

GEFÖRDERT VOM

netWORKS

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen

Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen

Jan Hendrik Trapp /
Martina Winker (Hrsg.)

Jan Hendrik Trapp
Martina Winker
(Hrsg.)

Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen

Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen

Impressum

Herausgeber und Herausgeberin

Jan Hendrik Trapp (Difu), Dr. Martina Winker (ISOE)

Autorinnen und Autoren

Jeremy Anterola, Herbert Brüning, Dr. Fanny Frick-Trzebitzky, Michel Gunkel, Dr. Jens Libbe, Dr. Stefan Liehr, Dr. Andreas Matzinger, Diana Nenz, Brigitte Reichmann, Dr.-Ing. Pascale Rouault, Dr. Engelbert Schramm, Dr. Immanuel Stieß, Jan Hendrik Trapp, Dr. Martina Winker

www.networks-group.de

Diese Veröffentlichung basiert auf Forschungsarbeiten im Verbundvorhaben „Resilient networks: Beiträge von städtischen Versorgungssystemen zur Klimagerechtigkeit (netWORKS 4)“. Das Forschungsprojekt netWORKS 4 wurde unter dem Förderkennzeichen 01UR1622A-D innerhalb der Fördermaßnahme „Nachhaltige Transformation urbaner Räume“ im Förderschwerpunkt „Sozial-ökologische Forschung“ als Bestandteil des BMBF-Programms „Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA)“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Redaktion

Patrick Diekelmann (Difu)

Layout

Julia Krebs (Difu)

Umschlaggestaltung

Harry Kleespies, Iris Dresler (ISOE)

Bildnachweis (Umschlag): © Ramboll Studio Dreiseitl

Verlag

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH
Zimmerstraße 13-15
10969 Berlin
Telefon: +49 30 39001-0
Telefax: +49 30 39001-100
E-Mail: difu@difu.de
Internet: www.difu.de

ISBN 978-3-88118-660-5

Alle Rechte vorbehalten

Berlin, März 2020

Forschungsverbund netWORKS im Vorhaben „Resilient networks: Beiträge von städtischen Versorgungssystemen zur Klimagerechtigkeit (netWORKS 4)“

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu)
Jan Hendrik Trapp (Koordination)
Zimmerstr. 13-15
10969 Berlin
Telefon: +49 30 39001-210
E-Mail: trapp@difu.de

ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung
Dr.-Ing. Martina Winker (Koordination)
Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt
Telefon: +49 69 7076919-53
E-Mail: winker@isoe.de

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH
Dr. Pascale Rouault
Cicerostr. 24
10709 Berlin
Telefon: +49 30 53653-816
E-Mail: pascale.rouault@kompetenz-wasser.de

Berliner Wasserbetriebe AöR
Forschung und Entwicklung
Michel Gunkel
Cicerostr. 24
10709 Berlin
Telefon: +49 30 8644-18047
E-Mail: michel.gunkel@bwb.de

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin
Abteilung Integrativer Umweltschutz
Referat Wasserrecht, Wasserwirtschaft und Geologie
Matthias Rehfeld-Klein
Brückenstr. 6
10179 Berlin
Telefon: +49 30 9025-2003
E-Mail: Matthias.Rehfeld-Klein@senuvk.berlin.de

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin
Abteilung II – Städtebau und Projekte
Fachgebiet Ökologisches Bauen, ökologische Gebäudekonzepte,
Modellvorhaben
Brigitte Reichmann
Württembergische Str. 6
10707 Berlin
Telefon: +49 30 90139-4322
E-Mail: brigitte.reichmann@sensw.berlin.de

Stadt Norderstedt
Die Oberbürgermeisterin
Stabsstelle Nachhaltiges Norderstedt
Herbert Brüning
Rathausallee 50
22846 Norderstedt
Telefon: +49 40 53595-367
E-Mail: herbert.bruening@norderstedt.de

Ramboll Studio Dreiseitl GmbH
Jeremy Anterola
Stadtdeich 7
20097 Hamburg
Telefon: +49 40 32818-212
E-Mail: jeremy.anterola@dreiseitl.com

Inhalt

Abbildungsverzeichnis 9

Tabellenverzeichnis 10

1 Einleitung 11

Jan Hendrik Trapp, Martina Winker

2 Zentrale Begrifflichkeiten 15

2.1 Blau-grün-graue Infrastrukturen 15

Martina Winker, Engelbert Schramm, Andreas Matzinger, Jan Hendrik Trapp

2.2 Kopplung von Infrastrukturen 18

Jens Libbe, Engelbert Schramm, Diana Nenz, Jan Hendrik Trapp, Martina Winker

2.3 Resilienz 21

Engelbert Schramm, Andreas Matzinger, Jens Libbe

2.4 Transformation 24

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

2.5 Klimagerechtigkeit 26

Jan Hendrik Trapp, Engelbert Schramm, Martina Winker

3 Bausteine blau-grün-grauer Infrastrukturen 29

3.1 Beiträge von Infrastrukturbausteinen zu städtischen Zielsetzungen und Ökosystemleistungen 29

Martina Winker, Fanny Frick-Trzebitzky, Andreas Matzinger, Engelbert Schramm, Immanuel Stieß

3.1.1 Einleitung 29

3.1.2 Methodisches Vorgehen 29

3.1.3 Identifizierte blau-grün-graue Bausteine 30

3.1.4 Beiträge zu städtischen Zielsetzungen, Ökosystemleistungen und gesundheitsförderlichen Wirkungen 31

3.1.5 Fazit 34

3.2 Vorteile der Kopplungsmöglichkeiten der Infrastrukturen für die Klimaanpassung 37

Martina Winker, Engelbert Schramm, Fanny Frick-Trzebitzky, Andreas Matzinger, Immanuel Stieß

3.2.1 Einleitung 37

3.2.2 Methodisches Vorgehen 37

3.2.3 Eignung der blau-grün-grauen Bausteine bzgl. der Klimafolgen 38

3.2.4 Identifizierte Kopplungsmöglichkeiten 40

3.2.5 Fazit 42

3.3 Blau-grün-graue Infrastrukturen in ihrer Bedeutung für sozial-ökologische Versorgungssysteme 44

Engelbert Schramm, Martina Winker, Stefan Liehr, Immanuel Stieß

3.3.1 Als Bestandteil des urbanen Wasserver- und entsorgungssystems 44

3.3.2 Als Bestandteil des urbanen Versorgungssystems Stadtgrün und Stadtgewässer 45

3.3.3 Infrastrukturkopplungen und Versorgungssysteme 46

4 Möglichkeiten der Wirkungsmodellierung blau-grün-grauer Infrastrukturen 50

4.1 Möglichkeiten der Wirkungsmodellierung blau-grün-grauer Infrastrukturen 50

Fanny Frick-Trzebitzky, Stefan Liehr

4.1.1 Fragestellung und Rahmenbedingungen für die Wirkungsmodellierung 50

4.1.2 Systematisierung von Rahmenbedingungen einer Wirkungsentfaltung entlang des SES 51

4.2 Wasserwirtschaftliche Bewertung von gekoppelten Infrastrukturen 57

Andreas Matzinger, Michel Gunkel

4.2.1 Urbaner Wasserhaushalt 57

4.2.2 Auswirkungen auf die Siedlungswasserwirtschaft und urbane Gewässer 59

4.2.3 Schlussbewertung 63

4.3 Technische Resilienz gekoppelter Infrastrukturen 66

Andreas Matzinger

4.3.1 Ansatz einer quantitativen Bewertung 66

4.3.2 Beispiel: Urbaner Gewässerschutz 67

4.3.3 Schlussfolgerungen/Ausblick 69

4.4 Modellierung der Entfaltung von Klimawirkungen im Quartier 71

Fanny Frick-Trzebitzky, Stefan Liehr

4.4.1 Aufgaben der Modellierung 71

4.4.2 Herleitungen zur Modellstruktur 71

4.4.3 Modellierung der Klimawirkungen im Quartier am Beispiel des Bausteins „Dachbegrünung“ 73

4.4.4 Beitrag des Modells zur Abschätzung von Klimagerechtigkeit 73

4.4.5 Anhang Kapitel 4.4 75

4.5 Möglichkeiten und Grenzen der sozial-ökologischen Modellierung von Wirkungen blau-grün-grauer Infrastrukturen 79

Fanny Frick-Trzebitzky, Stefan Liehr

5 Die zwei Transformationsräume in Berlin und Norderstedt im Blick 82

5.1 Transformationsraum Berlin 82

Jan Hendrik Trapp, Diana Nenz, Jeremy Anterola, Michel Gunkel, Andreas Matzinger, Brigitte Reichmann, Pascale Rouault

5.1.1 Untersuchungsraum 82

5.1.2 Vorgehen 84

5.1.3 Ergebnisse 86

5.1.4 Fazit 94

5.2 Transformationsraum Norderstedt 96

Jan Hendrik Trapp, Jeremy Anterola, Herbert Brüning, Martina Winker

5.2.1 Vorgehen 96

5.2.2 Ergebnisse 98

5.2.3 Zentrale Schlussfolgerungen (Empfehlungen) 104

6 Planungsprozesse gekoppelter Infrastrukturen 107

Besondere Merkmale blau-grün-grauer Infrastrukturen in Bezug auf Planungsprozesse 107

Jan Hendrik Trapp, Diana Nenz, Immanuel Stieß

6.1 Akteure der Planungsprozesse 109

Jan Hendrik Trapp, Immanuel Stieß, Diana Nenz

6.2 Akzeptanzbedingungen für die Einbeziehung privater und halböffentlicher Räume 114

Immanuel Stieß, Jan Hendrik Trapp

6.3 Analyse der untersuchten Prozesse 118

Diana Nenz, Jan Hendrik Trapp, Immanuel Stieß

6.3.1 Kontext und Differenzierung der durchlaufenen Planungsprozesse 118

6.3.2 Zentrale Erkenntnisse und Ansatzpunkte für die Integration blau-grün-grauer Infrastrukturen in kommunale Planungsprozessen 120

6.3.3 Schlussreflektion 123

6.4 Entwickelte Tools zur Unterstützung in Planungsprozessen 126

Jan Hendrik Trapp, Martina Winker, Jeremy Anterola, Andreas Matzinger, Diana Nenz, Brigitte Reichmann, Pascale Rouault, Engelbert Schramm

6.4.1 Zielbasiertes, strukturiertes Vorgehen für die kommunale Planung blau-grün-grauer Infrastrukturen 126

6.4.2 Partizipatives Planungstool Infokarten 130

7 Fazit und Ausblick 135

7.1 Ambition und Erkenntnis 135

Martina Winker, Jan Hendrik Trapp, Herbert Brüning, Michel Gunkel, Pascale Rouault, Engelbert Schramm

7.2 Empfehlungen im Einzelnen für die Planungspraxis blau-grün-grauer Infrastrukturen 138

7.3 Forschungsfragen 141

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren 143

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schematische Darstellung des Verhältnisses zwischen blauer, grüner und grauer Infrastruktur sowie ihren Schnittmengen. 16

Abb. 2: Identifizierte Bausteine und ihre jeweilige Zuordnung als blaue, grüne oder graue Infrastruktur 30

Abb. 3: Eignung der betrachteten Bausteine für ein Erreichen planerischer Ziele, als Ökosystemleistungen, und für gesundheitsförderliche Wirkung 32

Abb. 4: Anzahl geeigneter Bausteine in Abhängigkeit von der Anzahl der priorisierten planerischen Ziele. 33

Abb. 5: Eignung der Bausteine für die Abschwächung von Klimafolgen 40

Abb. 6: Abweichung vom naturnahen Wasserhaushalt für eines der Fokusgebiete des Transformationsraums Berlin (Erweiterung Kita-Bestand)..... 58

Abb. 7: Kumulierte Abweichungen vom natürlichen Wasserhaushalt über alle Komponenten (Summe der Beträge) für die 6 Fokusgebiete des Berliner Transformationsraums 59

Abb. 8: Entwicklung der abflusswirksamen Flächen (relativ zur Gesamtfläche) der Fokusgebiete 60

Abb. 9: Schematische Darstellung der theoretischen Abkopplungsfläche (grün) im Modellgebiet (rot umrandet) in Relation zum umliegenden Pumpwerkseinzugsgebiet 61

Abb. 10: Auswirkungen von Abkopplungsmaßnahmen und gedrosselten RW-Einleitungen in einem typischen MW-Netz..... 62

Abb. 11: Schema des Berechnungsansatzes aus Matzinger et al. (2018b). 67

Abb. 12: Sauerstoffverlauf P(t) im Gewässer für drei Maßnahmenszenarien im Mischsystem nach einem Starkregenereignis..... 68

Abb. 13: Ableitung von Regeln und Variablen aus in Fachliteratur beschriebenen Wirkungszusammenhängen zwischen Bebauungsstruktur und der Entfaltung klimatischer Wirkungen von Gründächern 72

Abb. 14. Aufbau des Bayes'schen Netzes für den Baustein „Dachbegrünung“..... 73

Abb. 15: Räumliche Verteilung der Fokusgebiete..... 83

Abb. 16: Das Vorgehen nach netWORKS 4/ KURAS plus im integrierten Planungsprozess..... 84

Abb. 17: „Visionsplan Kita“ 87

Abb. 18: Schema der gewählten blau-grün-grauen Infrastruktur im Fokusgebiet „Kita“ inkl. einer Darstellung der Wasserflüsse 90

Abb. 19: Schnitt durch die Kita (Bestandsbau) und über das Gelände 93

Abb. 20: Variante 3 101

Abb. 21: Verfahren nach netWORKS 4 für kommunale Planungsprozesse 129

Abb. 22: Beispielhafte Darstellung einer Infokarte mit Vorderseite und Rückseite 132

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Betrachtete planerische Ziele, Ökosystemleistungen und gesundheitsförderliche Wirkungen 31

Tab. 2: Darstellung der Indikatorensets und Hauptindikatoren, die für die einzelnen Klimafolgen betrachtet wurden. 38

Tab. 3: Anzahl geeignete Bausteine pro Klimafolge 39

Tab. 4: Darlegung der Synergien, die durch eine Kopplung von zwei Infrastrukturen erreicht werden können mit Bezug zur jeweils adressierten Klimafolge 41

Tab. 5: Gestaltungsdimensionen des SES und korrespondierende Variablen für Rahmenbedingungen der Wirksamkeit gekoppelter Infrastrukturen 52

Tab. 6: Zusammenfassung der Auswertung für das Regenjahr 2017 69

Tab. 7: Bebauungsstrukturtypen (Auszug für Typ 1 und 3) nach baulicher Struktur und klimatischer Beschaffenheit 75

Tab. 8: Regeln und Variablen für die Klimawirkung im Raum (Auszug für die Klimafolgen Gewässerbelastung und Hitzebelastung) bezogen auf den Baustein „Dachbegrünung“ 76

Tab. 9: Überblick über die Bausteinauswahl in den Fokusgebieten 89

Tab. 10: Übersicht der zentralen Merkmale der drei Varianten in Norderstedt 99

Tab. 11: Abschätzung der Wasserbilanz für die verschiedenen Varianten (Anteil der Variablen der Wasserbilanz in Prozent) 102

Tab. 12: Rollen in den Planungsprozessen gekoppelter Infrastrukturen in den Transformationsräumen in Berlin und Norderstedt 112

Jan Hendrik Trapp, Martina Winker

1 Einleitung

Infrastrukturen der Daseinsvorsorge stellen der Gesellschaft existentielle Güter und Leistungen bereit. Sie haben neben einer technisch-materiellen immer auch eine gesellschaftliche Dimension und spiegeln gesellschaftliche Vorstellungen z. B. von Ver- und Entsorgungsqualitäten und Sicherheit wider. In der Siedlungswasserwirtschaft gilt es, die Bürger*innen ausreichend, zu erschwinglichen Preisen und zuverlässig mit qualitativ hochwertigem Trinkwasser zu versorgen und eine zuverlässige und sichere Sanitärversorgung zu gewährleisten. Die bestehenden Infrastruktursysteme werden – zum Beispiel durch demografische Veränderungen, den Druck zur Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz zum Klimaschutz und die Auswirkungen des Klimawandels – in ihrer Funktionsweise und Gestaltung herausgefordert. Zugleich ergeben sich im Zuge des technologischen Wandels und der Digitalisierung neue Ansätze, Verfahren sowie zunehmend vernetzte und sektorenübergreifende Steuerungsoptionen.

Infrastrukturen, die vor 100 Jahren noch als passend und angemessen erschienen, werden mit Blick auf die genannten Treiber und Optionen angepasst bzw. transformiert werden müssen. Insbesondere die Auswirkungen des Klimawandels werden einen erheblichen Einfluss auf die Lebensqualität in Städten und auf ihre Ver- und Entsorgungssysteme haben. So weist die Vulnerabilitätsanalyse, welche im Zuge der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) durchgeführt wurde, neben einer Beeinträchtigung der Wassernutzung durch zunehmende Erwärmung und vermehrter Sommertrockenheit auch Schäden durch Starkregen und Überschwemmungen im urbanen Räumen aus (UBA 2019, adelphi et al. 2015). Der Monitoringbericht 2019 der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) (UBA 2019) gibt neben niederschlagsbedingten Schadensereignissen auch die gesellschaftlichen Folgen von Hitzeperioden an. Dem Bericht zufolge starben in Deutschland in den Sommern 2006 und 2015 jeweils rund 6.000 Menschen mehr, als ohne Hitzeperiode zu erwarten gewesen wäre (UBA 2019). Dabei sind bei deutschlandweit grundsätzlich steigenden Temperaturen die Auswirkungen und die Schäden regional stark unterschiedlich ausgeprägt, jedoch sind häufig Wasserressourcen und -infrastrukturen davon betroffen (Brasseur et al. 2017, adelphi et al. 2015). Konkret erfordern die Folgen des Klimawandels, wie Starkniederschläge, Überflutung, Hitze- und Trockenperioden, nicht nur angepasste technische Lösungen, sondern auch veränderte Verfahren und Prozesse zur integrierten Planung der Stadt und ihrer (Wasser-)Infrastrukturen sowie ihrer Umsetzung. Diesen Herausforderungen müssen sich Planer*innen sowie Betreiber*innen von Infrastrukturen stellen.

Vorrangig werden Maßnahmen der Anpassung bzw. Transformation der grauen, technischen Wasserinfrastruktur diskutiert sowohl zur besseren Bewältigung etwa von Starkregen durch eine andere Auslegung und ein anderes Management von Rückhaltebecken als auch zu einer besseren Bewältigung von Hitze-/Trockenperioden, um eine ressourceneffizientere Wassernutzung aufgrund der prognostizierten limitierten Verfügbarkeit zu erreichen (adelphi et al. 2015).

Vor dem Hintergrund der sich absehbar weiter verstärkenden Klimawandelfolgen sind jedoch Zweifel angebracht, dass dies allein auf Basis von Maßnahmen der technischen Infrastruktur in ausreichendem Maße gelingen kann (Bundesregierung 2008). Vor diesem Hintergrund geraten blaue und grüne Infrastrukturen verstärkt in den Blick. Die Kopplung und das Zusammenspiel von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen versprechen vielfältige und zusätzliche Optionen zur Anpassung an den Klimawandel. Blaue und grüne Infrastrukturen erfüllen zahlreiche Ökosystemleistungen, die in einer klimagerechten Stadtentwicklung genutzt werden können: Grüne Infrastrukturen können als Puffer bei Starkregen/Überflutung dienen. Zugleich sind diese Infrastrukturen so zu gestalten und zu bewirtschaften, dass sie die Leistungen auch optimal erbringen können: In Hitze- und Trockenperioden haben grüne Infrastrukturen einen erhöhten Wasserbedarf, um z. B. die erwünschte Kühlleistung aufzuweisen.

Im Forschungsvorhaben netWORKS 4 gehen wir im Kern davon aus, dass sich durch eine Kopplung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen neue und effektive Gestaltungsoptionen für die Bewirtschaftung der Wasserressourcen im urbanen Raum ergeben und damit neben Zielen der Klimaanpassung auch weitere planerische Ziele wie zum Beispiel Biodiversität, Umweltbildung und Erlebbarkeit von Wasser und Grün unterstützt werden. Der Forschungsverbund hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Möglichkeiten der Kopplung zwischen den drei Infrastruktursystemen zu identifizieren und zu beschreiben. Er hat auch erste Bewertungen vorgenommen und geprüft, wie und wo die Kopplung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen zu einer klimaangepassten und klimagerechteren Stadt- und Infrastrukturentwicklung beitragen kann.

Bisher fehlen Verfahren, mit denen die Planung und Umsetzung gekoppelter Infrastrukturen unter Berücksichtigung der vielfältigen Wechselbezüge zum städtischen Raum im Zuge der Infrastruktur- und Stadtplanung erfolgen können. Daher gilt es, kommunale Planungsprozesse auf geeignete Anpassungen hin zu prüfen und eine Verständigung über Leitlinien der Infrastrukturentwicklung und Klimaanpassung herzustellen. Dialog- und Sensibilisierungsprozesse in den Partnerstädten Berlin und Norderstedt im Rahmen laufender städtebaulicher Planungsprozesse bieten eine Möglichkeit, die Idee einer vernetzten blau-grün-grauen Infrastrukturplanung zur Anpassung an den Klimawandel einzutragen und in ausgewählten Schritten der planerischen Umsetzung zu begleiten. Berlin und Norderstedt und die in den beiden Partnerstädten herangezogenen Transformationsräume (Quartiere) sind interessant, weil dort unterschiedliche räumliche, administrative und prozedurale Facetten von kommunalen Planungsprozessen im Kontext gekoppelter Infrastrukturen auftreten, die realistische Ausschnitte aus der kommunalen Praxis darstellen:

- Der Berliner Transformationsraum befindet sich im innerstädtischen Bereich in einem Bestandsgebiet, das als Stadtumbaugebiet ausgewiesen ist und in den kommenden Jahren eine Qualifizierung und Nachverdichtung erfahren soll. Hier ist der Umgang mit dem Bestand im Zusammenspiel mit der städtebaulichen Neuplanung von Interesse. Darüber hinaus ist

Berlin als Stadtstaat und aufgrund seines Verwaltungsaufbaus durch komplexe administrative Abläufe geprägt.

- In Norderstedt wurde ein kommunaler Planungsprozess für eine städtebauliche Rahmenplanung zu einem neuen Quartier auf einer ehemals landwirtschaftlich genutzten Fläche am Stadtrand begleitet. Der Planungsprozess in Norderstedt ist durch den gängigen Planungskonflikt gekennzeichnet. Einerseits hat die Stadt Norderstedt im Rahmen des BMBF-Wettbewerbs „Zukunftsstadt" sieben Leitziele für eine nachhaltige Stadtentwicklung erarbeitet; neben einer verstärkten Ausrichtung an Nachhaltigkeitszielen soll sich die Infrastrukturplanung am Gestaltungsprinzip der Resilienz orientieren. Andererseits sieht sich Norderstedt – im „Speckgürtel" Hamburgs gelegen – einem erheblichen Zuwanderungs- und Siedlungsdruck ausgesetzt.

Die beiden Partnerstädte bieten damit unterschiedliche Anlässe und Ansatzpunkte, sich mit gekoppelten Infrastrukturen auseinanderzusetzen. Nachfolgend stellen wir in Kapitel 2 zunächst die zentralen Begrifflichkeiten und Konzepte vor, die den im Rahmen von netWORKS 4 verfolgten Ansatz kennzeichnen. In Kapitel 3 werden blau-grün-graue Infrastrukturen eingeführt und mit Blick auf ihre Potenziale und Kopplungsmöglichkeiten dargestellt. Anschließend zeigt Kapitel 4 Möglichkeiten und methodische Ansätze auf, wie die Wirkungen gekoppelter Infrastrukturen modelliert werden können und welche Grenzen der Modellierbarkeit sich zeigen. Die praktischen Ergebnisse aus den beiden Transformationsräumen in Berlin und Norderstedt werden in Form von „Machbarkeitsstudien" gekoppelter Infrastrukturen in Kapitel 5 präsentiert. Die in den kommunalen Planungsprozessen zur Erarbeitung der Machbarkeitsstudien gewonnen Erkenntnisse werden in Kapitel 6 reflektiert. Dabei werden auch die im Rahmen von netWORKS 4 entwickelten Tools zur Unterstützung der Prozesse vorgestellt.

Die vorliegende Publikation ging aus dem Forschungsvorhaben „Resilient networks: Beiträge von städtischen Versorgungssystemen zur Klimagerechtigkeit" (netWORKS 4) hervor. netWORKS 4 wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Fördermaßnahme „Nachhaltige Transformation urbaner Räume" des Förderschwerpunkts Sozial-ökologische Forschung gefördert. Forschungs- und Projektpartner waren das ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung, das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu), das Kompetenzzentrum Wasser Berlin, die Berliner Wasserbetriebe, die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz und die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen in Berlin sowie die Stadt Norderstedt und Ramboll Studio Dreiseitl.

Literatur

Adelphi, PRC, EURAC (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Umweltbundesamt. Climate Change 24/2015. Dessau-Roßlau.

Brasseur, Guy, Daniela Jacob, Susanne Schuck-Zöller (Hrsg.) (2017): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Hamburg.

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (Zugriff am 10.03.2020).

UBA – Umweltbundesamt (2019): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau-Roßlau.

2 Zentrale Begrifflichkeiten

Martina Winker, Engelbert Schramm, Andreas Matzinger, Jan Hendrik Trapp

2.1 Blau-grün-graue Infrastrukturen

In Reimut Jochimsens Standardwerk zur Theorie der Infrastruktur wird eine Infrastruktur als „die Gesamtheit der materiellen, institutionellen und personalen Anlagen, Einrichtungen und Gegebenheiten bezeichnet, die den Wirtschaftseinheiten im Rahmen einer arbeitsteiligen Wirtschaft zur Verfügung stehen“ (1966: 145). Infrastrukturen bilden gleichsam den „Unterbau“ moderner Gesellschaften (Laak 2018: 23). Städtische Infrastrukturen lassen sich in technische, soziale und erwerbswirtschaftliche Infrastrukturen unterteilen (Libbe 2015). Grundsätzlich ist dabei immer eine physische, informationelle, räumliche und organisatorische Ebene zu beachten (Libbe/Moss 2006).

Die technischen Infrastrukturen ermöglichen Stoff- und Energieströme innerhalb einer Stadt bzw. zwischen dieser und ihrem Umland (Libbe/Moss 2006). Sie sind die funktionale Voraussetzung für urbanes Leben und vermitteln zwischen der Natur und ihren natürlichen Ressourcen einerseits sowie der Gesellschaft und ihren Bedarfen andererseits (Libbe 2015, Libbe/Moss 2006). Sie erfüllen grundlegende Ver- und Entsorgungsfunktionen. Zu den technischen Infrastrukturen, häufig auch als graue Infrastruktur bezeichnet, zählen u. a. die Wasserver- und -entsorgung, die Energieversorgung und die Abfallentsorgung.

Neben den genannten grauen, technischen Infrastrukturen können auch urbanes Grün und Gewässer als blaue und grüne Infrastruktur begriffen werden, da sie auf Basis ihrer Ökosystemleistung gesellschaftliche Versorgungsfunktionen erfüllen. Laut Brears (2018) und der Europäischen Kommission (2013) versteht man unter blau-grüner Infrastruktur eine städtische grüne Infrastruktur, das Stadtgrün, und die städtische blaue Infrastruktur, bezogen auf aquatische Ökosysteme, als strategisch geplantes Netz, das sich durch die Stadt zieht. Da blaue und grüne Infrastrukturen stark miteinander verflochten sind, spricht man häufig von blau-grüner Infrastruktur (BMUB 2017). Diese blau-grüne Infrastruktur kann aus naturnahen und künstlich angelegten Elementen bestehen.

Da das gemeinsame Verständnis, was eine blaue, was eine grüne und was eine graue Infrastruktur ist, im Planungsprozess für Stakeholder (und damit auch fachliche Laien) intuitiv verständlich sein sollte, wurde im Forschungsverbund netWORKS Folgendes vereinbart: Ausschlaggebend für die Zuordnung zur jeweiligen Infrastruktur ist die Sichtbarkeit. Infrastrukturbausteine, die von Pflanzen bewachsen sind, gelten dadurch als „grün“, auch wenn unterirdisch technische Elemente vorhanden sind. Entsprechend gelten Maßnahmen mit oberflächlich sichtbarem Wasser als „blau“, auch wenn das Wasser über Pumpen umgewälzt wird. Rein techni-

sche Maßnahmen ohne grüne oder blaue Elemente werden als „grau“ bezeichnet. Je nach Erscheinungsbild können einzelne Infrastrukturbausteine auch gleichzeitig verschiedenen Infrastrukturen zugeordnet werden (Abb. 1).



Abb. 1: Schematische Darstellung des Verhältnisses zwischen blauer, grüner und grauer Infrastruktur sowie ihren Schnittmengen (Forschungsverbund netWORKS).

Die gewählte Zuordnung hat sich im Projektverlauf insbesondere auch im Austausch mit Akteuren der Stadtplanung und der Öffentlichkeit bewährt und wurde auch in der wissenschaftlichen Auswertung und Ergebnisdarstellung berücksichtigt.

Blaue Infrastrukturen sind Infrastrukturen mit sichtbarem „Blau“ in Form von Wasser. Dies können z. B. künstliche, neu angelegte Teiche, Wasserflächen oder Wasserspiele sein. Zum anderen zählen hierzu auch existierende natürliche Gewässer. Dass die Zuordnung einzelner Infrastrukturen nicht immer eindeutig ist, zeigt sich am Beispiel von „Wasserspielen“. Diese können sowohl den blauen Infrastrukturen als auch den grauen zugeordnet werden.

Grüne Infrastrukturen sind Infrastrukturen mit sichtbarem Grün. Sie können sich im privaten und öffentlichen Raum befinden. Sie werden häufig zur Verdunstung und/oder Versickerung eingesetzt wie z. B. unversiegelte Freiflächen, Bauwerksbegrünungen (z. B. Dach-, Wand-, Fassaden-, Gleisbettbegrünung) und Versickerungsmulden oder dienen sogar der Wasserreinigung wie z. B. Pflanzenkläranlagen oder Retentionsbodenfilter. Sie haben jedoch auch oft einen ästhetischen Zweck.

Graue Infrastruktur bezieht sich hier auf die technische Wasserinfrastruktur mit ihren ab-/zuleitenden, stauraumschaffenden und reinigenden Anlagen der Abwasserentsorgung (z. B. Rohre, Stauraumkanäle), Systemen der Betriebswassernutzung im und am Gebäude (z. B. für die Toilettenspülung, Kühlung, Bewässerung) und unterirdischen Versickerungssystemen (z. B. Rigolen). Größtenteils sind sie unterirdisch oder innerhalb von Gebäuden verortet.

Literatur

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017): Weißbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Berlin.

Brears, Robert C. (2018): Blue and green cities. The role of blue-green infrastructure in managing urban water resources. London, UK.

Europäische Kommission (2013): Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe's natural capital. Brüssel.

Jochimsen, Raimut (1966): Theorie der Infrastruktur. Grundlagen der marktwirtschaftlichen Entwicklung. Tübingen.

Laak, Dirk van (2018): Alles im Fluss: Die Lebensadern unserer Gesellschaft – Geschichte und Zukunft der Infrastruktur. Frankfurt am Main.

Libbe, Jens (2015): Transformation städtischer Infrastruktur. Perspektiven und Elemente eines kommunalen Transformationsmanagements am Beispiel Energie. Dissertation an der Wirtschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig.

Libbe, Jens, Timothy Moss (2006): Netzgebundene Infrastruktursysteme im Wandel: am Beispiel der Wasserversorgung. In: Kluge, Thomas, Jens Libbe (Hrsg.): Transformation netzgebundener Infrastruktur. Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser. Berlin (Difu-Beiträge zur Stadtforschung, Bd. 45, S. 19-33.

Jens Libbe, Engelbert Schramm, Diana Nenz, Jan Hendrik Trapp, Martina Winker

2.2 Kopplung von Infrastrukturen

Unter gekoppelten Infrastrukturen wird verstanden, dass mindestens zwei Infrastrukturen in Abhängigkeit zueinander bestehen beziehungsweise miteinander interagieren. Eine solche funktionale Verbindung kann einseitig sein, wenn eine Infrastruktur von Funktionen der anderen abhängig ist, oder gegenseitig, wenn beide Infrastrukturen wechselseitig voneinander abhängig sind (vgl. Rinaldi et al. 2001). Bei einer Kopplung von Infrastrukturen kommt es also zur (Wechsel-)Beziehung von mindestens zwei Infrastruktursystemen (siehe Kap. 2.1).

Eine einseitige Beziehung ohne Wechselwirkung („dependency“) wird auch als feste oder starre Kopplung bezeichnet. Dies kann z. B. die Abführung des im Haushalt genutzten Trinkwassers als häusliches Abwasser in die Kanalisation sein (vgl. Becker/Schramm 2002).

Sofern es zu funktionalen Wechselwirkungen („interdependency“) kommt, sind nach der Intensität der sich ergebenden Rückkopplungen zwei Fälle zu unterscheiden: Bei schwachen gegenseitigen Wechselwirkungen kommt es nicht zu einem Aufschaukeln von sich gegenseitig bedingenden negativen Effekten (negative Wirkungsspirale). Ein Beispiel hierfür ist etwa die Regenwassersammlung im Anschluss an ein Gründach. Aufgrund einer teilweisen Aufnahme ins Gründach (Zwischenspeicherung im Bodensubstrat bzw. Evapotranspiration) steht weniger Regenwasser für die anschließende Nutzung zur Verfügung. Jedoch kann das zur Nutzung aufgefangene Wasser bei Bedarf (zeitversetzt) auch wieder für die Bewässerung des Gründachs verwendet werden.

Hingegen ist eine Mischkanalisation, an die der Abfluss des Niederschlags von der Straße angeschlossen wird, eine starke Kopplung: Im Starkregenfall kann dies einerseits zu einer hydraulischen Überlastung und damit zum Überlauf der Mischkanalisation an neuralgischen Punkten führen als auch andererseits einen Rückstau des nicht mehr abfließenden Abwassers auf die Straße und bis in die Häuser und dort Schäden verursachen. Sollten die Auswirkungen z. B. zu einem Zusammenbruch der Stromversorgung führen, ist darüber auch die Wasserversorgung betroffen. Im Idealfall wird versucht, die Kopplungskonstellationen so zu gestalten, dass sie sich im Auslegungsfall ingenieurtechnisch beherrschen lassen und nur selten Extremereignisse auftreten (Becker/Schramm 2002).

Kopplungen zwischen Infrastrukturen weisen zudem unterschiedliche Dimensionen auf: Unterscheiden lassen sich in Anlehnung an Dudenhöffer et al. (2006) und Rinaldi et al. (2001) physische (materiell-energetische), informationelle, räumliche und organisatorische Kopplungen. Diese sind jeweils aus der Perspektive einer Wissenschaft zugänglich. Zusätzlich können auch „hybride“ Kopplungen auftreten, die es erforderlich machen, disziplinübergreifend zu arbeiten. Dies ist der Fall, wenn sozial-ökologische Wechselwirkungen beobachtet werden: Z. B. kann es aufgrund der Überschwemmung einer multifunktionalen Grünfläche dort zur

Ablagerung von Schlamm kommen, der die Benutzer des Grüns, aber auch die von den Gärtnern aufgebaute Vegetation stört, wenn er nicht beseitigt wird.

Infrastrukturkopplungen können zudem unterschiedlich tief ausgeprägt sein (vgl. Libbe/Petschow 2017). Herkömmlich wird Infrastrukturkopplung auf die Verbindung verschiedener netzgebundener Infrastruktursysteme bezogen. Prominent ist dabei die Kopplung verschiedener (organisatorisch zunächst unabhängiger) Energieinfrastruktursysteme einerseits (z. B. Gas, Strom). Andererseits ist hier die Kopplung von Energie, Verkehr, Abfall, Siedlungswasserwirtschaft bzw. Informations- und Kommunikationssektor zu nennen. Die Kopplung dieser netzgebundenen Infrastrukturen (etwa die Faulgasgewinnung auf der Kläranlage mit Verwertung zur Strom- und Wärmeerzeugung oder die Abwärmenutzung aus dem Abwasserkanal zur Einspeisung in ein Wärme- oder Kältenetz) gilt als Möglichkeit, um zu gesellschaftlichen Transformationen mit der Zielstellung Nachhaltigkeit bzw. Klimagerechtigkeit beizutragen. Durch diese Art der Kopplung sollen Synergien geschaffen beziehungsweise genutzt werden.

Bei all diesen Verbindungen handelt es sich zunächst um physisch-funktionale Kopplungen. Solche Kopplungen stehen in einem zeitlichen wie räumlichen Zusammenhang, und sie können auf unterschiedlicher Skalenebene (zentral, semizentral, dezentral) gegeben sein.

Die Kopplung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen im Projekt netWORKS 4 verweist auf mögliche funktionale Verknüpfungen zwischen den technischen Infrastruktursystemen der Wasserversorgung- und Abwasserentsorgung (einschließlich den Elementen zur Regenwasserrückhaltung, -versickerung und -ableitung) mit städtischen blau-grünen Infrastrukturelementen. Diese Kopplung erfordert den gestaltenden Umgang mit sozial-ökologischen Systemen und gewinnt vor dem Hintergrund notwendiger Anpassung an den Klimawandel zunehmend an Bedeutung. Wie die verstärkte Kopplung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen zu Klimaschutz und Klimaresilienz gleichermaßen beitragen kann, wird in den nachfolgenden Kapiteln weitergehend erläutert.

An den Schnittstellen von blau-grün-grauen Infrastrukturen bzw. deren Teilsystemen zeigt sich zum einen, dass die Kopplung zumeist nicht nur eine technische Komponente hat, sondern auch neue wirtschaftliche, organisationale, ökologische und soziale Kopplungen mit sich bringt. Diese finden ihren Ausdruck entweder in neuen Kooperationsmodellen oder in der Erweiterung der Verantwortlichkeit von Infrastrukturbetreibern, Eigentümern, Stadtverwaltung usw. Zum anderen zeigt sich an diesen Schnittstellen aber auch ein wechselseitiger Bezug von natürlichen und gesellschaftlichen Systemen aufeinander.

Literatur

Becker, Egon, Engelbert Schramm (2002): Gekoppelte Systeme. Zur Modellierung und Prognose sozial-ökologischer Transformationen. In: Balzer, Ingrid, Monika Wächter (Hrsg.): Sozial-ökologische Forschung. Ergebnisse der Sondierungsprojekte aus dem BMBF-Förderschwerpunkt. München, S. 361-376.

Dudenhoeffer, Donald D., Milos Manic (2006): CIMS: A framework for infrastructure interdependencies modelling and analysis. In: Proceedings of the Winter Simulation conference. https://www.researchgate.net/publication/221527820_CIMS_A_Framework_for_Infrastructure_Interdependency_Modeling_and_Analysis.

Libbe, Jens, Ulrich Petschow (2017): Verwundbarkeiten durch Sektorkopplung. In: Ökologisches Wirtschaften, Jg. 32 (2017), Heft 4, S. 16-18 (DOI 10.14512/OEW320416).

Rinaldi, Steven M., James P. Peerenboom, Terrence K. Kelly (2001): Identifying, Understanding, and Analysing Critical Infrastructure Interdependencies. In: IEEE Control Systems Magazine (December 2001).

Engelbert Schramm, Andreas Matzinger, Jens Libbe

2.3 Resilienz

In den letzten Jahren ist der Resilienz-Begriff nicht nur in verschiedenen Disziplinen attraktiv geworden, sondern wird zunehmend auch in der (politischen) Diskussion um die Transformation von Städten verwendet. Dabei geht es häufig um die Widerstandsfähigkeit, teilweise auch um die Anpassungsfähigkeit urbaner Räume gegenüber klimatischen Extremen, die im Zuge des Klimawandels tendenziell zunehmen werden. Die Klimaresilienz von Städten (manchmal sogar deren Stärkung) sowie die Aufrechterhaltung oder Erhöhung der Resilienz ihrer Wasserinfrastrukturen werden häufig als wichtiges Ziel genannt (Libbe et al. 2018, Tappeser et al. 2017).

In diesen Diskursen wird zunächst auf (mehreren) disziplinären Verständnissen von Resilienz aufgebaut: Orientiert an der biochemischen Stressforschung wird etwa in der Ökologie unter Resilienz die Fähigkeit eines Ökosystems verstanden, auch bei ökologischen Störungen seine grundlegende Organisationsweise zu erhalten, anstatt in einen qualitativ anderen Systemzustand überzugehen (Brand et al. 2011). Aus technischer Perspektive bezeichnet Resilienz die Fähigkeit technischer Systemen, bei Störungen bzw. Teil-Ausfällen nicht vollständig zu versagen, sondern wesentliche Systemdienstleistungen aufrechtzuerhalten (Juan-Garcia et al. 2017). Resilienz beschreibt hier die Elastizität oder Pufferfähigkeit der betrachteten Systeme.

Diese (technische) Resilienz lässt sich beschreiben und quantitativ analysieren: Beispielsweise können die Schwere des Leistungsausfalls in einem technischen Infrastruktursystem (bezogen auf einen Grenzwert) über die Zeit integriert und dieses Integral über das Zeitintervall und den gewählten Grenzwert untersucht werden. Wird eine solche technische Resilienzbetrachtung z. B. für Stadtentwässerungssysteme durchgeführt, so können bei Starkregenereignissen Dauer und Ausmaß eines (vorübergehenden) Leistungsausfalls betrachtet und als Resilienzwert begriffen werden; auch kann die Erholungszeit, die das technische System benötigt, um wieder zu voller Funktionstüchtigkeit zurückzukehren, betrachtet und evtl. sogar vorhergesagt werden (Matzinger et al. 2018, Mugume et al. 2015. Vgl. auch Kap. 4.3).

Auch aus einer interdisziplinären Perspektive heraus kann Resilienz als analytisch-diagnostisches Konzept verwendet werden, um die Elastizität bzw. Anpassungsfähigkeit von blau-grünen Infrastrukturen zu untersuchen. Es wurden Möglichkeiten zur Messbarkeit und Quantifizierung von Resilienzindikatoren entwickelt, die Entscheider einsetzen können, um Handlungsbedarf zu identifizieren (Polonenko et al. 2020). Allerdings ist unklar, inwieweit das komplexe Zusammenspiel relevanter Variablen zufriedenstellend abgebildet werden kann (Brand et al. 2011, Schramm/Matzinger 2020).

Kritisch zu diskutieren ist, inwiefern der Resilienz-Begriff auch eine normative Funktion haben kann. Die aktuelle Vielfältigkeit der Bedeutungen von Resilienz ist „Stärke und Schwäche zugleich“ (Tappeser et al. 2017: 12). Gerade die durch zahlreiche unterschiedliche Verwendungen hervorgerufene begriffliche Verschwommenheit führt dazu, dass der Resilienzbegriff in einer

Vielzahl verschiedener Kontexte und Argumentationen anwendbar ist: Sehr unterschiedliche Akteure können am Diskurs teilnehmen und sprechen scheinbar vom Gleichen (Brand/Jax 2007). Allerdings wird dieser Diskurs rasch beliebig, wenn die Akteure nicht bemerken, dass sie unterschiedliche Vorstellungen und Interessenlagen klären müssen. Genauere Betrachtungen zeigen, dass insbesondere konkretisiert werden muss, um welche Infrastruktur(kopplungen) es sich handelt, gegenüber welcher Störung sie resilient sein soll und an welcher Leistung sich die Resilienz zeigen soll (Matzinger et al. 2018, Juan-Garcia et al. 2017).

Resilienz fokussiert auf den Erhalt von Systemfunktionen und die Anpassungsfähigkeit technischer bzw. sozial-ökologischer Systeme. Dabei bleibt die Frage nach den (sozial-ökologischen) Ursachen von Störungen ebenso außen vor wie die Frage nach einem besseren Umgang mit den daraus resultierenden Dynamiken. Soweit es um die nachhaltige Gestaltung dieser Dynamiken geht, erscheint es angemessener, auf ausdrücklich normativen Begriffen aufzubauen, etwa für netWORKS4 auf dem Begriff der Klimagerechtigkeit (Hummel 2017, Schramm/Matzinger 2020).

Literatur

Brand, F.S., K. Jax (2007): Focusing the Meaning(s) of Resilience: Resilience as a Descriptive Concept and a Boundary Object. Ecology and Society 12(1):23 (online). http:www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art23/

Brand, F., D. Hoheisel, T. Kirchhoff (2011): Der Resilienz-Ansatz auf dem Prüfstand: Herausforderungen, Probleme, Perspektiven. In: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg.): Landschaftsökologie. Grundlagen, Methoden, Anwendungen. Laufener Spezialbeiträge 2011, S. 78-83.

Matzinger, A., M. Zamzow, M. Riechel, E. Pawlowsky-Reusing, P. Rouault (2018): Quantitative Beschreibung der Resilienz urbaner Wassersysteme. In: Schmitt, T. G. (Hrsg):, Regenwasser in urbanen Räumen – aqua urbanica trifft RegenwasserTage. Landau i. d. Pfalz, TU Kaiserslautern. Schriftenreihe Wasser Infrastruktur Ressourcen. Band 1, S. 119–127.

Hummel, D. (2017): Von der Nachhaltigkeit zur Resilienz? Der Diskurs in Ökologie und Umweltpolitik. In: medico international (Hrsg.): Fit für die Katastrophe? Kritische Anmerkungen zum Resilienzdiskurs im aktuellen Krisenmanagement. Gießen, S. 109-123.

Juan-Garcia, P., D. Butler, J. Comas, G. Darch, C. Sweetapple, A. Thornton, L. Corominas (2017): Resilience theory incorporated into urban wastewater systems management. State of the art. Water Research 115, S. 149-161.

Libbe, J., U. Petschow, J. Trapp et al. (2018): Diskurse und Leitbilder zur zukunftsfähigen Ausgestaltung von Infrastrukturen. Climate Change 33/2018.

Mugume, S. N., D. E. Gomez, G. Fu, R. Farmani, D. Butler (2015): A global analysis approach for investigating structural resilience in urban drainage systems. Water Research 81, S. 15-26

Polonenko, L. M., M. A. Hamouda, M. M. Mohamed (2020): Essential components of institutional and social indicators in assessing the sustainability and resilience of urban water systems: Challenges and opportunities. Science of the Total Environment 708, 135159.

Schramm, E., A. Matzinger (2020): Resilienz: Konzeptionelle Potenziale für die sozial-ökologische Stadt- und Infrastrukturforschung. netWORKS-Paper (in Vorbereitung).

Tappeser, V., D. Weiss, W. Kahlenborn (2017): Nachhaltigkeit 2.0 – Modernisierungsansätze zum Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. Diskurs „Vulnerabilität und Resilienz“. UBA-Texte 91/201.

2.4 Transformation

Transformation bedeutet Umformung, Umgestaltung, Umwandlung oder Umbruch. Diesbezüglich ist der Begriff in zahlreichen Wissenschaftsfächern jeweils eindeutig definiert (z. B. in der Mathematik, der Genetik, der Strahlenchemie, der Bodenkunde oder auch in der Elektrotechnik). Sozialwissenschaftlich werden mit Transformation auch historische Umbrüche wie die Industrialisierung (Polanyi 1944) oder politische Systemwechsel (Merkel 2010) gefasst. Im Bereich der Nachhaltigkeitsforschung zeigt das Transformationskonzept deutliche Überschneidungen mit anderen Konzepten auf, so zum Konzept der Transition, welches eine ähnliche Bedeutung hat, sowie zu den Konzepten der Resilienz (vgl. Kapitel 2.3) oder der nachhaltigen Entwicklung (Feola 2015). In letzterer Hinsicht ist im Kontext globaler Herausforderungen wie dem Klimawandel normativ auch von der Notwendigkeit einer Transformation hin zu einer klimaverträglichen Gesellschaft die Rede (WBGU 2011).

In der sozial-ökologischen Forschung ist mit Transformation die Überwindung einer Form/Gestalt oder eines Musters gemeint, insbesondere die historisch grundlegende Veränderung der dynamischen Beziehungsmuster zwischen Gesellschaft und Natur und ihrer Regulation (Kluge/Hummel 2006). Dominierend ist die Vorstellung von Transformation als große, grundlegende Veränderung im Gegensatz zu kleinen, marginalen oder schrittweisen Veränderungen. Sozial-ökologische Transformation als kritisches Konzept betont die Integration der analytischen und politisch-strategischen Dimension von Transformation und damit einhergehend die Auseinandersetzung mit den Herausforderungen gesellschaftlicher Gestaltung von Transformationsprozessen (Schramm 2020).

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsforschung wird das Transformationskonzept auch auf Städte und deren Versorgungssysteme angewendet. Städte sind dabei zum einen Räume, die für einen immer größer werdenden Anteil der Ressourceninanspruchnahme und Emissionen stehen und vor diesem Hintergrund nachhaltiger gestaltet werden müssen. Zugleich sind sie die Räume, in denen Transformationen aktiv gestaltet werden können (bzw. müssen). Die je nach Stadt unterschiedlichen Siedlungsmuster, deren Treiber und Herausforderungen als Bedingungen und Möglichkeiten urbaner Transformation werden betont (WBGU 2016).

Infrastruktursysteme wie der Bereich der Wasserver- und -entsorgung einschließlich der dazu gehörenden Bewirtschaftung von Regenwasser befinden sich in einem tiefgreifenden Prozess der Transformation (Kluge/Scheele 2003). Die Veränderungen betreffen insbesondere die Kommunen als diejenigen, die traditionell als Grundlage und Ausdruck ihrer Selbstverwaltung die öffentliche Infrastruktur bereitstellen (Libbe/Trapp/Tomerius 2004). Für das Verständnis der Transformationsprozesse müssen technische Entwicklungen, institutionelle und organisatorische Rahmenbedingungen sowie gesellschaftliche Handlungsmuster und Verbraucherverhalten in ihrem Wechselverhältnis betrachtet werden. Für die Gestaltung hin zu nachhaltigen Versorgungssystemen sind allein technische Innovationen nicht ausreichend. Vielmehr bedarf es

gleichermaßen der Innovationen auf der Ebene organisationaler, politischer und sozialer Strukturen sowie bei Infrastrukturbetreibern und Konsumenten. Zudem können Transformationen in einem Infrastrukturbereich auch Ko-Transformationen in anderen Infrastrukturen bewirken. Daher bedarf es der Einbeziehung des Wissens aus diesen unterschiedlichen Bereichen. Voraussetzung hierfür sind vorausschauende und fachübergreifende Lernprozesse, die erst ein übergreifendes Transformationsmanagement ermöglichen.

Literatur

Feola, Giuseppe (2015): Societal transformation in response to global environmental change: a review of emerging concepts. Ambio, 44(5), S. 376-390.

Kluge, Thomas, Ulrich Scheele (2003): Transformationsprozesse in netzgebundenen Infrastruktursektoren. Neue Problemlagen und Regulationserfordernisse. Berlin (netWORKS-Paper Nr. 1).

Libbe, Jens, Jan Hendrik Trapp, Stephan Tomerius (2004): Gemeinwohlsicherung als Herausforderung – umweltpolitisches Handeln in der Gewährleistungskommune, Berlin (netWORKS-Paper Nr. 8).

Merkel, Wolfgang (2010): Systemtransformation. Eine Einführung in die Theorie und Empirie der Transformationsforschung. 2. Auflage. Wiesbaden.

Polanyi, Karl (1977): The great transformation. Politische und ökonomische Ursprünge von Gesellschaften und Wirtschaftssystemen. Wien.

Schramm, Engelbert (2020): Transformation: Konzeptionelle Potenziale für die sozial-ökologische Stadt- und Infrastrukturforschung, netWORKS-Paper (im Erscheinen).

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011): Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine große Transformation. Berlin.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2016): Der Umzug der Menschheit. Die transformative Kraft der Städte. Berlin.

Jan Hendrik Trapp, Engelbert Schramm, Martina Winker

2.5 Klimagerechtigkeit

Klimagerechtigkeit ist ein explizit normativer Ansatz und wird für gewöhnlich unter einer globalen und intergenerationalen Perspektive diskutiert, in der auf die sozial und räumlich ungleichen Bedrohungen und Anpassungsbedarfe durch den Klimawandel sowie die ungleichen Beiträge in Form von Treibhausgasemissionen hingewiesen wird. Im urbanen Kontext ist Klimagerechtigkeit ein vergleichsweise unüblicher Begriff (Bulkeley et al. 2014), geläufiger ist hier der Ansatz der Umweltgerechtigkeit[1]. Um Klimagerechtigkeit für eine lokale Perspektive nutzbar zu machen, ist es daher hilfreich, auf die auch in Deutschland geführte Debatte zur Umweltgerechtigkeit zurückzugreifen (Böhme et al. 2015, Maschewsky 2001). Die Diskurse zur Umweltgerechtigkeit befassen sich seit langem mit Gerechtigkeitsfragen im städtischem Raum und lokaler, räumlicher Planung. Umweltgerechtigkeit als normatives Leitbild verstanden, zielt auf die Vermeidung und den Abbau der sozialräumlichen Konzentration gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen sowie die Gewährleistung eines sozialräumlich gerechten Zugangs zu Umweltressourcen (Böhme et al. 2015: 15). Neben den beiden genannten Gerechtigkeitsprinzipien (*Verteilungsgerechtigkeit* mit Blick auf Umweltbelastungen und *Zugangsgerechtigkeit* zu Umweltressourcen) wird in der Auseinandersetzung mit Umweltgerechtigkeit regelmäßig als drittes Prinzip die *Verfahrensgerechtigkeit* im Sinne von Beteiligungsmöglichkeiten an Entscheidungsprozessen bei umweltrelevanten Vorhaben eingeführt (u.a. Maschewsky 2001, 2004). Diese drei sich überlagernden und wechselseitig beeinflussenden Gerechtigkeitsdimensionen sind auch für die Auseinandersetzung mit Klimagerechtigkeit im urbanen Kontext relevant.

Die Frage nach der *Verteilungsgerechtigkeit* adressiert die auf städtischer Ebene unterschiedlich stark ausgeprägten Folgen des Klimawandels. Hitze- und Überflutungsrisiken in Städten sind räumlich differenziert und hängen etwa von baulichen Dichten und dem Versiegelungsgrad ab – in vielen Städten lassen sich räumlich „hot spots“ des Klimawandels identifizieren, wie z. B. kommunale Hitzeaktions- und Risikovorsorgepläne zeigen. Die sich räumlich ungleich niederschlagenden Klimafolgen werden durch soziale Ungleichheiten in den jeweiligen Räumen überlagert. Denn soziale Gruppen sind in Städten aufgrund von Segregationsprozessen räumlich nicht gleich verteilt. Neben der sozialen Lage im Sinne vertikaler Ungleichheit (z. B. Einkommen und Bildungsabschlüsse) sind mit Blick auf Klimagerechtigkeit auch horizontale Ungleichheiten wie Alter, Geschlecht, Erkrankungen etc. und damit die Vulnerabilität der/des Einzelnen zu beachten: Z. B. sind Ältere und Menschen mit Herz-Kreislauferkrankungen sowie Schwangere bei Hitze in besonderem Maße gefährdet.

[1] Dieses Konzept wurde zu Beginn der 1990er-Jahren in den USA maßgeblich von der EPA (Environmental Protection Agency) in die Öffentlichkeit getragen (https://www.epa.gov/environmentaljustice).

Vor dem Hintergrund der ungleichen Verteilung der Klimafolgen im urbanen Raum und den damit unterschiedlich betroffenen sozialen Gruppen kann eine klimagerechte Stadtentwicklung zwei grundsätzliche Stoßrichtungen einschlagen: Zum einen kann der Fokus auf die Verringerung der Vulnerabilität von in besonderem Maße belasteten Räumen und der Exposition der hier lebenden (mehr oder weniger vulnerablen) Bewohner*innen gerichtet werden. Zum anderen können dezidiert städtische Gebiete ausgewählt werden, die durch soziale Benachteiligung und eine in besonderem Maße vulnerable Bevölkerung gekennzeichnet sind. Im Kontext der Verteilungsgerechtigkeit kann es beispielsweise darum gehen, eine „gerechte sozialräumliche Verteilung von Grün“ (BMUB 2017: 23) in der Stadt herzustellen. Im Zuge von planerischen Eingriffen in Quartieren (z. B. der Nachverdichtung bestehender Quartiere und bei Stadtumbau-Maßnahmen) oder in Neubaugebieten wären unter dem Anspruch einer klimagerechten Stadtentwicklung die bestehenden mikroklimatischen Bedingungen mindestens zu erhalten oder zu optimieren.

Der Erhalt bzw. die Optimierung der klimatischen Bedingungen durch bauliche Veränderungen betrifft auch die *Zugangsgerechtigkeit*. Mit ihr verbindet netWORKS 4 einen proaktiven Gestaltungsanspruch in der Stadtentwicklung. Zugangsgerechtigkeit meint in diesem Zusammenhang den Zugang zu mikroklimatischen und weiteren Wirkungen (Ökosystemleistungen), die gekoppelte Infrastrukturen bereitstellen können und die die Klimafolgen abschwächen. Zum Beispiel tragen grüne Infrastrukturen (Bäume, Parks, Grünflächen etc.) durch die Verdunstung von Wasser und Verschattung zur Kühlung in der Stadt bei. Klimagerechtigkeit bezieht sich in diesem Beispiel auf die Ausstattung zugänglicher (halb)öffentlicher Räume mit grünen Infrastrukturen, die es Stadtbewohner*innen (ohne privaten Garten oder die Möglichkeit zur Stadtflucht ins grüne Umland) ermöglicht, sich an Hitzetagen in kühleren „grünen Oasen“ aufzuhalten und von den Wirkungen dieser Infrastrukturen zu profitieren – einen Ansatz, den auch das Weißbuch Stadtgrün formuliert (BMUB 2017: 25).

Neben der unterschiedlichen Exposition und Vulnerabilität sowie dem Zugang sozialer Gruppen zu gekoppelten Infrastrukturen verfügen die sozialen Gruppen (und Individuen) auch über unterschiedliche Ressourcen (Kapazitäten) zum Umgang mit und der Anpassung an die Folgen des Klimawandels sowie zur Beteiligung an (planerischen) Entscheidungsprozessen. Die Dimension der *Verfahrensgerechtigkeit* bezieht sich auf Beteiligungsmöglichkeiten. Sie zielt zunächst auf eine gerechte und möglichst gleiche bzw. ausgewogene Beteiligung von Akteur*innen unabhängig von ihrem sozio-ökonomischen Status sowie sozio-demografischen Merkmalen. Verfahrensgerechtigkeit kann darüber hinaus auch so angelegt werden, dass die Beteiligung (besonders) vulnerabler Gruppen in kommunalen Planungsprozessen gezielt gesucht und gefördert wird, da sie ein besonderes Schutzbedürfnis gegenüber Klimafolgen haben. Zudem ist hierüber auch abzusichern, dass einzelne artikulationsstarke/einflussreiche soziale Gruppen ihre Interessen nicht überdurchschnittlich stark durchsetzen.

Literatur

Böhme, Christa, Thomas Preuß, Arno Bunzel, Bettina Reimann, Antje Seidel-Schulze, Detlef Landua (2015): Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum – Entwicklung von praxistauglichen Strategien und Maßnahmen zur Minderung sozial ungleich verteilter Umweltbelastungen. Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltgerechtigkeit-im-staedtischen-raum

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2017): Weißbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Berlin. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.html

Bulkeley, Harriet, Gareth A.S. Edwards, Sara Fuller (2014): Contesting climate justice in the city: Examining politics and practice in urban climate change experiments. http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.01.009

Maschewsky, Werner (2004): Konzepte für Verteilungs- und Verfahrensgerechtigkeit, in: Bolte, Gabriele, Andreas Mielck (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit. Die soziale Verteilung von Umweltbelastungen. Weinheim/München, S. 221–230.

Maschewsky, Werner (Hrsg.) (2001): Umweltgerechtigkeit, Public Health und soziale Stadt. Frankfurt am Main.

3 Bausteine blau-grün-grauer Infrastrukturen

Martina Winker, Fanny Frick-Trzebitzky, Andreas Matzinger, Engelbert Schramm, Immanuel Stieß

3.1 Beiträge von Infrastrukturbausteinen zu städtischen Zielsetzungen und Ökosystemleistungen

3.1.1 Einleitung

Die nachhaltige Transformation urbaner Räume ist direkt mit der Frage der Ausgestaltung der Wasserinfrastruktur unter Beachtung der Beziehungen zur grünen und blauen Infrastruktur verknüpft (siehe auch Kap. 1). Dabei gilt es, ein besonderes Augenmerk auf die Gestaltungsmöglichkeiten einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung (Matzinger et al. 2017, Matzinger et al. 2016) und von neuartigen Wasserinfrastrukturen (Winker/Trapp 2016) zu richten. Hierüber ist es möglich, neue Impulse zu setzen. Zudem besteht eine positive Synergievermutung bzgl. der Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel sowie zur Stärkung von Ökosystemleistungen als auch gesundheitsförderlicher Wirkungen in der Stadt, wenn blau-grün-graue Elemente stärker in der Infrastruktur- als auch in der städtischen Planung berücksichtigt werden (Boyle et al. 2014, Hartig et al. 2014, Honold et al. 2012, Pauleit et al. 2017, Wesenet et al. 2017).

3.1.2 Methodisches Vorgehen

Elemente blauer, grüner oder grauer Infrastruktur werden in dieser Veröffentlichung als Bausteine bezeichnet, die an identifizierten Stellen Kopplungen dieser Infrastrukturen ermöglichen, um z. B. negative Folgen des Klimawandels zu reduzieren. Die einzelnen Infrastrukturbausteine bündeln dabei verschiedene Einzelmaßnahmen ähnlichen Typs und ähnlicher Eigenschaften. Die Bausteine wurden im Bereich der blauen, grünen und grauen Infrastruktur identifiziert (für Details zur Definition siehe Kap. 2.1). Eine wichtige Ausgangsbasis waren dabei die bereits erarbeiteten KURAS-Maßnahmen (Riechel et al. 2017) im Bereich der Regenwasserbewirtschaftung. Diese wurden ergänzt um Bausteine aus dem Bereich Abwassermanagement sowie zusätzlicher blauer und grüner Bausteine. Ein Entscheidungskriterium für die „Aufnahme“ eines Bausteins war, dass dieser mindestens einer identifizierten Klimaveränderung und ihrer jeweiligen wasserrelevanten Problematik begegnen kann (Winker et al. 2019).

Die Eigenschaften der Bausteine und ihrer Einzelmaßnahmen wurden mittels einer Literaturrecherche basierend auf empirischen Untersuchungen, Modellierungen und Metaanalysen ermittelt (für Details siehe Winker et al. 2019). Der Fokus lag dabei auf ihren möglichen Wirkungspotenzialen in mitteleuropäischen Städten bzw. Orten mit ähnlichen klimatischen Bedingungen. So wurden die verknüpften nutzbaren Ökosystemfunktionen bzw. die genutzten Öko-

systemleistungen erhoben. Daraus ließen sich mittels eines Workshops im Verbund die planerischen Ziele, wie sie in stadtplanerischen Prozessen genutzt werden, ableiten.

Der Beitrag der Bausteine zur Verbesserung des physischen Wohlbefindens wurde anhand der Indikatoren „Reduktion der gesundheitlichen Belastung“, „Verringerung von Hitzestress“ und „Abwesenheit von Schadstoffen“ bewertet. Um die Verringerung der gesundheitlichen Belastung zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zur Wirkung einzelner Ökosystemfunktionen auf Morbidität und Mortalität durchgeführt. Die Wirkung der Indikatoren „Hitzestress“ und „Schadstoffe“ wurde mit Hilfe einer Bewertung der entsprechenden Ökosystemleistungen ermittelt (Winker et al. 2019).

Zusätzlich wurden die möglichen Wasserressourcen für die Nutzung in den Bausteinen identifiziert als auch Hinweise zum Koordinationsaufwand in Planung, Umsetzung und Betrieb solcher Bausteine. Eine detaillierte Beschreibung des methodischen Vorgehens als auch der erarbeiteten differenzierten Einzelergebnisse findet sich in Winker et al. (2019).

3.1.3 Identifizierte blau-grün-graue Bausteine

Eine Übersicht über die identifizierten blau-grün-grauen Bausteine findet sich in Abb. 2. Die Darstellung macht deutlich, dass Kopplungen zwischen zwei (z. B. grün-grauen) oder drei (blau-grün-grauen) Infrastrukturen bereits in einem einzelnen Baustein angelegt sein können und nicht zwingend zwischen zwei Bausteinen erfolgen müssen.

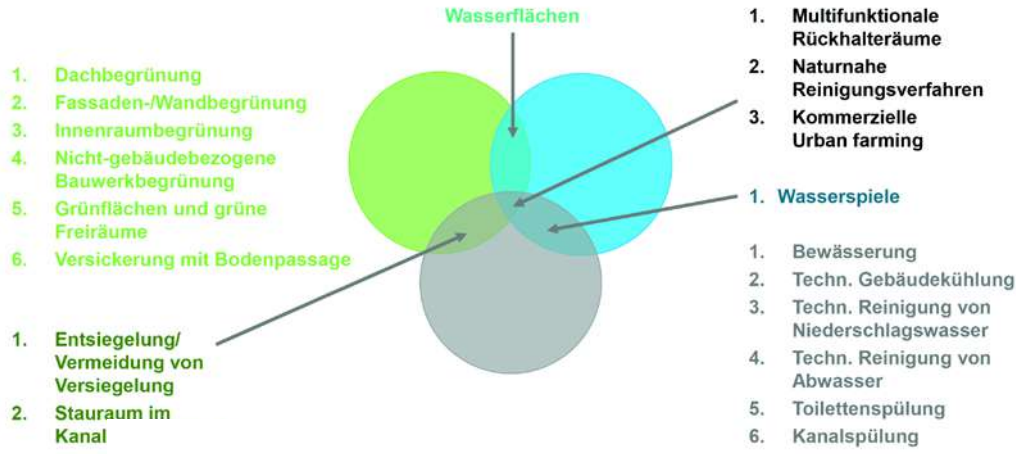


Abb. 2: Identifizierte Bausteine und ihre jeweilige Zuordnung als blaue, grüne oder graue Infrastruktur

3.1.4 Beiträge zu städtischen Zielsetzungen, Ökosystemleistungen und gesundheitsförderlichen Wirkungen

Über die Literaturanalyse (siehe Kap. 3.1.2) wurden die in Tab. 1 abgebildeten städtischen Zielsetzungen, Ökosystemleistungen und gesundheitsförderlichen Wirkungen identifiziert und für die 20 Bausteine über Wirkungsindikatoren bewertet. Für städtische Zielsetzungen und Ökosystemleistungen erfolgte die Bewertung anhand einer vierstufigen semi-quantitativen Skala: -1: negatives Wirkungspotenzial, 0: kein Effekt, 1: geringes positives Wirkungspotenzial, 2: mittleres bis hohes positives Wirkungspotenzial. Eine gesundheitsförderliche Wirkung wurde dagegen qualitativ als „vorhanden“, „möglich“ oder „kein Effekt“ bewertet. Jedem Ziel/Ökosystemleistung/gesundheitsförderlichen Wirkung in Tab. 1 wurden passende Indikatoren zugeordnet, dies können teilweise dieselben sein. Für die mittlere Wirkung eines Bausteins wurde das arithmetische Mittel über die Indikatoren verwendet.

Planerische Ziele	Ökosystemleistungen	Gesundheitsförderliche Wirkungen
Identifikation	Ästhetische Werte	Reduktion von mit Stress verbundenen Krankheiten
Erlebbarkeit	Gelegenheiten für Erholung	Reduktion von Atemwegserkrankungen
Begegnung	Informationsdienstleistung: Bildungs- und Erziehungswerte	Reduziertes Allergieaufkommen
Umweltbildung	Luftqualitätsregulation	Luftreinhaltung
Luftreinhaltung	Lärmschutzwirkung	Lärmschutz
Lärmschutz	Klimaregulation	Verbesserung Stadtklima/reduzierte Hitzebelastung
Verbesserung Stadtklima/Reduktion Hitzebelastung	Wasserregulation	
Natürlicher Wasserhaushalt	Wasserreinigung	
Gewässerschutz	Erhaltung der biologischen Vielfalt	
Grundwasserschutz	(Ökolog.) Konnektivität	
Erhaltung und Verbesserung der Biodiversität	Bereitstellung von Nahrung und nachwachsenden Rohstoffen	
Sicherstellung der Nahrungsmittel- und Produktion von nachwachsenden Rohstoffen	Bereitstellung erneuerbarer Naturressourcen	
Sicherstellung der Wasserversorgung		
Urbanes Gärtnern		
Aufenthaltsqualität		

Tab. 1: Betrachtete planerische Ziele, Ökosystemleistungen und gesundheitsförderliche Wirkungen (Winker et al. 2019, modifiziert)

Die betrachteten Bausteine zeigen große Unterschiede in ihrer Eignung (Abb. 3). Es fällt auf, dass Elemente grauer Infrastruktur, wie z. B. technische Reinigung von Niederschlagswasser/Abwasser, Stauraum im Kanal, Toilettenspülung oder technische Gebäudekühlung, nur wenige planerische Ziele bzw. Ökosystemleistungen bedienen. Dagegen sind grüne und blaue Infrastrukturen, wie z. B. Grün-/Freiflächen, Dachbegrünung oder Wasserflächen, wahre Multitalente. Aus Sicht des Gesamtnutzens hinsichtlich Zielen bzw. Ökosystemleistungen sind daher Bausteine mit grünen und/oder blauen Elementen in der Regel vorzuziehen. Durch Kopplung mit grauen Infrastrukturen können bestimmte Anforderungen (z. B. der Klimaanpassung, siehe Kap. 3.2) zusätzlich gezielt gefördert werden.

Zusätzlich muss erwähnt werden, dass die Potenziale blauer und grüner Bausteine besonders gut gehoben werden können, wenn Biotopnetze aus den einzelnen Bausteinen entstehen, die sich durch den urbanen Raum ziehen (siehe auch Kap. 2.1). Das heißt, hier ist darauf zu achten, dass kleinere Bausteine als „Trittsteine“ und „Brücken“ zwischen großen Bausteinen (insb. Grün- & Freiflächen und Wasserflächen) für zahlreiche Arten entstehen bzw. erhalten bleiben.

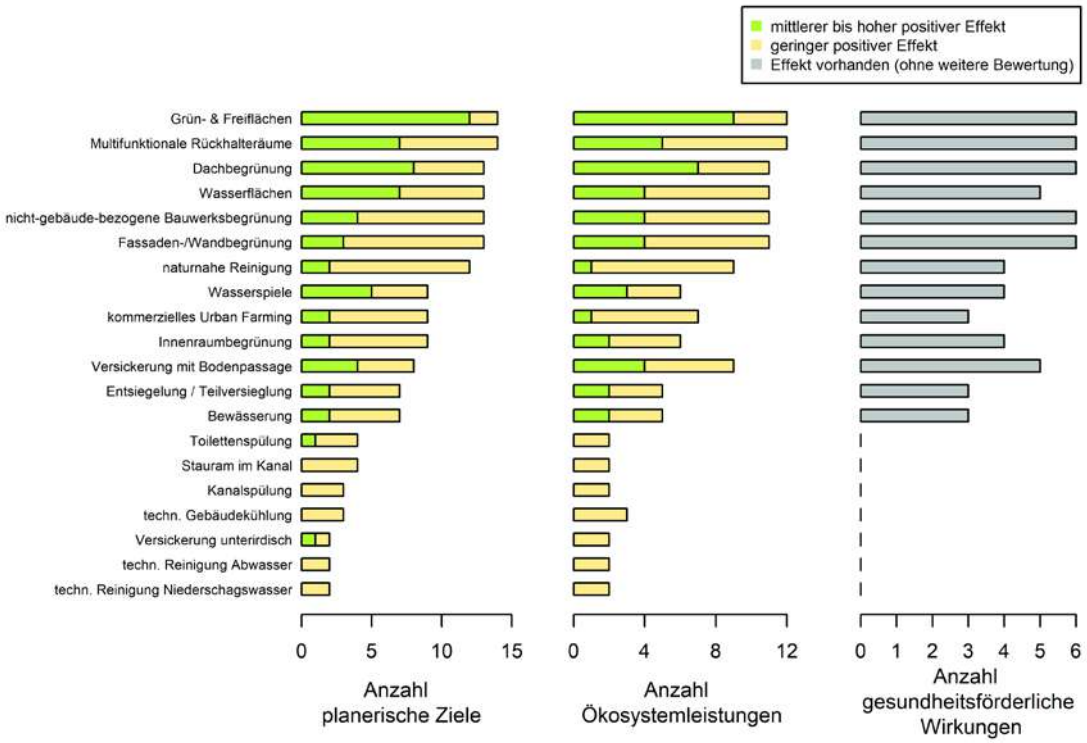


Abb. 3: Eignung der betrachteten Bausteine für ein Erreichen planerischer Ziele (links), als Ökosystemleistungen (Mitte) und für gesundheitsförderliche Wirkung (rechts). Gezeigt wird jeweils die Anzahl der betrachteten Ziele/Ökosystemleistungen/gesundheitsförderliche Wirkung aus Tab. 1, für die ein Potenzial besteht. Die Bausteine auf der y-Achse sind nach ihrem Potenzial für ein Erreichen planerischer Ziele von oben nach unten geordnet. Bei den gesundheitsförderlichen Wirkungen sind sowohl vorhandene als auch mögliche Wirkungen berücksichtigt.

Gesundheitsförderliche Effekte von grünen Bausteinen sind messbar z. B. über gesenkte Blutdruck- und Stresshormonspiegel bei Spaziergehenden und durch sonstige physische Aktivität in naturnaher Umgebung. Ästhetisch positiv wahrgenommene Stadtnatur bietet einen Anreiz für Bewegung. Bereits die optische Wahrnehmung von Pflanzen und Vegetationsvielfalt trägt zur Stressreduktion bei und wirkt sich positiv auf das physische Wohlbefinden aus. Ebenso kann Reduktion von Lärm durch grüne Bausteine dazu beitragen, das Auftreten von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und das subjektive Stressempfinden zu verringern. Die Reduktion von Hitzestress und die Bindung von Aerosolen, Grob- und Feinstaub können ebenfalls Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen sowie das subjektive psychische und physische Wohlbefinden fördern.

Die gesundheitsförderlichen Effekte, die durch soziokulturelle Ökosystemleistungen blauer Bausteine bewirkt werden, wirken ähnlich wie die für die grünen Bausteine beschriebenen Effekte. Auch für die Effekte, die die Bindung von Aerosolen, Grob- und Feinstaub auf die menschliche Gesundheit haben, ist die Wirkungsrichtung bei blauen Bausteinen vergleichbar mit derjenigen grüner Bausteine. Anders verhält es sich mit Folgeeffekten der Klimaregulation: Wasserflächen haben eine neutrale oder negative Wirkung auf die Verringerung der nächtlichen Wärmebelastung, da Gewässer Wärme speichern und dadurch die nächtliche Abkühlung behindern. Ob der Kühleffekt von Wasserflächen zu einer Verringerung von Hitzestress führt, ist von weiteren klimatischen Bedingungen (insbesondere Luftfeuchte und Luftströme) abhängig.

Verbesserungen des physischen Wohlbefindens durch Ökosystemleistungen sind wiederum vor allem bei grünen und blauen Bausteinen zu erwarten (Abb. 2). Die hier betrachteten grauen Bausteine haben mit Ausnahme der Bewässerung keine nachgewiesene direkte Wirkung auf die Verbesserung des physischen Wohlbefindens im Quartier. Grüne und blaue Bausteine sind damit ein wichtiges Element für die gesundheitsförderliche Stadtentwicklung. Sie tragen zur Verringerung thermisch bedingter Krankheitsbelastungen bei – besonders Ältere, Kranke und Kleinkinder sind hiervon betroffen.

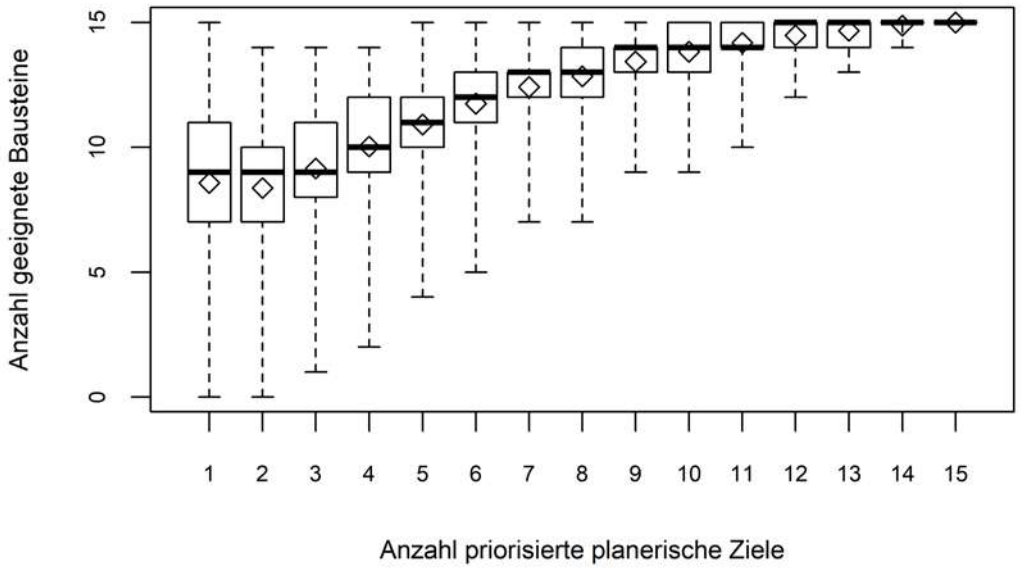


Abb. 4: Anzahl geeigneter Bausteine in Abhängigkeit von der Anzahl der priorisierten planerischen Ziele. Ein Baustein wird als geeignet betrachtet, wenn er für eines der priorisierten Ziele ein hohes Potenzial (= 2) oder wenn er im Mittel über die priorisierten Ziele ein geringes Potenzial (=1) aufweist. Die Spannbreiten der Boxplots ergeben sich durch die unterschiedlichen Kombinationen von Zielen mittels Monte-Carlo-Experiment.

Die dargestellten Ergebnisse lassen es bereits vermuten: Durch die Multifunktionalität der Bausteine ergeben sich planerische Freiheitsgrade (vgl. hierzu auch Kap. 5.1 und 6). So gibt es jeweils unterschiedliche Möglichkeiten und Kombinationen von Bausteinen, um die gewünschten Ökosystemleistungen, planerischen Ziele und gesundheitsfördernden Wirkungen zu erreichen. Abb. 4 zeigt die Anzahl der Freiheitsgrade in Abhängigkeit von der Anzahl priorisierter Ziele in einem Planungsprozess. Je nach ausgewählten Zielen gibt es deutliche Unterschiede (Spannbreite der Boxplots). Es fällt aber auf, dass selbst bei wenigen Zielen in 75 % der Fälle (Unterkante der Box in Abb. 4) mehr als sieben Bausteine in Frage kommen. Dieser große Spielraum ist eine wichtige Voraussetzung für die Beteiligung von Stakeholdern im Planungsprozess (siehe Kap. 5).

3.1.5 Fazit

Die Bausteine machen deutlich, welches Potenzial für die Stadt- und Infrastrukturplanung in einer vernetzteren Planung von blauer, grüner und grauer Infrastruktur liegt und welche Handlungsspielräume sich parallel daraus ergeben. Dies schafft notwendige Freiheitsgrade mit Blick auf die Herausforderungen, vor denen Städte heute stehen: Wohnraum mit sozial akzeptablen Kosten zu schaffen, Energiewende umzusetzen, Ressourcen einzusparen, städtische Lebensqualität zu erhöhen und gleichzeitig die Anpassungen an den Klimawandel vollziehen zu müssen. Es macht jedoch auch deutlich, dass aufgrund der notwendigen Netzstrukturen blau-grüner Infrastrukturen eine Art Masterplan blau-grüne Infrastruktur auf kommunaler Ebene erstellt werden muss, der mit dem Masterplan Wasser, der sich auf die Wasserver- und -entsorgung (graue Infrastrukturen) sowie Oberflächengewässer und Grundwasser bezieht, abgestimmt ist.

Die angelegten Potenziale können dann gehoben werden, wenn eine fachlich gute Planung, Implementierung und Betrieb der Infrastrukturbausteine erfolgen. Dazu braucht es einen frühzeitigen Austausch zwischen den kommunalen Fachverantwortlichen und vermutlich auch neue Abstimmungsprozesse und Kooperationen (siehe auch Kap. 3.2, 6.3). Diese Koordination ist auch wichtig, um möglichen Zielkonflikten entgegenzuwirken (siehe auch Kap. 5.1, 5.2), denn Flächen und Ressourcen können trotz der Multifunktionalität der Bausteine nur einer limitierten Anzahl an Zielen in einer gewissen Priorisierung dienen. Sehr deutlich macht das etwa das Ziel Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt vs. Sicherstellung der Wasserversorgung und damit Nutzung alternativer Wasserressourcen oder auch Förderung der Biodiversität vs. Nutzung von Flächen für Erlebbarkeit und Begegnung.

Literatur

Boyle, Carol, Gayathri Babarenda Gamage, Bruce Burns, Elizabeth Fassman-Beck, Stephen Knight-Lenihan, Luitgard Schwendenmann, Will Thresher (2014): Greening cities, Transforming Cities. Innovations for Sustainable Futures, University of Auckland, Auckland, New Zealand.

Hartig, Terry, Richard Mitchell, Sjerp de Vries, Howard Frumkin (2014): Nature and health. Annual review of public health 35, S. 207-228.

Honold, Jasmin, Reinhard Beyer, Tobia Lakes, Elke van der Meer (2012): Multiple environmental burdens and neighborhood-related health of city residents. Journal of Environmental Psychology 32 (4), S. 305-317.

Matzinger, Andreas, Mathias Riechel, Christian Remy, Hella Schwarzmüller, Pascale Rouault, Marco Schmidt, Martin Offermann, Clemens Strehl, Darla Nickel, Heiko Sieker, Matthias Pallasch, Manfred Köhler, Daniel Kaiser, Constantin Möller, Björn Büter, Dominik Leßmann, Robert von Tils, Ina Säumel, Lauranne Pille, Andreas Winkler, Hartmut Bartel, Stefan Heise, Bernd Heinzmann, Kai Joswig, Matthias Rehfeld-Klein, Brigitte Reichmann (2017): Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung – Ergebnisse des Projektes KURAS. Berlin.

Matzinger, Andreas, Mathias Riechel, Marco Schmidt, Catalina Corral, Andreas Hein, Martin Offermann, Clemens Strehl, Darla Nickel, Heiko Sieker, Matthias Pallasch, Manfred Köhler, Daniel Kaiser, Constantin Möller, Björn Büter, Dominik Lessmann, Robert Günther, Ina Säumel, Lauranne Pille, Andreas Winkler, Bernd Heinzmann, Kai Joswig, Brigitte Reichmann, Hauke Sonnenberg, Christian Remy, Hella Schwarzmüller, Pascale Rouault (2016): Quantification of multiple benefits and cost of stormwater management. Novatech, 4.

Pauleit, Stephan, Rieke Hansen, Emily Laurance Rall, Teresa Zölch, Erik Andersson, Ana Catarina Luz, Luca Szaraz, Ivan Tosics, Kati Vierikko (2017): Urban landscapes and green infrastructure. In: Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science, USA.

Riechel, Mathias, Christian Remy, Andreas Matzinger, Hella Schwarzmüller, Pascale Rouault, Marco Schmidt, Martin Offermann, Clemens Strehl, Darla Nickel, Heiko Sieker, Matthias Pallasch, Manfred Köhler, Daniel Kaiser, Constantin Möller, Björn Büter, Dominik Leßmann, Robert von Tils, Ina Säumel, Lauranne Pille, Andreas Winkler, Hartmut Bartel, Stefan Heise, Bernd Heinzmann, Kai Joswig, Matthias Rehfeld-Klein, Brigitte Reichmann (2017): Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung – Ergebnisse des Projektes KURAS. Berlin.

Wesener, Andreas, Wendy McWilliam, Silvia Tavares, Janis Birkeland (2017): Integrated urban grey and green infrastructures. Landscape Review 17 (2), S. 1-4.

Winker, Martina, Fanny Frick-Trzebitzky, Andreas Matzinger, Engelbert Schramm, Immanuel Stieß (2019): Die Kopplungsmöglichkeiten von grüner, grauer und blauer Infrastruktur mittels raumbezogenen Bausteinen. Ergebnisse aus dem Arbeitspaket 2, netWORKS 4. netWORKS-Papers, 34. Berlin (Deutsches Institut für Urbanistik).

Winker, Martina, Jan Hendrik Trapp, Jens Libbe, Engelbert Schramm (Hrsg.): Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten. Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume. Edition Difu – Stadt Forschung Praxis, Bd. 16. Berlin.

Martina Winker, Engelbert Schramm, Fanny Frick-Trzebitzky, Andreas Matzinger, Immanuel Stieß

3.2 Vorteile der Kopplungsmöglichkeiten der Infrastrukturen für die Klimaanpassung

3.2.1 Einleitung

In der Fachdebatte wird immer deutlicher, dass aufgrund der Vielzahl zu erreichender Ziele in der städtischen Entwicklung nicht jedes gesondert und isoliert angegangen werden kann. Zunehmend zeigt sich, dass die nutzbaren Flächen sowie weiteren Ressourcen begrenzt sind. Eine gleichzeitige Zielerreichung z. B. der unterschiedlichen planerischen Ziele und eine Parallelnutzung aller angestrebten Ökosystemleistungen und gesundheitsförderlichen Wirkungen ist so schlicht unmöglich (siehe auch Kap. 3.1). Durch die immer deutlicher zu Tage tretenden Klimafolgen hat sich dies nochmals verstärkt (UBA 2015).

Daher ist es unumgänglich, über eine stärker vernetzt denkende und integrierte Planung unterschiedliche Ziele gleichzeitig zu adressieren. Hier kann neben dem Einsatz von einzelnen (grünen und blauen) Bausteinen, die alleine schon viele Ziele bedienen (Abb. 3 in Kapitel 3.1), die Kopplung von Infrastrukturen durchaus von Vorteil sein (siehe auch Kap. 2.2, 3.1). Dieses Kapitel analysiert die Vorteile einer solchen gekoppelten blau-grün-grauen Infrastruktur und zeigt auch die Grenzen dieses Ansatzes auf.

3.2.2 Methodisches Vorgehen

Mit Blick auf den Klimawandel wurden vier klimatische Veränderungen, die das städtische Leben und Entwicklung beeinflussen, identifiziert:

- Häufigerer Starkregen[2], der zu Gewässerbelastungen führt
- Häufigere extreme Starkregenereignisse[3], die Überflutungen verursachen
- Höhere Temperaturen, die zusätzliche Hitzebelastungen bei Tag und Nacht (z. B. sog. Tropennächte) bewirken
- Längere Trockenperioden, die Wasserknappheit verursachen

Für Details zur Herleitung siehe Winker et al. (2019).

[2] Ausgeprägte Regenereignisse mit langjährigen Wiederkehrzeiten ab ca. zwei Monaten, die durch Mischwasserüberläufe oder hydraulische Spitzen (im Trennsystem) zu einer Gewässerbelastung führen, aber nicht unbedingt das Kanalsystem überlasten.

[3] Außergewöhnliche Regenereignisse mit langjährigen Wiederkehrzeiten ab ca. zehn Jahren, für die Kanalsysteme nicht ausgelegt sind und die entsprechend zu Überstau führen.

Für jede klimatische Veränderung wurde das relevante Indikatorset aus der Liste der Indikatoren (siehe Kap. 3.1) ausgewählt. Nach einer ersten Analyse wurde jeweils ein Hauptindikator für jede Klimafolge identifiziert (siehe Tab. 2). Das Potenzial des jeweiligen Bausteins zur Begegnung der Klimafolge wurde analog der Beschreibung in Kap. 3.1.4 ermittelt, wobei hier direkt die Bewertung des Hauptindikators in Tab. 2 verwendet wurde.

Klimafolge	Gewählter Hauptindikator	Set weiterer Indikatoren
▪ Starkregen: Gewässerbelastung	▪ Reduktion der Abflussspitze	▪ Reduktion des Regenabflusses ▪ AFS-Rückhalt im Regenwasserabfluss ▪ Phosphor-Rückhalt im Regenwasserabfluss
▪ Extreme Regenereignisse: Überflutung	▪ Reduktion der Abflussspitze	▪ Reduktion des Regenabflusses
▪ Hohe Temperaturen, Tag	▪ Änderung Hitzestress	▪ Änderung des Verdunstungsanteils ▪ Gründistanz
▪ Hohe Temperaturen, Nacht	▪ Änderung Tropennächte	▪ Änderung des Verdunstungsanteils ▪ Gründistanz [in m]
▪ Trockenperioden	▪ Wasserbereitstellung	▪ Reduktion des Regenabflusses ▪ Änderung des Versickerungsanteils ▪ Reduktion Abwasserabfluss

Tab. 2: Darstellung der Indikatorensets und Hauptindikatoren, die für die einzelnen Klimafolgen betrachtet wurden.

3.2.3 Eignung der blau-grün-grauen Bausteine bzgl. der Klimafolgen

Tab. 3 zeigt, dass zwischen sieben und 16 (von 20) Bausteine einen positiven Beitrag zur Abschwächung der fünf betrachteten Klimafolgen leisten können. Diese große Zahl unterstreicht die potenzielle Wirksamkeit der betrachteten blauen, grünen und grauen Bausteine bezüglich Klimafolgen. Allerdings zeigen sich Unterschiede der Bausteine in ihrem Potenzial gegenüber den verschiedenen Klimafolgen. Am wenigsten geeignete Bausteine gibt es bei der Wasserknappheit mit vier Bausteinen, die ein mittleres bis hohes Wirkpotenzial aufweisen. Dies weist darauf hin, dass die Mehrheit der betrachteten Bausteine eher den Naturhaushalt (grüne und blaue Infrastrukturen) oder gezielt wasserwirtschaftliche Ziele befördert und das Vorhalten und Nutzen von Wasser keinen gleichwertigen Fokus darstellt.

Klimafolge	Anzahl Bausteine		
	Mit mittlerem bis hohem Potenzial	**Mit geringem Potenzial**	**Summe**
Häufiger Starkregen: Gewässerbelastung	8	8	16
Häufigere extreme Regenereignisse: Überflutung	8	8	16
Höhere Temperaturen: Hitzebelastung	11	0	11
Höhere Temperaturen: steigende Anzahl tropischer Nächte	9	0	9
Längere Trockenperioden: Wasserknappheit	4	3	7

Tab. 3: Anzahl geeignete Bausteine pro Klimafolge

In Kapitel 3.1 hat sich gezeigt, dass graue Bausteine deutlich weniger Ökosystemleistungen/planerische Ziele bedienen als grüne und blaue (bzw. Kombinationen mit grünen und blauen Elementen). Der Unterschied fällt bei der Abschwächung von Klimafolgen deutlich geringer aus (Abb. 5). Da einzelnen Indikatoren großes Gewicht zukommt (z. B. Wasserbereitstellung gegen längere Trockenperioden oder Reduktion der Abflussspitze gegen Starkregen und Extremereignisse) können hier „Spezialisten" der grauen Infrastrukturen mehrere Klimafolgen abschwächen, und der Unterschied gegenüber grün-blauen Bausteinen fällt weniger deutlich aus.

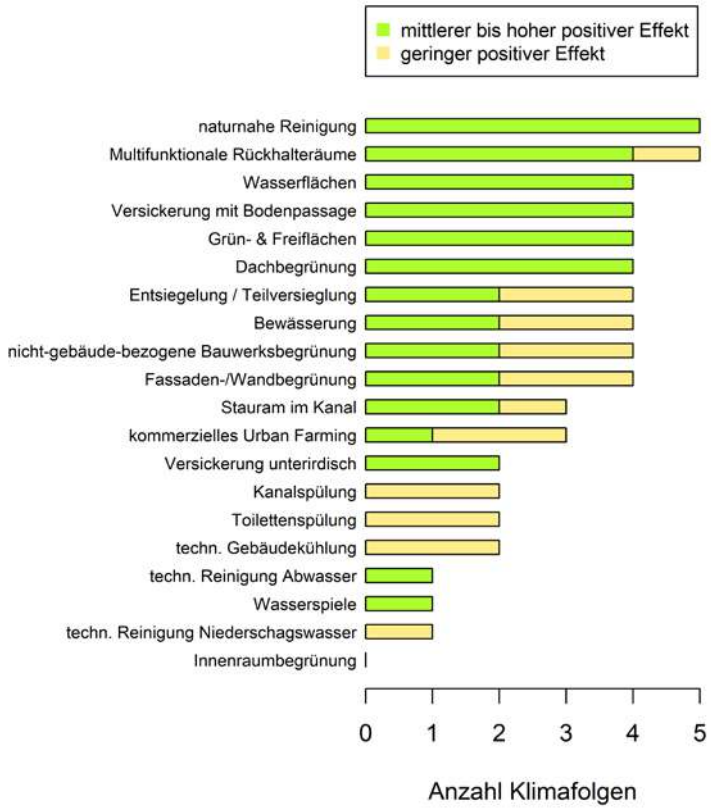


Abb. 5: Eignung der Bausteine für die Abschwächung von Klimafolgen. Grün zeigt ein mittleres bis hohes positives Potenzial, gelb ein geringes positives Potenzial.

3.2.4 Identifizierte Kopplungsmöglichkeiten

Es gilt zunächst zu erwähnen, dass Kopplungen von Infrastrukturen innerhalb von einzelnen und auch zwischen zwei oder mehreren Infrastrukturbausteinen angelegt sein können. Dieser Aspekt soll hier nicht weiter betrachtet werden (siehe hierzu Kap. 3.1).

	Stärkung der …en Infrastruktur			
Mit Hilfe der …en Infrastruktur	**Infra-struktur**	**Blau**	**Grün**	**Grau**
	Blau		Hitze und Trockenheit: durch die Bereitstellung von Bewässe-rungswasser aus alternativen Wasserquellen zur Reduktion von Wasserstress und zum Erhalt der Ökosystemleistungen grüner Infrastrukturen	Starkregen und Überflutung: Entlastung durch Rückhalt und Verdunstung von Wasser führt zu reduziertem Abfluss
	Grün	Gewässerbelastung und Überflutung: Rückhalt, Versickerung und Verduns-tung von Wasser zur Ver-besserung der Wasserqua-lität, da Störstoffe und Sedimente zurückgehalten werden		Gewässerbelastung und Überflutung: Rückhalt, Versi-ckerung und Verdunstung von Wasser tragen zur Vermei-dung/Verminderung der hyd-raulischen Belastung in der Kanalisation bei
	Grau	Hitze und Trockenheit: Mindestabfluss und -wasserstände können durch alternative Wasser-ressourcen durchgehend gehalten werden	Hitze und Trockenheit: durch die Bereitstellung von Bewässe-rungswasser aus alternativen Wasserquellen zur Reduktion von Wasserstress und zum Erhalt der Ökosystemleistungen grüner Infrastrukturen	

Tab. 4: Darlegung der Synergien, die durch eine Kopplung von zwei Infrastrukturen erreicht werden können mit Bezug zur jeweils adressierten Klimafolge

Gekoppelte Infrastrukturen tragen dabei nicht nur zu ihrer gegenseitigen Stärkung bei, sondern können auch helfen, übergreifende planerische Ziele wie etwa eine Verbesserung des Wasserkreislaufes oder aber eine Steigerung der Aufenthaltsqualität zu unterstützen. Dies kann exemplarisch sehr gut an der in Berlin durchgeführten Machbarkeitsstudie (siehe Kap. 5.1) erläutert werden. In einem Fokusgebiet wurde die Dachentwässerung eines Bestands- und eines Neubaugebäudes durch eine Kopplung (i) einer Dachbegrünung der Neubaudächer, (ii) einer Regenwassernutzung des abfließenden Wassers über eine Zisterne für Bewässerung und Toilettenspülung und (iii) einer Mulde, die den Überlauf der Zisterne versickert, geplant. Funke et al. (2019) haben dieses gekoppelte System im Vergleich zu größer dimensionierten Einzelmaßnahmen (i-iii) simuliert:

a) Vereinen von Stärken: Es zeigte sich, dass die Dachbegrünung am besten die Abflussspitze bricht (was entscheidend ist für lokale Überflutung auf Grundstücksebene), die Mulde am meisten Wasser bei Starkregen zurückhält (was entscheidend ist für Kanalsystem und Gewässerbelastung) und die Regenwassernutzung dazwischenliegt. Durch die Kopplung werden diese unterschiedlichen Stärken vereint, was zu den geringsten Spitzenabflüssen und Abflussmengen führt. Bei Betrachtung weiterer Ziele, beispielsweise der Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt (vor allem durch die Dachbegrünung befördert) oder der Umweltbildung (vor allem durch die Regenwassernut-

zung mit einem entsprechenden pädagogischen Konzept befördert), ist das Vereinen der Stärken der Bausteine noch ausgeprägter.

b) Ausfälle abpuffern: Bei niedriger Nutzung oder kurz aufeinander folgenden Niederschlägen war die Zisterne bereits zu Beginn eines Regenereignisses voll und stand damit nicht für eine Teilspeicherung zur Verfügung. Im gekoppelten Fall haben die Dachbegrünung und die Mulde trotzdem zu einem kompletten Rückhalt geführt, im Falle der Einzelmaßnahme Regenwassernutzung reagierte der Abfluss wie im Fall ohne Wasserkonzept. Dieselbe Reaktion wäre bei einem Ausfall der Mulde oder des Gründachs zu erwarten.

Eine genauere Betrachtung von Tab. 4 macht auch sehr schnell deutlich, dass Synergien, die durch Kopplungen entstehen, endlich sind. Damit sind sie bewusst und maßvoll zu nutzen. So kann etwa eine Grünfläche nur in einem gewissen Maß für den Rückhalt und die Verdunstung von Wasser eingesetzt werden, wenn sie zudem Funktionen wie Aufenthaltsqualität und Biodiversität erfüllen soll. Es gilt also zu entscheiden, inwiefern Wasserrückhalt ihre oberste Priorität ist oder ob sie zunächst die Funktionen einer Mähwiese etwa bzgl. Biodiversität und Aufenthaltsqualität erfüllen soll. Je nachdem sind etwa die Grüngestaltung, die Verweilzeiten von Wasser auf der Fläche oder die Reinigung der Fläche im Nachgang anders zu berücksichtigen. Dies bedeutet, auch wenn durch solch eine Maßnahme eine Fläche mit mehreren Funktionen belegt werden kann, ist die Belegung endlich und es muss eine Priorisierung vorgenommen werden. Ähnlich ist es, wenn Wasser aus alternativen Wasserressourcen eingesetzt wird, um etwa die blaue oder auch grüne Infrastruktur zu stärken. Auch hier kann die Ressource nur einmal eingesetzt werden. Dies bedeutet, dass Zielkonflikte über zusätzliche planerische Freiheitsgrade (siehe auch Kap. 3.1) abgeschwächt, jedoch nicht gänzlich ausgeräumt werden können.

3.2.5 Fazit

Kopplungen von blau-grün-grauen Infrastrukturen weisen Vorteile auf und bieten zusätzliche Mittel und Wege an, den Klimafolgen in der kommunalen Anpassung an den Klimawandel zu begegnen. Grundsätzlich ist eine Kopplung unterschiedlicher Bausteine in den meisten Fällen vorteilhaft durch das Zusammenführen mehrerer Stärken und die Reduktion des Ausfallrisikos. Dabei gilt es jedoch, eine Priorisierung der verfolgten Klimafolgen sowie angestrebter Ökosystemleistungen, gesundheitsförderlicher Wirkungen oder planerischer Ziele (siehe Kap. 3.1) im Blick zu behalten, aktiv auszuhandeln und zu gestalten (siehe Kap. 6). Andernfalls kann es zu einer Nichtbeachtung wichtiger Aspekte (z. B. der Aufenthaltsqualität) oder zur Übervorteilung einzelner Infrastrukturen kommen, die wiederum das Gesamtsystem schwächen können.

Literatur

Funke, Fabian, Andreas Matzinger, Michel Gunkel, Diana Nenz, Achim Schulte, Brigitte Reichmann, Pascale Rouault (2019): Partizipative Regenwasserkonzepte als wirksames Element zur Gestaltung klimaresilienter Städte. wwt Modernisierungsreport 2019 (20), S. 6-10.

UBA – Umweltbundesamt (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Climate Change 24. Dessau-Roßlau.

Winker, Martina, Fanny Frick-Trzebitzky, Andreas Matzinger, Engelbert Schramm, Immanuel Stieß (2019): Die Kopplungsmöglichkeiten von grüner, grauer und blauer Infrastruktur mittels raumbezogenen Bausteinen. Ergebnisse aus dem Arbeitspaket 2, netWORKS 4. netWORKS-Papers 34. Berlin (Deutsches Institut für Urbanistik).

Engelbert Schramm, Martina Winker, Stefan Liehr, Immanuel Stieß

3.3 Blau-grün-graue Infrastrukturen in ihrer Bedeutung für sozial-ökologische Versorgungssysteme

Sozial-ökologische Versorgungssysteme sind in Natur und Gesellschaft eingebettet und werden betrieben, um die Gesellschaft mit verschiedenen „sozial-ökologischen Leistungen“ zu versorgen (vgl. Lux et al. 2006, Hummel et al. 2011). Dabei können sozial-ökologische Versorgungssysteme unterschiedliche Ausprägungen einnehmen; sie beziehen sich auf verschiedene stofflich-energetische ebenso wie symbolische Dimensionen von Versorgung. Für die Versorgung von Städten sind folgende Versorgungssysteme besonders wichtig: Energieversorgungssysteme, Wasserver- und -entsorgungssysteme, weitere stoffliche Ver- und Entsorgungssysteme wie z. B. Nahrungsmittel/Abfall aber auch Stadtgrün und Stadtgewässer.

Einige Autoren (z. B. Voß et al. 2009) fassen sozio-technische Infrastruktursysteme (z. B. Fernwärme, Strom, Wasser oder Telekommunikation) bzw. die entsprechenden „(public) utilites“ als „(netzgebundene) Versorgungssysteme“. Grundsätzlich könnten aus einem Systemverständnis heraus bereits blau-grüne und ebenso blau-grün-graue Infrastrukturen selbst als sozial-ökologische Versorgungssysteme gefasst werden. Aus einem sozial-ökologischen Verständnis heraus ist es jedoch sinnvoller, auch die Akteure (sowohl die jeweils Versorgten als auch die Versorgenden), aber auch das Versorgungssystem (das zu seinem Betrieb erforderliche Wissen, die Technologien, Institutionen und Praktiken) ebenso wie die Ressourcen und die Schnittmengen mit dem Naturhaushalt und der Gesellschaft als sozial-ökologisches System zu fassen. Analytisch werden also zunächst jeweils die Versorgungssysteme und ihre gesellschaftlichen und natürlichen Beziehungen betrachtet. Es ist evident, dass zu deren Funktionieren die erwähnten Infrastrukturen entscheidend beitragen und zentral zu diesen gehören. Blau-grün-graue Infrastrukturen sind dann in Städten ein wesentlicher Bestandteil a) des urbanen Wasserver- und -entsorgungssystems und b) des Versorgungssystems Stadtgrün und Stadtgewässer.

3.3.1 Als Bestandteil des urbanen Wasserver- und entsorgungssystems

Das urbane Wasserver- und -entsorgungssystem baut auf der Gesamtheit aller planmäßig angelegten grauen Wasserinfrastrukturen in der Stadt auf. Es wird zunächst vor allem von den kommunalen Wasserversorgern und Abwasserbeseitigern betrieben, um die Stadt(gesellschaft) mit unterschiedlichen Wasserdienstleistungen zu versorgen, die für die Aufrechterhaltung der Bewohnbarkeit der Städte essentiell sind:

- Hygienische Wasserdienstleistungen (Dusche, WC usw.) und Reinigungsdienstleistungen (z. B. Straßenreinigung mit Wasser zum Staubniederschlag),
- Ernährungswasserdienstleistungen (Trinkwasser, Nahrungszubereitung, Spülen),
- Wärmedienstleistungen (Heizung, Kühlung),

- Überflutungsvermeidung (Regen- und Niederschlagswasserabtransport),
- Trockenhaltung (Drainage).

Die Erbringung dieser zunächst auf grauen Infrastrukturen basierenden Leistungen kann durch blau-grüne Infrastrukturen verstärkend unterstützt werden, indem z. B. entsprechende Wasserrückhaltungen zur Vermeidung von Überlastungen im Kanalsystem beitragen. Auch können potenzielle Leistungen der grauen Infrastruktur mit Hilfe der blau-grünen ihre Wirkung entfalten, da z. B. die mit dem Wasser in die blau-grünen Infrastrukturen gelangenden stofflichen (Filterfunktion Boden) oder thermischen Belastungen (mikroklimatische Kühlung) abnehmen.

3.3.2 Als Bestandteil des urbanen Versorgungssystems Stadtgrün und Stadtgewässer

Das Versorgungssystem Stadtgrün und Stadtgewässern baut auf dem blau-grünen Infrastrukturnetz der Stadt auf. Es wird vor allem von den städtischen Grünämtern und jenen Akteuren betrieben, die für die Gewässer(rand)instandhaltung verantwortlich sind. Aus sozial-ökologischer Perspektive versorgt es die Stadtgesellschaft mit unterschiedlichen Typen von Ökosystemleistungen, die sich beispielsweise aus der Sicht des Millenium Ecosystem Assessment (vgl. Podschun et al. 2018) wie folgt aufgliedern lässt:

- Bereitstellende/versorgende Dienstleistungen: materielle Güter, die die Gesellschaft aus Ökosystemen gewinnen kann (z. B. Grünschnitt, Sauerstoff)
- Unterstützende Dienstleistungen: Vorteile, die die Gesellschaft aus natürlichen Prozessen zieht, welche der Bereitstellung aller anderen Ökosystemdienstleistungen zugrunde liegen (z. B. Retentionsleistungen, Grundwasseranreicherung)
- Regulierende Dienstleistungen: Vorteile, die die Gesellschaft aus der Regulationsfähigkeit von Ökosystemen zieht (z. B. Regulation des Mikroklimas, Aufrechterhaltung von biogeochemischen Kreisläufen)
- Kulturelle Dienstleistungen: immaterielle Werte, die Gesellschaften Ökosystemen beimessen (z. B. Erholungsleistung, Leistung bei der Umweltbildung).

Als Funktion der kommunalen Daseinsvorsorge hervorgehoben sind insbesondere die kulturellen Leistungen; planerisch wird die Erholungsfunktion besonders betont. Die anderen Leistungen, mit denen das urbane Landschaftsversorgungssystem die Stadtgesellschaft versorgt, werden mit Ausnahme z. B. des Hochwasserschutzes, der in der Regel beim Abwasserbeseitiger administrativ verankert ist, erst seit wenigen Jahren in ihrer Wichtigkeit erkannt. Insbesondere die bereitstellenden/versorgenden Dienstleistungen sind aus betrieblicher Perspektive bisher eher marginaler Natur. Kein kommunaler Grünflächenbetrieb in Deutschland hat z. B. als primäres Ziel, Grünschnitt zu erzeugen. Die versorgenden Ökosystemleistungen kommen in diesem Zusammenhang deutlicher in den Blick, wenn dort auch die Entnahme von Bewässerungswas-

ser aus dem Naturhaushalt, sei es über Brunnen oder aus städtischen Gewässern zur Aufgabe wird.

Bereits aufgrund der sozial-ökologischen Überprägung der urbanen Ökosystem(teil)e, die im Versorgungssystem Stadtgrün und Stadtgewässer bewirtschaftet werden, sind die dabei genutzten Ökosystemleistungen aus dem Versorgungssystem nicht alleine auf Prozesse des Naturhaushalts zurückzuführen, sondern haben auch sozial-organisierte Anteile, die in sozio-ökonomischer, sozio-technischer oder sozial-ökologischer Perspektive analytisch erfasst werden können (Schleyer et al. 2017): So wird eine Rasenfläche kunstvoll mit speziellen Saatgutmischungen, mit Bewässerung und Nährstoffzufuhr (oder aus Rollrasen) angelegt sowie mit Walzen, Vertikutierern und Mähmaschinen so gepflegt, dass sie dichtwüchsig und belastbar wird und dabei die Ausbildung von Wegerich dominierten Trittpflanzengesellschaften oder Löwenzahn ebenso vermindert wird wie ein Aufkommen von verholzenden Stauden. Bei Wahl von Rasenarten mit optimiertem Breitenwachstum der Gräser kann zudem der Schnittgutanfall beim Pflegeschnitt verringert werden (vgl. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2009, Lung 2017).

3.3.3 Infrastrukturkopplungen und Versorgungssysteme

Tendenziell kommt es zur Kopplung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen im städtischen Bereich (siehe Kap. 2.2). Diese infrastrukturellen Kopplungen haben Auswirkungen auf die Versorgungssysteme, die mit Hilfe von Infrastrukturen betrieben werden. Daher könnte man sogar die Versorgungssysteme, zu denen die gekoppelten Infrastruktursysteme gehören, als gekoppelt begreifen. Durch die Kopplung der Infrastrukturen entstehen auch im Bereich der Versorgung mit Stadtgrün und Stadtgewässer urbane Versorgungssysteme, die nicht mehr alleine auf der Nutzung von Ökosystemen beruhen, sondern hybrider Natur sind[4]. Anders als beispielsweise bei einer gelegentlichen Bewässerung von Grünflächen wird die ökologische Leistungserbringung in einem weitaus stärkeren Maße technisch-infrastrukturell unterstützt, wenn etwa beständig Wasser künstlich in einen Bachlauf gepumpt wird, um diesen in seiner Funktion und Leistungsfähigkeit zu erhalten[5].

Allerdings kann daraus nicht gefolgert werden, dass die etablierten Versorgungssysteme durch solche blau-grün-grauen Kopplungen zu einem superkomplexen Versorgungssystem zusam-

[4] Bereits die konventionellen grauen Wasserinfrastruktursysteme sind jedoch bereits mit blau-grünen Infrastrukturen, allerdings im Stadtumland, verkoppelt und beruhen auf blau-grün-grauen Kopplungen: So werden für Wasserversorgungen Quellen gefasst oder Brunnen gebohrt; der Kläranlagenablauf wird unterhalb der Stadt in Gewässer abgeschlagen. Hier handelte es sich zunächst um starre Kopplungen. Mittlerweile sind jedoch auch andere Kopplungstypen beobachtbar, z. B. wenn die Wasserentnahme von Grundwassermindest- und -höchstständen abhängig ist (vgl. Kluge, Liehr, Schramm 2007).

[5] Insofern könnte hier auch für Landschaftsversorgungssysteme von sozial-ökologischen Leistungen gesprochen werden (vgl. auch Huntsiger/Oviedo 2014).

menwachsen (das gemeinsam durch verschiedene Sektoren in einer neuen Form der Zusammenarbeit bewirtschaftet werden sollte, für die bisher die Routinen und institutionellen Arrangements fehlen). Wechselseitige Einflüsse von Versorgungssystemen waren auch zuvor schon bekannt. So hat sich das Wasserver- und -entsorgungssystem erst durchsetzen können, als es durch Pumpen, die auf eine Energieversorgung angewiesen sind, leistungsfähiger wurde (Kluge/Schramm 1988). Vielmehr sollten die Versorgungssysteme weiter getrennt betrieben werden, dabei aber die Folgen dieser Kopplungen für den Betrieb besser bedacht werden. Zugleich erfordern die durch die Kopplungen entstandenen bzw. entstehenden Abhängigkeiten teilweise einen frühzeitigen gemeinsamen (sektorübergreifenden) Planungsprozess in Form einer integrierten Planung. In diesen Prozessen ist auch abzustimmen, dass die blauen und grünen Infrastrukturbausteine, die z. B. auf privaten Grundstücken durch Hausbesitzer oder Mieter umgesetzt und betrieben werden, die bestehenden blau-grünen Infrastrukturnetze planvoll komplettieren. In diesen integrierten Planungsprozessen sollte auch darauf geachtet werden, ob für die konkreten Planungsgebiete neue Kopplungen gegenseitige Abhängigkeiten zur Folge haben und ob sich diese so gestalten lassen, dass problematische Folgen der Bewirtschaftung weitgehend ausgeschlossen werden können. Besonders interessant könnte es in diesem Zusammenhang sein, sich insbesondere die „starken Kopplungen“ (für Details siehe Kap. 2.2) und ihre Abhängigkeiten genauer zu bewerten, um dieses Wissen für eine übergreifend angepasste Steuerung zu nutzen.

Über die Leistungen unterstützende Kopplungen werden sich alleine die jeweiligen Infrastrukturen wechselseitig in ihrer Leistungsfähigkeit stärken, sondern auch die sozial-ökologischen Versorgungssysteme. So kann grüne und blaue Infrastruktur, welche Regenwasser zurückhält, Überlastungssituationen in der Kanalisation vermeiden helfen. Graue Infrastruktur wiederum, die gering verschmutzes Regenwasser gar nicht erst in die Kanalisation ableitet, kann dieses statt dessen für die Bewässerung der grünen Infrastruktur und die Versorgung mit entsprechenden sozial-ökologischen Leistungen zur Verfügung stellen. Auf diese Weise werden zugleich Wasserressorucen geschont. Jedoch kann eine Kopplung auch zur Schwächung von Versorgungssystemen führen. Dies ist etwa der Fall, wenn ein blau-grünes Versorgungssystem für seinen Erhalt auf Wasserquellen wie z. B. Niederschlagwasser, Grundwasser oder aufbereitetes Grauwasser angewiesen ist. Wird dieses Versorgungssystem wegen einer Verknappung dieser Spenden z. B. nach einer länger anhaltenden Trockenperiode aufgrund anderer Priorisierungen im Wasserver- und -entsorgungssystem von der Versorgung mit Wasser abgeschnitten, kann dies kurzfristige Folgen für das System der Versorgung mit Stadtgrün und Stadtgewässer haben, etwa weil Ökosystemleistungen wie Aufenthaltsqualität und Kühlung ausfallen. Auch langfristig können nachhaltige Schädigungen des betroffenen Stadtgrüns erfolgen.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass durch die Kopplungen und Abhängigkeiten zwischen den Versorgungssystemen auch die Leistungen der einzelnen System stark verändert oder gar nachhaltig beeinträchtigt werden können. So kann etwa das Versorgungssystem

Stadtgrün und Stadtgewässer seine sozio-kulturellen Leistungen bzgl. Erholung und Aufenthaltsqualität nicht mehr erbringen, wenn sich der Zustand von Stadtgrün und Stadtgewässern aufgrund ausbleibenden Niederschlags und fehlender, z. B. dank des Wassersystems erfolgender Bewässerung nachdrücklich verschlechtert. Gleichzeitig kann eine Kopplung auch das genaue Gegenteil bewirken, da etwa erst dadurch die Leistungserbringungen der einzelnen Versorgungssysteme nachhaltig sichergestellt werden können.

Die Kopplung der Infrastrukturen erlaubt es einerseits, durch Synergiegewinne die Versorgungsfunktionen des resultierenden Gesamtsystems zu verbessern. Es ist aber auch davon auszugehen, dass Synergieverluste auftreten können. Zur Unterstützung des Managements im Wasser- und im Landschaftssektor kann es sinnvoll sein, wenn zusätzlich in Modellen das Gesamtsystem hinsichtlich seiner sozial-ökologischen Wirkungen betrachtet wird (siehe auch Kap. 4).

Literatur

Becker, Egon, Engelbert Schramm (2002): Gekoppelte Systeme. Zur Modellierung und Prognose sozial-ökologischer Systeme, In: Balzer, Ingrid, Monika Wächter (Hg.): Sozial-ökologische Forschung. Ergebnisse der Sondierungsprojekte aus dem BMBF-Förderschwerpunkt, München), S. 361-376.

Hummel, Diana, Thomas Jahn, Engelbert Schramm (2011): Social-Ecological Analysis of Climate Induced Changes in Biodiversity–Outline of a Research Concept. BiK-F Knowledge Flow Paper 11.

Huntsinger, Lynn, Jose L. Oviedo (2014): Ecosystem services are social–ecological services in a traditional pastoral system: The case of California's Mediterranean rangelands. Ecology and Society, 19(1).

Kluge, Thomas, Engelbert Schramm (1988): Wassernöte. Zur Geschichte des Trinkwassers. Köln (2. Auflage).

Kluge, Thomas, Stefan Liehr, Engelbert Schramm (2007): Strukturveränderungen und neue Verfahren in der Ressourcenregulation. ISOE-Diskussionspapiere Nr. 27.

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2009): Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft: 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. Heidelberg, Basel.

Lung, Christa (2017): Der perfekte Rasen: richtig anlegen und pflegen. Stuttgart, 4. Auflage.

Lux, Alexandra, Cedric Janowicz, Diana Hummel (2006): Versorgungssysteme. In: Becker, Egon, Thomas Jahn (Hrsg.): Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen, Frankfurt a. M./ New York, S. 423-433.

Podschun, Simon A., Julia Thiele, Alexandra Dehnhardt, Dietmar Mehl, Tim G. Hoffmann, Christian Albert, Christina von Haaren, Kai Deutschmann, Christine Fischer, Mathias Scholz, Gabriela Costea, Martin T. Pusch (2018): Das Konzept der Ökosystemleistungen – eine Chance für integratives Gewässermanagement. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 62, S. 453-468.

Schleyer, Christian, Alexandra Lux, Marion Mehring, Christoph Görg (2017): Ecosystem services as a boundary concept: Arguments from social ecology. Sustainability 9(7), 1107.

Voß, Jan-Peter, Bernhard Truffer, Kornelia Konrad (2015): Sustainability Foresight für Versorgungssysteme: Ein koevolutorischer Ansatz zur Analyse, Bewertung und Gestaltung nachhaltiger Entwicklung. In: Meyerhoff, Jürgen: Innovation und Nachhaltigkeit. (=Jahrbuch Ökologische Ökonomik 4). Marburg, S. 175–200

4 Möglichkeiten der Wirkungsmodellierung blau-grün-grauer Infrastrukturen

Fanny Frick-Trzebitzky, Stefan Liehr

4.1 Möglichkeiten der Wirkungsmodellierung blau-grün-grauer Infrastrukturen

4.1.1 Fragestellung und Rahmenbedingungen für die Wirkungsmodellierung

Mögliche Wirkungen gekoppelter Infrastrukturen entstehen aus dem Zusammenspiel von Ökosystemfunktionen und technischen Funktionen durch gezielten Einsatz von Pflanzen, Wasser (unterschiedlicher Herkunft) und technischen Lösungen. Dabei entstehen zum einen erweiterte Möglichkeiten in der Anpassung an die Folgen des Klimawandels, die jedoch ein Umdenken im Umgang mit urbanem Grün, urbanem Wasser und der Gestaltung von öffentlichem und privatem Räumen und Gebäuden erfordern. Zum anderen ermöglichen der Einsatz von gekoppelten Infrastrukturen in der Stadt, aber auch die Nutzung weiterer Ökosystemfunktionen einen Beitrag zum Erreichen planerischer Ziele der Stadtentwicklung, dazu zählen z. B. die ästhetische Funktion von Grün- und Wasserflächen, die zur Verbesserung der Erlebbarkeit in und Identifikation mit der Stadt beitragen, oder die Förderung bzw. der Erhalt von Biodiversität (siehe Kap. 3).

Zentrale Fragestellung ist hierbei, unter welchen Bedingungen sich diese Wirkungen von gekoppelten Infrastrukturen entfalten. Während auf der einen Seite Verfahren und Modelle zur Berechnung der theoretisch maximal möglichen Wirkung existieren, stellen sich auf der anderen Seite in der (planerischen) Praxis konkrete Fragen, z. B. nach der Umsetzbarkeit im Kontext geläufiger Finanzierungsmodelle oder der Konformität innovativer Lösungen mit gängigen Normen wie z. B. DIN-Vorschriften. Von den Antworten auf diese Fragen hängt es ab, in welchem Umfang die maximal mögliche Wirkung tatsächlich erreicht wird. Ein Blick in die Literatur zur Anpassung von Infrastrukturen in Städten an den Klimawandel (z. B. Naumann/Kaphengst 2015) zeigt die Vielfalt von Rahmenbedingungen und Erfolgsfaktoren, die die in der Praxis realisierbare Wirkungsentfaltung von Bausteinen der gekoppelten Infrastrukturen prägen. Diese umfassen viele Bereiche, von baulicher Struktur über politische Zielsetzung bis hin zur Zusammenarbeit zwischen Behörden, Expert*innen und breiter Öffentlichkeit. Besondere Erfolgsfaktoren bestehen darüber hinaus, wenn der Einsatz gekoppelter Infrastrukturen zu einer klimagerechten Stadtentwicklung beitragen soll, da dies eine umfassende Berücksichtigung von Unterschieden in der Betroffenheit von Klimawirkungen, in der zu erwartenden Begünstigung durch die Wirkungen von infrastrukturellen Maßnahmen sowie in der Möglichkeit zur Mitsprache in Planungs- und Beteiligungsprozessen erfordert (vgl. Anguelovski et al. 2016). Als konzeptionelles Modell kann auch das Konzept sozial-ökologischer Systeme (SES, social-ecological sys-

tems) die Erfassung von Einflussfaktoren unterstützen, die für eine Bewertung der Effektivität von gekoppelten Infrastrukturen (als Versorgungssystem) relevant sein können (siehe Kap. 3.3).

Eine sozial-ökologische Modellierung von Wirkungen ermöglicht die Berücksichtigung einer Bandbreite von gesellschaftlichen und natürlichen Faktoren. Sie birgt damit ein hohes Potenzial, Rahmenbedingungen künftig besser berücksichtigen zu können, Wirkungszusammenhänge zu identifizieren und darzustellen und Wissen für Planungsprozesse zu aggregieren (vom Einzelbeispiel zur Verallgemeinerung). Dafür gilt es zunächst, relevantes Wissen zusammenzutragen, um ein möglichst aussagekräftiges Modell zu konstruieren.

Um durch ein Modell die wirkungsvolle Umsetzbarkeit von Bausteinen der gekoppelten Wasserinfrastrukturen abschätzen zu können, ist es nötig, Rahmenbedingungen und Zielgrößen der Wasserinfrastrukturplanung zu kennen. Aufgrund der vielen Dimensionen von gekoppelten blau-grün-grauen Infrastrukturen sind dabei unterschiedliche Planungsbereiche zu berücksichtigen. Voskaml/van de Ven (2015) betrachten hierzu die Literatur zu Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), stormwater best practices (BMPs) und grünen Infrastrukturen, um Rahmenbedingungen und Effektivität von blau-grüner Infrastrukturen in der Anpassung an den Klimawandel zu erfassen. Bei Betrachtung der Kopplung auch mit grauen Infrastrukturen ist darüber hinaus Literatur zur Freiraumplanung und zur Anpassung an den Klimawandel zu einzubeziehen. Aus diesen (in sich schon recht breiten) Literatursammlungen gehen Bedingungen und Zielgrößen zum städtebaulichen Kontext, zur Vulnerabilität und Anpassung, zu politischem und institutionellem Kontext und zur Finanzierung/ Ressourcennutzung hervor.

Die Bedingungen sind abhängig vom Maßstab der Betrachtung und vom Einzelfall: Beispielsweise erfordert eine flexible Zielsetzung auf übergeordneter Ebene spezifische Regeln auf Projektebene, und andersherum sollten streng formulierte Ziele mit flexiblen Instrumenten umgesetzt werden, um eine hinreichend anpassungsfähige Infrastruktur(-kopplung) umzusetzen (vgl. Markus/Savini 2016).

4.1.2 Systematisierung von Rahmenbedingungen einer Wirkungsentfaltung entlang des SES

Die Gestaltungsdimensionen Wissen, Institutionen, Praktiken und Technologien prägen das Zusammenwirken zwischen gesellschaftlichen und natürlichen Strukturen im Konzept sozial-ökologischer Systeme (SES) (Liehr et al. 2017). Sie bieten sich aus drei Gründen für eine nähere Systematisierung der identifizierten Rahmenbedingungen an. Erstens prägen Infrastrukturen gleichermaßen natürliche Prozesse (wie Versickerung von Niederschlagswasser) und die Befriedigung gesellschaftlicher Bedürfnisse (wie Trinkwasserversorgung); sie sind damit als Hybrid bzw. Bestandteil sozial-ökologischer Versorgungssysteme zu begreifen (vgl. Lux et al. 2006). Zweitens zeigt die Bandbreite der identifizierten Rahmenbedingungen von finanziellen über politischen bis hin zu klimatischen Aspekten die Notwendigkeit, diese als Teilbereiche eines

Ganzen zu verstehen und sie für eine bessere Handhabbarkeit zu untergliedern. Drittens verschärft ein Fokus auf Klimagerechtigkeit die Relevanz einer umfassenden Betrachtung gesellschaftlicher und naturräumlicher Bedingungen, um beispielsweise nicht-intendierte Effekte zu verhindern, die beispielsweise eine ungerechte soziale Verteilung der intendierten (Klima-)Wirkung von Infrastrukturen zur Folge hätten. Tab. 5 zeigt die Zusammenfassung der Variablen (Rahmenbedingungen) je Gestaltungsdimension des SES.

Zuordnung Gestaltungsdimension	Variable
Wissen	▪ Öffentliche Wahrnehmung und Akzeptanz ▪ (Eigene Einschätzung der) Kapazitäten ▪ Datengrundlagen ▪ Verständnis von Ökosystemleistungen
Praktiken	▪ Nutzung von Infrastrukturen ▪ Politische Zielsetzung ▪ (Beteiligungs-)Verfahren in der Planung ▪ Abstimmungen und Aushandlungen unter beteiligten Akteuren
Institutionen	▪ Nutzungsrechte ▪ Pläne, Programme ▪ Planerische Ziele auf unterschiedlichen Ebenen und Sektoren
Technologie	▪ Statische Anforderungen ▪ Technische und finanzielle Machbarkeit ▪ Vorhandene Infrastrukturen
Soziale Strukturen und Prozesse (politische, ökonomische und sozio-demografische Rahmenbedingungen)	▪ (Land-)Besitzverhältnisse ▪ Machtverhältnisse ▪ Wirtschaftliche Rahmenbedingungen ▪ Räumlich-zeitliche Verteilung vulnerabler Menschen
Natürliche Strukturen und Prozesse (geophysische, chemische und biologische Rahmenbedingungen)	▪ Auswirkungen des Klimawandels ▪ Verteilung von Auswirkungen (z. B. Hitzeinseln, Überschwemmungen) ▪ Luftströme ▪ Verteilung von blauer, grüner und grauer Infrastrukturen

Tab. 5: Gestaltungsdimensionen des SES und korrespondierende Variablen für Rahmenbedingungen der Wirksamkeit gekoppelter Infrastrukturen

4.1.2.1 Wissen

Wissen schließt sowohl wissenschaftliches als auch Alltagswissen ein und muss im sozial-ökologischen Verständnis nicht nur wahr, sondern auch nützlich sein. Dabei ist der kontinuierliche Prozess der Generierung, Erneuerung und Neuordnung zentral (vgl. Becker 2006). Für die Wirksamkeit blau-grün-grauer Infrastrukturen bedeutet dies, dass neben dem theoretischen Wissen über funktionelle Wechselwirkungen die Verbreitung von Anwendungswissen für Planung, Umsetzung und Instandhaltung relevant ist. Eine von beteiligten Akteuren geteilte Wahrnehmung und Einschätzung von Ökosystemleistungen und deren Relevanz spielen dabei ebenso eine Rolle wie die (eigene Einschätzung) von Kapazitäten zum Umgang mit neuen An-

forderungen an Infrastrukturplanung und öffentliche Akzeptanz (Böhm et al. 2016; Brudermann/Sangkakool 2017; Galler et al. 2016; Naumann/Kaphengst 2015).

4.1.2.2 Praktiken

Praktiken sind routinierte Typen und Muster von Handlungsweisen, die Versorgungssysteme (hier: blau-grün-graue Infrastrukturen, siehe Kap. 3.3) sowohl materiell als auch symbolisch prägen (Liehr et al. 2017, Hummel/Becker 2006). Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung und Wirksamkeit blau-grün-grauer Infrastrukturen sind Praktiken der politischen Zielbestimmung und -aushandlung, Verfahren in der Planung (z. B. Beteiligungsprozesse, fachbereichsübergreifende Zusammenarbeit), aber auch Praktiken in der Nutzung von Infrastrukturen (Böhm et al. 2016; Brudermann/Sangkakool 2017; Furlong et al. 2016; Langemeyer et al. 2018; Markus/Savini 2016; Naumann/Kaphengst 2015). Letztere bestimmen maßgeblich, wer (welche Bevölkerungsgruppen) in welchem Maß von positiven Wirkungen durch blau-grün-graue Infrastrukturen profitiert. Z. B. profitieren Hundebesitzer*innen, die täglich spazieren gehen, stärker von der Bewässerung eines Straßenbaums, dessen kühlende Wirkung durch Bewässerung in Trockenperioden erhalten wird, als Personen, die sich nur unregelmäßig in der Umgebung von Straßenbäumen aufhalten (vgl. Winker et al. 2019).

4.1.2.3 Institutionen

Institutionen sind formelle und informelle gesellschaftliche Regelsysteme, die in einem kontinuierlichen Prozess und über Raum und Zeit hinweg reproduziert und reguliert werden (Cleaver 2012: 8). Dies schließt eine Bandbreite von Regeln ein, die von kulturellen Normen bis zu Gesetzgebungen reichen (Liehr et al. 2017). Sie regulieren beispielsweise Zugangs- und Nutzungsrechte, die sowohl für die Gestaltung und Umsetzung als auch für die Nutzung blau-grün-grauer Infrastrukturen im Betrieb zentral sind. Auch Zielsetzungen in Plänen und Programmen der Stadtentwicklung zählen zu entscheidenden Institutionen in der Gestaltung blau-grün-grauer Infrastrukturen. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Wirkungsentfaltung sind dabei die Kohärenz und Integrität planerischer Zielsetzungen zwischen verschiedenen Ebenen und Sektoren. (Brudermann/Sangkakool 2017; Furlong et al. 2016; Galler et al. 2016; Langemeyer et al. 2018; Markus/Savini 2016; Naumann/Kaphengst 2015)

4.1.2.4 Technologie

Technologie meint die anthropogene Gestaltung materieller Strukturen mit dem Ziel, Bedürfnisse zu befriedigen, indem – beispielsweise – Ökosystemfunktionen erschlossen und nutzbar gemacht werden (Liehr et al. 2017). Inwiefern und in welcher Form dies durch bestehende Infrastrukturen (bzw. Technologien) bereits geschieht, ist ein zentraler Aspekt in der Abschätzung der Wirkungsentfaltung (neuer) blau-grün-grauer Infrastrukturen. Daneben spielen statische Bedingungen/Verhältnisse eine wichtige Rolle, z. B. in der Ausgestaltung einer Dachbegrünung im Hinblick auf die Mächtigkeit des Bodens, die Pflanzenauswahl etc. Die technische Machbarkeit und der damit verbundene finanzielle Aufwand setzen darüber hinaus einen festen Rahmen

für die Realisierbarkeit und Wirkungsentfaltung blau-grün-grauer Infrastrukturen (Furlong et al. 2016; Norton et al. 2015).

4.1.2.5 Soziale Strukturen und Prozesse, politische Rahmenbedingungen

Soziale Strukturen und Prozesse schließen soziale, ökonomische, politische und kulturelle Verhältnisse ein (Liehr et al. 2017). Sie bilden den Hintergrund, vor dem die oben genannten Teilfaktoren (Wissen, Praktiken, Institutionen, Technologien) gestaltet werden. Politische und ökonomische Verhältnisse, wie z. B. die Verteilung von Landbesitz, werden vor allem als entscheidend für die wirkungsvolle Umsetzung blau-grün-grauer Infrastrukturen genannt (Böhm et al. 2016; Furlong et al. 2016; Naumann/Kaphengst 2015). Aber auch die sozio-demografische Struktur und Machtverhältnisse beeinflussen, wie Infrastrukturen gestaltet werden können und wirkungsvoll genutzt werden – so ist z. B. die räumlich-zeitliche Verteilung vulnerabler Gruppen im Quartier ein zentraler Faktor zur Abschätzung der Wirkungsentfaltung blau-grün-grauer Infrastrukturen (Furlong et al. 2016; Langemeyer et al. 2018).

4.1.2.6 Natürliche Strukturen und Prozesse, geophysische Rahmenbedingungen

Natürliche, d.h. biologische, geologische, chemische und physikalische, Strukturen und Prozesse gestalten vor allem die geophysischen Rahmenbedingungen, in denen Wissen, Praktiken, Institutionen und Technologien gestaltet werden (vgl. Liehr et al. 2017). Für die Wirkungsentfaltung blau-grün-grauer Infrastrukturen ist die Verteilung blauer, grüner und grauer Infrastrukturen in der Stadt ebenso maßgeblich wie die Verteilung stadtklimatischer Situationen wie Frischluftschneisen, Hitzeinseln und sonstiger Betroffenheiten gegenüber Folgen des Klimawandels (Norton et al. 2015; Voskamp/van de Ven 2015).

Nur einzelne der hier zusammengefassten Faktoren sind soweit verallgemeinerbar, dass sie modelliert werden können. So erfordert die Berücksichtigung vulnerabler Gruppen in der Ausgestaltung von Infrastrukturen ein tiefes Verständnis von deren Exposition und ihrer gesundheitlichen (physischen, psychischen, sozialen) Resilienz. Einzelne Faktoren mögen sich aus demografischen Daten ableiten lassen, andere erfordern ein differenziertes Verständnis der spezifischen Erlebnisse von Marginalisierung und Machtverhältnissen, die nicht verallgemeinerbar sind (vgl. Castán Broto/Neves Alves 2018) und folglich auch nicht modelliert werden können. Angesichts der Komplexität, Dynamik und Ungleichheit in Städten stellt sich außerdem die Frage nach der Verhältnismäßigkeit eines Aufwands für eine Modellierung und deren Anwendung in der Planungspraxis gegenüber kritischen, experimentellen Zugängen in der Planung städtischer Infrastrukturen, die die Berücksichtigung der entsprechenden Faktoren kontextbezogen z. B. über umfassende Beteiligung ermöglichen (Castán Broto/Neves Alves 2018; Allen et al. 2015)[6].

[6] Eine solche sollte gewachsene Praktiken, Strukturen und Prozesse ebenso berücksichtigen wie Aspekte von *intersectionality,* d.h. Verschiebungen in der relativen Vulnerabilität von Personen/Gruppen.

Literatur

Allen, Adriana, Andrea Lampis, Mark Swilling (Hrsg.) (2015): Untamed Urbanisms. Hoboken: Taylor and Francis (Routledge Advances in Regional Economics, Science and Policy).

Anguelovski, Isabelle, Linda Shi, Eric Chu, Daniel Gallagher, Kian Goh, Zachary Lamb et al. (2016): Equity Impacts of Urban Land Use Planning for Climate Adaptation. In: *Journal of Planning Education and Research* 36 (3), S. 333–348. DOI: 10.1177/0739456X16645166.

Becker, Egon (2006): Soziale Ökologie – Konstitution und Kontext. In: Becker, Egon, Thomas Jahn (Hrsg.): Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen. Frankfurt/New York, S. 29-53.

Böhm, Jutta, Christa Böhme, Arno Bunzel, Christina Kühnau, Detlef Landua, Markus Reinke (2016): Urbanes Grün in der doppelten Innenentwicklung. Hrsg. v. BfN (BfN-Skripten, 444).

Brudermann, Thomas, Tachaya Sangkakool (2017): Green roofs in temperate climate cities in Europe – An analysis of key decision factors. In: *Urban Forestry & Urban Greening* 21, S. 224-234. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.12.008.

Castán Broto, Vanesa, Susana Neves Alves (2018): Intersectionality challenges for the co-production of urban services: notes for a theoretical and methodological agenda. In: *Environment and Urbanization* 30 (2), S. 367-386. DOI: 10.1177/0956247818790208.

Cleaver, Frances (2012): Development through Bricolage: Rethinking Institutions for Natural Resources Management. New York.

Furlong, Casey, Saman de Silva, Lachlan Guthrie, Robert Considine (2016): Developing a water infrastructure planning framework for the complex modern planning environment. In: *Utilities Policy* 38, S. 1-10. DOI: 10.1016/j.jup.2015.11.002.

Galler, Carolin, Christian Albert, Christina von Haaren (2016): From regional environmental planning to implementation. Paths and challenges of integrating ecosystem services. In: *Ecosystem Services* 18, S. 118-129. DOI: 10.1016/j.ecoser.2016.02.031.

Hummel, Diana, Egon Becker (2006): Bedürfnisse. In: Becker, Egon, Thomas Jahn (Hrsg.): Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen. Frankfurt/New York, S. 198-210.

Langemeyer, Johannes, Marta Camps-Calvet, Laura Calvet-Mir, Stephan Barthel, Erik Gómez-Baggethun (2018): Stewardship of urban ecosystem services: understanding the value(s) of urban gardens in Barcelona. In: *Landscape and Urban Planning* 170, S. 79-89. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.09.013.

Liehr, Stefan, Julia Röhrig, Marion Mehring, Thomas Kluge (2017): How the Social-Ecological Systems Concept Can Guide Transdisciplinary Research and Implementation. Addressing Water Challenges in Central Northern Namibia. In: *Sustainability* 9 (7), S. 1109. DOI: 10.3390/su9071109.

Lux, Alexandra, Cedric Janowicz, Diana Hummel (2006): Versorgungssysteme. In: Becker, Egon, Thomas Jahn (Hrsg.): Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen. Frankfurt/New York, S. 423-433.

Markus, Maarten, Federico Savini (2016): The implementation deficits of adaptation and mitigation: green buildings and water security in Amsterdam and Boston. In: *Planning Theory & Practice* 17 (4), S. 497-515. DOI: 10.1080/14649357.2016.1210666.

Naumann, Sandra, Timo Kaphengst (2015): Erfolgsfaktoren bei der Planung und Umsetzung naturbasierter Ansätze zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel. Hrsg. v. BfN (BfN-Skripten, 406).

Norton, Briony A., Andrew M. Coutts, Stephen J. Livesley, Richard J. Harris, Annie M. Hunter, Nicholas S.G. Williams (2015): Planning for cooler cities. A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. In: *Landscape and Urban Planning* 134, S. 127-138. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.10.018.

Voskamp, I. M., F.H.M. van de Ven (2015): Planning support system for climate adaptation. Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. In: *Building and Environment* 83, S. 159-167. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.07.018.

Winker, Martina, Fanny Frick-Trzebitzky, Andreas Matzinger, Engelbert Schramm, Immanuel Stieß (2019): Abschwächung von Klimafolgen bei erhöhter Lebensqualität in der Stadt – das Potential von gekoppelten blau-grün-grauen Infrastrukturen. In: *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 12 (11), S. 650-655. DOI: 10.3243/kwe2019.11.004.

Andreas Matzinger, Michel Gunkel

4.2 Wasserwirtschaftliche Bewertung von gekoppelten Infrastrukturen

4.2.1 Urbaner Wasserhaushalt

Der Wasserhaushalt eines Gebietes lässt sich durch die Aufteilung des Niederschlags in die drei Komponenten (direkter oberflächlicher) Abfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung darstellen. In Deutschland wird der Wasserhaushalt natürlicher Flächen, wie Grünflächen oder Wälder, in der Regel deutlich durch die Verdunstung dominiert (BfG 2018). Im urbanen Raum führt die Versiegelung und rasche Ableitung des Regenwassers dagegen zu einer starken Zunahme der Abflusskomponente vor allem zu Lasten der Verdunstung (Matzinger et al. 2017; Fletcher et al. 2013; Uhl et al. 2013) und teilweise der Grundwasserneubildung. Die reduzierte Verdunstung verstärkt die urbane Hitzebelastung (Argüeso et al. 2014), der erhöhte Abfluss kann zu einer ausgeprägten Gewässerbelastung und einem größeren Überflutungsrisiko beitragen (Fletcher et al. 2013), eine reduzierte Grundwasserneubildung kann das Grundwasserdargebot negativ beeinflussen. Der Klimawandel verschärft diese negativen Auswirkungen einer Urbanisierung, auch durch eine Veränderung des urbanen Wasserhaushalts: Die Grundwasserneubildung und die Verdunstung werden durch längere Trockenperioden reduziert, die Abflusskomponente kann sich dagegen durch die erwartete Zunahme an Starkregenereignissen, selbst bei abnehmenden Gesamtniederschlägen, weiter erhöhen. Damit stellt der Wasserhaushalt einen zentralen Indikator für die negativen Folgen einer Urbanisierung und einer erwarteten Klimaveränderung dar (Zhou et al. 2019; Riechel et al. 2015; Argüeso et al. 2014) und eignet sich entsprechend zur wasserwirtschaftlichen Bewertung. Umgekehrt können blaue und grüne Infrastrukturen (und deren Kopplung mit grauer Infrastruktur) eine Annäherung an die natürliche Wasserbilanz bewirken und dadurch die negativen Auswirkungen von Urbanisierung und Klimawandel abschwächen (Gill et al. 2007). Eine Vorhersage des Landschaftswasserhaushalts für urbane Bereiche sowie blau-grün-grau gekoppelte Infrastrukturen stellt allerdings besondere Anforderungen an die Modellierung (Henrichs et al. 2016; Uhl et al. 2013).

Zur Bewertung des Wasserhaushaltes in netWORKS4 wurde das DWA-Modell Wabila (Henrichs et al. 2016) verwendet, welches den durchschnittlichen Jahresniederschlag in die drei Komponenten Verdunstung, Grundwasserneubildung und Abfluss aufteilt und mit dem naturnahen Wasserhaushalt einer unbebauten Grünfläche vergleicht. Dieses Vorgehen entspricht dem im DWA Regelwerk A 102 (im Gelbdruck) vorgeschlagenen Ansatz (DWA 2015). Das Modell Wabila enthält zahlreiche Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung, die über wenige Parameter an lokale Bedingungen angepasst werden können. Voraussetzung einer Anwendung des Modells sind Kenntnisse lokaler Randbedingungen (z. B. Jahresniederschlag, potenzielle Verdunstung, Versickerungsfähigkeit) und vor allem des naturnahen Wasserhaushalts als notwendiger Referenz. Der Forschungsverbund netWORKS 4 hat den naturnahen Wasserhaushalt für Grünflächen im Berliner Transformationsraum mit dem existierenden Wasserhaushaltsmodell ABIMO 3.2 des Landes Berlin (Glugla et al. 1999, SenSW 2013) berechnet. Dies ergab

eine angestrebte Aufteilung des Niederschlags zu 75 % auf Verdunstung, 24 % auf Grundwasserneubildung und 1 % auf oberflächlichen Abfluss. Als Güte der Annäherung an den naturnahen Wasserhaushalt wurde zusätzlich zu der Abweichung der einzelnen Komponenten die Gesamtabweichung als Summe der Beträge dieser Abweichungen berechnet.

Eine teilweise Bebauung einer Fläche mit klassischer Regenwasserableitung in das Kanalsystem führt in der Regel zu einer Zunahme der Abflusskomponente zu Lasten der Verdunstung und in geringerem Ausmaß der Grundwasserneubildung (wie im „Ausgangszustand" in Abb. 6). Durch einen zusätzlichen Neubau auf derselben Fläche (Verdichtung, „Planung ohne Wasserkonzept" in Abb. 6) wird diese Situation weiter verschärft. Wird die Planung (also Bestand und Neubau) mit einem Konzept gekoppelter blau-grün-grauer Infrastrukturen versehen (hier teilversiegelte Wege, Dachbegrünung, Regenwassernutzung für Toilettenspülung und Bewässerung, Überlaufsmulde), wird dagegen eine weitgehende Annäherung an den angestrebten naturnahen Zustand erreicht („Planung mit Wasserkonzept" in Abb. 6). Die Kopplung ist hierbei entscheidend; ungekoppelt würde z. B. die Einzelmaßnahme Dachbegrünung zu einem zu hohen Abfluss führen, die Einzelmaßnahme Versickerung zu einer zu hohen Grundwasserneubildung. Das verbleibende Verdunstungsdefizit in Abb. 6 erklärt sich durch die Regenwassernutzung für Toilettenspülung (Nutzung Sanitär), was letztlich einen nicht auflösbaren Zielkonflikt zwischen Wasserbereitstellung und Herstellung des natürlichen Wasserhaushalts darstellt.

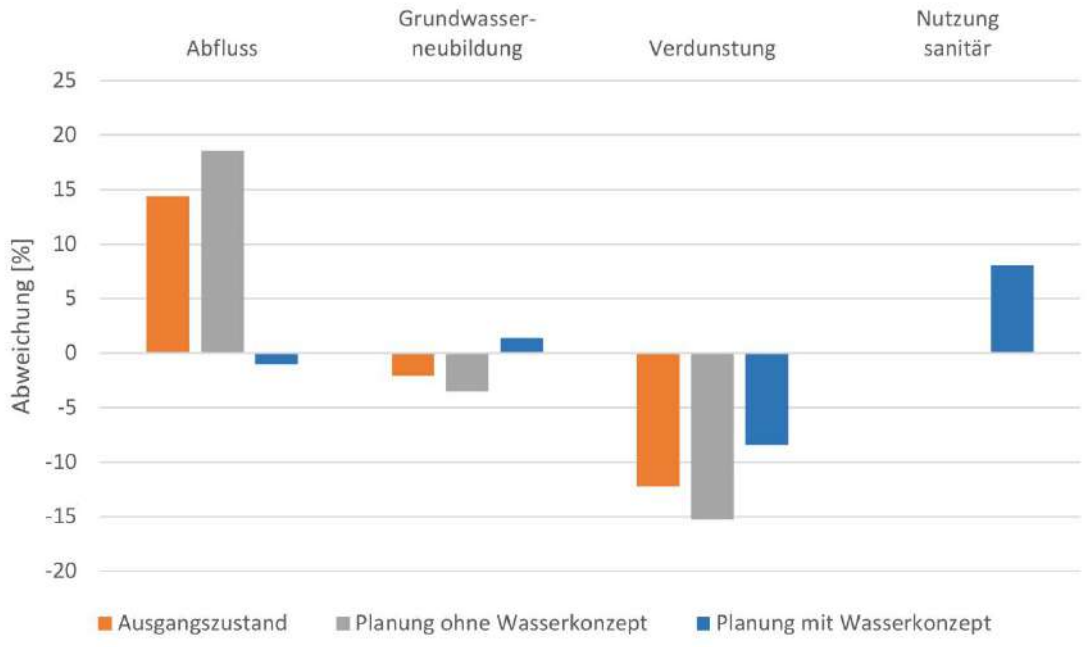


Abb. 6: Abweichung vom naturnahen Wasserhaushalt für eines der Fokusgebiete des Transformationsraums Berlin (Erweiterung Kita-Bestand). „Ausgangszustand" enthält die aktuelle Bestandsbebauung, „Planung ohne Wasserkonzept" die Verdichtung des Bestands durch einen Neubau und „Planung mit Wasserkonzept" die Neuplanung mit der partizipativ entwickelten Variante gekoppelter blau-grün-grauer Infrastrukturen (siehe auch Kapitel 5.1).

In den verschiedenen Fokusgebieten im Transformationsraum Berlin zeigt sich in allen Fällen, dass die partizipativen Varianten grün-blau-grau gekoppelter Infrastrukturen zu einer deutlichen Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt führen (Abb. 7). Die Annäherung hängt im Einzelnen vor allem von den lokalen Gegebenheiten (z. B. ist bei manchen Bestandsgebäuden Dachbegrünung oder Betriebswassernutzung nicht möglich), aber auch von Abwägungen mit weiteren Zielen ab (siehe auch Kapitel 5.1).

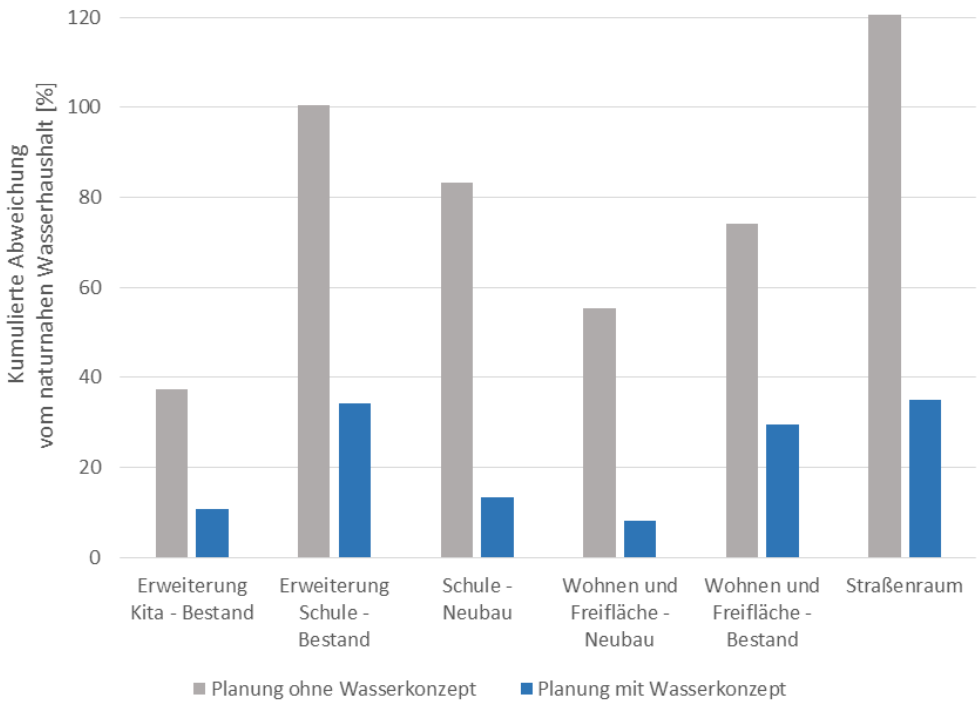


Abb. 7: Kumulierte Abweichungen vom natürlichen Wasserhaushalt über alle Komponenten (Summe der Beträge) für die 6 Fokusgebiete des Berliner Transformationsraums (siehe auch Kapitel 5.1)

4.2.2 Auswirkungen auf die Siedlungswasserwirtschaft und urbane Gewässer

Der maßgebende Effekt gekoppelter Infrastrukturen auf die Siedlungswasserwasserwirtschaft liegt in der Reduktion des Abflussanteils in Folge der Abkopplung abflusswirksamer Flächen durch die dargestellte Annäherung an einen natürlichen Wasserhaushalt. Durch die Verringerung des Abflusses können die Kanalisation entlastet und das Überflutungsrisiko und die Gewässerbelastung durch Mischwasserüberläufe reduziert werden (Fletcher et al. 2013).

Zur Einschätzung der Wirkung der untersuchten Kopplungen blau-grün-grauer Infrastrukturen auf Grundstücksebene auf das Überflutungsrisiko und die Gewässerbelastung müssen die Betrachtungen auf die Skala der gesamten Siedlungswasserinfrastruktur erweitert werden, da Maßnahmen auf Grundstücksebene in ihrer Wirkung im umgebenden Gesamtsystem untergehen. Hierzu wurde für das Beispiel des Berliner Transformationsraums ein vereinfachter Ansatz erarbeitet, die Ergebnisse aus den betrachteten Fokusgebieten auf das umliegende, im Projekt

betrachtete Modellgebiet (siehe auch Kap. 5.1.1) hochzurechnen und im Kontext der umliegenden Siedlungswasserinfrastruktur des Pumpwerkseinzugsgebietes einzuordnen.

Fokusgebiete: Grundlage ist die Entwicklung der Abflusswirksamkeit in den einzelnen Fokusgebieten anhand der in Kap. 4.2.1 dargestellten Wasserhaushaltssimulationen. Im Ausgangszustand (die zu erweiternde oder zu ersetzende Bestandsbebauung) konnten die abflusswirksamen Flächen GIS-basiert ermittelt werden. Für den Planungszustand mit und ohne Wasserkonzept wurde die zukünftig abflusswirksame Fläche aus dem simulierten Abflussanteil theoretisch ermittelt (Abb. 8).

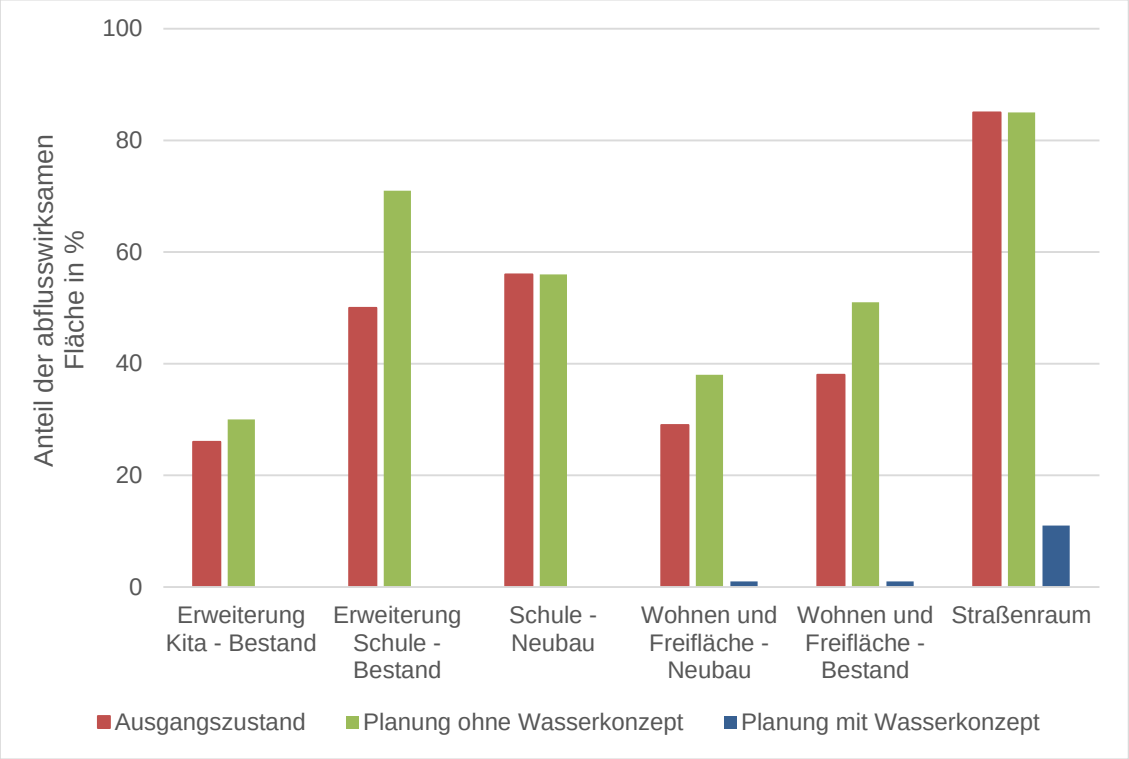


Abb. 8: Entwicklung der abflusswirksamen Flächen (relativ zur Gesamtfläche) der Fokusgebiete

Modellgebiet: Zur Hochrechnung auf eine größere Skala wurden im umliegenden Modellgebiet Teilgebiete identifiziert, die den charakteristischen Siedlungsstrukturen der Fokusgebiete entsprechen. Mittels einer Projektionsmethodik wurde die Entwicklung der Abflusswirksamkeit aus den Fokusgebieten auf die umliegenden Gebiete mit vergleichbarer charakteristischer Siedlungsstruktur übertragen.

Das Ergebnis stellt nun eine Abschätzung der theoretisch im gesamten Modellgebiet erreichbaren Abkopplung der abflusswirksamen Fläche dar, wenn die Maßnahmen zu blau-grün-grauen Infrastrukturen im gesamten Gebiet analog durchgeführt werden würden. Die abflusswirksame

Fläche könnte von aktuell 43 % auf 12 % der Gesamtfläche reduziert werden, was einer Abkopplung von 73 % entspräche.

Pumpwerkeinzugsgebiet: Zur Einschätzung der Abkopplungswirkung auf den Gewässerschutz muss das Ergebnis auf die umliegende Siedlungswasserinfrastruktur bezogen werden. Diese definiert sich durch das Pumpwerkseinzugsgebiet. Das umliegende Einzugsgebiet des Pumpwerkes besteht zu etwa gleichen Teilen aus Misch- und Trennkanalisation. Die Belastung angeschlossener Gewässer resultiert vorrangig aus Mischwasserüberläufen im Zuge stärkerer Regenereignisse. Effekte der Abkopplung abflusswirksamer Flächen durch gekoppelte Infrastrukturen sind entsprechend auf den Teil des Einzugsgebietes zu beziehen, der im Mischsystem entwässert wird. Für diesen Bereich wurde im Ausgangszustand ein Anteil abflusswirksamer Fläche von 59 % ermittelt. Durch die prognostizierte Abkopplung im Modellgebiet kann diese auf 53 % reduziert werden, was einer Abkopplung von 9 % entspräche.

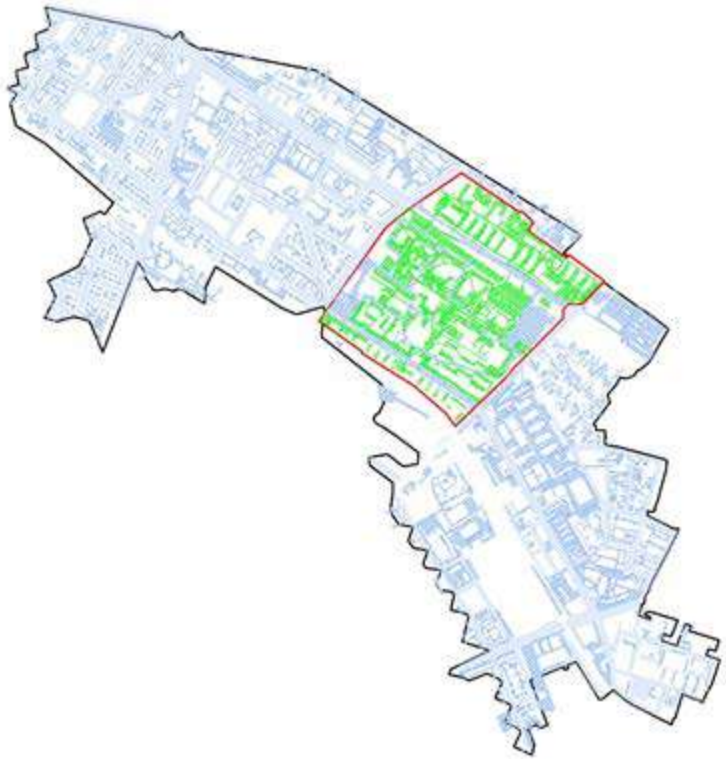


Abb. 9: Schematische Darstellung der theoretischen Abkopplungsfläche (grün) im Modellgebiet (rot umrandet) in Relation zum umliegenden Pumpwerkseinzugsgebiet

Effekt auf den Gewässerschutz: Zur Einschätzung der Wirkung der erzielten Abkopplung abflusswirksamer Flächen auf die Dynamik der Siedlungswasserinfrastruktur in Lastfällen und der damit verbundenen Effekte auf Mischwasserüberläufe kann eine von BWB beauftragte Studie (BWB 2018) herangezogen werden. Um den Anforderungen der wachsenden Stadt gerecht zu werden, trotz Wachstum eine qualitative, zuverlässige Stadtentwässerung und somit einen Beitrag zur Qualität der umliegenden Gewässer zu leisten, wurde das Berliner Mischwassernetz

in der Studie mittels verschiedener Fragestellungen hinterfragt. Dabei ging es voranging um die Auswirkungen von Abkopplungen von an das Mischwassernetz angeschlossenen Flächen auf die entstehende Entlastungsmenge, aber auch um Auswirkungen, welche der Anschluss weiterer versiegelter Flächen an die Mischwasserkanalisation haben würde. In diesem Zusammenhang wurde geprüft, inwieweit sich die Entlastungsmengen durch Abkopplung von Regenabflussflächen eindämmen lassen und welche Auswirkungen diese Abkopplung auf die stoffliche Qualität des entlasteten Mischwasser hat. Die Ergebnisse wurden mittels Simulationen eines typischen Berliner Mischwassernetzes (MW-Netz) generiert. Die Abb. 10 zeigt, wie sich die Flächenabkopplung prozentual auf die Entlastungsmenge durch Mischwasserüberläufe auswirkt.

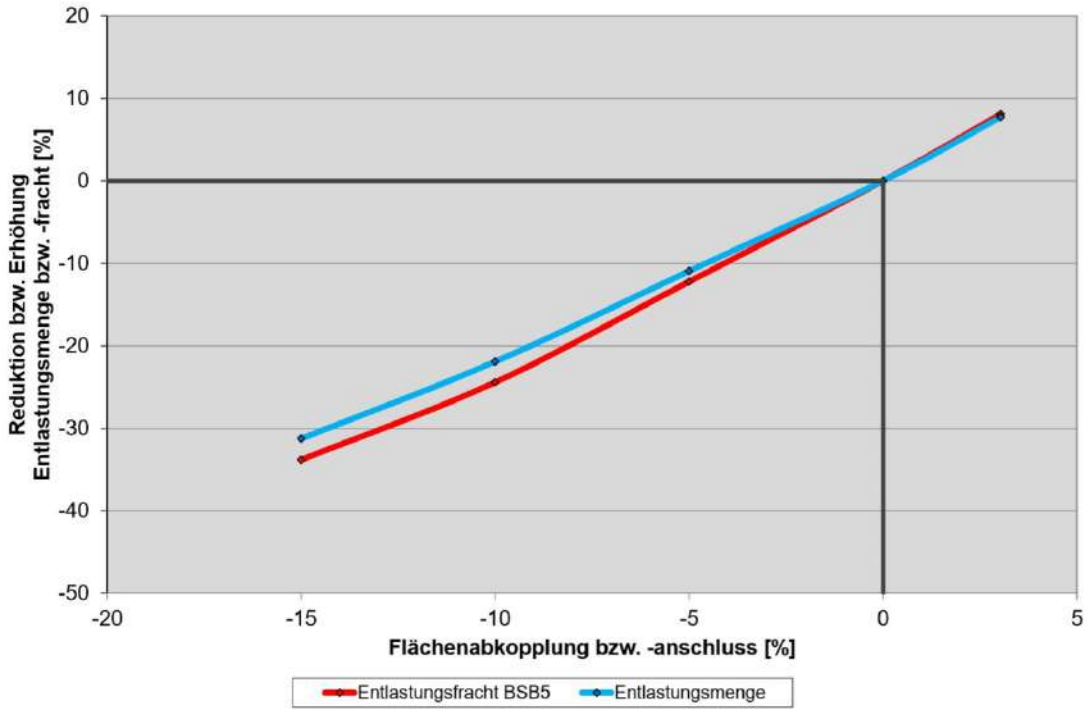


Abb. 10: Auswirkungen von Abkopplungsmaßnahmen und gedrosselten RW- Einleitungen in einem typischen MW-Netz (BWB 2018)

Wie in Abb. 10 dargestellt, besteht ein etwa linearer Zusammenhang mit Steigung > 1 zwischen Veränderungen der abflusswirksamen Fläche und Auswirkungen auf die Mischwasserentlastungsmenge. Konkret ist bei einer Abkopplung von 9 % abflussrelevanter Fläche eine Reduzierung der Entlastungsmenge um 18 % zu erwarten. Entsprechend kann im Rahmen einer Wirkungsabschätzung bei einer Übertragung der in den Machbarkeitsstudien betrachteten Elementen von der grundstücksbezogenen Fokusgebietsebene auf das betrachtete Modellgebiet von einer Reduzierung der Mischwasserüberläufe aus der betreffenden Siedlungswasserinfrastruktur um 18% ausgegangen werden.

Aus Gewässersicht lässt jede Reduktion von Mischwasserüberläufen zudem eine Reduktion fischkritischer Situationen durch niedrigen Sauerstoff erwarten (Riechel et al. 2016). Eine aktuelle Auswertung für ein anderes Berliner Pumpwerkseinzugsgebiet zeigt, dass eine Abkopplung im Bereich von 10 % die Dauer fischkritischer Sauerstoffkonzentrationen um ca. zwei Drittel (bzw. auf ca. 1 h in einem mittleren Regenjahr) reduzieren würde (Riechel et al. in Vorbereitung).

4.2.3 Schlussbewertung

Die vorgestellten Ansätze zeigen, dass eine grobe, aber dennoch aussagekräftige wasserwirtschaftliche Bewertung von grau-grün-blauen Infrastrukturen mit relativ geringem Aufwand erfolgen kann. Voraussetzung sind gute Grundlagen- bzw. Systemkenntnisse. Zudem ist es wichtig, unterschiedliche Skalen vom Grundstück bis zum Kanaleinzugsgebiet zu betrachten.

Im betrachteten Beispiel wirken eine Annäherung an den naturnahen Wasserhaushalt und eine Verbesserung des Gewässerschutzes komplementär. Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass dies an den gewählten Varianten bzw. den priorisierten Zielen „Gewässerschutz" und „natürlicher Wasserhaushalt" (siehe Kap. 5.1) liegt und keinesfalls immer zutrifft. So hätte ein (klassischer) Fokus auf Versickerung bei gleicher Abkopplung eine vergleichbare Wirkung auf das Gewässer erreicht, aber keine wesentliche Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt erzielt.

Angesichts der Ergebnisse ist es bemerkenswert, dass in einem Bestandsgebiet trotz Nachverdichtung eine weitgehende Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt und eine Abkopplung von 73 % möglich sind. Obwohl diese Maßnahmen nur in ca. 1/6 des gesamten Pumpwerkeinzugsgebietes umgesetzt werden, führt dies zu einer erheblichen Reduktion der Mischwasserüberläufe und Verbesserung des Gewässerschutzes.

Literatur

Argüeso, D., J. P. Evans, L. Fita, K. J. Bormann (2014): Temperature response to future urbanization and climate change. Climate Dynamics 42 (7-8), S. 2183-2199.

BfG – Bundesanstalt für Gewässerkunde (2018): Hydrologischer Atlas von Deutschland. Hrsg. vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Berliner Wasserbetriebe (2018): Auswirkungen von Abkopplungsmaßnahmen und gedrosselten RW-Einleitungen in einem typischen MW-Netz (Bln XII). Unveröffentlichter interner Bericht. Berlin.

DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2015): DWA A 102: Niederschlagsbedingte Siedlungsabflüsse – Grundsätze und Anforderungen Zum Umgang mit Regenwasser (Entwurf). Hennef.

Fletcher, T. D., H. Andrieu, P. Hamel (2013): Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. Advances in Water Resources 51, S. 261-279.

Gill, S. E., J. F. Handley, A. R. Ennos, S. Pauleit (2007): Adapting cities for climate change: The role of the green infrstructure. Built Environment 33 (1), S. 115-133.

Glugla, G., M. Goedecke, G. Wessolek, G. Fürtig (1999): Langjährige Abflußbildung und Wasserhaushalt im urbanen Gebiet Berlin. Wasserwirtschaft 89, S. 34-42.

Henrichs, M., J. Langner, M. Uhl (2016): Development of a simplified urban water balance model (WABILA). Water Science and Technology 73 (8), S. 1785-1795.

Matzinger, A., M. Schmidt, C. Strehl, D. Nickel, M. Pallasch, D. Kaiser, C. Möller, D. Lessmann, R. v. Tils, I. Säumel, A. Winkler, B. Heinzmann, B. Reichmann, H. Sonnenberg, M. Rehfeld-Klein, P. Rouault (2017): Integrated planning of urban stormwater management – Introduction to the KURAS-approach from Berlin, Germany. ICUD, S. 1881-1887.

Riechel, M., M. Uldack, B. Heinzmann, E. Pawlowsky-Reusing, A. Matzinger (2015): Demonstration of a planning instrument for integrated and impact based CSO control under climate change conditions, Climate Change, Water Supply and Sanitation. Risk assessment, management, mitigation and reduction. IWA Publishing.

Riechel, M., A. Matzinger, E. Pawlowsky-Reusing, H. Sonnenberg, M. Uldack, B. Heinzmann, N. Caradot, D. von Seggern, P. Rouault (2016): Impacts of combined sewer overflows on a large urban river – Understanding the effect of different management strategies. Water Research 105, S. 264-273.

Riechel, M., M. Pallasch, A. Matzinger, K. Joswig, E. Pawlowsky-Reusing, P. Rouault (in Vorbereitung): Sustainable urban drainage systems in built-up cities: Modelling the potential for CSO reduction and river impact mitigation.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen (2013): Umweltatlas, 02.13: Oberflächenabfluss, Versickerung, Gesamtabfluss und Verdunstung aus Niederschlägen. Berlin.

Uhl, M., J. Langner, M. Henrichs (2013): Bilanzierung des Wasserhaushaltes in Siedlungen. In: 88. Siedlungswasserwirtschaftliches Kolloquium, S. 27..

Zhou, Q., G. Leng, J. Su, Y. Ren (2019): Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation. Science of the Total Environment 658, S. 24-33l.

4.3 Technische Resilienz gekoppelter Infrastrukturen

Die Resilienz urbaner Wasserinfrastruktur wird zunehmend als wichtiges städtisches Ziel der Klimaanpassung genannt (siehe Kapitel 2.3). Laut Juan-Garcia et al. (2017) erfordert die konkrete Auseinandersetzung mit (technischer) Resilienz (z. B. als städtisches Ziel) Kenntnis der folgenden vier Punkte:

(1) die Störung („stressor“), gegenüber der das System resilient sein soll,

(2) die Eigenschaften („properties“) des Systems,

(3) die angestrebte Leistung („performance“) des Systems (z. B. Überflutungsvorsorge) und

(4) eine Bewertungsmethode („metrics“), um die Leistung zu messen.

Ein Beispiel eines Systems wäre ein Entwässerungssystem (städtische Oberflächen, dezentrale Maßnahmen und Kanalsystem) eines Stadtgebiets (Punkt 2), welches gegenüber Starkregenereignissen resilient sein soll (Punkt 1). Die angestrebte Leistung des Systems könnte in der Verhinderung von Überflutung liegen (Punkt 3), die wiederum über die Überflutungshöhe gemessen werden kann (Punkt 4).

Klassische Entwässerungssysteme werden zunehmend durch gekoppelte grüne, blaue und graue Wasserinfrastrukturen ergänzt/ersetzt, hin zur wassersensiblen Stadt. Die Leistungen solcher wassersensiblen Systeme gehen weit über die klassische Entwässerungssicherheit hinaus und beinhalten Aspekte wie Gewässerschutz, Verbesserung des Stadtklimas, Biodiversität oder Aufenthaltsqualität (siehe Kapitel 3).

Um die Resilienz eines Systems gezielt zu erhöhen, muss diese bezüglich dieser unterschiedlichen Leistungen bestimmt werden. Im Folgenden wird ein Beispiel dafür gegeben, wie ein konkretes Vorgehen einer solchen Quantifizierung aussehen könnte.

4.3.1 Ansatz einer quantitativen Bewertung

Der hier verfolgte Berechnungsansatz geht von Mugume et al. (2015) aus, die für die Funktionalität der Stadtentwässerung im Falle von Starkregen einen Resilienzindex Res_0 zwischen 0 und 1 eingeführt haben:

$$Res_0 = 1 - Sev \quad (1)$$

wobei *Sev* die Schwere des Leistungsausfalls („severity“) durch eine Störung beschreibt. Der Berechnungsansatz wurde durch die Aufnahme einer akzeptablen Leistung P_a (bzw. eines Grenzwertes) ergänzt, wie von Sweetapple et al. (2017) empfohlen:

$$Sev = \frac{1}{P_a - P_{max}} \times \frac{1}{t_n - t_0} \times \int_{t_0}^{t_n} P_a - P(t)\, dt \quad \text{mit} \quad P(t) = \begin{cases} P_a, & \frac{P_a - P(t)}{P_a - P_{max}} < 0 \\ P(t), & \frac{P_a - P(t)}{P_a - P_{max}} \geq 0 \end{cases} \tag{2}$$

Sev entspricht dem Integral der Leistung *P(t)* über die Zeit, wobei nur Zeiträume integriert werden, in denen die Systemleistung ungenügend ist ($P(t) < P_a$ bei einem unteren Grenzwert wie in Abb. 11. Das Integral wird mit der Differenz zwischen P_a und einem festzulegenden maximalen Schadensfall P_{max} sowie dem Zeitintervall normiert. Für Res_0 ergibt sich so ein Wert von 0, wenn über den gesamten Zeitraum der maximale Schadensfall P_{max} eintritt und ein Wert von 1, wenn P_a immer eingehalten wird. Ein wichtiges Element der Resilienz ist die Erholungszeit t_{rec}, die ein System (z. B. ein Ökosystem oder eine technische Anlage) benötigt, um nach einer Störung wieder zu voller Funktionalität zurückzukehren (Abb. 11). Neben dem absoluten Wert wird die relative Erholungszeit $t_{rec,\%}$ bezogen auf die gesamte Dauer eines Schadensereignisses $t_{ereignis}$ berechnet. Die Erholungszeit kann pro Ereignis oder als Mittelwert über alle Ereignisse in einem betrachteten Zeitraum ausgewertet werden.

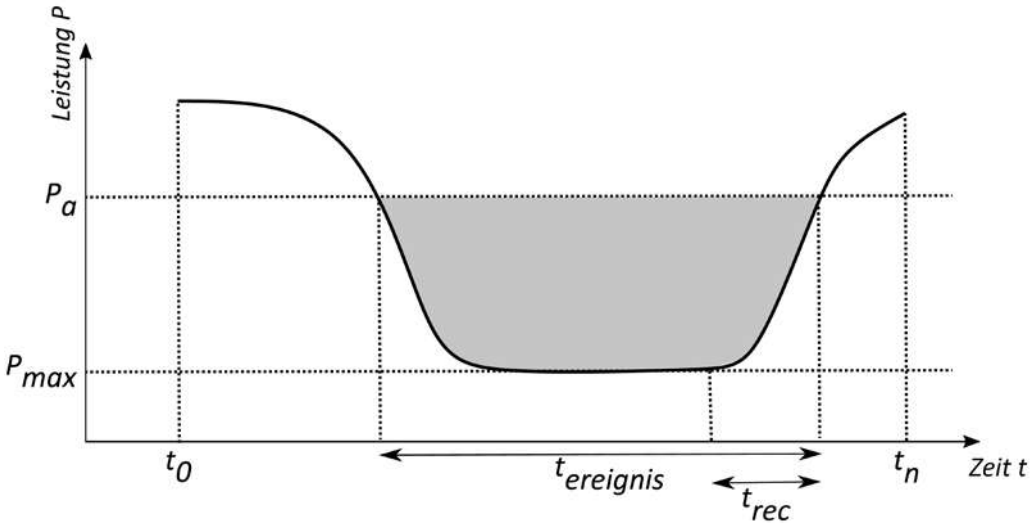


Abb. 11: Schema des Berechnungsansatzes aus Matzinger et al. (2018b). Die graue Fläche zeigt das Integral in Gleichung (2).

4.3.2 Beispiel: Urbaner Gewässerschutz

Der vorgeschlagene Ansatz wurde für ein Mischkanalsystem in Berlin (inkl. städtischer Oberflächen) angewendet hinsichtlich seiner Leistung für den Gewässerschutz, ausgehend von den Arbeiten von Riechel et al. (2016). Mischwasserüberläufe bei Starkregen (= Störung) können zu einem Sauerstoffabfall im Gewässer und in der Folge zu Fischsterben führen. Die Leistung des Systems bei Starkregen wird über die Sauerstoffkonzentration im Gewässer bewertet. P_a = 2 mg O_2 L^{-1} bildet dabei einen *unteren* Grenzwert, da unterhalb P_a Fischsterben vorkommen können.

Die Eigenschaften des Mischkanalsystems werden für das Beispiel durch drei Maßnahmenszenarien variiert: Status quo (S1), Reduktion der angeschlossenen versiegelten Fläche um 20 %

(S2) und Belüftung der Überlaufskanäle (S3). S2 könnte beispielsweise durch eine Umsetzung grün-blau-grau gekoppelter Maßnahmen im Bestand (vgl. Kap. 5.1) erreicht werden.

Abb. 12 zeigt den Sauerstoffverlauf im Gewässer nach einem Starkregenereignis mit Mischwasserüberläufen. Bei dem Ereignis unterschreiten zwar alle drei Maßnahmenszenarien P_a = 2 mg O_2 L^{-1}, eine Quantifizierung von Res_0 (über das in Abb. 12 gezeigte Zeitintervall von 24 h) zeigt dagegen eine Erhöhung von Res_0 von 0,80 (S1) auf 0,93 (S2) bzw. 0,91 (S3). Während Riechel et al. (2016) das Auftreten und die Dauer von Unterschreitungen ausgewiesen haben, berücksichtigt Res_0 zusätzlich das Ausmaß der Unterschreitung. Wie Abb. 12 zeigt, reduziert sich auch t_{rec} von 4,25 h (S1) auf 3,0 h (S2) bzw. 3,25 h (S3). Die relative Erholungszeit $t_{rec,\%}$ bleibt dagegen für alle drei Szenarien nahezu unverändert bei ca. 47 %.

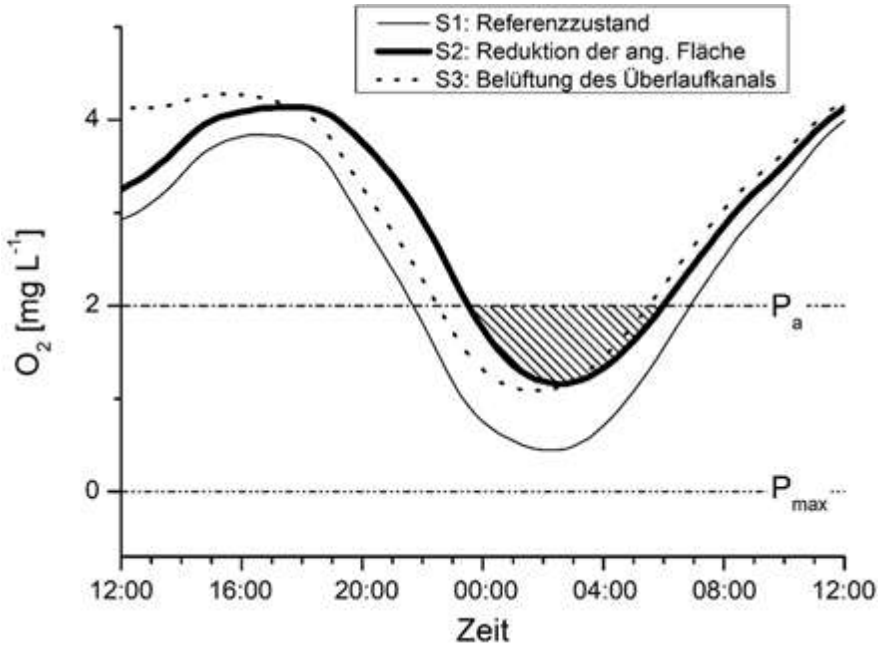


Abb. 12: Sauerstoffverlauf P(t) im Gewässer für drei Maßnahmenszenarien im Mischsystem nach einem Starkregenereignis. Die schraffierte Fläche zeigt das in der Gleichung (2) berücksichtigte Integral für die Schwere des Leistungsausfalls in Szenario S2. Simulationen aus Riechel et al. (2016).

Die vorgeschlagene Methodik lässt sich auch für längere Zeitreihen anwenden. Ergebnisse für das gesamte Regenjahr in Tab. 6 zeigen, dass Res_0 für eine lange Zeitreihe, in der Schadensfälle nur selten auftreten, sehr nahe bei 1 liegt und sich Unterschiede zwischen den Szenarien erst ab der dritten Nachkommastelle zeigen. Die Unterschiede könnten durch Betrachtung eines engeren Zeitraumes (z. B. nur Zeiten, in denen es Starkregen gibt) deutlicher hervorgehoben werden, wie das Beispiel für ein Starkregenereignis in Abb. 12 zeigt. Alternativ kann *Sev* bzw. die relative Veränderung *ΔSev* betrachtet werden. Dabei zeigt sich, dass S2 und S3 die Schwere des Leistungsausfalls *Sev* um 78 % bzw. 70 % reduzieren. Da *Sev* dabei auch die absolute Veränderung in der O_2-Konzentration mit abbildet, liegt diese Reduktion in *Sev* deutlich höher als die Reduktion der Gesamtdauer der Schadensereignisse (Tab. 6).

Das Beispiel zeigt, dass die Resilienzbewertung einerseits die Ergebnisse der klassischen Bewertung erweitert, andererseits unterschiedliche Belastungsaspekte in einem Wert (Res_0 bzw. *Sev*) zusammenfasst.

Szenario	klassische Auswertung			Resilienzbewertung				
	Ereignisse < P_a	Gesamt-Dauer < P_a	min. O_2-Konz.	Res_0	*Sev*	Δ*Sev*	$\overline{t_{rec}}$	$\overline{t_{rec,\%}}$
	[-]	[h]	[mg L^{-1}]	[-]	[-]	[%]	[h]	[%]
S1	4	22	0,5	1,00	$1{,}4 \cdot 10^{-3}$	0	2,6	50
S2	2	7	1,2	1,00	$0{,}3 \cdot 10^{-3}$	78	1,6	41
S3	3	11	1,1	1,00	$0{,}4 \cdot 10^{-3}$	70	1,8	49

Tab. 6: Zusammenfassung der Auswertung für das Regenjahr 2017

4.3.3 Schlussfolgerungen/Ausblick

Die beispielhafte Anwendung des Berechnungsansatzes für das Ziel „Gewässerschutz" zeigt, dass die technische Resilienz von Wasserinfrastrukturen gemessen und damit auch als Zielstellung vorgegeben werden kann. Der Ansatz erlaubt eine Evaluation unterschiedlicher Störungen vom Klimawandel bis zum Ausfall von Maßnahmen.

Weiterhin ist das Vorgehen auf andere Leistungen der Wasserinfrastruktur übertragbar (z. B. Überflutungsvorsorge, Stadtklimaregulation oder Förderung der Biodiversität), wenn eine zeitliche Entwicklung der Leistung bzw. ein Abbilden der Störung möglich ist. Durch die Normierung der Resilienz auf einen Wert zwischen 0 und 1 ist auch ein Vergleich sehr unterschiedlicher Leistungen möglich.

Mit Hilfe der spezifischen technischen Resilienz lässt sich die Robustheit der Leistungserbringung der betrachteten (gekoppelten) Infrastrukturen erfassen und damit verbessern. Sofern angemessene Ressourcen zur Verfügung stehen, kann die technische Resilienz der betrachteten Infrastrukturen gezielt verbessert oder sogar optimiert werden, um so den erwarteten Störungen zu widerstehen. Hierfür sind Maßstäbe einer guten Praxis noch zu entwickeln.

Allerdings hängen die absoluten Werte von Res_0 bzw. *Sev* durch die zeitliche Normierung vom gewählten Zeitintervall und durch die Wahl eines Grenzwertes und eines maximalen Schadensfalls von diesen Randbedingungen ab. Sollen Systeme/Leistungen verglichen werden, ist entsprechend eine sorgfältige Wahl der Randbedingungen unerlässlich.

Durch den Einfluss der Randbedingungen bleibt Res_0 ein abstrakter Wert, der aus unserer Sicht vor allem für Systemoptimierungen oder Bewertungen und weniger für eine direkte Interpretation geeignet ist. In jedem Fall ist bei einer Anwendung Transparenz über Methode und Eingangswerte zentral.

Die vorgeschlagenen Berechnungsansätze sowie das in Kap. 4.3.2 gezeigte Rechenbeispiel wurde im Rahmen eines R-Paketes veröffentlicht und steht Interessierten frei zum Download und zur Weiterentwicklung zur Verfügung (Matzinger et al. 2018a).

Literatur

Juan-Garcia, P., D. Butler, J. Comas, G. Darch, C. Sweetapple, A. Thornton, L. Corominas (2017): Resilience theory incorporated into urban wastewater systems management. State of the art. Water Research 115, S. 149-161.

Matzinger, A., M. Rustler, H. Sonnenberg (2018a): kwb.resilience (v0.1.0): R Package for the Quantification of Technical Resilience. URL: kwb-r.github.io/kwb.resilience. doi: 10.5281/zenodo.2243961.

Matzinger, A., M. Zamzow, M. Riechel, E. Pawlowsky-Reusing, P. Rouault (2018b): Quantitative Beschreibung der Resilienz urbaner Wassersysteme, In: Schmitt, T. G. (Hrsg.), Regenwasser in urbanen Räumen – aqua urbanica trifft RegenwasserTage. Schriftenreihe Wasser Infrastruktur Ressourcen. Landau i. d. Pfalz (TU Kaiserslautern), S. 119-127.

Mugume, S. N., D. E. Gomez, G. Fu, R. Farmani, D. Butler (2015): A global analysis approach for investigating structural resilience in urban drainage systems. Water Research 81, S. 15-26

Riechel, M., A. Matzinger, E. Pawlowsky-Reusing, H. Sonnenberg, M. Uldack, B. Heinzmann, N. Caradot, D. von Seggern, P. Rouault (2016): Impacts of combined sewer overflows on a large urban river – Understanding the effect of different management strategies. Water Research 105, S. 264-273.

Sweetapple, C., G. Fu, D. Butler (2017): Reliable, Robust, and Resilient System Design Framework with Application to Wastewater-Treatment Plant Control. Journal of Environmental Engineering (United States) 143 (3).

Fanny Frick-Trzebitzky, Stefan Liehr

4.4 Modellierung der Entfaltung von Klimawirkungen im Quartier

4.4.1 Aufgaben der Modellierung

Eine Modellierung der Entfaltung von Klimawirkungen im Quartier kann vor allem folgende Vorteile bieten:

- Abschätzung von Wirkungen eines Bausteins bzw. einer Planung unter Berücksichtigung komplexer Wirkungszusammenhänge
- Veranschaulichung von Wirkungszusammenhängen
- Identifikation von „Stellschrauben“ in der Planung

Wenngleich nicht immer alle für die Umsetzung und Wirkungsentfaltung relevanten Faktoren unmittelbar modelliert werden können – hier stellen u.a. politische Faktoren eine Herausforderung dar –, bieten besonders die technischen und städtebaulichen Faktoren einer möglichen Wirkungsentfaltung einen guten Ausgangspunkt. In der Struktur sozial-ökologischer Systeme (SES, social-ecological systems) (siehe Kap. 4.1) finden sich diese in der Wechselwirkung zwischen der Gestaltungsdimension Technologie und den geophysischen Rahmenbedingungen.

Die Modellierung soll im Folgenden beispielhaft für die Dachbegrünung diskutieren werden. Ergebnisse werden in Auszügen dargelegt. Ausführlich werden diese in Frick-Trzebitzky und Liehr (2020) dargelegt.

4.4.2 Herleitungen zur Modellstruktur

4.4.2.1 Wirkungszusammenhänge

Bebauungsstrukturtypen beeinflussen die Wirkungsentfaltung blau-grün-grauer Infrastrukturen, da sie die kleinklimatischen Bedingungen prägen – z. B. indem sich dichte hohe Bebauung und enge Straßen schneller aufheizen und schlechter abkühlen als lockere niedrige Bebauung, in der Luftaustausch begünstigt wird. Anhand von Literatur identifizierte Bebauungstypen lassen sich daher mit sog. Stadtklimatopen in Beziehung setzen (vgl. Tab. 7).

Das bedeutet einerseits, dass die Umsetzung von Maßnahmen unter für das Stadtklima ungünstigen Bedingungen (hier: Hitzebelastung) besonders wichtig ist, um Folgen des Klimawandels abzuschwächen. Andererseits bedeutet es, dass die Reichweite einer Wirkung, z. B. der Reduktion von Hitzestress durch Straßenbäume, durch ungünstige bauliche Strukturen eingeschränkt sein kann. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass das Ziel „größtmögliche Wirkungsentfaltung“ jeweils vor dem Hintergrund weiterer Rahmenbedingungen und Ziele verstanden werden muss. Auch die Maßstabsebene, auf der die Wirkungsentfaltung angestrebt und bewertet wird,

spielt dabei eine wichtige Rolle. In der weiteren Betrachtung wird der Fokus auf die Wirkungsentfaltung einzelner Bausteine innerhalb eines Wohnblocks gleicher Bebauungsstruktur gelegt.

4.4.2.2 Regeln und Variablen

Regeln für die Wirksamkeit eines Bausteines in Bezug auf eine Klimawirkung lassen sich aus Einzelbeispielen in empirischen Studien sowie aus Modellierungen und technischen Richtlinien ableiten. Dafür ist die Festsetzung von Schwellenwerten maßgeblich, ab denen von einer Wirkung ausgegangen werden kann. Abb. 13 zeigt dies beispielhaft für den Zusammenhang zwischen Gestaltungsvariablen der Bebauung und der Dachbegrünung.

Schwellenwerte und Regeln ermöglichen eine Konkretisierung der Abschätzung, ob ein Baustein unter bestimmten Bedingungen sein Wirkungspotenzial (vgl. Winker et al. 2019) entfalten kann. Die analysierten Daten erlauben jedoch keine klare Aussage dazu, wie hoch die Wirkung sein wird bzw. wie groß ihre räumliche Reichweite ist. Wo verschiedene Datengrundlagen vorliegen, ist eine Detaillierung durch Abstufung möglich.

Eine Übersicht über die identifizierten Regeln und Variablen für die Wirkungsentfaltung des Bausteins Dachbegrünung zeigt Tab. 8.

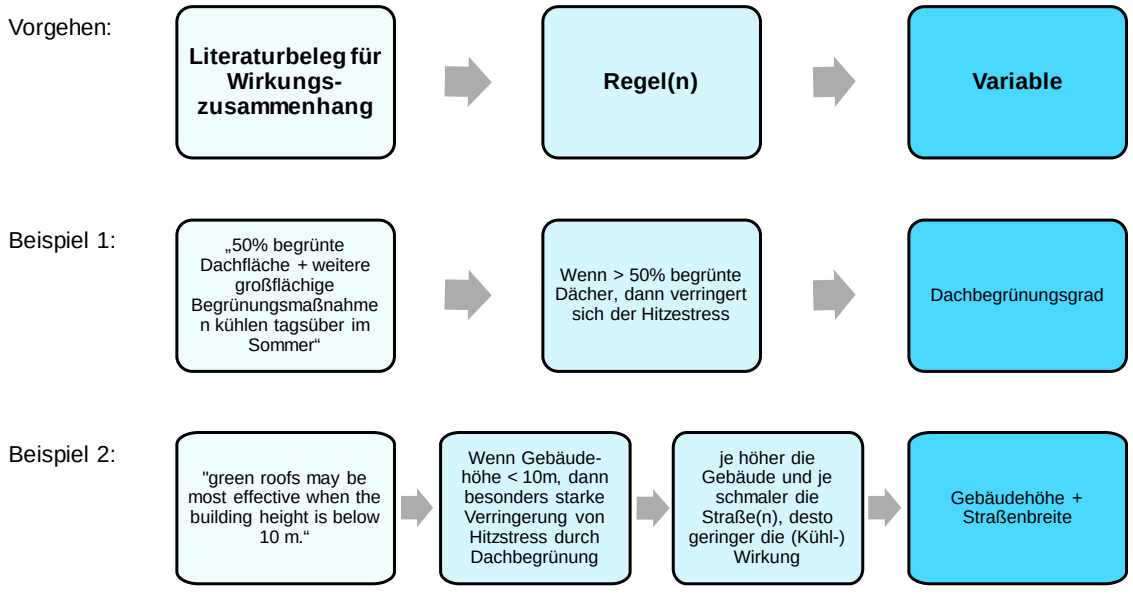


Abb. 13: Ableitung von Regeln und Variablen aus in Fachliteratur beschriebenen Wirkungszusammenhängen zwischen Bebauungsstruktur und der Entfaltung klimatischer Wirkungen von Gründächern

4.4.3 Modellierung der Klimawirkungen im Quartier am Beispiel des Bausteins „Dachbegrünung“

Die identifizierten Wirkungszusammenhänge wurden beispielhaft für den Baustein „Dachbegrünung“ mit der Software Netica® als Bayes’sches Netz (BBN) modelliert. Dies ermöglicht die Darstellung komplexer Zusammenhänge in einem System bei unvollständiger (teilweise liegen bestimmte Informationen nicht vor), unsicherer (Informationen und Wirkungszusammenhänge sind mit Unsicherheiten behaftet), uneinheitlicher (Informationen sind qualitativer oder quantitativer Natur) Informationslage und die Berechnung von Wahrscheinlichkeiten, mit denen eine Zielgröße (hier: Wirkungsentfaltung zur Abschwächung von Klimafolgen) erreicht wird (vgl. Drees und Liehr 2015).

Aufbau des Modells (siehe Abb. 14): Als unbeeinflussbare Rahmenbedingungen wurden drei Stadtstrukturtypen (Blockrandbebauung, offene Reihenbebauung und geschlossene Reihenbebauung) als Eingangsgrößen gewählt. Gestaltungsoptionen in der Bebauung (bspw. Dachneigung) sowie des Bausteins (bspw. Anteil der Dachbegrünung) stellen Variablen dar, die als Knoten miteinander verbunden sind. Weitere Knoten sind die Ökosystemfunktionen (bspw. Änderung des Hitzestresses), die zur Erreichung der Zielgrößen (bspw. Abschwächung der Hitzebelastung, Änderung der Tropennächte) beitragen. Verknüpfungen zwischen Eingangsgrößen, Knoten und Zielgrößen (dargestellt als Pfeile) sind mit den identifizierten Regeln hinterlegt.

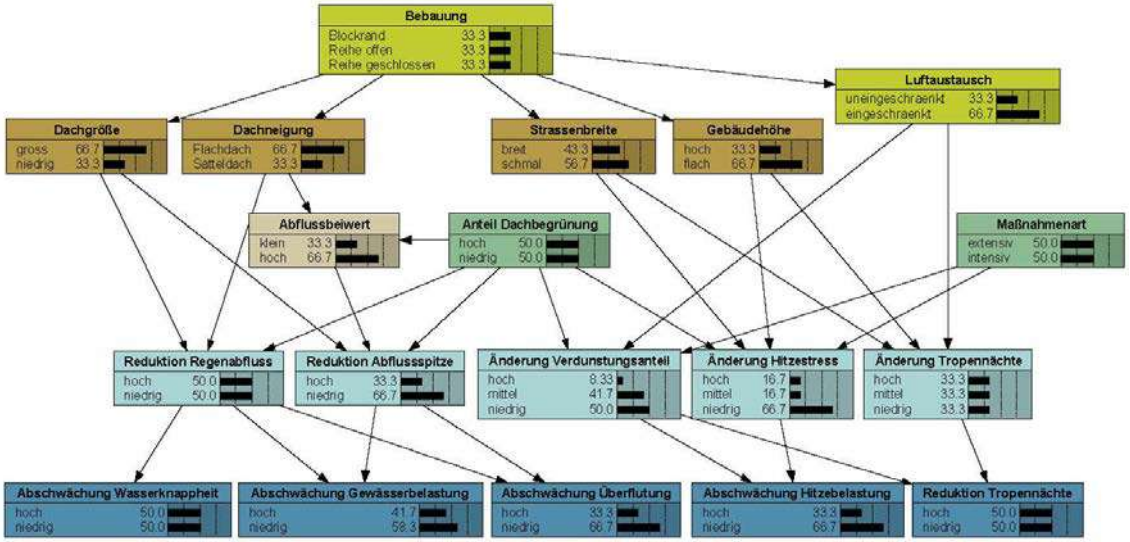


Abb. 14. Aufbau des Bayes'schen Netzes für den Baustein „Dachbegrünung“

4.4.4 Beitrag des Modells zur Abschätzung von Klimagerechtigkeit

Die Modellierung zeigt, dass Stadtstrukturtypen die Potenzialausschöpfung maßgeblich beeinflussen – nicht nur in ihrer Reichweite (die mangels Datengrundlagen hier nicht modelliert werden konnte), sondern auch in ihrer Art. Dies impliziert, dass beispielsweise ein großflächiger Einsatz von Dachbegrünung nicht zu einer großflächigen, einheitlichen Verteilung aller Wirkun-

gen auf die Reduktion von Klimafolgen führt, auch wenn der Baustein für diese ein Potenzial aufweist. Vielmehr wird – je nach Bebauungsstruktur – an einigen Standorten die Potenzialausschöpfung zur Anpassung an Starkregenereignisse hoch sein, aber für die Anpassung an hohe Temperaturen gering (Blockrandbebauung mit Flachdächern). An anderen Standorten wird vor allem das Potenzial zur Anpassung an hohe Temperaturen ausgeschöpft (offene, niedrige Reihenhausbebauung), an wieder anderen ist eine hohe Potenzialausschöpfung zur Anpassung an beide Klimawirkungen wahrscheinlich (niedrige Reihenbebauung mit Flachdächern), und zuletzt gibt es auch Standorte, an denen die Potenzialausschöpfung für alle Wirkungen unsicher ist (hohe Reihen- oder Blockrandbebauung mit Satteldächern). Die Implikationen dieser Unterschiede innerhalb eines Quartiers für eine klimagerechte Stadtentwicklung werden vor allem deutlich, wenn die Wirkungspotenziale des Bausteins im Detail betrachtet werden (vgl. Winker et al. 2019). Wieder am Beispiel der Dachbegrünung verdeutlicht, entstehen positive Wirkungen einer Dachbegrünung für das physische Wohlbefinden maßgeblich durch die Reduktion von Hitzestress und von tropischen Nächten, aber nicht durch die Reduktion der Abflussspitze/ Abschwächung von Starkregenereignissen.

Wenn Klimagerechtigkeit unter dem Aspekt der Verteilungsgerechtigkeit in der Anpassung an Klimafolgen betrachtet wird, kann die Modellierung also den gezielten Einsatz der betrachteten Bausteine für eine klimagerechte Stadtentwicklung unterstützen, indem es die Ungleichmäßigkeiten in der Wirkungsentfaltung von Bausteinen aufzeigt. Um diese auszugleichen, kann die Kombination mit weiteren Bausteinen sinnvoll sein. Andererseits können Ungleichmäßigkeiten aber auch – je nach Verteilung klimatisch belasteter Räume, Nutzungen und Menschen – begründet sein bzw. gezielt eingesetzt werden.

Ein breiteres Verständnis von Klimagerechtigkeit schließt allerdings Verfahrensgerechtigkeit (procedural justice), ausgleichende Gerechtigkeit (compensatory justice) und Gerechtigkeit als Anerkennung (justice as recognition) mit ein (Harris et al. 2018). Inwiefern eine Infrastrukturplanung diesen Anforderungen gerecht wird, kann nicht modelliert werden, wie in der Auswertung von Rahmenbedingungen und Erfolgsfaktoren deutlich geworden ist. Allerdings eröffnet die Veranschaulichung von Wechselwirkungen im Modell möglicherweise neue Kommunikationswege in der Beteiligung von Akteursgruppen im Planungsprozess, die im Umgang mit Plänen und technischen Maßnahmen wenig geübt sind.

4.4.5 Anhang Kapitel 4.4

Typ	Bebauungs-typ	GRZ	GFZ	Gebäu-dehöhe	versie-gelte Fläche in %	Frei-fläche in %	Straßentyp groß	Straßentyp klein	Verhältnis große : kleine Straße	Klimatop	Klimacharakte-ristika	verwende-te RASt 06 (2008) Quer-schnitte
1	Blockrandbe-bauung (3-6-geschossig, Innenhöfe, teilw. Geschäf-te im UG)	0,54 max. 0,75	2,46 max. 3,75	> 10m	75	46	Hauptgeschäftsstra-ße: 33 m Breite 2 Spuren/ Richtung (je 6,25 m bzw. 6,5 m) für Kfz/Lkw + StraBa/Bus mit Richtungstrenn-streifen (2,5 m) Parkierung beidseitig (je 2 m) Grünstreifen beidsei-tig (je 0,75 m) Radweg beidseitig (je 2 m) Fußweg beidseitig (je 4 m)	Gr. Quartierstraße: 21,2 m Breite 1 Spur/Richtung (je 6,5 m) für Kfz + Bus/Lkw Radstreifen beid-seitig (je 2,35 m) Parkierung beidsei-tig (je 2 m) Fußweg beidseitig (je 3 m)	30:70 (geringe Straßen-dichte)	Stadt mehrge-schossige geschlossene Bebauung wenig Grün-fläche freistehende Hochhäuser	Wärmeinselef-fekt Luftaustausch eingeschränkt, da regionale und überregionale Windsysteme erheblich ge-bremst werden	Abb. 8.12/ 8.8 (aufge-rundet) Abb. 4.5
3	Reihenhaus-bebauung offen (1-3 geschos-sig, Einzel- & Doppelhäuser, kleinteilige Parzellierung) Gärten	0,14 max. 0,2	0,23		26	86	gr. Quartierstraße: 17,5 m Breite; 1 Spur/ Richtung für Kfz + Linienbus (je 6,5 m); Radwegstrei-fen beidseitig (je 1,5 m); Parkierung beidseitig (je 2 m); Fußwege beidseitig (je 3 m)	Wohnstraße: 10 m Breite; 1 Spur/ Richtung nur für Kfz (je 5 m); Fuß-wege beidseitig (je 3 m)	20:80 (relativ dichtes Netz)	Gartenstadt offen, 1-3 Geschosse, viel Grünflä-che	unwesentliche Bremsung von Regionalwinden	Abb. 2.3 Abb. 4.4

Tab. 7: Bebauungsstrukturtypen (Auszug für Typ 1 und 3) nach baulicher Struktur und klimatischer Beschaffenheit (Details siehe Frick-Trzebitzky und Liehr (2020); GRZ = Grundflä-chenzahl, GFZ = Geschossflächenzahl

Abschwächung Klima-folge	Indikatoren und Leitindikatoren (fett)	Regel (wenn, dann)	Variablen (Skala)	Quelle
Häufiger Starkregen: Gewässerbelastung	**Reduktion der Abflussspitze [%]**	Wenn Dach ca. 7.000 m² groß, dann Reduktion der Abflussspitze um ca. 2 h (Abflussverzögerungszeit, ist abhängig von der Dachgröße, Wegedistanz und Dachneigung).	Dachgröße	(US General Services Administration (GSA) 2011)
	Reduktion des Regenabflusses [%]	Je steiler das Dach und je stärker der Regen desto geringer die Reduktion des Regenabflusses.	Dachneigung (Flachdach bis 5°, bis 10°, Satteldach bis 30°)	(Villareal-Gonzalez und Bengtsson 2005)
	Reduktion des Regenabflusses [%]	Wenn > 50% begrünte Dächer, dann 10% Reduktion Regenabfluss. Wenn 10% begrünte Dächer, dann 2-2,7% Reduktion Regenabfluss.	Dachbegrünungsgrad eines Areals (10%, 50%)	(Mentens et al. 2006; Acks et al. 2006; Nurmi et al. 2013)
Höhere Temperaturen: Hitzebelastung	**Änderung Hitzestress (UTCI) [h/a]**	Wenn > 50% begrünte Dächer, dann verringert sich der Hitzestress. Wenn 5% der Dächer begrünt dann tritt Kühlung um 0,5°C ein.	Dachbegrünungsgrad Areal (5%, 10%, 50%)	(US General Services Administration (GSA) 2011; Kabisch et al. 2016)
	Änderung Hitzestress (UTCI) [h/a]	Je höher die Gebäude und je schmaler die Straße(n), desto geringer die (Kühl-)Wirkung. Wenn Gebäude kleiner als 10 m hoch, dann ist Dachbegrünung besonders effektiv in der Reduktion der Hitzebelastung.	Gebäudehöhe (<= 10m, > 10m) Straßenbreite	(Bowler et al. 2010; Susca et al. 2011; Kabisch et al. 2016; Ali-Toudert und Mayer 2007; Alexandri und Jones 2008)
	Änderung des Verdunstungsanteils [%]	Je geringer die relative Luftfeuchte und je höher die Windgeschwindigkeit, desto größer die (Kühl-)Wirkung.	Stadtklimatop/lokale Windverhältnisse (Skala: werden behindert/nicht behindert) regionale Windverhältnisse (Skala: werden unwesentlich/stark/erheblich gebremst)	(Babak et al. o.J.)

Tab. 8: Regeln und Variablen für die Klimawirkung im Raum (Auszug für die Klimafolgen Gewässerbelastung und Hitzebelastung) bezogen auf den Baustein „Dachbegrünung“ (Details siehe Frick-Trzebitzky und Liehr (2020))

Literatur

Acks, Kenneth, David Beattie, Robert Berghage, Daniel Brannan, Jennifer Cox, Stuart Gaffin et al. (2006): Green Roofs in the New York Metropolitan Region. Hrsg. v. Cynthia Rosenzweig, Stuart Gaffin und Lily Parshall. NASA Goddard Institute for Space Studies. Columbia University Center for Climate Systems Research. New York.

Alexandri, Eleftheria, Phil Jones (2008): Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. In: *Building and Environment* 43 (4), S. 480-493. DOI: 10.1016/j.buildenv.2006.10.055.

Ali-Toudert, Fazia, Helmut Mayer (2007): Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. In: *Solar Energy* 81 (6), S. 742-754. DOI: 10.1016/j.solener.2006.10.007.

Babak, Raji, Martin J. Tenpierik, Andy van den Dobbelstee (o.J.): The impact of Greening Systems on building energy performance: A Literature Review. Delft University of Technology. Delft.

Bowler, Diana E., Lisette Buyung-Ali, Teri M. Knight, Andrew S. Pullin (2010): Urban greening to cool towns and cities. A systematic review of the empirical evidence. In: *Landscape and Urban Planning* 97 (3), S. 147-155. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2010.05.006.

Drees, Lukas, Stefan Liehr (2015): Using Bayesian belief networks to analyse social-ecological conditions for migration in the Sahel. In: *Global Environmental Change* 35 (November 2015), S. 323-339. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2015.09.003.

Frick-Trzebitzky, Fanny, Stefan Liehr (2020, in Vorbereitung): Erfolgsfaktoren zur Entfaltung der Wirksamkeit gekoppelter blau-grün-grauer Infrastruktur für die klimagerechte Stadtentwicklung (Arbeitstitel). Berlin (netWORKS-Papers).

Harris, L., L. Rodina, S. Shah, S. McKenzie, N. Wilson (2018): Water justice: key concepts, debates and research agendas. In: Holifield, Ryan, Jayajit Chakraborty und Gordon Walker (Hrsg.): The Routledge handbook of environmental justice. London/New York.

Kabisch, Nadja, Jutta Stadler, Horst Korn, Aletta Bonn (2016): Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas. Bundesamt für Naturschutz, BfN-Skripten, 446. Bonn-Bad Godesberg. https://www.bfn.de/0502_skriptliste.html.

Mann, Gunter: Dach- und Fassadenbegrünung – Gezieltes Regenwassermanagement entlastet die Kanalisation, kühlt und verbessert das Kleinklima. In: fbr: Energetische Nutzung von Regenwasser, Bd. 16.

Mentens, Jeroen, Dirk Raes, Martin Hermy (2006): Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? In: *Landscape and Urban Planning* 77 (3), S. 217-226. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2005.02.010.

Nurmi, Väinö, Athanasios Votsis, Ariaan Perrels, Susanna Lehvävirta (2013): Cost-benefit analysis of green roofs in urban areas: case study in Helsinki. Hrsg. v. Finnish Meteorological Institute.

RASt 06 (2008): Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt), Ausgabe 2006, Korrektur (Stand: 15. Dezember 2008).

Susca, T., S. R. Gaffin, G. R. Dell'osso (2011): Positive effects of vegetation. Urban heat island and green roofs. In: *Environmental pollution* 159 (8-9), S. 2119-2126. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.03.007.

US General Services Administration (GSA) (2011): The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings. Hrsg. v. US General Services Administration (GSA).

Villareal-Gonzalez, Edgar, Lars Bengtsson (2005): Response of a Sedum green-roof to individual rain events. In: *Ecological Engineering: the Journal of Ecotechnology* 25 (1), S. 1-7.

Winker, Martina, Fanny Frick-Trzebitzky, Andreas Matzinger, Engelbert Schramm, Immanuel Stieß (2019): Die Kopplungsmöglichkeiten von grüner, grauer und blauer Infrastruktur mittels raumbezogener Bausteine. Ergebnisse aus dem Arbeitspaket 2, netWORKS 4. Hrsg. v. Forschungsverband netWORKS. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu). netWORKS-Papers Nr. 34. Berlin.

Fanny Frick-Trzebitzky, Stefan Liehr

4.5 Möglichkeiten und Grenzen der sozial-ökologischen Modellierung von Wirkungen blau-grün-grauer Infrastrukturen

Die sogenannte „Kopplung von Infrastrukturen“ gewinnt vor dem Hintergrund zunehmender Belastung grauer Infrastrukturen vor allem in den Städten an Aufmerksamkeit. Durch geschickte Kombination von naturnahen und technischen Funktionen beispielsweise in städtischen Grünanlagen lässt sich eine Bandbreite von Anforderungen in der Anpassung an den Klimawandel adressieren. Eine entsprechende Umgestaltung städtischer Infrastrukturen birgt auch Potenziale für eine klimagerechte Stadtentwicklung, da Kosten und Nutzen von Infrastrukturen zur Klimaregulation neu verteilt werden. Während die Effekte von Infrastrukturkopplung, -dezentralisierung etc. aus Beispielen zu Einzelmaßnahmen hinreichend bekannt sind, ist der Wissensstand zum relativen Nutzen unterschiedlicher Maßnahmen und -varianten noch dünn (vgl. Winker et al. 2019). Dies trifft insbesondere zu, wo Rahmenbedingungen zu berücksichtigen sind und Klimagerechtigkeit ein Bewertungskriterium für den Nutzen von Maßnahmen ist – sprich: bei anwendungsorientierter Betrachtung der Kopplung von Infrastrukturen.

Um diese Lücke zu schließen, bietet sich ein modellbasiertes Vorgehen an, da (a) meist empirische Daten nicht ausreichend vorliegen bzw. schwierig systematisch zu erfassen sind und entsprechende Modelle die Zusammenführung von Informationen aus unterschiedlichen Quellen erlauben und (b) die Wirkungszusammenhänge typischerweise komplex sind und Modelle einen transparenteren Zugang zum Verständnis bieten. Gleichwohl gibt es Rahmenbedingungen zur Wirkungsentfaltung von Infrastrukturen hinsichtlich Klimagerechtigkeit, die sich nicht modellieren lassen. Dazu zählen z. B. politische Zielsetzungen und die Gestaltung von Beteiligungsverfahren, die maßgeblich mitbestimmen, für welche Nutzer*innen und Nutzungen die Infrastrukturen ausgelegt sind.

Eine wie hier skizzierte Modellierung der Wirkungsentfaltung eines Bausteins im Quartier in einem Bayes’schen Netz ist wertvoll, um umfassende Planung für klimagerechten Einsatz von blau-grün-grauer Infrastrukturen zu unterstützen. So kann sie zum Verständnis, zur Verdeutlichung und auch Veranschaulichung des relativen Nutzens einer Maßnahme bzw. eines Bausteins eingesetzt werden. Das ist v.a. ein Mehrwert, wenn sehr unterschiedliche Akteure (aus verschiedenen Fachbereichen und Abteilungen sowie heterogene Gruppen der „Öffentlichkeit“) an der Planung beteiligt sind. Dass dies für eine erfolgreiche Umsetzung von Infrastrukturkopplung erforderlich ist, zeigt die Literaturauswertung der Rahmenbedingungen und Erfolgsfaktoren (siehe Kap. 4.1).

Eine sozial-ökologische Modellierung umfasst insgesamt ein Vorgehen auf zwei Abstraktionsebenen. Neben der Konstruktion eines computergestützten, formalen Modells geht es auch um die Systematisierung von Wirkungszusammenhängen im konzeptionellen Modell des SES (siehe Kap. 4.1). Die Möglichkeiten einer sozial-ökologischen Modellierung der Wirkungen blau-grün-grauer Infrastrukturen liegen daher in den folgenden Punkten.

Erstens der Konzeptualisierung von komplexen sozial-ökologischen Zusammenhängen und Wechselwirkungen: Die Zuordnung von Rahmenbedingungen zu den Komponenten des SES ermöglicht ein umfassendes Verständnis der unterschiedlichen Dynamiken, die die Effektivität von Planung mit blau-grün-grauer Infrastrukturen beeinflussen. So beeinflussen beispielsweise die unter „Institutionen“ erfassten Faktoren, wie Nutzungsrechte, auch andere Gestaltungsdimensionen und ihre Faktoren, wie z. B. „Praktiken“ mit der dazugehörigen Nutzung von Infrastrukturen. Für die Praxis relevant ist insbesondere die Benennung der Teilbereiche und ihrer Wechselwirkungen, darüber hinaus wird eine Ableitung von Erfolgsfaktoren ermöglicht. Für die Wissenschaft relevant ist insbesondere die Konzeptualisierung von klimagerechter Stadtentwicklung und blau-grün-grauer Infrastrukturen im SES. Im Rahmen dieser Arbeit ist nur die Zuordnung von Faktoren zu Elementen des SES erfolgt. Diese kann eine Grundlage liefern für eine nähere Beforschung der spezifischen Wechselwirkungen zwischen den identifizierten Rahmenbedingungen und deren Auswirkungen auf die Wirksamkeit blau-grün-grauer Infrastrukturen anhand eines Fallbeispiels.

Zweitens der beispielhaften Modellierung der Komplexität der Wirkungsentfaltung blau-grün-grauer Infrastrukturen: Diese wurde hier zunächst durch Darstellung ausgewählter Wechselwirkungen mittels Bayes’schem Netz durchgeführt und dient als Beispiel für eine mögliche Vorgehensweise bei einer umfassenderen Modellierung. Das Ergebnis zeigt die Praxisrelevanz einer solchen Aufbereitung von Wechselwirkungen. Diese Einschätzung spiegelte sich auch in den Reaktionen aus dem Forschungsverbund netWORKS wider, insbesondere der Praxispartner. Eine Erweiterung des Netica® Modells birgt hohe Potenziale, z. B. zur Modellierung der Wirkungsentfaltung von Bausteinkombinationen. Gleichwohl kann Modellierung den experimentellen, einzelfallbezogenen Umgang mit Rahmenbedingungen vor Ort nicht ersetzen – hier ist Expertise von Planer*innen ebenso gefordert wie die Erschließung neuartiger Formate der Kommunikation und Beteiligung, was u.a. eine Anpassung gängiger Planungsverfahren erfordert.

Die Systematisierung entlang des SES veranschaulicht zu berücksichtigende Bereiche sowie Wissenslücken – einige können modelliert werden, sofern mehr Daten zur Verfügung stehen, andere per se nicht. Hieraus erwachsen auch die Grenzen der sozial-ökologischen Modellierung. Zunächst führt die uneinheitliche und begrenzte Verfügbarkeit von Daten, die für die Formulierung von Schwellenwerten und Regeln herangezogen worden sind, zu Unsicherheiten im Bayes’schen Netz. Um diese zu reduzieren, ist eine umfassende Erhebung von Daten notwendig, die nicht in Form von wissenschaftlicher Literatur oder technischen Normen/Richtlinien vorliegen. Expert*inneneinschätzungen könnten hier eine geeignete Methode der Datenerhebung sein. Darüber hinaus sind die Ergebnisse der Modellierung im Zusammenhang mit den in weiteren Arbeitspaketen des Projektes erarbeiteten Ergebnissen zu verstehen – so bedeutet eine hohe Wirkungsentfaltung hier nicht, dass die Abschwächung der Klimawirkung hoch ist, sondern dass das Potenzial hierfür ausgeschöpft wird. Eine Weiterentwicklung des Modells könnte diese Potenzialabschätzung mit abbilden und würde dadurch unmissverständlicher.

Nicht modellierbare Faktoren sind insbesondere solche, die stark kontextabhängig sind und miteinander wechselwirken, z. B. Regulationen auf übergeordneter Ebene, lokale Arrangements/Akteurskonstellationen, Finanzierungsmodelle und die Priorisierung planerischer Ziele. Hier scheint es sinnvoller, Fallbeispiele sehr konkret zu betrachten, um bspw. die Übertragbarkeit von Lösungen abzuschätzen, als diese vereinfachend in ein Modell zu pflegen. Eine offene Frage für zukünftige Forschung ist: Wie können nicht-modellierbare Faktoren und Modell zusammen berücksichtigt werden, um planerische Entscheidungen zu vereinfachen?

5 Die zwei Transformationsräume in Berlin und Norderstedt im Blick

Jan Hendrik Trapp, Diana Nenz, Jeremy Anterola, Michel Gunkel, Andreas Matzinger, Brigitte Reichmann, Pascale Rouault

5.1 Transformationsraum Berlin

In Berlin[7] ist ein veränderter Umgang mit Wasser Teil der Diskussion für eine zukunftsfähige Stadtentwicklung. Die Bedeutung einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und der Wiederverwendung von Regen- und Grauwasser als Betriebswasser für die städtische Entwicklung ist seit langem bekannt. Hierzu gab es in Berlin in der Vergangenheit beispielsetzende Pilotprojekte[8] und anwendungsorientierte Forschungsvorhaben (vgl. KURAS[9], Roof-Water-Farm[10]).

Politische Unterstützung hat eine veränderte Regenwasserbewirtschaftung durch einen Beschluss des Berliner Abgeordnetenhauses erhalten. Ein konkretes Ziel ist es, „die Gebäude- und Grundstücksflächen, von denen Regenwasser direkt in die Mischwasserkanalisation eingeleitet wird, jährlich um 1 % zu reduzieren“ (Abgeordnetenhaus Berlin 2017). Dieses Ziel stellt einen ersten Schritt und einen wichtigen Anstoß dar, gekoppelte Infrastrukturen als Mittel der Regenwasserbewirtschaftung und deren vielfältige Potenziale für eine klimaangepasste Stadtentwicklung zu diskutieren und einzuführen. Darüber hinaus wird auf politischer Ebene bewusst eine stärkere Integration ökologischer und sozialer Ziele für die Stadtentwicklung angestrebt[11]. netWORKS 4 hat eines der ökologisch-sozialen Modellquartiere als Untersuchungsgebiet und Transformationsraum ausgewählt.

5.1.1 Untersuchungsraum

Wie sich gekoppelte Infrastrukturen in kommunale Planungsprozesse einfügen lassen und welche Effekte die Auseinandersetzung mit blau-grün-grauen Infrastrukturen haben kann, wurde in Berlin am Beispiel des Stadtumbaugebiets „Greifswalder Straße“ mit dem Neubaugebiet Mi-

---

7 Für eine detaillierte Beschreibung und Auseinandersetzung mit den Ergebnissen aus dem Transformationsraum in Berlin vgl. Nenz et al. (2020, im Erscheinen).

8 Ökologischer Stadtplan – Regenwasser im urbanen Raum unter: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/de/modellvorhaben/kuras/oekologischer_stadtplan.shtml

9 http://www.kuras-projekt.de/

10 http://www.roofwaterfarm.com/

11 http://michelangelostrasse.org/wp-content/uploads/2019/09/michelangelo_tafeln_ausstellung_neu.pdf

chelangelostraße als einem integralen Bestandteil untersucht. Die wichtigsten Gründe für die Auswahl dieses Gebiets waren

- die Lage innerhalb des Mischkanalsystems,
- die Verzahnung von einem Neubau- mit einem Bestandsgebiet,
- eine Ausstrahlungskraft über den eigentlichen Transformationsraum hinaus als ökologisch-soziales Modellquartier für Berlin,
- vermutete Kopplungspotenziale für Infrastrukturen,
- ein plausibles Umsetzungspotenzial (Vorplanungsphase/laufender Planungsprozess) und
- die Bereitschaft der zentralen Akteure (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen und Fachämter des Bezirksamts) zur Zusammenarbeit mit dem Forschungsverbund net-WORKS.

Da das Stadtumbaugebiet mit ca. 76 ha insgesamt zu groß für eine detaillierte Untersuchung der Potenziale gekoppelter Infrastrukturen war, wurden fünf charakteristische „Fokusgebiete“ innerhalb des Stadtumbaugebiets bestimmt: Sanierung und Erweiterung einer Kita (1a) sowie Sanierung und Erweiterung einer Schule (1b), Neubau Schule (2), Neubau Wohnen/Freiraum (3), Qualifizierung Bestand Freiraum/Wohnen (4) und Straßenraum (5) (vgl. Abb. 15).

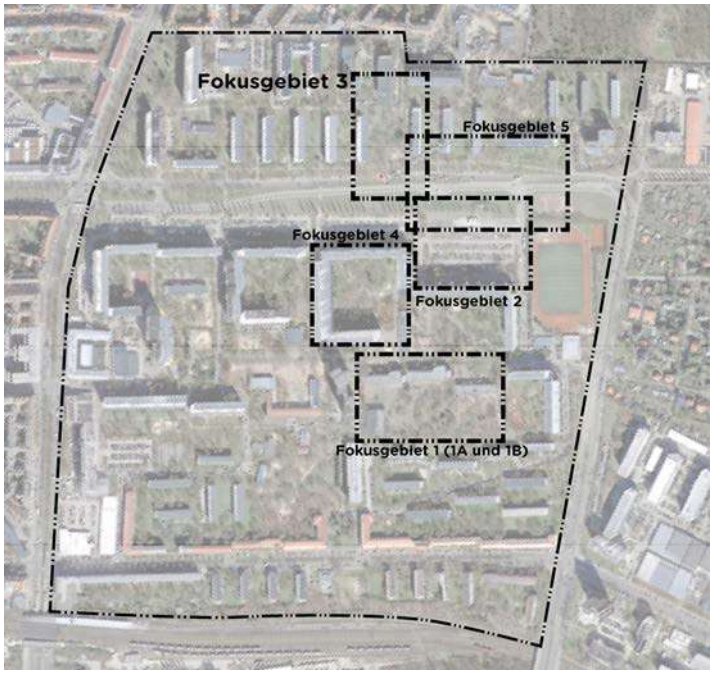


Abb. 15: Räumliche Verteilung der Fokusgebiete (Quelle: Ramboll Studio Dreiseitl/Google Maps 2018)

Die Fokusgebiete liegen sowohl im Bestandsgebiet als auch im Planungsgebiet für Neubau und repräsentieren typische städtebauliche und infrastrukturelle Konstellationen, die im Rahmen der wachsenden Stadt Berlin und infolge des erhöhten Nutzungsdrucks besonderen Herausforde-

rungen und Rahmenbedingungen unterliegen. Für die fünf Fokusgebiete wurden in partizipativen Prozessen planerische Machbarkeitsstudien für die Bewirtschaftung von Wasser mittels blau-grün-grauer Infrastrukturen erarbeitet. Dabei setzt das integrierte städtebauliche Entwicklungskonzept (ISEK) für das Stadtumbauvorhaben wichtige Ziele und Prioritäten für die Entwicklung des Gebietes fest und stellt somit einen wichtigen Ankerpunkt für die Entwicklung und Ausrichtung gekoppelter Infrastrukturlösungen dar.

5.1.2 Vorgehen

Für die Planungsprozesse und eine gemeinsame Suche nach Lösungen und Gestaltungsoptionen für eine klimagerechte Stadtentwicklung (siehe hierzu auch Kap. 2.5) hat der Forschungsverbund netWORKS 4 die bestehende „Kuras-Methode“ zur zielorientierten Maßnahmenidentifikation (Matzinger et al. 2017) hinsichtlich der partizipativen Prozessgestaltung insbesondere durch methodische Hilfestellungen (Infokarten – siehe Kap. 6.4.2 – Matrizen und Arbeitsblätter der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (SenStadt 2011)) optimiert, um Bausteine neuartiger Wasserinfrastrukturen, die über die eigentliche Regenwasserbewirtschaftung hinausgehen, ergänzt und in der Praxis erprobt (Nenz et al. 2019). Die Prozessgestaltung stützt sich dabei auf die Erkenntnisse zur Gestaltung von Transformationsprozessen in der Siedlungswasserwirtschaft, die u.a. die Bedeutung informeller Planungsprozesse hervorheben (Winker/Trapp 2017). Das inter- und transdisziplinär angelegte Vorgehen wurde in sechs Schritte gegliedert (siehe Abb. 16).

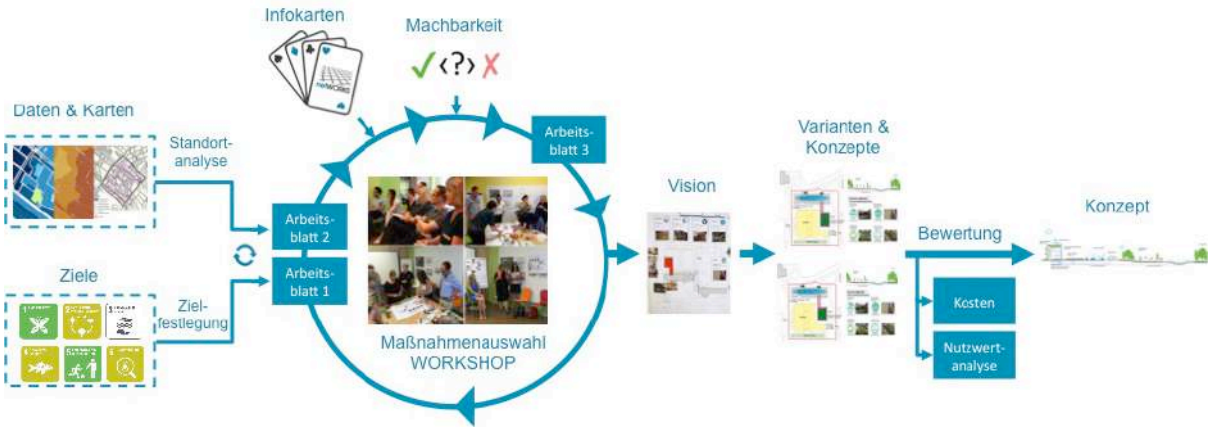


Abb. 16: Das Vorgehen nach netWORKS 4/ KURAS plus im integrierten Planungsprozess

Die Schritte sind (vgl. für die folgenden Ausführungen Rouault et al. 2020):

1) Gemeinsame Zielfestlegung: Die relevanten beteiligten Akteure wie Bedarfsträger und Fachverwaltungen diskutieren die Ziele und Rahmenbedingungen für die Quartiersentwicklung und stimmen ihre prioritären Entwicklungsziele für das gewählte Gebiet ab. Bei der Zielentwicklung können allgemeine Ziele der Stadt sowie spezifische Ziele für den Standort/das Projekt berücksichtigt werden. Im Rahmen von netWORKS 4 wurde als Grundlage eine Übersicht von 14

nichtmonetären planerischen Zielen erarbeitet, wie z. B. Erlebbarkeit, Begegnung, Identifikation, Umweltbildung, Verbesserung des Stadtklimas/reduzierte Hitzebelastung oder Gewässerschutz, die die Potenziale und Wirkungsvielfalt gekoppelter Infrastrukturen abbilden (Winker et al. 2019, Kap. 3.1).

Hinweis: Die Schritte „Standort- und Liegenschaftsanalyse“ sowie „gemeinsame Zielfestlegung“ stehen in einer Wechselwirkung zueinander und sollten daher iterativ und in enger wechselseitiger Abstimmung ablaufen.

2) Standort- und Liegenschaftsanalyse: An dieser Stelle werden sowohl die Anforderungen an das zu entwickelnde Projekt (z. B. Anzahl Wohneinheiten), die naturräumlichen Herausforderungen (z. B. Altlasten oder lokale Hitzebelastung) als auch die übergeordneten Herausforderungen, die sich beispielsweise aus dem Klimawandel und nötigen Anpassungsmaßnahmen ergeben (z. B. Überflutungsvorsorge), erfasst. Die Zusammenstellung und Bewertung der Informationen ermöglicht eine integrative Betrachtung der Gebäude-, Grundstücks- und Einzugsgebietsebenen als Grundlage für ein integriertes Bewirtschaftungskonzept. Während in der gemeinsamen Zielfestlegung neben der Verwaltung auch die Politik und Öffentlichkeit eingebunden sind, wird dieser Schritt von weiteren Fachexpert*innen (z .B. Infrastrukturbetreiber, zuständige Verwaltungseinheiten und Planungsbüros) durchgeführt. Für eine erste Analyse kann man in der Regel auf existierendes Kartenmaterial zurückgreifen, vertiefte Standortanalysen zu einem späteren Zeitpunkt können jedoch eine neue Einschätzung der Standortsituation notwendig machen.

3) Gemeinsame Maßnahmenauswahl: In interaktiven, partizipativen Planungsworkshops werden entlang der zuvor bestimmten Ziele und Rahmenbedingungen gemeinsam getragene Visionen für die Entwicklung der Gebäude, Grundstücke und das Quartier erarbeitet. Das gemeinsame Arbeiten in diesem Schritt wird durch methodische Hilfestellungen unterstützt: Infokarten, die die einzelnen Bausteine abbilden (vgl. Kap. 6.4.2), befördern das Verständnis und die Diskussion der Bausteine und Maßnahmen gekoppelter Infrastrukturen. In einer einfachen Matrix werden geeignete Bausteine mit Blick auf die zuvor priorisierten Ziele sortiert und vorausgewählt, da nicht alle Bausteine und Maßnahmen gleichermaßen für alle Ziele in Betracht kommen. Die einzelnen Bausteine können in Form der Infokarten auch direkt als Teil der Vision auf die Standortpläne aufgeklebt werden. Die gemeinsam entwickelten Entwicklungsvorstellungen werden mit konkreten Maßnahmen unterlegt. Wichtig ist, dabei auch grundstücksübergreifende Aspekte aktiv in den Blick zu nehmen. An diesem Prozess nehmen sowohl betroffene Entscheidungsträger*innen (in der Regel aus der Verwaltung) als auch Träger*innen, Eigentümer*innen und potenzielle Nutzer*innen der Gebäude und Grundstücke teil.

4) Variantenentwicklung: Basierend auf den Ergebnissen der Arbeitsschritte 1, 2 und 3 werden von Fachplaner*innen ausgewählte Maßnahmen auf Eignung geprüft, kombiniert, grob dimensioniert und in ein integriertes Wasserbewirtschaftungskonzept mit verschiedenen Entwicklungsvarianten übersetzt. In diesem Konzept werden die verschiedenen Wasserqualitäten (ins-

besondere Regen-, Grau- und Betriebswasser) und Nutzungsmöglichkeiten entlang der Kaskade Gebäude, Grundstück, Quartier beschrieben. Dabei werden für mögliche Bausteinkombinationen für Gebäude und Freiraum in ihren wechselseitigen Bezügen und Abhängigkeiten betrachtet. In verschiedenen Entwicklungsvarianten werden die potenziell möglichen Mehrwerte so umfassend wie möglich untersucht und so konkret wie möglich auf die spezifischen Handlungserfordernisse und Rahmenbedingungen auf den Ebenen Gebäude, Grundstück und Quartier sowie auf die Bedürfnisse bei den Nutzer*innen, Bewohner*innen und Eigentümer*innen ausgerichtet.

5) Bewertung/Wirkungsabschätzung: Die potenziellen Wirkungen und kombinierten Effekte werden im Hinblick auf die priorisierten, planerischen Ziele für das Untersuchungsgebiet abgeschätzt. Eine grobe Berechnung der Investitions- und Betriebskosten (inkl. möglicher Einsparungspotenziale, z. B. im Hinblick auf das in Berlin erhobene Niederschlagswasserentgelt) findet ebenfalls in dieser Phase statt. Dieser Schritt kann auch zu dem Schluss kommen, dass noch einmal Anpassungen in den Varianten vorgenommen werden sollten, z. B. wenn eine Vorgabe nicht eingehalten oder Ziele nicht erreicht werden.

6) Auswahl: In diesem Schritt fällt die Entscheidung für eine Maßnahmenkombination als Grundlage für ein integriertes Wasserkonzept auf Basis gekoppelter Infrastrukturen. Die ausgewählte Maßnahmenkombination wird als Konzept aufbereitet. Dieses stellt die Grundlage für die weitere Ausarbeitung und Konkretisierung im weiteren Planungsprozess dar, z. B. können die identifizierten wesentlichen Eckpunkte als Anforderung für einen Wettbewerb oder in die Entwicklung von Bauplanungsunterlagen einfließen.

5.1.3 Ergebnisse

Für alle Fokusgebiete konnten im Rahmen des zuvor skizzierten strukturierten Vorgehens in partizipativen Workshops Vorschläge zur Implementierung gekoppelter Infrastrukturen erarbeitet und daraus Maßnahmenvarianten entwickelt werden. Das gewählte strukturierte Vorgehen hat sich als funktional und effektiv erwiesen.

5.1.3.1 Schritte 1 und 2: Zielfestlegung und Standort/-Liegenschaftsanalyse

Mit dem Bezirksamt Pankow wurden die folgenden prioritären Ziele (vgl. Kap. 3.1) für die Gestaltung von Wasser- und Grüninfrastrukturen für das Gebiet festgelegt:

- Identifikation und Erlebbarkeit,
- Umweltbildung,
- natürlicher Wasserhaushalt,

- Gewässerschutz,
- Grundwasserschutz
- Biodiversität.

Die priorisierten Ziele basieren wesentlich auf der Standort- und Liegenschaftsanalyse, die teilweise bereits im Rahmen des ISEK, teilweise in netWORKS 4 erfolgt ist.

Die Ziele wurden zu Beginn jedes Planungsworkshops zur Maßnahmenauswahl mit den Teilnehmer*innen diskutiert und bestätigt.

5.1.3.2 Schritt 3: Maßnahmenauswahl

Für jedes Fokusgebiet wurden in separaten Planungsworkshops „Visionspläne" entwickelt. Hier kamen verschiedene Hilfsmittel zum Einsatz, um die Beteiligung der Akteure zu unterstützen (siehe Kap. 5.1.2 und 6.4). Die resultierenden Visionspläne (Beispiel in Abb. 17) wurden im Anschluss an die Workshops von den Teilnehmer*innen vorgestellt und dabei genauer erläutert.



Abb. 17: „Visionsplan Kita“ (Foto: Ramboll Studio Dreiseitl 2018)

Für die sechs Fokusgebiete wurden teilweise sehr unterschiedliche Bausteine berücksichtigt. Tab. 9 zeigt, dass 20 von insgesamt 23 im Rahmen des Vorhabens aufbereiteten Bausteinen in mindestens einem Fokusgebiet ausgewählt wurden. Offenbar weisen Fokusgebiete, die im Bestandgebiet liegen und für die keine umfassenden Eingriffe in die Gebäude vorgesehen sind (bzw. sie technisch nicht möglich sind), weniger Bausteine auf als Fokusgebiete, in denen substanziell Gebäude saniert bzw. neue Gebäude geplant werden (Kita, Schul-Neubau, Freiraum-Neubau). Bei Letzteren sind Bausteine wie Dachbegrünung, Toilettenspülung und technische Gebäudekühlung (einfacher) umsetzbar, und es kommen hier insgesamt mehr Bausteine zum Einsatz. Bausteine wie Bewässerung und multifunktionale Rückhalteräume, die im Freiraum zum Einsatz kommen können und damit weniger technischen Einschränkungen unterliegen, wurden dagegen öfters gewählt. Graue Bausteine, wie z. B. Versickerung unterirdisch, die nur wenige Zielstellungen unterstützen (Gewässerschutz, siehe Kap. 3.1), wurden weniger häufig gewählt.

Nr	Bausteine / Maßnahmen	Fgbt 1a: Kita	Fgbt1b: Schule (Bestand)	Fgbt 2: Grund-schule (Neubau)	Fgbt 3: Freiraum (Bestand)	Fgbt 4: Freiraum (Neubau)	Fgbt 6: Straße	Gesamt
1	Dachbegrünung	X	(X)	X	-	X	N/A	**3 (4)**
2	Fassaden-/Wandbegrünung	X	X	X	(X)	X	N/A	**4 (5)**
3	Innenraumbegrünung	X	X	X	-	-	N/A	**3**
4	Nichtgebäudebezogene Bauwerks-begrünung	X	X	(X)	X	X	X	**5 (6)**
5	Technische Gebäudekühlung	X		X	-	X	N/A	**3**
6	Grünflächen und grüne Freiräume	X	X	X	X	X	- ?	**5**
7	Urban farming	X	-	(X)	(X)	-	-	**1(2)**
8	Bewässerung	X	X	X	(X)	X	X	**5 (6)**
9	Entsiegelung/ Vermeidung von Versiegelung	X	X	X	(X)	X	- ?	**4 (5)**
10	Versickerung mit Bodenpassage	X	X	-	X	X	-	**4**
11	Versickerung unterirdisch	-	-	X	-	-	-	**1**
12	Stauraum im Kanaleinzugsbiet	-	-	-	-	X	X	**2**
13	Multifunktionale Rückhalteräume	X	(X)	X	X	X	X	**5 (6)**
14	Wasserflächen	-	-	X	-	X	X	**3**
15	Wasserspiele	X	(X)	X	(X)	X	-	**3 (5)**
16	Naturnahe Reinigungsverfahren	-	-	-	-	X	X	**2**
17	Technische Reinigung von Nieder-schlagswasser	-	-	-	-	-	X	**1**
18	Technische Reinigung von Abwas-ser	-	-	-	-	X	-	**1**
19	Toilettenspülung	X	X	(X)	-	X	N/A	**3 (4)**
20	Kanalspülung	-	(X)	-	-	-	X	**1 (2)**
	Gesamt	**13**	**8 (12)**	**11 (14)**	**4 (9)**	**15**	**8**	

Tab. 9: Überblick über die Bausteinauswahl in den Fokusgebieten (Nenz et al. 2020, im Erscheinen)

Legende:
X – gewählte und im Konzept entwickelte Bausteine
(X) – mit Einschränkungen mögliche Bausteine
- keine Auswahl

Die Zahlen in der Summenspalte/-zeile geben die Häufigkeit der ausgewählten sowie in Klammern zusätzlich der mit Einschränkungen behafteten Bausteine an.

5.1.3.3 Schritt 4: Variantenentwicklung

Ausgehend von den in Workshops entwickelten „Visionsplänen“ wurden konkrete Varianten der ausgewählten Bausteinkombinationen für die Gebiete erarbeitet (beispielhaftes integriertes Wasserkonzept der gewählten blau-grün-grauen Infrastrukturen im Fokusgebiet „Kita“ inkl. einer Abbildung der Wasserflüsse in Abb. 18). Insbesondere bei einem hohen Flächennutzungsdruck, wie beispielsweise bei der Entwicklung der Freiräume für Schulen und Kitas, in den Flächen in hohem Maße bespielt werden, befördern blau-grün-grau gekoppelte Infrastrukturen die multifunktionale Nutzung der Flächen durch das Zusammenspiel von Entsiegelung, Begrünung, sichtbarem Wasser, unterirdischer Sammlung und Versickerung sowie Aufbereitung des gesammelten Wassers. Beispielsweise wurde ein Regenwassersammler (Zisterne) unterirdisch vorgesehen, um keine Freiflächen in Anspruch zu nehmen und um das Wasser weiter zur Bewässerung oder auch zur Toilettenspülung nutzen zu können. Zudem wurde versucht, die Nutzung der Flächen mit ihren Funktionen in den Gestaltungsvarianten an den natürlicher Wasserhaushalt und die weitere Nutzung des Wassers sinnvoll anzupassen.

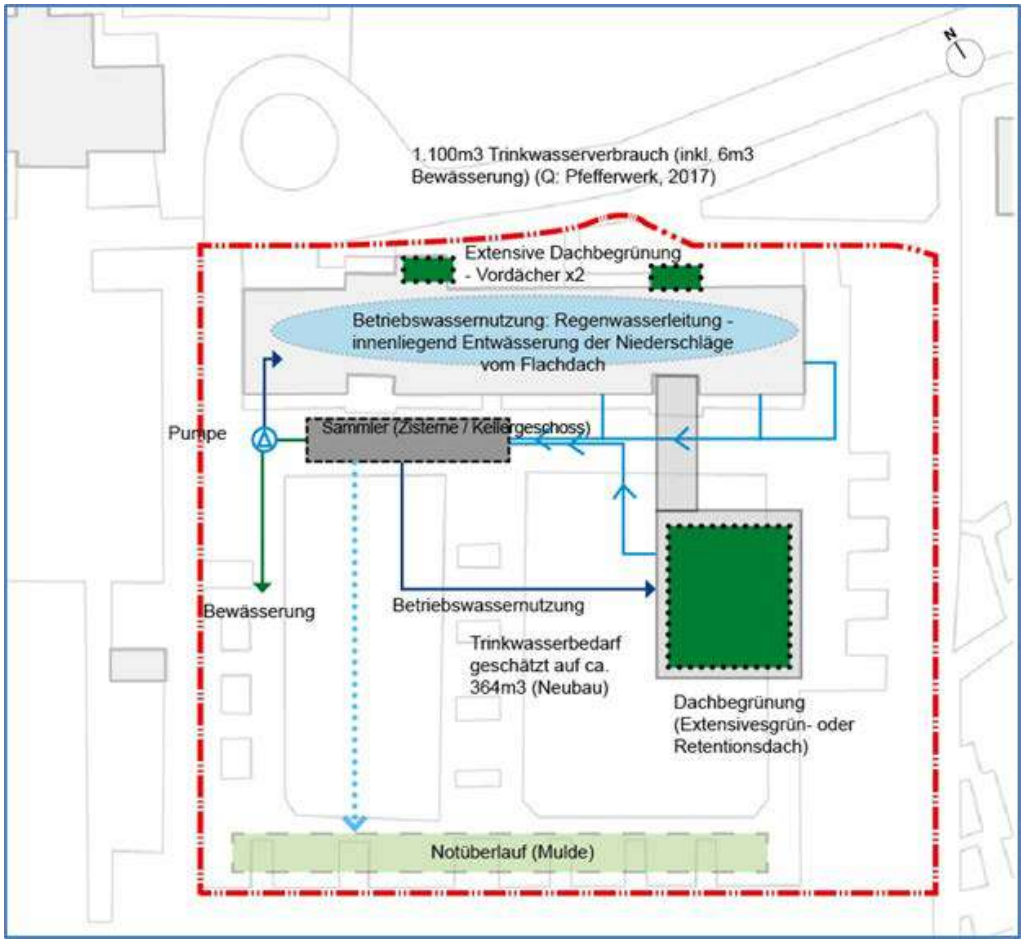


Abb. 18: Schema der gewählten blau-grün-grauen Infrastruktur im Fokusgebiet „Kita“ inkl. einer Darstellung der Wasserflüsse (Quelle: Ramboll Studio Dreiseitl 2018)

5.1.3.4 Schritt 5: Wirkungsabschätzung

Die Varianten wurden hinsichtlich ihrer zu erwartenden Wirksamkeit für die priorisierten Ziele geprüft:

- Identifikation und Erlebbarkeit: Für alle Fokusgebiete wurden Bausteine ausgewählt, die mit einem hohen Potenzial für die Steigerung der Identifikation und Erlebbarkeit eingestuft wurden, bspw. Fassaden- und Wandbegrünungen, grüne Freiräume vereinzelt auch urban gardening.

- Umweltbildung: Zahlreiche Bausteine mit Potenzial für die Umweltbildung wurden für die Fokusgebiete vorgesehen. In mehreren Fokusgebieten wurden zusätzlich konkrete Konzepte mit Vorschlägen entwickelt, wie eine bessere Förderung der Umweltbildung umgesetzt werden könnte. Beispielsweise wurde für den Kitastandort ein für Kinder zugängliches Bewässerungskonzept für den Lehrgarten vorgesehen.

- Natürlicher Wasserhaushalt: Die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt ist ein wichtiges Maß für den Eingriff in den Naturhaushalt und für zahlreiche Folgeprobleme (siehe Kap. 4.2.1). In allen Fokusgebieten wurde der Wasserhaushalt mit dem DWA-Modell Wabila berechnet. Durch die entwickelten blau-grün-grauen Infrastrukturkonzepte konnten die Abweichungen vom natürlichen Wasserhaushalt gegenüber einer Planung ohne entsprechendes Infrastrukturkonzept um 26 bis 85 % auf generell unter 40 % reduziert werden (Abb. 7 in Kap. 4.2). Während bei der Verdunstung Restdefizite blieben (u.a. wegen der konkurrierenden sanitären Nutzung von Regenwasser), konnte die abflusswirksame Fläche in fast allen Fokusgebieten auf nahe null reduziert werden. Lediglich im stark versiegelten Straßenraum mit hoher Flächennutzungskonkurenz bleibt ein Anteil abflusswirksamer Fläche von ca. 10 % (Abb. 8 in Kap. 4.2).

- Gewässerschutz: Die Reduktion der abflusswirksamen Fläche ist die Grundvoraussetzung für eine Entlastung des Kanalsystems und damit des Schutzes der Gewässer vor Mischwasserüberläufen (siehe Kap. 4.2.2). Eine Hochskalierung der Fokusgebiete hat eine mögliche Abkopplung im Transformationsgebiet von 73 % ergeben. Dies macht für das gesamte Pumpwerkseinzugsgebiet immerhin eine Reduktion der abflusswirksamen Fläche um 9 %, auch wenn in den anderen Gebieten keine entsprechenden Infrastrukturkonzepte umgesetzt werden. Diese Abkopplung würde eine deutliche Reduktion von Mischwasserüberläufen aus dem Gebiet um fast 20 % bewirken, wodurch eine deutliche Verbesserung der Situation im Gewässer zu erwarten ist (siehe Kap. 4.2.2).

- Grundwasserschutz: In allen Varianten, in denen Versickerung vorgesehen ist, wurde auf eine Bodenpassage geachtet. Zudem wurde darauf hingewiesen, dass angeschlossene Gebäudeflächen insbesondere nicht biozidhaltig sein dürfen.

- Biodiversität: Die Biodiversität wird durch zahlreiche ausgewählte grüne und blaue Bausteine gefördert (Winker et al. 2019, Pille/Säumel 2017). Zudem wirken diese als wichtige Trittsteine für die Vernetzung von Grün in der Stadt. Ein vertiefte Analyse ist an dieser Stelle nicht erfolgt.

Insgesamt wurden die gesetzten Ziele in hohem Maße berücksichtigt. Die Zielerreichung würde durch die Umsetzung der entwickelten Konzepte blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen erheblich befördert.

Neben der Zielerreichung wurden in einer ersten Annäherung Betriebs- und Investitionskosten für die Umsetzung der identifizierten Maßnahmen für ein Fokusgebiet abgeschätzt. Eine Kostenabschätzung ist auf der Ebene der vorliegenden Grobkonzepte mit sehr großen Unsicherheiten behaftet, da sich die Kosten für die einzelnen Maßnahmen je nach konkreter Ausgestaltung erheblich unterscheiden können. Wichtig ist, den Investitions- und Betriebskosten die erzielbaren Einsparungen von Niederschlagswasserentgelten durch die Abkopplung vom Kanalnetz und durch geringere Trinkwasserverbräuche aufgrund der Nutzung von Betriebswasser gegenüberzustellen.

5.1.3.5 Schritt 6: Variantenwahl

Der Schritt der finalen Variantenwahl ist in den Fokusgebieten unterschiedlich weit fortgeschritten. Eine Vorauswahl mit grafischer Visualisierung wurde für alle Standorte durchgeführt (siehe Beispiel in Abb. 19). Für zwei Standorte (Kita (1a) und Schule Bestand (1b)) wurden die Grobkonzepte so weit ausgearbeitet und zur weiteren Verwendung aufbereitet, dass diese von den Praxisakteuren für Vorbereitung der Umsetzung/Detailplanung genutzt werden konnten.

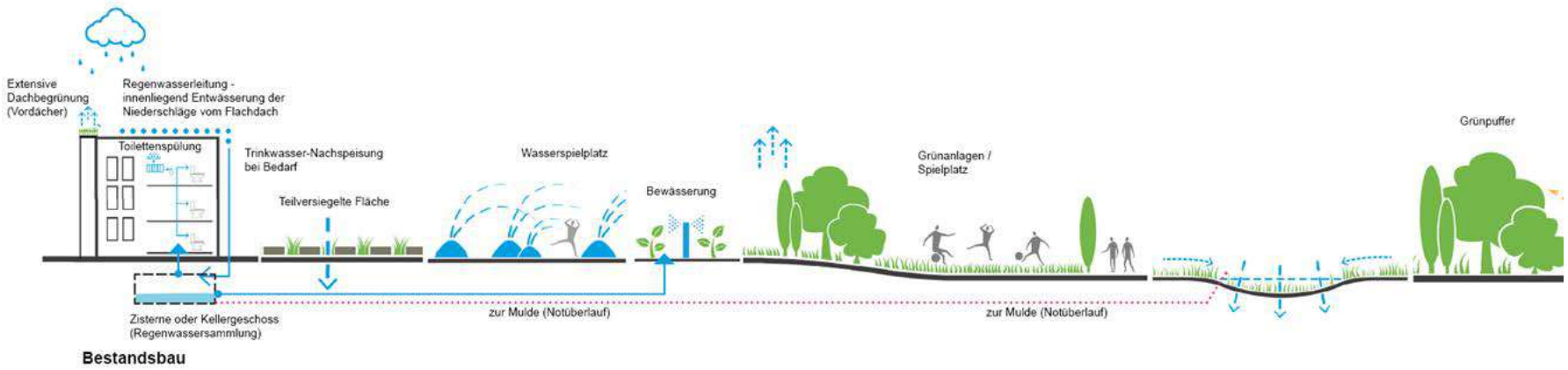


Abb. 19: Schnitt durch die Kita (Bestandsbau) und über das Gelände (Quelle: Ramboll Studio Dreiseitl 2018)

5.1.4 Fazit

Das methodische Vorgehen eines zielorientierten Prozesses sowie die zur Verfügung gestellten Hilfsmittel haben Stakeholder auch ohne fachlichen Hintergrund dazu befähigt, im Bereich der Wasserinfrastruktur aus Sicht des Wasserhaushaltes und des Gewässerschutzes sehr wirksame Kombinationen von Bausteinen zu entwickeln. Aufgrund der in einzelnen Maßnahmen angelegten vielfältigen Wirkungen und Potenziale können die entwickelten Kombinationen auch aus Sicht weiterer Ziele wie z. B. Umweltbildung und Identifikation zu positiven Ergebnissen führen. Zusätzlich wurde durch die Einbindung der lokalen Stakeholder sichergestellt, dass für sie wichtige Aspekte (im aktuellen Fall z. B. die Umweltbildung) Berücksichtigung fanden. Voraussetzung sind eine gute Aufbereitung der Informationen zu den Bausteinen bzw. Maßnahmen und eine transparente Begleitung des Prozesses durch Expert*innen, um einen inter- und transdisziplinären Austausch zu ermöglichen. Nachlaufende Evaluationen zu den Workshops sowie begleitende Interviews mit ausgewählten Akteuren in den Prozessen (siehe Kap. 6.1) zeigen, dass das methodische Vorgehen sowie die zur Verfügung gestellten Hilfsmittel als unterstützend und hilfreich eingeschätzt werden.

Die überschlägige Hochskalierung der Ergebnisse aus den einzelnen Fokusgebieten auf den gesamten Transformationsraum legt eine beachtenswerte potenzielle Wirkung für den Gewässerschutz nahe (siehe Kap. 4.2). Mit den partizipativ entwickelten Kopplungsvorschlägen wurden effektive Varianten gekoppelter Infrastrukturen erarbeitet, mit denen die bearbeiteten Gebäude und Grundstücke nahezu komplett von der Mischwasserkanalisation abgekoppelt werden können. Damit kann dem Ansatz der Kopplung blauer, grüner und grauer Infrastrukturen durchaus das Potenzial zugesprochen werden, die bestehende Stadtentwässerung grundlegend zu verändern. Insbesondere in Stadtumbau- und Nachverdichtungsgebieten können durch eine grundstücksübergreifende Planung und die integrierte Betrachtung von Neubau und Bestand das Umsetzungspotenzial und die Effektivität gekoppelter Infrastrukturen erhöht werden und so einen Beitrag für eine klimaangepasste Stadtentwicklung leisten.

Literatur

Abgeordnetenhaus Berlin (2017): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung als wirksamen Teil der Klimafolgenanpassung voranbringen. Mitteilung zur Kenntnisnahme. Drucksache 18/0600, 10.10.2017. https://www.parlament-berlin.de/ados/18/IIIPlen/vorgang/d18-0600.pdf (Abrufdatum: 07.01.2020).

Matzinger, Andreas, Matthias Riechel, C. Remy et. al (2017): Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung – Ergebnisse des Projektes KURAS. Berlin.

Nenz, Diana, Jan Hendrik Trapp, Andreas Matzinger, Pascale Rouault, Michel Gunkel, Jeremy Anterola, Constantin Möller, Brigitte Reichmann (2020, im Erscheinen): Planerische Mach-

barkeitsstudien zur Umsetzung blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen in Berlin – Potenziale und Umsetzungsmöglichkeiten am Beispiel eines Stadtumbaugebiets und Neubauvorhabens. Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 36).

Pille, Lauranne, Ina Säumel (2017): Only cooling and saving water? Effects of rainwater management measures on biodiversity: A metaanalysis. Acta Horticulturae, S. 481-485.

Rouault, Pascale, Andreas Matzinger, Michel Gunkel, Diana Nenz, Jeremy Anterola, Fanny Frick-Trzebitzky, Jan Hendrik Trapp, Brigitte Reichmann (2020, im Erscheinen): Integrierte Konzepte für den Umgang mit Regenwasser im urbanen Raum. In: Tagungsband 53. Essener Tagung (bisher unveröffentlicht).

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2011): Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur Bewertung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung, Rundschreiben SenStadt VIC Nr. 01/2011, Ausgabe 2011. Berlin.

Winker, Martina, Fanny Frick-Trzebitzky, Andreas Matzinger, Engelbert Schramm, Immanuel Stieß (2019): Die Kopplungsmöglichkeiten von grünen, grauen und blauen Infrastrukturen mittels raumbezogener Bausteine. Berlin (netWORKS-Papers, Nr. 34).

Winker, Martina, Jan Hendrik Trapp (Hrsg.), gemeinsam mit Jens Libbe und Engelbert Schramm (2017): Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten. Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume. Edition Difu – Stadt Forschung Praxis, Bd. 16. Berlin.

5.2 Transformationsraum Norderstedt

Die Stadt Norderstedt[12] grenzt im Nordosten direkt an Hamburg. Durch die Lage im Ballungsraum Hamburg erfährt Norderstedt eine große Nachfrage nach Wohnraum und unterliegt damit einem erheblichen Siedlungsdruck. Die bestehenden Wasserinfrastrukturen Norderstedts müssen nicht nur den unverändert hohen Siedlungsdruck, sondern auch die bereits spürbaren Folgen des Klimawandels bewältigen. Das sind in Norderstedt mit seinem maritimen Klima insbesondere Starkniederschläge und Sturm, inzwischen aber auch längere Trockenheit. Für die Wasserbewirtschaftung liegt der Fokus auf Gewässern II. Ordnung, die insbesondere nach Hamburg abfließen und vor allem dort zu Überflutungsrisiken beitragen. Der Transformationsraum betrachtet ein neu entstehendes städtisches Quartier auf einer bisher landwirtschaftlich genutzten Fläche von ca. 20 ha am Stadtrand; es liegt in einem Wasserschutzgebiet. Die Bebauung des Gebiets erhöht den bereits hohen Versiegelungsgrad im Wassereinzugsgebiet der Oberflächengewässer weiter.

5.2.1 Vorgehen

In Norderstedt war die Erarbeitung eines städtebaulichen Rahmenplans das Ziel der von netWORKS 4 unterstützen Planungsphase. Ein städtebaulicher Rahmenplan ist ein informelles Planungsinstrument ohne rechtliche Bindungswirkung (ARL o.J.). Er ist maßstäblich zwischen dem auf der gesamtstädtischen Ebene angelegten Flächennutzungsplan, der die beabsichtigte städtebauliche Entwicklung für die gesamte Stadt vorgibt, und dem Bebauungsplan angesiedelt, der flurstückscharf Vorgaben für die zugelassene Bebauung und Nutzung macht. Der städtebauliche Rahmenplan liefert Grundlagen für die nachfolgende im Baugesetzbuch (BauGB) geregelte Bauleitplanung.

Die Stadtverwaltung Norderstedt hat die Öffentlichkeit frühzeitig an den Planungen beteiligt, indem zu Planungsbeginn über die städtischen Planungsziele informiert wurde. Dabei sind Wünsche und Anregungen aufgenommen worden. Der Forschungsverbund netWORKS konnte sich zu diesem frühen Planungszeitpunkt einbringen und das Thema Wasser sowie die Kopplung von Infrastrukturen als Ansatz einer klimagerechten Stadtentwicklung in der verwaltungsinternen Abstimmung, den öffentlichen Beteiligungsverfahren und in der Abstimmung mit den beauftragten externen Planungsbüros platzieren. Damit wirkte der Forschungsverbund für die Stadt- und Landschaftsplanung als externer Wissensträger für die Themen gekoppelte Infrastrukturen und Klimaanpassung im kommunalen Planungsprozess. Das geschah über eine Beteiligung an Arbeitstreffen von Verwaltung und beauftragten Büros (Städtebau, Grün, Verkehr) im Planungsprozess. Aufgrund der Lage des Plangebiets im Wasserschutzgebiet fand

[12] Für eine detaillierte Beschreibung und Auseinandersetzung mit den Ergebnissen aus dem Transformationsraum in Norderstedt vgl. Anterola/Trapp/Brüning (2020, im Erscheinen).

auch ein Treffen mit der Unteren Wasserbehörde des Kreises statt, um hierbei die rechtlichen Spielräume und Restriktionen zu klären. Zusätzlich wurden die Mitarbeitenden der Verwaltung über die Potenziale gekoppelter Infrastrukturen in verschiedenen Workshops/Arbeitstreffen informiert und für ihren Mehrwert sensibilisiert. Diese Treffen dienten auch dazu, Bedenken und Umsetzungshemmnisse zu identifizieren und gezielt gemeinsam Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln bzw. zusätzliches Fachwissen zur Verfügung zu stellen.

Für die Entwicklung des Gebiets hatte die Stadt Norderstedt eine Reihe planerischer Ziele und Rahmenbedingungen formuliert und im Zuge der Öffentlichkeitsbeteiligung ergänzt. Einige dieser Punkte nehmen Bezug auf blaue, grüne und graue Infrastrukturen (vgl. Kap. 2.1). Dazu zählen eine Vernetzung von Grünflächen, vielfältige Nutzungsmöglichkeiten der Grünflächen (Angebote für verschiedene Gruppen), der Schutz des Baumbestands der „Sieben Eichen“ als prägendes Element (Identifikationssymbol, zum Beispiel im Rahmen einer zentralen Grünfläche/Grünverbindung) sowie die Wahrung des natürlichen Wasserhaushalts. Übergeordnete Leitlinien für eine Wasserbewirtschaftung, die über die verbreitet üblichen Regeln und den Stand der Technik hinausgehen, existieren in Norderstedt nicht.

Ausgehend von den stadtplanerischen Zielen und Entwicklungsvorstellungen hat der Forschungsverbund netWORKS aus forschender Perspektive weitere Ziele für die Gebietsentwicklung eingetragen und vertieft: Gewässerschutz, Überflutungsvorsorge, Stärkung eines effizienten Umgangs mit Wasser (d.h.: Wiederverwendung von aufbereiteten Wasserteilströmen wie Grau- oder Niederschlagswasser) und des natürlichen Wasserkreislaufs (d.h.: Vorrang von Verdunstung vor Versickerung vor Ableitung) sowie Erlebbarkeit von Wasser (vgl. Kap. 3.1 und 5.1). In Arbeitstreffen mit den zuständigen Beschäftigten der Stadt Norderstedt wurden diese Ziele eingehend diskutiert. Dabei wurden die Ziele in den Kontext des Klimawandels und der Klimaanpassung gestellt. Klimawandelfolgen wie Hitze und Trockenheit wurden in diesem Rahmen von den lokalen Akteuren als (aktuell) noch weniger relevant für Norderstedt erachtet.

Auf Basis des städtebaulichen Rahmenplans wurden gemeinsam mit Vertreter*innen der Stadt und dem beauftragten Stadtplanungsbüro von netWORKS 4 drei Varianten (Grundvariante, erweiterte Grundvariante und Vorsorgevariante[13]) für die Kopplung und den Einsatz blau-grüngrauer Infrastrukturen im Transformationsraum entworfen. Durch eine Priorisierung, Auswahl und differierende Dimensionierung von Bausteinen gekoppelter Infrastrukturen entstanden drei Gestaltungsvarianten für den Transformationsraum, die ein unterschiedlich starkes Vorsorgeniveau bieten. Dies erfolgte von den Akteuren im Rahmen von Workshops. Dabei standen die praktische Umsetzbarkeit und die (vermutete) Akzeptanz der Bausteine in der Norderstedter

[13] Im Austausch mit den Akteuren in Norderstedt wurde die Vorsorgevariante als „Forschungsvariante“ bezeichnet, um damit den Innovationsimpuls des Forschungsvorhabens netWORKS 4 für die Stadt Norderstedt herauszustellen. Sie kombiniert viele bereits erprobte Bausteine zu einem integrierten, am Vorsorgegedanken orientierten Konzept.

Politik und Bevölkerung im Fokus der Überlegungen (vgl. Kap. 6.3, Trapp et al. 2020). Eine repräsentative Umfrage in Norderstedt, die im Zusammenhang mit dem BMBF-Forschungsvorhaben Zukunftsstadt durchgeführt wurde, konnte die hohe Akzeptanz einer Regenwasserbewirtschaftung in Norderstedts Bevölkerung aufzeigen. Das gilt sowohl für den Rückhalt von Regenwasser als auch für sichtbares und erlebbares Wasser im Stadtgebiet. Auch eine Grauwassernutzung wird von vielen befürwortet (Winker et al. 2019).

5.2.2 Ergebnisse

Die drei Varianten verknüpfen die Potenziale der verschiedenen Bausteine mit den Zielen für das Planungsgebiet/den Transformationsraum in der für einen städtebaulichen Rahmenplan (also in seinem Maßstab zwischen Flächennutzungsplan und Bebauungsplan angesiedelt) angemessenen Bearbeitungstiefe. Die Varianten zeigen unterschiedliche Niveaus der Klimavorsorge („Resilienz“) und der Verantwortungsteilung bzw. -zuschreibung zwischen öffentlichen und privaten Flächen. Sie repräsentieren zugleich unterschiedliche Innovationsniveaus im Hinblick auf die eingesetzten Bausteine gekoppelter Infrastrukturen. Die ausgewählten Maßnahmen berücksichtigen, wie im DWA-A 102 (2015) gefordert, den natürlichen Wasserhaushalt mit seinem jeweils lokalspezifischen Verhältnis zwischen den Hauptkomponenten (direkter oberflächlicher) Abfluss, Versickerung bzw. Grundwasserneubildung und Verdunstung (Deister et al. 2016).

Variante	V1 – Grundvariante	V2 – erweiterte Grundvariante	V3 – Vorsorgevariante
Zielsetzung	Das Ableitungssystem (Kanalnetz) ist in den Bereichen auf das 2-jährliche Regenereignis bemessen (nach DIN EN 752), in denen keine Versickerung möglich ist. Die Retentions- und Versickerungsanlagen sind auf das 5-jährliche Regenereignis bemessen (entsprechend DWA A-117 und DWA-A 138).		
	Überflutungsnachweis wird für 30-jährliches Regenereignis erbracht.	Überflutungsnachweis wird für 30-jährliches Regenereignis erbracht; darüber hinaus wird eine Erweiterung des Schutzes in Richtung des 100-jährlichen Ereignisses angestrebt.	Überflutungsnachweis wird für 100-jährliches Regenereignis erbracht.
Strategischer Ansatz	Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung		
			Zusätzlich wird eine Stoffstromtrennung mit Wasserwiederverwendung vorgesehen (mögliche Zwecke: Ersatz des Trinkwassers zur Bewässerung oder Toilettenspülung)
Bausteine/ Elemente	Extensive Dachbegrünungen auf den Geschosswohnungsbauten Retentionsflächen und Mulden zur Verdunstung und Versickerung im Freiraum und entlang der Haupt- und Nebenerschließungsstraßen Vermeidung/Reduktion der Versiegelung von Verkehrsflächen Baumstandorte in den Freiflächen	Bausteine wie in Variante 1 Zusätzlich: Ausweitung der extensiven Dachbegrünungen auf den nördlichen Einfamilienhausbereich partiell auch intensiv bepflanzte Dachbegrünungen auf den Geschosswohnungsbauten.	Bausteine wie in Varianten 1 und 2 Zusätzlich: Dachbegrünungen auf allen Gebäuden technische oder naturnahe Behandlung von Grauwasser (z. B. Abwasser aus Duschen und Waschbecken) und die Nutzung von Betriebswasser z. B. zur Bewässerung und Toilettenspülung)

Tab. 10: Übersicht der zentralen Merkmale der drei Varianten in Norderstedt

Die Variante 1 (Grundvariante) wird aktuell von der Stadt Norderstedt für den städtebaulichen Rahmenplan zugrunde gelegt und seitens der planenden Verwaltung als praktisch umsetzbar eingeschätzt. Diese Variante setzt auf eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftung mit Gründächern auf den Geschosswohnungsbauten, Retentionsflächen und Mulden zur Verdunstung und Versickerung im Freiraum und entlang der Haupt- und Nebenerschließungsstraßen. Wo möglich wird für die Verkehrsflächen (Stellplätze) die Versiegelung reduziert und mit wasserdurchlässigen Belägen geplant. Baumstandorte in den Freiflächen werden als ein wichtiger Baustein betrachtet, der insbesondere im Sommer eine hohe Verdunstungsleistung aufweist. In Abstimmung mit der Stadt Norderstedt wurde versucht, das System weitgehend naturnah zu entwässern. Auf einen Anschluss an das Kanalnetz wurde wenn möglich verzichtet.

In Variante 2 (erweiterte Grundvariante) kommen die gleichen Bausteine wie in Variante 1 zum Einsatz. Ihre Dimensionierung/Auslegung wird allerdings ausgeweitet. Die Gebäude im Bereich der geplanten Einfamilienhaussiedlung im nördlichen Teilgebiet des Planungsraums, das aufgrund eines geringen Grundwasserflurabstands keine Versickerung zulässt, wurden mit exten-

siv begrünten Dächern ausgestattet. Durch mehr Dachbegrünung kann ein größerer Teil des Niederschlagswassers bereits auf Gebäuden und privaten Flächen zurückgehalten werden. Damit entsteht ein besserer Schutz vor Starkregenereignissen, die Wahrscheinlichkeit von kostspieligen Schäden sinkt dementsprechend. Alternativ dazu wäre es möglich, das darauffolgende Entwässerungssystem im (öffentlichen) Raum kleiner zu dimensionieren als in der Grundvariante.

Mit Variante 3 werden eine weitergehende Zielsetzung und ein weitergehender Vorsorgeanspruch verfolgt. Neben der Bewirtschaftung von Regenwasser wird ergänzend das häusliche Abwasser in das Konzept einbezogen. Hierfür werden auch Bausteine wie die technische oder naturnahe Behandlung von Grauwasser (z. B. Abwasser aus Duschen und Waschbecken) und die Nutzung von Betriebswasser (z. B. zur Bewässerung und Toilettenspülung) berücksichtigt. Aufgrund der Lage des Planungsraums in einem Wasserschutzgebiet ist die Behandlung von Abwasser (schon bei Grauwasser, erst recht bei Schwarzwasser (Toilettenabwasser)) im Gebiet mit besonderen Restriktionen verbunden. Insbesondere müssen die Anlagen so gestaltet sein, dass behandeltes Abwasser weder versickern noch etwa bei Starkregen in das umliegende Gelände und damit in den Wasserkreislauf gelangen kann.

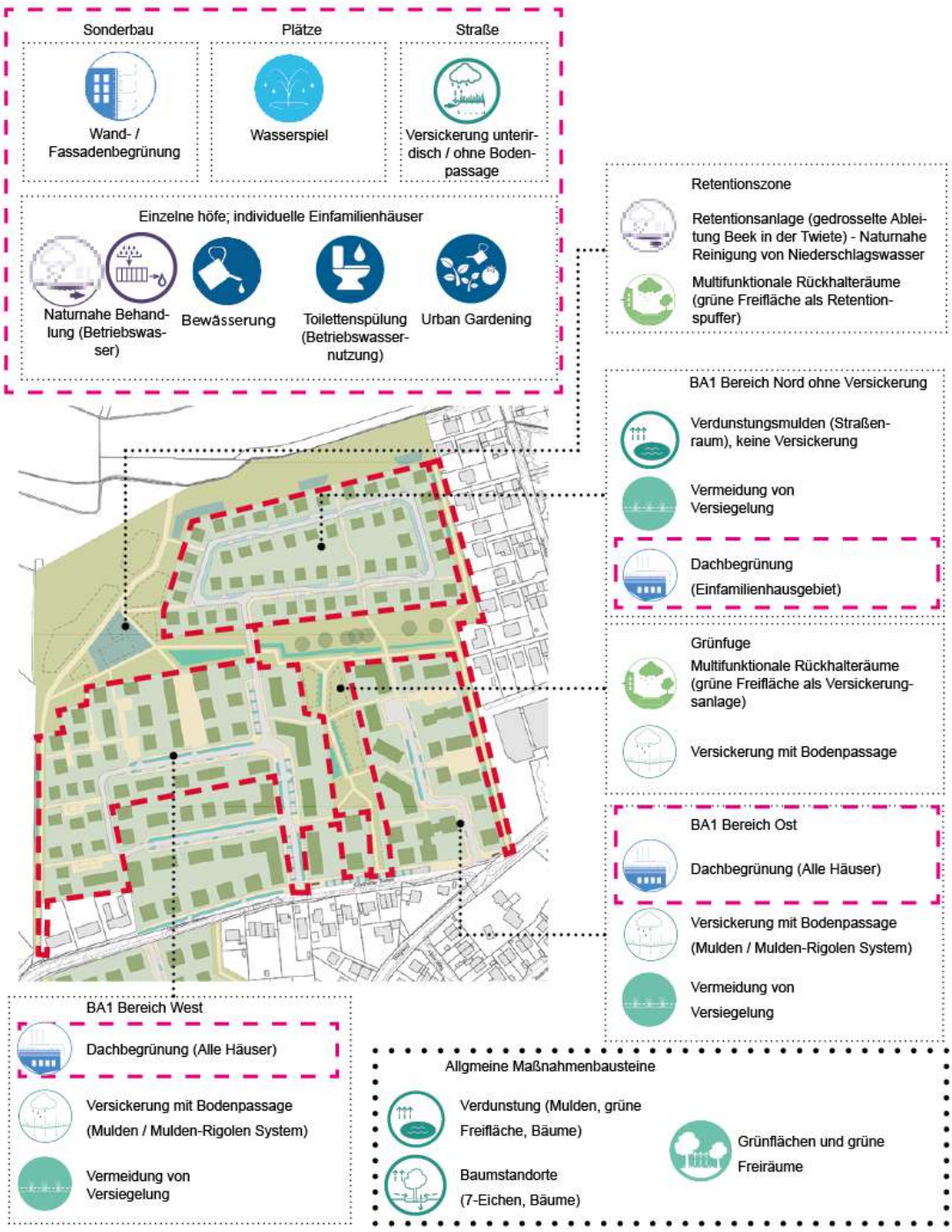


Abb. 20: Variante 3, die zusätzlichen Elemente im Vergleich zur Grundvariante sind violett/rosa umrandet (Ramboll Studio Dreiseitl 2018)

Die Wasserbilanz des bebauten Quartiers soll sich möglichst am *natürlichen Wasserhaushalt* orientieren. Alle drei Varianten zielen für das Gebiet des Rahmenplans[14] auf eine Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt. Sie unterscheiden sich jedoch wesentlich im Grad der Zielerreichung. Im unbebauten Zustand (hauptsächlich landwirtschaftlich genutzte Fläche, kurz: Ist-Zustand) liegt die Fläche in ihrer Wasserbilanz recht nah am natürlichen Wasserhaushalt. Die geplante Bebauung erhöht demgegenüber den Wasserabfluss aus dem Gebiet beträchtlich. Alle drei Varianten sind darauf ausgerichtet, diesen zusätzlichen Abfluss durch Maßnahmen zur oberflächennahen Regenwasserbewirtschaftung zu reduzieren – wenn auch in unterschiedlichem Maß. Die Varianten 1 und 2 nutzen dafür beide eine etwas geringere Versiegelung von Verkehrsflächen, die Ableitung von Regenwasser in Mulden (zur Versickerung/Verdunstung des Wassers), eine wasserwirtschaftlich optimierte Gestaltung von Grünflächen sowie einen unterschiedlich großen Anteil von Gründächern. Diese Bausteine unterstützen die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt (siehe Tab. 11). In der weitergehenden Variante 3 gelingt die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt am besten. Maßgeblich für dieses Ergebnis ist eine Begrünung sämtlicher Dachflächen. Die Tab. 11 gibt auf Basis einer Abschätzung die unterschiedlichen Annäherungen der drei Varianten an den natürlichen Wasserhaushalt wieder.

Variante/Zustand	Abfluss	Versickerung/ Grundwasserneubildung	Verdunstung	Wasserwiederverwendung[15]
Bestandssituation (unbebauter Zustand)	Ca. 2,6 %	Ca. 31,6 %	Ca. 65,8 %	
Variante 1 Grundvariante	Ca. 23,0 %	Ca. 45,0 %	Ca. 32,0 %	Nicht berücksichtigt bzw. nicht vorgesehen
Variante 2 erweiterte Grundvariante	Ca. 21,2 %	Ca. 42,3 %	Ca. 36,5 %	Nicht berücksichtigt bzw. nicht vorgesehen
Variante 3 Vorsorgevariante	Ca. 19,4 %	Ca. 37,4 %	Ca. 43,2 %	Ca. 4 % (Optionen: Bewässerung)

Tab. 11: Abschätzung der Wasserbilanz für die verschiedenen Varianten (Anteil der Variablen der Wasserbilanz in Prozent)

Für das Planungsgebiet bedeutet das Ziel „*Gewässerschutz*“, dass die angrenzenden Gewässer durch die neue Bebauung und das sich damit verändernde Abflussregime im Gebiet (insb. durch eine Steigerung des Versiegelungsgrads) möglichst wenig durch verstärkte Abflussspitzen beeinträchtigt werden. Um das Ziel zu erreichen, müssen Maßnahmen gewählt werden, die

[14] In den bereits stark vorbelasteten Oberflächengewässer-Einzugsgebieten wäre auch ein anderer Ansatz möglich gewesen, der auf eine Kompensation für die bereits bestehenden Versiegelungen im jeweiligen gesamten Einzugsgebiet hinwirkt. Dieser Ansatz wird hier nicht verfolgt, er hätte andere Ziele.

[15] Eine Wasserwiederverwendung für Bewässerung führt das Wasser (indirekt) der Verdunstung zu und ist in der ausgewiesenen Verdunstung enthalten.

die Abflussspende des Gebiets ökologisch und hydraulisch verträglich regulieren. Bei allen drei Varianten werden im Vergleich zu dem Ist-Zustand der Versiegelungsgrad des Gebiets und damit der Abfluss von Regenwasser erhöht. In Variante 3 ist der Abfluss am geringsten (19,4 % gegenüber 23 % (Var1) bzw. 21,2 % (Var2)), da in dieser Variante über den mit ca. 90 % der Dachflächen größten Anteil an Gründächern und die Grünflächen am meisten Wasser im Gebiet zurückgehalten werden kann.

Zur Begrenzung der hydraulischen Auswirkungen sind die Anforderungen an die Einleitung von Regenwasser dem LLUR Merkblatt M2 einzuhalten und anhand der dort dargestellten Verfahren zu berechnen. Das schließt Auswirkungen einer Notentwässerung sowie Schutzmaßnahmen für außergewöhnliche Starkregenereignisse mit ein. Die Festlegung des maximalen Drosselabflusses für das Projektgebiet mit 3 l/s*ha ergibt sich aus „Wasserrechtliche Anforderungen zum Umgang mit Regenwasser Teil 1: Mengenbewirtschaftung“, Stand 06/2017 LLUR-SH (vgl. LLUR 2017). Das ist in der weiteren Planung zu berücksichtigen und nachzuweisen. Vor diesem Hintergrund müssen wenigstens die Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung in Variante 1 umgesetzt werden.

Die *Überflutungsrisiken* durch Starkregenereignisse gewinnen an Bedeutung. Den geringsten Schutz dagegen bietet Variante 1: Hier kann der Überflutungsnachweis[16] zum 30-jährlichen Regenereignis nach einer ersten überschlägigen Abschätzung zwar im größeren, südlichen Teil des betrachteten Gebiets erbracht werden. Das gelingt jedoch nicht für den nördlichen Teil des Gebiets, der einen geringen Grundwasserflurabstand aufweist. Hier müssten weitere Flächen für Verdunstungsmulden/-beete in der angrenzenden Retentionszone eingeplant werden, um einen Überflutungsschutz für ein 30-jährliches Ereignis zu erreichen.

Variante 2 sieht gegenüber Variante 1 im nördlichen Teil zusätzlich den Einsatz von Gründächern vor. Dadurch wird das Rückhaltevermögen für Regenwasser im bebauten nördlichen Teil erhöht, wobei der Zugewinn von der Ausgestaltung der Dachbegrünung (extensiv/intensiv) abhängt. Die Verdunstungsmulden/-beete (Retentionsanlage) bieten dann im Vergleich zur Variante 1 sogar einen Schutz, der über ein 30-jährliches Ereignis hinausreicht.

Die Vorsorgevariante übertrifft die Anforderung an den Überflutungsnachweis, die für ein 30-jährliches Ereignis zu erfüllen sind. Durch eine entsprechende Auslegung/Ausgestaltung der in dieser Variante vorgesehenen Bausteine (z. B. flächendeckende Dachbegrünung, vorzugsweise intensiv, Regenwasserspeicherung und -nutzung zur Bewässerung von Grünflächen und Toilettenspülung, multifunktionale Flächen, Verdunstungsmulden) kann die Vorsorgevariante sogar Schutz gegenüber einem 100-jährliches Regenereignis bieten. Für alle drei Varianten gilt:

[16] DIN 1986-100 schreibt vor: „Für die Differenz der auf der befestigten Fläche des Grundstücks anfallenden Regenwassermenge zwischen dem mindestens 30-jährigen Regenereignis und dem 2-jährigen Berechnungsregen muss der Nachweis für eine schadlose Überflutung des Grundstücks erbracht werden.“ (DIN 1986-100)

Die genaue Dimensionierung der Bausteine ist auf der Ebene der Bauleitplanung vorzunehmen und in ihrer Wirksamkeit zu berechnen.

Alle an der Variantenentwicklung Beteiligten teilen die Einschätzung, dass die Bausteine für die Grund- und die erweiterte Grundvariante im Planungsgebiet umsetzbar sind. Bei den weitergehenden Bausteinen der Variante 3 ist die Einschätzung nicht mehr derart einheitlich. Eine große Übereinstimmung ergibt sich wieder bei der Beurteilung, dass ein funktionierendes Betreibermodell bzw. Pflegekonzept entscheidend für die dauerhafte Wirksamkeit der Maßnahmen ist. Mehr zur Argumentation und Prioritätensetzung der kommunalen Akteure findet sich in Kap 6.

5.2.3 Zentrale Schlussfolgerungen (Empfehlungen)

Aus den erarbeiteten Ergebnissen der drei Varianten blau-grün-grauer Infrastrukturen für das Planungsgebiet lassen sich folgende Empfehlungen für kommunale Planungsprozesse ableiten, deren Übertragung auf andere Gebiete möglich, aber im Einzelfall zu prüfen ist:

- Der Gründachanteil sollte möglichst hoch angesetzt werden, da dies der Vorsorge gegenüber stärkeren Regenereignissen und ihren Folgen dient, nicht nur dann wenn die verfügbaren Flächen für Retentions-, Verdunstungs-, und Versickerungsanlagen in den Freiflächen im Gebiet knapp sind. Das muss keineswegs im Widerspruch zu Solaranlagen auf Dächern stehen (Umweltbundesamt 2020). Entsprechend sind für Gründächer geeignete Gebäudekubaturen und Dachformen zu planen und festzulegen.

- Obwohl Versickerung bzw. Grundwasserneubildung wichtige Teile eines natürlichen Wasserhaushalts sind, ist vorrangig eine Verdunstung von Wasser anzustreben; insbesondere bei einem niedrigen Grundwasserflurabstand[17] – wie im nördlichen Bereich des Transformationsraums in Norderstedt. Das entspricht dem naturnahen Wasserhaushalt.

- Alle drei Varianten gekoppelter Infrastrukturen basieren auf einem abgestimmten Zusammenspiel von privaten und öffentlichen Flächen. Nur in der integrierten Betrachtung des Gebiets zur Wasserbewirtschaftung ist eine Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt möglich. Auf dieser Basis lassen sich die vorgegebene Einleitbeschränkung bzw. der zulässige Gebietsabfluss einhalten und eine Überflutungsvorsorge für Extremereignisse treffen.

- Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels und der mit Extremereignissen verbunden enormen Schadenssummen ist eine vorsorgeorientierte Vorbereitung und Auslegung der gekoppelten Infrastrukturen auf heute noch sehr seltene Ereignisse (100-jährliche Starkregen) sinnvoll. Mit einem vorsorgeorientierten und zukunftsfähigen Planungsansatz, der über die heute zwar gängigen, aber künftig sehr wahrscheinlich nicht mehr angemesse-

[17] So ist für Versickerungsanlagen als Grundsatz eine Mächtigkeit von 1 m Abstand ab Unterkante der Anlage zum anstehenden Grundwasser vorgesehen (vgl. DWA A-138).

nen Standards hinausgeht, lassen sich größere Schäden für die Bewohner*innen vermeiden. Auch wenn laut DIN 1986-100 „nur“ ein Überflutungsnachweis für das 30-jährliche Regenereignis zu erbringen ist, ist mit Blick auf den fortschreitenden Klimawandel eine Ausrichtung der Planung für die Wasserbewirtschaftung im Gebiet auf ein 100-jährliches Regenereignis empfehlenswert. Eine nachträgliche Anpassung im Infrastrukturbestand ist kostspieliger als deren zukunftsfähige und resiliente Auslegung von Anfang an. Zudem sind planerische Festlegungen in Bezug auf Flächennutzungen und Maßnahmen auf privaten Flächen, die nicht schon im Bebauungsplan oder in örtlichen Bauvorschriften (z. B. Gründach-Satzungen) verbindlich geregelt wurden (Reese 2020), zu einem späteren Zeitpunkt in aller Regel nur noch auf freiwilliger Basis zu realisieren (Bestandsschutz).

- Hitze und Hitzeinseln sind zwar heute in Norderstedt für die Akteure noch kein vordringliches Thema, in anderen Städten sind diese Auswirkungen aber sehr wohl von großer Bedeutung. Mit fortschreitendem Klimawandel ist es nur eine Frage der Zeit, bis sich die Effekte auch in Norderstedt zeigen. Unter Vorsorgegesichtspunkten ist es also durchaus sinnvoll, heute schon an die Hitze von morgen und daraus abzuleitende Maßnahmen zu denken und dafür gezielt z. B. Grünelemente und Wasserflächen bzgl. mikroklimatischer Wirkung und Verdunstung mitzudenken.

- Eine gestärkte Vorsorge gegenüber seltenen Ereignissen ist nahezu immer mit einem erhöhten Anteil an grüner und blauer Infrastruktur verbunden. Das steigert die Aufenthaltsqualität im Freien und ermöglicht die Erlebbarkeit von Wasser und Pflanzen. Beides wird von der Bevölkerung sehr geschätzt.[18]

- Eine entsprechende Ausgestaltung der grünen Infrastruktur kann zusätzlich einen wertvollen Beitrag zum Schutz der biologischen Vielfalt leisten. Die Kombination von standortheimischen Pflanzen in einer abwechslungsreichen Mischung bietet wertvolle Lebensräume für Pflanzen und Tiere und kann mitunter sogar zu einer ökologischen Aufwertung von bebauten Flächen beitragen.

Literatur

Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (o.J.): Städtebaulicher Rahmenplan. https://www.arl-net.de/de/lexica/de/st%C3%A4dtebaulicher-rahmenplan (Abrufdatum: 10.01.2020).

[18] Auch das zeigt die Zukunftsstadt-Umfrage in Norderstedt: Die Wichtigkeit von Bäumen, Parkflächen und Wasserflächen wird herausragend positiv bewertet (Vorsprung durch Nachhaltigkeit – Bericht zur Befragung; dokumentiert unter www.norderstedt.de/zukunftsstadt).

Anterola, Jeremy, Jan Hendrik Trapp, Herbert Brüning (2020, im Erscheinen): An den Klimawandel angepasste Wasser- und Grün-Infrastrukturen im Planungsgebiet „Sieben Eichen“, Norderstedt – planerische Machbarkeitsstudie für gekoppelte Infrastrukturen. Berlin (netWORKS-Papers Nr. 35).

Deister, Lisa, Fabian Brenne, Antje Stokman, Malte Henrichs, Michael Jeskulke, Holger Hoppe, Mathias Uhl (2016): Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung. Handlungsstrategien und Maßnahmenkonzepte zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetter. SAMUWA-Publikation. Stuttgart.

DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2015): DWA A 102: Niederschlagsbedingte Siedlungsabflüsse – Grundsätze und Anforderungen Zum Umgang mit Regenwasser (Entwurf). Hennef.

LLUR – Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (2017): Hinweise zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt M-2 des Landesamts für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Abteilung Gewässer. Flintbek.

Reese, Moritz (2020): Nachhaltiges urbanes Niederschlagsmanagement – Herausforderungen und Rechtsinstrumente. In: ZUR (Zeitschrift für Umweltrecht), H. 1/2020, S. 40 ff.

Trapp, Jan Hendrik, Diana Nenz, Immanuel Stieß, Martina Winker, Andreas Matzinger (2020, im Erscheinen): Potenziale blau-grün-grau gekoppelter Wasserinfrastrukturen für die Gestaltung zukunftsfähiger und klimagerechter Städte – Ergebnisse aus zwei städtischen Planungsprozessen (Forschungsvorhaben netWORKS 4). In: Tagungsband 53. Essener Tagung (bisher unveröffentlicht).

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2020): Auf dem Weg zu klimagerechten kommunalen Infrastrukturen. CLIMATE CHANGE 09/2020. Dessau-Roßlau.

Winker, Martina, Herbert Brüning, Christoph Meyer, Engelbert Schramm, Immanuel Stieß (2019): Die Akzeptanz ist da. Repräsentative Studie zur Grauwassernutzung in Norderstedt. In: fbr-Wasserspiegel, 2/2019, S. 12-17.

6 Planungsprozesse gekoppelter Infrastrukturen

Jan Hendrik Trapp, Diana Nenz, Immanuel Stieß

Besondere Merkmale blau-grün-grauer Infrastrukturen in Bezug auf Planungsprozesse

Blau-grün-grau gekoppelte Infrastrukturen weisen eine Fülle von Potenzialen für Ökosystemleistungen und stadtentwicklungspolitische bzw. planerische Ziele auf (siehe Kap. 3.1). Wenn dazu Infrastruktursysteme nicht einzeln für sich bzw. rein sektoral, sondern als blau-grün-graue Infrastrukturen (siehe Kap. 2.1) und gekoppelte Infrastruktursysteme (siehe Kap. 2.2, 3.1) analysiert, geplant und betrieben werden, weiten sich die Systemgrenzen der Betrachtung. Zum einen ist die „integrierte Infrastrukturplanung“ (Libbe et al. 2017) gefordert, über die technischen Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft hinaus sich mit weiteren Infrastrukturen und Gegenstandsbereichen kommunaler räumlicher Planung auseinanderzusetzen. Damit werden weitere und andere Akteure relevant, als dies in herkömmlichen technisch-infrastrukturellen Planungen (Infrastrukturen als „Träger öffentlicher Belange“) der Fall ist. Zum anderen gelangen die grauen Wasserinfrastrukturen stärker in den Blick von Akteuren etwa der Grün- und Freiraumplanung. Gekoppelte Infrastrukturen laden damit dazu ein – mehr noch: Sie erfordern neue, angepasste Planungs- und Umsetzungsprozesse.

Blau-grün-graue Infrastrukturen gehen mit veränderten Flächenbedarfen (z. B. multifunktionale Rückhalteräume) und städtebaulichen Anforderungen z. B. an Gebäudekubaturen für die Implementierung von Dach- und Gebäudebegrünung einher. Zudem adressieren gekoppelte Infrastrukturen unterschiedliche räumliche Skalen. Sie erfordern die integrierte Betrachtung der Ebenen Gebäude, Grundstück/Freiraum, Quartier und des Einzugsgebiets der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruktur. Wird Regenwasser etwa nicht schon auf den privaten Flächen (z. B. mittels Dachbegrünung auf Gebäuden) zurückgehalten, verdunstet und versickert, sind im öffentlichen Raum umso größere Flächen für diese Leistungen in den Grün- und Freiflächen vorzuhalten und zu betreiben. Damit rücken die Abstimmung und Koordination zwischen privaten und öffentlichen Akteuren in Planung, Bau und Betrieb in den Fokus.

Um blau-grün-graue Infrastrukturen flächenmäßig in Planungen „unterbringen“ und die Potenziale der Kopplungsoptionen möglichst optimal ausschöpfen zu können, ist eine frühzeitige Auseinandersetzung mit blau-grün-grauen Infrastukturen in Planungsprozessen notwendig. Bestehende Verfahren kommunaler Planung sind dazu nur bedingt in der Lage, da sie in der Regel entlang fachlicher Zuständigkeiten für einzelne Infrastrukturen ausgerichtet sind. Um die Anforderungen, die sich aus der Kopplung von Infrastrukturen ergeben, im Planungsprozess angemessen zu berücksichtigen, müssen planerische Routinen, Abläufe und Verfahren hinterfragt und gegebenenfalls angepasst und ergänzt werden. Gekoppelte

Infrastrukturen verändern die Anforderungen an bestehende Planungsprozesse und deren Prozessschritte.

Jan Hendrik Trapp, Immanuel Stieß, Diana Nenz

6.1 Akteure der Planungsprozesse

Blau-grün-grau gekoppelte Infrastrukturen sind in hohem Maße raum- bzw. flächenrelevant und erfordern die fachliche Integration der sektoralen Akteure in den drei Infrastrukturdimensionen blau, grün und grau. Grüne Infrastrukturen sind als Stadtgrün klassische Gegenstandsbereiche kommunaler Grün- und Freiraumplanung. Die planerischen Ziele für die grünen Infrastrukturen und deren Funktion verändern und weiten sich, wenn diese funktional z. B. in die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (und damit die Wasserinfrastruktur) eingebunden werden: Neben bspw. Naherholungsfunktionen und den Schutz der Biodiversität treten nun die Verdunstungs- und Versickerungspotenziale sowie der Gewässerschutz als planerische Ziele. Aus Perspektive der Stadtentwässerung werden durch die Kopplung der grauen Infrastruktur mit Grün und Blau Akteure relevant, die in der klassischen Entwässerungsplanung bisher zuweilen eher nachrangig agierten.

In den von netWORKS 4 bearbeiteten Transformationsräumen in Berlin (siehe Kap. 5.1) und Norderstedt (siehe Kap. 5.2) waren Akteure des Landes und der **(kommunalen) Fachplanung** eingebunden: Mit einem Fokus auf blaue und grüne Infrastrukturen waren dies Vertreter*innen des Grün(flächen)amts und Naturschutzamts. Graue Infrastrukturen haben zum einen die Vertreter*innen der Siedlungswasserwirtschaft bzw. der Stadtentwässerung eingetragen. Zum anderen sind in kommunalen Planungsprozessen verkehrliche Infrastrukturen (z. B. Straßen, Wegungen, ÖPNV-Einrichtungen) und in der Regel auch soziale Infrastrukturen (z. B. Kita, Schulen, Stadtteilzentren) mit ihren Flächenbedarfen und Ansprüchen zu berücksichtigen. Diese Belange werden durch verschiedene kommunale Ämter (z. B. Hochbauamt, Schulamt, Verkehrsplanung, ÖPNV-Betreiber etc.) vertreten. Regelmäßig werden für die Planung dieser Infrastrukturen von der Kommune auch spezialisierte **externe Planungsbüros** beauftragt. Damit ist in Planungsprozessen nicht nur die Abstimmung zwischen den kommunalen Ämtern, sondern auch zwischen den jeweils beauftragten Planungsbüros untereinander sowie mit den Ämtern zu organisieren.

Gerade die Verkehrsplanung ist hochgradig flächenrelevant und schlägt damit die Brücke zur **räumlichen Planung**. Wichtige Akteure sind hier die Stadtentwicklung und Stadtplanung sowie die Freiraumplanung. Zentrale Aufgabe dieser Akteure ist es, die sektoralen Ziele der Fachplanungen sowie strategische Ziele der Stadtentwicklung in räumlichen Planungen zu konkretisieren. Dabei sind das Zusammenspiel und die Wechselwirkungen zwischen Teilräumen in der Stadt und den verschiedenen räumlichen Ebenen zu beachten.

Neben den genannten kommunalen Planungsakteuren sind **privatwirtschaftliche Akteure** für die Planung und Umsetzung gekoppelter Infrastrukturen relevant. Zahlreiche Bausteine blau-grün-grauer Infrastrukturen können auf privaten Flächen bzw. am oder im Gebäude implementiert und betrieben werden. Private Hauseigentümer*innen und Nutzer*innen, Projektentwickler und Wohnungsgesellschaften sind daher ebenfalls wichtige Akteure in diesem Zusammenhang

(vgl. Kap. 6.2). Gekoppelte Infrastrukturen und deren Potenziale lassen sich häufig erst grundstücksübergreifend und im funktionalen Zusammenspiel von privaten und öffentlichen Flächen und damit ihren Akteuren optimal gestalten (siehe Kap. 5.1.4 und Kap. 4.2).

Weitere Akteure in kommunalen Planungsprozessen sind Vertreter*innen der **Zivilgesellschaft**. Durch die Öffentlichkeitsbeteiligung kann nicht nur das lokale Wissen zum Transformationsraum gehoben werden. Sie dient auch der Kommunikation und kann Akzeptanz fördern. Da blau-grüne Infrastrukturen stärker sichtbar sind als graue und Potenziale der Freiraumgestaltung und für Aufenthaltsqualität bieten (siehe Kap. 3.1), stellen sie einen wichtigen Ansatzpunkt dar, um das Interesse der Bevölkerung am Umgang mit Wasser in der Stadt zu wecken. Durch geeignete Formen der Öffentlichkeitsbeteiligung können die Bedürfnisse und Vorstellungen der Bürger*innen in den Planungsprozess einbezogen werden.

Und schließlich sind auch (Genehmigungs- und Aufsichts-)**Behörden** Akteure in kommunalen Planungsprozessen, sofern sie fachlich betroffen sind. Da es sich bei gekoppelten Infrastrukturen und einzelnen blau-grün-grauen Bausteinen um Lösungen handeln kann, für die noch wenig Planungs- und Umsetzungserfahrung aus früheren Prozessen in einer Kommune vorliegt, bietet es sich an, auch diese Behörden frühzeitig in die Planung einzubinden. Dann können etwaige Bedenken und Umsetzungshemmnisse rechtzeitig besprochen und nach Lösungsmöglichkeiten gesucht werden.

Für die Planung und Umsetzung blau-grün-grauer Infrastrukturen ist es sinnvoll, den skizzierten Akteurskreis in Planungsprozesse einzubeziehen und so dessen Interessen und institutionelle Sichtweisen aufnehmen zu können.

Die Aufnahme, Förderung und Umsetzung bisher nicht gängiger/etablierter bzw. innovativer Planungslösungen hängen wesentlich vom Zusammenspiel der Akteure in ihren verschiedenen Funktionen und Handlungsspielräumen ab. Kerber et al. (2016) unterscheiden in Kooperationsmodellen zur Umsetzung von innovativen Infrastrukturlösungen zwischen folgenden Schlüsselrollen: dem Kümmerer, dem Koordinator, dem Motivator, dem Innovationsführer sowie dem Systemführer. Die ersten drei Rollen können dabei zusammengefasst und in Personalunion von einer Person/Organisation übernommen werden (ebd.). In der Tab. 12 sind die genannten Rollen in Kooperationsmodellen und ihre Charakteristika nach Kerber et al. (2016) aufgeführt.

Mit Hilfe dieses Kooperationsmodells wurden die Planungsprozesse in Berlin und Norderstedt analysiert. Dabei bestätigten sich zentrale Annahmen des Kooperationsmodells, und die genannten Schlüsselrollen waren im Prozess, wenn auch mit sehr unterschiedlichen Intensitäten und Einflussmöglichkeiten, besetzt. In Berlin zeigt sich, dass aufgrund der hohen Komplexität der Akteurskonstellation (zwei Ebenen: Senat und Bezirk; hohe Zahl von Akteuren), des für eine integrierte Planung blau-grün-grauer Infrastrukturen bislang fehlenden gemeinsamen institutionellen Rahmens und fehlender eindeutig geregelter Zuständigkeiten sowie der Integration in den städtebaulichen Planungsprozess und in den Stadtumbau eine Zuordnung der Schlüssel-

rollen zu einzelnen oder mehreren Akteuren nicht immer eindeutig möglich ist. Folglich verteilen sich die einzelnen Rollen regelmäßig auf mehrere Akteure; diese Doppelbesetzungen sind dann vorteilhaft, wenn es zu Arbeits- und Verantwortungsteilung kommt, die den Prozess mit zusätzlichen Ressourcen ausstatten. Problematisch sind sie, wenn damit unklare Zuständigkeiten, Doppelarbeiten, fehlende Abstimmung und Konkurrenz verbunden sind. Akteure können im zeitlichen Verlauf des Planungsprozesses ihre Rollen auch wechseln und anpassen.

Die Tab. 8 gibt eine erste Zuordnung der Akteure wieder.

Rollen in Transformationsprozessen nach Kerber et al. (2016)		Übernahme der Rollen durch Organisationen*	
		Berlin	Norderstedt
Innovationsführer	Treibt vor Ort die Umsetzung der Innovation voran. I.d.R. ein kommunaler Wasserdienstleister.	KWB, SenSW, BWB – technische Aspekte Difu – Prozessinnovation	RSD – technisch-planerische Aspekte Difu & ISOE – Prozessinnovation
Motivator	„Der Motivator ist ein ‚Überzeugungstäter', der die innovativen Lösungen unbedingt umsetzen möchte und hierfür an der ‚richtigen' institutionellen Stelle sitzt." Fördert Vernetzung.	SenSW	Amt/Stabsstelle Nachhaltiges Norderstedt (als „Überzeugungstäter", aber nicht an der richtigen institutionellen Stelle sitzend)
Koordinator	Bringt Akteure im Planungsprozess zusammen, stößt Zusammenarbeit an und sorgt für transparente Kommunikation. Hohe fachliche Kompetenz, ergebnisoffen, weitestgehend ohne eigenes Interesse, wird von anderen Akteuren anerkannt. Kann aus Stadtplanung oder Gewässerbewirtschaftung kommen oder ein beauftragtes Planungsbüro sein. Fördert Vernetzung.	SenSW und Difu im Zusammenspiel mit Stadtplanungsamt	Fachbereich Stadtplanung (fallweise im Zusammenspiel mit Difu, RSD)
Kümmerer	Fördert das Thema, hat Kompetenz und Entscheidungsmacht, fördert die Vernetzung der Akteure. Sollte eine (politische) Person sein, die sich des Themas annimmt und es auf die (politische) Agenda setzt, nachhakt, voranbringt.	Difu – Koordination netWORKS 4 SenSW – Koordination innerhalb Senatsverwaltung Stadtplanungsamt – Koordination im Bezirk	Amt/Stabsstelle Nachhaltiges Norderstedt im Zusammenspiel mit netWOKRS 4 (ohne Entscheidungsmacht und tragfähige politische Unterstützung), Fachbereich Stadtplanung
Systemführer	Systemführer „vermarkten" als Anbieter neuartige Systemlösungen als Infrastrukturkonzept. In Betracht kommt hier bspw. ein großstädtisches Wasserversorgungs-/Abwasserbeseitigungsunternehmen, welches über Innovationswissen und Kompetenzen zur Realisierung verfügt (vgl. auch Schramm 2012). Diese können lokale Innovationsführer beraten, in Ausnahmefällen aber auch als Betreiber fungieren (vgl. Schramm et al. 2016a).	Eher SenSW, KWB als „ideeller" Träger; Rolle kommt in der frühen Planungsphase noch nicht zum Tragen, bzw. es fehlt der Akteur mit dieser Rollenbeschreibung und mit dem implizierten Interesse.	RSD (Planungsbüro)

Tab. 12: Rollen in den Planungsprozessen gekoppelter Infrastrukturen in den Transformationsräumen in Berlin und Norderstedt

*Legende:

BWB: Berliner Wasserbetriebe	Difu: Deutsches Institut für Urbanistik	ISOE: Institut für sozial-ökologische Forschung
KWB: Kompetenzzentrum Wasser Berlin	RSD: Ramboll Studio Dreiseitl	SenSW: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin

netWORKS 4 hat als transdisziplinäres Vorhaben die kommunalen Planungsprozesse nicht nur „von außen“ beobachtet und ausgewertet, sondern die Prozesse aktiv begleitet und sich inhaltlich eingebracht. In einzelnen der zuvor genannten Rollen im Transformationsprozess treten die Forschungspartner von netWORKS 4 als Akteure in den Planungsprozessen in Erscheinung. Sie bringen anstelle des fehlenden Innovations- und Systemführers Innovationswissen ein und bieten auch in den Rollen des Motivators, Kümmerers und Koordinators Unterstützung.

Literatur

Kerber, Heide, Engelbert Schramm, Martina Winker (2016): Transformationsrisiken bearbeiten: Umsetzung differenzierter Wasserinfrastruktursysteme durch Kooperation. netWORKS-Paper Nr. 28. Berlin.

Libbe, Jens, Engelbert Schramm, Martina Winker, Jutta Deffner (2017): Integrierte Infrastrukturplanung. In: Winker, Martina, Jan Hendrik Trapp (Hrsg.): Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten. Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume. Edition Difu – Stadt Forschung Praxis, Bd. 16. Berlin, S. 81-90.

Immanuel Stieß, Jan Hendrik Trapp

6.2 Akzeptanzbedingungen für die Einbeziehung privater und halböffentlicher Räume

Blau-grün-grau gekoppelte Infrastrukturen entfalten ihre Wirkungen nicht isoliert im öffentlichen Raum. Bausteine wie Dach- oder Fassadenbegrünung, Regenrückhalte- und Versickerungsanlagen oder die Aufbereitung von Grauwasser betreffen oft private Grundstücke und insbesondere die Übergänge zwischen privaten und öffentlichen Flächen. Die Einbeziehung privater und halböffentlicher Räume in Planung, Umsetzung, Betrieb und Pflege gekoppelter Infrastrukturen setzt daher die Mitwirkung privater und zivilgesellschaftlicher Akteure (Bauherren, Wohnungsbaugesellschaften, Investoren, Immobilienentwickler*innen, Eigenheimbesitzer*innen und Mieter*innen) voraus.

Die Akzeptanzbedingungen bei der Umsetzung blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen im privaten und halböffentlichen Raum wurden im Zusammenhang mit dem Transformationsraum in Norderstedt vertiefend untersucht. Ausgehend von der These, dass die Bedingungen für Akzeptanz akteursspezifische Unterschiede aufweisen, wurden drei verschiedene Untersuchungsstrategien verfolgt:

Die Sichtweise der **kommunalen Planungsakteure** konnte im Rahmen der Prozessbegleitung bei verschiedenen Planungstreffen in Norderstedt analysiert werden. Besonders die Diskussion der einzelnen Bausteine zeigte deutlich, dass die am Planungsprozess beteiligten Akteure der „Sichtbarkeit“ und „Erlebbarkeit“ von Wasser für die Anwohner*innen eine herausgehobene Bedeutung für die Akzeptanz blau-grün-grauer Infrastrukturen zuschreiben. Erhebliche Bedenken bestanden allerdings hinsichtlich der Kooperationsbereitschaft privater Eigentümer*innen bei Betrieb und Pflege beispielswiese von Bepflanzungen und Versickerungsanlagen (eine Sorge, die auch in Berlin von den Planungsakteuren im Transformationsraum geteilt wurde – und dass, obwohl hier nicht einzelne Privateigentümer*innen, sondern Wohnungsgesellschaften über die Grünflächen verfügen). Befürchtet wurden zudem Akzeptanzprobleme durch erhöhte Kosten, z. B. durch zusätzlich benötigte Grundstücksflächen, und somit auch mögliche Konflikte mit dem Planungsziel des bezahlbaren Wohnens.

Die Akzeptanzbedingungen aus Sicht der **Bürgerinnen und Bürger** wurden bei einem Planungsworkshop vertiefend untersucht. Das Thema nachhaltiger Umgang mit Wasser im Quartier wurde am Beispiel verschiedener Maßnahmen zum Regenwassermanagement und zur Grauwassernutzung an einem eigenen „Wasser-Tisch“ präsentiert. Zudem wurden Maßnahmen zur Sicht- und Erlebbarkeit von Wasser im öffentlichen Raum in die bei der Bürgerversammlung vorgestellten planerischen Szenarien integriert.

In den Rückmeldungen der Bürger*innen wurde eine große Offenheit gegenüber dem Thema Wasser im Quartier deutlich: Beispielsweise wurde angeregt, Gründächer nicht nur auf mehrgeschossigen Gebäuden, sondern auch auf Einfamilienhäusern vorzusehen. Dabei sollte darauf

geachtet werden, dass wirtschaftliche Lösungen für Bau und Betrieb gefunden werden und die Baukosten von vornherein in die Gesamtkalkulation einbezogen werden. Deutlich wurde auch, dass für Maßnahmen in Übergangsbereichen zwischen privaten und öffentlichen Flächen klare Zuständigkeiten vorzusehen sind. Die Akzeptanz von Mulden zur Versickerung des Regenwassers am Rande von Straßen und Gehwegen durch die Anlieger hängt davon ab, dass eine ausreichende Pflege (z. B. durch regelmäßiges Mähen) sichergestellt wird. Vor allem unmittelbare Anlieger des Planungsgebiets zeigten sich besorgt, dass das ohnehin hoch anstehende Grundwasser durch das Neubaugebiet weiter steigen könnte. Sie befürchteten, dass es bei Starkregen zu einer Vernässung der Keller kommen könnte. Maßnahmen zur Verdunstung von Regenwasser gewinnen vor diesem Hintergrund als Beitrag zu einer vorsorgeorientierten Schadensabwehr zusätzlich an Plausibilität. Durch das Format des Planungsworkshops wurden v.a. die bereits im Quartier ansässigen Anlieger und weniger die künftigen Nutzer*innen erreicht. Viele Teilnehmer*innen waren v. a. am Erhalt des Status quo im Stadtteil interessiert. Themen waren beispielsweise die geplante bauliche Dichte und die mit ihr verbundenen Auswirkungen auf den Quartierscharakter (ländlichen Charakter bewahren) und das Verkehrsaufkommen. Innovative Bausteine einer Transformation der Wasserinfrastruktur in dem neuen Baugebiet gerieten nur punktuell, z. B. bei der Bewertung von Grün- und Spielflächen, in den Blick. Die Wahrnehmung gekoppelter Infrastrukturen erfolgt vor allem über Bausteine, die eine hohe Sicht- und Erlebbarkeit aufweisen. Sicht- und Erlebbarkeit waren auch für die Akteure und die Bürger*innen in der Öffentlichkeitsbeteiligung in Berlin ein wichtiges Argument. In Berlin konnte die Öffentlichkeit über die Potenziale zum Erhalt bzw. Steigerung der Lebensqualität durch blau-grün-graue Infrastrukturen im Quartier für die Thematik interessiert werden. Bedenken wurden jedoch hinsichtlich der dauerhaften Sicherstellung der Funktionsfähigkeit und Attraktivität der sichtbaren Infrastrukturen bei entsprechendem Pflege- und Wartungsaufwand geäußert.

In einer Bürgerbefragung in der Stadt Norderstedt wurde die Akzeptanz neuartiger Wasserinfrastrukturen in der Bevölkerung untersucht (Winker et al. 2019). An der Befragung nahmen Bewohner*innen (inkl. Jugendliche) aus Norderstedt und Besucher*innen der Stadt teil. Die Rekrutierung der Teilnehmer*innen an der Online-Befragung erfolgte über Aufrufe und Öffentlichkeitsarbeit. Insgesamt konnten 1.300 Fragebögen ausgewertet werden. Die Stichprobe entspricht in zentralen Merkmalen wie Geschlecht, Alter und Beruf weitgehend der Soziodemografie der Stadt, weist allerdings eine überproportionale Beteiligung von Eigentümer*innen auf.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Bevölkerung in Bezug auf einen nachhaltigen Umgang mit Wasser in der Stadt überwiegend positiv eingestellt ist. Etwa zwei Drittel der Befragten stimmen dem Ziel, Regenwasser vor Ort zurückzuhalten, um Gewässer bzw. die Kanalisation zu entlasten, zu. Knapp 60 % sprechen sich für eine höhere Erleb- und Sichtbarkeit von Wasserflächen im Alltag aus. Die Nutzung von Grauwasser wird von Mieter*innen und von Hauseigentümer*innen grundsätzlich positiv bewertet: Zwei Drittel der Mieter*innen haben keine Bedenken gegenüber aufbereitetem Grauwasser und stimmt dessen Nutzung in ihrem Gebäude zu. Bei Hauseigentümer*innen ist die positive Einstellung zur Nutzung von Grauwasser noch etwas

stärker ausgeprägt. Dies stützt Aussagen aus älteren Erhebungen (Keuter/Deerberg 2009, Nolde 2009, Hefter et al. 2015). Allerdings folgt daraus nicht unbedingt die Bereitschaft, dies in der eigenen Immobilie umzusetzen. Jedoch kann sich – trotz des hohen Aufwands für eine Umrüstung – etwa ein Viertel der Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer vorstellen, eine Grauwassernutzung in der eigenen Immobilie in absehbarer Zeit zu realisieren. Wasserflächen im Stadtgebiet finden neben Straßenbäumen und vernetzten Parks eine breite Zustimmung. Dies weist darauf hin, dass aus Sicht der Bevölkerung die Gestaltung urbaner Wasser- und Grünflächen eine große Bedeutung besitzt.

Die **Immobilienwirtschaft** bildet eine weitere Akteursgruppe, die für die Vernetzung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen eine wichtige Rolle spielt. Denn die Verknüpfung von Maßnahmen auf privaten und halböffentlichen Flächen ist von zentraler Bedeutung für das Funktionieren und Ausschöpfen der Potenziale der vernetzen Infrastrukturen. Eine Schlüsselrolle spielen dabei Wohnungsgesellschaften, Immobilienentwickler und Investoren, da sie entscheidenden Einfluss auf die Gestaltung von Gebäuden bzw. der technischen Infrastruktur im und am Gebäude, Freiflächen und Infrastrukturen nehmen. Welche Spielräume sich aus Sicht dieser Akteursgruppe für die Planung und Umsetzung ergeben, konnte in einem Expertengespräch mit dem Projektentwickler für das Gebiet der Fallstudie in Norderstedt exemplarisch erhoben werden. Das Gespräch lieferte aufschlussreiche Erkenntnisse über die Bewertung von Nutzen und Barrieren für die Umsetzung gekoppelter Infrastrukturen aus immobilienwirtschaftlicher Sicht. So können durch ein nachhaltiges Regenwassermanagement (Gründächer, Zisternen, Versickerung etc.) ökonomische Vorteile bei der Erschließung erzielt werden. Denn wenn die Abgabe und Ableitung von Wasser in öffentliche Räume vermieden werden kann, lassen sich Einsparungen durch geringere Erschließungskosten sowie durch geringere Wasser- und Abwassergebühren im Betrieb erzielen. Diese wirtschaftlichen Vorteile haben zur Folge, dass die Akzeptanz von Maßnahmen zum Regenwassermanagement nicht nur auf das Segment der ökologisch orientierten Bauherren beschränkt ist. Ähnlich unproblematisch ist nach Erfahrung des Investors die Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser in privaten Häusern. Kritischer eingeschätzt wird die Aufbereitung und Wiedernutzung von Grauwasser im Einfamilienhausbereich. Denn für die Aufbereitung und Reinigung werden aus organisatorischen Gründen häufig eigentümerübergreifende Anlagen gewählt, für deren Betrieb ein entsprechendes Betreibermodell gefunden werden muss. Wirtschaftliche Risiken entstehen zudem für den Betrieb der Anlage, wenn einzelne Eigentümer*innen nicht bereit sind, der Nutzung dieser Anlage zuzustimmen. Daher gilt es, schon im Planungsprozess zu überlegen, mit welchen Instrumenten die Kommune verbindliche Festlegungen treffen kann. Prinzipiell können hier öffentlich-rechtliche, zivilrechtliche Verträge und Satzungen zur Anwendung kommen (vgl. Hanke 2017, 2016). Erfolgt die Reinigung über naturnahe Methoden, müssen Flächen im Quartier vorgehalten werden, die nicht zur Verwertung zur Verfügung stehen und dadurch den Preis der übrigen Flächen in die Höhe treiben. Sie lassen sich jedoch gut in öffentliche Frei- und Grünflächen integrieren und können deren Attraktivität steigern. Eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz der Eigen-

tümer*innen ist zudem, dass ein funktionierendes Betreibermodell vorhanden ist, bei dem die Pflege, z. B. die Beseitigung von Schlamm und organischem Material, sichergestellt wird.

Diese Ergebnisse der Fallstudie in Norderstedt zeigen, dass ein nachhaltiger Umgang mit Wasser in der Bevölkerung grundsätzlich positiv bewertet wird, auch wenn das Thema in konkreten Planungsvorhaben hinter Themen wie Mobilität und Gebäudestruktur zurücktritt. Durch die Verknüpfung von nachhaltigem Wassermanagement und Grünflächengestaltung können sowohl in der Bevölkerung als auch bei Immobilienakteuren gemeinsam getragene Motive bzw. Ziele angesprochen werden, die eine Akzeptanz von Bausteinen eines innovativen Wassermanagements fördern. Aus dieser positiven Einstellung heraus erfolgt allerdings noch keine konkrete Umsetzung von Maßnahmen in privaten und halböffentlichen Bereichen. Dafür sind geeignete Planungsverfahren und – bei der Grauwassernutzung – auch innovative Organisations- und Betreibermodelle nötig.

Literatur

Hanke Stefanie (2017): Rechtliche Rahmenbedingungen neuartiger Wasserinfrastrukturen. In: Winker, Martina, Jan Hendrik Trapp (Hrsg.): Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten. Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume. Edition Difu – Stadt Forschung Praxis, Bd. 16. Berlin, S. 159-169.

Hefter, Tomas, Jutta Deffner, Barbara Birzle-Harder (2015): Akzeptanz von Grauwasserbehandlung und Wärmerückgewinnung im Alltag. In: fbr-Wasserspiegel 3/15, 20. Jg. Darmstadt.

Keuter, Volkmar, Görge Deerberg (2009): Challenge Water Reuse: Akzeptanz, Betriebssicherheit und Medikamentenrückstände. In: Theo G. Schmitt (Hrsg.): KOMPLETT: Ein innovatives System zur Schließung von Wasser- und Stoffkreisläufen. Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität Kaiserslautern 28, S. 163-187.

Nolde, Erwin (2009): Grauwasserrecycling auf dem Weg zum Standardelement in der Haustechnik. In: fbr-Wasserspiegel 1/09, 14. Jg. Darmstadt, S. 3-5.

Winker, Martina, Herbert Brüning, Christoph Meyer, Engelbert Schramm, Immanuel Stieß (2019): Die Akzeptanz ist da. Repräsentative Studie zur Grauwassernutzung in Norderstedt. In: fbr-wasserspiegel 3/19, 24. Jg. Darmstadt, S. 12-17.

6.3 Analyse der untersuchten Prozesse

Ausgehend von der These, dass blau-grün-graue Infrastrukturen frühzeitig im Sinne einer integrierten Fach- und räumlichen Planung in den Stadtplanungsprozess aufgenommen werden sollten (Libbe et al. 2017), erfolgte die Durchführung der Machbarkeitsstudien in Berlin und Norderstedt in der informellen Vorplanungsphase. In frühen Phasen sind Planungsprozesse in der Regel noch vergleichsweise offen und gestaltbar. Denn anders als in der formalen Bauleitplanung sind informelle Planungen und die Vorplanungsphase nicht an rechtlich vorgegebene Prozessschritte und Beteiligungsmomente sowie -formate gebunden. Dies erleichtert es, neue Ansätze und Ideen in die Planung einzubringen. So kann diese Offenheit den Einbezug gekoppelter Infrastrukturen befördern. Entsprechend der jeweiligen Ausgangssituation können Interessen und Anforderungen der betroffenen Akteure in den Prozess aufgenommen werden (Trapp et al. 2019). Durch eine vergleichsweise freie Auseinandersetzung mit dem Standort können geeignete Kopplungsoptionen blauer, grüner und grauer Infrastrukturen identifiziert und befördert werden.

6.3.1 Kontext und Differenzierung der durchlaufenen Planungsprozesse

Mit Berlin und Norderstedt waren zwei in vielerlei Hinsicht sehr unterschiedliche Städte in das Vorhaben eingebunden (vgl. Kap. 5.1 und 5.2). Damit unterscheiden sich die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen der Planungsprozesse in den Planungsgebieten in Berlin und Norderstedt auf vielfältige Weise. Wichtige Aspekte, die sich auf die Gestaltung der Planungsprozesse ausgewirkt haben, waren die Lage und der Planungsraum an sich, die Komplexität der Akteurskonstellationen (auch vor dem Hintergrund der Unterschiede des institutionellen Rahmens von Kommune und Stadtstaat) sowie die Vielfalt und Verbindlichkeit von Zielsystemen:

- Während sich der Berliner Transformationsraum im innerstädtischen Bereich in einem Stadtumbaugebiet mit integriertem Neubau zur Nachverdichtung befindet, entsteht im Norderstedter Transformationsraum ein neues städtisches Quartier auf einer bisher landwirtschaftlich genutzten Fläche am Stadtrand in einem Wasserschutzgebiet.

- Die „Akteurslandschaft“ unterscheidet sich entsprechend des Kontexts sehr stark voneinander. So ist am Berliner Prozess aufgrund der Mehrebenen-Governance im Stadtstaat (Leitlinien und Politiken des Senats zur Stadtentwicklung einerseits und die Trägerschaft für das Vorhaben beim Bezirk andererseits) und der Tatsache, dass in diesem Gebiet Bestandsentwicklung und Neubau integriert beplant werden, eine Vielzahl von öffentlichen, aber auch privaten Akteuren am Planungs- und Umsetzungsprozess beteiligt. Aufgrund des integrierten Ansatzes wirkten, neben den verschiedenen Fachabteilungen auf Bezirks- und Landesebene, Vertreter*innen aus Wohnungsbaugesellschaften, Träger sozialer Infrastrukturen (Kita, Schule), Planungsbüros und in geringerem Maße Vertreter*innen der Zivilgesellschaft an den Planungsprozessen und der Entwicklung von Vorschlägen zur Gestaltung und Kopplung

blau-grün-grauer Infrastrukturen mit. Im Gegensatz dazu ist die Komplexität der Akteurskonstellation in Norderstedt deutlich geringer, da es sich um ein Neubauvorhaben handelt, das weniger stark auf die angrenzenden Bestandsgebiete wirkt und für das gesamte zu entwickelnde Gebiet ein einziger Projektentwickler eine Schlüsselfunktion inne hatte.

- Auch wenn in beiden Städten die Planungsprozesse für die Transformationsräume in übergeordnete stadtentwicklungspolitische Ziele (z. B. Wohnungsbau, Ausstattung mit sozialen Infrastrukturen) eingebettet sind, sind die flankierenden Rahmenbedingungen im Sinne von Zielsystemen für die Förderung blau-grün-grauer Infrastrukturen doch sehr verschieden. In Berlin ist ein veränderter Umgang mit Grün und Wasser in der Stadt Teil der Diskussion über eine zukunftsfähige Stadtentwicklung. Politische Unterstützung hat zunächst eine veränderte Regenwasserbewirtschaftung mit einem Beschluss des Berliner Abgeordnetenhauses erhalten. Ein konkretes Ziel ist es, „die Gebäude- und Grundstücksflächen, von denen Regenwasser direkt in die Mischwasserkanalisation eingeleitet wird, jährlich um 1% zu reduzieren“ und damit einen Beitrag zur Klimaanpassung in der Stadt zu leisten (Abgeordnetenhaus Berlin 2017). Dieses Ziel stellt einen wichtigen Schritt und Anstoß dar, auch über die Regenbewirtschaftung hinaus gekoppelte Infrastrukturen und deren vielfältige Potenziale für eine klimaangepasste Stadtentwicklung zu diskutieren und einzuführen. Im Stadtentwicklungsplan Klima wird exemplarisch auf die hitzeangepasste und wassersensible Stadtentwicklung eingegangen und das Potenzial blauer, grüner und grauer Infrastrukturen dafür herausgestellt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016). Die Stadt Norderstedt hatte für die Entwicklung des Planungsgebiets eine Reihe stadtplanerischer Ziele und Rahmenbedingungen formuliert und im Zuge der Öffentlichkeitsbeteiligung ergänzt. Einige nehmen Bezug auf blaue, grüne und graue Infrastrukturen, wie etwa eine Vernetzung von Grünflächen, vielfältige Nutzungsmöglichkeiten der Grünflächen, Schutz des Baumbestands der „Sieben Eichen“ als prägendes Element sowie die Wahrung des natürlichen Wasserhaushalts. Übergeordnete Leitlinien für eine Wasserbewirtschaftung, die über die tradierten Regeln und den Stand der Technik hinausgehen, existieren in Norderstedt nicht.

Mittels „Prozesslandschaften“ lassen sich komplexe, ineinander verschränkte Prozesse strukturiert erfassen und analysieren (vgl. Dumas et al. 2013). Dieser methodische Ansatz erlaubte es, für beide Städte die Dialog- und Planungsprozesse in verschiedene Teilprozesse zu differenzieren. In beiden Städten lassen sich sowohl Kernprozesse zur Erarbeitung von kommunalen Planwerken und Machbarkeitsstudien (vgl. Kap. 5.1, 5.2) als auch Steuerungs- und Unterstützungsprozesse identifizieren[19]. Die Prozesslandschaft zeigt für Berlin eine Vielzahl an Steuerungsprozessen zur Organisation und Koordination der Kernprozesse auf, die hier vor allem den verwaltungsübergreifenden Abstimmungen zwischen der Landes-, Bezirks- und Quartiers-

[19] Eine vertiefende Darstellung der Prozesse in den beiden Städten erfolgt in Trapp/Nenz/Stieß (2020, im Erscheinen).

ebene sowie der Koordination mit dem Forschungsvorhaben dienen. Diese Steuerungsprozesse sind wichtig, um die horizontale und vertikale Abstimmung und Entscheidungsfindung fach- und sektorenübergreifend zu ermöglichen. In Norderstedt war die Zahl der Steuerungsprozesse geringer, da hier nicht die Ebenen in einem Stadtstaat zur koordinieren sind und der Transformationsraum als Neubauplanungsgebiet sich weniger komplex darstellt als das Gebiet in Berlin, das Bestandsentwicklung und Neubau vereint.

Der Umgang mit zukünftigen Herausforderungen für die Stadt und die Suche nach geeigneten Lösungsansätzen ist mit Unsicherheit, Mehrdeutigkeit und Nichtwissen verbunden. Gemeinschaftliche Entscheidungs- und Abstimmungsprozesse können helfen, diese Unsicherheiten abzubauen (Kerber et al. 2016). Die in Berlin auf Landes- und Bezirksebene gegründeten Koordinationsrunden haben sich nicht nur als wichtige Abstimmungsformate für die Akteure (und damit für die gemeinschaftliche Steuerung der Prozesse) erwiesen, sondern auch als Lern- und Austauschplattformen. Auch in Norderstedt sind im Zuge von Planungsvorhaben Abstimmungs- und Koordinationsrunden zwischen Ämtern, Fachbereichen und externen Planungsbüros sowie weiteren Akteuren (z. B. Träger öffentlicher Belange) etabliert.

netWORKS 4 unterstützte in beiden Städten die Planungsprozesse durch wissenschaftlich fundierte Konzepte und Ausarbeitungen zu Bausteinen blau-grün-grauer Infrastrukturen sowie mit Daten und Informationen. Darüber hinaus unterstützte netWORKS 4 die Akteure dabei, Netzwerke zu knüpfen und Brücken zu bauen. Das Forschungsvorhaben hat die Themen Wasser, Klimaanpassung und blau-grün-graue Infrastrukturen sowohl in die verwaltungsinterne Abstimmung, das öffentliche Beteiligungsverfahren als auch in die Abstimmung mit den beauftragten externen Planungsbüros eingebracht und diskutiert. Das ermöglichte und unterstützte wechselseitiges Lernen zwischen den Akteuren, die Entwicklung gemeinsamer Vorstellungen und auch das Verständnis für gegensätzliche Einschätzungen und erlaubt, mit Unsicherheiten, Mehrdeutigkeiten und Nichtwissen umzugehen (Bauer 2018).

Die Prozesslandschaft kann in der Praxis dazu dienen, sich die Unterstützungsprozesse und hilfreichen Aktivitäten, wie sie schon regelmäßig in städtischen Planungsprozessen angelegt sind, bewusst zu machen und in ihrer Bedeutung anzuerkennen. Dies bedeutet auch, gezielt Ressourcen zur Verfügung zu stellen, um angelegte Strukturen optimal auszunutzen und bei Bedarf auszubauen.

6.3.2 Zentrale Erkenntnisse und Ansatzpunkte für die Integration blau-grün-grauer Infrastrukturen in kommunale Planungsprozessen

Mit Blick auf die Gestaltung von kommunalen Planungsprozessen haben sich insbesondere die folgenden Erkenntnisse im Rahmen der Forschungsarbeiten ergeben:

1. die Bedeutung strategischer Ziele und eines strukturierten Vorgehens,

2. die Auseinandersetzung mit blau-grün-grauen Infrastrukturen als Chance zur vertieften Integration von Infrastruktur- und Stadtplanung.

1) Bedeutung strategischer Ziele und eines strukturierten Vorgehens

In der Reflexion der Prozessergebnisse in den Transformationsräumen Berlin (siehe Kap. 5.1) und Norderstedt (siehe Kap. 5.2) lassen sich der Einfluss und die Bedeutung strategischer städtischer Entwicklungsziele für die Entwicklung ambitionierter und tatsächlich auf Transformation ausgerichteter Konzepte erkennen.

In Berlin haben die übergeordneten politischen und strategischen Ziele für eine veränderte (Regen-)Wasserbewirtschaftung sowie die frühzeitige Vereinbarung von planerischen Zielen für den Transformationsraum den Akteuren im Prozess nicht nur Orientierung, sondern auch Rückhalt geboten. Vor dem Hintergrund des sehr hohen Handlungsdrucks und der hohen Akteurs- und Prozesskomplexität in der integrierten städtischen Planung sowie des Konfliktpotenzials bei der Bestandsentwicklung (Stichwort: Nachverdichtung), konnten konkrete Zielsetzungen und Leitdokumente die Entwicklung und Umsetzung neuer, innovativer Lösungen befördern. Vergleichbare Dokumente, die Orientierung bieten und handlungsleitend wirken können, existieren in dem Rahmen in Norderstedt nicht.

Ein klar strukturiertes Vorgehen unterstützt die Akteure in der frühen Phase der kommunalen Planung. So ermöglichte in Berlin das an Zielen orientierte, strukturierte Vorgehen eine an den Potenzialen der Bausteine orientierte Konzeptentwicklung. Dabei kam die Funktionsvielfalt vieler Bausteine den vielfältigen Zielprioritäten der jeweiligen Akteure in der Planungspraxis entgegen. Es ließen sich Schnittmengen zwischen übergeordneten Landeszielen, Bezirks-/Quartierszielen und Zielen einzelner Akteure identifizieren, die den weiteren Verständigungsprozess befördert haben. In Berlin förderte die Priorisierung von qualitativen Zielen zudem die Abwägung der potenziellen kurz- und langfristigen Nutzen der gewählten Bausteinkombinationen für die unterschiedlichen Akteursgruppen und Betroffenen. Ausgehend von den Zielen konnten geeignete Bausteine systematisch und plausibel im Auswahlprozess identifiziert und gleichzeitig passgenaue Lösungen mit den lokalen Akteuren im Berliner Transformationsgebiet abgestimmt werden. So konnten über die Zieldiskussion zu Beginn des Planungsprozesses die politischen und strategischen Ziele für das Stadtumbaugebiet definiert und darauf aufbauend standortspezifisch die geeigneten und als sinnvoll erachteten Bausteine ausgewählt werden. Dieses Vorgehen förderte die Akzeptanz für innovative Lösungen, die für den weiteren Umsetzungsprozess besonders wichtig ist.

Das Vorgehen in Norderstedt war nicht in dem Maße wie in Berlin an vereinbarten Zielen für die Bausteinauswahl ausgerichtet. Dadurch erfolgte die erste Auswahl von Bausteinen blau-grün-grauer Infrastrukturen durch die Akteure entlang ihrer Präferenzen und Vorerfahrungen. Im Fokus der Auseinandersetzung standen die praktische Umsetzbarkeit, Kostenfragen (bzw. die

Sorge vor Mehrkosten) sowie die (vermutete) Akzeptanz der verschiedenen Bausteine bei der Norderstedter Kommunalpolitik und in der Bevölkerung. Darüber hinaus standen Anforderungen für die Bausteinauswahl, wie Sicherheit in der Planung, der Umsetzung und dem Betrieb, im Vordergrund. Die Varianten sollten „umsetzbar und finanzierbar sein“ und sich im Rahmen bewährter Verfahren und Modelle etwa im Betrieb der Infrastruktur bewegen. Dadurch wurden die Gelegenheitsfenster für einen neuen Infrastrukturansatz frühzeitig geschlossen. Von den beteiligten Akteuren getragene strategische Ziele wie z. B. die Steigerung der Ressourceneffizienz, die innovative Lösungen befördert hätten, lagen nicht vor. Planerische Ziele wie die Förderung von Aufenthaltsqualität und der Erlebbarkeit von Wasser im Quartier wurden zwar in der Diskussion aufgegriffen, jedoch nicht stringent verfolgt und konsequent mit geeigneten Bausteinen hinterlegt. Einen wichtigen Lerneffekt gab es in Hinblick auf die Priorisierung der einzelnen Dimensionen im natürlichen Wasserhaushalt (Verdunstung, Grundwasserneubildung/Versickerung und Abfluss). Hier führte die Diskussion über gekoppelte Infrastrukturen dazu, dass stärker als in der Vergangenheit die Komponente „Verdunstung“ gegenüber der Versickerung in der Planung Berücksichtigung gefunden hat.

Übergeordnete, strategische Ziele können Akteure in Planungsprozessen, die innovative Lösungen für Transformationsräume anstreben, unterstützen. Sie können helfen, die Ziele für die konkrete Planung zu bestimmen und damit die Maßnahmenauswahl für die Gestaltung gekoppelter Infrastrukturen zu orientieren.

2) Blau-grün-graue Infrastrukturen als Chance zur vertieften Integration von Infrastruktur- und Stadtplanung

Die Berücksichtigung gekoppelter Infrastrukturen in der frühen Planungsphase kann eine integrierte Planung befördern. Sie können dadurch zu einem Hebel für urbane Transformation werden. Blau-grün-grau gekoppelte Infrastrukturen verändern die bekannten Systemgrenzen für die Grün- und Infrastrukturplanung. Die Infrastrukturplanung ist gefordert, sich über die technischen Wasserinfrastrukturen hinaus mit weiteren Gegenstandsbereichen kommunaler Raumplanung auseinanderzusetzen. Die Grünplanung wiederum ist auf Grundlage gekoppelter Infrastrukturen gefordert, sich mit den technischen Wasserinfrastrukturen zu befassen.

Frühzeitig im Planungsprozess angelegt, ermöglichen und erfordern die gekoppelten Infrastrukturen eine die verschiedenen räumlichen Ebenen übergreifende Herangehensweise. Vor dem Hintergrund der Funktionsvielfalt der Bausteine sowie mit Blick auf die räumlichen Skalierungen können bei gegebenen Standortrealitäten, Bedürfnissen und Rahmenbedingungen sehr unterschiedliche Kopplungsmöglichkeiten und Lösungen dazu führen, die priorisierten Ziele zu erreichen. Wird diese Gelegenheit im Entscheidungsprozess bewusst herausgestellt, werden Planungsakteure motiviert, sich mit den Interdependenzen der räumlichen Skalen auseinanderzusetzen (Winker et al. 2017). Wird dieser Ansatz weiterverfolgt, wird die Notwendigkeit der engen Abstimmung und Koordination zwischen privaten und öffentlichen Akteuren offensichtlich, um Maßnahmen effektiv umzusetzen (siehe Kap. 6.2) – beispielsweise bei der Sammlung von Re-

genwasser auf der Gebäudeebene und der Weiterverwendung im öffentlichen Freiraum. Die Bewirtschaftung von Wasser mittels gekoppelter Infrastrukturen verändert die hiermit verbundenen Flächenansprüche – vereinfacht formuliert: Statt einer Ableitung über unterirdische Kanäle wird Wasser stärker an der Oberfläche bewirtschaftet. Es ist notwendig, die Flächenbedarfe gekoppelter Infrastrukturen frühzeitig im Planungsprozess zu thematisieren. Denn ist der städtebauliche Teil der Planung abgeschlossen und sind Flächennutzungen und bauliche Dichten festgelegt, wird es aufwändig, ggf. notwendige Flächen für blau-grün-graue Infrastrukturen nachträglich in die Planwerke aufzunehmen. In Norderstedt erfolgte diese Prüfung der Flächenbedarfe schon sehr früh im Rahmen der Diskussion und Priorisierung verschiedener städtebaulicher Szenarien (die sich alle als unkritisch erwiesen haben).

Die Flächenrelevanz der Bausteine war auch unter ökonomischen Gesichtspunkten ein Thema. Dies bezog sich auf die Frage der Ausweisung der Flächen als öffentliche oder private Grundstücke. Damit einher gehen Zuweisungen von Kosten für die Pflege, im Falle öffentlicher Grünflächen und der Wasserbewirtschaftung über grüne Infrastrukturen liegen diese bei der Stadt (von der Kämmerei eher unerwünscht). An dieser Stelle zeigte sich im spezifischen Fall in Norderstedt eine Allianz mit dem Investor. Dieser hat ein Interesse an großen privaten Grundstücken, da, je größer die privaten Grundstücke geschnitten sind, dieser bei gleichem Gesamterlös einen geringeren Verkaufspreis pro qm aufrufen kann und damit eine bessere Vermarktbarkeit des Gebiets sieht. Je größer die privaten Flächen im Planungsgebiet sind, desto stärker wird jedoch die Absicherung der auf privatem Grund zu erbringenden Wasserbewirtschaftungsleistungen zu einem kritischen Punkt (z. B. straßenbegleitenden Mulden/Rigolen auf privaten Grundstücksflächen). Da blau-grün-graue Infrastrukturen ihre Potenziale in der Regel am effektivsten und mit dem größten Vorsorgeanspruch im Zusammenspiel von öffentlichen und privaten Flächen entfalten können (vgl. Kap. 5.2, 6.2), ist die gemeinsame Betrachtung der Flächen frühzeitig im Rahmen einer integrierten Planung erforderlich. Je frühzeitiger blau-grün-graue Infrastrukturen in (informellen Phasen der) Planungsprozesse eingebracht werden, desto eher können sie ihre vielfältigen Potenziale entfalten.

6.3.3 Schlussreflektion

Ein kritischer Punkt für die Umsetzung blau-grün-grauer Infrastrukturen ist die Überführung der Ergebnisse der frühen informellen Planungsphase in die verbindliche Bauleitplanung. Fehlen etwa institutionelle Verankerungen wie gesetzliche Rahmenbedingungen und Vorgaben zur Flankierung bzw. formalen Bestätigung der entwickelten Ideen oder wechseln im Prozessverlauf Zuständigkeiten von Personen und sind die notwendigen Unterstützungs- und Steuerungsprozesse nicht hinreichend institutionalisiert (d.h. in der Verwaltung verankert und anerkannt), besteht die Gefahr, dass die Umsetzung der Maßnahmen ausbleibt oder sehr verkürzt erfolgt und dadurch die Wirkungspotenziale der blau-grün-grau gekoppelten Infrastrukturen nicht gehoben werden. Für den Sprung in die Praxis vom Pilotquartier zur etablierten Infrastrukturlösung sind institutionelle und rechtliche Anpassungen notwendig. Beispielsweise bedarf es tragfähiger Modelle und Gesamtkonzepte für Planung, Bau und Betrieb von Anlagen, die nicht nur

private und öffentliche Eigentumsgrenzen überwinden, sondern auch Regelungen, die etwa zwischen Immobilieneigentümer*innen und Mieter*innen die richtigen finanziellen Anreize setzen.

Die Begleitung der Planungsprozesse im Rahmen des Vorhabens hat gezeigt, dass auf Transformation angelegte, integrierte Planungsprozesse blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen eine Reihe von Steuerungs- und Unterstützungsprozesse erfordern. Die Begleitung von transformativen Planungsprozessen durch interdisziplinäre Teams mit unterschiedlichen Kompetenzen und Netzwerken vermag einen Beitrag zur die Orientierung und Anregung der Praxisakteure zu leisten.

Literatur:

Abgeordnetenhaus Berlin (2017): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung als wirksamen Teil der Klimafolgenanpassung voranbringen. Beschluss, Drucksache 18/0447, 6. Juli 2017. http://pardok.parlament-berlin.de/starweb/adis/citat/VT/18/PlenarPr/p18-013bs0212.pdf (Abrufdatum: 28.03.2020).

Bauer, Thomas (2018): Die Vereindeutigung der Welt: Über den Verlust an Mehrdeutigkeit und Vielfalt. Leipzig.

Dumas, Marlon, Marcello La Rosa, Jan Mendling, Jaho A. Reijers (2013): Fundamentels of Business Process Management. Berlin und Heidelberg.

Kerber, Heide, Engelbert Schramm, Martina Winker (2016): Transformationsrisiken bearbeiten: Umsetzung differenzierter Wasserinfrastruktursysteme durch Kooperation. netWORKS-Papers Nr. 28. Berlin.

Libbe, Jens, Engelbert Schramm, Martina Winker, Jutta Deffner (2017): Integrierte Infrastrukturplanung. In: Winker, Martina, Jan Hendrik Trapp (Hrsg.) (2017): Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten. Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume. Edition Difu – Stadt Forschung Praxis, Bd. 16. Berlin, S. 81-90.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (2016): Stadtentwicklungsplan Klima. KONKRET – Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt. Berlin. https://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_konkret.pdf.

Trapp, Jan Hendrik, Diana Nenz, Andreas Matzinger, Pascale Rouault, Michel Gunkel, Brigitte Reichmann (2019): Planungsprozesse in der wassersensiblen und klimagerechten Stadt – blau-grün-grau gekoppelte Infrastrukturen in der Planungspraxis am Beispiel Berlin, In: KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall 66 (11), S. 929-934.

Trapp, Jan Hendrik, Diana Nenz, Immanuel Stieß (2020, im Erscheinen): Prozesse und Akteure in der Planung blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen (Arbeitstitel). netWORKS-Papers Nr. 37. Berlin.

Winker, Martina, Jens Libbe, Jörg Felmeden, Thomas Giese, Sabine Kunkel (2017): Dependenzen und Interdependenzen von Siedlungs- und Baustruktur mit der Wasser- und Energieinfrastruktur. In: Deutsches Institut für Urbanistik Difu (Hrsg.): Wasserinfrastrukturen für die zukunftsfähige Stadt. Beiträge aus der INIS-Forschung. Berlin, S. 140-143.

Jan Hendrik Trapp, Martina Winker, Jeremy Anterola, Andreas Matzinger, Diana Nenz, Brigitte Reichmann, Pascale Rouault, Engelbert Schramm

6.4 Entwickelte Tools zur Unterstützung in Planungsprozessen

Der Forschungsverbund netWORKS hat auf der Basis seiner transdisziplinären Arbeitsweise Hilfestellungen entwickelt, die für die Einführung und Diskussion von blau-grün-grauen Infrastrukturen in Stadtplanungsprozessen hilfreich sein können. Dabei handelt es sich zum einen um einen Vorschlag für ein zielbasiertes, strukturiertes Vorgehen im Rahmen von partizipativen Planungsprozessen (siehe Kap. 6.4.1) und zum anderen um Infokarten (siehe Kap. 6.4.2), die in Planungsprozessen genutzt werden können. Die entwickelten Infokarten lassen sich in das strukturierte, zielbasierte Vorgehen einfügen. Sie sind ein praktisches Hilfsmittel, um mit Akteuren in den verschiedenen Phasen von Planungsprozessen in einen inhaltlichen Austausch zu kommen und gemeinsam getragene Vorstellungen zu entwickeln.

6.4.1 Zielbasiertes, strukturiertes Vorgehen für die kommunale Planung blau-grün-grauer Infrastrukturen

Für die partizipative Entwicklung von Gestaltungsoptionen gekoppelter blau-grün-grauer Infrastrukturen wurde eine strukturierte, an Planungszielen ausgerichtete Vorgehensweise entwickelt und in Berlin angewendet (vgl. Kap. 5.1). Der Forschungsverbund netWORKS hat sich dabei auf die sogenannte „KURAS-Methode“ gestützt (Matzinger et al. 2017) und das Vorgehen weiterentwickelt (Nenz et al. 2019): Zum einen wurden die einzelnen Schritte verfeinert (vgl. auch: Rouault et al. 2020, Trapp et al. 2019) und mit Tools (vgl. u.a. die Infokarten Kap. 6.4.2) unterlegt, zum zweiten wurde der Fokus über Regenwasser hinaus geweitet, so dass nun auch Fragen der Wassereffizienz und Wiedernutzung von Betriebswasser aus Grau- und Niederschlagswasser systematisch aufgenommen werden. Zudem werden auch übergreifende Überlegungen zum Transformationsmanagement und zu der integrierten Strategiebildung aus früheren Arbeiten im Forschungsverbund netWORKS aufgegriffen (Kluge/Libbe 2006).

Eine Beschreibung der einzelnen Schritte und ihre praktische Durchführung im Berliner Transformationsraum sowie die damit erzielten Ergebnisse sind in Kapitel 5.1 dargestellt. Während die Anwendung in Berlin auf sogenannte Fokusgebiete, d.h. einzelne Liegenschaften/Grundstücke und Freiraumareale im Kontext von Gebäudeensembles, bezogen war, ist es für kommunale Planungsprozesse wichtig, die einzelnen Schritte auch für räumlich größere Planungsvorhaben z. B. auf Quartiersebene zu weiten. Dass dies methodisch möglich ist, wurde im Rahmen eines Planspiels bereits für zwei Quartiere demonstriert (Matzinger et al. 2017). In diesem Kapitel wird das in Berlin erprobte Vorgehen von seinem lokalen Kontext und der betrachteten Skala gelöst und mit Blick auf die allgemeine Einbindung in kommunale Planungsprozesse (siehe Kap. 6.2) diskutiert.

Der Einstieg in die strukturierte Vorgehensweise erfolgt über eine eingehende Analyse der Ausgangssituation – sowohl der übergeordneten Rahmen- und Kontextbedingungen als auch der

konkreten Bedingungen des Standorts bzw. des Planungsgebiets – und die Festlegung von Zielen. Diese Schritte bedingen einander und sollten daher iterativ und in enger wechselseitiger Abstimmung erfolgen.

1) Analyse der Ausgangssituation: Zunächst werden Rahmen- und Kontextbedingungen für das Planungsgebiet erfasst. Diese beinhalten die übergeordneten Leitlinien der Stadtentwicklung, die lokalen Herausforderungen wie beispielsweise nötige Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel, die naturräumlichen Rahmenbedingungen, die Anforderungen an das zu beplanende Gebiet und die bestehenden Flächennutzungen. So wird eine integrative Betrachtung des Planungsgebiets von der Gebäude- bzw. Grundstücksebene über das Quartier bis zum Kanal- und Gewässereinzugsgebiet ermöglicht. Diese Informationen unterstützen die Identifikation von Problemlagen und Defiziten als auch die Festlegung von planerischen Zielen für das Gebiet als Grundlage für ein integriertes Bewirtschaftungskonzept. Dieser Schritt ähnelt dem Vorgehen beim Erstellen von Integrierten Städtebaulichen Entwicklungskonzepten *(*ISEK*)* und kann im Falle eines ISEK dieses als Grundlage nehmen.

2) Zielfestlegung: Die am Planungsprozess beteiligten bzw. zu beteiligenden Akteure wie Bedarfsträger und Fachverwaltungen diskutieren die Ziele und Rahmenbedingungen für die künftige Entwicklung des Planungsgebiets. Dabei werden sowohl allgemeine städtische Entwicklungsziele als auch standortspezifische Ziele berücksichtigt. Für die Auseinandersetzung mit Zielen, die anschlussfähig sind an blau-grün-graue Infrastrukturen, hat netWORKS 4 eine Übersicht von 14 planerischen Zielen erarbeitet, die auch Aspekte der Klimagerechtigkeit berücksichtigen. Diese Ziele leiten sich aus den Ökosystemleistungen der Infrastrukturbausteine ab und können als Grundlage für die Zielbestimmung zur Planung blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen herangezogen werden (Winker et al. 2019, Kap. 3.1). Dabei ist die Zielfestlegung durchaus iterativ gedacht: Überprüfungen als auch Nachsteuerungen sollen bei Bedarf erfolgen.

3) Bausteinauswahl und Vision – Planungsworkshops: In Planungsworkshops werden unter Beteiligung öffentlicher/kommunaler und privater Akteure sowie der Öffentlichkeit gemeinsam getragene Zukunftsbilder („Visionen“) für die Entwicklung des Planungsgebiets erarbeitet. In diesem Schritt haben sich die im Forschungsverbund netWORKS entwickelten Infokarten (siehe Kap. 6.4.2) als Tool bewährt. Die Infokarten unterscheiden Bausteine und Maßnahmen, wobei „Baustein“ die übergeordnete Kategorie ist und verschiedene Maßnahmen subsummiert (siehe auch Kap. 3.1). Im Rahmen der partizipativen Workshops kann es ausreichend sein, auf Ebene der Bausteine (siehe Kap. 3.1) die Ideen und Vorstellungen zu diskutieren und noch nicht zwingend auf die detailliertere Maßnahmenebene zu gehen. Als Ergebnis dieser Planungsworkshops können einfache Visualisierungen wie z. B. Skizzen oder Lagepläne entstehen, die die Diskussionen und Vereinbarungen des Workshops festhalten. Die Visualisierung ergänzt das obligatorische schriftliche Protokoll öffentlicher oder halb-öffentlicher kommunaler Planungsworkshops.

4) Varianten- und Konzeptentwicklung: Basierend auf den Ergebnissen der vorherigen Arbeitsschritte werden von Fachplaner*innen geeignete Bausteine und Maßnahmen identifiziert, kombiniert und in ein noch sehr grob gehaltenes, integriertes Wasserbewirtschaftungs- und Grünkonzept mit verschiedenen Entwicklungsvarianten übersetzt. Das Grobkonzept berücksichtigt die technische Machbarkeit und sinnvolle Vordimensionierung der Bausteine. Dabei werden die verschiedenen Wasserqualitäten und Nutzungsmöglichkeiten entlang der Kaskade Gebäude – Grundstück - Quartier beschrieben und Auslegungs- und Gestaltungsvarianten entwickelt. Die Konkretisierung kann dabei über verschiedene Varianten zum Ausdruck kommen.

5) Wirkungsabschätzung: Die potenziellen Wirkungen der Varianten werden bzgl. der planerischen Ziele abgeschätzt. Es bietet sich an, in diesem Schritt auch eine erste ökonomische Betrachtung durchzuführen. Je nach Ergebnis der Wirkungsabschätzung können Anpassungen in den Varianten notwendig werden, um die Zielerreichung zu verbessern. Die Schritte Variantenentwicklung und Bewertung können mehrmals iterativ durchlaufen werden (vgl. Kluge/Libbe 2006). Denkbar ist auch, dass sich vor dem Hintergrund der Ergebnisse der Wirkungsabschätzung die Ziele als nicht praktikabel und unrealistisch erweisen, sodass ggf. eine Nachjustierung der Ziele angezeigt sein kann, oder dass sich die Ziele aufgrund externer Ereignisse verändert haben.

6) Umsetzung: Die Auswahl und Entscheidung für eine Variante zur Umsetzung erfolgt mit Blick auf die Bewertungsergebnisse. Für die Auswahl und Entscheidung ist zu prüfen, welche Gremien und Entscheidungsträger*innen je nach Typ und Phase des Planungsprozesses zu beteiligen sind. Die ausgewählte Maßnahmenkombination wird als Konzept aufbereitet, das die Grundlage für die Ausarbeitung und Konkretisierung im weiteren Planungs- und Umsetzungsprozess (z. B. B-Planverfahren, städtebauliche Wettbewerbe, Beantragung von Mitteln der Städtebauförderung) darstellt. Regelmäßig fließen in diesen Schritt auch noch einmal übergeordnete Ziele und Interessen der Entscheidungsträger*innen ein, die jedoch im Rahmen dieses Vorgehens nicht überprüft werden können. In einem Beschluss wird das Umsetzungskonzept auch formal legitimiert.

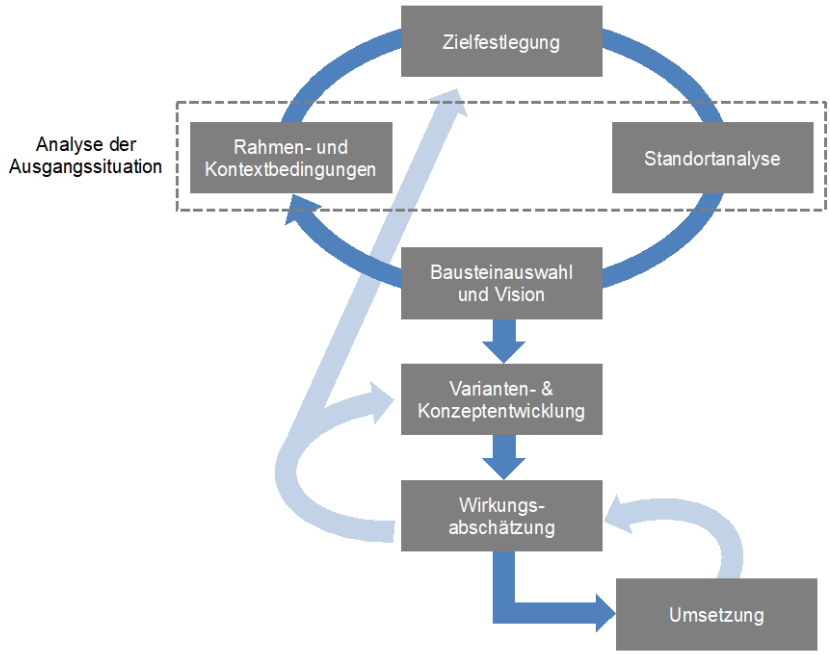


Abb. 21: Verfahren nach netWORKS 4 für kommunale Planungsprozesse

Folgende Merkmale/Besonderheiten und positive Effekte des strukturierten Ablaufs sollen an dieser Stelle noch einmal betont werden:

1. Ein zentrales Moment in diesem Vorgehen ist die frühzeitige Verständigung der Akteure über die im Gebiet zu verfolgenden planerischen Ziele. Diese Vereinbarung von Zielen dient im weiteren Prozess der Orientierung der Akteure bei der Auswahl und Auslegung geeigneter Bausteine blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen. Durch die gemeinsame Festlegung planerischer Ziele wird auch die Verbindung der konkreten, transformationsraumbezogenen Ziele mit übergeordneten stadtentwicklungspolitischen Zielen hergestellt. Für die Auseinandersetzung mit möglichen planerischen Zielen im Bezug auf gekoppelte Infrastrukturen bietet sich insbesondere die Phase „null“ bzw. die Vorplanungsphase in kommunalen Planungsabläufen an, da in der informellen Planungsphase städtebauliche und andere planerische Ziele (noch) nicht im Detail fixiert sind. Es bietet sich hier die Möglichkeit, Ziele der Klimaanpassung und der Wasserbewirtschaftung, die mit gekoppelten Infrastrukturen erreicht werden können, im Prozess zu verankern, bevor sich im weiteren Planungsprozess dieses Möglichkeitsfenster eher schließt.

2. Die frühzeitige Zielfestlegung hat im partizipativen Prozess, in den im Vorhaben netWORKS 4 auch dezidiert Laien eingebunden waren (siehe Kap. 5.1), auch den Effekt, dass einzelne

Bausteine, die keine Beiträge/Effekte zu den vereinbarten Zielen leisten, in der Diskussion hinten angestellt werden können. Diese Vorauswahl reduziert die Zahl der Bausteine und erleichtert die kreative Arbeit der Akteure im Workshop (Matzinger et al. 2018). Da viele Bausteine mehrere planerische Ziele unterstützen (vgl. Kap. 3.1), schränkt die Reduktion der Anzahl der Bausteine zugleich die Vielfalt und Optionen nicht zu früh zu sehr ein.

3. Ein weiterer Vorteil einer zielorientierten Vorgehensweise ist, dass die Bausteine gekoppelter Infrastrukturen vor dem Hintergrund ihrer Beiträge zur Zielerreichung erörtert werden und weniger nach subjektiven Vorlieben selektiv priorisiert bzw. nach subjektiven Bedenken voreilig ausgeschlossen werden.

4. Neben der Zielorientierung spielt die strukturierte Vorgehensweise eine wichtige Rolle, die dazu führt, (i) dass alle (lokal möglichen) Bausteine diskutiert werden, (ii) dass verschiedene Ziele abgewogen werden und (iii) dass während des Prozesses und vor allem der späteren Umsetzung die Entscheidungen auf die gemeinsame Zielvereinbarung zu Beginn zurückgeführt werden können. Zum einen wird dadurch eine Abkehr von einmal ausgewählten innovativen Bausteinen weniger wahrscheinlich, zum anderen werden dadurch die Wirkungsvielfalt bzw. der zu erreichende Mehrwert gesichert. Es ist auch zu erwarten, dass der Weg über eine gemeinsame Zielvereinbarung den Prozess weniger stark von einzelnen starken Akteuren abhängig macht und diesen stabilisiert.

5. Im Rahmen der Vorplanungsphase wird auch Informations- und Sensibilisierungsarbeit geleistet, wenn Akteure, die bisher keinen bzw. nur einen eingeschränkten Zugang zu Fragen der Bedeutung von Wasser und der Potenziale blau-grün-grau gekoppelter Infrastukturen für eine klimagerechte Stadtentwicklung hatten, sich mit der Thematik auseinandersetzen.

Das strukturierte Vorgehen hat sich in in der praktischen Erprobung und Optimierung als gut anwendbar und effektiv erwiesen. Was die Anwendbarkeit angeht, ist zu betonen, dass das Vorgehen gut in die bereits parktizierte Vorplanungsphase bei größeren Projekten passt und diese lediglich erweitert. Was die frühzeitige Festlegung von Zielen anbelangt, ist es wichtig, zunächst nicht-monetäre bzw. planerische Ziele festzulegen und die Wirtschaftlichkeit der entwickelten Kopplungsoptionen in einem späteren Schritt (z. B. im Rahmen einer Nutzwertanalyse) zu beurteilen. Damit werden qualitative Belange der Stadtentwicklung im Planungsprozess gestärkt. Grundsätzlich gilt es zu beachten, dass die Zielfestlegung ein politischer und mit konträren Interessen aufgeladener Prozess sein kann.

6.4.2 Partizipatives Planungstool Infokarten

Die in Kap. 3.1 vorgestellten Bausteine blau-grün-grauer Infrastrukturen wurden in den Planungsprozessen in den Transformationsräumen in Berlin und Norderstedt gezielt für die Entwicklung von planerischen Machbarkeitsstudien bzw. Grobkonzepten für Grün- und Wasserinfrastrukturen eingesetzt. Nachdem deutlich wurde, dass die kommunalen Akteure einen visuel-

len Eindruck der ihnen teilweise fremden Bausteine benötigen und sie die Sortierung der Bausteine in blaue, grüne und/oder graue Infrastrukturen nach Wirksamkeit bzgl. der unterschiedlichen Klimafolgen und später auch nach planerischen Zielen sehr hilfreich fanden, wurden im Vorhaben spezielle Infokarten entwickelt und erprobt, die zentrale Sachverhalte übersichtlich vermitteln.

Die Infokarten bauen auf den Arbeiten des Forschungsverbundes zur Kopplung der blau-grün-grauen Infrastrukturen auf und thematisieren die Rolle einzelner Bausteine und ihrer Beiträge zur kommunalen Anpassung an den Klimawandel. Inhaltliche Grundlage bieten das netWORKS-Paper zu den Bausteinen (Winker et al. 2019) sowie Recherchen und Erfahrungen der Berliner Wasserbetriebe. Dabei decken die enthaltenen Ziele auch Aspekte der Klimagerechtigkeit ab (siehe auch Kap. 2.5), um insbesondere Aspekte der Zugangsgerechtigkeit bearbeiten zu können. Die Infokarten können auch zur Verbesserung der Verfahrensgerechtigkeit eingesetzt werden, indem sie aufgrund der Visualisierung und reduzierten Informationen eine niedrigschwellige Beteiligung ermöglichen. Die Planungsverantwortlichen sind im Rahmen der Klimagerechtigkeit in besonderem Maße gefordert, sozial benachteiligte Bevölkerungsgruppen proaktiv anzusprechen, einzubinden und damit die Verfahrensgerechtigkeit zu fördern.

Die 20 Infokarten von Dach- und Fassadenbegrünungen über Pflanzenkläranlagen bis zum Wasserspielplatz zeigen auf, welche Bausteine für den Umgang mit den verschiedenen Klimawandelrisiken (siehe hierzu auch Kap. 3.2) geeignet sind und welche potenziellen Beiträge jeder einzelne Baustein zu anderen sozialen und ökologischen Planungszielen wie Aufenthaltsqualität, Gesundheitsförderlichkeit, Gewässerschutz und Förderung des natürlichen Wasserkreislaufes leisten kann (siehe hierzu auch Kap. 3.1). Ergänzend liefern sie Informationen zu Ausgestaltungsmöglichkeiten der Bausteine in Form von einzelnen Maßnahmen als auch zur räumlichen Skala (z. B. Gebäude oder Quartier), in der sie zu verorten sind. Die Anwender*innen können erfahren, für welche alternativen Wasserressourcen sie sich eignen bzw. welche sie nutzen können und mit welchen technischen Rahmenbedingungen sie in Verbindung stehen. Weiterführend wird über den aktuellen Wissensstand zu den Einsatzmöglichkeiten der Bausteine, zum Koordinationsaufwand bei Planung, Umsetzung und Betrieb sowie zu ihren Potenzialen in der Umweltbildung Auskunft gegeben.



Abb. 22: Beispielhafte Darstellung einer Infokarte mit Vorderseite (links) und Rückseite (rechts)

Die Karten informieren Fachakteure und die Bürger*innen über zentrale Projektergebnisse in einer leicht zugänglichen Form.

Bisher (im Vorhaben netWORKS 4) identifizierte Einsatzmöglichkeiten:

- Zu Beginn der Objektvorplanung
- In partizipativen Planungsschritten mit Betroffenen/Bürger*innen
- In Planungsworkshops zur Maßnahmenverständigung auf Quartiersebene

In mehreren Planungsworkshops in Berlin (siehe Kap. 5.1) wurden vorläufige Fassungen der Karten mit unterschiedlichen Akteuren aus der Siedlungswasserwirtschaft, Stadtplanung, Grünplanung, Straßen- und Verkehrsplanung, dem Wohnungsbaubereich und Betreibern von sozialen Infrastrukturen erprobt. Hierbei hat es sich bewährt, nicht mit allen 20 Karten zu arbeiten, sondern mit einer Vorauswahl von Karten zu beginnen, die für den Standort technisch machbare Bausteine darstellen. Zusätzlich können Karten mit geeigneten Bausteinen mit Blick auf den betrachteten städtischen Raum und seine räumliche Skala sortiert und vorausgewählt werden. Denn nicht alle Bausteine und Maßnahmen kommen gleichermaßen für alle Einsatzmöglichkeiten in Betracht. Trotz dieser wichtigen Vereinfachung zu Beginn des Prozesses können im weiteren Verlauf aussortierte Bausteine nochmals aufgegriffen werden, da sie in der Kopplung

doch sinnvoll sein können (z. B. eine technische Reinigung, die eine gewünschte Wasserqualität in einem Teich erzielt, aber nicht direkt ein gesetztes Ziel bedient).

Auch in Norderstedt wurden vorläufige Versionen der Karten verwendet, um hier im Kreis der Fachplaner*innen Alternativen zu gängigen Maßnahmen zu thematisieren und so (u.a. über eine Prüfung der Realisierbarkeit vor Ort und der zur Verfügung stehenden (alternativen) Wasserquellen das Spektrum der Handlungsmöglichkeiten zu erweitern.

Die verwendeten Karten wurden von den Teilnehmer*innen der Workshops in anschließenden Evaluationen generell als positiv und hilfreich bewertet. Darüber hinaus förderte die durch die Karten vermittelte umfassende und systematische Übersicht die Offenheit und Akzeptanz für neue Lösungen. Sie wurden insbesondere verwendet:

- für einen ersten visuellen Eindruck der Bausteine und der enthaltenen Maßnahmen,
- für ein systematisches Durchgehen der Bausteine (Karte um Karte) und ihrer Kopplungen,
- als Platzhalter für Bausteine auf den Gebietsplänen,
- zur Sortierung nach Zielen bzw. zur Prüfung ob alle Ziele berücksichtigt sind.

Die im Verbund entwickelten Infokarten richten sich vorrangig an Akteure der kommunalen Planung in den Bereichen Quartiersentwicklung, Grün- und Wasserinfrastrukturplanung sowie an Betreiber der Wasserver- und -entsorgung in kommunalen Entscheidungs- und Planungsprozessen. Auch Planungsbüros sind adressiert. Die Karten unterstützen den Austausch zwischen den Akteuren über Grundlagen und Orientierungen für die Weiterentwicklung und Veränderung von Wasser- und Grüninfrastrukturen, da sie eine Transparenz in der Informationsgrundlage herstellen. Es zeigte sich dabei in den bisherigen Erprobungen, dass der Einsatz der Infokarten eine Diskussion auf Augenhöhe zwischen den anwesenden jeweiligen Fachplaner*innen und fachfremden Akteuren für das zu beplanende Gebiet ermöglichte. Die Infokarten laden dazu ein, verschiedene Bausteine grüner, blauer und grauer Infrastrukturen zu kombinieren und damit integrierte Konzepte zur Klimaanpassung für Quartiere zu entwerfen.

Zusätzlich zu den Infokarten von netWORKS 4, die deutschlandweit für Städte einsetzbar sind, hat die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen des Landes Berlin die im Berliner Transformationsraum eingesetzten Kartenentwürfe mit einem Fokus auf die Berliner Bedarfe in spezifische Berliner Infokarten überführt (Veröffentlichung vorgesehen für Mai 2020). Ein Hintergrund für diese unterschiedlichen Entwicklungen von Infokarten ist, dass über die Bausteine deutlich mehr Inhalte erarbeitet wurden, als auf dem gewählten Kartenformat in DIN-A5 darstellbar sind. Daher konnten hier speziell Prioritäten mit Blick auf die aktuellen Berliner Ziele in der Stadtentwicklung gesetzt werden.

Eine Weiterentwicklung der Karten ist im Rahmen des Folgeprojektes von netWORKS 4 geplant. Dabei soll das erweiterte Feedback der Berliner Anwender*innen sowie aus Anwendungen mit weiteren Kommunen einfließen.

Die Infokarten sind kostenlos nutzbar und können hier heruntergeladen werden:

https://networks-group.de/de/networks-4/infokarten.html

Sollten Sie die Infokarten für Ihre spezifischen Bedarfe vor Ort anpassen wollen, stellen wir Ihnen zur individuellen Weiterentwicklung gerne auch die offene Originaldatei in InDesign zur Verfügung. Ihre Anfrage richten Sie bitte unter kurzer Angabe zu den Nutzungswünschen an winker@isoe.de.

Literatur

Kluge, Thomas, Jens Libbe (Hrsg.) (2006): Transformation netzgebundener Infrastruktur. Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser. Berlin (Difu-Beiträge zur Stadtforschung, Bd. 45).

Matzinger, Andreas, Matthias, Riechel, C. Remy et. al (2017): Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung – Ergebnisse des Projektes KURAS. Berlin.

Matzinger, Andreas, Pascale Rouault, Jan Hendrik Trapp, Brigitte Reichmann (2018): Integrierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung. Anwendung und Weiterentwicklung der „KURAS-Methode“ in Berlin. In: Ernst & Sohn Special 2018 – Regenwassermanagement, S. 54-56.

Nenz, Diana, Andreas Matzinger, Jan Hendrik Trapp, Brigitte Reichmann, Fabian Funke, Pascale Rouault, Michel Gunkel (2019): Wasser in der Stadt gemeinsam anders denken und planen. In: Ernst & Sohn Special 2019 – Regenwassermanagement, S. 68-71.

Trapp, Jan Hendrik, Diana Nenz, Andreas Matzinger, Pascale Rouault, Michel Gunkel, Brigitte Reichmann (2019): Planungsprozesse in der wassersensiblen und klimagerechten Stadt – blau-grün-grau gekoppelte Infrastrukturen in der Planungspraxis am Beispiel Berlin. KA – Korrespondenz Abwasser, 66.

Martina Winker, Jan Hendrik Trapp, Herbert Brüning, Michel Gunkel,
Pascale Rouault, Engelbert Schramm

7 Fazit und Ausblick

7.1 Ambition und Erkenntnis

Der Forschungsverbund netWORKS hatte sich in seinem Projekt netWORKS 4 das Ziel gesetzt, Lösungen für die zukunftsfähige Ausgestaltung der Wasserinfrastrukturen in Städten zu finden. Der Fokus lag dabei insbesondere auf einer vorsorgeorientierten Bewältigung der Auswirkungen von klimatischen Veränderungen. Ausgehend von ihren Ökosystemleistungen wurden blaue, grüne und graue Infrastrukturen betrachtet: Dabei sind wir von der These ausgegangen, dass sich durch ihre Kopplung Synergiepotenziale gewinnen, Klimafolgen abmildern und die Klimagerechtigkeit steigern lassen.

Diese These hat sich im Verlauf des Projekts bestätigt. Im Detail wurde deutlich, dass eine Verknüpfung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen in der Planung zahlreiche Vorteile bietet. So können

a) unterschiedliche planerische Ziele gemeinsam bedient werden und damit die verfügbaren, oft knappen Ressourcen und Flächen effizienter genutzt werden;

b) durch die verschiedenen Infrastrukturbausteine mit ihren unterschiedlichen, sich ergänzenden Eigenschaften die Robustheit des Gesamtsystems erhöht werden;

c) bestehende „blaue“ und „grüne“ Ökosysteme durch zusätzliche blau-grüne Bausteine robuster, womöglich auch variationsreicher werden, wodurch über den beplanten Bereich hinaus zusätzliche positive Wirkungen erreicht werden. Damit kann neben einer Anpassung an den Klimawandel zugleich ein übergeordneter ökologischer und gesellschaftlicher Mehrwert geschaffen werden;

d) gekoppelte Infrastrukturen die Klimafolgen deutlich abmildern, was einen direkten geldwerten Vorteil und Beitrag zur Schadensvorsorge darstellt. Für den Austausch zwischen den Akteuren und die planerische Optimierung wäre es von Interesse, diesen Vorteil konkreter bemessen und in Relation zu den Kosten für blau-grün-graue Infrastrukturen setzen zu können.

Blau-grün-graue Infrastrukturen fördern zukunftsfähige Gestaltung

Die Maßnahmen zu einer (stärkeren) Vernetzung von blau-grün-grauen Infrastrukturen kommen schwerpunktmäßig aus der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und der Debatte um neuartige Wasserinfrastrukturen. In der Fachwelt sind die bestehenden und möglichen Maßnahmen bekannt und befinden sich zumindest in der wissenschaftlich gestützten Erprobung. Größere Wissenslücken in Hinblick auf fehlende technische Lösungen zur Reaktion auf die unterschiedlichen Folgen des Klimawandels konnten nicht festgestellt werden. Dies bedeutet,

dass einer integrierten Gestaltung von blau-grün-grauen Infrastrukturen im Grundsatz mit Blick auf die verfügbaren Optionen nichts im Wege steht.

Die Arbeiten des Forschungsverbunds in den Städten Norderstedt und Berlin haben jedoch auch deutlich gezeigt, dass es für alle beteiligten Akteure herausforderungsvoll ist, sich mit den für sie neuen Elementen und Gestaltungsmöglichkeiten auseinanderzusetzen. Damit verbunden sind zunächst ein erhöhter zeitlicher Aufwand und sich verändernde Abstimmungsbedarfe. Das bestehende Wissen der einzelnen kommunalen Akteure und verantwortlichen Planer*innen in Prozessen der Quartiers(neu)planung ist sehr heterogen: Dominierend sind fach- und ressortbezogenes Expertenwissen und eingeübte Routinen bei bestimmten Problemstellungen oder Lösungswegen. Für neue Wege der Kopplung blau-grün-grauer Infrastrukturen bedarf es an vielen Stellen der Überwindung gängiger Handlungsweisen und einer stärkeren wechselseitigen Bezugnahme. Dies zeigte sich zum Beispiel sehr deutlich beim Thema der Verdunstung: Beim Umgang mit Niederschlagswasser empfiehlt es sich, mit Blick auf die Klimaanpassung die Verdunstung gegenüber der Versickerung zu stärken und sich damit dem natürlichen Wasserkreislauf anzunähern. Gleichzeitig kann eine erhöhte Verdunstung der ressourcenschonenden Wassernutzung im Rahmen einer Zweit- oder gar Drittverwertung entgegenstehen – zwei Sachverhalte, die für einige der beteiligten Praxisakteure neu waren und nahezu einen Paradigmenwechsel in ihrem Arbeiten bedeuteten. Nur wenn solche Wissensdefizite oder auch Vorfestlegungen überwunden werden können, kann eine zukunftsfähige Gestaltung mittels blau-grün-grauer Infrastrukturen gelingen.

Vorhandenes Wissen ist verfügbar zu machen

Das in der Regel notwendige Systemwissen, also das Wissen darüber, wie etwas abläuft und funktioniert, ist grundsätzlich verfügbar. Das Wissen wird in der Praxis jedoch noch zu wenig genutzt. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie man das erforderliche Zielwissen (Wissen darüber, was sein soll und was nicht) und Handlungswissen (Wissen darüber, wie der Prozess zu gestalten ist, um von der Ist-Situation in eine erwünschte/geplante künftige zu gelangen) für eine gute und gemeinsame Planung blau-grün-grauer Infrastrukturen niedrigschwellig zugänglich und verfügbar machen kann.

Hier hat der Forschungsverbund netWORKS das Werkzeug „Infokarten für die Planung blau-grün-grauer Infrastrukturen“ entwickelt (für Details siehe Kap. 6.4). Die Karten erlauben u.a. einen schnellen visuellen Eindruck von den Bausteinen und weisen deren (multifunktionales) Wirkungspotenzial über Ampelfarben systematisch nach Einsatzorten (z. B. Gebäude- oder Quartiersebene) aus. Sie können insbesondere für partizipative Planungsschritte eingesetzt werden, jedoch bietet sich auch eine Nutzung für die/den einzelne/n Fachplaner*in an. Bei ersten Anwendungen wurde deutlich, dass der Einsatz der Infokarten den Informationsstand bei den Beteiligten erhöhte und damit zu dem angestrebten Wissenstransfer führte. Die 20 Karten unterstützen den Austausch zwischen den Akteuren über inhaltliche Ziele, Vor- und Nachteile und bieten Orientierung sowohl für die mögliche Weiterentwicklung des betrachteten Planungs-

gegenstands als auch für Veränderungsoptionen. Zugleich ermöglichen die Infokarten eine Diskussion auf Augenhöhe zwischen den anwesenden jeweiligen Fachplaner*innen und fachfremden Akteuren für das zu beplanende Gebiet. Sie laden durch die auf ihnen verfügbaren Informationen dazu ein, verschiedene Bausteine blauer, grüner und grauer Infrastrukturen zu kombinieren und damit integrierte Konzepte zur Klimaanpassung sowie zum Erreichen weiterer planerischer Ziele für Quartiere zu entwerfen.

Selbstverständlich lösen die Infokarten nicht grundsätzlich das Problem, Systemwissen für die Praxis verfügbar zu machen und in die praktische Anwendung zu bringen. Sie können auch keine Fortbildungsangebote für die Mitarbeitenden von Fachbehörden etc. ersetzen. Sie bieten jedoch ein hohes Potenzial, sich fast spielerisch und über einfache grafische Elemente mit blau-grün-grauen Infrastrukturbausteinen einer klimaangepassten Stadtentwicklung auseinanderzusetzen und in die Thematik hineinzudenken. Eine Vorsortierung der einzelnen Bausteine im Hinblick auf priorisierte planerische Ziele hilft, die Vielfalt der Bausteine und Komplexität zu reduzieren. Durch diese niedrigschwellige Informationsbereitstellung wird zudem die Einstiegsbarriere für Laien erheblich gesenkt, um ihre aktive inhaltliche Beteiligung im Planungsprozess fördern zu können. Dies stellt auch einen wichtigen und erheblichen Beitrag zur Verfahrensgerechtigkeit dar.

Verknüpfung in der Planung erfordert Abstimmung zwischen den Akteuren

Die Vielzahl der Akteure und ihre unterschiedlichen Interessenlagen machen die gesamtstädtische Zielabstimmung schwierig. Daher sollten für die Umsetzung einer stärkeren Kopplung von blau-grün-grauen Infrastrukturen unterschiedliche Strategien parallel verfolgt werden. Zum einen kann auf bestehende formelle als auch informelle Zielvereinbarungen und -strategien Bezug genommen werden, wie etwa Leitbilder zu Klimaschutz und Klimaanpassung oder politische Beschlüsse und verantwortliche Institutionen mit einem entsprechenden Mandat (z. B. Umwelt- und Wasserbehörden sowie Infrastrukturbetreiber). Zum anderen gilt es, ein persönliches Engagement zu nutzen und über individuell angepasste Überzeugungsarbeit Einzelne für die Sache zu gewinnen. Dafür ist es hilfreich, unterschiedliche Argumentationslinien zu bedienen, etwa ökologische und ökonomische Argumente für eine Lösung liefern zu können. Gelingt es, einzelne Schlüsselakteure und Entscheidungsträger*innen für die angestrebten Ziele und das stärkere Vernetzen von Infrastrukturen zu gewinnen, wirkt dies häufig mittelfristig sehr förderlich. Die Umsetzung und Verstetigung neuer Gestaltungsoptionen und Planungsansätze auf Basis blau-grün-grauer Infrastrukturen bleiben jedoch einzelfallabhängig und fragil, solange diese nicht mit institutionellen und strukturellen Veränderungen (z. B. neue Aufgabenzuweisungen aufgrund entsprechender Gremienbeschlüsse) verknüpft sind.

In Berlin sind solche strukturellen Veränderungen in vollem Gange, zumindest für blau-grün-graue Infrastrukturen im Bereich der Regenwasserbewirtschaftung. Die Multifunktionalität der Maßnahmen hat dazu geführt, dass grüne und blaue Elemente der Regenwasserbewirtschaftung von ganz verschiedenen Behörden/städtischen Institutionen aus unterschiedlichen Blick-

winkeln und auf Basis unterschiedlicher Zielstellungen gefordert werden. Zur Unterstützung einer integrierten Planung, zur Identifikation von städtischen Zielstellungen für das Planungsgebiet und zur dazu erforderlichen Abstimmung zwischen den Akteuren hat der Forschungsverbund netWORKS ein strukturiertes Vorgehen nach netWORKS 4/KURAS plus entwickelt und erprobt (Kap. 5.1 und 6.4). Dieses Vorgehen unterstützt Akteure, systematisch die grundlegenden Informationen für ein Planungsvorhaben zusammenzustellen und sich zu Beginn eines Planungsprozesses auf die zentralen planerischen Ziele zu verständigen. Die frühzeitige Auseinandersetzung mit Zielen und deren Priorisierung bietet Orientierung für die folgenden Schritte zur Entwicklung von Gestaltungsoptionen und Kopplungsvarianten sowie einen Rahmen für die Wahl einer Vorzugsvariante. Im Ergebnis kann die Systematisierung der planerischen Ziele helfen, frühzeitig Synergien und Schnittmengen zwischen einzelnen Zielen, aber auch Widersprüche und Zielkonflikte zu identifizieren, die – je eher sie thematisiert werden – besser im Prozess bearbeitet werden können . Die Systematisierung der Ziele kann zu einem offenen Austausch über die Bausteine und damit zu vielseitigen und mit Blick auf Klimafolgen wirksamen (Kap. 4.2, 5.1) Varianten führen. Im Beispiel Berlin hat das dazu geführt, dass die gemeinsame Zielvereinbarung bei den am Prozess Beteiligten die Umsetzung der ausgewählten Varianten befördert.

Zudem zeigte sich, dass integrierte Planungsprozesse und die Einbeziehung von wasserwirtschaftlich tätigen Unternehmen insbesondere in frühen Planungsphasen bisher eher nicht die Regel sind. In den im Rahmen des Projekts netWORKS 4 exemplarisch durchgeführten Machbarkeitsstudien hat sich die bereits zu Beginn erfolgte Einbindung der Berliner Wasserbetriebe als hilfreich erwiesen. So konnten die Belange der Siedlungsentwässerung adäquat in der Planung berücksichtigt werden, Möglichkeiten der Kopplung mit der bestehenden grauen Infrastruktur konnten frühzeitig geprüft und etwaige Hemmnisse oder praktische Fragen der Gruppe der Planenden dem wasserwirtschaftlichen Unternehmen gegenüber fachlich eingeordnet werden. Bei Stadtumbau- und Neubaugebieten zeigte sich, dass die Einbindung der Generalentwässerungsplanung in der informellen Vorplanungsphase essentiell ist, um notwendige Flächen zur Regenwasserbewirtschaftung im Bebauungsplan bereitzuhalten.

7.2 Empfehlungen im Einzelnen für die Planungspraxis blau-grün-grauer Infrastrukturen

Vom Forschungsverbund netWORKS wurden Empfehlungen für die Praxis entwickelt. Diese richten sich an jene Akteure, die Planungsprozesse auf Objekt- und vor allem Quartiersebene gestalten. Die Empfehlungen für die Praxis zeigen auf, wie die Potenziale einer integrierten blau-grün-grauen Infrastrukturplanung tatsächlich gehoben werden können. Sie erheben dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern bilden das ab, was der Forschungsverbund in seiner dreijährigen Arbeit an Erfahrungen und Wissen sammeln konnte.

- Aufgrund begrenzter Flächenverfügbarkeit bedarf es einer sorgfältigen Planung von städtischen Flächen und ihrer Nutzung bzw. Funktion. Die Ansprüche an die Integration unter-

schiedlicher Zielsetzungen in der Planung verändern sich. Eine stärkere Vernetzung der Infrastrukturen kann neue Optionen erschließen. Infrastrukturen sind dabei auch im Kontext ökologischer Gesamtkonzepte wie z. B. Biotopnetzwerke zu sehen und dahingehend auszurichten. Die Planungsprozesse sind zu prüfen, anzupassen und weiter zu qualifizieren, um diese Integrationsaufgaben leisten zu können. Hilfreich ist,

- bei der Prozessplanung und in der Ausschreibung von Aufträgen an externe Büros Budgets für eine intensivere Vernetzung der Planungsakteure auszuweisen, die dieser erhöhten Komplexität Rechnung tragen;
- bei Ausschreibung und Vergabe die Fähigkeiten und Erfahrungen externer Büros im Umgang mit Komplexität genauso zu prüfen wie ihre inhaltlichen Kompetenzen und Referenzen in Bezug auf gekoppelte Infrastrukturen.
- eine enge Taktung von Treffen aller beteiligten Akteure einzuplanen, um inhaltliche Konkretisierungen unter Berücksichtigung der erforderlichen Integrationsleistungen gemeinsam weiterzuentwickeln und abzustimmen.

- Es ist sinnvoll, frühzeitig im Planungsprozess die Interessenlagen aller relevanten Akteure zu identifizieren. Das „Hineindenken“ in die Interessenlagen der einzelnen Akteure kann die Strategiebildung für den (Transformations-)Prozess unterstützen und die Erfolgsaussichten steigern. Eine Akteursanalyse hilft,
  - insbesondere innovative Akteure von Anfang an aktiv einbinden zu können;
  - aufgeschlossene Akteure zu identifizieren und deren Handlungsspielraum konstruktiv einzubinden;
  - die potenziellen Kritiker*innen in den Blick zu nehmen und deren Bedenken und Gegenargumente frühzeitig konstruktiv aufgreifen und bearbeiten zu können.

  Ab Prozessbeginn empfiehlt sich eine mehrfache Überprüfung, ggf. auch Wiederholung der Akteursanalyse. Damit wird es möglich, Positionen und Interessenlagen der Akteure, die sich im Zuge des Prozesses auch verändern können, im Blick zu behalten und im weiteren Prozess zu berücksichtigen.
- Der Beitrag von blau-grün-grauen Infrastrukturen zur Klimaanpassung bzw. deren Mehrwert für die Erreichung verschiedener prioritärer Gebietsziele sind aufzuzeigen. Im Einzelfall gilt es, auch mehrfach darauf hinzuweisen.
  - Hier geht es zum einen um den funktionalen Wert (Schadensbegrenzung/-vorsorge, sparsamer Umgang mit Fläche, Kompensation von Klimawandelfolgen, …).
  - Daneben ist aber auch ein nicht monetarisierbarer Mehrwert zu betrachten (Identifikation, Lebensqualität, „Eigenwert von Natur“, …)
  - Schließlich sind auch monetarisierbare Beiträge/Mehrwerte gekoppelter Infrastrukturen möglichst zu beziffern und in Bezug zueinander zu setzen. Dies sind zum Beispiel Inves-

titions- und Betriebskosten sowie vermiedene Kosten bei außergewöhnlichen Risiken (Schäden nach Starkregen oder Ausfall von Bewässerung etc.).

- In kommunalen Planungsprozessen sind die relevanten übergeordneten städtischen/kommunalen Ziele explizit zu machen und aufzugreifen. Es gilt, transparent zu bestimmen, in welcher Art von Bezügen diese zum Planungsraum bzw. zum Planungsgegenstand stehen. Dabei sind die bestehenden Ziele in der Stadt daraufhin zu prüfen, inwiefern sie Innovationen bzw. innovationsfreudige Akteure (Innovationstreiber) unterstützen.
  Die übergreifenden und die auf das konkrete Planungsgebiet bezogenen Ziele sind als Zielsystem aufzubauen und als solches zu vereinbaren. Dann werden sowohl Synergien als auch Zielkonflikte besser sichtbar. Ggf. kann das auch bedeuten, dass frühzeitig Zielkonflikte zu bearbeiten sind (z. B. bezahlbarer Wohnraum bei gleichzeitig erforderlichen Klimaanpassungsmaßnahmen braucht eine Klärung bzgl. des Umgangs mit Mehrkosten).
- Die Akzeptanz blau-grün-grauer Infrastrukturen ist in der Bevölkerung oft weitaus höher, als von Fachexpert*innen vermutet wird. Das hat eine Befragung in Norderstedt eindrucksvoll gezeigt. Dieses Potenzial gilt es im Planungsprozess zu aktivieren. Beteiligungsformate sind diesbezüglich zu prüfen und ggf. anzupassen.
- Die Kosten für blau-grün-graue Infrastrukturen auf Objektebene sind schon in einer ersten Grobplanung überschlägig zu kalkulieren und zu berücksichtigen, z. B. für die Beantragung von Fördermitteln (später sind sie nur schwer zu integrieren):
  - Als aktueller Orientierungswert für Investitionskosten bei sozialen Infrastrukturen soll 1 % der objektbezogenen Bauinvestitionssumme für gekoppelte Wasserinfrastrukturen vorgesehen werden;
  - Qualitätssicherung ist ein wichtiges Element, um die Ausschöpfung des Potenzials von innovativen Aspekten im Betrieb auch tatsächlich sicherzustellen. Daher sollte Qualitätssicherung als Standard etabliert werden. Für die Qualitätssicherung beim Bau und eine laufende Betriebsoptimierung der gekoppelten Wasserinfrastrukturen in den ersten zwei Jahren im Betrieb des Objekts sollen Mittel standardmäßig einkalkuliert werden (Monitoring und Optimierung). Dafür sind nur ca. 0,02 % der Bauinvestitionskosten nötig, die gut angelegtes Geld sind.
  - Um die Entscheidung über die Planung nicht nur an den „harten“ Kosten (Investitionskosten, Betriebskosten inkl. Kosten für Wartung/Pflege) festzumachen, sollen die Kosten in eine Nutzwertanalyse mit einbezogen werden, um sie sowohl zu anderen (nicht-monetären) Kriterien als auch zu vermiedenen finanziellen Schäden ins Verhältnis setzen zu können.
- Eine zielgruppendifferenzierte Ansprache ist für einen effektiven Planungsprozess wichtig. Dies erfordert entsprechende Ressourcen für die spezifischen Ansprachen von Zielgruppen, insbesondere zum Prozessbeginn. Dies gilt sowohl für die Form und die Verständlichkeit der Ansprache als auch für die thematischen Bezüge.

  - Zielgruppen, die im Prozess erreicht werden sollen sind frühzeitig zu identifizieren (vgl. Akteursanalyse).
  - Gute, ansprechende Visualisierungen mit attraktiven Bildern und Daten/Kennzahlen zur Information können dabei eine große Hilfestellung bieten.
  - Bei innovativen Ansätzen gilt es, Multiplikator*innen zu identifizieren, um das Thema auf diese Weise unabhängig von Fachleuten in andere städtische Teilräume (z. B. Stadtteile/Bezirke), Städte und an andere Zielgruppen weiterzutragen. Daraus entsteht eine eigene Dynamik im Wissenstransfer.

- Wichtig ist auch, eine Plattform für gemeinsames Lernen und Erfahrungsaustausch zu initiieren und zu pflegen, etwa in Form von abteilungs- und ämterübergreifenden Arbeitsgruppen oder im Rahmen von Planungs- und Umsetzungsprozessen etwa als Multistakeholder-Steuerungskreise. Damit können sich interessierte und aktive Akteure, die in ihrer Institution/Kommune noch in der Minderheit sind, mit Gleichgesinnten austauschen sowie über Ideen, Anregungen und Tipps verständigen.

7.3 Forschungsfragen

Nicht alle Fragen, die im Projekt netWORKS 4 aufgekommen sind, konnten abschließend geklärt werden. Diese sollten im Rahmen der weiteren anwendungsorientierten Forschung behandelt werden:

- (Wann) Sind gekoppelte Infrastrukturen als neues Konzept zur Anpassung an den Klimawandel auch mit Blick auf energetische Fragestellungen und Klimaschutzziele für Entscheidungsträger*innen in Kommunen, Infrastrukturbetreiber und Bewohner*innen attraktiv?

- Es wurde deutlich, dass eine vernetzte Planung von blau-grün-grauen Infrastrukturen es ermöglicht, unterschiedliche planerische Ziele der Infrastrukturplanung, der Grünplanung usw. parallel zu verfolgen. Mit Zielkonflikten ist dabei zu rechnen. Wo bzw. zwischen welchen planerischen Zielen sind diese im Besonderen zu verorten, wie stellen sie sich dar und welche Ansätze gibt es, diese zu überwinden oder zumindest zu minimieren?

- Wie kann eine ganzheitliche Bewertungsmethode zur Einordnung des Beitrags gekoppelter Infrastrukturen für die Erzielung einer größeren Klimagerechtigkeit im Gesamtplanungsprozess aussehen?
  Wie ist vor diesem Hintergrund insbesondere die Bewertung sozio-kultureller Ökosystemleistungen und eher sozialer/gesellschaftlicher und damit nicht oder nur sehr aufwändig quantitativ messbarer planerischer Ziele auf Quartiersebene möglich?

- Was kann der Mehrwert einer Modellierung der technischen Resilienz für die kommunale Anpassung an den Klimawandel sein? In welchen Zusammenhängen liefert sie interessante und wertvolle zusätzliche Informationen?

- Wie kann die initiierte sozial-ökologische Modellierung für integrierte Planungstools weiterentwickelt und in ihnen genutzt werden? Stehen der Aufwand der Modellierung und der Nutzen in den entsprechenden Tools in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander?
- Was bedeutet es, wenn sich die Kosten zwischen den Akteuren im Zuge neuer infrastruktureller Kopplungen verschieben, und welche institutionellen Regelungen werden benötigt, um veränderte Kostenzuweisungen zu ordnen und zu begründen?
- Wie hoch ist der externe Nutzen einer Schadensvorsorge (z. B. gegen ein hundertjährliches Regenereignis) durch den Einsatz von blau-grün-grauen Infrastrukturen? Und wie lässt sich dieser in der Planung monetarisieren?

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

Jeremy Anterola

B.Sc. und M.Sc. in Landschaftsarchitektur (2009). MBA International Management, Berlin, Hochschule für Wirtschaft und Recht (2018). Seit über zehn Jahren bei Ramboll Studio Dreiseitl an den Standorten Überlingen, Abu Dhabi, Singapur und aktuell in Hamburg. Spezialisierung in der Anwendung von Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen und Klimaanpassungsstrategien. Als Associate verantwortlich für Forschung und Projektentwicklung.

Email: jeremy.anterola@ramboll.com

Herbert Brüning

Bankkaufmann und Dipl.-Biologe, seit 1998 bei der Stadt Norderstedt in verschiedenen Leitungspositionen in den Bereichen Umweltschutz und nachhaltige Entwicklung tätig, derzeit als Leiter der Stabsstelle Nachhaltiges Norderstedt. Nach dem Aufbau einer städtischen Klimaschutz-Koordination verantwortlich für die sukzessive Ausweitung der Querschnittsaufgabe nachhaltige Entwicklung in verschiedene kommunale Handlungsbereiche hinein (Lärmminderungsplanung, nachhaltige Mobilität, fairer Handel, Bildung für nachhaltige Entwicklung, Koordination für biologische Vielfalt, Kunst usw.). Eigene Konzeption und Durchführung diverser Forschungsvorhaben zur Nachhaltigkeit und Beteiligung an Forschungen Dritter als kommunaler Partner oder best practice-Beispiel.

E-Mail: herbert.bruening@norderstedt.de

Dr. Fanny Frick-Trzebitzky

M.Sc. in Umwelt und nachhaltige Entwicklung und B.Sc. in Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung, Promotion (2017) im Förderschwerpunkt Transformationsforschung der Heinrich-Böll-Stiftung in Anbindung an die Humboldt-Universität zu Berlin und das King's College London zum Thema „Riskscapes of flooding in a rapidly urbanising coastal region: The case of the Densu Delta, Accra, Ghana". Seit 2018 wissenschaftliche Mitarbeiterin am ISOE im Forschungsschwerpunkt „Wasserressourcen und Landnutzung". Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Umweltgerechtigkeit, Anpassung an den Klimawandel, Kritischer Institutionalismus, Soziale Hydrologie.

E-Mail: frick@isoe.de

Michel Gunkel

Dipl.-Ingenieur der Biotechnologie, TU Berlin. Seit 2013 als Ingenieur im Bereich Forschung und Entwicklung der Berliner Wasserbetriebe im Projektmanagement von mehreren Forschungsprojekten der Siedlungswasserwirtschaft zu den Themen Abwasserableitung, Regenwasserbewirtschaftung und Stadtentwicklung tätig.

E-Mail: michel.gunkel@bwb.de

Dr. Jens Libbe

Dipl.-Sozialökonom und Dipl.-Volkswirt, Dissertation an der Universität Leipzig zum Thema „Transformation städtischer Infrastruktur. Perspektiven und Elemente eines kommunalen Transformationsmanagements am Beispiel Energie“. Seit 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Deutschen Institut für Urbanistik (Difu), seit August 2015 Leiter des Bereichs „Infrastruktur und Finanzen“. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Infrastruktursysteme und Transformation, kommunale Daseinsvorsorge und Dienstleistungen von allgemeinem wirtschaftlichem Interesse, Institutioneller Wandel kommunaler Aufgaben, Governance öffentlicher Unternehmen, Begleitforschung und Evaluation.

E-Mail: libbe@difu.de

Dr. Stefan Liehr

Dipl.-Physiker, Promotion (2001) an der Universität Bremen und dem heutigen Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation in Göttingen auf dem Gebiet der Modellierung nichtstationärer, stochastischer Prozesse in komplexen Systemen. Seit 2003 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISOE, leitet den Forschungsschwerpunkt „Wasserressourcen und Landnutzung“. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: nachhaltiges und integriertes Ressourcenmanagement, Wasserbedarfsentwicklung, sozial-ökologische Systeme, modellbasierte und konzeptionelle Zugänge zu den Wechselbeziehungen von gesellschaftlichem Handeln und natürlichen Prozessen.

E-Mail: liehr@isoe.de

Dr. Andreas Matzinger

M.Sc. der Umweltnaturwissenschaften an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH), Promotion (Dr. sci. ETH) an der Eawag, dem Wasserforschungsinstitut der ETH, zum Thema "Is Anthropogenic Nutrient Input Jeopardizing Unique Lake Ohrid? – Mass Flux Analysis

and Management Consequences". Seit 2007 Projektleiter und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Kompetenzzentrum Wasser Berlin in der Abteilung Urbane Systeme. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Monitoring, Modellierung und Datenanalyse von anthropogenen Einflüssen auf Oberflächengewässer, Belastungen und Maßnahmen im Bereich des urbanen Regenwassers, integrierte Planung urbaner Regenwasserbewirtschaftung.

E-Mail: andreas.matzinger@kompetenz-wasser.de

Diana Nenz

Dipl.-Ing der Landschaftsplanung an der TU Berlin, Abschlussarbeit zum Thema Infrastrukturplanung im Fachgebiet Umweltökonomie in Kooperation mit der Hebrew University, Israel. Seit 2014 laufende Promotion am Zentrum für nachhaltige Entwicklung der Cambridge University zu Herausforderungen für eine künftige Wassersicherheit. Seit 2008 arbeitet sie zu Fragen des integrierten Wasserressourcenmanagements, der Strategieentwicklung und zu Kooperationsprozessen sowie Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit dem Privatsektor; zuletzt als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Deutschen Institut für Urbanistik (Difu), davor als Projektleiterin und Koordinatorin des Wasserteams bei adelphi, als Beraterin der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) und beim Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK).

E-Mail: dn319@cam.ac.uk

Brigitte Reichmann

Studium an der Technischen Universität Dresden – Fachrichtung Bauingenieurwesen (Abschluss Diplom). Technische Referentin in der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Land Berlin. Entwicklung von Grundsätzen und Kriterien für das ökologische Bauen. Schwerpunkte: ökologische Gebäudekonzepte, Entwicklung und Durchführung, Projektleitung und Projektpartner von stadtökologischen Modellvorhaben, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit.

E-Mail: brigitte.reichmann@sensw.berlin.de

Dr.-Ing. Pascale Rouault

Dipl.-Ing in Wasserwesen der ehemaligen ENSHMG (heute Ense³ Ecole Nationale Supérieure de l'Energie, l'Eau et l'Environnement), Institut Polytechnique de Grenoble (Frankreich) und Dr.-Ing. der TU Berlin, Bauingenieurwesen, Konstruktiver Wasserbau. Arbeitet seit 2007 am Kompetenzzentrum Wasser Berlin, zuerst als wissenschaftliche Mitarbeiterin und Projektleiterin und seit 2010 als Abteilungsleiterin für den Bereich Urbane Systeme. Arbeitsschwerpunkte: Fragen

der Stadtentwässerung und ihrer Auswirkungen auf die urbanen Gewässer, Veränderung der Stadt in Bezug auf Regenwasser.

E-Mail: pascale.rouault@kompetenz-wasser.de

Dr. Engelbert Schramm

Studium der Biologie, Chemie und Erziehungswissenschaften, 1995 Promotion an der TU Darmstadt zur Ideengeschichte des Kreislaufs. Mitbegründer des ISOE, von 2014 bis Juli 2018 Mitglied der Institutsleitung, Mitarbeiter des Forschungsschwerpunkts „Wasserinfrastruktur und Risikoanalysen“. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Wasser- und Stoffströme, partizipative Szenarioentwicklung.

E-Mail: schramm@isoe.de

Dr. Immanuel Stieß

Studium der Philosophie und Sozialwissenschaften, 2005 Promotion im Fachbereich Architektur, Stadt-, Landschaftsplanung der Universität Kassel mit einer Untersuchung zum Thema modernisierungsbegleitende Mieterkommunikation. Seit 1998 wissenschaftlicher Mitarbeiter des ISOE und seit 2010 Leiter des Forschungsschwerpunkts „Energie und Klimaschutz im Alltag“. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: nachhaltige und CO_2-arme Lebensstile und Alltagspraktiken, Klimagerechtigkeit und Gender, sozialempirische Akzeptanz- und Wirkungsanalysen.

E-Mail: stiess@isoe.de

Jan Hendrik Trapp

Dipl.-Soziologe (Siedlungs-, Umwelt- und Planungssoziologie), von 1998 bis 2006 und erneut seit September 2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Deutschen Institut für Urbanistik (Difu), Bereich Infrastruktur und Finanzen, seit 2018 Leiter des Teams Infrastruktur und Sicherheit. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Governance von Transformationsprozessen stadttechnischer Infrastrukturen, Handlungsstrategien für Kommunen, kommunale Unternehmen, Organisations- und Managementmodelle der Daseinsvorsorge.

E-Mail: trapp@difu.de

Dr.-Ing. Martina Winker

M.Sc. Agrarökologie und B.Sc. Agrarwissenschaften, Promotion (2009) an der TU Hamburg-Harburg zum Thema „Pharmazeutische Rückstände in Urin und die potentiellen Risiken bezogen auf dessen Nutzung als Dünger in der Landwirtschaft“. Tätigkeit bei der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH im Bereich Nachhaltige Sanitärversorgung. Seit 2012 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE), seit 2014 Leiterin des Forschungsschwerpunkts „Wasserinfrastruktur und Risikoanalysen“. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: neuartige und differenzierte Wasserinfrastruktursysteme, Transformationsmanagement, Kopplung von Infrastrukturen, sozial-ökologische Risikoforschung, Water Reuse, Landwirtschaft.

E-Mail: winker@isoe.de