg/(EW*a))	15,27	12,88	9,39	7,98	5,64	7,75

Wird zusätzlich noch die CSB-Fracht im Regenwasser berücksichtigt, so ändert sich an dieser LF nichts, da die Fracht nur um wenige Prozent steigt und unterstellt werden kann, dass sich die Ablaufkonzentration dadurch nicht ändert.

Die CSB-Fracht, die darüber hinaus im Falle von Starkniederschlägen aus der Kanalisation abgeschlagen wird, braucht bei Betrachtung der ersten Ausbaustufe von i.WET nicht berücksichtigt zu werden, da dieser Teil des (konventionellen) Abwassersystems von i.WET nicht beeinflusst wird.

Bewertung von i.WET

Wie im Fall der Nährstoffe (Kap. 3.1.1) kann auch im vorliegenden Fall davon ausgegangen werden, dass durch i.WET das der kommunalen Kläranlage zugeführte häusliche Abwasservolumen um 11% reduziert wird. Dies impliziert bei entsprechend reduziertem Ablaufvolumen und unveränderter Ablaufkonzentration eine Reduktion der Ablauffracht um ebenfalls 11%. Diese reduziert sich dadurch von 2,54 auf 2,26 kg CSB pro Einwohner und Jahr und die LF steigt von 55,0 auf 60,0%.

3.1.4. Belastung durch ökotoxische Stoffe (Bodenschutz): Cd, Pb, PAK

Ein großer Teil der Schadstoffe, die in der Kläranlage aus dem Abwasser entfernt werden, verbleibt im Klärschlamm und wird bei landwirtschaftlicher Nutzung in den Boden eingetragen (→ Bodenschutz). Teilweise (vor allem bei Cd) wird dieser negative Effekt dadurch reduziert, dass durch die Klärschlammverwertung Mineraldünger ersetzt werden, die ihrerseits schadstoffkontaminiert wären. i.WET wirkt auf diese Schadstoffbelastung des Bodens in dreifacher Weise:

- Der Teil der Schadstoffe, der in die Energieallee gelangt und nicht als Restwasser wieder der Kanalisation zugeführt wird, wird von den Energiepflanzen aufgenommen und entlastet in diesem Umfang die kommunale Kläranlage und damit letztlich die Böden.
- Das Bewässerungswasser am Ende der Energieallee ist in geringerem Umfang schadstoffbelastet und belastet in diesem Umfang unmittelbar die Böden.
- Die Düngewirkung des Grauwassers (und in geringerem Umfang des Regenwassers) substituiert Mineraldünger und die darin enthaltenen Schadstoffe.

Bewertung des konventionellen Systems

Würde in Lünen der gleiche Anteil des Klärschlammes landwirtschaftlich verwertet wie bundesweit, dann würden dadurch die Grenzwerte für Cd, Pb und PAK zu 52%, 25% bzw. 66% ausgeschöpft, was LF-Werten von 48, 75 bzw. 34% entspräche. Tatsächlich wird der Klärschlamm aus Lünen verbrannt und die Asche deponiert, so dass es zu keiner Kontamination des Bodens kommt. Daher ist im Modellgebiet in Lünen dem konventionellen System die LF von 100% zuzuordnen.

Bewertung von i.WET

Für die Bewertung der Schadstoffbelastung des Bodens im Modellgebiet Lünen wurde zuerst ermittelt, welcher Anteil der Schadstoffe Cd, Pb und PAK mit dem leichten Grau- und Regenwasser in die Energieallee geleitet. Bis auf den Anteil dieser Schadstoffe, die am Ende die Energieallee als Restwasser verlassen und wieder der Kanalisation zugeführt werden (und daher von der anfänglich entzogenen Menge subtrahiert werden müssen), sind diese Schadstoffe (d.h. 46% des Cd und knapp 6% des Pb und der PAK) dem konventionellen System entzogen und leisten auf diesem Weg keinen Beitrag zur Schädigung des Bodens. Da im konventionellen System der Klärschlamm nicht landwirtschaftlich verwertet wird und daher den Boden nicht schädigt, kommt dieser Effekt bei i.WET nicht zum Tragen.

26%, 14% bzw. knapp 2% der Cd-, Pb- bzw. PAK-Frachten, die i.WET zugeführt und nicht am Ende der Energieallee wieder der Kanalisation zugeführt werden, gelangen mit dem erzeugten Bewässerungswasser direkt in den Boden. Demgegenüber ersetzt die Düngewirkung des Grau- (und Regen)wassers Mineraldünger und reduziert dadurch Cd- und Pb-Immissionen (kein PAK) im Umfang von 67% bzw. 4% der in i.WET behandelten Mengen. Das bedeutet, dass deutlich mehr Cd-Immissionen substituiert (d.h. vermieden) werden als durch die Bewässerung verursacht werden. Bei Pb und PAK sind die netto den Boden belastenden Mengen zwar positiv, aber viel geringer, weil von vorne herein der i.WET zugeführte Anteil deutlich geringer ist. Das bedeutet, dass die Belastung des Bodens durch i.WET im Falle von Cd negativ und in den anderen Fällen im Verhältnis zu den Grenzwerten der DÜMV und der BBodSchV sehr gering ist. Daraus resultieren für Cd, Pb und PAK LF-Werte von 109,7, 99,9 bzw. 99,9%, im Durchschnitt also eine Leistungsfähigkeit von 103,2% (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Belastung des Bodens durch ökotoxikologische Schadstoffe und die entsprechende Bewertung im Modellgebiet und im deutschen Durchschnitt

Schadstoff	Grenzwert		Deutschland (Durchschnitt)		i.WET in Deutschland		Lünen konventionell		i.WET im Modellgebiet Lünen	
	(g/t TS)	(mg/EW)	Fracht (mg/EW)	LF (%)	Fracht (mg/EW)	LF (%)	Fracht (mg/EW)	LF (%)	Fracht (mg/EW)	LF (%)
Cd	1,5	11	6	48,1	2	81,5	0	100	-1,1	109,7
Pb	150	1107	271	75,5	257	76,8	0	100	1,5	99,9
PAK	10	74	49	34,0	46	37,6	0	100	0,0	99,9
Mittel				52,5		65,3		100		103,2

Würde i.WET in einem Gebiet installiert, dessen Abwasserentsorgung dem deutschen Durchschnitt (mit Verwertung von 48% des Klärschlammes) entspräche, so wäre sein Vorteil wegen des der kommunalen Kläranlage vorenthaltenen Schadstoffanteils deutlich größer. Sein LF-Wert betrüge im Durchschnitt 65,3% (gegenüber 52,5% für die konventionelle Alternative; vgl. Tabelle 4)

3.1.5. Emission klimarelevanter Gase (Treibhausgase – THG)

Relevante Mengen an THG entstehen im Rahmen der Wasserver- und Abwasserentsorgung im Zusammenhang mit der Bereitstellung und Nutzung der für Gewinnung, Verteilung und Aufbereitung des Wassers sowie die Sammlung und Behandlung des Abwassers erforderlichen (fossilen) Energieträger. Außerdem werden entsprechend dem Vorgehen im Nationalen Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar (UBA 2014) die unmittelbaren CH₄ und N₂O- (nicht CO₂-)¹ Emissionen einbezogen, die unmittelbar im Behandlungsprozess (Belüftung, Faulung, Denitrifikation) entstehen. Gleiches gilt für die Biomasseerzeugung (z.B. in der "Energieallee"), die zu einer entsprechenden CO₂-Gutschrift führt. (Faulungs-)Prozesse in der Kanalisation und dadurch ggf. verursachte Methan-Emissionen werden dagegen wegen fehlender Daten nicht berücksichtigt.

Bewertung des konventionellen Systems

Für die konventionelle Wasserver- und Abwasserentsorgung in Lünen werden die gleichen THG-Emissionsquellen unterstellt wie im deutschen Durchschnitt (vgl. Bewertungsanleitung):

- 12,7 kg/(EW*a) CO₂ für den für die Trinkwasserversorgung benötigten Strom
- 18,4 kg/(EW*a) CO₂ für den für die Abwasserentsorgung benötigten Strom (GK 5)
- 19,6 kg/(EW*a) CO₂-Äquivalente für die N₂O-Emissionen aus der De-/Nitrifikation der Kläranlage

¹ Vgl. Bewertungsanleitung (Sartorius et al. 2015).

Die THG-Emissionen aus der Klärschlammverwertung werden nicht berücksichtigt, weil der Klärschlamm aus Lünen verbrannt und deponiert wird.

Insgesamt ergeben sich daraus für die konventionelle Wasserver- und Abwasserentsorgung in Lünen um 1,1 kg/(EW*a) niedrigere Emissionen von CO₂-Äquivalenten als im Referenzfall (51,8 kg/(EW*a)) und damit ein LF-Wert von 51,1%.

Bewertung von i.WET

Gegenüber dem konventionellen System wird beim Einsatz von i.WET im Süggelquartier berücksichtigt, dass

- für den Betrieb der Grau- und Regenwasseraufbereitung und -wiederverwendung sowie die Ernte der Biomasse zusätzlicher Strom verbraucht wird;
- für die Wasserver- und Abwasserentsorgung im Umfang des aus der Brauchwassernutzung resultierenden Minderverbrauchs weniger Strom verbraucht wird;
- die in i.WET produzierte Biomasse CO₂ bindet (→ Gutschrift);
- die in der Energieallee von den Pflanzen verwerteten Nährstoffe Düngemittel substituieren, die ebenfalls THG-Emissionen verursacht hätten;
diese vier Punkte zusammen ergeben Mehremissionen von 0,2 kg/(EW*a);
- durch die geringere der Kläranlage zugeführte Stickstofffracht im Zuge der De-/Nitrifikation in der Kläranlage weniger N₂O emittiert wird (das ergibt Minderemissionen in Höhe von 0,4 kg/(EW*a) CO₂-Äquivalenten) und
- die aus dem Grauwasser zurückgewonnene Wärmemenge den Aufwand an Wärmeenergie für die Warmwasserversorgung und daraus resultierende CO₂-Emissionen um 48 kg/(EW*a) reduziert.

In der Summe führen diese Effekte dazu, dass die Wasserver- und Abwasserentsorgung mit Emissionen von nur noch 2,5 kg/(EW*a) CO₂-Äquivalenten fast klimaneutral werden. Die LF beträgt dadurch 97,6%.

3.1.6. Beeinflussung des Mikroklimas (durch bauliche Maßnahmen)

Gemäß Bewertungsanleitung ist hier vorgesehen, eine qualitative Diskussion der Vor- und Nachteile des konventionellen und innovativen Systems hinsichtlich Mikroklimawirksamkeit anhand der Indikatoren versiegelte Fläche, typische Lage, Wärmeausstoß und Gebäudekubatur durchzuführen. Die Bewertung soll dann anhand eines Bonus-Malus-Systems erfolgen, bei dem ausgehend von LF = 50% folgende Zu und Abschläge getätigt werden:

- Versiegelung von >5% eines Kaltluftentstehungsgebietes → -10% LF;
- Versiegelung von >50% eines Kaltluftentstehungsgebietes → -20% LF;
- Freisetzung zuvor versiegelter Kaltluftentstehungsgebiete → +10% (+20%) LF;
- Baukörper mit Breite ≤20% der Breite einer Luftleiterbahn → -10% LF;
- Baukörper mit Breite >20% der Breite einer Luftleiterbahn → -20% LF;

- Freisetzung entsprechender zuvor verbauter Luftleiterbahnen → +10% (+20%) LF.

Im Modellgebiet Lünen werden im Zuge des Einsatzes von i.WET weder Gebiete versiegelt, noch Baukörper erstellt, die sich auf das Mikroklima auswirken könnten. Da die bestehende Abwasserentsorgung zumindest in der ersten Ausbaustufe vollständig bestehen bleibt, ist an dieser Stelle auch keine Entlastung dahingehend zu erwarten, dass aufgrund der Einführung von i.WET bestehende Strukturen im konventionellen System zurückgebaut werden könnten. Es bliebe also für beide Infrastrukturen, die konventionelle und die innovative bei einer LF von 50%.

Trotzdem sind wir (ISI) überzeugt, dass insbesondere die Energieallee als "grüne Lunge" mit vor allem im Sommer temperatursenkender und feuchtigkeitssteigernder Funktion durchaus eine positive Wirkung auf das Mikroklima haben kann. Wir versuchen deshalb, auf der Grundlage des Evapotranspirationspotenzials eine Ergänzung des Mikroklima-Indikators zu entwickeln, der diesen Vorteilen Rechnung tragen könnte. Einstweilen gelten aber die oben gemachten Aussagen und Bewertungen

3.1.7. Ressourcenverbrauch

Wie in der Bewertungsanleitung dargestellt, wird der Ressourcenverbrauch zwecks angemessener Gewichtung der verschiedenen Ressourcen in monetärer Form, d.h. in Euro dargestellt. Dennoch spiegelt dieser Indikator nicht einfach das Ergebnis der Kostenermittlung im ökonomischen Teil (in Kap. 3.3.1) der Bewertung, weil auf die Kosten fokussiert wird, die auf Ressourcenverbrauch zurückzuführen ist. Das sind, wie in der Bewertungsanleitung dargestellt, die Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, insbesondere Energie (d.h. Strom und Wärme). Obwohl ebenfalls mit einem substanziellen Ressourcenverbrauch verbunden, wird die Bauphase, d.h. die Investitionskosten, nicht mit einbezogen, da die teilweise pauschalen Investitionskostensätze, die bspw. für die Sanierung des Mischabwasserkanals oder die Verlegung eines neuen Schmutzwasserkanals zum Ansatz kämen, eine Reihe von Elementen (z.B. Lohnkosten, Wertschöpfung inkl. verwendetes Knowhow) aufweisen, die keine Rohstoffe darstellen.. Andere Kosten wie Personalkosten oder unterstützende Dienstleistungen werden ebenfalls nicht berücksichtigt, obwohl auch sie zweifellos einen Ressourcenverbrauch nach sich ziehen; eine unmittelbare Zuordnung (eines Teils) dieses Ressourcenverbrauchs zur Wasserver- und Abwasserentsorgung wäre aber kaum möglich. Aus diesem Grund ist, wie sich noch zeigen wird, der Wert der letztlich pro Einwohner und Jahr verbrauchten Ressourcen auch deutlich niedriger als der entsprechende Wert der gesamten Wasserver- und Abwasserentsorgung.

Bewertung des konventionellen Systems

Für die Ermittlung der Kosten für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe wird der in der Bewertungsanleitung beschriebene Ansatz mit den dort angegebenen Zahlen verwendet. Hinzu kommen die Investitionskosten für das Referenzszenario ohne i.WET, in dem der Mischabwasserkanal saniert und zusätzlich ein Schmutzwasserkanal neu gebaut wird. Damit ist die Abwas-

serentsorgung berücksichtigt. Investitionen zur Trinkwasserversorgung und Abwasserbehandlung bleiben dagegen unberücksichtigt, weil sie von der Einführung von i.WET nicht betroffen und in beiden Fällen identisch sind. Die Zahlen im Einzelnen sind in Tabelle 5 aufgeführt und resultieren für die konventionelle Infrastruktur in 18,23 EUR pro Person und Jahr.

Tabelle 5: Bewertung des Ressourcenverbrauchs von i.WET und der konventionellen Alternative anhand der entsprechenden Kosten (in EUR/EW/a)

Art der Kosten	Konventionell	i.WET
Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	15,05	
... abzügl. Einsparungen f. reduzierte Wassernutzung in i.WET		11,66
Mehraufwand für Betrieb d. Grau- u. Regenwasseraufbereitung		+2,16
Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung aus Grauwasser		- 7,50
Kosten für Rohwasser	+3,19	+2,34
Betriebsmittelkosten, gesamt	18,24	8,66
Leistungsfähigkeit LF	50,0%	76,2%

Bewertung von i.WET

Die Ressourcenkosten der Wasserver- und Abwasserentsorgungsinfrastruktur im Fall des Einsatzes von i.WET werden ausgehend von den Ressourcenkosten der konventionellen Infrastruktur anhand folgender Zu- und Abschläge berechnet (vgl. auch Tabelle 5):

- Einsparung an Betriebsmitteln (insbes. Energie) für die reduzierte Inanspruchnahme von Trinkwasser und die Behandlung eines entsprechend geringeren Abwasservolumens,
- Zusätzlicher Einsatz von Energie (Strom) für den Betrieb der Grau- und Regenwasseraufbereitung und die Verteilung des daraus hergestellten Betriebswassers,
- Energieeinsparung durch die Wärmerückgewinnung aus Grauwasser,
- Geringere Kosten für das Rohwasser (entsprechend dem durchschnittlichen Entnahmentgelt),

Im Ergebnis werden für das i.WET-Szenario Gesamtressourcenkosten in Höhe von 8,66 EUR pro Person und Jahr ausgewiesen. Das sind 52% weniger als im konventionellen Szenario und hat zur Folge, dass im Vergleich zur konventionellen Infrastruktur (LF = 50%) die LF im i.WET-Szenario 76,2% beträgt.

3.1.8. Ressourcenrückgewinnung

Die Berechnung des Rückgewinnungs- bzw. Recyclinggrades erfolgt im Kontext der Wasserver- und Abwasserentsorgung für vier Stoffe: Wasser, die Nährstoffe Phosphor (P) und Stickstoff (N) sowie Kohlenstoff (C). Die Berechnung für Wasser wird durchgeführt, indem die Menge des zurückgewonnenen Wassers zum Verbrauch des Trinkwassers in der konventionellen Infrastruktur ins Verhältnis gesetzt wird. Bei mehreren Aufbereitungsschritten zählt nur die TW-Menge, die am Ende tatsächlich substituiert wird. Rückgewinnungsanteile

(in %) von P und N beziehen sich auf das Verhältnis von zurückgewonnenem zu im Abwasser (am Zulauf zur Behandlung) enthaltenem P bzw. N. Rückgewinnungsanteile (in %) von C entsprechen dem Anteil vom CSB im Zulauf. Die Energierückgewinnung wird hier nicht berücksichtigt, da sie schon beim Energieverbrauch (siehe Teilziel 3.1.7) eingerechnet wurde.

Der Wert eines bestimmten Rückgewinnungsgrades hängt davon ab, um welchen Rohstoff es sich handelt (d.h. wie viel Aufwand für seine Gewinnung getrieben werden musste) und welche Menge am Ende zurückgewonnen wird. Daher wird ein gewichteter Durchschnittswert aus allen Recyclingquoten (= Prozentzahlen) gebildet. Erfolgt eine Preis-Gewichtung anhand der relativen Mengen (z.B. 122 Liter Wasser, 60 g CSB, 11 g N und 2 g P pro Person und Tag) und der jeweiligen Preise, dann beträgt die Gewichtung, wie im vorliegenden Fall, $0,25\text{€} : 0,005\text{€} : 0,003\text{€} : 0,002\text{€} = 96\% : 2,0\% : 1,2\% : 0,8\%$.

Bewertung des konventionellen Systems

In der konventionellen TW-Ver- und AW-Entsorgung findet Rohstoffrückgewinnung nur im Rahmen der landwirtschaftlichen Nutzung des Klärschlammes statt. Da in Deutschland im Durchschnitt 30% des Klärschlammes landwirtschaftlich genutzt werden und N und P dabei zu Anteilen von 34 bzw. 20% pflanzenverfügbar sind (vgl. Bewertungsanleitung), betrügen die effektiven Rückgewinnungsraten in diesen Fällen 10,2 bzw. 6%, woraus LF-Werte von 10,2 bzw. 6% resultieren würden. Tatsächlich findet im Modellgebiet keine Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft statt. Daher betragen alle Rückgewinnungsraten und damit auch alle LF-Werte und ihr Durchschnitt 0%.

Bewertung von i.WET

Durch die Aufbereitung von Grau- und Regenwasser zu Betriebswasser reduziert sich die Inanspruchnahme von Trinkwasser in i.WET um 27%. Da der Anteil der Nährstoffe P und N im Grau- und Regenwasser niedrig ist, führt auch die Verwertung dieser Nährstoffe in der Energieallee nicht zu hohen Rückgewinnungsquoten. Sie betragen in beiden Fällen knapp 1%. Der im Grauwasser enthaltene Kohlenstoff wird schon bei der Aufbereitung größtenteils eliminiert und der Kanalisation zugeführt. Hier findet demzufolge keine Rückgewinnung statt. Werden die ermittelten Quoten (= LF-Werte) im oben angegebenen Verhältnis von 96 : 2 : 1,2 : 0,8 gewichtet und der Mittelwert gebildet, dann resultiert daraus ein Gesamt-LF-Wert von 26,2%.

3.1.9. Flächenverbrauch (Ver- und Entsorgungsanlagen)

In der Bewertungsanleitung wurde festgelegt, dass sich der Flächenverbrauch an der kommunalen Flächenbilanz (Katasterflächen) orientieren sollte, wobei diese nicht die eigentliche bauliche Versiegelung dokumentiert, sondern nur die baurechtliche Festsetzung als „Gebäu-

de- und Freifläche“ oder „Betriebsfläche“ für Ver- und Entsorgung (Schlüssel: GFVS, GFES, BFVS, BFES)² in den entsprechenden Planwerken als Indikator herangezogen. Diese Flächen stehen der Allgemeinheit nicht mehr als überplanbare Freiflächen zur Verfügung und sind baurechtlich somit „verbraucht“, auch wenn sie möglicherweise nicht vollständig versiegelt sind. Für die Bewertung wird dann der Quotient r_F gebildet, der den Flächenverbrauch der innovativen Infrastruktur zur konventionellen Variante (= Status quo) in Relation setzt. Folgende Transformationsfunktion kommt dabei zur Anwendung:

$r_F = 0$ (kein Flächenverbrauch) \rightarrow LF = 100%;

$r_F = 1$ (Netto-Null-Verbrauch) \rightarrow LF = 50% (= langfristige politische Zielsetzung);

dazwischen lineare Interpolation.

Da Kanäle häufig im öffentlichen Straßenraum liegen (baurechtlich: Verkehrsfläche), tauchen sie in der Flächenbilanz meist nicht auf und stellen keinen zusätzlichen Flächenverbrauch dar.

Bewertung der konventionellen Infrastruktur

Es ist unklar, wozu die Flächeninanspruchnahme der bestehenden (konventionelle) Infrastruktur ins Verhältnis gesetzt werden soll. Wird hier von vorneherein ein r_F -Wert von 1 angenommen, dann wird ihr ein LF-Wert von 50% zugeordnet.

Bewertung von i.WET

Die Flächeninanspruchnahme durch die Kläranlage (nur sie ist flächenrelevant) beträgt ca. 2 m² pro Einwohner. Flächenrelevant in i.WET ist die Energieallee, für die in der ersten Ausbaustufe 1 m² pro Einwohner veranschlagt wird. Dieser Wert ist den 2 m² hinzuzurechnen, da in der ersten Ausbaustufe i.WET die Kläranlage (und Kanalisation) nicht überflüssig werden lässt. Der resultierende r_F -Wert würde nach Interpolation der oben angegebenen Eckpunkte der Transformationsfunktion zu einem LF-Wert von 25% führen. Allerdings soll die Energieallee im Süggelquartier im Bereich der Straßenrandbepflanzung eingerichtet werden, auf einer Fläche also, die sowieso schon den Siedlungs- und Verkehrsflächen zugeordnet ist. Es tritt also gar keine Verschlechterung auf. Der resultierende LF-Wert beträgt also ebenfalls 50%.

2 GFVS = Gebäude- und Freifläche zu Versorgungsanlagen; GFES = Gebäude- und Freifläche zu Entsorgungsanlagen; BFVS = Betriebsfläche Versorgungsanlagen; BFES = Betriebsfläche Entsorgungsanlagen

3.2. Sicherheitsrelevante Ziele

3.2.1. a) Hygiene (Keimzahl)

Die Implementierung von i.WET wirkt sich auf die Trinkwasserversorgung nur dadurch indirekt aus, dass durch das Grauwasserrecycling weniger Trinkwasser in Anspruch genommen wird und durch die entsprechend verringerte Strömungsgeschwindigkeit u. U. eine Verkeimung begünstigt werden könnte. Der daraus resultierende Unterschied in der Bewertung der Qualität des Trinkwassers mit und ohne i.WET sollte aber vergleichsweise gering sein.

Relevant dürfte dagegen die Hygiene als sicherheitsrelevantes Ziel für das Betriebswasser sein, welches im Zuge des Grauwasserrecyclings und der Regenwasseraufbereitung in i.WET für die Toilettenspülung bereit gestellt wird. Wir betrachten in diesem Zusammenhang vor allem das Grauwasserrecycling, da hier die Keimbelastung ggf. deutlich höher ist als beim Regenwasser.

Bewertung von i.WET

Wie Li et al. (2009) feststellen, können in leichtem Grauwasser, wie es in i.WET aufbereitet wird, bis zu 340.000 kbE fäkale Coliforme pro 100 ml enthalten sein. Mittels Membranfiltration, wie sie auch in den in i.WET eingesetzten MBR-Anlagen zum Einsatz kommt, kann diese Keimzahl um 4 bis 6 Zehnerpotenzen reduziert werden. Folglich werden im Ablauf von zur Grauwasserbehandlung verwendeten MBR-Anlagen weniger als 100 KbE/100 ml fäkale Coliforme gemessen. Für die Toilettenspülung empfiehlt Nolde (1999) eine Anzahl von fäkalen Coliformen von <10/ml, d.h. <1000/100 ml als Standard. Dieser Standard entspricht ungefähr der durch die EU Badegewässer-Richtlinie für Badegewässer vorgeschriebenen maximalen Konzentration von E. coli von 900 KbE/100 ml. Es kann also festgestellt werden, dass das Betriebswasser in i.WET den Grenzwert um mindestens den Faktor 9 unterschreitet. Da das Betriebswasser im Modellgebiet Lünen nur für die Toilettenspülung verwendet wird, für die Bewertung aber (im Gegensatz zum Trinkwasser) nur relevant ist, dass der Grenzwert überhaupt eingehalten wird, ist i.WET hier ein LF-Wert von 100% zuzuordnen.³

Bewertung des konventionellen Systems

Das konventionelle System stellt kein Betriebswasser zur Verfügung. Stattdessen wird für die Spülung der Toiletten und ggf. auch für die Bewässerung von Außenanlagen Trinkwasser verwendet, welches 0 KbE/100ml coliforme aufweisen muss und daher im vorliegenden Kontext mit LF = 100% bewertet wird.

³ Dieser Bewertung liegt eine Transformationskurve mit einer Sprungstelle zugrunde, die bei Keimzahlen bis zum Grenzwert 100%, oberhalb des Grenzwertes hingegen 0% LF zuweist.

Was die Hygiene des Trinkwassers in Lünen angeht, konnte anhand von Modellrechnungen der Strömungsgeschwindigkeiten im Trinkwassernetz von Lünen festgestellt werden, dass es im Einzugsbereich von 10% der Wohnungen wahrscheinlich zu Stagnation (d.h. Strömungsgeschwindigkeit $< 0,005$ m/s) kommt und dass dieser Wert durch den aufgrund von i.WET verringerten TW-Verbrauch auf 13% ansteigt. Ginge man davon aus, dass Stagnation von TW gleichbedeutend mit einer Verkeimung im Bereich des Grenzwertes ist, betrüge die LF im konventionellen System 90%, da 90% des TW mit 100% (keine Verkeimung) und 10% mit 0% LF (Verkeimung \geq Grenzwert) bewertet würden. Im Vergleich und analog dazu würde das TW im i.WET-Fall mit 87% LF bewertet, was für die Wasserversorgung insgesamt (d.h. unter Berücksichtigung der jeweiligen Anteile von Trink- und Betriebswasser) ebenfalls auf einen LF-Wert von $(0,73 \cdot 0,87 + 0,27 \cdot 1,0 =)$ 90% hinausliefe. Die Berücksichtigung der Stagnation würde also bei unveränderter Differenz in beiden Fällen zu einer schlechteren Bewertung führen. Da es außerdem von einer Reihe zusätzlicher Faktoren abhängt, ob Stagnation tatsächlich zu Verkeimung führt, könnte als Argument dafür dienen, in beiden Fällen dennoch LF-Werte von 100% anzusetzen. Andererseits sind Änderungen in der Struktur des TW-Netzes denkbar, die Stagnation gänzlich vermeiden, und damit sich diese Verbesserungen dann in einer besseren Bewertung niederschlagen können, werden in beiden Fällen die niedrigeren LF-Werte von 90% angesetzt.

3.2.1 b) Geruch/Trübung

Geruch und Trübung sind im Trinkwasserkontext sicherheitsrelevante Indikatoren, da sie zwar selbst nicht notwendigerweise einen Schaden hervorrufen, aber auf Umstände hinweisen, die einen (Gesundheits-)Schaden (z.B. durch verstärkte Verkeimung) begünstigen können. Zu diesen Umständen zählt die Stagnation von TW in den entsprechenden Leitungen.

Da das im Modellgebiet Lünen bereitgestellte Betriebswasser nicht für den menschlichen Genuss (auch nicht Duschen oder Waschmaschine), sondern nur für die Toilettenspülung bestimmt ist, haben Geruch und Trübung dafür als Sicherheitsindikatoren keine Relevanz. Deshalb bezieht sich dieser Teil der Bewertung ausschließlich auf den Teil der Wasserversorgung, für den die Sicherheitsrelevanz vorliegt: das Trinkwasser. Obwohl auch in diesem Fall Stagnation nicht zwangsläufig mit Geruch und Trübung gleichzusetzen ist, wird wie im Abschnitt 3.2.1 a) die Stagnationswahrscheinlichkeit als Proxi für die Bewertung angesehen. Für die konventionelle Wasserversorgung in Lünen resultiert sie in einem LF-Wert von 90%.

Durch die Implementierung von i.WET reduziert sich der Trinkwasserverbrauch um nahezu 30%. Durch die daraus resultierende Herabsetzung der Fließgeschwindigkeit steigt die Stagnationswahrscheinlichkeit auf 13%, woraus ein LF-Wert von 87% resultiert.

Insbesondere der Geruch könnte grundsätzlich – jenseits der Sicherheitsrelevanz – auch bei Verwendung in der Toilette sehr wohl eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens verursachen; dieser wird aber durch die Bewertung der Akzeptanz (4.3) im Rahmen der sozialen Ziele Rechnung getragen.

3.3. Ökonomische Ziele

3.3.1. Aufwendungen: Investitions- und Nettobetriebskosten

Die Ermittlung der Kosten der alternativen Wasserver- und Abwasserentsorgungsinfrastrukturen im Modellgebiet erfolgt auf Basis eines Life Cycle Costing, d.h. es kommen alle Kosten (und ggf. Erlöse) zum Ansatz, die im Verlaufe der Nutzungsdauer anfallen. Um die verschiedenen Infrastrukturen vergleichen zu können, werden alle über einen einheitlichen Zeitraum von 80 Jahren betrachtet. Wenn die Nutzungsdauer von Infrastrukturkomponenten diesen Zeitraum nicht abdeckt, werden auch (u.U. mehrfache) Ersatzinvestitionen berücksichtigt. Insgesamt werden folgende Kostenkategorien berücksichtigt:

- Investitionskosten: Kosten für Komponenten der Grauwasser-Recycling-Anlage, die baulichen Komponenten der Energie-Allee, die Verrohrung in den Gebäuden und im Außenbereich (für den Grauwasser- und Brauchwassertransport) sowie die entsprechenden Bau- und Installationskosten.
- Reinvestitionskosten: Kosten für die Komponenten der Grauwasser-Recycling-Anlage, deren Nutzungsdauer den Betrachtungszeitraum unterschreiten, und pauschal festgelegte Reinvestitionskosten für die Energie-Allee.
- Betriebskosten: Stromkosten (für die Wasseraufbereitung, die Wärmerückgewinnung und das Verteilen des Wassers in den Gebäuden und im Außenbereich), Kosten für Betriebsmittel (z. B. zur Membranreinigung), Erntearbeiten und Pflege der Kurzumtriebsplantage, Wartungs- und Instandhaltungskosten.
- Einsparungen/Erlöse: Eingesparte Energiekosten (durch Wärmerückgewinnung) oder Trinkwasserkosten (durch Grau- bzw. Regenwassernutzung) sowie Erlöse aus dem Verkauf des Energieholzes werden mit den Betriebskosten verrechnet.

Um alle Kostenelemente miteinander vergleichen zu können, wird die dynamische Kostenrechnung angewendet, d.h. es werden alle Ein- und Auszahlungen von dem Jahr, in dem sie getätigt wurden, auf das Basisjahr ($t=0$) abdiskontiert und aggregiert. Auf Basis dieses Kapitalwertes werden dann unter Zugrundelegung der Nutzungsdauer von 80 Jahren und eines Zinssatzes von 1,5% Annuitäten ermittelt, die die durchschnittliche jährliche Kostenbelastung widerspiegeln.

Da es sich bei i.WET um ein System zur Abwasserbehandlung inklusive der Bereitstellung von Betriebswasser handelt, wird die Trinkwasserversorgung zumindest aus technischer Sicht nicht tangiert. Daher wird die (Netto-)Kostenberechnung nur für i.WET (d.h. für das Grauwasserrecycling inklusive Wärmerückgewinnung und die Energieallee inkl. Grauwassergarten) sowie die Sanierung des vorhandenen Mischwasserkanals durchgeführt, durch den auch weiterhin das Schwarzwasser der Kläranlage zugeführt werden muss. In der hier betrachteten ersten Ausbaustufe bleibt die Abwasserbehandlung in der Kläranlage unberücksichtigt, da daran auch in der innovativen Variante keine Veränderungen vorgenommen werden.

Im Falle der konventionellen Referenzinfrastruktur umfasst die Kostenrechnung die (notwendige) Sanierung des Mischwasserkanals, über den zukünftig das Regenwasser entsorgt würde, und den zusätzlichen Bau einer Vakuumkanalisation, über den das Schmutzwasser der Kläranlage zugeführt würde.

Bewertung von i.WET

Für die Bewertung von i.WET werden folgende Kosten/Erlöse berücksichtigt:

- Beschaffung und Installation der Grauwasseraufbereitungsanlage inkl. Betriebskosten;
- Beschaffung und Einbau der zusätzlichen Verrohrung, mit der das Betriebswasser seiner Verwendung in den Toiletten zugeführt wird;
- Beschaffung und Anschluss des Wärmetauschers zur Wärmerückgewinnung aus dem Grauwasser inkl. Betriebskosten und abzüglich des Erlöses für die eingesparte Wärmeenergie;
- Einrichtung, Anschluss und Unterhalt der Energieallee abzüglich möglicher Erlöse aus dem Verkauf des abgeernteten Kurzumtriebsholzes und des Bewässerungswassers;
- Sanierung und Betrieb des Mischwasserkanals anteilig entsprechend der einwohnerspezifischen Kanallänge für die angeschlossenen Einwohner.

Insgesamt lassen sich für die Einrichtung und den Betrieb von i.WET und die Sanierung des Mischwasserkanals in der ersten Ausbaustufe jährliche Durchschnittskosten (= Annuitäten) in Höhe von 84,16 EUR pro Einwohner ermitteln. Hinzu gerechnet werden als Kosten für die Trinkwasserversorgung die in der Bewertungsanleitung aufgeführten Kosten ($91,60 \text{ EUR}/(E \cdot a)$) abzüglich eines Anteils von 20% an den eingesparten Trinkwasserkosten ($4,90 \text{ EUR}/(E \cdot a)$). Es werden nur 20% der Kosten des eingesparten Wassers abgezogen, weil sich die Kosten für die Wasserversorger nur um diesen variablen Kostenanteil verringern; der fixe Kostenanteil bleibt unverändert. Hinzu gerechnet werden müssen außerdem die Kosten für die Abwasserbehandlung in der Kläranlage, die für das konventionelle und das innovative System in der ersten Ausbauphase in gleichem Umfang anfallen. Sie betragen ausgehend von Investitionskostenzahlen von Horstmeyer et al. (2014) und Betriebskostenzahlen von Günthert und Reicherter (2001) ungefähr 30 EUR pro Einwohner und Jahr. Insgesamt ergeben sich damit Kosten in Höhe von 170,86 EUR pro Einwohner und Jahr für die gesamte Wasser- und Abwasserinfrastruktur.⁴ Angesichts von Referenzkosten in Höhe von 184,99 EUR pro Einwohner (siehe Bewertungsanleitung) und Jahr ergibt sich daraus ein LF-Wert von 45,7% (vgl. Tabelle 6).

⁴ Tatsächlich sind die Gesamtkosten höher, da die Kosten der Kläranlage und Overheadkosten der Ver- bzw. Entsorgungsunternehmen nicht berücksichtigt sind. Da dies aber für die innovative und die konventionelle Infrastruktur in gleicher Weise zutrifft, bleibt die Differenz zwischen beiden (die für die Bewertung relevant ist) unverändert.

Tabelle 6: Einwohnerspezifische, jährliche Kosten von innovativer und konventioneller Infrastruktur und daraus resultierende Bewertung

	i.WET	konventionell
Kosten d. Abwasserableitung (EUR/(E*a))	84,16	93,10
Kosten der Abwasserbehandlung (EUR/(E*a))	30,00	30,00
Kosten der TW-Versorgung (EUR/(E*a))	86,70	91,60
Gesamtkosten (EUR/(E*a))	200,86	214,70
Referenzkosten (EUR/(E*a)) [LF = 50%]	184,99	184,99
LF-Wert (%)	45,7	42,0

Bewertung des konventionellen Systems

Das Vorgehen bei der Ermittlung der Kosten der konventionellen Infrastrukturalternative erfolgt analog zu i.WET, wobei folgende Komponenten berücksichtigt werden:

- Sanierung und Betrieb des Mischwasserkanals anteilig entsprechend der einwohnerspezifischen Kanallänge für die angeschlossenen Einwohner und
- Bau und Betrieb des Schmutzwasserkanals anteilig entsprechend der einwohnerspezifischen Kanallänge für die angeschlossenen Einwohner.

Die Annuität beträgt hier 93,10 EUR pro Einwohner und Jahr. Nach Addition der Kosten für die Trinkwasserversorgung (ohne Gutschrift: 91,60 EUR/(E*a)) resultieren daraus Gesamtkosten in Höhe von 184,70 EUR pro Einwohner und Jahr und ein LF-Wert von 42%.

3.3.2. Flexibilität/Systemwechselbereitschaft

Zur Bewertung der Flexibilität bzw. Systemwechselbereitschaft werden zwei Indikatoren betrachtet:

- (1) Der **abzuschreibende Restbuchwert** (aRWB) bestimmt, welcher Wert bei Ersatz der vorliegenden (konventionellen) Infrastruktur durch eine (z.B. innovativere) Alternative obsolet würde und abgeschrieben werden müsste und damit Kosten in entsprechendem Umfang verursachen würde. Daher ist damit zu rechnen, dass die im Falle eines hohen Restbuchwerts anfallenden hohen Kosten die Bereitschaft zum Wechsel substantiell senken.
- (2) Die **bilanzielle Nutzungsdauer** (bND) der neu zu errichtenden Infrastruktur beeinflusst die Möglichkeit zu einem Wechsel zu einem späteren Zeitpunkt, wenn dies aufgrund jetzt noch nicht absehbarer Veränderungen geboten erscheint. Je länger die Nutzungsdauer (der neu errichteten Infrastruktur), desto höher zu jedem Zeitpunkt der Restbuchwert und damit die Kosten des Wechsels zu einer anderen Alternative.

Beide Faktoren wirken kumulativ.

Bewertung von i.WET

Für die Ermittlung der Wechselbereitschaft ist im Falle von i.WET der aRWB des Teils der bestehenden, konventionellen Infrastruktur maßgeblich, der ggf. durch i.WET ersetzt und damit obsolet würde. Da der vorhandene Mischwasserkanal nach Sanierung weiter verwendet wird, ist der aRWB im konkreten Fall gleich Null. Da die Wechselbereitschaft aus dieser Perspektive als in keiner Weise eingeschränkt ist, ist diesem Aspekt der LF-Wert von 1 zuzuordnen.

Die bND von i.WET wurde so ermittelt, dass die Nutzungsdauer für die wichtigsten Komponenten bestimmt und mit ihren jeweiligen Kosten gewichtet aggregiert wurde. Am stärksten schlägt mit einem Kostenanteil von 72% und einer bND von 80 Jahren die Sanierung des Mischabwasserkanals zu Buche.⁵ i.WET hingegen weist bei einem Kostenanteil von 28% eine kostengewichtete bND von rund 27 Jahren auf, woraus insgesamt eine gewichtete, durchschnittliche bND für die alternative Infrastruktur von 65 Jahren resultiert. Für die Bewertung ergibt sich daraus ein LF-Wert von 18,5%.⁶

Bewertung des konventionellen Systems

Für die vorhandene, konventionelle Infrastruktur ist der aRWB irrelevant, da sie schon existiert und keine andere Infrastruktur ersetzt. Da dadurch die Wechselbereitschaft in keiner Weise negativ beeinflusst wird (und ein Wechsel de facto auch gar nicht erforderlich ist), gilt ein LF-Wert von 1.

Da es sich beim konventionellen System ausschließlich um Kanäle handelt, deren bND mit 80 Jahren angesetzt wurde, beträgt der LF-Wert 0.

Damit ergibt sich für die Flexibilität und Systemwechselbereitschaft das in Tabelle 7 dargestellte Gesamtbild.

⁵ Im konkreten Fall wird im Modellgebiet in Lünen auch im Falle von i.WET die vorhandene Mischkanalisation weiterverwendet. Obwohl sie sanierungsbedürftig ist, wird sie nicht grundsaniert, sondern mit erhöhten Betriebskosten weiterbetrieben, damit vermieden wird, dass sich hinsichtlich der nächsten, zweiten Phase des Umbaus (mit Vakuumkanalisation und anaerober Behandlung auf der Kläranlage) ein erhöhter Restbuchwert ergibt. Obwohl sich daraus auch für die 1. Phase eine höhere Flexibilität ergibt, wird die bND im angegebenen Umfang und mit der angegebenen Kostengewichtung betrachtet und bewertet.

⁶ Eine bilanzielle Nutzungsdauer bND von 0 Jahren ergibt 100%, eine bND von 80 Jahren 0% LF, dazwischen erfolgt lineare Interpolation.

Tabelle 7: Bewertung der Flexibilität und Systemwechselbereitschaft von i.WET und der konventionellen Infrastruktur

	i.WET	Konventionell
Abzuschreibender Restbuchwert (%)	0	Irrelevant (0)
LF-Wert für Wechselbereitschaft (%)	100	100
Bilanzielle Nutzungsdauer (a)	65	80
LF-Wert für Flexibilität (%)	18,5	0
LF-Wert für Flexibilität und Wechselbereitschaft (%)	59,3	50

3.4. Soziale Ziele

3.4.1. Bequemlichkeit (Servicequalität)

Zur Bestimmung der Bequemlichkeit der Bereitstellung von Wasserver- und Abwasserentsorgungsdienstleistungen ist vorgesehen, den Zeitaufwand der Nutzer für die Infrastruktur als Maß für die Zufriedenheit anzunehmen. Versorgungseinschränkungen, die ebenfalls Einfluss auf die Zufriedenheit haben, werden in 5.3 behandelt.

Bewertung des konventionellen Systems und von i.WET

Der Zeitaufwand für die Nutzer ist im konventionellen System niedrig; er beschränkt sich im Wesentlichen auf das Ablesen der Zähler und die Kontrolle und Zahlung der Rechnung. Nur in seltenen Fällen ist der Nutzer selbst von Eingriffen von Handwerkern betroffen. Daher kann die Zufriedenheit der Nutzer grundsätzlich als hoch eingestuft werden.

Wird i.WET, wie vorgesehen, vom Bauverein zu Lünen betrieben, dann ändert sich für die Nutzer gegenüber der aktuellen Vorgehensweise (im konventionellen System) nichts. Der Bauverein betreibt die Anlage und reicht die entstehenden Kosten wie bei der konventionellen Abwasserentsorgung per Nebenkostenabrechnung an die Bewohner der Wohnungen weiter. Von eventuell notwendigen, veränderten Interventionen in der Anlage sind die Nutzer nicht betroffen.

Da für die Bewertung angenommen wird, dass der durchschnittlichen Aufwand für die konventionelle Wasserver- und Abwasserentsorgung gering ist und daher mit LF = 90% bewertet wird, beträgt der LF-Wert für i.WET mit seinem etwa gleich hohen Aufwand ebenfalls 90%.

3.4.2. Wirtschaftliche Belastung (Bezahlbarkeit)

Grundsätzlich wird die Wirtschaftlichkeit, d.h. die Kosten von innovativer und konventioneller Infrastruktur in Teilziel 3.1 betrachtet und bewertet. Hier geht es darum, inwiefern für die einzelnen Nutzer besondere Belastungen auftreten, also z.B. hohe Einmalzahlungen (bspw. für private Anschaffung einer Kleinkläranlage, vgl. aber auch Baukostenzuschuss bei zentraler

Wasserver- und AW-Entsorgung) und wie diese ggf. durch ein geeignetes Geschäftsmodell vermieden werden können.

Bewertung des konventionellen Systems und von i.WET

Aus den in Abschnitt 3.4.1, Bequemlichkeit (Servicequalität), genannten Gründen sind die Nutzer (= Mieter) vom Einsatz von i.WET nicht betroffen – für sie bleibt alles beim Alten (= konventionelle Infrastruktur). Es kommt für sie weder zu Vorab-Investitionen noch zu höheren periodischen Fixkosten. Auch die laufenden Kosten der Abwasserentsorgung werden sich voraussichtlich nicht ändern.

Wegen der Trinkwasser- (aufgrund der Betriebswassernutzung) und Energieeinsparung (aufgrund der Wärmerückgewinnung) sollten sich für die Nutzer zumindest anfänglich deutlichere Kosteneinsparungen ergeben als es aus den Wirtschaftlichkeitsberechnungen ersichtlich ist, weil die Nutzer das Entgelt für das eingesparte Trinkwasser in vollem Umfang einsparen, während davon beim Wasserversorger nur 20% gutgeschrieben wurden. Ursache dafür ist, dass der Wasserversorger Kosten nur in Höhe der variablen Kosten einspart. Längerfristig, wenn i.WET sich flächendeckend durchsetzen würde, führt dieser Unterschied dazu, dass die Trinkwasserentgelte angepasst werden müssen, so dass auch der Nutzer nur noch 20% der Einsparungen realisiert.

Im Hinblick auf die Bewertung führt die Einsparung von 27% des Trinkwassers für die Nutzer zu einer ebenso starken Reduktion des Entgeltes, was unter Berücksichtigung des Anteils der Wasserversorgung von 43% an den Gesamtkosten der Wasserver- und Abwasserentsorgung (vgl. Tabelle 6) zu einer Kostenentlastung um 12% führt. Im Vergleich zum LF-Wert von 50% für die konventionelle Infrastruktur schlägt dies für i.WET mit einem Bonus von 6%-Punkten zu Buche, womit sich für i.WET ein LF-Wert von 56% ergibt.

3.4.3. Belästigung der Nutzer oder Dritter im Betrieb

Als mögliche Belastungsquellen kommen grundsätzlich Lärm, Geruch und Schnaken in Frage. Auch die Ästhetik von Ver- oder Entsorgungsanlagen könnte eine Rolle spielen. Maßgeblich ist die Häufigkeit und Dauer des Auftretens einer (oder mehrerer) Belastung(en), die (empfundene) Intensität und die Anzahl der Betroffenen.

Bewertung des konventionellen Systems und von i.WET

Die konventionelle Wasserver- und Abwasserentsorgungsinfrastruktur wird, von den unmittelbaren Anliegern von Kläranlagen abgesehen, im Allgemeinen als frei von Belästigungen empfunden. Weil der Idealzustand nicht ganz erreicht wird, wird ihr daher ein LF-Wert von 90% zugeordnet.

i.WET ist in der ersten Ausbaustufe auf die konventionelle Abwasserentsorgung einschließlich Kläranlage angewiesen. Daher sind auch hier 90% als Ausgangswert anzusetzen. Die Grau- und Regenwasseraufbereitung befindet sich im Keller der Gebäude, so dass davon

keine Belästigungen ausgehen sollten. Es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit, dass die Energieallee unter ungünstigen Umständen Gerüche absondert. Andererseits hat die Energieallee als "grüne Lunge" innerhalb des Wohngebietes auch einen besonderen ästhetischen Wert. Dieser kommt aber nur dann zum Tragen, wenn es vorher in diesem Bereich der Stadt keine Bäume gab. Gewichtet man beide Wirkungen, die negative Geruchs- und die positive ästhetische Wirkung vom Betrage her gleich, dann bleibt es für i.WET bei LF = 90%.

3.5. Technische Ziele

3.5.1. Anfälligkeit für Prozessstörungen (im Normalbetrieb)

Grundlegende Frage: Wie groß ist im Normalbetrieb die Wahrscheinlichkeit, dass es zu Störungen kommt? Zwei Aspekte sollten dabei unterschieden werden: erwartete Schadensanfälligkeit und Knowhow-Verfügbarkeit. Was die erwartete Schadensanfälligkeit angeht, können folgende Punkte relevant sein:

- Das Vorhandensein gewisser **Kapazitätsreserven** in TW-Ver- und AW-Entsorgung eröffnet die Möglichkeit Nutzungsschwankungen besser auszugleichen. Der Bonus für eine verringerte Auslastung muss aber begrenzt sein, damit besonders schlechte Auslastungsgrade nicht generell belohnt werden.
- Insbesondere TW: Redundanz des Netzes (z.B. vermaschte Netze) sind von Natur aus zuverlässiger als verzweigte, weil sie für jeden Nutzer mehrere alternative Zugänge bereithalten.
- Schäden können, wie im Kanalnetz, die Regel sein; es stellt sich daher mit Blick auf die Schadensanfälligkeit zusätzlich die Frage nach dem möglichen **Schadenspotenzial**, d.h., wie häufig Schäden auftreten, welche Auswirkungen sie haben und mit welchem Aufwand ihre Beseitigung verbunden ist.
- Beim Schadensausmaß spielt die Anzahl der Betroffenen eine große Rolle; diese ist bei dezentralen Anlagen generell kleiner.
- **Knowhow-Verfügbarkeit** ist entscheidend dafür, dass die Ursache von Störungen schnell identifiziert und die Störungen beseitigt werden können. Das Fehlen entsprechenden Knowhows deutet auf eine höhere Störungshäufigkeit (hauptsächlich im hochtechnisierten Bereich des AW) hin. Ursachen dafür könnten sein:
 - Eine neue Technologie ist noch nicht weit verbreitet und es fehlt ein gut ausgebautes Kundendienstnetz (auch (zertifizierte) Installateure, die sich mit der neuen Technologie auskennen);
 - Infrastrukturelemente (z.B. Kleinkläranlagen) werden von den Nutzern betrieben, denen das Knowhow zur Erkennung (und Beseitigung) von Störungen fehlt. Hier kann ein professionelles Betreibermodell Abhilfe schaffen.

Bewertung des konventionellen Systems und von i.WET

Reserven/Redundanz: Gegenüber dem konventionellen System sinkt in i.WET aufgrund der Grau- und Regenwasseraufbereitung die Inanspruchnahme von Trinkwasser (ebenso wie die

Abgabe von Schmutzwasser in den Kanal) um 27%. Dabei werden dort im gleichen Umfang zusätzliche Kapazitätsreserven frei. Um Ineffizienzen zu vermeiden, werden davon maximal 20% anerkannt. Darüber hinaus kann mit Hilfe des Betriebswassers in i.WET ein Teil der häuslichen Wasserversorgung (ca. 30%, betrifft Toilettenspülung und Gartenbewässerung) unabhängig vom Trinkwassernetz erfolgen (Redundanz); dafür kann ein zusätzlicher Bonus von 10% gewährt werden. Von diesen Unterschieden abgesehen greifen die Nutzer von i.WET auf die gleiche Trinkwasserver- und Abwasserentsorgungsinfrastruktur zurück wie die Nutzer im konventionellen System. Wird das konventionelle System mit einem LF-Wert von 50% angesetzt, dann ergeben sich für i.WET 80%.

Schadenspotenzial: Grau- und Regenwasseraufbereitung sind ebenso wie Pflanzenkläranlagen relativ etablierte Technologien; innovativ ist im Kontext von i.WET vor allem das Zusammenwirken der verschiedenen Komponenten. Die Technologien sind aufgrund ihrer Einfachheit auch relativ robust. Selbst wenn die Schadensanfälligkeit bezogen auf die bei weiterer Verbreitung größere Zahl von Anlagen absolut gesehen etwas größer sein sollte als bei den konventionellen Infrastrukturen, so kann mit folgenden Argumenten dagegen gehalten werden: erstens ist die Anzahl der jeweils betroffenen Personen gering, so dass pro Person nicht mehr Schäden auftreten dürften als im konventionellen System. Zweitens kann ein Ausfall der Betriebswasserbereitstellung jederzeit mit Hilfe von Trinkwasser überbrückt werden. Das heißt: die negativen Wirkungen eines Schadens sind noch niedriger als im konventionellen System. Wird auch hier das konventionelle System mit einem LF-Wert von 50% angesetzt, dann erscheinen für i.WET 60% plausibel.

Knowhow-Verfügbarkeit: Wie bereits erwähnt, stellen die i.WET-Technologiekomponenten (Grau- und Regenwasseraufbereitung sowie Pflanzenkläranlagen) relativ etablierte Technologien dar. Ob sie in ihrer Zuverlässigkeit an das konventionelle System heranreichen, hängt entscheidend davon ab, ob der technische Betreiber über das notwendige Knowhow verfügt. In Lünen soll der technische Betrieb durch die SAL durchgeführt werden, die die mit der Abwasserbehandlung große Erfahrung besitzt. Trotzdem gilt, dass auch die SAL mit den i.WET-Komponenten weniger Erfahrung besitzt als mit dem konventionellen System. Dafür erscheint ein LF-Abschlag von 20% gerechtfertigt. Das ergibt im Vergleich mit den 80% der konventionellen Infrastruktur einen LF-Wert von 60% für i.WET.

3.5.2. Auswirkungen eines Versagenszustandes

Im Falle eines Versagens der Abwasserbehandlung gelangt Schmutzwasser ungeklärt in die Umwelt. Als Indikator für dieses Versagen kann die dadurch in die Gewässer eingeleitete CSB-Fracht angesehen werden. Natürlich gelangen auch andere Stoffe wie z.B. die Nährstoffe N und P in die Umwelt, aber der maximal zulässige CSB-Wert ist für alle Anlagen gesetzlich festgelegt und weist daher die beste Datenverfügbarkeit auf. Die Wirkung des unge-

klärten Abwassers hängt außerdem davon ab, wie empfindlich das empfangende Gewässer ist (z.B. Wasserschutzgebiet, Badegewässer, Gewässer mit geringer Wasserführung).⁷

Bewertung des konventionellen Systems und von i.WET

Fällt die dezentrale Grauwasseraufbereitung in i.WET aus, dann sind wegen des geringen CSB-Gehaltes (10% der gesamten CSB-Fracht eines Haushaltes) und der nachgeschalteten Energieallee keine signifikanten Auswirkungen auf die Natur und die menschliche Gesundheit zu erwarten. Geringe CSB-Frachten, die die Energieallee eventuell passieren könnten, würden am Ende wieder der konventionellen Ab- bzw. Schmutzwasserkanalisation zugeführt.

Versagt nicht die dezentrale Grauwasseraufbereitung, sondern die zentrale Abwasserbehandlung, dann wird die durch Letztere freigesetzte CSB-Fracht durch Ersterer immerhin um 10% reduziert. Der ursprünglich vorgesehene Quantifizierungsansatz, wonach die CSB-Fracht, die im Versagenszustand in den Vorfluter gelangt, zum mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) des Vorfluters ins Verhältnis gesetzt und berechnet wird, um wie viele Prozent dabei ein Schwellenwert (z.B. die maximal zulässige CSB-Konzentration im Ablauf einer großen Kläranlage: 75 mg/l) überschritten wird, kann in Ermangelung der erforderlichen Zahlen nicht umgesetzt werden. Es kann aber unabhängig von den konkreten Zahlen zu Kläranlagenablauf und Niedrigwasserabfluss gezeigt werden, dass sich im Versagensfall die 10%-Reduktion der CSB-Fracht im Vorfluter für CSB-Konzentrationen, die nicht weit über den Schwellenwert hinausgehen, in einer annähernd so großen Reduktion des Frachtanteils niederschlägt, der über den Schwellenwert hinausgeht. Daher erscheint es gerechtfertigt, für i.WET einen um 10% höheren LF-Wert zu veranschlagen als für das konventionelle System. Wenn bei einer geringfügigen Überschreitung des Schwellenwertes (z.B. um 20%) der Frachtanteil, der über dem Schwellenwert läge, für das konventionelle System 16,7% und die LF somit 83,3% betrüge, dann würde der durch i.WET verminderte Frachtanteil bei 7% und die LF bei 93% liegen. Würde hingegen der Schwellenwert durch das Versagen des konventionellen Systems schon nicht überschritten, dann wäre der Frachtanteil der Überschreitung in beiden Fällen (konventionell und i.WET) gleich 0 und der LF-Wert in beiden Fällen 100%. Für die Bewertung erscheint der erste Ansatz relevant, da die Verwendung des Ergebnisses des zweiten Ansatzes implizieren würde, dass durch das Versagen überhaupt kein Schaden entsteht.

⁷ Bei Versagen der Trinkwasserversorgung wird letztere eingestellt. Stattdessen erfolgt dann die Versorgung mittels Flaschen oder Tankwagen. Direkte Auswirkungen auf die Umwelt oder die menschliche Gesundheit sind daher nicht zu erwarten. Ähnliches gilt für Betriebswasser, wobei hier, soweit möglich, ein Ersatz durch Trinkwasser stattfinden würde. Der Indikator ist daher nur für Abwasser relevant.

3.5.3. Bereitstellung von Löschwasser

Die Frage, die sich hier stellt, ist, ob die Löschwasserversorgung in der neuen, innovativen wie auch in der konventionellen Infrastruktur auch dann noch sicher gestellt ist, wenn die Trinkwasser- oder ggf. Betriebswasserversorgung (ggf. auch Energieversorgung) gestört ist. Ein solcher Notfall liegt nach Mutschmann und Stimmelmayer (2007) vor, wenn eine oder mehrere Störungen auftreten, die nicht unmittelbar behoben werden können und die im betroffenen Versorgungsgebiet den Übergang vom Normalbetrieb zu einer geplanten Notversorgung erfordern. Für die Bewertung kommt ein System von Zu- und Abschlägen zum Einsatz, welches auf einen Durchschnitts-LF-Wert von 50% Bezug nimmt:

- Fehlende Redundanz der Wasserquelle: -20% LF
- Fehlende Redundanz des Leitungsnetzes (z.B. verzweigtes Netz): -10% LF
- Löschwassernetz im Flachland/ohne Gefälle: -10% LF
- Redundanz des Leitungsnetzes (z.B. vermaschtes Netz): +10% LF
- Notstromversorgung für Wasserversorgung: +20%
- Netzentkoppelte Löschwasserbereitstellung (Teiche, Behälter): +40%LF

Bewertung des konventionellen Systems und von i.WET

Für die Bewertung von i.WET ist die Bereitstellung von Löschwasser irrelevant, da i.WET dazu keinen Beitrag leistet. Stattdessen wird dafür in beiden Fällen, dem i.WET-Fall und dem Referenzfall, auf die konventionelle Infrastruktur zurückgegriffen. Da es sich in Lünen auch im aktuellen Zustand um ein größtenteils vermaschtes Trinkwassernetz mit Notstromversorgung handelt, welches Modellrechnungen zufolge an jedem Ort pro Stunde nachweislich mindestens 96 m³ Löschwasser bereitstellt, kommt als LF-Wert in beiden Fällen 100% zum Ansatz.

3.5.4. Flexibilität bzgl. sich ändernder Rahmenbedingungen

Dieses Bewertungskriterium zielt darauf ab, ob und wie sich innerhalb der bestehenden Kapazität durch Auslastungs- oder bauliche Änderungen (Zu- oder Rückbau) Anpassungen an sich verändernde Rahmenbedingungen vornehmen lassen. Besteht bspw. ein modularer oder dezentraler Aufbau, dann dürfte es leichter sein, kapazitative Anpassungen vorzunehmen. Mögliche fallspezifische, räumliche Beschränkungen (z.B. kein Platz für einen weiteren Ausbau der vorhandenen zentralen Kläranlage) sind hier ebenfalls zu berücksichtigen. Die wirtschaftlich relevante Frage, ob und wie die ggf. zurückzubauenden Komponenten abzuschreiben sind, wird in Kapitel 3.3.2 behandelt.

Hinsichtlich der Bewertung bedeuten 0% und 100% LF in diesem Fall keine bzw. vollständige Anpassungsfähigkeit. Mögliche Herangehensweise: Aufteilung der 100% auf die relevanten Komponenten des Systems, wobei wichtigeren (Schlüssel-)Komponenten (z.B. Leitungsnetz) ein höherer Anteil zuzuweisen wäre. Für jede Komponente erfolgt dann die Beurtei-

lung, ob leicht anpassbar ist (\rightarrow voller %-Anteil), gar nicht anpassbar (\rightarrow 0%) oder dazwischen liegt. Abschließend werden alle %-Zahlen aufsummiert.

Bewertung des konventionellen Systems und von i.WET

Ein Großteil der konventionellen Wasserver- und Abwasserentsorgung basiert auf langlebigen (> 80 Jahre) Verteilungsnetzen bzw. Kanalsystemen, die vor allem im Bestand nur mit hohem Aufwand erweitert und im Wesentlichen nur mit substanziellen Abschreibungen reduziert werden können. Besser sieht es bei zentralen Anlagen zur Aufbereitung des Rohwassers oder zentralen Kläranlagen aus, die meist in mehrere Prozessstraßen aufgeteilt sind, um auch während des Regelbetriebs einzelne Straßen zwecks Instandhaltung alternierend außer Betrieb setzen zu können. Hier gibt es dann oft auch im begrenzten Umfang die Möglichkeit, eine Straße endgültig außer Betrieb zu nehmen. Erweiterungen sind leichter möglich, wenn die jeweiligen Platzverhältnisse es zulassen. Da also in der konventionellen Infrastruktur eine Hauptkomponente (Gewicht: 0,5) nur mit großen Schwierigkeiten (Faktor: 0,2) und die andere (Gewicht: 0,5) mit substanziellen Einschränkungen (Faktor: 0,4) aus- oder zurückbaubar sind, berechnet sich ein LF-Wert von $(0,5 \times 0,2 + 0,5 \times 0,4 =) 30\%$.

Die Anpassungsmöglichkeiten bei i.WET sind grundsätzlich deutlich höher, weil die technisch anspruchsvolleren Komponenten (Grau- und Regenwasseraufbereitung) modular aufgebaut und kompakt sind und die Energieallee jederzeit stillgelegt oder bei Verfügbarkeit geeigneter Flächen erweitert werden kann. Allerdings wird mit i.WET nur ein Teil des Abwasserstroms behandelt, so dass die Abhängigkeit von Komponenten des konventionellen Systems teilweise erhalten bleibt. Außerdem ist diese Abhängigkeit in der hier betrachteten ersten Ausbaustufe noch größer als in späteren Ausbaustufen, wenn bspw. die Umstellung auf Trennkanalisation komplettiert wird, herkömmlich Schmutzwasserkanäle durch Vakuumkanäle ersetzt werden und in der Kläranlage die anaerobe Abwasserbehandlung Vorrang erhält. Daher ist nur für einen kleineren Teil der Gesamtinfrastruktur (Gewicht: 0,2) mit einer nennenswerten Flexibilisierung (Faktor: +0,5) zu rechnen, was einem Anstieg des LF-Wertes um $(0,2 \times 0,5 = 10\%$ -Punkte entspricht. Daraus ergibt sich für i.WET eine Gesamtbewertung mit LF = 40%.

3.5.5. Anforderungen an andere Infrastrukturbereiche

Je höher und vielfältiger die Anforderungen der (konventionellen und innovativen) Wasserver- und Abwasserentsorgungsinfrastruktur an andere Infrastrukturen (z.B. Stromversorgung) sind, desto anfälliger sind sie hinsichtlich deren Versagens. Umgekehrt sind sie in dieser Hinsicht umso robuster, je autarker sie sind. Für konventionelle und innovative Infrastruktur wird also bestimmt, von welchen anderen Infrastrukturbereichen sie abhängen (z.B. Energie, Datennetze, Ab-/Wasser, Abfall) und wie stark die Abhängigkeit ist.

Bewertung des konventionellen Systems und von i.WET

Sowohl in der Wasserver- als auch in der Abwasserentsorgung besteht im konventionellen System eine hohe Abhängigkeit von der Versorgung mit Elektrizität, die für Pumpen und Hebeanlagen benötigt wird und für das Gesamtsystem essenziell sind. Zunehmend spielen für die Steuerung von Flussmengen, z.B. zwecks Vermeidung von Überstauung von Kanälen im Fall von Starkniederschlägen, auch die Datenerfassung, -sammlung und -verarbeitung in geeigneten Netzen eine wichtige Rolle. Schließlich ist die Abwasserentsorgung nach Abschluss der Abwasserbehandlung auf eine geeignete Abfallentsorgung angewiesen. Da es schwierig ist, für diesen Referenzfall einen geeigneten LF-Wert zu berechnen, wird hier ein mittlerer Wert von LF = 50% zugeordnet.

i.WET ist für seine Pumpen und Mess- und Regeltechnik ebenfalls auf Strom angewiesen. Im Gegensatz zur zentralen Wasserversorgung gibt es hier aber keine Notstromversorgung, so dass im Fall eines Stromausfalls kein Betriebswasser mehr bereitgestellt wird. Als Folge würden die Toiletten nicht mehr funktionieren, wobei dann ersatzweise (und soweit noch verfügbar) Trinkwasser zum Spülen verwendet werden könnte. Die Betroffenheit der Nutzer wäre also nicht allzu groß. Die Energieallee funktioniert im freien Gefälle und daher auch ohne Pumpen. Insgesamt sind die Einwohner nach der Einführung der ersten Ausbaustufe von i.WET außerdem auf die herkömmliche Wasserver- und Abwasserentsorgung angewiesen. Die Abhängigkeit von anderen Infrastrukturelementen erscheint also in i.WET noch etwas höher als im konventionellen System. Daher wird ein LF-Wert von 40% als angemessen angesehen.

3.6. Zusätzliche Bewertung der Anpassungen des Trinkwassernetzes

Dadurch, dass die Implementierung des durch zusätzliche Vermaschung und Querschnittsanpassungen verbesserten Trinkwassernetzes im Rahmen der turnusmäßigen Instandhaltung des gesamten Netzes geschieht, ergeben sich hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs und der Kosten gegenüber dem konventionellen Netz keine signifikant höheren Aufwendungen. Auch bezüglich aller anderen ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Teilziele und Kriterien unterscheidet sich das verbesserte Trinkwassernetz nicht vom aktuellen. Signifikante Veränderungen treten demgegenüber bei den sicherheitsrelevanten und technischen Zielen auf.

Bei den sicherheitsrelevanten Zielen kommt zum Tragen, dass durch die Anpassung des Trinkwassernetzes Stagnation und daraus eventuell resultierende Verkeimung oder Geruchsbildung und Trübung vollständig vermieden werden können. Dadurch steigen die entsprechenden LF-Werte auf jeweils 100%.

Bei den technischen Zielen sind folgende Teilbereiche zu unterscheiden:

- Kapazitätsreserven – unklar

- Die Schadensanfälligkeit der TW-Infrastruktur sinkt durch die Anpassungsmaßnahmen; als Folge steigt der LF-Wert um 10%-Punkte auf 70%.
- Wegen der zusätzlichen Vermaschung und Querschnittsanpassungen steigt die Anpassungsfähigkeit des TW-Netzes deutlich auf einen LW-Wert von 80% an. Zusammen mit dem LW-Wert von 40% für die Ab- und Betriebswasserseite ergibt sich daraus ein Mittelwert von 60%.

Aus der Aggregation der Einzelwirkungen ergibt sich durch die verbesserte TW-Infrastruktur ein Anstieg der Gesamtbewertung um 3,6 Prozentpunkte.

4. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Zusammenfassung der Ergebnisse zur Umsetzung der Indikatoren bei der Bewertung alternativer (Ab-)Wasserinfrastrukturen ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt und kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Deutliche ökologische Vorteile zieht i.WET insbesondere aus der geringeren Nährstoffbelastung der Gewässer, den geringeren Treibhausgasemissionen und der effizienteren Ressourcennutzung.
- Aus wirtschaftlicher Sicht stehen den Einsparungen an Wasser und Energie in i.WET erhöhte Investitionen insbesondere für die Wärmerückgewinnung und die Grauwasseraufbereitung gegenüber, so dass insgesamt nur ein kleiner Vorteil für i.WET resultiert. Vorteilhafter wirkt sich im Vergleich dazu die kürzere Nutzungsdauer und die daraus resultierende höhere Anpassungsfähigkeit hinsichtlich sich verändernder Rahmenbedingungen aus.
- Für die Nutzer von i.WET ergibt sich aus der durch die Betriebswassernutzung bedingten Einsparung von Trinkwasser vor allem anfänglich eine geringere wirtschaftliche Belastung, die zu einer leicht gesteigerten sozialen Akzeptanz führt.
- Hinsichtlich der technischen Ziele resultiert aus den geringen Vorteilen bei Störungsanfälligkeit, Auswirkungen eines Versagens und Flexibilität und dem kleinen Nachteil seitens der Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen ein kleiner positiver Saldo.
- Bezüglich der Sicherheit schneidet i.WET genauso gut ab wie das konventionelle System, da eventuell problematisches Betriebswasser nur für unkritische Zwecke verwendet wird.
- Da i.WET in allen Punkten genauso gut oder besser als das konventionelle System bewertet wird, liegt es in der Gesamtbewertung deutlich über Letzterem.

	Kriterium	Indikatoren	Gewichtung (%)	Konventionell	i.WET	i.WET + Masch*
Ökologische Ziele			22,0	0,49	0,63	0,64
1.1	Nährstoffbelastung	N P	1,29 1,29	0,52 0,69	0,57 0,73	0,57 0,73
1.2	Ökotoxische Stoffe/ Wasser	Cu Zn Diclophenac Terbutryn	0,77 0,77 0,77 0,77	0,20 0,19 0,39 0,17	0,37 0,29 0,39 0,17	0,37 0,29 0,39 0,17
1.3	Sauerstoffzehrende Substanzen	CSB	2,62	0,55	0,60	0,60
1.4	Ökotoxische Stoffe/ Boden	Cd Pb PAK	0,95 0,95 0,95	1,00 1,00 1,00	1,10 0,99 0,99	1,10 0,99 0,99
1.5	Emission Klimagase	THG-Äquivalente	2,44	0,51	0,98	0,98
1.6	Beeinflussung des Mikroklimas		1,91	0,50	0,50	0,50
1.7	Ressourcenverbrauch	Energie, Betriebsstoffe	2,52	0,50	0,76	0,76
1.8	Ressourcenrückgewinnung	P N H ₂ O C (organisch)	0,02 0,03 2,28 0,05	0,00 0,00 0,00 0,00	0,01 0,01 0,27 0,00	0,01 0,01 0,27 0,00
1.9	Flächenverbrauch	r _F -Wert	1,84	0,50	0,50	0,70
Sicherheitsrelevante Ziele			26,7	0,90	0,90	1,0
2.1a	Verkeimung/Hygiene	Gesamtkeimzahl, Coliforme KbE	22,8	0,90	0,90	1,0
2.1b	Geruch/Trübung	TON, NTU	3,92	0,90	0,87	1,0
Ökonomische Ziele			16,4	0,46	0,52	0,52
3.1	(Netto) Kosten	Investition, Betrieb	8,90	0,42	0,46	0,46
3.2	Flexibilität, Systemwechselbereitschaft	Restbuchwert Nutzungsdauer	3,74 3,74	1,00 0,00	1,00 0,19	1,00 0,19
Soziale Ziele			16,0	0,74	0,77	0,77
4.1	Bequemlichkeit (Servicequalität)	Zeitaufwand	5,18	0,90	0,90	0,90
4.2	Wirtschaftliche Belastung	Besondere Belastungen	6,28	0,50	0,56	0,56
4.3	Belästigung	Anzahl Medien	4,49	0,90	0,90	0,90
Technische Ziele			18,8	0,66	0,70	0,75
5.1	Störungsanfälligkeit	Kapazitätsreserve Schadenspotenzial Knowhow-Verfügbarkeit	1,53 1,53 1,53	0,50 0,50 0,80	0,80 0,60 0,60	0,80 0,70 0,60
5.2	Auswirkungen des Versagenszustandes	Anteil CSB im Gewässer	4,05	0,83	0,93	0,93
5.3	Löschwasserbereitstellung	Sicherer Anteil	3,89	1,00	1,00	1,00
5.4	Flexibilität bzgl. Rahmenbedingungen	Zu-/Rückbaubarkeit	3,65	0,30	0,40	0,60
5.5	Abhängigkeit	Anzahl/Intensität	2,61	0,50	0,40	0,40
Gesamtbewertung			100	0,67	0,72	0,76

* Masch = zusätzlich vermaschtes TW-Netz

Quellen

(zusätzlich zu den Quellen in der Bewertungsanleitung)

Günthert, F.; Reicherter, E. (2001): Investitionskosten der Abwasserentsorgung. Oldenbourg-Industrieverlag, München

Horstmeyer, N.; Rapp-Fiegle, S.; Helmreich, B.; Drewes, J. E. (2014): Kosten der Abwasserbehandlung. Finanzierung, Kostenstrukturen und Kostenkenndaten der Bereiche Kanal, Sonderbauwerke und Kläranlagen. 1. Aufl. München: Deutscher Industrieverlag (Edition gwf Wasser Abwasser).

Li, F.; Wichmann, K.; Otterpohl, R. (2009): Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of the Total Environment* 407: 3439–3449.

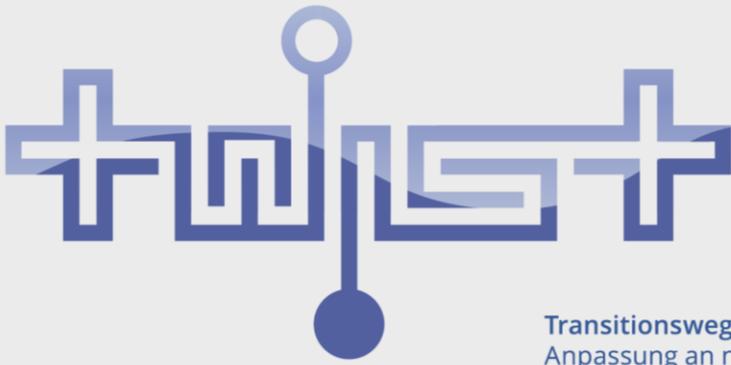
Nolde, E. (1999): Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings — over ten years experience in Berlin. *Urban Water* 1999;1(1999):275–84.

Sartorius, C.; Hillenbrand, T.; Levai, P.; Nyga, I.; Schulwitz, M.; Tettenborn, F. (2016): Indikatoren zur Bewertung alternativer Wasserinfrastrukturen im Projekt TWIST++. Arbeitspapier zu AP 5.

16 Anhang 4

Steckbriefe

- Modellgebiet Lünen
- Bewertung
- DWA Themenband



Transitionswege WasserInfraStruktursysteme:
Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum



Modellgebiet Lünen

Fraunhofer ISI, Karlsruhe

Stand: 12.04.2016

GEFÖRDERT VOM



1 Hintergrund

Der Weg hin zu nachhaltigen und resilienten Städten und Siedlungsgebieten erfordert einen erweiterten Ansatz im Umgang mit Wasser. Das „integrierte Wasser-Energie-Transitions-Konzept“ **i.WET** wurde vom Fraunhofer- Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) entwickelt. Das Konzept dient einer hochwertigen Wasserwiederverwendung mit verbesserter Energiebilanz durch Wärmerückgewinnung und der Produktion von Bioenergie.

i.WET ist ein praxisnahes Konzept, das gleichzeitig einen naturnahen urbanen Wasserkreislauf fördert, als Barriere für Pathogene, Nährstoffe und Schadstoffe dient, zur Aufwertung der urbanen Landschaft beiträgt und weitere urbane Ökosystemdienstleistungen unterstützt (u.a. Verbesserung des Mikroklimas, Beitrag zur urbanen Biodiversität). Das Konzept i.WET basiert auf der selektiven Auskopplung wenig belasteter Teilströme aus dem kommunalen Abwasser (leichtes Grauwasser aus Bad und Dusche, Regenwasser, ggf. ausgewählte, gering belastete Prozesswässer aus Industrie/Gewerbe sowie Straßenablauf) und der intelligenten Kombination von zwei komplementären Wiederverwertungswegen zu einem Gesamtsystem mit hoher Flexibilität und Nachhaltigkeit.

2 i.WET

In i.WET werden Abwasserteilströme getrennt und Aufbereitungsmodule zu einem System-Mehrwert kombiniert:

Wasser-Recycling aus Regenwasser und Grauwasser: Erfasst werden Regenwasser und „leichtes“ Grauwasser aus dem Bad (Dusche, Bad, Handwaschbecken). Es folgt die technische Aufbereitung zu Betriebswasser (z.B. für Toilette, Waschmaschine) bedarfsabhängiges Verschneiden zur Optimierung der Qualität des Betriebswassers, des Energieaufwandes und der Verfügbarkeit.

Wärme Recycling aus Grauwasser: Wärmetauscher, ggf. Wärmepumpe, Wärmespeicher zur Vorerwärmung von Trinkwasser bei Warmwasserbereitung

Energie-Allee - Biologische Aufbereitung (1): Wiederverwendung von Nährstoffen und Wasser integriert mit Bioenergiegewinnung und Landschaftsgestaltung zusätzliche Retention/Speicherung.



Grauwassergarten - Biologische Aufbereitung (2): Landschaftsgestaltung, geringere Flächenbedarfe für Nährstoffwiederverwertung und Wasser-Speicherung.

Die wichtigsten Merkmale von i.WET sind

- Transitionsfähigkeit → die ersten umgesetzten „Puzzleteile“ von i.WET funktionieren für sich allein, in Kombination und -mit Blick auf die Netzstruktur- unabhängig voneinander. Eine Anpassung der bestehenden Infrastruktur wird erst später notwendig (windows of opportunity werden nutzbar).
- Mehrwertschaffung → Energiegewinnung (Wärme, Biomasse), grüne Stadt, Verdunstungsleistung, Mikroklima, Biodiversität

Abbildung 1 zeigt eine mögliche Entwicklung des in Lünen betrachteten Süggelquartiers im Sinne einer Transition der Wasserinfrastruktur.

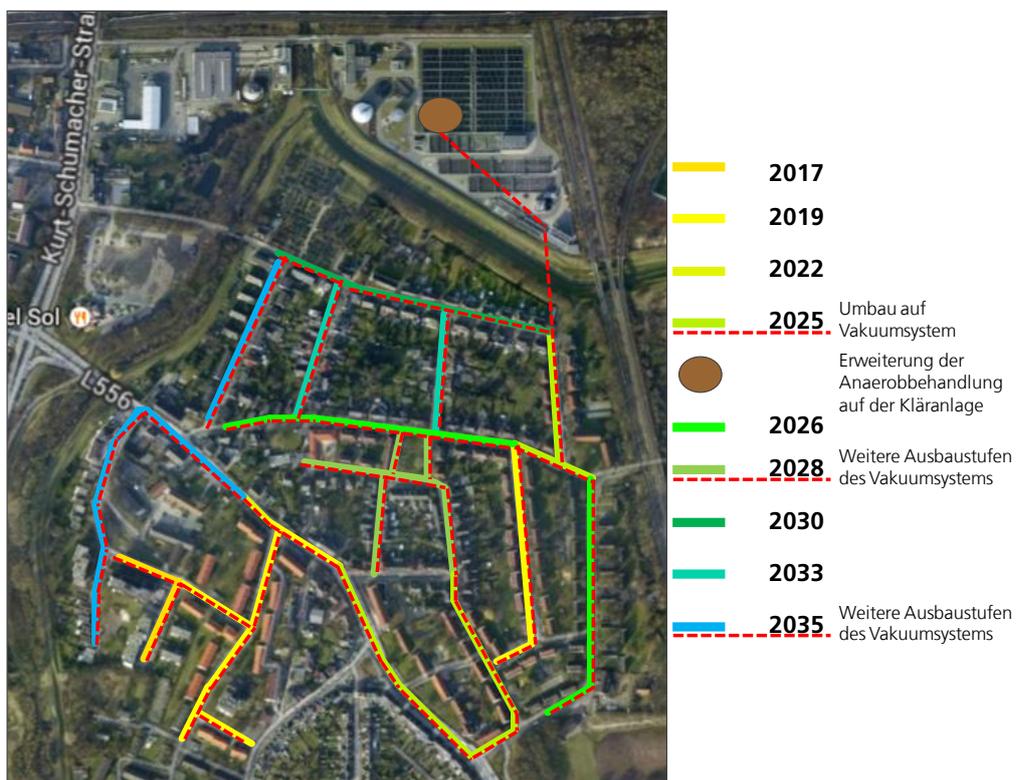


Abbildung 1: Mögliche Transition des Süggelquartiers in Lünen

3 Exemplarische Ergebnisse

3.1 Ökologische Bewertung: Energiebilanz

Transitionsschritt 1: i.WET

- Wärmerückgewinnung aus Grauwasser + Energieeffiziente Brauchwasserbereitstellung + Einsparungen Abwasserentsorgung und Trinkwasserbereitstellung (Volumen und Fracht reduziert) = Netto-Einsparung **120-300 kWh/Person und Jahr** (Primärenergie)+ *Evapotranspiration Energie-Allee 1000 kWh/p*a*



Transitionsschritt 2: Vakuumsystem

- Energieverbrauch Vakuumkanalisation: Moderate Verschlechterung der Energiebilanz



Transitionsschritt 3: Umstellung Kläranlage

- Deutliche Verbesserung der Energiebilanz durch Biogasgewinnung und Nährstoffrecycling



3.2 Ökologische Bewertung: Emissionen

Ab Transitionsschritt 1: Reduktion von Schadstoffemissionen durch i.WET

- Reduktion im Ablauf der Kläranlage durch kleineres Zulaufvolumen und -Fracht
- Regenwasser-Aufbereitung in der Energie-Allee
- Weniger Mischwasserentlastungen durch Pufferung des Regenwassers

Ab **Transitionsschritt 3**: ggf. weitere Reduktion durch Umstellung der Kläranlagenprozesse

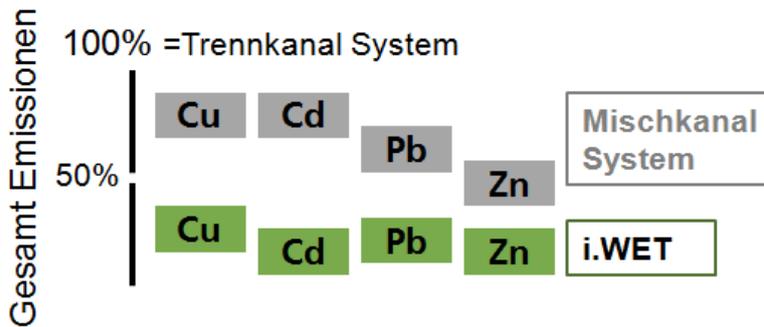


Abbildung 2: Bsp. Schwermetallemissionen i.WET (1. Schritt) im Vgl. zu Misch- und Trennkanal

3.3 Bsp. Ökonomische Bewertung

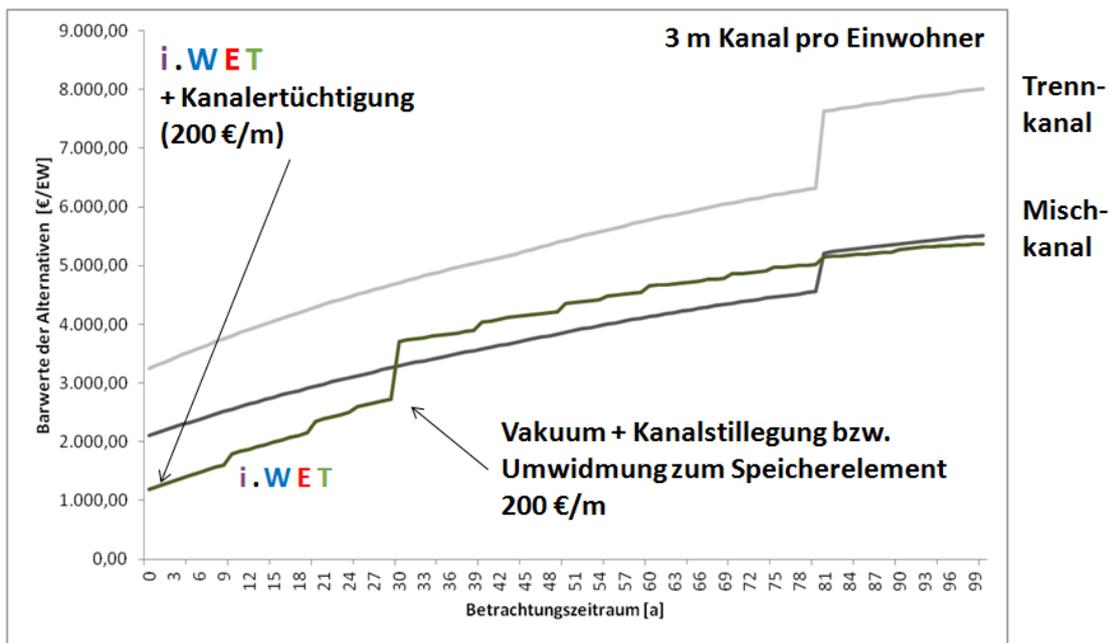


Abbildung 3: Berechnungsbeispiel - Einführung i.WET + Inbetriebhaltung des Mischkanals; nach 30 Jahren: Einführung Vakuum (Transitionsschritt 2) + Stilllegung des Mischkanals, ggf. Nutzung als Speicher für Regenwasser

- Aus Nutzerperspektive Amortisationszeiten von 7-15 Jahren (hauptsächlich durch Gebühreneinsparung)
- Kosten des Transformationspfades auf Quartiersebene (Kosten exklusive Wasser-Gebühreneinsparungen) langfristig ähnlich wie konventionelles Mischkanal-System und Flexibilität der Kosten deutlich höher

4 Ausblick

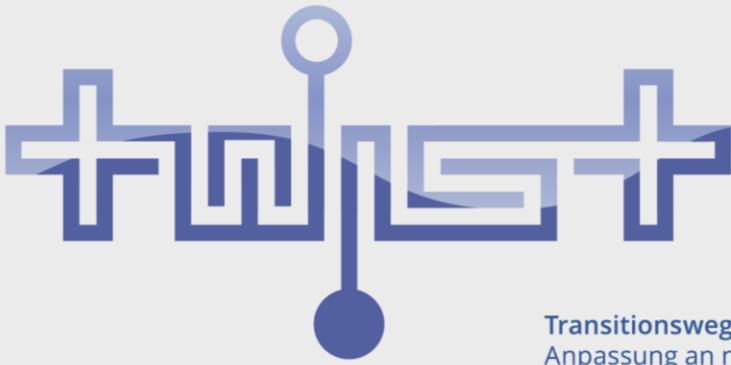
Das Technologiekonzept **i.WET** ermöglicht einen flexiblen Transitionspfad für Quartiere und urbane Wasserinfrastruktursysteme mit ökologischen und ökonomischen Vorteilen.

Die Umsetzung erfolgt unter Ausnutzung von Sanierungszyklen bzw. Windows of Opportunity

In Lünen wird ein Quartier in den kommenden Jahren in diesem Sinne transformiert.





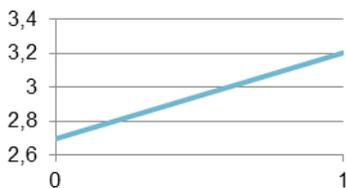


Transitionswege WasserInfraStruktursysteme:
Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum

Zielsystem des Projektes TWIST++



Transformationskurve



Einheit	mg/l
Min. Performance	2,7
Max. Performance	3,2

Anwendungsbereich

AW	TW
X	

Multikriterielle Bewertung

Ilka Nyga (BUW), Dr. Dr. Christian Sartorius (FhISI), Peter Lévai (IWW)

19.04.2016

GEFÖRDERT VOM





1 Hintergrund

Sich ändernde Rahmenbedingungen, damit einhergehende neue Herausforderungen sowie geringe Flexibilität der bestehenden Wasser- und Abwasserinfrastrukturen erfordern eine Anpassung und Weiterentwicklung der Systeme. Technische Lösungen wurden in den vergangenen Jahren in verschiedenen Projekten entwickelt; deren Umsetzung ist jedoch noch nicht weit verbreitet. Eine Ursache dafür könnte in der Unsicherheit über ihre Vor- und Nachteile bestehen. Hier setzt die Arbeit des Arbeitspaketes „Bewertungsverfahren“ an, im Rahmen dessen ein Bewertungsinstrument entwickelt und innerhalb der drei Modellgebiete angewendet werden soll, das sowohl integrierte Konzepte von Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungssystemen berücksichtigen als auch unterschiedliche Bewertungsdimensionen umfasst.

Die Federführung für das Arbeitspaket obliegt der Bauhaus-Universität Weimar (BUW). Dabei erhält sie wesentliche Unterstützung durch Fraunhofer ISI, das Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH (IWW) und das Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH (ILS).

2 Zielsetzung innerhalb des Forschungsvorhabens TWIST++

Innerhalb des Forschungsvorhabens wurde die Entwicklung und Anwendung eines umfassenden, multikriteriellen Bewertungsverfahrens angestrebt und umgesetzt. Wichtig bei der Entwicklung war es, unterschiedliche Aspekte und Ziele innerhalb einer Methode zu erfassen und in einem Ergebnis zusammenzufassen. Dabei wurden sowohl die Besonderheiten langlebiger Wasserinfrastruktursysteme, Akzeptanzfragen als auch die ökonomische und ökologische, wie auch die technischen Leistungsfähigkeit und Flexibilität berücksichtigt.

3 Untersuchungen

3.1 Untersuchungsbausteine des Projektes

1 Defizitanalyse für multikriterielle Bewertungsansätze (Leitung: IWW)

Zunächst wurden bekannte Bewertungsansätze hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit und Eignung zur ganzheitlichen Bewertung von Wasserinfrastruktur evaluiert. Darüber hinaus wurde untersucht, welche Bewertungskriterien für die Einschätzung der Wasserinfrastruktursysteme besonders wichtig sind und inwieweit diese in heutigen Bewertungsverfahren bereits Berücksichtigung gefunden haben. Auf dieser Grundlage wurde geprüft, welche Möglichkeiten zur Behebung der Defizite der jeweiligen Bewertungsverfahren bestanden.



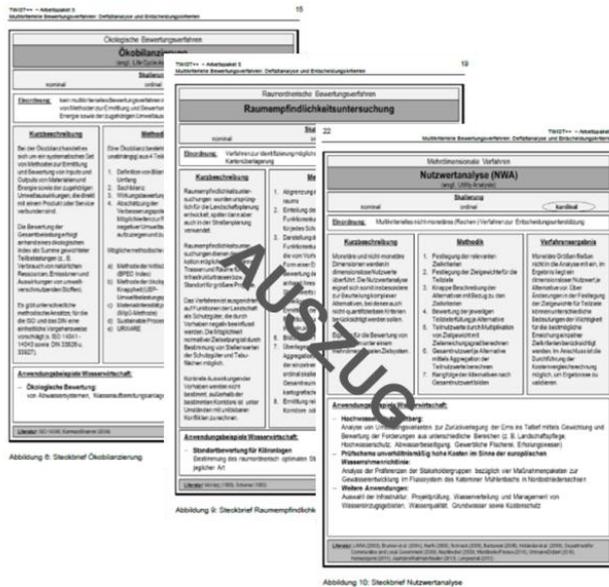


Abb. 1: Steckbriefe der Defizitanalyse

2 Methodische Entwicklung eines vereinfachenden multikriteriellen Bewertungsverfahrens und Auswahl der Entscheidungskriterien (Leitung: BUW)

Basierend auf der Defizitanalyse wurde ein an die Projektspezifika angepasstes, multikriterielles Bewertungsverfahren entwickelt, das als wichtiges Werkzeug in das Planungsunterstützungssystem (PUS) einfließt. Ziel war es das Bewertungsverfahren so zu konzipieren, dass es in unterschiedlichen Planungsstadien, die durch unterschiedliche Datenumfänge und -qualitäten gekennzeichnet sind, und unter Berücksichtigung unterschiedlicher Stakeholderperspektiven eingesetzt werden kann.

Im Ergebnis wurde die Nutzwertanalyse als Verfahren identifiziert, das den Weg der Entscheidungsfindung dokumentiert und dessen Ergebnis präzise und eindeutig darstellt. Darüber hinaus stellte sich die Nutzwertanalyse als das Verfahren heraus, welches die aus Sicht eines multikriteriellen Verfahrens gestellten Projektanforderungen (Berücksichtigung unterschiedlicher Dimensionen, Transparenz des Verfahrens und Berücksichtigung des notwendigen Aufwandes für die Ermittlung der Eingangsdaten) am besten erfüllt. Die projektspezifischen Anforderungen an die Nutzwertanalyse wurden gemeinsam herausgearbeitet und anschließend, wie in der Abbildung dargestellt bausteinartig an diese angepasst.

Die Ergebnisse der Defizitanalyse mündeten in Steckbriefe, die nach definierten Kriterien einheitlich gegliedert und deren Fazit eine Empfehlung für die Weiterverwendung innerhalb des Projektes TWIST++ beinhaltet.¹

¹ Vgl. Hein A., Levai P., Wencki K. (2015a) Multikriterielle Bewertungsverfahren: Kurzbeschreibung und Defizitanalyse (Teil 1-3). gwf – Wasser|Abwasser, 156:58 - 61; 202 -212; 326 - 336.



Abb. 2: Entwicklungsschritte des integrierten Bewertungsverfahrens

Unter Berücksichtigung der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit und übergeordneter Bewertungsaspekte wurde ein dreistufiges Zielsystem mit fünf Teilzielen entwickelt. Der gegliederte, durch Kriterien ergänzte Aufbau ermöglicht den Vergleich verschiedener Umsetzungsalternativen und berücksichtigt die Datenverfügbarkeit. Darüber hinaus haben die unterschiedlichen Stakeholder die Relevanz der Kriterien eingeschätzt und nach der Auswahl an der Ermittlung der Gewichtung mitgewirkt. Für die Operationalisierung der Kriterien wurden Indikatoren als Messgrößen festgelegt, die anschließend mittels Transformationskurven mit geeigneten Fixpunkten normiert und auf der Grundlage empirisch bestimmter Gewichtungsfaktoren aggregiert wurden.

3 Exemplarische Anwendung des Bewertungsverfahrens und Sicherstellung der Übertragbarkeit (Leitung: Fraunhofer ISI)



Für das entwickelte Bewertungsverfahren wurde ein Anwendungsleitfaden erstellt, der es ermöglicht, die gewählten Bewertungsansätze auf unterschiedliche Gebiete auch außerhalb der Modellregionen anzuwenden. Die Methodik selbst wird derzeit auf die drei Modellgebiete angewandt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden in die Weiterentwicklung des konzipierten Bewertungsverfahrens eingebracht. Damit wird die Leistungsfähigkeit der in TWIST++ entwickelten innovativen Infrastrukturalternativen geprüft und die Übertragbarkeit auf andere Anwendungsfälle sichergestellt.

Abb. 3: Bewertungsleitfaden des AP 5

4 Ergebnisse

Tabelle 1: Bewertungsergebnis der konventionellen Durchschnittsvariante Deutschlands

Nr.	Kriterium	Indikator	Normierungsgröße	Gewichtung	Teil-NW, normiert	Teil-NW, gewichtet
Ökologische Ziele (Umwelt- und Ressourcenschutz)				22,2 %	Ø = 0,45	0,0960
1.1	Nährstoffbelastung	N, P	Durchschnittsfracht	2,55 %	0,50	0,0128
1.2	Ökotoxische Stoffe/ Wasser	Cu, Zn, Diclophenac, Terbutryn	Eliminationsrate	3,07 %	0,24	0,0074
1.3	Sauerstoffzehrende Substanzen	CSB	Grenzwert (Konzentration)	2,62 %	0,69	0,0181
1.4	Ökotoxische Stoffe/ Boden	Cd, Pb, PAK	Grenzwert (Konzentration)	2,84 %	0,37	0,0105
1.5	Emission Klimagase	THG-Äquivalente	Durchschnittsemissionen	2,44 %	0,50	0,0122
1.6	Beeinflussung des Mikroklimas	Mikroklima (qualitativ)	Boni/Mali	1,91 %	(0,50)	0,0095
1.7	Ressourcenverbrauch	Energie, Betriebsstoffe	Durchschnittsaufwand	2,52 %	0,50	0,0126
1.8	Ressourcenrückgewinnung	P, N, C, H ₂ O	Recyclingquote	2,38 %	0,00	0,0000
1.9	Flächenverbrauch			1,84 %	0,70	0,0129
Sicherheitsrelevante Ziele				26,7 %	Ø = 1,00	0,2668
2.1a	Verkeimung/Hygiene	Gesamtkeimzahl, Coliforme KbE	Grenzwerte (Keimzahl)	22,8 %	1,00	0,2280
2.1b	Geruch/Trübung	TON, NTU	Boni/Mali	3,92 %	0,99	0,0388
Wirtschaftliche Ziele				16,4 %	Ø = 0,55	0,0901
3.1	(Netto) Kosten	Investition, Betrieb	Durchschnittskosten	8,90 %	0,50	0,0445
3.2	Flexibilität, Systemwechselbereitschaft	Restbuchwert, Nutzungsdauer	Anteil, Min./Max. Nutzungsd.	7,48 %	0,61	0,0456
Soziale Ziele				16,0 %	Ø = 0,74	0,1229
4.1	Bequemlichkeit	Zeitaufwand	Durchschnittsaufwand	5,18 %	(0,90)	0,0466
4.2	Wirtschaftliche Belastung	Besondere Belastungen	Boni/Mali	6,28 %	(0,50)	0,0314
4.3	Belästigung	Anzahl Medien	Boni/Mali	4,49 %	0,90	0,0449
Technische Ziele				18,8 %	Ø = 0,64	0,1190
5.1	Störungsanfälligkeit	Schadensanfälligkeit, Knowhow	Boni/Mali	4,60 %	0,60	0,0276
5.2	Auswirkungen des Versagenszustandes	Anteil CSB im Gewässer	Anteil der Überschreitung	4,05 %	(0,80)	0,0324
5.3	Löschwasserbereitstellung	Sicherer Anteil Löschwasserversorgung	Boni/Mali	3,89 %	(0,90)	0,0350
5.4	Flexibilität bzgl. Rahmenbedingungen	Zu-/Rückbaubarkeit	Leicht anpassbarer Anteil	3,65 %	(0,30)	0,0110
5.5	Abhängigkeit	Anzahl d. Infrastrukturen	Boni/Mali	2,61 %	(0,50)	0,0130
Bemerkung: (-)Werte sind Schätzung oder von lokalen Bedingungen abhängig					Summe:	0,695

5 Fazit und Ausblick

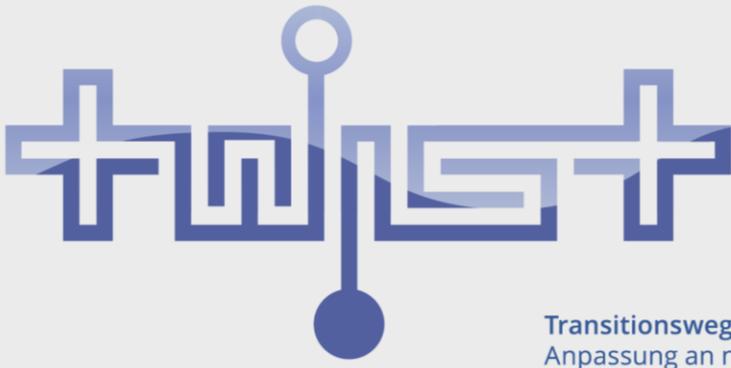
Der vorgestellte Bewertungsansatz ist in der Lage, Vor- und Nachteile verschiedener Infrastrukturalternativen im Detail in quantitativer Form darzustellen und durch die Einführung eines Gewichtungsfaktors nicht nur vergleichbar zu machen, sondern sogar ihre Aggregation zu einer Gesamtbewertung zu ermöglichen. Dadurch, dass bei der Normierung häufig auf allgemeingültige Größen, z.B. auf deutschlandweite Durchschnittswerte Bezug genommen wird, ist prinzipiell sogar ein Vergleich über die Grenzen der Modellgebiete oder gar des Vorhabens TWIST++ hinaus möglich.

Diese Methodik wird derzeit in den drei Modellgebieten des Projektes TWIST++ angewendet und die Resultate gebietsübergreifend verifiziert. Die detaillierten Ergebnisse finden Sie in Kürze an dieser Stelle.



Anschrift:
Bauhaus-Universität Weimar,
Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen
Marienstraße 7a
99423 Weimar





Transitionswege WasserInfraSTruktursysteme:
Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum

DWA-Themenband

Arbeitstitel: Innovative Wasserinfrastruktursysteme für die Zukunft am Beispiel des BMBF Forschungsvorhabens TWIST++ - Hemmnisse, Anpassungsbedarf und Akzeptanz

Beteiligte Projektpartner aus Arbeitspaket 7

18.04.2016

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Fachverband für
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF



NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



INIS

1 Hintergrund

Konzeptionelle Veränderungen in den Bereichen der Wasserver- und Abwasserentsorgung sind mit Auswirkungen auch auf den rechtlichen und organisatorischen Rahmen verbunden. Im Arbeitspaket 7 „Institutioneller Rahmen und Übertragbarkeit“ des Forschungsvorhabens TWIST++ wurden deshalb der notwendige Änderungsbedarf sowohl auf Ebene der drei Modellgebiete als auch hinsichtlich einer breiteren Übertragung der Ergebnisse herausgearbeitet, Lösungsansätze einschließlich möglicher Betriebs- und Geschäftsmodelle identifiziert und mit den wesentlichen Akteuren diskutiert.

Im Rahmen der Arbeiten zum Arbeitspaket 7 wurde der Änderungs- und Ergänzungsbedarf an das bestehende technische Regelwerk hinsichtlich der im Projekte entwickelten Technologien und Konzepten untersucht. Neben den Anforderungen an die innovative Technik werden unter anderem auch rechtliche und verwaltungsorganisatorische Fragen betrachtet und die Hemmnisse bei der Umsetzung innovativer Konzepte sollten identifiziert werden. Die Ergebnisse aus diesem Arbeitspaket sollten in einem geeigneten Format zusammengetragen und publiziert werden um die Erkenntnisse Forschungsvorhabens mittelfristig und nachhaltig den regelgebenden Gremien zur Verfügung zu stellen. Der hierfür im Arbeitsplan vorgesehene DWA-Themenband ist eine geeignete Publikation für die gegebene Fragestellung und somit ein wichtiges Projektergebnis.

2 Zielsetzung innerhalb des Forschungsvorhabens TWIST++

In einem DWA-Themenband haben die Fachgremien der DWA die Möglichkeit grundlegende Arbeitsergebnisse zu veröffentlichen, deren Inhalt von langfristiger Bedeutung ist. Erläuternde Abhandlungen über die Grundlagen zum DWA-Regelwerk, zusammenfassende Berichte und richtungsweisende Trends in der Wasserwirtschaft, Abwasser- und Abfallbranche werden ebenso in dieser Reihe publiziert wie technische Spezifikationen.

Die Ausarbeitung eines DWA-Themenband zum „Institutionellen Rahmen und Übertragbarkeit“ wird das oben beschriebene Ziel verfolgt, die Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben zusammengefasst zu dokumentieren und der Fachwelt zur Verfügung zu stellen. Der DWA-Themenband soll Fachgremien auch mittelfristig dazu anleiten die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben bei der Arbeit zu berücksichtigen.



3 Untersuchungen

Die Fragestellungen zum Anpassungsbedarf des Institutionellen Rahmens und der Übertragbarkeit wurden innerhalb der folgenden Teilarbeitspakete bearbeitet:

- Änderungs- und Ergänzungsbedarf für das technische Regelwerk
- Rechtliche und verwaltungsorganisatorische Hemmnisse
- Organisation und Finanzierung von Systeminnovationen

Bei der allgemeinen Betrachtung dieser Teilarbeitspakete ergab sich während der Projektbearbeitung sehr schnell eine sehr große Komplexität und es mussten Vereinfachungen in der Abgrenzung der Betrachtung getroffen werden. Es hat sich als sehr praktikabel angeboten, sich bei der Bearbeitung an den drei Modellregionen innerhalb des Forschungsvorhabens zu orientieren. Anhand von konkreten technischen Konzepten, gegebenen rechtlichen und verwaltungsorganisatorischen Randbedingungen sowie der geplanten Umsetzung und der resultierenden Diskussionsbereitschaft der Akteure wurden praxisnahe Ergebnisse erzielt.

4 Ergebnisse

Der DWA Themenband zum Arbeitspaket 7 ist in der Bearbeitung. Teilergebnisse haben sehr unterschiedliche Bearbeitungsstände, sodass erst am Ende des Projekts der fertige Band vorliegen wird. Die inhaltliche Gliederung ist in Tabelle 4 zusammengefasst.

Kap.	Titel	Kommentar
1	Einleitung	Hintergrund; Gesamtkonzept TWIST++
2	Konzepte/Modellgebiete und technische Innovationen	Für Modellgebiete relevante technische Innovationen ausführlich (evtl. alle Steckbriefe im Anhang)
3	Anpassungsbedarf an das Regelwerk	AP 7.1 Teilkonzepte der Modellregionen ausführlich / Hotspots (alle identifizierten Regelwerke im Anhang)
4	Organisation und Finanzierung von Systeminnovation	AP 7.3
5	Rechtliche und organisatorische Herausforderungen	AP 7.2 (kurzer Beitrag zu Industrie und Gewerbeabwasser in Kap. 5 einbinden)
6	Bürgerbeteiligung	AP 7.4 (Kurzer Beitrag zur GIS basierten Planung in Kap. 6 einbinden)
7	weiterer Handlungsbedarf / Empfehlungen /Übertragbarkeit	
8	Zusammenfassung	
	Anhang	

Tabelle 4–1: Gliederung DWA-Themenband

5 Ausblick

Die inhaltlichen Arbeiten zum DWA-Themenband sollen bis zum Projektende abgeschlossen sein. Nach der redaktionellen Bearbeitung bei der DWA muss anschließend die fachliche Freigabe durch den Fachausschuss „Neuartige Sanitärsysteme“ (DWA KA-1) erfolgen und mit einer Veröffentlichung kann frühestens Ende 2016 gerechnet werden.



Anschrift

Dr.-Ing Christian Wilhelm
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA)

Theodor-Heuss-Alle 17
53773 Hennef
wilhelm@dwa.de

