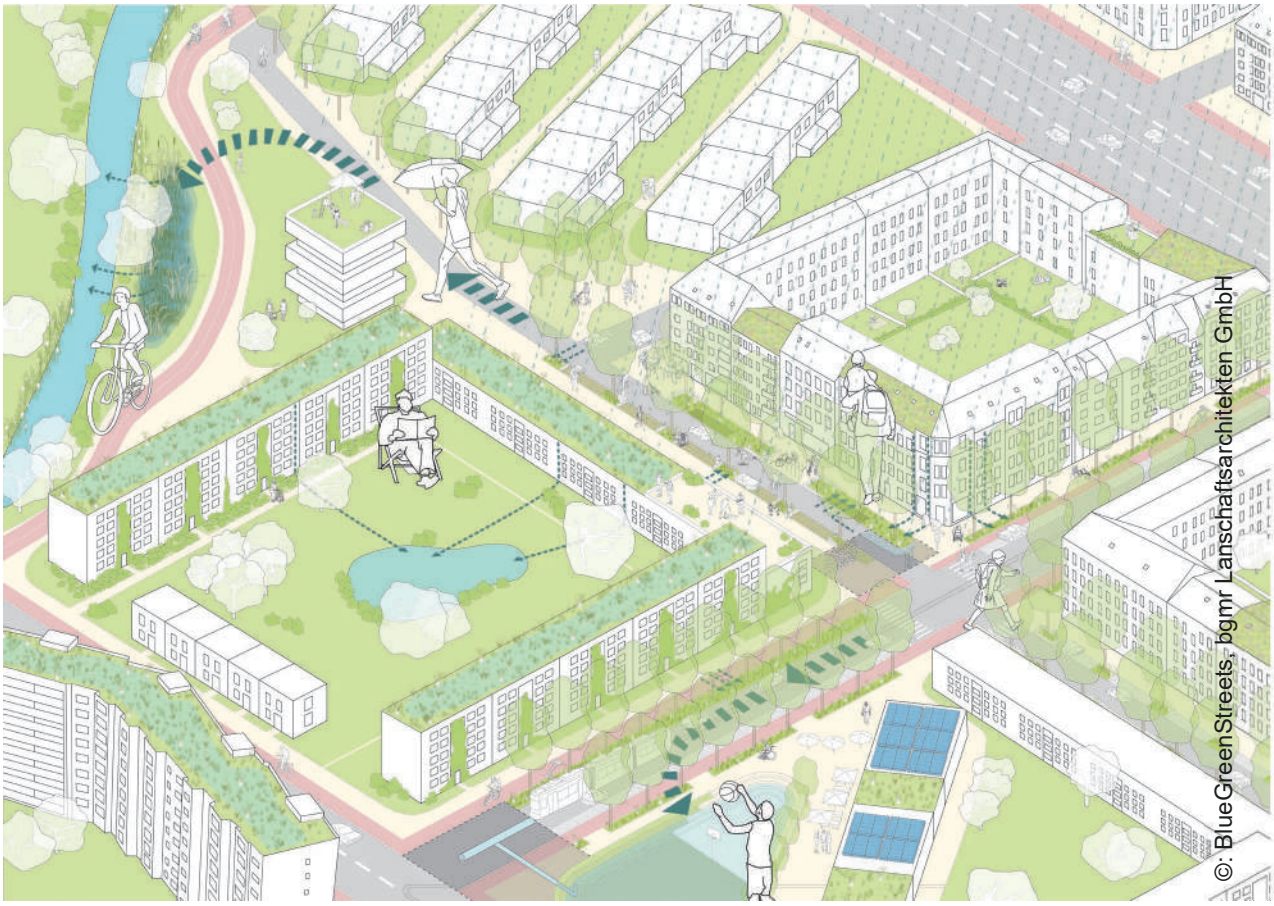
BlueGreenStreets

als multicodierte Strategie zur Klimafolgenanpassung – Wissensstand 2020



Im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme
„Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z)

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltige Entwicklung
BMBF

Zukunftsstadt

Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung
RES:Z
Ressourceneffiziente Stadtquartiere

Verfasser: Forschungsprojekt „BlueGreenStreets“

Verbundpartner | Kontakt

HafenCity Universität
Prof. Dr. Wolfgang Dickhaut
Tel.: 040 42827 5095
E-Mail: wolfgang.dickhaut@hcu-hamburg.de
(Verbundleitung)

bgmr Landschaftsarchitekten GmbH
Dr. Carlo W. Becker
Prager Platz 6
10779 Berlin
E-Mail: Becker@bgmr.de

Universität Hamburg
Institute of Soil Sciences
Center for Earth System Research and Sustainability (CEN)
Prof. Dr. Annette Eschenbach
Allende-Platz 2
20146 Hamburg
E-Mail: annette.eschenbach@uni-hamburg.de

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
Prof. Dr. Heiko Sieker
Rennbahnallee 109A
15366 Hoppegarten
E-Mail: h.sieker@sieker.de

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft
Prof. Dr. Jochen Eckart
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: Jochen.eckart@hs-karlsruhe.de

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft
Prof. Dr. Markus Stöckner
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: Markus.Stoeckner@hs-karlsruhe.de

GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Dr. Björn Büter
Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover
E-Mail: bueter@geo-net.de

TU Berlin
Prof. Dr. Eva Paton
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin
E-Mail: eva.paton@tu-berlin.de

TU Berlin
Prof. Dr. Matthias Barjenbruch
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin
E-Mail: matthias.barjenbruch@tu-berlin.de

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
Prof. Dr. Jesko Hirschfeld
Potsdamer Str. 105
10785 Berlin
E-Mail: jesko.hirschfeld@ioew.de

Projektkoordination:

Prof. Dr. Wolfgang Dickhaut
Lena Knoop, Michael Richter und Tomke Voß

HafenCity Universität Hamburg, Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung
Überseeallee 16, 20457 Hamburg
Telefon: +49 40 42827 5095 / E-Mail: wolfgang.dickhaut@hcu-hamburg.de

AutorInnen:

HafenCity Universität Hamburg,
Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung:

Prof. Dr. Wolfgang Dickhaut

Lena Knoop

Michael Richter

Tomke Voß

bgmr Landschaftsarchitekten GmbH:

Dr. Carlo W. Becker

Lena Flamm

Sven Hübner

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH:

Prof. Dr. Heiko Sieker

Dr. Harald Sommer

Matthias Pallasch

Nicolas Neidhart

Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft, Institut für Verkehr und Infrastruktur:

Prof. Dr. Jochen Eckart

Prof. Dr. Markus Stöckner

Jonas Fesser

Philip Zwernemann

GEO-NET Umweltconsulting GmbH:

Dr. Björn Büter

Jana Caase

Robert von Tils

Technische Universität Berlin,
FG Siedlungswasserwirtschaft:

Prof. Dr. Matthias Barjenbruch

Daniel Geisler

FG Ökohydrologie und Landschaftsbewertung:

Dr. Björn Kluge

Dr. Thomas Nehls

Prof. Dr. Eva Paton

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung:

Prof. Dr. Jesko Hirschfeld

Gilles Jean-Louis

Zitationsvorschlag:

BlueGreenStreets (Hrsg.) (2020), BlueGreenStreets als multicodierte Strategie zur Klimafolgenanpassung – Wissenstand 2020, April 2020, Hamburg. Statusbericht im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z).

Stand: April 2020

Förderkennziffer: 033W103A

Online-Publikation

ISBN 978-3-947972-12-8

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 9
1.1 Zusammenführung der Entwurfselemente in einem Zielbild 9
1.2 Übergeordnete BGS-Ziele und -Rahmenbedingungen 11
1.3 Aufbau des Berichts 15
2 Stand der Wissenschaft und Technik 17
2.1 Experteninterviews – Methodik 17
2.2 Nutzung von Pflanzgruben als temporäre Retentions- und Versickerungsräume 20
2.2.1 Status Quo Straßenbäume 20
2.2.2 Bewässerung von Straßenbäumen mit Regenwasser 21
2.2.3 Technische Systeme Baumrigolen – Versickerungsbaumgruben 22
2.2.4 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf 27
2.3 Elemente der Wasserspeicherung für den Einsatz in Grünräumen der Straße (*M. 1.3*) 29
2.4 Evapotranspirationsleistung Stadtbäume und Fassadengrün (*M. 1.4*) 34
2.4.1 Stand der Technik 34
2.4.2 Forschungsinhalte 37
2.4.3 Erste Ergebnisse zur Verdunstung von jungen Linden (Tilia Cordata) 38
2.4.4 Herausforderungen und offene Fragen 39
2.5 Stoffströme im Straßenraum (*M. 1.5*) 41
2.6 Integriertes Sanierungsmanagement (*M. 1.6*) 48
2.6.1 Sanierungsmanagement Straße 48
2.6.2 Sanierungsmanagement Entwässerungssystem 50
2.6.3 Integriertes Sanierungsmanagement 53
2.7 Mikroklimatische Auswirkungen (*M. 1.7*) 56
2.7.1 Thema und Ziel 56
2.7.2 Herangehensweise 56
2.7.3 Aktueller Stand und Ausblick 58
2.8 Erweiterte ökonomische Bewertung (M. 2.2) 59
2.9 Bewertungs- und Nachweistool für Wasser- und Stoffströme (*M. 2.3*) 64
2.10 Multicodierter Straßenraumentwurf (M. 2.1 & 2.5) 66
2.10.1 Rahmenbedingungen der Gestaltung multifunktionaler Straßenräume 69
2.10.2 BGS-Pilotprojekte und Entwurfswerkstätten 76
2.10.3 Toolbox- Ziele und Inhalte 89
2.10.4 Empfehlungen für den Prozessablauf von Straßenraumentwürfen 90
2.10.5 BGS-Regelquerschnitte für typische Entwurfssituationen 91
2.10.6 Grundlagen und Standards für BGS-Regelquerschnitte 92
2.10.7 Ausblick auf die weitere Erarbeitung der Grundlagen und BGS-Regelquerschnitte 93

2.10.8 BGS-Elemente der Toolbox 93
3 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse 103
Abkürzungsverzeichnis 105
Anhang 106

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Übersicht BGS-Ziele und Zuordnung der Module 10
Abbildung 2 Vision BlueGreenStreets 10
Abbildung 3 Darstellung für die Auswertung der Erkenntnisse aus Experteninterviews 19
Abbildung 4 Pflanzgrubentyp I mit oberirdischer Zuleitung von Regenwasser und bepflanzter Baumscheibe 22
Abbildung 5 Pflanzgrubentyp II mit Zuleitung von Regenwasser über einen Schacht mit Filter 23
Abbildung 6 Pflanzgrubentyp III mit oberirdischer Zuleitung von Regenwasser Zwischenspeicherung in Mulde 23
Abbildung 7 Beispiel (oben) für einen „Stormwater tree trench“ aus Philadelphia, Quelle: City of Philadelphia 2014: 31. Beispiel (unten) für ein Kasten- oder Zellensystem, „Silva Cell“. 24
Abbildung 8 Prinzipskizze von Strukturböden mit Darstellung der Druckverteilung zwischen den Grobmaterialien 25
Abbildung 9 Schematischer Aufbau der Pflanzgrube in der Hölertwiete in Hamburg-Harburg (oben) sowie Eindrücke von der Baustelle (unten) 26
Abbildung 10 Ablauf der Bewertungsmethode zur Sicherheitsanalyse eines potenziellen Standorts 32
Abbildung 11 Zusammenhang zwischen Konfliktschwere und Geschwindigkeit bei Überflutungen 32
Abbildung 12 Evapotranspiration gegen Baumhöhe – Sommertage. Auswertung von internationalen Messdaten zur Evapotranspiration von (Laub-)Bäumen (Angiosperme) in verschiedenen Klimazonen und mit unterschiedlichen Standortbedingungen und (n=77; Sommerzeit) 36
Abbildung 13 Baumlysimeter und Saftflussmessungen an Winterlinden (Tilia Cordata). 37
Abbildung 14 Installierte Fassadengrünlysimeter (links, mitte) und Blick auf die Bewässerungssteuerung 37
Abbildung 15 ET aus Lysimterdaten und Saftfluss (blau=Lysimeter, rot=Saftflussmessungen) sowie mit Penman-Monteith berechnete ET0 (Grass), gemessene Strahlungswerte, Bewässerungs-, bzw. Niederschlagsmengen und Bodenwassergehalt Mitte Juli – Anfang August 38
Abbildung 16 Abhängigkeit der Stoffkonzentrationen verschiedener Schwermetalle in Verkehrsflächenabflüssen vom DTV. 41
Abbildung 17 Abhängigkeit von AFS in Verkehrsflächenabflüssen vom DTV 42
Abbildung 18 Literaturauswertung über die Erfassungsgegenstände und Untersuchungsstandorte (435 Datensätze) 42
Abbildung 19 Einflussfaktoren der Feststoffbelastung im Straßenraum 43
Abbildung 20 Darstellung des Medians der Schwermetallkonzentration von verschiedenen Straßennutzungstypen bzw. Fahrstilen (Daten aus Horstmeyer et al., 2016) (oben) und

Zinkkonzentrationen verschiedener Fahrweisen bzw. Nutzungen im Straßenraum (Helmreich, 2012). 44

Abbildung 21 Partikel-Massenverteilung im Querprofil zur Straße 45

Abbildung 22 Verschiedene Untersuchungsstandorte in Berlin 46

Abbildung 23 Feststoffaufkommen der Feinstpartikel (< 63 µm) an verschiedenen Lokationen im Straßenraum (ermittelt aus 24 Stundenproben bei einer DTV von ca. 6.000 Kfz/Tag) 46

Abbildung 24 Prozessablauf zur Bildung von Erhaltungsabschnitten aus Zustandserfassungsdaten…. 50

Abbildung 25 Ablauf Sanierungsplanung 52

Abbildung 26 Schematischer Aufbau der Cuboid-Methode. Die Eckpunkte werden definiert durch die Tageshöchsttemperatur (Tmax), die mittlere Windgeschwindigkeit (v) und die Bodenfeuchte (Soil Water Content, SWC) 57

Abbildung 27 Ablauf der ersten Phase der Entwurfsprozesse zu den Pilotstraßen 77

Abbildung 28 Lageplan zur Überflutungsvorsorge Rudolfstraße Berlin 78

Abbildung 29 Castroper-Straße Bochum mit BGS-Elementen visualisiert 80

Abbildung 30 BGS-Konzept Adolf-Reichwein-Straße Bremen 82

Abbildung 31 BGS-Konzept Kurt-Schumacher-Allee Bremen 81

Abbildung 32 BGS-Konzept Paul-Singer-Straße Bremen 83

Abbildung 33 Königstraße, links Bestand, rechts Visualisierung der Umgestaltung bestehender und neugewonner Flächen mit breitem, zur Fahrbahn abgetrenntem Radweg 84

Abbildung 34 Carl-Petersen-Straße, links Bestand, rechts Visualisierung der Umgestaltung bestehender Flächen mit aufgewerteten Grünstreifen, zur Fahrbahn mit Sitzmöglichkeiten kombiniert 85

Abbildung 35 Ernst-Thälmann-Straße Neuenhagen (bei Berlin). 85

Abbildung 36 Planungsidee Friedenstraße 86

Abbildung 37 Planungsidee Heumkämpchenstraße 87

Abbildung 38 Ablauf eines Straßenraumentwurfs nach RASt 06 90

Abbildung 39 Darstellung BGS-Elemente der Verschattung und Kühlung 95

Abbildung 40 Darstellung BGS-Elemente für vitale Baumstandorte 96

Abbildung 41 Darstellung BGS-Elemente der Versickerung 97

Abbildung 42 Darstellung BGS-Elemente für Starkregenvorsorge und Rückhaltung 98

Abbildung 43 Darstellung Integrierte technischer Systeme in BGS 99

Abbildung 44 Darstellung BGS-Elemente der Aufenthaltsqualität 100

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht Themenkomplexe für Interviewleitfäden 17

Tabelle 2 Auszüge aus dem Interviewleitfaden. 17

Tabelle 3 Interviewliste Experteninterviews Modul 1.1 Statusbericht 18

Tabelle 4 Maßnahmen für Speicherung und Notableitung im Straßenraum 30

Tabelle 5 Rahmenbedingungen für die temporäre Mitbenutzung von Straßen für Starkregenrückhalt und -ableitung 33

Tabelle 6 Statistik bisher ausgewerteter Literaturdaten von Evapotranspirationsraten verschiedener Baumarten 35

Tabelle 7 Prozentuale Verteilung von Schwermetallfrachten auf die Korngrößenfraktion in Straßenabfluss 43

Tabelle 8 Wesentliche technische Regelungen zum Bau und zur Instandhaltung von Entwässerungsanlagen (nach Arbeitsblatt DWA-A 143-14). 50

Tabelle 9 Beispiel für eine Maßnahmen-Bewertungs-Matrix zur Bewertung der Pilotprojekte 62

Tabelle 10 Übersicht der Pilotprojekte und die Einteilung in Kategorien nach RASt 06 91

Tabelle 11 Stoffkonzentrationen in den Straßenabflüssen zusammengetragen aus Literaturangaben…. 107

Tabelle 12 Übersicht unterschiedlicher Visualisierungsmethoden 107

1 Einleitung

AutorInnen: Wolfgang Dickhaut, Lena Knoop, Tomke Voß, Carlo Becker, Lena Flamm, Sven Hübner

Aufgrund der aktuellen und zukünftigen städtischen Entwicklungstrends einer wachsenden urbanen Bevölkerung und einem sich damit verstärkenden Flächennutzungsdruck sowie den zu erwartenden klimatischen Veränderungen ergeben sich in unterschiedlichen Themenbereichen neue Herausforderungen. Bestehende Probleme der Stadtentwicklung, z.B. Verkehrskonflikte, urbaner Hitzestress, Überflutungen oder Beeinträchtigungen des Straßengrüns werden sich in naher Zukunft deutlich verstärken. Die Aufgabe zukünftiger Stadtentwicklung ist es deshalb, Flächennutzungen nicht nur nebeneinander zu entwickeln, sondern miteinander zu verknüpfen und zu kombinieren, um Räume mehrfach zu codieren und damit hinsichtlich verschiedener Interessen und ihrer Flächennutzungen und -funktionen entwickeln zu können. In den dichter werdenden Städten ist der Straßenraum eine der großen Flächenreserven für die Freiraumversorgung und Qualifizierung der Aufenthaltsqualitäten im Wohn- und Lebensumfeld der BewohnerInnen. Auch bieten sich hier Potenziale für den Überflutungsschutz.

BlueGreenStreets (BGS) strebt an, die Wirksamkeit von Planungsinstrumenten und Regelwerken zu grünen städtischen Infrastrukturen, urbaner Wasserwirtschaft, dem Sanierungsmanagement von Straßen und Kanälen sowie der Verkehrs- und Freiraumplanung zu untersuchen, zu evaluieren und weiterzuentwickeln. Straßenräume sollen zukunftsfähig gestaltet und zu Multitalenten der Stadtquartiere werden. Dabei liegt die inhaltliche Fokussierung des Forschungsprojekts auf urbanen Stadtquartieren und den hier üblichen Straßenräumen. In den hochverdichteten innerstädtischen Quartieren sind Anpassungen an die Auswirkungen des Klimawandels von besonderer Dringlichkeit. Gleichzeitig stellen sie den alltäglichen Lebensraum der Mehrzahl der StadtbewohnerInnen dar, sodass in den urbanen Quartieren auch in besonderem Maße Ansprüche an die Gestaltung der Aufenthaltsqualität gegeben sind. Dieser Aspekt verschärft die Flächenkonkurrenz im urbanen Straßenraum.

Zur Erhöhung der Ressourceneffizienz in wachsenden Quartieren werden Tools zur Planung multifunktionaler Straßenräume entwickelt und vor Ort mit wichtigen Stadtakteuren in Pilotprojekten in Berlin, Bochum, Bremen, Hamburg, Neuenhagen bei Berlin und Solingen erprobt. Die Übertragbarkeit auf andere Kommunen wird durch modellhafte Lösungsvorschläge zur Integration von Stadtgrün im Straßenraum gewährleistet. Im Ergebnis des Projekts werden Empfehlungen in Form einer *Toolbox* als Leitfaden für die Entwicklung multicodierter Straßenräume erarbeitet.

1.1 Zusammenführung der Entwurfselemente in einem Zielbild

Zu Projektbeginn entwickelten die BGS-VerbundpartnerInnen ein gemeinsames Zielbild:

> *„Multicodierte, blau-grüne Straßenräume führen verkehrliche, wasserwirtschaftliche, mikroklimatische und grünplanerische Belange zusammen und tragen zur Anpassung an den Klimawandel sowie zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität bei. Sie berücksichtigen dabei bestehende Infrastrukturen und die ökonomischen Rahmenbedingungen.“*

Um dieses Zielbild zu erreichen, wurden blaue und grüne Unterziele formuliert, welche teilweise auch Nutzen für die Hitzeprävention haben können. In der Abbildung 1 sind die unterschiedlichen Fachmodule des Projekts sowie deren thematische Zuordnung zu den Zielen dargestellt. Einige Module (mit den Ordnungsnummern 2) führen die Ergebnisse der Fachmodule zusammen.

Übergeordnet tragen blaue Ziele dazu bei, Straßenräume wassersensibel zu gestalten und wasserwirtschaftliche Ziele in Straßenräumen zu erreichen. Durch Verdunstung und Verschattung wird die Hitzevorsorge avisiert. Grüne Ziele adressieren die Schaffung qualitätsvoller Aufenthalts- und Begegnungsräume und die Umsetzung freiräumlicher Ziele im Straßenraum und können auch hiermit einen Beitrag zur Hitzeprävention leisten.

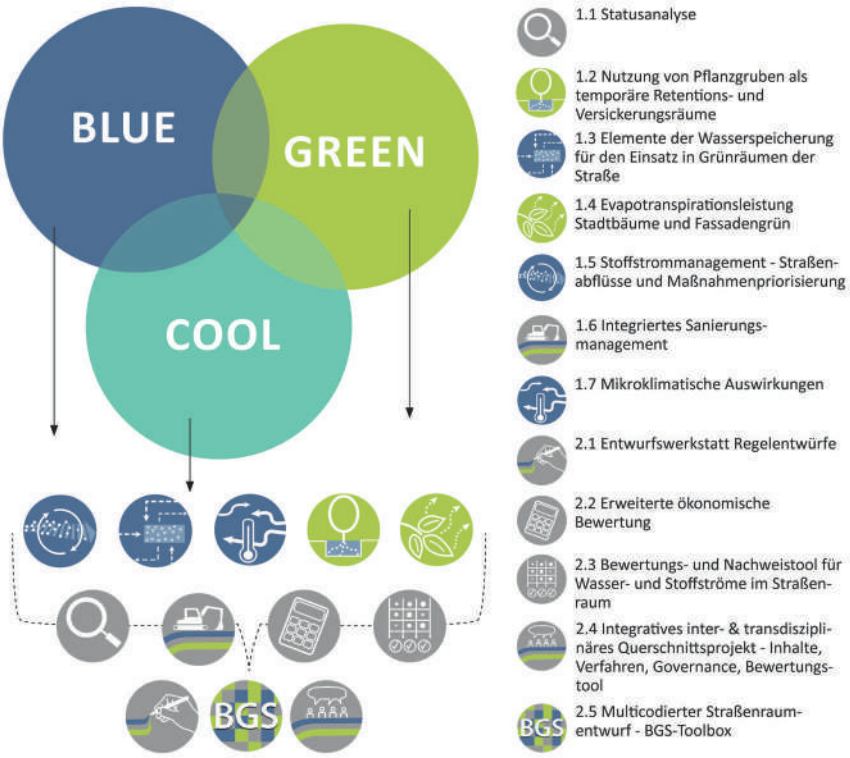


Abbildung 1 Übersicht BGS-Ziele und Zuordnung der Module, Quelle: BGS.

Zur Veranschaulichung und Kommunikation der BGS-Entwurfselemente und der Inhalte des multicodierten Straßenraums wurde für einen fiktiven Stadtraum eine grafische Vision entwickelt, welche auch die Entwurfselemente im Straßenraum veranschaulicht.

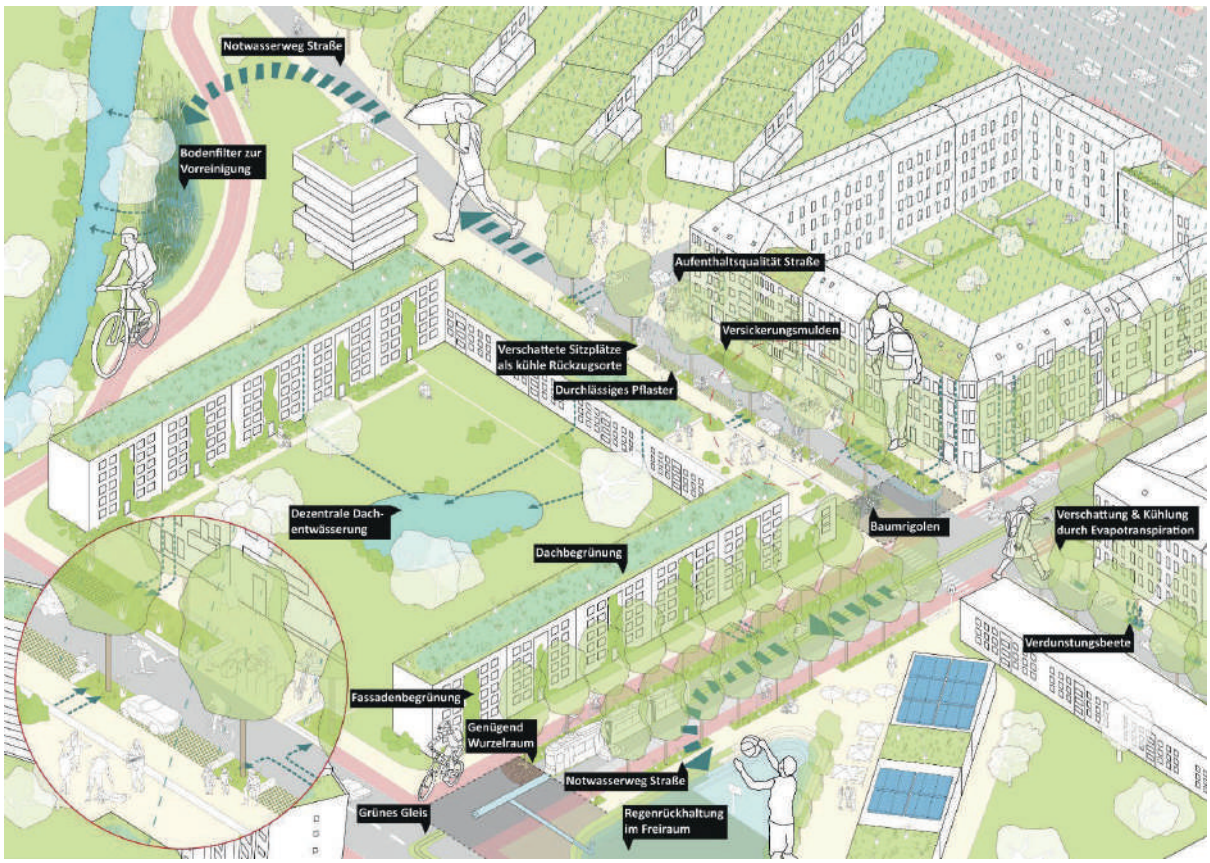


Abbildung 2 Vision BlueGreenStreets, Quelle: BGS, bgmr.

1.2 Übergeordnete BGS-Ziele und -Rahmenbedingungen

Hitzeangepasste Straßenraumgestaltung

Die hitzeangepasste Gestaltung zielt auf eine hohe Kühlleistung und verminderte Aufheizung der Straßenoberflächen ab, um gesundheitsbelastende Hot-Spots zu vermeiden bzw. Hitzebelastungen für die StadtbewohnerInnen zu mindern.

Eine aktive Kühlung kann vor allem durch einen hohen Anteil an Flächen mit starker Evapotranspirationsleistung (ET) erreicht werden. Durch die Verdunstung von Wasser über Pflanzen sowie von Boden- und Wasseroberflächen wird eine Abkühlung der Umgebung im Nahbereich erreicht. Eine wesentliche Rolle spielen dabei Straßenbäume, ebenerdige Vegetationsflächen sowie vertikale Begrünungen von baulichen Anlagen, wie Pfeilern und Masten sowie an Gebäudefassaden. Bäume und vertikale Bepflanzungen sorgen zudem für eine Beschattung der Stadtoberflächen und damit für eine wirksame passive Kühlung (Kapitel 2.4). Die BGS-Elemente, die zur hitzeangepassten Straßenraumgestaltung beitragen, werden vertiefend in Kapitel 2.10.6 vorgestellt.

Im Forschungsprojekt „Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten“ (UBA 2019, Hrsg.) wurde die Effektivität blau-grüner Maßnahmen auf der Basis von Fallstudien für Gebäude, Quartiere und Stadtregionen ermittelt. Sowohl auf der Gebäude- als auch auf der Quartiersebene zeigen

> *„… die Bäume (Baumrigolen) und die Fassadenbegrünungen die stärkste Wirkung. Im Gegensatz zur Dachbegrünung [deren Wirkungsbereich i.d.R. nicht bis auf das ebenerdige Niveau des Stadtquartiers reicht; Anm. d. V.] oder Teilentsiegelung kann durch diese Maßnahmen der Hitzestress am Tage über einen längeren Zeitraum nachhaltig reduziert werden (- 16 %). Auch nachts sind die Effekte der Fassadenbegrünung zu spüren, wobei auch die Dachbegrünung einen kleineren Anteil dazu liefert. Es wird eine um 17 % geringere Anzahl an Tropennächten erreicht." (ebd. S.14)*

Damit Bepflanzungen auch in trockenen und heißen Perioden eine optimale Kühlleistung erbringen können, ist die Wasserversorgung der Vegetation eine wesentliche Stellschraube. Zentrale Ziele der multifunktionalen Straßenraumgestaltung in BGS sind daher

- die zielgerichtete Verbesserung der Grünausstattung von Straßen,
- die Verbesserung der Wasserspeicherkapazität der Böden und
- eine Regenwasserbewirtschaftung, die das von den befestigten Flächen abfließende Regenwasser vor Ort zurückhält, speichert und den Bepflanzungen gezielt zur Verdunstung zur Verfügung stellt.

Mit dem StEP Klima KONKRET (SenStadtUm 2016) und dem Leitplan Regenwasser für das Schumacher Quartier in Berlin-Tegel (Tegel Projekt GmbH 2017) wurden Urban Wetlands konzipiert, die optimal Regenwasser im wurzelverfügbaren Raum speichern und mit verdunstungsintensiven Bepflanzungen angelegt sind:

> *„Urban Wetlands sind feuchte Flächen, auf denen Verdunstungs- und Kühlprozesse mit hoher Intensität ablaufen. Sie sind ein zentrales Raumelement der Schwammstadt. Urban Wetlands können horizontal, vertikal, gebäudegebunden oder ebenerdig angelegt sein. Zur wassergesättigten Vegetation zählen blaugrüne Fassaden und Dächer, Verdunstungsbeete, pflanzenbestandene Wasserflächen oder schwimmende Vegetationsinseln. Auch Wasserspiele, Brunnen oder Wassernebel kühlen und schaffen so angenehme Aufenthaltsorte.“ (SenStadtUm 2016: 41)*

Zu einer verbesserten Kühlleistung können darüber hinaus auch Baumrigolen beitragen, die für eine optimierte Wasserspeicherung und -versorgung im gesamten Wurzelraum der Straßenbäume sorgen.

Passive Kühlung durch Rückstrahlung

Die Verwendung rückstrahlungsstarker Oberflächen ist ein weiterer Ansatz zur hitzeangepassten Straßenraumgestaltung. Oberflächen baulicher Strukturen, die die Sonneneinstrahlung nicht zurückstrahlen, sondern zu einem guten Teil absorbieren, heizen sich stark auf und werden auf diese Weise zum Wärmespeicher. Solche aufgeheizten baulichen Anlagen geben insbesondere nachts Wärme ab und verstärken so den Wärmeinseleffekt (vgl. SenStadtUm 2016: 38).

Der Grad der Strahlungsreflexion von diffus reflektierenden, also nicht selbst leuchtenden Oberflächen wird als Albedo bezeichnet. Der Solar Reflectance Index (SRI) berücksichtigt neben der Albedo auch die Abwärme einer Fläche. Der SRI variiert zwischen 0 und 100. Je höher der SRI, desto geringer fällt die Aufheizung aus. Schwarze und grau/rote, unbehandelte makroraue bis makrofein bearbeitete Flächen weisen einen geringen SRI und weiße, glatte, porenfreie Flächen einen besonders hohen SRI auf (SenStadtUm 2016 nach SLG 2014). Eigenschaften für eine klimasensible Auswahl von Oberflächenmaterialien und deren Farben wurden im Rahmen des Projekts KLIQ - Klimafolgenanpassung innerstädtischer hochverdichteter Quartiere in Hamburg aufgearbeitet (Kruse & Rodríguez Castillejos 2017: 79 f.; Rodríguez Castillejos & Kruse 2017: 91 f.)

Wassersensible Straßenraumgestaltung

Die wassersensible Straßenraumgestaltung zielt darauf ab, die Hitzevorsorge durch Kühlung zu optimieren und Umweltbelastungen für die Vorflutgewässer und das Grundwasser durch Straßenabwasser zu vermeiden bzw. zu vermindern. Ein weiteres Ziel ist die Überflutungsvorsorge aufgrund zunehmender Starkregenereignisse.

In vielen Städten ist das vorhandene Entwässerungssystem an der Grenze der Auslastung bzw. teilweise bereits überlastet. Die Folgen des Klimawandels mit verstärkten Extremwetterereignissen können durch einen Ausbau dieser Systeme nicht bewältigt werden. Daher verfolgen Städte wie beispielsweise Berlin und Hamburg das Ziel, den Regenwasserabfluss auf ein Minimum zu begrenzen (orientiert am natürlichen Abfluss unbebauter Flächen; vgl. SenUVK 2017) oder es werden Bauvorhaben vollständig von den Kanälen abgekoppelt und abflusslose Siedlungsgebiete konzipiert (vgl. Tegel Projekt GmbH 2017).

Vor diesem Hintergrund ist die dezentrale Bewirtschaftung des Regenwassers auch für die Straßenraumgestaltung von zentraler Bedeutung. Dabei geht es um Lösungen, die vorrangig

- das Regenwasser vor Ort zurückhalten, speichern und dafür nutzen, dass die Standortbedingungen der Vegetation und Stadtbäume und die Effekte für die Verdunstungskühlung verbessert werden,
- die Grundwasserneubildung und die natürlichen Vorflutsysteme fördern (und nicht belasten),
- soweit wie möglich einen positiven Beitrag zur Starkregenvorsorge leisten.

Hamburg hat hierzu das Wissensdokument „Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung“ (FHH Hamburg 2015) und im Rahmen des KLIQ-Projekts wurden auf konzeptioneller Ebene Vorschläge für die Überflutungsvorsorge in Straßenräumen in Hamburger Quartieren erarbeitet (Kruse & Rodríguez Castillejos 2017: 56ff.). Berlin hat die „Planungshilfe für eine dezentrale Straßenentwässerung“ (BWB/ SenUVK 2018) entwickelt.

Elemente zur Aktivierung der „blauen Potenziale“ sind beispielsweise Baumrigolen, Mulden-Tiefbeete mit dem Ziel der Regenwasserspeicherung und Verbesserung der Verdunstungsleistung; Linienelemente wie straßenbegleitende Mulden, straßenbegleitende Tiefbeete. Auch innenliegende Mulden bzw. Beete kommen ebenfalls infrage. Sie haben den Vorteil, dass kommunizierende Baumstandorte geschaffen werden können.

Die Starkregenvorsorge erfordert darüber hinaus weitere Lösungen, etwa zur Schaffung von Retentionsräumen oder Notwasserwegen durch eine entsprechende Straßenprofilierung. Dabei sollten Retentionsvolumen und Notwasserwege für Starkregenereignisse vorrangig im Straßenraum selbst konzipiert werden. Wenn das Volumen im Straßenraum allein nicht geschaffen werden kann, kom-

men auch grundstückübergreifende Lösungen infrage, wie beispielsweise für das Pilotprojekt Rudolfstraße in Berlin-Friedrichshain geplant. Hier ist ein Notüberlauf in einer direkt benachbarten Grünfläche mit Versickerung in geeigneten Rasenflächen vorgesehen (Kapitel 2.10.2).

Realisierte Praxisbeispiele für Straßen und Grünflächen, die als Retentionsraum und Notwasserweg genutzt werden, sind u.a. der Hochschulstadtteil Lübeck (BBSR 2015) sowie die RISA (RegenInfraStrukturAnpassung) Pilotmaßnahme „Flächenmitbenutzung und Notwasserweg Ohlendorffs Park" in Hamburg (www.risa-hamburg.de/veranstaltungen/notwasserweg-ohlendorffs-park).

Gestaltung der Aufenthaltsqualität

In wachsenden Städten werden die Wohn- und Arbeitsquartiere dichter und Frei- und Grünflächen zu einem knappen, umkämpften Gut. Für die zunehmend klimatisch belastete Stadt werden kühle, grüne Entlastungsräume im Wohn- und Arbeitsumfeld sowie beschattete und attraktiv nutzbare Wegeverbindungen für die Alltagsmobilität und das Erreichen der Erholungs- und Freizeitangebote zu Fuß und mit dem Rad benötigt.

Nicht zuletzt erfordern die demografischen Entwicklungen in den Städten (hoher Anteil an Single-Haushalten und steigender Altersdurchschnitt) verstärkte Anstrengungen, das Wohnumfeld und die Alltagswege für die Begegnung und Freizeitnutzung zu qualifizieren (vgl. BBSR 2018: 8).

Vor diesem Hintergrund stellt der Straßenraum eine große Flächenreserve für die Freiraumversorgung, Aufenthaltsqualitäten und klimatische Entlastung im Wohn- und Lebensumfeld der StadtbewohnerInnen dar. Straßen können diesbezüglich zu Multitalenten der Entlastung werden, wenn sie z.B. einen dichten Baumbestand, hohen Grünanteil, fußgänger- und fahrradfreundliche Beläge aufweisen und Angebote zum Aufenthalt anbieten.

Im Fokus von BGS stehen daher die Entwicklung bzw. die Erhöhung

- von Angeboten für den Aufenthalt und die Begegnung,
- von Klimakomfort- und Wohlfühlzonen in den Stadtstraßen (Schatten, Erholung, Entspannung),
- der Nutzungsqualitäten für FußgängerInnen und RadfahrerInnen sowie
- der Biodiversität in den Straßenräumen.

Ein Alleinstellungsmerkmal von BGS ist, dass Maßnahmen, die der Hitzevorsorge, Wasserrückhaltung, dem Gewässerschutz, der Verbesserung des Wasserhaushalts sowie einer Erhöhung der Aufenthalts- und Nutzungsqualität in den Straßen dienen, von vornherein gezielt zusammengedacht und -entwickelt werden. Gestaltungslösungen und Elemente für die Wasserführung, -rückhaltung, -speicherung und -nutzung zur Bewässerung bzw. Verdunstung werden hierzu interdisziplinär und in enger Abstimmung mit den anderen Nutzungsansprüchen entworfen und in ihrer Wirkung und Vereinbarkeit, z.B. mit der Verkehrssicherheit, Nutzungsqualitäten usw., analysiert.

Auf den folgenden Seiten werden die Erkenntnisse aus den Experteninterviews (vgl. Kapitel 2.1) zu den BGS-Zielen und zur Klimafolgenanpassung zusammengefasst (Erkenntnisse aus Experteninterviews 1).

Städte müssen angesichts von Klimaveränderungen und Stadtwachstum neu gedacht werden. Es gilt, urbane Lebensqualität in die Zukunft zu retten. Der Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg will hierzu auch die Potenziale der grauen Infrastruktur ausschöpfen und mehr Leben in den Straßen ermöglichen. Der Beschluss des Bezirks, jeden zehnten Parkplatz in Grün umzuwandeln, unterstützt dieses Ziel (BA Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg, mdl. beim 1. BGS-Workshop Rudolfstraße am 19.11.2019).

Die Frage der Anpassung an die Klimawandelfolgen werde beim Straßenraumentwurf in Zukunft an Bedeutung gewinnen (vgl. Interview 7, 8). Bislang werden Maßnahmen der Klimafolgenanpassung jedoch noch nicht regulär bei der Straßenplanung berücksichtigt (vgl. Interview 14), sondern primär auf Schäden z.B. in Folge von Hitze und Starkregen reagiert (vgl. Interview 13, 21).

Im Bestand fehle meist die Handhabe für Auflagen zur Hitzevorsorge. Maßnahmen müssten daher an Veränderungen gekoppelt und huckepack transportiert werden (z.B. bei Befreiungen). Die Akzeptanz für solche Maßnahmen steige, wenn ein Mehrwert für die Lebensqualität geschaffen wird (vgl. Interview 20). Anpassungsbedarfe entstünden, wenn Menschen sich unwohl fühlten oder etwas fehle (vgl. Interview 15). Aufgrund der zwei vorangegangenen Hitzesommer nehme die Sensibilisierung für die Hitzeanpassung zu – „alle finden grüne, baumbestandene Straßen gut“ (vgl. Interview 18). Erfahrungen zeigen, dass FußgängerInnen und Radfahrende Umwege in Kauf nehmen, um ihr Ziel auf schattigen Wegen zu erreichen. Für die Anpassung an die zunehmenden Hitzefolgen könne von der Straßenraumgestaltung mediterraner Städte gelernt werden (vgl. Interview 7). Für eine effektive Hitzevorsorge sei es wichtig, die Verantwortlichen von Stadtentwicklung, Grünflächen, Umwelt und Gesundheit, Tiefbau und Straßenplanung sowie Liegenschaften und Soziales zusammenzubringen (vgl. Interview 20).

Für Maßnahmen zum Umgang mit infolge des Klimawandels zunehmenden Starkregenereignissen sollte der Straßenraum einbezogen werden. Die temporäre Bewirtschaftung von Starkniederschlägen im Straßenraum könne dabei eine effektive und kostengünstige Maßnahme darstellen (vgl. Interview 5). Kritische Infrastrukturen wie U-Bahn-Eingänge seien durch Hochlage baulich zu schützen. Beim Einstau von Straßen im Starkregenfall böten sich farbmarkierte Pfähle wie in Fuhrten an (vgl. Interview 7). Gleichzeitig werden Bedarfe für ganzheitliche Lösungen für Städte und Gemeinden für die Starkregenvorsorge gesehen. Zurzeit gäbe es in Deutschland nur gute Einzellösungen, die die Symptome, jedoch keine Ursachen bekämpften (vgl. Interview 21). Für umfassende Konzepte zur Klimafolgenanpassung wird die Notwendigkeit eines stärkeren politischen Willens gesehen (vgl. Interview 15, 19). Zuständigkeiten, innovative Ansätze zu realisieren, müssten eindeutiger festgelegt werden (vgl. Interview 19).

Multicodierte Elemente wie etwa Baumrigolen hätten ein großes Potential, da sie viele Ziele der Klimafolgenanpassung abdeckten. Dazu zählten Regenwasserrückhaltung und das Verfügbarmachen für Bäume, Regenwasserversickerung, Verschattung, Verdunstungskühlung und Aufenthaltsqualität. Gleichzeitig gäbe es bei der Umsetzung noch technische und rechtliche Herausforderungen (vgl. Interview 18). Bei der Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels könnten sich die Anforderungen in Zukunft noch ändern und weiterentwickeln. Daher sollte der Straßenraum zunehmend flexibel und anpassungsfähig gestaltet werden (vgl. Interview 7).

Erkenntnisse aus Experteninterviews 1 – BGS Ziele / Klimafolgenanpassung, Quelle: BGS, HCU & bgmr.

1.3 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht gibt den Stand des Wissens zur Strategie von blau-grünen Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung im Straßenraum Anfang 2020 wieder. Im Wesentlichen beinhaltet er den Status Quo, die Herangehensweise der Bearbeitung sowie die Herausforderungen und offenen Fragen der Themen, an denen in den jeweiligen BGS-Modulen gearbeitet wird. Die unterschiedlichen Autorschaften bedingen teilweise verschiedene Formulierungsstile, die für den Bericht nicht vereinheitlicht wurden. Die nachfolgenden Kapitel stellen den jeweiligen Themenschwerpunkt der einzelnen Module vor (Kapitel 2.2 bis Kapitel 2.11).

Für die Integration grüner Elemente in den Straßenraum ist das Wissen über die technischen, organisatorischen und ökonomischen Anforderungen dieser Elemente essenziell. Kapitel 2.2 stellt den derzeitigen Wissensstand zur Planung und Umsetzung von Pflanzgruben, die an den unterschiedlichen Pilotstandorten gebaut werden, vor (Modul 1.2). Viele BGS-Elemente tragen sowohl zu blauen als auch grünen Zielen im Straßenraum bei. Kapitel 2.2 gibt den Wissenstand zu den Elementen der Wasserspeicherung und Notwasserableitung wieder (Modul 1.3).

Welche Evapotranspirationsleistung Stadtbäumen und Fassadengrün bewirken zeigt Kapitel 2.4 auf (Modul 1.4). Darin wird das dafür aufgebaute Monitoring sowie die ersten Ergebnisse erläutert. Damit die Anwendung von BGS-Elementen künftig dazu beiträgt, stoffliche und hydraulische Belastungen von Gewässern zu verringern, analysiert das Modul 1.5 stoffliche und verkehrliche Belastungshotspots und entwickelt Reinigungsstrategien. Kapitel 2.5 stellt den aktuellen Wissenstand sowie die weiteren Planungen in diesem Modul vor. Die Zeitfenster für die umfassende Umsetzung einer multifunktionalen Straßenraumgestaltung sind oftmals begrenzt. Wirtschaftliche und inhaltliche Synergien können sich durch die integrierte Betrachtung sowie Planung von Straßen und Kanalisation ergeben. Kapitel 2.6 gibt einen Überblick zu den bisherigen Erkenntnissen des integrierten Sanierungsmanagements (Modul 1.6). Inwieweit die Anordnung, Anzahl und Funktion von BGS-Elementen sowie vorhandene Grünstrukturen das Mikroklima beeinflussen, wird im Kapitel 2.7 erläutert. Neue Erkenntnisse über die konkreten Auswirkungen werden über mikroklimatische Simulationen erlangt (Modul 1.7).

Nicht nur den dargelegten Beitrag an blau-grünen Zielen, sondern auch die Kosten-Nutzen Betrachtung von BGS-Lösungen im Vergleich zu konventionell gestalteten Straßenräumen kann eine bessere Grundlage für EntscheidungsträgerInnen schaffen. Dies ist ein potenzieller Faktor, der entscheidend zur Umsetzung multifunktionaler Straßenraumgestaltungen beiträgt. Das Kapitel 2.8 gibt einen Überblick der ökonomischen Bewertung von BGS-Ökosystemleistungen (Modul 2.2). Auch eine ansprechende Visualisierung multicodierter Straßenraumentwürfe kann die Diskussion im Planungs- Abwägungsprozess und Umsetzung von BGS-Elementen unterstützen. Kapitel 2.9 fasst den aktuellen Stand der Visualisierungsmöglichkeiten blau-grüner Elemente zusammen. Dabei liegt der Fokus auf den Effekten der Wasser- und Stoffströme im Straßenraum, welche in einem Nachweistool dargestellt werden sollen (Modul 2.3).

In den Partnerkommunen Berlin, Bochum, Bremen, Hamburg, Neuenhagen (bei Berlin) und Solingen führt das Projekt die Erkenntnisse aus den Modulen 1.1. bis 2.5 zusammen. Unter Realbedingungen werden gemeinsam mit den PraxispartnerInnen multifunktionale BGS-Straßenräume entwickelt. Kapitel 2.10 zeigt den derzeitigen Stand dieser Pilotprojekte, bereits identifizierte Herausforderungen sowie Potenziale für die Implementierung von BGS-Elementen auf (Modul 2.5). Ebenfalls beschäftigt sich das Kapitel mit den Rahmenbedingungen für die Planung multifunktionaler Straßenräume. Dabei liegt der Fokus auf Richtlinien, welche aktuell überarbeitet werden sowie besonders relevanten Vorgaben.

In dem Kapitel 2.11 wird erläutert, wie die Ergebnisse aus den Modulen zusammengeführt und transferiert werden. Es wird der Ansatz verfolgt, die Erkenntnisse in einer Toolbox zusammenzuführen und exemplarische Lösungen als Planungshilfe zu erarbeiten.

Abschließend wird im Kapitel 3 die bisherigen Erkenntnisse aus BGS zusammengefasst und einen Einblick in das weitere Vorgehen gegeben.

Literatur Kapitel 1.1 – 1.3

BBSR (2018): Urbane Freiräume - Qualifizierung, Rückgewinnung und Sicherung urbaner Frei- und Grünräume. Handlungsempfehlungen für die kommunale Praxis, bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, Berlin und HCU HafenCity Universität Hamburg im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR, Hrsg.).

BBSR (2015): Überflutungs- und Hitzevorsorge. Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. bgmr Landschaftsarchitekten GmbH mit Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn (Hrsg.).

BWB/ SenUVK (2018): Planungshilfe für eine dezentrale Straßenentwässerung, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH im Auftrag der Berliner Wasserbetriebe und der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Berlin.

FHH Hamburg (2015): Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen (ReStra) – Wissensdokument Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung, Dr. Jan Benden, Robert Broesi, MUST Städtebau GmbH i.A. der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation der Freien und Hansestadt Hamburg (Hrsg.).

Kruse, E.; Rodríguez Castillejos, Z. (2017): Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren – Wissensdokument. Dickhaut, W. et.al. (Hrsg.). Tutech Verlag, Hamburg.

Rodríguez Castillejos, Z.; Kruse, E. (2017): Mein Haus - in Zukunft klimaangepasst! Ein Leitfaden für Grundeigentümer, Bauherren und Planer. Dickhaut, W. et.al. (Hrsg.). Tutech Verlag, Hamburg.SenStadtUm (2016): Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET. Klimaanpassung in der wachsenden Stadt (StEP Klima KONKRET), Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin.

SenUVK (2017): Hinweisblatt der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz zur Begrenzung von Regenwassereinleitungen bei Bauvorhaben in Berlin (BReWa-BE).

Tegel Projekt GmbH (2017): Leitplan Regenwasser und Hitzeanpassung. Berlin TXL – Schumacher Quartier, Dr. Carlo Becker und Marie Schmidt, bgmr Landschaftsarchitekten GmbH mit Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH im Auftrag der Tegel Projekt GmbH, Unveröffentlichtes Manuskript.

UBA (2019): Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, GEO-NET Umweltconsulting GmbH, bgmr Landschaftsarchitekten GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes (Hrsg.), [online] http://www.umweltbundesamt.de/publikationen.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Experteninterviews – Methodik

AutorInnen: Wolfgang Dickhaut, Lena Knoop, Tomke Voß

Es wurden qualitative, leitfadengestützte Experteninterviews mit dem Ziel durchgeführt, fachlichen Input für den vorliegenden Bericht sowie die vertiefende Arbeit in den Modulen zu geben. Unter Rückgriff auf Mieg und Näf (2006: 8 f.) versteht BGS eine Expertin oder einen Experten als eine Person, die über langjährige Erfahrung und spezifisches Wissen in den BGS-Themenkomplexen verfügt. Dazu zählen u. a. VertreterInnen aus Fachverbänden, Behörden und Kommunen (Tabelle 3). In der Annahme, dass ExpertInnen über spezifisches Wissen verfügen, das mehr als ein Projektmodul abdecken kann, wurden drei Themenkomplexe gebildet (Tabelle 1).

Tabelle 1 Übersicht Themenkomplexe für Interviewleitfäden, Quelle: BGS.

Themen-komplexe	Module	Inhalt
A	Module 1.2-1.5, 1.7	Technische Elemente zur Erreichung der BGS-Ziele
B	Modul 1.6	Integriertes Sanierungsmanagement
C	Modul 2.5 und 2.1	Multicodierung – Planung und Umsetzung BGS

Eine Zuordnung von ExpertInnen zu Themenkomplexen und Modulen, zu denen sie befragt worden sind, findet sich in Tabelle 3. Zur Strukturierung der Befragungen erstellte das BGS-Team im Vorfeld einen Interviewleitfaden, welcher Fragekategorien und Beispielfragen beinhaltet. Dieser wurde von den Gesprächsführenden mit modulspezifischen Fragen und dem Gesprächsziel individuell ergänzt.

Tabelle 2 Auszüge aus dem Interviewleitfaden, Quelle: BGS.

Fragekategorie	Beispielfragen
Ziele	• Welche Schwerpunkte und Ziele der zukunftsfähigen Straßenraumgestaltung verfolgen Sie, um die verkehrlichen, wasserwirtschaftlichen, mikroklimatischen und grünplanerischen Belange in der Straßenraumgestaltung zu verbessern? • An welchen beispielgebenden Untersuchungen / Projekten arbeiten Sie?
Stand der Technik / Umsetzung / Maßnahmen	• Welche besonderen Handlungsbedarfe zur Straßenraumgestaltung bestehen? • Wer sind die PartnerInnen / Adressaten der Umsetzung? • Welche Maßnahmen sind erprobt?
Multicodierung	• Ist der Ansatz zur multicodierten Straßenraumgestaltung für blau-grüne Straßenräume aus Ihrer Sicht zielführend? • Welche Konzepte und Maßnahmen sichern die Multicodierung des Verkehrsraums (Straßen-, Plätze, Verkehrsinfrastrukturflächen)? • Welche Konsequenzen haben Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels, die Benutzbarkeit der Straßen, für die Quartiersstruktur und die öffentlichen und privaten Freiflächen?
Hemmnisse / Änderungsbedarf / Erfolgsfaktoren	• Aus der Erfahrung der Projektumsetzung: Benennen Sie die zentralen Hemmnisse? • Welche Änderungsbedarfe bestehen? Welche Lösungsansätze sehen Sie? • Benennen Sie aus Ihrer Sicht die Schlüsselmaßnahmen, um die Akzeptanz und Umsetzung zu steigern? (z. B. Kommunikation, Strukturen, ökonomische Rahmenbedingungen...).
Gute Beispiele	• Benennen Sie bitte gute Beispiele • Welche Informationen können Sie zu diesen Beispielen bereitstellen bzw. über welchen Zugang sind Informationen zu erhalten?

Zu jedem Interview wurde ein Kurzprotokoll erstellt, welches die wesentlichen Aussagen der InterviewpartnerInnen aus den Gesprächen inhaltlich zusammenfasst. Die Protokolle wurden nach der

Freigabe durch die ExpertInnen zusammengeführt und als projektinternes Dokument archiviert. Die Tabelle 3 listet die durchgeführten Interviews auf.

Tabelle 3 Interviewliste Experteninterviews Modul 1.1 Statusbericht, Quelle: BGS.

Nr.	Modul	Themen-komplex	Thematischer Schwerpunkt/Keywords	Institution	Funktion
1	1.2	A, C	Substrate, Klimafolgenanpassung, Baumstandorte	Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer, Hamburg	Ansprechpartner für Baumschutzkonzepte in der Abteilung Straßenplanung
2	1.2	A, C	Baumrigolen, Erfahrungen zu Planung, Bau und Betrieb in Bochum	Tiefbauamt Bochum	Mitarbeiter
3	1.3	A, C	Notwasserwege, Ableitung an der Oberfläche, Baumrigolen, Zielgruppe, Potentialräume, Normung	Tu Dortmund, FLL, KaiserIngenieure, RES:Z	Dozent Raumplanung, Leiter Ausschuss RWB, Geschäftsführer, Projekt TransMit
4	1.5	A	Stoffströme im Straßenraum	Kompetenzzentrum Wasser Berlin	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
5	1.5, 1.3	C	Verkehrsplanerische Rahmenbedingungen	TU Kaiserslautern	Professur
6	1.5, 1.3	C	planungsrechtliche und straßenverkehrsrechtliche Rahmenbedingungen zur Umsetzung von BlueGreenStreets	HafenCity Universität Hamburg	Lehrgebiet Recht und Verwaltung
7	1.5, 1.3	C	nationalen und internationale Erfahrungen mit BGS	teamred	Leitung
8	1.5, 1.3	A, C	Berücksichtigung des multicodierten Straßenraumentwurfs in der Überarbeitung der RASt	Universität Siegen	Leiter FGSV AK RASt
9	2.5	C	Verkehrssicherheit	Behörde für Inneres und Sport, Hamburg Amt A Grundsatzangelegenheiten des Straßenverkehrs	Mitarbeiter Referat Straßenverkehrsordnung und straßenverkehrs-behördliche Planung
10	2.5	C	Verkehrssicherheit, Einstau von Straßen	Behörde für Inneres und Sport, Hamburg Polizei	Mitarbeiter Verkehrsdirektion Leitung Polizeikommissariat
11	2.5	C	Bauforum Hamburg, Stadtentwicklung und Wohnen	Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen, Hamburg	Amtsleitung Landesplanung und Stadtentwicklung
12	2.5	C	Straßenwasserreinigung, Strategisches Handeln	Behörde für Umwelt und Energie, Hamburg	Mitarbeiter Amt für Wasser, Abwasser und Geologie
13	2.5	B, C	Straßenplanungen, Unterhaltung, Regelwerke	Behörde für Wirtschaft und Verkehr, Hamburg	Amt Verkehr und Straßenwesen, Abteilungsleiter Infrastruktur
14	2.5	C	Straßenplanung in den Bezirken, Umsetzung öffentlicher Auftraggeber	Bezirksamt Hamburg	Abschnittsleitung Planung, Entwurf und Neubau – Straßen

15	2.5	C	Planung und Strategie in den Bezirken, Umsetzung öffentlicher Auftraggeber	Bezirksamt Hamburg	Leitung Management öffentlichen Raum
16	2.5	C	Planungsrechtliche Rahmenbedingungen zur Umsetzung von BGS, Finanzierung und Zuständigkeiten	Hamburg Wasser	Integriertes Regenwasser-management Infrastrukturkoordination und Stadthydrologie
17	2.5	C	Straßenplanungen	Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer, Hamburg	a.D.
18	2.5	C	Prozessgestaltung, Infrastruktur als Baukultur und Prozessgestaltung, Infrastruktur als Baukultur, Klimafolgenanpassungsbudget, Forschungsprojekt MURIEL (Multifunktionale Urbane Retentionsflächen)	MUST Städtebau GmbH	Autor im Forschungsprojekt MURIEL, Autor Wissensdokument ReStra Hamburg
19	2.5	C	Umsetzung, Aufträge Planung, Planungsinhalte, Straßenplanungen	Stadt- und Verkehrsplanungs-büro	Leitung
20	2.5	C	Potenziale der Straßen in gesamtstädtischen Klimafolgenanpassungskonzepten im Handlungsfeld Hitze,	TU Technischen Universität Kaiserslautern / berchtoldkrass space&options, Karlsruhe	Juniorprofessor für Digitalisierung, Visualisierung und Monitoring in der Raumplanung
21	2.5	C	Vorreiterrolle Kopenhagen, Erfolgsfaktoren	Urban Water Management and Planning	Senior Konsulent

Die Erkenntnisse aus den Interviews werden in den Kapiteln zu den jeweiligen Modulen im Text eingearbeitet und erläutert. Weitere, übergeordnete und detaillierte Erkenntnisse zu den Themen werden in Sprechblasen (Abbildung 3) zusammengetragen.

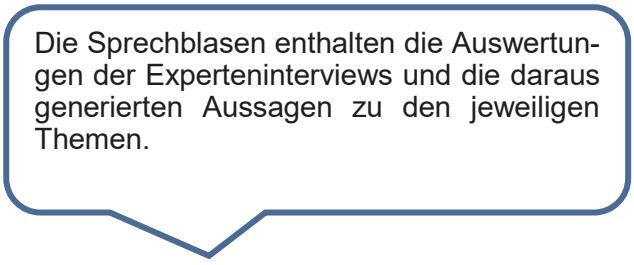


Abbildung 3 Darstellung für die Auswertung der Erkenntnisse aus Experteninterviews, BGS.

Literatur Kapitel 2.1

Mieg, Harald A.; Näf, Matthias (2006): *Experteninterviews in den Umwelt- und Planungswissenschaften. Eine Einführung und Anleitung*. Lengerich: Pabst Science Publishers.

2.2 Nutzung von Pflanzgruben als temporäre Retentions- und Versickerungsräume (*M. 1.2*)

Autoren: Wolfgang Dickhaut, Michael Richter

2.2.1 Status Quo Straßenbäume

Straßenbäume stellen der urbanen Umwelt eine ganze Reihe von Ökosystemleistungen zur Verfügung. Die Prominentesten sind wohl die Reduzierung des urbanen Hitzeinseleffekts, Filtern von Luftschadstoffen, Erhöhung der städtischen Biodiversität und positive Effekte auf die Aufenthaltsqualität. Außerdem haben Bäume diverse Effekte auf das urbane Regenwassermanagement. Sie reduzieren Regenabflüsse und Bodenerosion durch den direkten Rückhalt auf bzw. durch die Benetzung von Blättern und Ästen mit Wasser (Interzeption), die Ableitung von Wasser über den Stamm (Stammabfluss) und Infiltration über die Baumscheibe (vgl. Elliott et al., 2018: 158). Straßenbäume bzw. deren Substrate filtern auch Schadstoffe aus dem Regenwasser bevor dieses in das Grundwasser infiltriert werden (vgl. CRWSA 2009: 2).

Stadt- und insbesondere Straßenbäume haben durch verschiedene Umwelteinflüsse oft erschwerte Standortfaktoren zu bewältigen (u.a. Dickhaut & Eschenbach 2019: 9). Urbane Böden sind beispielsweise durch Verkehr und Straßenbautätigkeiten häufig verdichtet. Dadurch geht Porenraum verloren, der zur Wasser- und Sauerstoffversorgung und Ausbreitung des Wurzelraums vonnöten ist (vgl. CRWSA 2009: 5). Je besser ein Jungbaum mit Sauerstoff, Wasser und Wurzelraum ausgestattet ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich dieser eigenständig entwickelt und seine Potenziale ausschöpft, ohne umgebende Infrastrukturen zu bedrängen (vgl. Trees and Desing Action Group 2014: 88).

Nach Embrén et al. (2009: 6f.) sind die am weitesten verbreiteten Probleme für die Entwicklung urbaner Baumbestände:

- Platzmangel: Straßenbäume haben oft nur ein sehr begrenztes Volumen zur Ausbreitung des Wurzelraums zur Verfügung.
- Sauerstoffmangel: Verdichtung und Veränderung der Bodenstruktur führen zu Sauerstoffmangel und zu CO_2-Vergiftung von Baumwurzeln.
- Wassermangel: Regenwasser der umgebenden versiegelten Flächen wird direkt in die Kanalisation geleitet und Verdichtung der Baumscheiben verhindert Infiltration.
- Mangel an organischer Substanz: Versiegelte Flächen verhindern Anreicherung von organischer Substanz, was langfristig zu Nährstoffmangel führen kann.
- Schäden durch Streusalz: große Mengen Streusalz können zu toxischen Konzentrationen sowie zu Wasser- und Luftmangel im Wurzelraum führen.
- Physische Schäden: Schäden können durch z.B. Mäharbeiten oder parkende KFZ entstehen
- Konflikte mit unterirdischen Leitungen: Baumwurzeln können Schäden an Leitungen bedingen und zugleich selbst bei Leitungsbauarbeiten beschädigt werden.

Insbesondere durch Trockenstress kommt es bereits heutzutage zu Vitalitätseinbußen. Durch den Klimawandel kann es durch die Zunahme von Extremereignissen zu erhöhter Mortalität von Straßenbäumen kommen (vgl. Savi et al. 2015: 1106). Neben der Identifizierung von Baumarten, die urbanen Stress, darunter Hitze und Wassermangel, gut bewältigen können, stellt die Optimierung von Baumstandorten einen wichtigen Lösungsansatz dar. Stellschrauben zur Anpassung der Pflanzstandorte an den Bedarf von Stadtbäumen liegen in der Gestaltung der Pflanzgrube und der Baumscheibe sowie in der Zusammensetzung und Schichtung von Pflanzsubstraten. Gerade hinsichtlich der Baumvitalität existieren allerdings auch noch viele offene naturwissenschaftliche und technische Fragestellungen (Dickhaut & Eschenbach 2019: 46). Unabhängig von der Baumart gelten angemessene Wuchsbedingungen als Grundvoraussetzung für die Vitalität und damit für die Anpassungsfähigkeit eines Stadtbaums gegenüber Trockenheit, Hitze, Krankheiten und Schädlingen. Dies bedeutet als Mindeststandard einen entsprechenden Wurzelraum (ca. 1,50 m tief und ein Volumen von

12 m³) und auch eine ausreichend große Baumscheibe (mind. 6 m²) (vgl. FLL 2015: 21 ff.). Gegenwärtig werden einige Mindeststandards durch Richtlinien, z.B. im Hinblick auf die Dimensionierung von Pflanzgruben und Baumscheiben, vorgegeben (vgl. DIN 18916 – Vegetationstechnik im Landschaftsbau, Pflanze und Pflanzarbeiten; FLL Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 1 und 2). Seit Mitte der 1980er Jahre wurde die Zusammensetzung von Pflanzsubstraten untersucht und weiterentwickelt, um die Versorgung von Stadtbäumen mit Sauerstoff, Wasser und Nährstoffen zu verbessern (vgl. Krieter 1986; Krieter 1996). Die Verwendung dieser Pflanzsubstrate ist in der Zwischenzeit als Standard in die Empfehlungen zu Baumpflanzungen (vgl. FLL 2015) aufgenommen worden.

2.2.2 Bewässerung von Straßenbäumen mit Regenwasser

Die Kombination von Straßenbäumen mit Maßnahmen zum Regenwassermanagement kann durch Zuleitung von Regenwasser in Baumgruben unter Umständen sowohl das Überflutungsrisiko reduzieren als auch das Baumwachstum erhöhen (vgl. Grey et al., 2018: 123). Das Wachstum von Bäumen, die mit Regenwasser bewässert werden, hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Verschiedene Studien zeigten erhöhte Wachstumsraten (vgl. Denman et al. 2006, Mullaney et al. 2015, Scharenbroch et al. 2015, Xiao & McPherson 2011, Balder et al. 2018). Ergebnisse anderer Studien wiesen teilweise auf reduzierte Wachstumsraten hin (vgl. Bartens et al. 2009). Diese sind meist auf wassergesättigte Verhältnisse durch Unterböden mit geringen Versickerungsraten oder fehlende Drainage im Untergrund zurückzuführen. Dies bestätigten beispielsweise Grey et al. (2018), die die höchsten Wachstumsraten bei Bäumen feststellten, die mit Regenwasser bewässert wurden aber gleichzeitig auch mit einer Drainage im Untergrund ausgestattet wurden, um gesättigte Verhältnisse zu verhindern. Sie haben z.B. für *Acer campestre* festgestellt, dass schon 10 % des Untersuchungszeitraums unter gesättigten Verhältnissen im Wurzelbereich genügten, um das Wachstum signifikant zu verringern. Der Grad der Beeinträchtigung des Wuchsverhaltens hängt stark von der Baumart ab. Generell sollten Baumarten gewählt werden, die sowohl kurzfristigen Einstau an der Oberfläche wie *Quercus palustris*, *Platanus x hispanica* oder *Gleditsia triacanthos* tolerieren, als auch wie die beiden erstgenannten temporäre Staunässe im Boden schadlos überstehen können (vgl. Geisler et al. 2016: 23). Generell sollten die Sättigungsphasen auf geringe Zeiträume begrenzt werden. In der Forschungsliteratur wird dieser Zeitraum meist zwischen maximal 24 und 48 Stunden angegeben. Zusätzlich sollten die gewählten Baumarten tolerant gegenüber Schadstoffen sein, die in urbanen Gebieten typischerweise vorkommen. In diesen Fällen können Baumstandorte auch als Biofilter eingesetzt werden. Frosi et al. (2019) zeigten beispielsweise, dass erhebliche Anteile (> 70 %) von Natrium (Na), Nickel (Ni), Kupfer (Cu), Zink (Zn) und gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) zurückgehalten wurden. Nicht versickern sollen hingegen Straßenwässer, die mit Streusalz aus dem Winterdienst belastet sind, da die Entfernung der Chloride aus der Sole mit wirtschaftlichen Mitteln nicht möglich ist (vgl. Stundner 2014: 66). Umgehen könnte man diese Problematik beispielsweise durch die Trennung von Sommer- und Winterbetrieb mittels Schieber wie es in Wien praktiziert wird (vgl. Stundner 2014: 66). Die Diskussion über die Kombination von Straßenbäumen mit Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung findet zunehmend auch in Deutschland statt (vgl. Geisler et al. 2016: 23, Dickhaut et al. 2018: 10 f.).

Im Rahmen von Experteninterviews und diversen Fachgesprächen hat sich gezeigt, dass die Zuleitung von Regenwässern zu Bestands-Baumgruben kritisch gesehen wird, da die Änderung des hydraulischen Regimes von Bestandsbäumen nicht zu empfehlen sei. Ein Ziel innerhalb des Projekts wird sein, diesen Aspekt näher zu untersuchen und wenn möglich differenzierte Lösungsansätze aufzuzeigen. Balder et al. (2018) bestätigen in ihren Untersuchungen in Berlin die grundsätzliche Möglichkeit, Bäume im Einflussbereich von Versickerungsmulden zu verwenden. Im Vergleich zu benachbarten Bäumen ohne Muldeneinfluss zeigte sich, dass Bäume in Mulden einen deutlich stärkeren Stammumfang ausgebildet und eine größere Wuchshöhe erreicht hatten (Balder et al., 2018: 18). Bisher gebaute Beispiele von Baumrigolen in Bochum (vgl. Pacha und Schwarte 2018) und Berlin (vgl. Geisler et al. 2016) zeigen ebenfalls erste vielversprechende Ansätze. International sind solche Systeme bereits zahlreich umgesetzt und neben dem „Stockholmer Modell“ (vgl. Embrén et al. 2009) vor allem im nordamerikanischen Raum seit langem praktisch erprobt.

2.2.3 Technische Systeme Baumrigolen – Versickerungsbaumgruben

Bezüglich der technischen Umsetzbarkeit gibt es drei Möglichkeiten, um die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung und Baumgruben miteinander zu kombinieren (vgl. Dickhaut et al. 2018: 5):

- wasserdurchlässige Baumscheiben und Beläge,
- eine gezielte Einleitung von Niederschlagswasser in die Pflanzgrube, um eine Versickerung von Niederschlagswasser in den Wurzelraum zu fördern,
- große Pflanzgruben, die mehr Wurzelraum bieten und dadurch eine verbesserte Versickerung sowie ein größeres Wasserspeichervolumen ermöglichen und
- eine Substratzusammensetzung, die eine gute Wasserspeicherung in der Pflanzgrube unterstützt.

Grundtypen von Pflanzgruben

Im Rahmen des Projekts „Stadtbäume im Klimawandel“ (SiK) wurden darauf aufbauend für die Einleitung und Versickerung von Niederschlagswasser drei Pflanzgrubentypen unterschieden (vgl. Dickhaut et al. 2018: 6 ff.; Dickhaut & Eschenbach 2019: 47 ff.), die jedoch insbesondere bezüglich Ausgestaltung der Substrate und weiterer technischer Details noch weitere Unterscheidungskriterien zulassen. Ein zentrales Unterscheidungsmerkmal für die Einteilung in eine der drei (Grund-)Pflanzgrubentypen ist dabei, ob das Regenwasser oberirdisch über die Baumscheibe in die Pflanzgrube eingeleitet wird, unterirdisch über spezielle Luft- und Wasserschächte in die Pflanzgrube gelangt oder über Tiefbeete bzw. Mulden temporär mit Niederschlagswasser eingestaut wird, bis es in den Wurzelraum versickert (siehe Abbildung 4 - Abbildung 6, Dickhaut et al. 2018: 5). Zusätzlich wird noch ein Typ mit Zisternenbewässerung vorgestellt, womit in Zeiten mit hohen Niederschlagsmengen Regenwasser gespeichert werden könnte, um die Bewässerung von Stadtbäumen in Trockenzeiten zu unterstützen. Dabei könnte z.B. das Regenwasser von Gehwegen über einen Einlauf mit Filter in ein unterirdisch angelegtes Speicherbecken geleitet werden und in Trockenperioden mittels Pumpen zur Baumbewässerung genutzt werden (Dickhaut et al. 2018: 9; Dickhaut & Eschenbach 2019: 49). Unterschiede in der Ausgestaltung von Typ I ergeben sich u.a. durch Bepflanzung, keine Bepflanzung und Abdeckung der Baumscheibe. Bei Typ II sind auch unterirdische Einleitungen über Rohrleitungen von Dächern denkbar und auch unter Umständen Zuleitungen von Regenwasser, welches keiner Filterung bedarf.

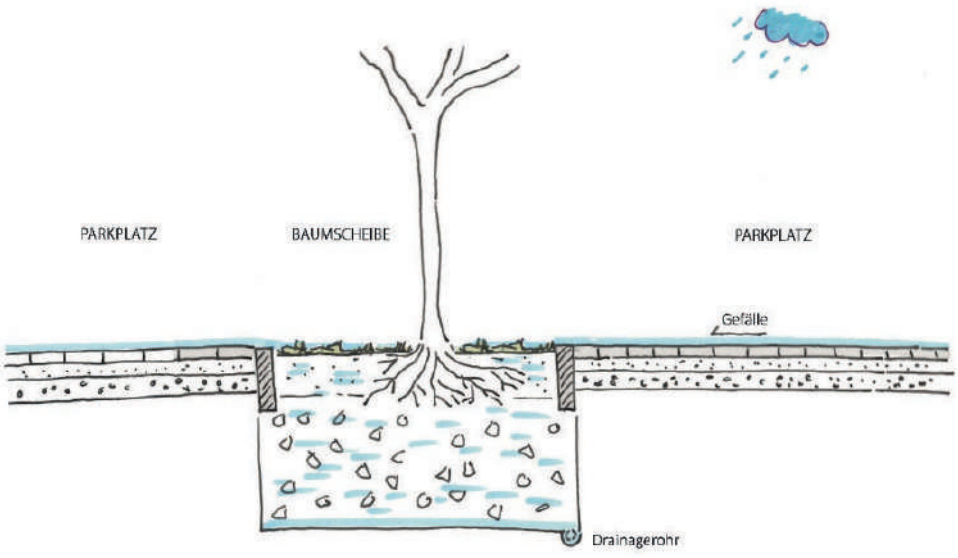


Abbildung 4 Pflanzgrubentyp I mit oberirdischer Zuleitung von Regenwasser und bepflanzter Baumscheibe, Quelle: Dickhaut et a. 2018: 7, Zeichnung: Elke Kruse.

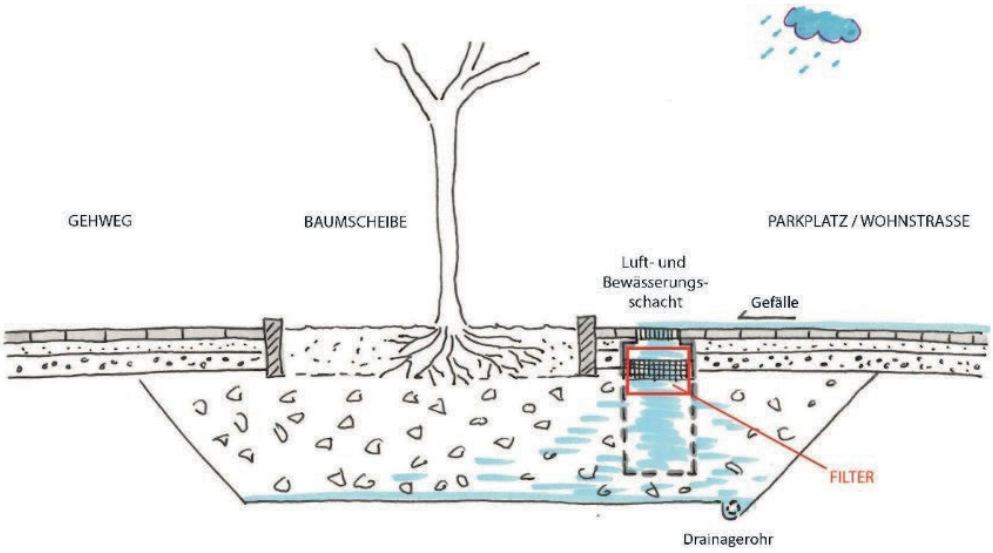


Abbildung 5 Pflanzgrubentyp II mit Zuleitung von Regenwasser über einen Schacht mit Filter, Quelle: Dickhaut et al. 2018: 8, Zeichnung: Elke Kruse.

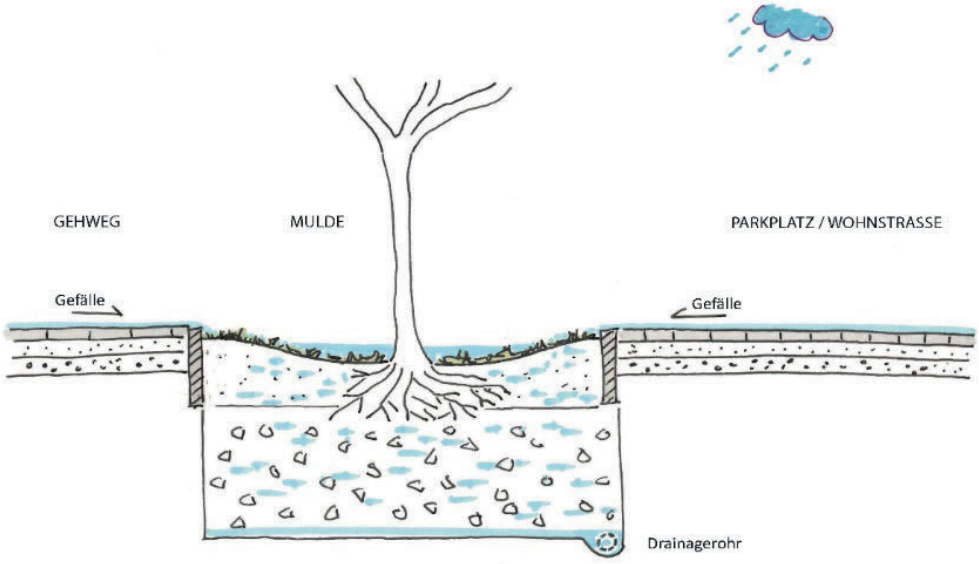
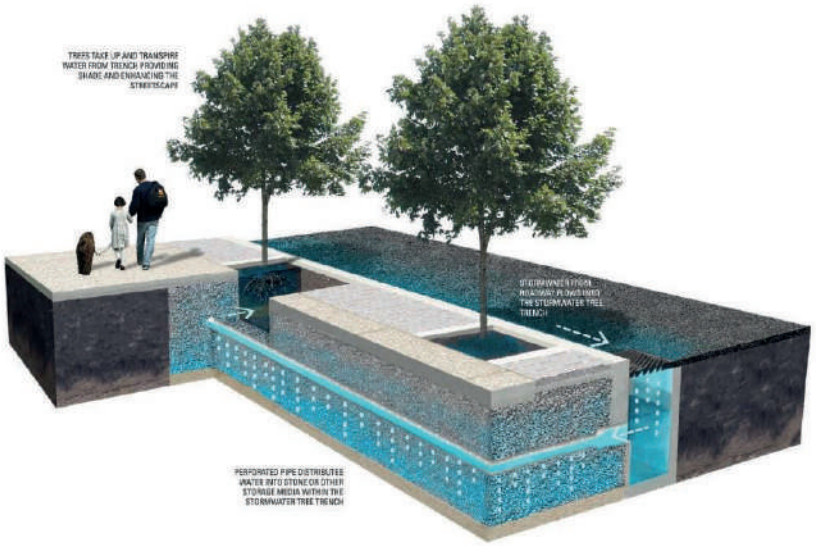


Abbildung 6 Pflanzgrubentyp III mit oberirdischer Zuleitung von Regenwasser Zwischenspeicherung in Mulde, Quelle: Dickhaut et al. 2018: 9, Zeichnung: Elke Kruse.

Außerdem wäre es bei geeigneten Untergrundverhältnissen mit genügend großem Versickerungsvermögen auch möglich, auf Drainageleitungen zu verzichten oder sogar eine wasserstauende Schicht einzubauen, um ein Reservoir vorzuhalten. Beispiele solcher Pflanzgrubentypen mit unterirdischem Wasserspeicher wurden in Berlin und Hamburg gebaut (siehe Anhang 1). Spezielle Untertypen werden z.B. durch Kombination mehrerer Baumgruben zu sogenannten „tree trenches“ oder als spezielles funktionsbedingtes Design wie bei den „tree box filters“ realisiert. Tree box filter werden gebaut, um die Infiltration und biologische Reinigung von Regenwasser zu kombinieren. Sie sind durch ihre Bauweise von technischen Substraten verschiedener Körnung und oberflächlichen Zu- und unterirdischen Abläufen geeignet, partikelgebundene Schadstoffe, Nährstoffe und Schwermetalle aus dem Regenwasser zu filtern (vgl. Geronimo et al. 2013: 2). Tree trenches sind Wurzelgrabensysteme, die Wurzelräume mehrerer Baumgruben kombinieren und Regenwasser über ober- oder unterirdische Einläufe in den Gräben verteilen. Ein Beispiel aus Philadelphia ist in Abbildung 7 dargestellt.



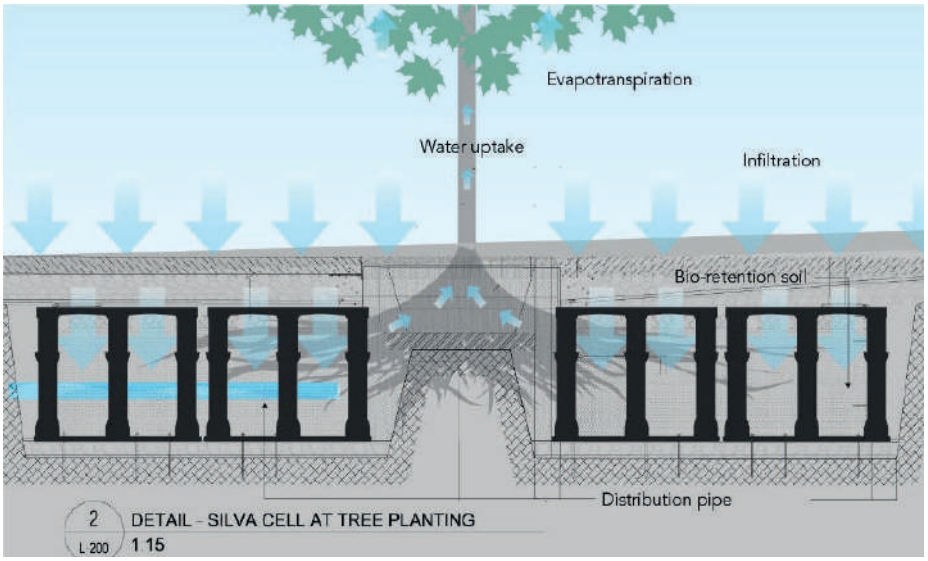


Abbildung 7 Beispiel (oben) für einen „Stormwater tree trench" aus Philadelphia, Quelle: City of Philadelphia 2014: 31. Beispiel (unten) für ein Kasten- oder Zellensystem, „Silva Cell", Quelle: North Carolina Department of Environmental Quality 2017.

Bautypen Substrate

Die unterschiedlichen Pflanzgrubentypen stellen an die verwendeten Substrate wiederum die gleichen Anforderungen. Sie müssen genügend Luft- und Wasserkapazität und geeignete Porengrößenverteilungen bereitstellen. Das Ziel ist einerseits so viel Regenwasser wie möglich aufnehmen zu können, aber gleichzeitig noch genügend Bodenluft zur Verfügung zu stellen. Wenn das Substrat in der Pflanzgrube wassergesättigt sein sollte, dann ist dies nicht im gesamten Bereich bis zur Geländeoberkante ratsam. Außerdem dürfen die gesättigten Verhältnisse nicht länger als 48 Stunden vorliegen. Zusätzlich muss sichergestellt sein, dass es trotz erheblicher Druckbelastungen von z.B. Straßenflächen nicht zu einer Verdichtung der Substrate kommt und dadurch das Wurzelwachstum beeinträchtigt wird. Bereits seit den 1990er Jahren wird an Substraten geforscht, die den Anforderungen an urbane Standorte besonders gerecht werden (vgl. Grabosky und Bassuk 1995). Mittlerweile haben sich zwei Systeme etabliert, sogenannte Kasten- oder Zellensysteme (crate-/cell-systems) und Strukturböden (structural soils). Diese Systeme werden im Folgenden mit ihren Untertypen beispielhaft vorgestellt.

Kasten- und Zellensysteme: Die Systeme bestehen aus Plastik- oder Betonzellen, die eine hohe Tragfähigkeit besitzen, um den Druck der über ihnen liegenden Verkehrsflächen abzuleiten. Zwi-

schen die Zellen kann mehr als 90 % Volumenanteil unkomprimiertes, meist sandiges Substrat gefüllt werden (vgl. TDAG 2014: 105). Die Technik hat sich bisher vor allem in Nordamerika bewährt (z.B. Abbildung 7). Dort werden die Systeme vor allem zur Aufnahme von Regenwasser und der Filtration verwendet. Beispiele von Städten, die teilweise langjährige Erfahrungen mit dem System haben, sind Vancouver, Maple Ridge, Burnaby, Calgary, Edmonton, Toronto, Mississauga, Salford und Spokane (vgl. Vega 2018: 8 ff.). In Berlin wurde im Rahmen des Projekts TREEDRAIN der Prototyp einer Baumrigole mit Betonzellen-System realisiert (Geisler et al. 2016: 25). Die Besonderheit an diesem Typ ist, dass in der Baumgrubensohle Wasser gespeichert wird, um die langfristige Wasserversorgung sicherzustellen.

Strukturböden: Um die Verdichtung feiner Substratanteile zu verhindern, haben Strukturböden oder Skelettböden einen hohen Anteil an grobkörnigem Material. Dieses grobkörnige Material bildet ein nicht weiter verdichtbares Gerüst, in dessen Zwischenräume (je nach Korngröße etwa 20-35 vol. %) feinere Substrate eingebracht werden und dann als durchwurzelbares Substrat zur Verfügung stehen (Abbildung 8). Die Feinbodenanteile in den Zwischenräumen können sandige oder lehmigtonige Substrate sein, mit Beimischungen von organischem Materialien (z.B. Humus, Pflanzenkohle) oder auch sogenannten Hydrogels beinhalten wie der an der Cornell University in Ithaca (NY) entwickelte CU-Soil. Durch die gegebene Porosität werden neben der Durchwurzelbarkeit die Wasser- und Sauerstoffverfügbarkeit sowie eine ausreichende Durchlässigkeit sichergestellt (vgl. CRWSA 2009: 16). Drei Haupttypen, unterteilt nach Größe des Grobbodenanteils, haben sich herausgebildet: „sand-based substrates“ oder „compacted sand structural soils“, „Medium-size aggregates“ (Grobbodenanteil mit Korngrößen von 25-100 mm) und „large-stone skeleton substrates“ (Grobbodenanteil mit Korngrößen von > 100 mm, „Stockholmer Lösung“). Typische Mischungsverhältnisse von Grobboden zu Feinboden sind im Bereich von 3:1 bis 4:1 angesiedelt (vgl. Bartens et al. 2010: 333).

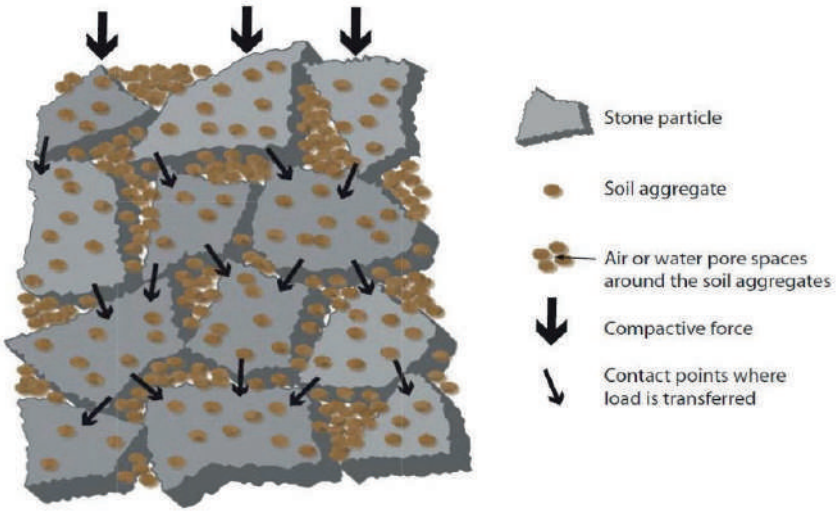


Abbildung 8 Prinzipskizze von Strukturböden mit Darstellung der Druckverteilung zwischen den Grobmaterialien, Quelle: Day & Dickinson 2008: 10.

Baumgruben mit dem Strukturboden-System wurden bisher vor allem in Nordamerika (z.B. Philadelphia, St. Paul) und Nordeuropa (Stockholm, Oslo, Kopenhagen), vereinzelt auch in Mittel- und Westeuropa gebaut (Bochum, Lyon). In Lyon wurden beispielsweise in den vergangenen 20 Jahren über 10.000 Straßenbäume nach diesem System gebaut (vgl. TDAG 2014: 97). Die in Deutschland verwendeten Substrate, welche gemäß den FLL-Empfehlungen für Baumpflanzungen (FLL 2010) hergestellt werden, sind ebenfalls als Strukturböden (Medium-size aggregates) einzuordnen, da sie einen hohen Anteil an Fein- und Mittelkiesen haben um Struktur- und Verdichtungsstabilität sicherzustellen.

Umsetzungsbeispiel BGS Pilotprojekt Hölertwiete, Hamburg-Harburg

Im März und April 2020 wurden in der Hölertwiete in Hamburg-Harburg die ersten Baumrigolen gebaut. Regenwasser wird den Baumgruben von benachbarten Dächern über einen Bewässerungsschacht zugeführt. In der Baumgrubensohle wurde eine dichtende Schicht eingebracht, wodurch etwa 1.000 l Wasser für Trockenzeiten gespeichert werden können. Um Aussagen zur Funktionalität hinsichtlich Regenwasserversickerung und Baumvitalität treffen zu können, wird kontinuierlich die Menge des eingeleiteten Regenwassers und die Wasser- und Luftverfügbarkeit in verschiedenen Tiefen im Boden gemessen.



Abbildung 9 Schematischer Aufbau der Pflanzgrube in der Hölertwiete in Hamburg-Harburg (oben) sowie Eindrücke von der Baustelle (unten), Quelle: BGS, Fotos: Michael Richter.

2.2.4 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Die Probleme und Herausforderungen vor denen Straßenbäume stehen, sind seit mehreren Jahrzehnten erkannt und beforscht. Es werden auch bereits einige Ansätze zur Pflanzgrubenoptimierung im Hinblick auf Regenwasserversickerung und Wasserversorgung der Bäume umgesetzt, vor allem im nordamerikanischen und nordeuropäischen Raum. Unterschiedliche Systeme und Substratvarianten sind bereits seit einigen Jahren erprobt und die Straßenbäume weisen in der Regel eine gute Vitalität auf. Für welche Zwecke und Standorte unterschiedliche Systeme jeweils geeignet sind, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Bei der Wahl der Art der Zuleitung von Regenwasser sind das vor allem die Verkehrsbelastung im Straßenraum und rechtliche Randbedingungen. Für die Wahl des Pflanzgrubensystems sind u.a. Präferenzen in der Materialbeschaffenheit-, -praktikabilität und -verfügbarkeit, (unterirdische) Raumverfügbarkeit und die umgebenden Untergrundverhältnisse (Versickerungsvermögen, Grundwasserflurabstand, Reinigungsvermögen…) bedeutend. Detaillierte Darstellungen unterschiedlicher Pflanzgrubensysteme sind in den Baumrigolen-Steckbriefen im Anhang 1 aufgeführt. Langzeitergebnisse hinsichtlich der Vitalität der Bäume und Effektivität als Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme vor allem bei Starkregenereignissen sind derzeit noch nicht vorhanden. Eine weitere Wissenslücke scheint bei der Zwischenspeicherung von Wasser für Trockenzeiten zu bestehen (vgl. Kruse et al. 2020: 44). In BGS sollen verschiedene Typen von Versickerungsbaumgruben mit unterschiedlichen Substraten und Zuleitungen von Regenwasser verschiedener Dach- und Verkehrsflächen gebaut werden. Diese werden messtechnisch ausgestattet und sollen langfristig dazu beitragen, die benannten Wissenslücken zu schließen.

Es zeigte sich während der ersten Projektphase bereits, dass Baumrigolen ein kontrovers und vieldiskutiertes Thema innerhalb des Themengebiets urbane Wasserwirtschaft – Stadtgrün – Klimawandelanpassung sind. Das Interesse ist vor allem auch in der Planungspraxis groß. Gleichzeitig bestehen noch große Unsicherheiten und Befangenheiten aufgrund fehlender Langzeiterfahrungen bezüglich Bau, Unterhaltung und der Funktionalität dieser zumindest in Deutschland neuartigen technischen Elemente. Das wirkt sich auch auf den Planungs- und Baufortschritt verschiedener BGS-Pilotbaumgruben in Berlin, Hamburg und Leipzig aus.

In Deutschland liegen bislang nur begrenzte Erfahrungen mit dem Bau und der Unterhaltung von Baumrigolen vor. Die Experteninterviews zeigen, dass rechtliche und planerische Hürden sowie die Bedenken der Zuständigen durch Pilotprojekte und begleitende Forschung zunächst überwunden werden müssen, bevor Baumrigolen zu Multitalenten des Straßenraums werden können.

Die Erfahrungen aus Bochum zeigen, dass es auch dort zunächst eine große Skepsis gegenüber den Baumrigolen gab. Straßenbau- und Grünflächenamt befürchteten, dass Flächen überflutet werden könnten. Aus diesem Grund wurden alle Baumrigolen mit einer Notentwässerung ausgestattet. Es fehlen derzeit noch langfristige Erfahrungen im Betrieb, um Aussagen über Kosten und Aufwand der Unterhaltung machen zu können. Die Haupthemmnisse betrafen die Auswahl der Baumarten, Skepsis der Wasserbehörde in Bezug auf den Eintrag von Schadstoffen ins Grundwasser und seitens des Straßenbaus zur Tragfähigkeit (vgl. Interview 2).

Die Priorität liege auf dem Schutz des Baumes. Sei ausreichend Wurzelraum und damit Porenvolumen vorhanden, könne Regenwasser im Rahmen von Neupflanzungen in Baumgruben eingeleitet werden und zur Vitalisierung von Bäumen beitragen. Wünschenswert sei der Einbau eines Substrats, das zugleich die Filterung von Schadstoffen übernehme und einen größeren durchwurzelbaren Raum schaffe (vgl. Interview 1). Die Bewässerung von Neuanpflanzungen erfolge gemäß dem Stand der Technik nur während der Fertigstellungspflege in den ersten drei Jahren (vgl. Interview 14).

Erkenntnisse aus Experteninterviews 2 – Baumrigolen, Quelle: BGS, HCU.

Literatur Kapitel 2.2

Balder, H., Goll, L., Nickel, D., Rehfeld-Klein, M. (2018) Befunde zur Verwendung von Bäumen in Muldensystemen im Rahmen der Regenwasserbewirtschaftung. PROBAUM (4), pp. 15-21.

Bartens, J., Day, S. D., Harris, J. R., Wynn, T. M., & Dove, J. E. (2009) Transpiration and root development of urban trees in structural soil stormwater reservoirs. *Environmental Management*, vol. 44, pp. 646–657.

Bartens, J., Wiseman, P.E., Smiley, E.T. (2010) Stability of landscape trees in engineered and conventional urban soil mixes, *Urban Forestry & Urban Greening,* vol. 9(4), pp. 333-338.

Charles River Watershed Stormwater Association (CRWSA) (2009) Stormwater, Trees, and the Urban Environment: A Comparative Analysis of Conventional Street Tree Pits and Stormwater Tree Pits for Stormwater Management in Ultra Urban Environments.

City of Philadelphia (2014) City of Philadelphia Green Streets Design Manual. Mayor's Office of Transportation and Utilities.

Day, S. D. and Dickinson, S. B. (2008) Managing Stormwater for Urban Sustainability Using Trees and Structural Soils: A new space-saving infiltration BMP that mitigates runoff from paved areas, Blacksburg, VA, Virginia Polytechnic Institute and State University.

Denman, L., May, P., & Breen, P. (2006) An investigation of the potential to use street trees and their root zone soils to remove nitrogen from urban stormwater. *Australian Journal of Water Resources*, vol. 10, pp. 303–311.

Dickhaut, W.; Fellmer, M.; Lauer, J.; Winkelmann, A. (2018) Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung an Baumstandorten – Chancen und Risiken. Ausarbeitung im Projekt Stadtbäume im Klimawandel (SiK). HafenCity Universität Hamburg, 56 p.

Dickhaut, W.; Eschenbach, A. (Hrsg.) (2019) Entwicklungskonzept Stadtbäume – Anpassungsstrategien an sich verändernde urbane und klimatische Rahmenbedingungen. Abschlussbericht des Projekts Stadtbäume im Klimawandel (SiK). HafenCity Universität Hamburg, p. 112.

Elliott, R. M., Adkins, E. R., Culligan, P. J. and Palmer, M. I. (2018) 'Stormwater infiltration capacity of street tree pits: Quantifying the influence of different design and management strategies in New York City', *Ecological Engineering*, vol. 111, pp. 157–166.

Embrén, B., Alvem, B. M., Stål, A. and Orvesten, A. (2009) Planting Beds In The City Of Stockholm: A Handbook.

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) (2010): Empfehlungen für Baumpflanzungegraboskyn, Teil 2 – Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate, ed. FLL, 62. Bonn.

Frosi, M. H., Kargar, M., Jutras, P., Prasher, S. O. and Clark, O. G. (2019) 'Street Tree Pits as Bioretention Units: Effects of Soil Organic Matter and Area Permeability on the Volume and Quality of Urban Runoff', *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 230, no. 7, p. 998.

Geisler, Pallasch, Post (2016) 'Baum-Rigolen: Zur naturnahen Bewirtschaftung von Regenwasser und Verbesserung des Stadtklimas', *Planerin*, no. 6.

Geronimo, F. K. F., Maniquiz-Redillas, M. C. and Kim, L.-H. (2013) 'Treatment of parking lot runoff by a tree box filter', *Desalination and Water Treatment*, vol. 51, 19-21, pp. 4044–4049.

Grabosky, J., Bassuk, N. (1995) A new urban tree soil to safely increase rooting volumes under sidewalks. *Journal of Arboriculture*, vol. 21, pp.187–200.

Grey, V., Livesley, S. J., Fletcher, T. D. and Szota, C. (2018) 'Establishing street trees in stormwater control measures can double tree growth when extended waterlogging is avoided', *Landscape and Urban Planning*, vol. 178, pp. 122–129.

Krieter, M. (1986): Untersuchungen von Bodeneigenschaften und Wurzelverteilungen an Straßen-baumstandorten (Linde). Tagungsband 4. Osnabrücker Baumpflegetage. Osnabrück.

Krieter, M. (1996): Neue Erkenntnisse über die Neupflanzung von innerstädtischen Straßenbäumen. Tagungsband: 14. Osnabrücker Baumpflegetage. Osnabrück.

Kruse, E., Biber, C. and Dickhaut, W. (2020) 'Straßenbäume als Komponente der Überflutungs- und Hitzevorsorge in Städten', *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, vol. 13, no. 1, pp. 38–47.

Mullaney, J., Lucke, T., & Trueman, S. J. (2015) The effect of permeable pavements with an underlying base layer on the growth and nutrient status of urban trees. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 14, pp. 19–29.

North Carolina Department of Environmental Quality (2017) 'Stormwater Design Manual'.

Pacha, S.; Schwarte, B. (2018) 'Regenwasserbewirtschaftung an Baumstandorten - Praxisbeispiel aus Bochum', *abwasser report*, no. 3.

Savi, T., Bertuzzi, S., Branca, S., Tretiach, M., Nardini, A. (2015) Drought-induced xylem cavitation and hydraulic deterioration: risk factors for urban trees under climate change? *The New Phytologist,* vol. 205 (3), pp. 1106-1116.

Scharenbroch, B. C., Morgenroth, J., & Maule, B. (2015) Tree species suitability to bioswales and impact on the urban water budget. *Journal of Environment Quality*, vol. 45, pp. 199–206.

Stundner, W. (2014) Regenwasserbewirtschaftungsbecken als Teil des nachhaltigen Regenwassermanagements in Wien: mit Schwerpunkt Umgang mit aus dem Winterdienst belasteten Niederschlagswässern und Verdunstung als Bestandteil des nachhaltigen Regenwassermanagements, MA 22 - Umweltschutz Wien.

Trees and Desing Action Group (TDAG) (2014) Trees in hard landscapes: a guide for delivery.

Vega, O. (2018) Application of Stormwater Tree Trenches in the City of Vancouver.

Xiao, Q., & McPherson, E. G. (2011) Performance of engineered soil and trees in a parking lot bioswale. *Urban Water Journal*, vol. 8, 241–253.

2.3 Elemente der Wasserspeicherung für den Einsatz in Grünräumen der Straße (*M. 1.3*)

AutorInnen: Heiko Sieker, Harald Sommer, Matthias Pallasch

Erarbeitung qualitativer und quantitativer Aussagen zu Potenzialen von Speicherelementen und Notwegen für Wasser im Straßenraum

Niederschlagswasser von Straßenräumen ist im Sinne des lokalen Wasserdargebots eine potenzielle Ressource. Die Aktivierung dieser Ressourcen bedarf der Rückhaltung in natürlichen Speichern (Boden) oder technischen Speicherelementen. Gleichzeitig geht von Niederschlagswasser in Straßenräumen auch ein Gefährdungspotential aus, sobald die technischen Ableitungs- oder Speicherkapazitäten erschöpft sind und es zum Überstau im Straßenraum kommt.

Niederschlagswasser, sofern es gefasst ist, liegt im rechtlichen Geltungsbereich von Abwasser (vgl. § 54 Abs. 2). Für die Bewirtschaftung von Regenwasser in Deutschland gilt das Gebot der Versickerung oder ortsnahen Ableitung gemäß § 55 Abs. 2 WHG. Teilweise wird dieses Gebot durch landesspezifische Regelungen ergänzt und konkretisiert. So fordert beispielsweise das Berliner Wassergesetz explizit die Versickerung von Niederschlagswasser, welches auf öffentlichen gewidmeten Flächen anfällt (vgl. § 36a Abs.1 BWG). Die rechtlichen Regelungen zu Überflutungen durch Überstau werden ebenfalls über abwasserrechtliche Gesetze und Normen behandelt und nicht etwa durch den Regelungsrahmen des Hochwasserschutzes (vgl. § 72 Satz 2 WHG).

Für den Rückhalt in Speicherelementen und die Notableitung von Niederschlagswasser im Straßenraum existieren zahlreiche Maßnahmen, welche sowohl technisch-konstruktiver oder flächenintegrierter Natur sein können (vgl. Tabelle 4). Speicherelemente werden vor allem über ihre stationäre Aufnahmekapazität (Retentionsvolumen) beschrieben. Notwasserwege hingegen sind Maßnahmen für die Bewerkstelligung instationärer Prozesse und werden somit über ihre Ableitungskapazität (Abfluss) definiert.

Tabelle 4 Maßnahmen für Speicherung und Notableitung im Straßenraum, Quelle: BGS.

Typ	Speicherelemente	Notwasserwege
Technisch/ Konstruktiv	Flächenversickerung/ Mulde/ Mulde-Rigole Rigole/ Zisternen Tiefbeete/ Baumrigole Staukanal	Entlastungsgräben Überlaufrinnen Entlastungskanäle
Flächenintegriert	Kompletteinstau Straße (initiiert durch Borde, Schwellen, etc.) Einstau Pendelrinne Geländesenken Sickerbeläge	Straßen- und Wegerinnen Gräben Mulden-Kaskaden
Vegetativ	Straßenbäume Fassadengrün Gräser/Stauden	Keine Bedeutung

Konkrete Vorgaben zur Dimensionierung technisch-konstruktiver Speicherelementen werden durch Normen der Fachverbände, insbesondere der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) formuliert. Bei den Versickerungsanlagen findet die langfristige Speicherung im angrenzenden Boden statt. Die Speicherelemente selbst sind für eine möglichst schnelle Entleerung und Reaktivierung von Speichervolumina konzipiert. Die Modifizierung etablierter Versickerungsanlagen im Straßenraum in Richtung eines stärkeren Wasserrückhalts wird bis dato nicht durch die technischen Normen qualifiziert und unterstützt. Dies betrifft unter anderem die verschiedenen Bauvarianten von Baumrigolen (Modul M 1.2, Kapitel 2.2). Als technisch-konstruktives Speicherelement gelten auch Stauraumkanäle bzw. die hydraulische Ertüchtigung von Bestandskanälen. Als rein bauliche Maßnahme haben sie jedoch keinerlei Positivwirkung für die Straßenvegetation und spielen daher im Kontext blau-grüner Straßenraumentwürfe eine nachgeordnete Rolle. Gleiches gilt für Entlastungskanäle, die ein technisch-konstruktives Element der Notwasserableitung darstellen.

Die Wirkung flächenintegrierter und vegetativer Maßnahmen ist in nur seltenen Fällen (z.B. sickerfähige Beläge) normativ definiert. Ihnen gilt daher ein besonderes Augenmerk innerhalb von BGS.

Sowohl die Dimensionierung netzgebundener Systeme, als auch die von Versickerungsanlagen wird auf Basis definierter Lastfälle in Verbindung mit maßgeblichen Dauerstufen durchgeführt. Als solches werden Niederschlagsereignisse mit einer Widerkehrhäufigkeit von zwei bis fünf Jahren angesetzt (vgl. DWA A-118, DWA A-138, DIN 1986-100, DIN EN 752).

Die DIN EN 752 regelt auch die Überflutungshäufigkeit, die für Wohngebiete mit einmal in 20 Jahren und für Stadtzentren oder Industrie- und Gewerbegebiete mit einmal in 30 Jahren vorgeben wird. Sensible Punkte wie Unterführungen dürfen sogar nur einmal in 50 Jahren gemäß Planung aus dem Entwässerungssystem heraus überflutet werden.

Straßen bilden in städtischen Gebieten dabei häufig die „natürlichen“ Fließwege und erfüllen bei Starkregen faktisch eine Speicher- bzw. Ableitungsfunktion, indem sie das aus den Straßeneinläufen austretende Wasser auffangen und ableiten. Innerhalb des Straßenraums wird der Fließweg oberirdisch abfließenden Niederschlagswassers durch Längs- und Querprofilierung bestimmt. Rund um Tiefpunkte wie Straßeneinläufe und Geländemulden sammelt sich dauerhaft das Wasser. Übersteigt der Zufluss an Niederschlagswasser durch angrenzende Flächen und ggf. Überstau aus der Kanalisation das Abflussvermögen der Straße, kommt es zum großflächigen Einstau von Wasser.

Die Vergrößerung der Kapazität der Entwässerungsinfrastruktur ist für viele Kommunen aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive keine realistische Lösung. Von Benden (2017), Dickhaut & Andresen (2013), Günthert & Faltermaier (2016), HCU (2012) und Ahlhelm et al. (2016) wird daher eine geplante Mitbenutzung von Verkehrsflächen für eine kontrollierte temporäre Notableitung und Rückhaltung von Starkniederschlägen vorgeschlagen. Eine Definition dieses Konzepts für die Mitbenutzung von (Verkehrs-)Flächen für die Bewirtschaftung von Starkregenereignissen bietet das KompetenzNetzwerk Hamburg Wasser (2010: 6):

„Mitbenutzte Flächen, wie beispielsweise Verkehrsflächen, […] unterliegen einer Hauptnutzung und werden im Starkregenfall zur temporären Zwischenspeicherung und/oder zum Transport von Abflussspitzen für den Überflutungsschutz […] genutzt. Bei den hier genannten extremen Regen handelt es sich um Ereignisse, die […] für Straßen in der Regel seltener als alle 10 Jahre auftreten. Die Mitbenutzung von Flächen ist daher nicht der Normalfall, sondern die Ausnahme. Zudem ist die Entleerungszeit auf etwa 12 bis maximal 24 Stunden angesetzt, so dass innerhalb kürzester Zeit die Hauptnutzung wieder erfolgen kann.“

So eigenen sich Straßenräume mit großzügigen Platzverhältnissen sowie angrenzende Freiflächen oder Vorfluter zur Ableitung des Wassers. Um den Straßenraum als Fließweg sowie zur Rückhaltung zu nutzen, reichen meist einfache bautechnische Anpassungen wie großzügig dimensionierte Rinnensysteme, Hochborde oder Schwellen aus, um das oberflächige Niederschlagswasser zu lenken und von schutzwürdigen Nutzungen fernzuhalten.

Das planmäßige Ableiten und Rückhalten von Starkniederschlägen im Straßenraum weckt auf Seiten der Verkehrsplanung jedoch Bedenken im Hinblick auf die Verkehrssicherheit. Die Verkehrssicherungspflicht stellt Anforderungen an Ein- und Umbauten für die Rückhaltung und Notableitung von Starkniederschlägen auf Verkehrsflächen. Diese sind vergleichbar mit den Anforderungen für verkehrsberuhigende Einbauten im Straßenraum. So sind nach der Rechtsprechung des BGH 1991 geschwindigkeitsdämpfende Maßnahmen und auch Hindernisse mit der Verkehrssicherungspflicht vereinbar, so lange diese nicht selbst zur Quelle einer Verkehrsgefährdung werden, indem sie trotz verkehrsgerechten Verhaltens der FahrerInnen deren Fahrzeuge beschädigen (Götker NZV 1995; Berz/Burmann 2017).

Befürchtet werden ein Anstieg von Anzahl und Schwere von Unfällen, Probleme durch Aquaplaning, Wasserschäden an Fahrzeugen, die Sturzgefahr für FußgängerInnen oder die Erreichbarkeit durch Rettungsdienste (vgl. TU Kaiserslautern und Pecher 2011, Riegel et al. 2013). Jedoch gibt es auch Stimmen (vgl. Benden 2014, Kyte et al. 2000, Karlaftis und Yannis 2010), die aufgrund der bei Überflutungen reduzierten Fahrgeschwindigkeiten von einer – wenn überhaupt – nur geringen Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit ausgehen.

Eine Unfallanalyse, welche an der Hochschule Karlsruhe durchgeführt wurde, zeigte, dass konvektive Starkregen als Unfallursache im städtischen Bereich in Karlsruhe nicht hervortreten (vgl. Eckart und Blaszczyk 2017). Für die Analyse wurden sämtliche innerörtliche Unfälle im Zeitraum von Januar 2012 bis September 2016 ausgewertet. Von den 21.210 von der Polizei in diesem Zeitraum erfassten Unfällen ließ sich bei keinem Unfall die Unfallursache auf konvektive Starkregenereignisse zurückführen. In Karlsruhe traten im Betrachtungszeitraum dabei insgesamt 13 Starkregenereignisse auf.

Um einen Straßenabschnitt auf dessen Eignung für die temporäre Rückhaltung und Notableitung zu prüfen, wurde an der Hochschule Karlsruhe ein sechsstufiges Bewertungsverfahren entwickelt (vgl. Fesser 2019). Wie in Abbildung 10 zu sehen, basiert dieses auf einem Vorher-Nachher-Vergleich. Betrachtet wird die Verkehrssicherheit an einem potenziellen Standort in seiner jetzigen Gestaltung und nach dessen Umgestaltung für eine gezielte temporäre Rückhaltung und Notableitung. Dabei werden jeweils der normale Zustand und der Zustand bei Auftreten eines Starkregenereignisses betrachtet. Verwendet werden für die Bewertungsmethode die im Bereich der Verkehrssicherheitsarbeit üblichen Verfahren der Unfallanalyse und der Verkehrskonfliktanalyse sowie ein eigens für die Bewertungsmethode entwickeltes angepasstes Verfahren des Verkehrssicherheitsaudits. Bei der Verkehrskonfliktanalyse werden Verkehrskonflikte in Anlehnung an die Konfliktpyramide nach Hyden (1977) analysiert. Dies sind beobachtete Situationen, in denen sich VerkehrsteilnehmerInnen räumlich und zeitlich so annähern, dass Kollisionen nur durch kritische Fahrmanöver vermieden werden können.

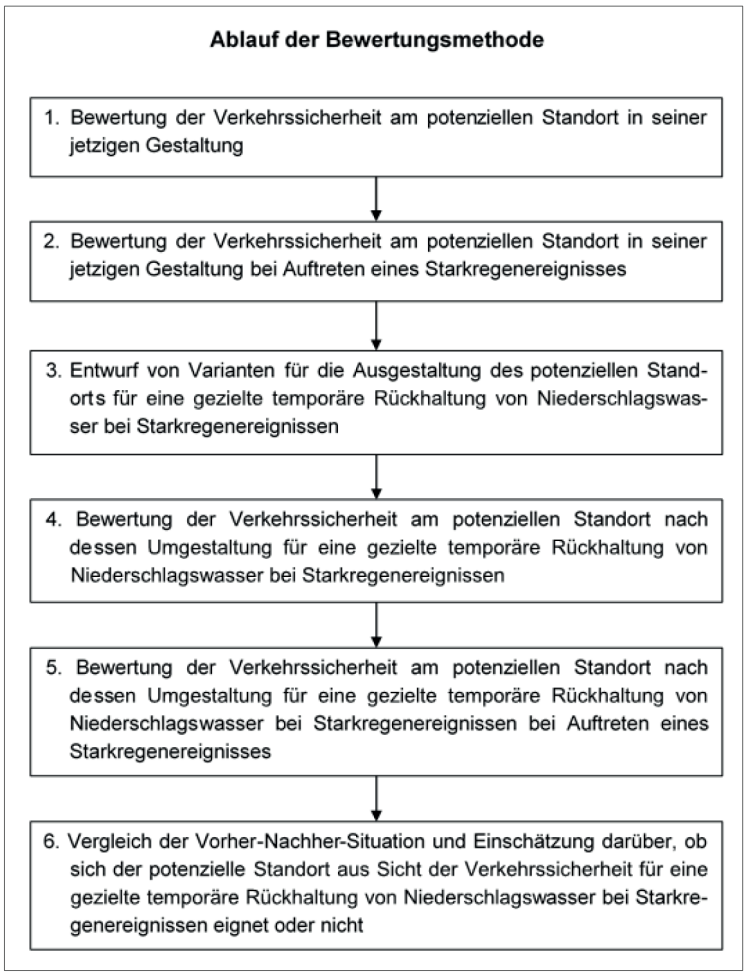


Abbildung 10 Ablauf der Bewertungsmethode zur Sicherheitsanalyse eines potenziellen Standorts, Quelle: HsKA.

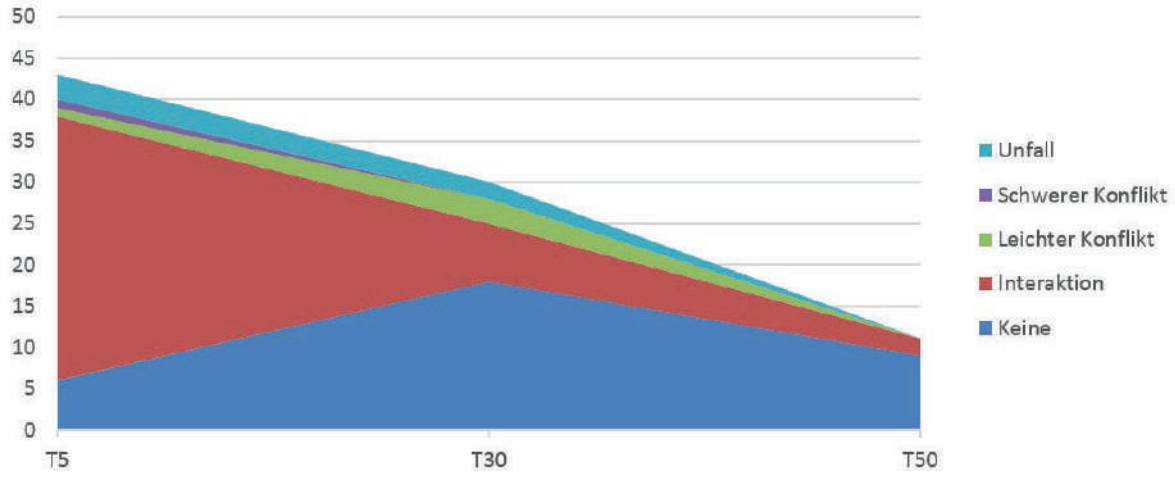


Abbildung 11 Zusammenhang zwischen Konfliktschwere und Geschwindigkeit bei Überflutungen, Quelle: HsKA.

In der Zusammenschau von Literaturanalyse, Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen, Analyse bestehender Fallbeispiele, Unfallanalyse, Befragung und Konfliktanalyse lassen sich erste Einschätzungen zur Verkehrssicherheit der temporären Ableitung und Rückhaltung von Starkniederschlägen auf Straßen herleiten. Diese werden im weiteren Verlauf von BGS vertieft. Unter den nachfolgend genannten Rahmenbedingungen scheint nach den bisherigen Erkenntnissen die Verkehrssicherheit bei der temporären Mitbenutzung von Straßen vertretbar (Tabelle 5).

Tabelle 5 Rahmenbedingungen für die temporäre Mitbenutzung von Straßen für Starkregenrückhalt und -ableitung, Quelle: BGS, HsKA.

Maßnahme / Grundsatz	Erläuterung / Begründung
Beschränkung Überflutungshöhe auf maximal 15 bis 20 cm	Vermeidung von Alleinunfällen durch Wasserschlag Wasserstand > 30 cm führt zu Sachschäden durch liegengebliebene Fahrzeuge Gefährdung FußgängerInnen ab Wasserstand > 20 cm Wasserstände > 40 cm führen i.V.m Strömung zu Verdriftung von Fahrzeugen und Ertrinkungsgefahr
Notableitung und Noteinstau nur auf Straßen mit 30-50 km/h Höchstgeschwindigkeit	Kompensation der Überschwemmungen durch Reduzierung des Geschwindigkeitsniveaus Wahrung Verkehrssicherheit, da geringe Geschwindigkeiten nur zu Interaktionen oder Konflikten mit leichter Intensität führen Vermeidung von Aquaplaning bei Geschwindigkeiten < 60 km/h
Übersichtliche Straßenraumsituation zur Vermeidung von Konflikten	Betrifft vor allem Wenden, Rangieren und Ausweichen von Fahrzeugen rund um Überflutungen VerkehrsteilnehmerInnen sollten problemlos halten und auf die Situation reagieren können Situationen mit geringem Platzangebot, wie z.B. Unterführungen, sind von Überflutungen auszunehmen keine unter der Wasseroberfläche verdeckten Hindernisse (wie z.B. Bordsteine oder weggeschwemmte Schachtdeckel)
Routen von Rettungsfahrzeuge beachten	Zugänglichkeit für Notfalldienste zu jeder Zeit gewährleisten
Barrierefreiheit	Bedarf an abgesenkten Bordsteinen seitens NutzerInnen und höheren Bordsteinen für Rückhalt müssen abgestimmt werden Beispielsweise Einsatz von regelmäßig angeordneten Rampen

Basierend auf diesen Rahmenbedingungen wurden in BGS geeignete Standorte für Pilotvorhaben für die Mitbenutzung von Straßen für die Rückhaltung und Ableitung von Starkniederschlägen identifiziert. Als solcher Pilotstandort hat sich die Heukämpchenstraße im Stadtgebiet der Partnerkommune Solingen ergeben. Dort wird untersucht, ob sich die bisherigen Erkenntnisse geringer Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit bestätigen. Hier sollen neben den Belangen des Moduls 2.5 vor allem die Ansprüche an die Starkregenbewältigung geprüft und die Erfahrungen damit ausgewertet werden.

Erkenntnisse dieser Untersuchung könnten mit Blick auf die zu erwartende Novelle der StVO auch genutzt werden, um das Regelwerk zu überarbeiten. Eine entsprechende Experimentierklausel ist zum Test neuer Verfahren in der StVO künftig vorgesehen (Interview 9).

Literatur Kapitel 2.3

Ahlhelm, Inge; Frerichs, Stefan; Hinzen, Ajo; Noky, Bernd; Simon, André; Riegel, Christoph; Trum, Anika (2016): Praxishilfe - Klimaanpassung in der räumlichen Planung. Raum- und fachplanerische Handlungsoptionen zur Anpassung der Siedlungs- und Infrastrukturen an den Klimawandel. Dessau-Roßlau.

Benden, J.; Broesi, R; Illgen, M.; Leinweber, U.; Lennartz, G.; Scheid, C.; Schmitt, T. G. (2017): Multifunktionale Retentionsflächen. Teil 1: Wissenschaftliche Grundlagen. MURIEL Publikation.

Dickhaut, W.; Andresen, S. (2013): Integriertes Regenwassermanagement in Hamburg: Veränderungsnotwendigkeiten und Handlungsoptionen für Planung und Verwaltung. Abschlussbericht der HCU Hamburg Fachgebiet „Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung“ und der RISA-AG Stadt- und Landschaftsplanung.

Eckart, Jochen; Blaszczyk, Robert (2017): Auswirkungen der temporären Rückhaltung und Ableitung von Starkniederschlägen auf Straßen auf die Verkehrssicherheit, DWA-Landesverbandstagung 2017 Baden-Württemberg

Fesser, Jonas (2019): Untersuchung der temporären Rückhaltung von Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen im Straßenraum aus Sicht der Verkehrssicherheit, Masterarbeit an der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft

Günthert, Wolfgang; Faltermaier, Simon (2016): Studie Niederschlagswasser, Anpassung der quantitativen Niederschlagswasserbeseitigung an den Klimawandel - Urbane Sturzfluten. Hintergründe - Risiken - Vorsorgemaßnahmen.

Hyden (1977): A traffic conflicts technique for examining urban intersection problems. Schweiz

Karlaftis M., Yannis G. (2010) Weather effects on daily traffic accidents and fatalities: a time series count data approach. Proceeding of the 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board 2010

RISA (2013): RISA Veröffentlichungsreihe – Begleitdokument zum Ergebnisbericht Regenwasser 2030, AG Verkehrsplanung, Straße der Zukunft – Beitrag von Verkehrsflächen zum Überflutungs- und Gewässerschutz, Gutachten im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung der RISA-Arbeitsgruppe Verkehrsplanung

Kyte, Khatib, Shannon, and Kitchener (2000) Effect of Environmental Factors on Free-Flow Speed

Riegel C., Trum A., Maximini C., Vallée D. (2013) Klimaschutzteilkonzept „Anpassung an den Klimawandel für die Städte Solingen und Remscheid"- Endbericht

TU Kaiserslautern & Pecher 2011 Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung Methoden und Konzepte Kiss, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

Von Benden (2014): Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen, Bericht 57, Bericht des Instituts für Stadtbauwesen und Stadtverkehr der RWTH Aachen

HafenCity Universität (HCU) Hamburg (Hrsg.) (2012): „Finanzierungsmodelle für die wasserwirtschaftliche Mitbenutzung von Grün-, Frei- und Verkehrsflächen". Dokumentation des RISA-Fachdialoges vom September 2012

2.4 Evapotranspirationsleistung Stadtbäume und Fassadengrün (*M. 1.4*)

AutorInnen: Björn Kluge, Thomas Nehls, Eva Paton

Im Modul 1.4 werden Verdunstungsmessungen an Fassadengrün und jungen Stadtbäumen in Lysimeteranlagen anhand von Wasserstands- und Gewichtsänderungen sowie durch Saftflusssensorik gemessen. Weiterhin werden klimatische Parameter wie Lufttemperatur, Strahlung, Windgeschwindigkeit und relative Luftfeuchte am Standort erfasst. Aus den Messdaten und klimatischen Parametern sollen Verdunstungsleistungen von Fassadengrün und jungen Stadtbäumen modelliert werden. Die Erfassung und Analyse der Daten soll helfen, die potentielle und aktuelle Verdunstung von Stadtgrün besser einzuschätzen und somit den Einfluss der Evapotranspiration (ET) auf die Mengen des zu bewirtschaftenden städtischen Niederschlagswassers besser voraus sagen zu können. Im Zuge von BGS werden die Daten später in Modellen (Kapitel 2.7) verwendet, um die Komponenten Stadtgrün im Straßenraum und in den BGS-Systemen besser abbilden zu können.

2.4.1 Stand der Technik

Verdunstungsraten von Bäumen und Stadtbäumen

Die ET ist ein wichtiger Teil des städtischen Wasserkreislaufs, der aus der Verdunstung von Pflanzen- und Landschaftsoberflächen sowie der Transpiration besteht. Letztere beschreibt die Aufnahme von Bodenwasser der Pflanzen und die anschließende Verdunstung von Wasser über die Blattoberflächen in die Atmosphäre.

Nach unserer Erkenntnis liegen nur wenige Studien vor, die spezifisch zeigen, inwieweit die ET von Bäumen den städtischen Wasserkreislauf im Hinblick auf die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers und das Klima beeinflusst. Dies ist vor allem dem Umstand geschuldet, dass es aufwendig

ist Transpirationsraten zu quantifizieren, da diese immer pflanzenspezifische Informationen widerspiegeln, die je nach Baumgröße, Alter, Gesundheit, Bodenfeuchtigkeit und klimatischen Randbedingungen innerhalb und zwischen den Arten stark variieren (vgl. Berland et al. 2017).

Einige internationale Studien dokumentieren die Bedeutung der ET im städtischen Wasserkreislauf, städtischen Gebieten oder quantifizieren die ET von „Stormwater management systems“ und anderen grünen Infrastrukturanlagen (vgl. Peters et al. 2011; Pataki et al. 2011, Wadzuk et al. 2014).

Messdaten von Verdunstungsraten von Bäumen liegen für unterschiedliche Arten, Standortbedingungen und Klimazonen vor, wohingegen nur wenige Daten aus städtischen oder vorstädtischen Gebieten existieren. Die Messung und Bilanzierung der ET erfolgt über verschiedene Messverfahren. Die häufigsten Messverfahren sind: Saftflussmessungen, Porometer, Boden-Wasser Bilanzierungen, Tracerverfahren, Bowen ratio Berechnungen, Eddy Kovarianz Messungen und Lysimeter (vgl. Wilson et al. 2000).

Zur ersten Evaluierung der Verdunstungsleistung von Bäumen (Wälder, Gruppen, Parks) und Stadtbäumen wurde eine internationale Literaturstudie über die Suchmaschinen ISI Web of knowledge, worldwidescience.org; google und google scholar begonnen. Die Suche beinhaltete Begriffe wie evapotranspiration; transpiration; evapotranspiration+trees+street trees+urban areas+stormwater u.w. sowie zusätzlich und in Kombination die Unterbegriffe sapflow, lysimeter, porometer. Es wurden nur im Feld gemessene Daten ausgewertet.

Erste Ergebnisse zu gemessenen Verdunstungsraten von Bäumen aus der Literatur

Im bisherigen Datenset befinden sich bisher insgesamt 245 Datenpunkte über die Verdunstungsraten von Bäumen weltweit, die soweit möglich in (l/d) umgerechnet wurden. Tabelle 6 zeigt eine zusammenfassende Statistik der bisher ermittelten Literaturdaten. Die Auswertung der ET-Raten verschiedener Baumarten bestätigt die in der Literatur bereits beschriebene starke Varianz von Verdunstungsraten verschiedener Baumarten, Baumalter, Standortbedingungen und Klimazonen. Die Verdunstungsraten variieren zwischen 0,32 und 1180, der Mittelwert liegt bei 60 l/d, der Median bei 28 l/d bei gleichzeitiger Varianz des Alters (soweit angegeben; n=45) von 1,5 bis 115 Jahren.

Tabelle 6 Statistik bisher ausgewerteter Literaturdaten von Evapotranspirationsraten verschiedener Baumarten, Quelle: BGS, TU Berlin.

Evapotranspiration (l/d) - Sommer	
Minimum	0,32
1st. Quartil	4
Median	28
Mean	60,43
3rd. Quartil	80,4
Maximum	1180

Eine Auswertung bezüglich der Beziehung zwischen ET im Sommer und Wuchshöhe von Laubbäumen, die häufig mit dem Alter korreliert, zeigt bei der bisherigen Datenlage eine moderate bis starke lineare Abhängigkeit (R^2=0.73).

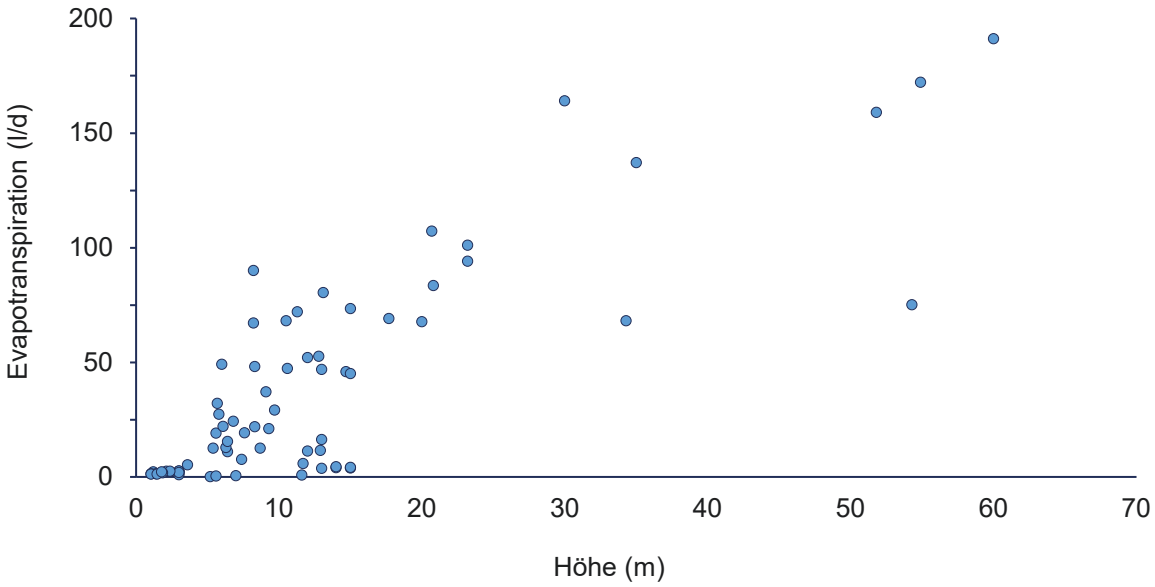


Abbildung 12 Evapotranspiration gegen Baumhöhe – Sommertage. Auswertung von internationalen Messdaten zur Evapotranspiration von (Laub-)Bäumen (Angiosperme) in verschiedenen Klimazonen und mit unterschiedlichen Standortbedingungen und (n=77; Sommerzeit), Quelle: BGS, TU Berlin.

Verdunstungsraten von Fassadengrün

Nach unserem Wissen liegen bisher sehr wenige In-Situ Studien zu Transpirationsraten und Wasserbedarf städtischer Fassadenbegrünungen vor (vgl. Hoelscher et al. 2016; Schroeder et al. 2009). Das Kühlpotential der Fassadenbegrünung wurde dagegen bereits in einigen Studien untersucht (vgl. Bartfelder und Köhler 1987, Stec et al. 2005, Susrova et al., 2013).

Hier wurden häufig Oberflächenwandtemperaturen und teilweise auch die Lufttemperaturen gemessen und verglichen. Studien über den Einfluss von Fassadengrün auf die mittlere Strahlungstemperatur dagegen sind selten. Die Wandtemperaturen werden durch Fassadenbegrünung deutlich gesenkt. Die höchsten Unterschiede zwischen einer begrünten und einer unbegrünten Wand haben Mazzali et al. (2013) mit Unterschieden von bis zu – 20 K gemessen. Der Einfluss auf die Umgebungsluft war dagegen gering bis vernachlässigbar (vgl. Perez et al. 2011, Gross 2012, Djedjig et al. 2013).

Die Strahlungstemperaturen wurden in einer tropischen, städtischen Umgebung um 2 bis 13 K reduziert (vgl. TAN et al. 2014). Dies sind jedoch Ergebnisse von Fallstudien, die sich häufig auf den Beschattungseffekt beziehen.

Es gibt erste Ansätze, um zwischen Beschattung und Transpiration zu unterscheiden (vgl. Cameron et al. 2014, Koyama et al. 2015). Die Ergebnisse sind jedoch differenziert zu betrachten: Die Pflanzen standen in Töpfen vor einer Wand, wobei sie nicht direkt an der Wand befestigt waren. Beschattung und Transpiration wurden dadurch unterschieden, dass die Pflanzenäste abgeschnitten oder das Laub versiegelt wurde, um eine Transpiration zu verhindern, so dass Langzeitmessungen nicht möglich waren. Diese Lücke wurde durch Hoelscher et al. 2016 im Rahmen von ersten Lysimeterstudien geschlossen. Langzeituntersuchungen fehlen aber bisher.

Um die Datenlage zu verbessern, werden im Teilprojekt Lysimeterstudien an Fassadengrün zur Messung und Ableitung der Transpirationsleistung durchgeführt, da dies für das Prozessverständnis und die Ableitung der Verdunstungs- und damit Kühlleistung sowie für eine ausreichende Bewässerungsberechnung zwingend erforderlich ist.

2.4.2 Forschungsinhalte

Zur Ableitung der ET von Fassadengrün und jungen Stadtbäumen werden Lysimeter- und Saftflussmessungen in urbanen und suburbanen Räumen durchgeführt. Auf dem Gelände des Umweltbundesamtes in Berlin Marienfelde sind 2 junge Linden in Lysimeter gepflanzt und im Jahr 2019 mit Saftflusssensoren ausgestattet worden (Abbildung 13). Weiterhin wurden an einer etwa 30-jährigen Linde Saftflusssensoren installiert: An beiden Baumstandorten wurde der Saftfluss mehrere Monate gemessen und die ET abgeleitet. Erste ET Daten der Baumlysimeter (Juli 2019) aus dem Teilprojekt sind bereits an das Modul 1.7 (Kapitel 2.7) zur ersten Validierung der Modelleingabeparameter der klimatischen Modellierung mit ASMUS übergeben worden.

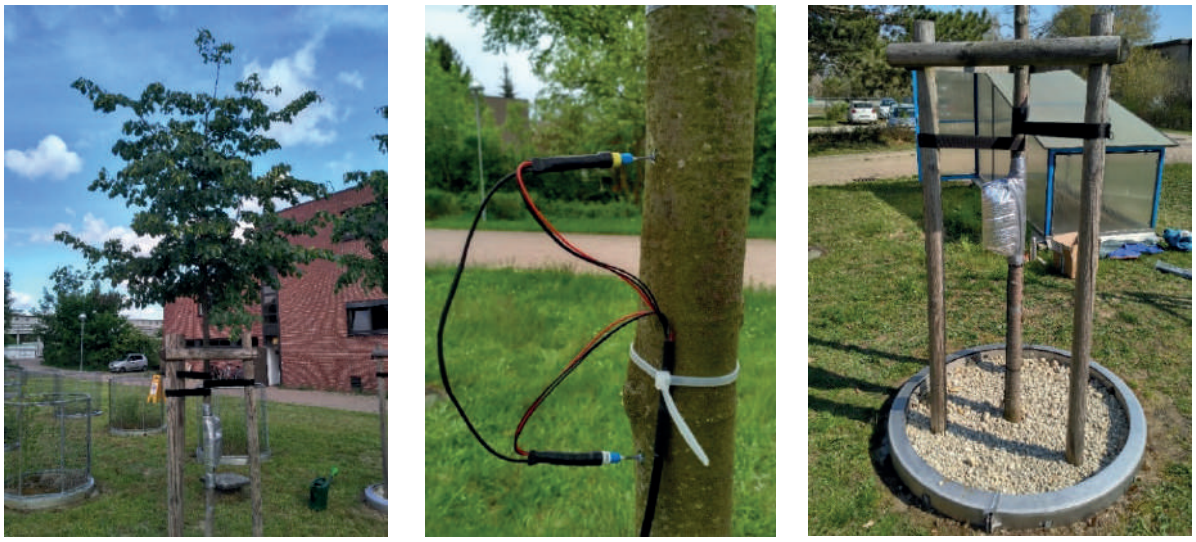


Abbildung 13 Baumlysimeter und Saftflussmessungen an Winterlinden (Tilia Cordata), Quelle Kluge, TU-Berlin.

Die Fassaden-Lysimeter sind konzipiert, konstruiert und bepflanzt worden. Alle Pflanzen sind erfolgreich angewachsen, gerade erfolgen die Kalibrierung verschiedener Sensoren und Wasserstandsmesssysteme. Die Messungen beginnen wie vorgesehen im Frühjahr 2020.



Abbildung 14 Installierte Fassadengrünlysimeter (links, mitte) und Blick auf die Bewässerungssteuerung (2019, Quelle: Nehls, TU-Berlin).

2.4.3 Erste Ergebnisse zur Verdunstung von jungen Linden (Tilia Cordata)

Im Jahr 2019 wurden parallele Messungen der ET an zwei jungen Linden (Tilia Cordata) über Lysimeter (Gewichtsveränderungen über Wägedaten) und Saftflusssensoren (Typ: Granier) durchgeführt. Bis zum Juni wurde mit zwei Wiederholungen gearbeitet. Die Abbildung 15 zeigt den Verlauf der ET über Saftfluss- und Lysimetermessungen sowie Grassreferenzverdunstung (ET0) und Globalstrahlung, Bodenfeuchte und Niederschlags-, bzw. Bewässerungsmenge vom 20.06. bis zum 06.08.2019. Die ET Werte (l/h, bzw.mm/h) der beiden Messverfahren weisen einen sehr ähnlichen

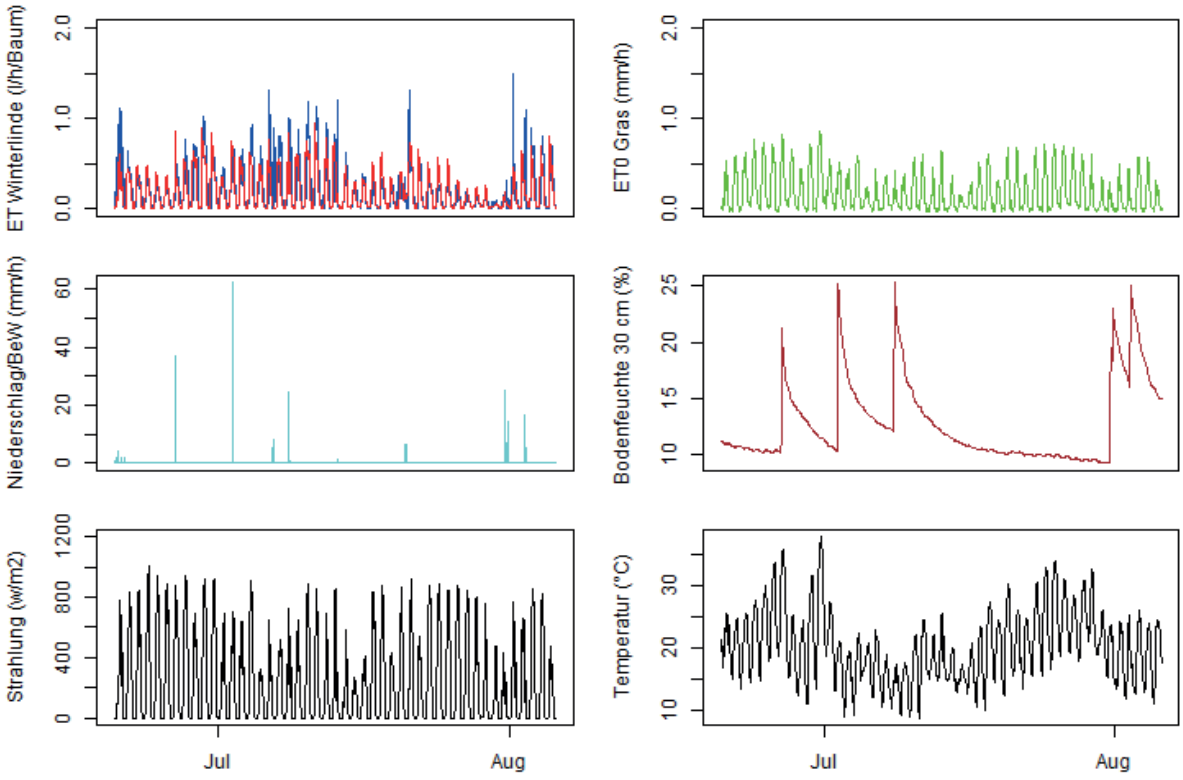


Abbildung 15 ET aus Lysimterdaten und Saftfluss (blau=Lysimeter, rot=Saftflussmessungen) sowie mit Penman-Monteith berechnete ET0 (Grass), gemessene Strahlungswerte, Bewässerungs-, bzw. Niederschlagsmengen und Bodenwassergehalt Mitte Juli – Anfang August, Quelle: BGS, TU-Berlin.

Kurvenverlauf auf (Abbildung 15; oben links). Die über die Lysimeter ermittelte ET zeigt z.T. höhere Werte (peaks) als die ET mit den Saftflusssensoren. Dies zeigt sich auch bei der Auswertung längerer Zeiträume. Gründe für diese Diskrepanz liegen vor allem darin, dass die Interzeptionsverdunstung nach Niederschlägen mit den Saftflusssensoren und die Evaporation der Bodenoberfläche sowie der Verdunstung über den Stamm des Baumes nicht messbar sind (Abbildung 15; oben links). Gut zu sehen ist die Abnahme der ET in den Trockenphasen Mitte Juli bis Anfang August. In dieser Zeit hat es nur geringe Niederschläge gegeben und keine weitere Bewässerung erfolgte. Die ET Raten korrelieren stark mit den Bodenwassergehalten im Oberboden und der Lufttemperatur (Abbildung 15; Mitte rechts und unten rechts). Deutlich zu sehen ist die Abnahme der Verdunstungsraten der Linde im Gegensatz zur Grasreferenzverdunstung bei relativ gleichbleibender Strahlung als treibender Faktor der ET ab Mitte Juli (Abbildung 15; oben rechts und unten links).

Nach Auffüllung des Bodenwasserhaushalts nach Niederschlägen, bzw. Zusatzbewässerung steigen diese Anfang August wieder sprunghaft an. In Hinblick auf den Einsatz von Bäumen in BGS Systemen, aber auch auf die Wasserversorgung von Altbäumen im Bestand, zeigen die bisher erfassten Messdaten, dass durch Bewässerung (Steuerung des Bodenwasserhaushalts) eine deutliche Erhöhung der ET Raten erreicht werden kann. Eine angepasste Steuerung der Wasserverfügbarkeit für Baumsysteme in BGS Strukturen wiederum lässt eine bessere Vitalität der Bäume durch geringeren Trockenstress und eine optimierte Kühlwirkung der Bäume durch höhere Verdunstungskühlung erwarten.

2.4.4 Herausforderungen und offene Fragen

Verdunstungsleistung junger Stadtbäume

Die bisher erhobenen Daten der unterschiedlichen Messsysteme zeigen eine gute Übereinstimmung des Kurvenverlaufes der ET der jungen Lindenbäume. Die bisher gemessenen und berechneten ET Werte der Saftflusssysteme werden bei bestimmten (klimatischen) Ereignissen und bei höherer Wasserzufuhr (Bewässerungsversuche) gegenüber den Lysimeterdaten (Wägedaten) unterschätzt, die Lysimeterdaten dagegen z.B. bei starkem Wind und schnellen, hohen Bewässerungsgaben. Es werden daher weitere Messungen durchgeführt, um das System besser kalibrieren zu können. Dies ermöglicht den besseren Einsatz und die Bilanzierung der ET im Straßenraum und in BGS-Infrastrukturen (z.B. Baumrigolen) und sichert die Daten für den Einsatz in numerischen Modellen (Modul 1.7; GeoNet) besser ab. Es müssen weitere Bewässerungs- und Austrocknungsversuche erfolgen, um das Potential der „Mehrverdunstung“ für Bäume mit guter Wasserversorgung zu bestimmen. Diese werden in den nächsten zwei Messjahren konsequent weitergeführt.

Messprobleme an den Baumlysimetern

Anfang Juni 2019 kam es zu einem Verlust eines Messbaumes durch Bruch des Stammes durch den Sturm in der Nacht vom 11.06. bis zum 12.06.2019. Daher konnten die Versuche ab diesem Datum nur noch mit einer Messwiederholung durchgeführt werden.

Der abgebrochene Baum ist im November 2019 durch einen neuen Baum ersetzt worden. Die Durchwurzelung der Lysimeterkörper wird durch die Wiederbepflanzung sehr unterschiedlich sein. Wir hoffen auf einen guten und schnellen Anwuchs und Durchwurzelung zur Fortsetzung der Parallelmessungen im Jahr 2020.

Verdunstungsleistung von Fassadengrün

Das in Hoelscher et al. 2016 vorgeschlagene Messverfahren ist gut geeignet, aber zu komplex und zu wenig robust für die Aufnahme längerer Messreihen. Daher wird im Projekt momentan ein neues Messverfahren unter Nutzung der alten Infrastrukturen entwickelt. Im Labor zeigte sich, dass das neue System (Wasserstandsmessung statt Wägung) grundsätzlich gut funktioniert. Nun sind wir mit der Umsetzung aus dem Labor ins Feld beschäftigt. Dabei ergaben sich verschiedene Schwierigkeiten bezüglich der Kalibrierung der Messsensorik und der Ergebnisse unter Witterungsbedingungen (zusätzliche Kalibrierung nötig) inklusive der Anbindung an die bestehenden Datenlogger. Bis zum Beginn der Vegetationsperiode im Jahr 2020 werden diese Probleme gelöst sein.

Zu erwartende planungsrelevante Erkenntnisse für BGS

Das Modul 1.4 misst Verdunstungsraten von Bäumen und Fassadengrün zur Ableitung evidenzbasierter Modellvorstellungen und Parametrisierungen für quantifizierende Simulationen (STORM, ASMUS). Bereits zur Verfügung stehende Messdaten wurden partiell schon für Validierungsläufe solcher Simulationsmodelle benutzt. In den Modellen, so hoffen wir, können wir später auch Verdunstungsspezifika von komplexen BGS-Strukturen abbilden. Hierzu müssen valide Daten existieren. Das Errichten der Messstellen und das Messen der Daten war Ziel des 1. Jahres des Projekts. Sensorik muss kalibriert, Daten müssen erfasst und über mehrere Vegetationsperioden gemessen werden.

Nach nicht einmal einer Vegetationsperiode können noch keine validen, planungsrelevanten Aussagen zur Verdunstung von BGS Strukturen, bzw. von Bäumen oder Fassadengrün in diesen abgeleitet werden. Wichtig ist die Zusammenarbeit mit Modul 2.7 und wichtig wären auch Messungen in BGS Strukturen.

In den folgenden Projektphasen werden die Arbeiten im Modul 1.4 zur Beantwortung folgender Fragen beitragen:

- Was muss bei der Planung von BGS Strukturen beachtet werden, um eine besonders hohe Pflanzenvitalität und ET zu erreichen?

- Gibt es bestimmte Baumarten, die besonders gut für die Zielerreichung geeignet sind? Ist zu erwarten, dass sich optimal versorgte Jungbäume anders als im Bestand gezogene Bäume verhalten? Was bedeutet das ggf. für die Planung? Lassen sich Bestandsbäume optimieren?
- Gibt es im Bereich der Fassadenbegrünung bestimmte Bauformen und Pflanzenarten die besonders gut für die Zielerreichung geeignet sind?

Literatur Kapitel 2.4

Bartfelder,F. & Köhler, M. (1987). Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünungen. Dissertation Freie Universität Berlin, Germany.

Berland, A., Shiflett, S. A., Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L., & Hopton, M. E. (2017). The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, *162*, 167-177.

Cameron, R. W., Taylor, J. E., & Emmett, M. R. (2014). What's 'cool'in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. *Building and environment*, *73*, 198-207.

Djedjig, R., Bozonnet, E., & Belarbi, R. (2015). Experimental study of the urban microclimate mitigation potential of green roofs and green walls in street canyons. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, *10*(1), 34-44.

Gross, G. (2012). Effects of different vegetation on temperature in an urban building environment. Micro-scale numerical experiments. *Meteorologische Zeitschrift*, *21*(4), 399-412.

Hoelscher, M. T., Nehls, T., Jänicke, B., & Wessolek, G. (2016). Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation. *Energy and Buildings*, *114*, 283-290.

Koyama, T., Yoshinaga, M., Hayashi, H., Maeda, K. I., & Yamauchi, A. (2013). Identification of key plant traits contributing to the cooling effects of green façades using freestanding walls. *Building and Environment*, *66*, 96-103.

Mazzali, U., Peron, F., Romagnoni, P., Pulselli, R. M., & Bastianoni, S. (2013). Experimental investigation on the energy performance of living walls in a temperate climate. *Building and Environment*, *64*, 57-66.

Pataki, D.E., McCarthy, H.R., Litvak, E., & Pincetl, S. (2011). Transpiration of urban forests in the Los Angeles metropolitan area. Ecological Applications, 21, 661–677.

Perez, G., Rincon, L., Vila, A., Gonzalez, J. M., & Cabeza, L. F. (2011). Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. *Applied energy*, *88*(12), 4854-4859.

Peters EB, Hiller RV, & McFadden JP (2011). Seasonal contributions of vegetation types to suburban evapotranspiration. Journal of Geophysical Research, 116, G01003.

Schröder, F.-G. (2009): Automatisierte, biologische, senkrechte, städtische Fassadenbegrünung mit dekorativen funktionellen Parametern; Abschlussbericht zum Kooperationsprojekt im Rahmen von PRO INNO II; Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Dresden

Stec, W. J., Van Paassen, A. H. C., & Maziarz, A. (2005). Modelling the double skin façade with plants. *Energy and Buildings*, *37*(5), 419-427.

Susorova, I., Angulo, M., Bahrami, P., & Stephens, B. (2013). A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance. *Building and Environment*, *67*, 1-13.

Wadzuk, B.M., Hickman, J.M., & Traver, R.G. (2014). Understanding the role of evapotranspiration in bioretention: Mesocosm study. Journal of Sustainable Water in the Built Environment, 1, 04014002.

Wilson, K. B., Hanson, P. J., Mulholland, P. J., Baldocchi, D.D., & Wullschleger, S.D. (2001). A comparison of methods for determining forest evapotranspiration and its components: sap-flow, soil water budget, eddy covariance and catchment water balance. *Agricultural and forest Meteorology*, *106*(2), 153-168.

2.5 Stoffströme im Straßenraum (*M. 1.5*)

Autoren: Matthias Barjenbruch, Daniel Geisler

Der Straßenraum stellt mit seinen vielfältigen Gegebenheiten und Nutzungen einen inhomogenen Raum dar. Dies zeigt sich auch in der Vielzahl der Stoffströme, die durch diverse Untersuchungen im Straßenraum zum Teil lokalisiert und identifiziert wurden. Aus diesem Grund konzentriert sich die Literaturanalyse im Folgenden auf die im Straßenabfluss enthaltenen abfiltrierbaren Feststoffe (AFS) nach Empfehlungen des DWA-Arbeitsblatt 102 (2016) sowie die Schwermetalle Kupfer (Cu), Chrom (Cr), Zink (Zn), Cadmium (Cd), Nickel (Ni), Blei (Pb) und Eisen (Fe). Anschließend folgt die Methodik zur Bestimmung der Feststoffe im Straßenraum und erste Ergebnisse über die Frachten von Feinstpartikeln.

Einflussfaktoren und Schmutzfrachten im Straßenraum

Ein großer Anteil der Literatur zur Untersuchung der Schmutzfracht von Straßen bezieht sich auf die Untersuchung der Schmutzfracht von Autobahnen. Im Zentrum der Analyse steht dabei oftmals der Zusammenhang zwischen den Stoffkonzentrationen und dem durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV). Während einige Studien einen engen Zusammenhang zwischen DTV und den Stoffkonzentrationen feststellen und diesen als entscheidenden Faktor für die Schwermetallkonzentrationen des

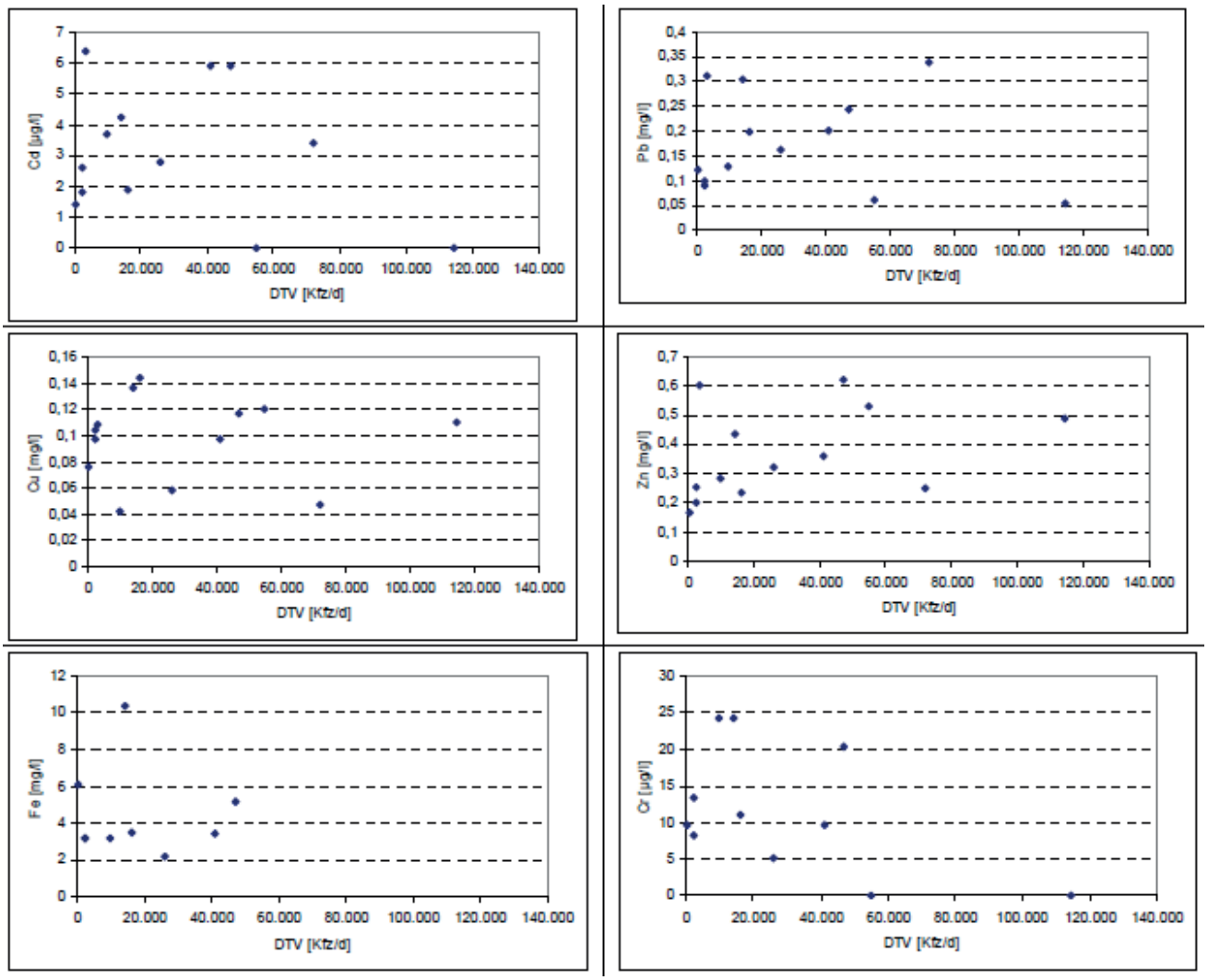


Abbildung 16 Abhängigkeit der Stoffkonzentrationen verschiedener Schwermetalle in Verkehrsflächenabflüssen vom DTV, Quelle: Uhl et al. 2005: 42 – 47.

Straßenabflusses angeben (vgl. Huber et al. 2016 nach Mangani et al. 2005 & Crabtree et al. 2008), lässt sich in anderen Untersuchungen kein direkter oder nur ein geringer Zusammenhang zwischen DTV und Stoffkonzentrationen feststellen (vgl. Kayhanian et al. 2003). Huber et al. (2016) empfehlen

den DTV nicht als alleinigen Indikator für die Schwermetallkonzentrationen zu verwenden, da sich durch diesen nur etwa 30 % der Konzentrationsschwankungen erklären lassen. Auch Horstmeyer et al. (2016), Uhl et al. (2006) und Drapper et al. (2000) kommen in ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass der DTV nicht immer der beste Indikator zur Bestimmung der Abflusskonzentrationen ist.

In Abbildung 16 sind die in der Untersuchung von Uhl et al. (2005) nachgewiesenen Stoffkonzentrationen verschiedener Schwermetalle in Abhängigkeit vom DTV dargestellt. Eine direkte Abhängigkeit zwischen DTV und den Stoffkonzentrationen lässt sich nicht ableiten.

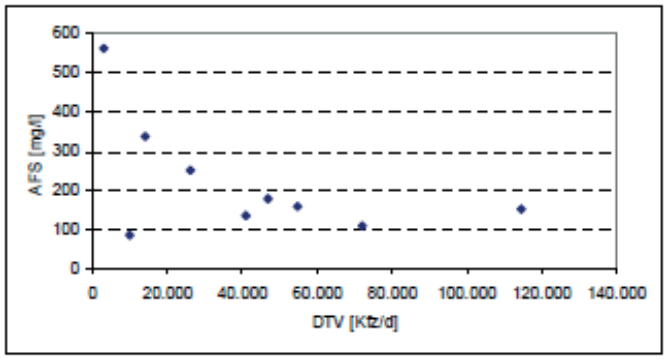


Abbildung 17 Abhängigkeit von AFS in Verkehrsflächenabflüssen vom DTV, Quelle: Uhl et al. 2005: 42-47.

Auch für AFS konnten Uhl et al. (2005) keinen direkten Zusammenhang zwischen der Konzentration der AFS und dem DTV feststellen (Abbildung 17).

Ausgewertet werden verschiedene in der Literatur vorhandene Untersuchungen zur Schmutzfracht von Straßenabläufen. Die Informationen rund um die Untersuchungen, vor allem die Informationen zu den Erhebungsstandorten, werden dafür gesammelt. So lässt sich bestimmen, wie häufig bestimmte Angaben zu einem Erfassungsgegenstand in den Datensätzen vorhanden sind. Insgesamt werden 435 Datensätze ausgewertet, wobei nicht ausgeschlossen werden kann, dass dabei einzelne Untersuchungen doppelt einfließen. Dies ist dadurch begründet, dass einige Datensätze ebenfalls auf Literaturanalysen basieren.

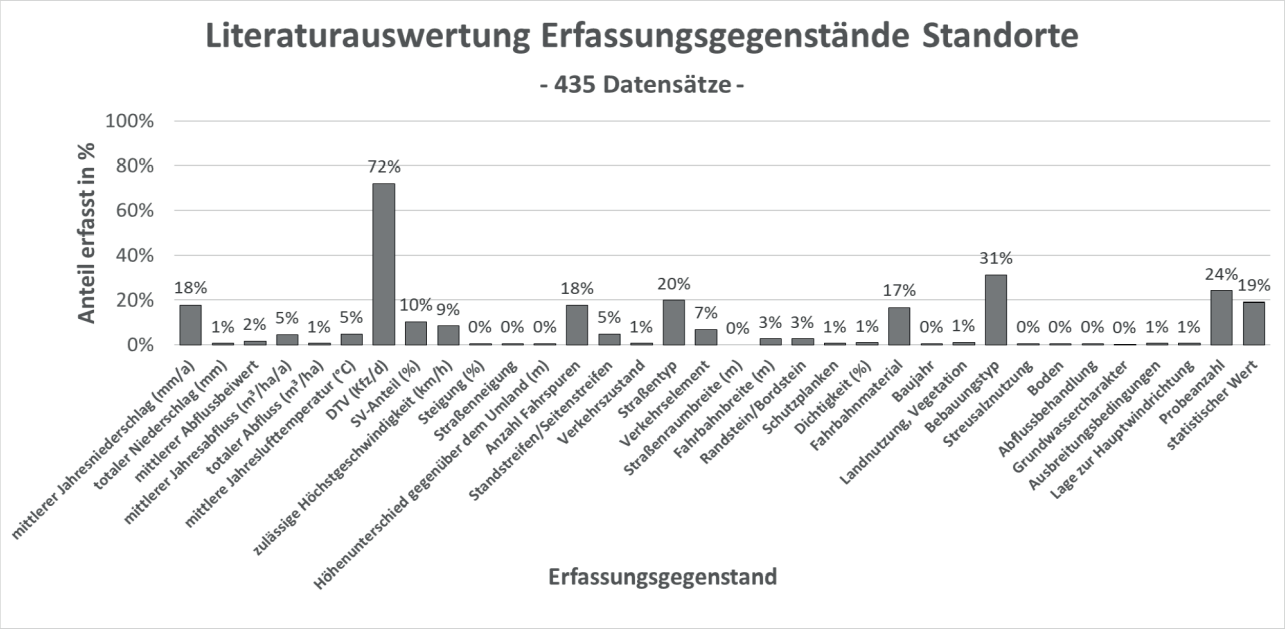


Abbildung 18 Literaturauswertung über die Erfassungsgegenstände und Untersuchungsstandorte (435 Datensätze), Quelle: BGS, TU Berlin.

In Abbildung 18 sind die Ergebnisse der Literaturauswertung basierend auf 435 Datensätzen dargestellt. Mit einer Erfassungsquote von 72 % in den Datensätzen steht der DTV eindeutig an der Spitze. Dieses Ergebnis spiegelt damit wieder, dass sich bisherige Untersuchungen der Schmutzfracht von

Straßenabflüssen hauptsächlich auf den DTV als Einflussfaktor auf die Konzentration der Stoffe im Straßenablauf konzentriert haben. An zweiter Stelle folgt mit deutlichem Abstand der Bebauungstyp, bzw. die den Standort umgebende Nutzung. In 31 % der Untersuchungen finden sich Angaben hierzu. Außer den Angaben zum DTV finden sich nur wenige Angaben zur Beschreibung des Verkehrsgeschehens oder zur an den Untersuchungsstandorten vorhandenen Verkehrsinfrastruktur. Anhang 2 stellt die Ergebnisse der Auswertung sämtlicher Angaben zu den betrachteten Stoffkonzentrationen dar. Betrachtet wird für die einzelnen Schwermetalle und die AFS jeweils der Mittelwert, der Median, das Minimum und das Maximum. Allerdings ist festzustellen, dass die Vergleichbarkeit der ermittelten Daten kaum gegeben ist. Zum einen sind viele der genannten Einflussfaktoren nicht aufgenommen, bzw. dargestellt. Zum anderen sind unterschiedliche Probenahmestellen gewählt worden, wie z.B. die Bodenbelastung von angrenzenden Muldenversickerungsanlagen, Stäube von Straßen, Niederschlagsproben von der Straße usw. Trotz der schwierigen Vergleichbarkeit ist u.a. durch Xanthopoulos und Hahn (1992) nachgewiesen, dass der größte Anteil der Schwermetallfrachten auf die Korngrößenfraktion 6 bis 60 µm in Straßenabflüssen fällt (Tabelle 7).

Tabelle 7 Prozentuale Verteilung von Schwermetallfrachten auf die Korngrößenfraktion in Straßenabfluss, Quelle: DWA 2010: 129.

Kornfraktion	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	%	%	%	%	%	%	%
> 600 µm	11	-	1	-	< 1	6	8
60-600 µm	18	-	18	-	12	14	26
6-60 µm	72	-	81	-	87	80	67

Für die stoffliche Belastung in Straßenabflüssen zieht daher das DWA-Arbeitsblatt 102 (DWA-A 102 2016) ebenfalls die abfiltrierbaren Stoffe als Indikatorparameter aufgrund der Adsorptionseigenschaften heran. Die örtliche Feststoffbelastung wiederum ist von vielen Einflussfaktoren abhängig (Abbildung 19). Zum einen sind dies Faktoren, die die Belastung erhöhen, wie z.B. die angrenzende

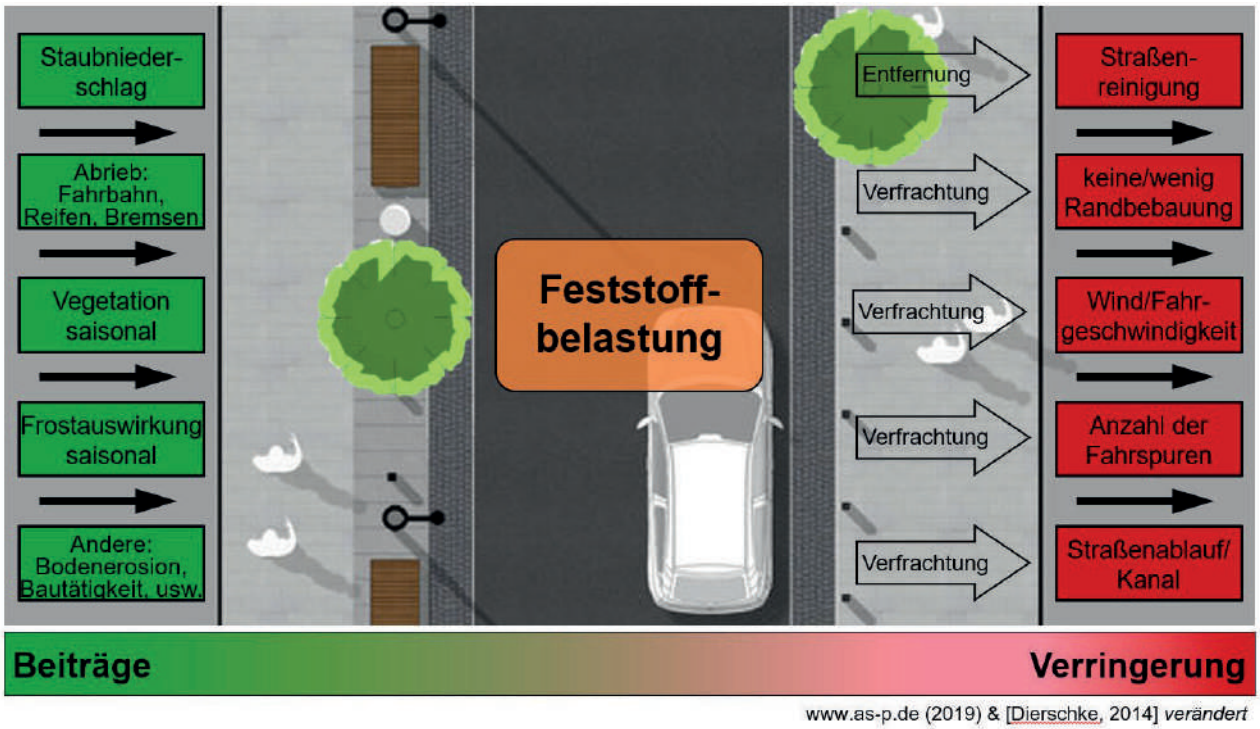


Abbildung 19 Einflussfaktoren der Feststoffbelastung im Straßenraum, Quelle: BGS, TU Berlin basierend auf Welker und Dierschke (2013).

Vegetation, Fahrbahnbelag, Bautätigkeit u.v.m. Zum anderen gibt es Faktoren, die die Belastung vermindern können, wie z.B. hohe Fahrgeschwindigkeiten, Straßenreinigung, geringe Randbebauung usw.

Um die Schadstoffbelastung auf den Straßen genauer einschätzen zu können, sollten die Randbedingungen und Einflussfaktoren der Straßen intensiver berücksichtigt werden, da beispielsweise allein der DTV keine klaren Aussagen zulässt. Bisher wurde dies nur in wenigen Veröffentlichungen mit einbezogen. Unter anderem untersuchten Horstmeyer et al. (2016) die Schwermetallkonzentration in dem Oberboden von Versickerungsmulden. Dabei wurden die Probenahmestellen nach DTV, Straßenart und Fahrverhalten unterteilt. Folgende Straßenarten bzw. Fahrverhalten wurden untersucht: (A) gerade Straßen, (B) Kurven, (C) Kreisverkehr, (D) Kreuzung, (E) ansteigende und absteigende Straßen, (F) Stop-and-Go Verkehr (alle Standorte mit häufigen Beschleunigungs- und Verlangsamungsaktivitäten unabhängig von Kreisverkehren und Kreuzungen) sowie (G) Parkplätze (Abbildung 20, unten).

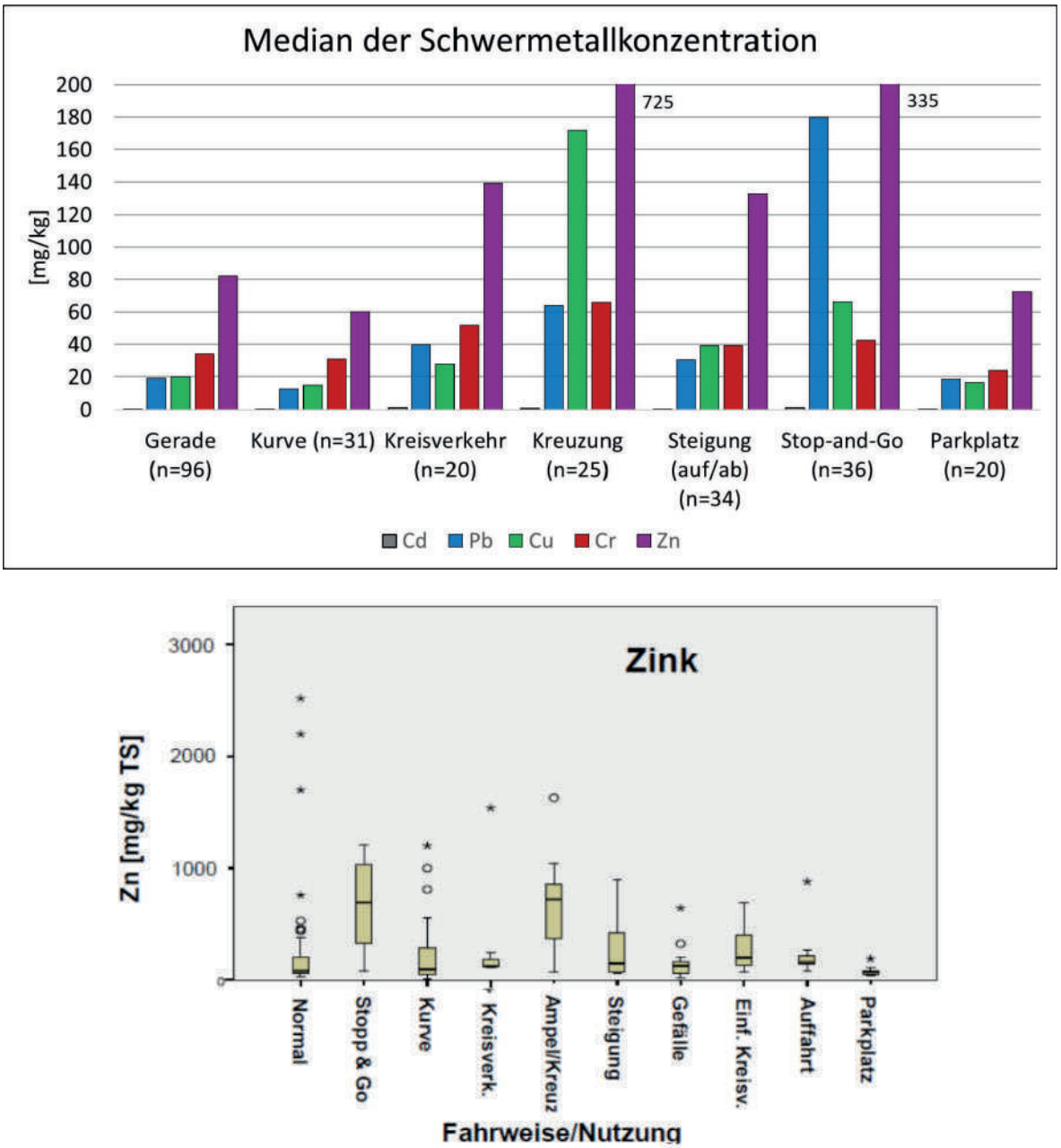


Abbildung 20 Darstellung des Medians der Schwermetallkonzentration von verschiedenen Straßennutzungstypen bzw. Fahrstilen (Daten aus Horstmeyer et al., 2016), Quelle: BGS, TU Berlin (oben) und Zinkkonzentrationen verschiedener Fahrweisen bzw. Nutzungen im Straßenraum (Helmreich, 2012), unten.

Die Kategorie E wurde zusammengefasst, da der Unterschied in der Belastung im Verhältnis zu den anderen Kategorien geringer war. Jedoch wurde festgestellt, dass der Schwermetallgehalt der absteigenden Straße geringer ist. Prozentualer Unterschied des Medianwerts der absteigenden Straße zur aufsteigenden beträgt: 75 % Pb, 51 % Cd, 29 % Cr, 15 % Zn, 9 % Cu. Die Konzentrationsunterschiede der jeweiligen Schwermetalle zwischen den Kategorien A, B und G sind gering. Höhere Belastungen finden sich in den Kategorien C, D und F wieder. Die größten Schwermetallkonzentrationen wurden an Kreuzungen (mit Ampeln) gemessen. Auch bei Straßen auf denen viel Stop-and-Go Fahrverhalten erfolgt, sind die Belastungen erhöht (vgl. Horstmeyer et al. 2016).

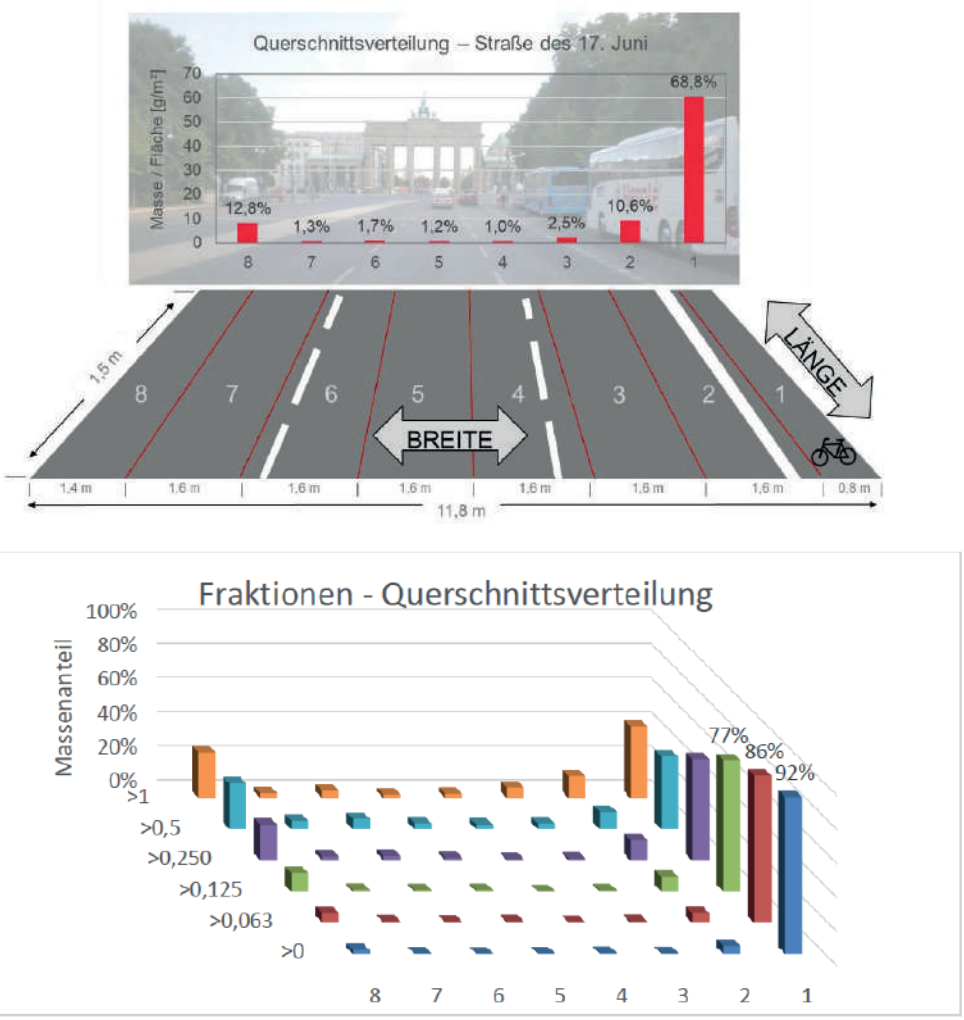


Abbildung 21 Partikel-Massenverteilung im Querprofil zur Straße; Quelle: Neupert 2018: 45 & 46.

Dies lässt vermuten, dass Stellen an denen häufig gebremst und beschleunigt wird, die Metallkonzentration höher sind. Auch Helmreich (2012) konnte erhöhte Zinkkonzentrationen an diesen Lokationen feststellen (Abbildung 21, unten).

Um die Verteilung der partikulären Belastung zu ermitteln, wurden durch Neupert (2018) Kehrungen im Querprofil an der „Straße des 17. Juni“ nahe eines Kreuzungsbereichs durchgeführt. Hierbei wurde deutlich, dass sich die größte Menge (ca. 68 % der Gesamtmasse) und auch die umweltrelevanten feinen Fraktionen (< 250 µm, ca. 85 %) am Rand, also nahe dem begrenzenden Rinnstein depositionieren (Abbildung 21).

Feststoffbelastungen an potenziellen „Hotspots“

Mit den Erkenntnissen aus den vorangegangen Kehrungen wurden weitere Untersuchungen hinsichtlich der stofflichen „Hotspots“ im Straßenraum an verschieden Lokationen in Berlin Wedding durchgeführt (Abbildung 22). Hierzu wurden im ersten Schritt vermutete Hotspots identifiziert und

genauestens beschrieben. Anschließend wurden die jeweiligen Straßenflächen gekehrt und die Proben mittels Siebanalyse fraktioniert.



Abbildung 22 Verschiedene Untersuchungsstandorte in Berlin, Quelle: BGS, TU Berlin.

Die ersten vorläufigen Ergebnisse zeigen Unterschiede in dem Feinstpartikelaufkommen (0-63 µm Korngröße) von Kehricht an den verschiedenen Straßenlokationen. Der Kreuzungsbereich, der Kreisel und die Kurve (u.a. durch vermehrte Bremsaktivitäten und höhere Scherkräfte) zeigen deutlich größere Frachten an Feinstpartikeln im Bereich von ca. 18 mg / Meter Straße*Kfz*Jahr (entspricht

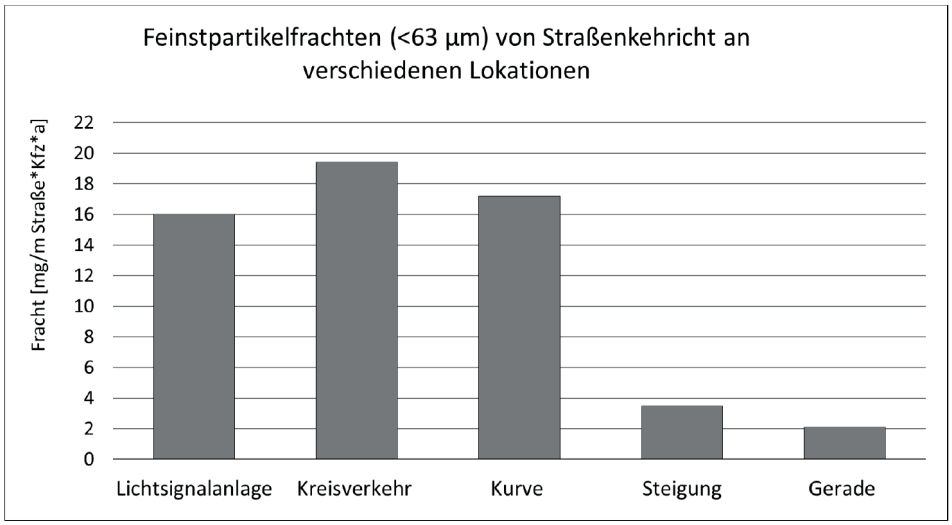


Abbildung 23 Feststoffaufkommen der Feinstpartikel (< 63 µm) an verschiedenen Lokationen im Straßenraum (ermittelt aus 24 Stundenproben bei einer DTV von ca. 6.000 Kfz/Tag), Quelle: BGS, TU Berlin.

ca. 300 kg/(ha*a)) im Vergleich zu dem geraden Straßenabschnitt und der Steigung mit ca. 2,5 mg / Meter Straße*Kfz*Jahr (entspricht ca. 50 kg/(ha*a)) (Abbildung 23). Ähnliche Frachtenunterschiede an den verschiedenen Lokationen sind in den restlichen Kornfraktionen (63 µm - 125 µm - 250 µm - 500 µm -1.000 µm) ebenfalls vorhanden.

Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Die Proben der Feinstfraktion (< 63 µm) werden zeitnah bezüglich diverser Schwermetalle, wie Cd, Pb, Zn, Cu aufgeschlossen und analysiert, um konkrete stoffliche Belastungen der jeweiligen Korngrößen und Straßenlokationen zuordnen zu können.

Im weiteren Untersuchungsverlauf werden an den bestehenden Probenahmestellen, sowie an weiteren vermuteten stofflichen Hotspots, wie z.B. Bushaltestellen, weitere Kehrungen und Beprobungen mittels künstlich aufgebrachten Wassersmengen durchgeführt. Die Ergebnisse aus den diversen Untersuchungen werden anschließend miteinander verglichen und eingeordnet, um zum einen valide Aussagen über die stoffliche Belastung an verschiedenen Straßenraumlokationen treffen zu können und zum anderen standortangepasste Reinigungsverfahren integrativ stofflich zu bilanzieren. Die lokale Priorisierung der Behandlung von Straßenabwasser für die Bewirtschaftung von grünen Straßenraumelementen soll bereits in der Projektlaufzeit mit in die Planungsprozesse eingebunden werden, um beispielsweise eine Baumrigole und die damit verbundenen zu entwässernden Flächen in den Straßenraum wasserwirtschaftlich zu integrieren, könnte es nötig sein in den Bereichen von Kurven oder Kreisverkehren eine angepasste Behandlung des Straßenabwassers mit zu berücksichtigen.

Literatur Kapitel 2.5

DWA (2010) Schmitt, T. G.; Welker, A.; Dierschke, M.; Uhl, M.; Maus, C.; Remmler, F.: „Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren“ Schlussbericht an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef

Crabtree, B.; Dempsey, P.; Johnson, I. (2008): The development of a risk-based approach to managing the ecological impact of pollutants in highway runoff, Whitehead Water Science & Technology 57(10):1595-600, May 2008, DOI: 10.2166/wst.2008.269 Source: PubMed

Dierschke, M. (2014): Methodischer Ansatz zur Quantifizierung von Feinpartikeln (PM63) in Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit von der Herkunftsfläche, Dissertation, Fachbereich Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern

Drapper, D.; Tomlinson, R.; Williams, P. (2000): Pollutant Concentrations in Road Runoff: Southeast Queensland Case Study, School of Envir. Engrg., Griffith Univ., Nathan Campus, Queensland, 4111, Australia

DWA-A 102 (2016) Arbeitsblatt DWA-A 102/BWK-A 3: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer; Teil A: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen für Regenwetterabflüsse in Siedlungen; Teil B: Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen zur Einleitung von Regenwetterabflüssen in Oberflächengewässer, Entwurf Oktober 2016, Hennef

Helmreich, B. (2012): Einfluss der Verkehrsstärke und anderer Randbedingungen auf die stoffliche Belastung von Versickerungsanlagen, 11. DWA Regenwassertage in Berlin, 11./12. 6. 2012

Horstmeyer, N.; Huber, M.; Drewes, J. E.; Helmreich, B. (2016): Evaluation of site-specific factors influencing heavy metal contents in the topsoil of vegetated infiltration swales. Science of the Total Environment 560–561 (2016), p. 19-28

Huber, M.; Welker, A.; Helmreich, B. (2016): Critical review of heavy metal pollution of traffic area runoff: Occurrence, influencing factors, and partitioning, Science of The Total Environment, Volume 541, 15 January 2016, Pages 895-919

Kayhaniana, M.; Fruchtmanb, B.; Gulliverb, J.; Montanaroc, C.; Ranieric, E.; Wuertz, S. (2012): Review of highway run-off characteristics: Comparative analysis and universal implications, Water Research, Volume 46, Issue 20, 15 December 2012, Pages 6609- 6624

Mangani F.; Maione M.; Mangani G.; Berloni A.; Tatano F. (2005): Evaluation of the Pollutant Content in Road Run-Off First Flush Waters, Istituto di Scienze Chimiche - Università di Urbino

Neupert, J. W. (2018): Feststellung von Hot Spots der Reifenabriebentstehung und Entwicklung eines Konzepts zur Probenahme von Reifenabrieb. Masterarbeit an TU Berlin, 2018

Uhl, M.; Kasting, U.; Schröer, C.; Grotehusmann, D.; Podraza, P. (2005): Daten zur Einleitung der Abflüsse außerörtlicher Straßen in Gewässer, *Wasser und Abfall*, pp. 42-47, 2005

Welker, A.; Dierschke, M. (2013): dezentrale Niederschlagswasserbehandlung -Status Quo und Neuere Entwicklungen, Proceedings der 13. DWA-Regenwassertage, Freiburg 2013

Xanthopoulos, C.; Hahn, H. (1992): Niederschlagsbedingte Schmutzbelastung der Gewässer aus städtischen befestigten Flächen: Anthropogene Schadstoffe auf Straßenoberflächen und ihr Transport mit dem Niederschlagsabfluß: Phase 1 ; Teilprojekt 2 ; Abschlußbericht, Band 2, Grässer Verlag

2.6 Integriertes Sanierungsmanagement (*M. 1.6*)

Autoren: Markus Stöckner, Philip Zwernemann, Heiko Sieker, Matthias Pallasch

Die von BGS gesetzten Ziele sollen, neben den Pilotstandorten auch weiterführend für Kommunen in ganz Deutschland erreicht werden. Daher wird mit dem integrierten Sanierungsmanagement[1] bei der Suche von sanierungskritischen Standorten angesetzt. Durch das integrierte Sanierungsmanagement für die Straße und das Entwässerungssystem können Bauabschnitte für koordinierte Maßnahmen, die den kompletten Straßenraum bestreffen, identifiziert werden. Dies betrifft nur Bauabschnitte, deren Erhaltungsbedüftigkeit sich aus dem baulichen Zustand ergibt. Durch BGS soll diese Auswahl um die Komponente der blau-grünen-Straßenraumgestaltung, also Einbeziehung weiterer funktionaler und planerischer Kriterien für die Abschnittsidentifikation erweitert werden, um so Standorte für die notwendige Umgestaltung von Straßenräumen zu finden, die in der Erhaltungsplanung eingebunden werden.

2.6.1 Sanierungsmanagement Straße

Vorgehen in der Kommune

Die für den Außerortsbereich entwickelten „Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen“ (RPE-Stra01) enthalten die wesentlichen verwaltungstechnischen Planungsstufen, um eine systematische und effiziente Straßenerhaltung zu gewährleisten. Sie stellen damit einen grundsätzlichen Leitfaden zur Erhaltung von Straßen zur Verfügung. Das kommunale Erhaltungsmanagement ist in den „Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen“ (E EMI 2012) beschrieben und umfasst die Straßenzustandserfassung, die Bewertung von Netzen sowie die operative und strategische Erhaltungsplanung. Aus einem darauf basierenden Erhaltungsmanagementsystem (EMS-K) kann sowohl eine Finanzbedarfsprognose als auch die Koordinierung der Erhaltungsmaßnahmen abgeleitet werden. Bei der Straßenzustandserfassung sollten Fahrbahnen sowie Nebenflächen erfasst werden. Das schließt neben Fahrstreifen, Busspuren, Radverkehrsflächen auf der Fahrbahn und befahrbaren Gleisflächen im Weiteren auch Geh- und Radwege, Parkstreifen, Betriebsflächen, Treppen und Plätze ein (vgl. FGSV, 2012).

[1] Der Begriff Sanierungsmanagement wird nicht in allen Teilsystemen mit gleicher Definition verwendet. So ist z.B. für Verkehrsflächen der Begriff Erhaltungsmanagement üblich. Trotz damit vorhandener begrifflicher Unschärfe werden Sanierungsmanagement und Erhaltungsmanagement im Weiteren gleichgesetzt.

Die Zustandsdaten werden in einem einheitlichen Ordnungssystem gespeichert, das eine eindeutige georeferenzierte Zuordnung ermöglicht. Bei der Straßenzustandserfassung werden dazu neben dem Zustand auch Straßenschlüssel und Name, Straßenklassifizierung und -kategorie (A, B, L, K, G), die Richtungskennung des Netzabschnitts, der Verlauf (z.B. Tunnel, Brücke), der Stadt- und Baubezirk, das Bauamt und die Verkehrsrichtung gespeichert und verwaltet (vgl. FGSV, 2012).

Der Straßenzustand wird innerorts in 10 bzw. 20 Meter Abschnitten erfasst und mit normierten Zustandswerten nach den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen“ (ZTV ZEB-STB 06) bewertet. Diese legen technische Erfassungs- und Auswerteregeln für die messtechnische Zustandserfassung und -bewertung von Fahrbahnen fest. Erfasst und bewertet werden Längsebenheit, Querebenheit sowie Oberflächenschäden. Aus diesen werden die Teilwerte Gebrauch und Substanz errechnet. Aus dem Maximum der beiden Teilwerte ergibt sich der Gesamtwert für den jeweiligen Abschnitt.

Die Zustandswerte (ZW) reichen von eins bis fünf. Dies ermöglicht eine Einteilung in Zustandsklassen (ZK). Klasse 1: 1,0 ≤ ZW < 1,5 (neuwertiger Abschnitt ohne Mängel); Klasse 2: 1,5 ≤ ZW < 3,5 (Abschnitt mit Gebrauchsspuren); Klasse 3: 3,5 ≤ ZW < 4,5 (Warnwert, der Abschnitt wird in naher Zukunft erhaltungsbedürftig); und Klasse 4: ZW ≥ 4,5 (Erhaltungsbedarf im Abschnitt) (vgl. FGSV, 2012).

Vorgehen in Hamburg

Das Vorgehen in den Kommunen entscheidet sich untereinander nach Ausrichtung und Detaillierungsgrad. Als Beispiel eines fortgeschrittenen Sanierungsmanagements wird die Hansestadt Hamburg herangezogen. Dieses Vorgehen kann auf andere Kommunen übertragen werden und auf dem fortgeschrittenen Stand in Hamburg die Entwicklung des integrierten Sanierungsmanagements aufgebaut werden.

In Hamburg werden die Zustände der Hauptverkehrsstraßen und Bezirksstraßen mit gesamtstädtischer Bedeutung erfasst und bewertet. Dabei sollen neben der Fahrbahn alle Beläge von Hauskante zu Hauskante mit aufgenommen werden. Ein Messfahrzeug erfasst die Zustandsdaten automatisiert. Die Werte zur Ebenheit können direkt normiert werden, während die übrigen Zustandsdaten durch ausgebildete Ingenieure im Büro ausgewertet und in Zustandswerte normiert werden. Zusätzlich wird ein Online-Anliegenmanagement eingesetzt (Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg, 2013). Hiermit können BürgerInnen über ein Onlinetool Meldungen zu Straßenschäden machen. Diese werden verifiziert und in das Erhaltungsmanagement mit aufgenommen.

Die Arbeitsweise im Erhaltungsmanagement in Hamburg wird mit einem Regelkreis beschrieben. Nach der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) von Straßen werden Szenarien der Zustandsentwicklung gebildet. Aus diesen definiert sich die Erhaltungsstrategie, welche in der Festlegung des Bauprogramms auf fünf Jahre mündet (vgl. LSBG Hamburg, 2018). Es folgt die Planung und der Entwurf der Erhaltungsmaßnahmen, die Baudurchführung und anschließend die Datenpflege der Bestands- und Ausbaudaten in der Straßen-Informations-Bank (HH-SIB). Im Anschluss findet die betriebliche und bauliche Unterhaltung statt, welche die regelmäßige Erfassung und Bewertung des Straßenzustandes nach sich zieht (vgl. Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation Hamburg, 2019).

Daten- und Auswertemodell

Ziel des Prozesses ist es, automatisiert aus den Zustandsdaten klassifizierte Erhaltungsabschnitte zu berechnen. Zunächst werden die ZEB-Daten der Kommune einer Plausibilitätsprüfung unterzogen und gegebenenfalls bereinigt. Anhand der Straßenschlüssel der Verkehrsrichtung und der Spur werden die einzelnen 10 bzw. 20 m-Abschnitte zu Straßenabschnitten von Knoten zu Knoten zusammengefasst.

Den Straßenabschnitten werden nun durch die Berechnung aus den Erfassungswerten der 10 bzw. 20m-Abschnitte mittels energetischem Mittel je ein Erfassungswert zugeordnet. Aus den gemittelten Erfassungswerten eines Straßenabschnitts werden aus der Spurrinnentiefe (SPT), der fiktionalen Wassertiefe (SPH) und der allgemeinen Unebenheit (AUN) der Teilwert „Substanz“ und aus den

Erfassungswerten zu Rissen (RISS) und Flickstellen (FLI) der Teilwert „Gebrauch“ berechnet. Aus diesen wiederum ergibt sich durch das gewichtete Mittel für jeden Straßenabschnitt von Knoten zu Knoten ein Gesamtwert. Anhand der Zustandsklassen eins bis fünf lässt sich der Sanierungsbedarf bestimmen.

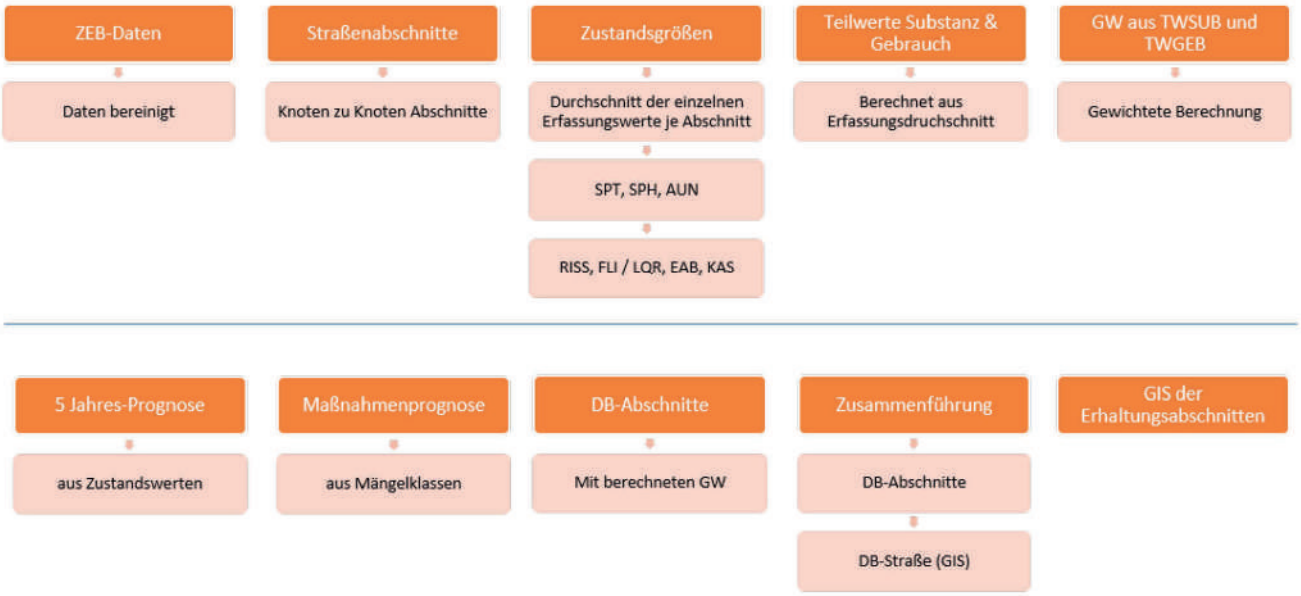


Abbildung 24 Prozessablauf zur Bildung von Erhaltungsabschnitten aus Zustandserfassungsdaten, Quelle: BGS, HsKA.

Durch das Baujahr der Straßenabschnitte kann für Abschnitte, die nicht mit Zustandsklasse 4 oder höher bewertet sind, eine Prognose über die wahrscheinliche Restnutzungsdauer des Straßenabschnitts aufgestellt werden, soweit die Oberflächeneigenschaften betroffen sind. So wird der bisherige Zustandsverlauf auf die Zukunft übertragen, um z.B. eine 5-Jahres-Prognose aufzustellen. Ist das Baujahr des Straßenabschnitts nicht bekannt, wird dieses mittels der Zustandsdaten näherungsweise abgeschätzt, was in der Praxis üblich, wissenschaftlich aber umstritten ist.

Die neu entstandene Datenbank aus Straßenabschnitten mit Zustandsklassen wird über die Straßenschlüssel mit einer GIS-Datenbank der Straßen georeferenziert. Durch die Georeferenzierung werden zusammenhängende Erhaltungsabschnitte gebildet. So werden zusammenhängende Straßenabschnitte mit der gleichen Erhaltungsprognose erkannt und es können Empfehlungen für ein Erhaltungsprogramm ausgesprochen werden.

2.6.2 Sanierungsmanagement Entwässerungssystem

Die Wasserrahmenrichtlinie der EU und das Wasserhaushaltsgesetz des Bundes dienen bei der Kanalisationssanierung als übergeordnete Rechtsvorschriften. Einzelne Bundesländer konkretisieren diese Rahmengesetzgebungen in abwasserrechtlichen Eigenkontrollverordnungen und werden von Gemeinden in Entwässerungssatzungen umgesetzt. Ergänzend dazu gibt das Technische Regelwerk Empfehlungen zum Sanierungsvorgang. Die allgemein anerkannten Regeln der Technik werden durch Normen und Regelwerke definiert (DIN, DVGW, DWA, UVV, BGV). Die Tabelle 8 zeigt hierfür Beispiele.

Tabelle 8 Wesentliche technische Regelungen zum Bau und zur Instandhaltung von Entwässerungsanlagen (nach Arbeitsblatt DWA-A 143-14).

Normen, Regelwerk, Arbeitshilfen	Bezeichnung	Anwendungsbereich
DIN EN 752	Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement	Gesamtes Entwässerungssystem, Freispiegelsystem

DIN EN 1610	Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen	erdverbaute Leitungen, Neubau
DWA-A 139	Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen	Abwasserleitungen und -kanäle außerhalb von Gebäuden
DIN EN 13508, alle Teile	Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden	Abwasserleitungen und -kanäle außerhalb von Gebäuden
DWA-A/M 143, alle Teile	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden	bestehende als Freispiegelleitungen betriebene Abwasserleitungen und -kanäle einschließlich der Schächte
DWA-A/M 149, alle Teile	Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden	bestehende, in Betrieb befindliche, begehbare und nicht begehbare Abwasser-leitungen und -kanäle, Schächte und Bauwerke der Ortsentwässerung
Arbeitshilfen Abwasser (BMUB; BMVg)	Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen	Gesamtes Entwässerungssystem

Vorgehen der Kommunen

Kanalsanierungsmaßnahmen werden nicht nur zum Erhalt des Substanzwerts, dem Schutz von Gewässern oder der Betriebssicherheit durchgeführt. Auch Anforderungen, die aus dem demographischen Wandel und dem globalen Klimawandel resultieren sind inzwischen Auslöser für Kanalsanierungen. Grundsätzlich sollte ein Sanierungskonzept nach DWA-A 143-14 (2016) folgende Ziele verfolgen:

- **technische Ziele** (optische Inspektion, Dichtheitsprüfung, Materialprüfung),
- **betriebswirtschaftliche Ziele** (Vermeidung von Vermögensverzehr bzw. Ermittlung der langfristig benötigten finanziellen Mittel durch Aufstellen von Investitionsbedarfsplänen) und
- **rechtliche Ziele** (Einhaltung der rechtlichen Betriebssicherheit durch vollständiges Erfassen und Bewerten des Zustands).

Für eine fachgerechte Planung ist das Vorliegen entsprechender Grundlagendaten (Generalentwässerungsplan, Ortsentwicklungsplan, Kanalbestandsplan, Dokumentation der optischen Inspektionen sowie dessen Auswertung (Schadensermittlung)) unausweichlich. Dem geht in der Regel eine flächendeckende Schadensermittlung des Kanalnetzes zuvor.

Bei der Schadensermittlung werden die festgestellten Schäden klassifiziert. Dazu wird jede Haltung entsprechend dem höchsten Einzelschaden eine Zustandsklasse (ZK 0 bis ZK 4 nach DWA oder ZK 5 bis ZK 0 nach ISYBAU) zugewiesen und anschließend prioritätsbezogen, unter Berücksichtigung wirkender Einflüsse in eine zeitliche Reihenfolge gebracht (vgl. UBA 2019: 39). Zusammen mit den Ergebnissen hydraulischer Berechnungen und der Zustandsbewertung wird ein Sanierungskonzept entwickelt, welches die bauliche Situation sowie die tatsächliche, aber auch zukünftige hydraulische Belastung einschließt. Zur Abschätzung des Gefährdungspotenzial sollen Aspekte wie die Lage sowie die Abwasserart bzw. Abwasserinhaltsstoffen einbezogen werden. Rechtlich gibt es keine Sanierungsfristen. Handelt es sich allerdings um Schädigungen mit erhöhter Gefährdung des Grundwassers und Bodens durch Exfiltration oder um Schäden, in denen die Tragfähigkeit des Kanals beeinträchtigt ist (bestehende Gefahr von Rohrbrüchen und Straßeneinbrüchen), sind Sofortmaßnahmen zu ergreifen.

Der „Leitfaden zur Sanierung von Abwasserkanalisation“ des Umweltbundesamts (2019) gibt einen umfassenden Einblick in die Vorgehensweisen der Kanalisationssanierung. Dem dort verankerten Ablaufdiagramm ist zu entnehmen, dass der Schwerpunkt der Sanierungsplanung auf der Erhebung und Bewertung hydraulischer, baulicher und sonstiger umweltrelevanter Mängel liegt. Die Erarbeitung „ganzheitlicher“, also integraler Lösungen, ist ein Aspekt, der kaum weitergehend qualifiziert wird.



Abbildung 25 Ablauf Sanierungsplanung (UBA 2019: 42).

Der integrale Charakter von Sanierungsplanungen ist in erster Linie von der Sanierungsstrategie abhängig. Das Arbeitsblatt der DWA (DWA-A 143-14 (2016)) unterscheidet mehrere Ansätze:

Substanzwertansatz: Erhalt eines definierten Substanzwerts sowie Verstetigung der Sanierungsausgaben über einen vorgegebenen Zeitraum, um einen schleichenden Substanzverzehr frühzeitig zu erkennen.

Zustandsbasierter Ansatz: Kanalhaltungen oder -abschnitte innerhalb festgelegter Fristen durch Sanierung in einen Zustand überführt (definiert nach Merkblatt DWA-M 149-3).

Funktionsbezogener Ansatz: bewirkt eine grundsätzliche Änderung des Aufbaus des Entwässerungssystems, hervorgerufen durch eine wesentliche Änderung der Bedingungen.

Mehrspartenansatz: stellt sicher, dass eine Sanierung des Entwässerungssystems mit den Sanierungsmaßnahmen anderer Bereiche als infrastrukturelle Gesamtmaßnahme, räumlich und zeitlich zusammengefasst und gemeinsam ausgeführt wird.

Gebietsbezogener Ansatz: berücksichtigt hydraulische, bauliche, betriebliche sowie umweltrelevante Aspekte mit gemeinsamen Merkmalen, Anforderungen und Eigenschaften.

Ereignisabhängiger Ansatz: regelt das Vorgehen bei unerwartet auftretenden vordringlichen Schäden mit dem Ziel der umgehenden Behebung (Sofortmaßnahme).

Im Sinne einer integralen Planung haben vor allem die sogenannten Mehrsparten-Strategie, sowie die gebietsbezogene Strategie großes Potential, da hier die Sanierung des Entwässerungssystems mit den Sanierungsmaßnahmen anderer Bereiche als infrastrukturelle Gesamtmaßnahme, räumlich und zeitlich zusammengefasst und gemeinsam ausgeführt wird. So kann im Zuge der Gesamtmaßnahme der Straßenraum nach BGS-Kriterien umgestaltet werden. Doch auch diese Strategien kommen nicht ohne eine Bewertung des Kanalzustands bzw. des Substanzwerts aus. Insofern hat die Ermittlung des Substanzwerts für alle Sanierungsstrategien eine hohe Bedeutung.

Prognoseansatz

Zur Prognose von Zustandsklassen und Restnutzungsdauern in der Kanalisation werden vor allem mathematische Alterungsmodelle (Markov-Ketten, Monte-Carlo-Simulation) genutzt. Unter Einbeziehung leistungsfähiger IT werden mittlerweile auch Rechenoperationen aus dem Bereich KI (künstliche Intelligenz) angewandt, die mit einer großen Anzahl von Parametern und Echtzeitdaten Alterungsprognosen erstellen. Die Ergebnisse solcher Alterungsmodelle geben vor allem Auskunft über die Wahrscheinlichkeit eines Schadens. Im Sinne eines Risiko-Ansatzes können diese Ergebnisse mit dem potenziellen Schadensausmaß verschnitten werden. Die Priorisierung von Sanierungsmaßnahmen orientiert sich dann an dem größten Risiko.

2.6.3 Integriertes Sanierungsmanagement

Nutzen

Durch die koordinierte Erhaltungsplanung von Straßen und Entwässerungssystem werden sowohl monetäre Kosten als auch nicht monetäre Aufwendungen eingespart. Der Hauptkostenfaktor im Kanalbau sind die Kosten der Grabung und die Wiederherstellung der Verkehrsflächen. Diese Arbeitsschritte können genutzt werden, um die Verkehrsflächen zu erhalten (vgl. Meerwarth, 1994: 112). Durch die Bündelung der beiden Sanierungsmaßnahmen können die Gesamtkosten deutlich verringert werden. Zudem werden so die Belastungen für AnwohnerInnen und NutzerInnen der Straßen minimiert, da nur einmal ein Baufeld auf der betroffenen Fläche eingerichtet wird (vgl. Meerwarth, 1994: 99 f.). Diese Vorgehensweise betrachtet nur den baulichen Zustand als maßnahmenauslösenden Faktor. Neu im vorliegenden Ansatz ist, weitere planerische und nutzungstechnische Aspekte mit einzubinden wie u.a. die Begrünung, Aufenthaltsqualität, Überflutungsproblematik sowie umfeldbezogene Kriterien. Damit ist zum einen eine gezielte Potenzialabschätzung für BGS angedacht sowie zum anderen eine wirtschaftlich sinnvolle Reihung von BGS-Maßnahmen möglich. Im Zuge der kosteneffizienten Erhaltung können so mehrere Probleme im Straßenraum gleichzeitig gelöst werden.

Integriertes Sanierungsmanagement

Bei der Erhaltung von Verkehrsflächen wie auch bei der Erhaltung des Entwässerungssystems wird die Dringlichkeit der Erhaltung einzelner Abschnitte mit Zustandsklassen bewertet. Auf diese Weise kann eine gemeinsame Matrix zur Priorisierung von Maßnahmen aufgestellt werden. Anhand der Matrix lässt sich entscheiden, welche Abschnitte innerhalb eines Bauvorhabens saniert werden sollten. Bei Abschnitten mit gutem Zustand sollte sich die Sanierung nur auf Bereiche konzentrieren, welche eine hohe Dringlichkeit aufweisen (vgl. Meerwarth, 1994). Dies hängt maßgeblich von den notwendigen Maßnahmen ab, die zur Instandhaltung oder Erneuerung der Anlagen zu ergreifen sind. Neben den klassischen Indikatoren für die Priorisierungsmatrix zur Sanierung werden in BGS Faktoren, die den besonders durch klimatische Veränderung belasteten Straßenraum beschreiben, berücksichtigt. Aktuell laufen die Überlegungen für ein System zur Entscheidungsunterstützung, Art und Umfang wird aber auch von der Verfügbarkeit georeferenzierter Datengrundlagen abhängen. Geplant ist Daten über das Mikroklima, den Baumbestand, Grünflächen, Überschwemmungen und Verkehrssicherheit in den Maßnahmenplan mit einzubeziehen. Somit werden bei der Straßenraumsanierung Standorte mit besonderem Handlungsbedarf verstärkt in den Fokus genommen, wodurch die Zielsetzungen aus BGS angewendet werden können. Akute Probleme, wie Überflutungsproblematiken oder Probleme im Baumbestand, können durch die entsprechende Berücksichtigung in der Priorisierungsmatrix eine Sanierung des Straßenraums anstoßen.

In BGS wurde dazu ein Prozessmodell entwickelt, durch welches die Datenverarbeitung und -auswertung zur Sanierungspriorisierung mit zusätzlichen Faktoren aus den Bereichen Mikroklima, Baumbestand, Grünflächen, Überschwemmungen und Verkehrssicherheit beschrieben wird. Zur Anwendung des Prozesses bedarf es weiterer Informationen über die bestehenden Datengrundlagen und entsprechende Datensätze. Im nächsten Schritt stehen Pilotierungstests an.

Herausforderungen

Im Sinne der Verstetigung von BGS soll das integrierte Sanierungsmanagement stadtweit und in verschiedenen Kommunen angewendet werden können. Um dies zu erreichen, muss eine einfache Anwendung durch eine weitgehende Automatisierung erfolgen. Um das integrierte Sanierungsmanagement weitgehend zu automatisieren, benötigt es aussagekräftige Daten und Informationen. Das Wissen über die unterschiedlichen Maßnahmen, wie z.B. Anwendungen, Nutzen sowie Kosten, ist essentiell, um eine Entscheidung über den Nutzen einer gemeinsamen Sanierung treffen zu können. Zudem müssen Informationen über die Restwerte der Anlagen sowie die Restnutzzeit zu Verfügung stehen.

Um ein integriertes Sanierungsmanagement anzuwenden, müssen aktuelle Planungsgrundlagen der einzelnen Straßen- und Kanalabschnitte zur Verfügung stehen. Dazu benötigt es eine regelmäßige Ermittlung der Zustände von Kanal und Straße sowie eine ausführliche Dokumentation. Da das Sanierungsmanagement bisher in unterschiedlichen Ämtern und meist in unterschiedlichen Systemen durchgeführt wird, muss eine Verknüpfung der Systeme geschaffen werden. Dies kann durch eine GIS-gestützte Datenbank realisiert und Zusammenhänge zwischen Verkehrsflächen und Kanalisierung geschaffen werden. Zudem können auf diese Weise weitere ortsspezifische Begebenheiten und auch eine Anpassung der Gestaltung des Straßenraums berücksichtigt werden. Überdimensionierte Straßenbreiten, fehlende Grünflächen, mangelhafte Regenwasserbewirtschaftung und zu verbessernde Verkehrssicherheit können Einflussfaktoren sein, die zur Notwendigkeit einer tiefgreifenden Sanierung führen, bei der Straßen- und Kanalbau gleichermaßen mit einbezogen werden müssen. Zu den entwickelten Prozessen fehlt es bei BGS noch an der Datengrundlage abseits von Straßenerhaltungsdaten und über das Entwässerungsnetz zur Entwicklung eines Prototypens. Da die Datengrundlagen in den Kommunen an unterschiedlichen Stellen vorhanden sind, müssen Schnittstellen geschaffen werden um die Daten vereinen zu können. Entsprechende Prüfungen und Abfragen sind in Bearbeitung.

Des Weiteren kann durch die Einführung eines einheitlichen Building Information Modeling (BIM)-Systems die Dokumentation und das Informationsmanagement der Anlagen direkt mit entsprechenden Sanierungsmaßnahmen verknüpft werden. Durch die Verknüpfung von Teilmodellen in einem einheitlichen Bezugsraum und einem barrierefreien und damit herstellerneutralen Datentransfer können zusätzlich Informationen über den dreidimensionalen Aufbau verwendet werden. Dies hilft der digitalen Nachbildung des Straßenraums, wodurch erforderliche Maßnahmen exakter prognostiziert werden können.

Kosten für wassersensible Maßnahmen im Straßenraum könnten nur wirtschaftlich sein, wenn sie „Huckepack“ mit anstehenden Straßensanierungen und Instandsetzungsarbeiten durchgeführt werden (vgl. Interview 18).

Der Straßenbau sei stark standardisiert und reguliert (vgl. Interview 16, 17). Die Standards müssten weiterentwickelt werden (vgl. Interview 16). Wasserwirtschaftliche Fragestellungen seien bei Straßenplanungen zwar auch heute zu berücksichtigen, sie seien aber kein primärer Anlass für eine Sanierung oder Überplanung (vgl. Interview 17). Sie müssten zukünftig bereits bei der Festlegung der Ziele eines Projekts in Phase 0 nach HOAI integriert werden, um die wasserwirtschaftlichen Ziele zu unterstützen (vgl. Interview 19).

Jahrelang wurde in Hamburg für die Straßenerhaltung zu wenig getan. Jetzt gäbe es ein strategisches Erhaltungsmanagement und der Zustand der Infrastruktur verbessere sich (vgl. Interview 13). Die Straßenabwassereinigung rücke dabei stärker in den Fokus (vgl. Interview 13, 14).

Das Thema der blauen und grünen Infrastrukturmaßnahmen müsse auf allen Ebenen und bei allen Beteiligten (auch NutzerInnen, AnwohnerInnen) mittels einer vielfältigen Kommunikation verfolgt werden (vgl. Interview 4).

Erkenntnisse aus Experteninterviews 3 – Integriertes Sanierungsmanagement, Quelle: BGS, HCU.

Literatur Kapitel 2.6

Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation Hamburg (2019), “Straßenzustandsbericht. Bessere Noten für Hamburgs Hauptverkehrsstraßen”, verfügbar unter: https://www.hamburg.de/pressearchiv-fhh/13167242/2019-11-05-bwvi-strassenzustandsbericht/ (abgerufen am: 22.01.2020).

Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg (2013), *Drucksache 20/10333 - Stellungnahme des Senats zum Ersuchen der Bürgerschaft vom 27. März 2013: "Hamburg braucht eineen Masterplan zur Sanierung von Gehwegen, Radwegen und Straße" (Drucksache 20/20988)*, Hamburg.

FGSV (2012), *E EMI 2012: Empfehlung für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen* No. FGSV 487, FGSV Verlag, Köln.

LSBG Hamburg (2018), “Das Erhaltungsmanagement für Hamburgs Straßen im LSBG”, verfügbar unter: https://lsbg.hamburg.de/np-ueber-uns/6724074/ems/ (abgerufen am: 22.01.2020).

Meerwarth, W. (1994), *Koordinierte Planung der Erneuerung städtischer Infrastrukturnetze, Schriftenreihe des Instituts für Städtebau und Landesplanung, Universität Fridericiana zu Karlsruhe*, Heft 26, Institut für Städtebau und Landesplanung, Karlsruhe.

(UBA) Umweltbundesamt (2019), Leitfaden zur Sanierung von Abwasserkanalisation, verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-zur-sanierung-von-abwasserkanalisationen (abgerufen am: 24.01.2020).

DWA-Regelwerk (2017), Arbeitsblatt DWA-A 143-14, Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 14: Entwicklung einer Sanierungsstrategie

2.7 Mikroklimatische Auswirkungen (*M. 1.7*)

AutorInnen: Björn Büter, Jana Caase, Robert von Tils

2.7.1 Thema und Ziel

Das Modul 1.7 „Mikroklimatische Auswirkungen verschiedener Straßenraumgestaltungen“ hat die Zielsetzung, die mikroklimatischen Auswirkungen verschiedener grauer und blau-grüner Straßenraumgestaltungen zu untersuchen und vergleichend zu bewerten. Dabei werden klimatische Parameter, die die Aufenthaltsqualität für VerkehrsteilnehmerInnen beeinträchtigen können, in einem Modell analysiert.

2.7.2 Herangehensweise

Mikroklimatische Analyse

Die Untersuchung erfolgt mit dem mikroskaligen Modell ASMUS_green (**A**usbreitungs- und **S**trömungs-**M**odell für **U**rbane **S**trukturen und *Begrünung*). Dabei handelt es sich um ein numerisches Modell zur mikroskaligen Simulation der dreidimensionalen Wind- und Temperaturverteilung, sowie der thermischen Behaglichkeit innerhalb von Städten. Es gehört zu einer neueren mikroskaligen Modellgeneration und verbindet die Betrachtung der Strömung im Bereich von Gebäuden und Bäumen mit der Berechnung der Energiebilanz von begrünten und unbegrünten Oberflächen (vgl. Gross, 2012).

Die dreidimensionale Betrachtung sowie die bauphysikalischen und Vegetationsparameter von Gebäuden und Bäumen haben direkten Einfluss auf die Simulationsergebnisse. So können zum Beispiel der typische Blattflächenindex einer Baumart und die Dachform eines Gebäudes mit in die Strömungsberechnungen einfließen.

Die Oberflächeneigenschaften von Gebäuden und Vegetation beeinflussen die simulierte Lufttemperatur unter anderem über ihre Albedo, Wärmeleiteigenschaften und vegetationsspezifischen Charakteristika (z.B. Transmissivität und Verdunstungseigenschaften).

Das Modell basiert auf verschiedenen meteorologischen Grundgleichungen, welche die Strömung von Flüssigkeiten und Gasen, thermodynamische Prozesse sowie den Wasserdampfgehalt der Luft beschreiben. Gebäude und Bäume werden vom Modell explizit als dreidimensionale Körper mit impermeablem bzw. semipermeablem Gittervolumen dargestellt. Ihre Oberflächentemperaturen werden in Abhängigkeit von ihrer spezifischen Orientierung und ihren physikalischen Eigenschaften über eine Energiebilanz berechnet. ASMUS_green berechnet den kurz- und langwelligen Wärmestrom inklusive diffuser Mehrfachreflektion von Strahlung an Oberflächen und atmosphärischer Gegenstrahlung, den turbulenten fühlbaren Wärmestrom, den Wärmestrom aus der darunterliegenden Fläche (Erdboden bzw. Gebäude) sowie den turbulenten Verdunstungswärmestrom bei Bäumen und Oberflächenbegrünung. Die Verdunstung ist abhängig von der relativen Feuchte der Luft, der solaren Einstrahlung und insbesondere von dem den Pflanzen zur Verfügung stehenden Bodenwassergehalt. Dieser beeinflusst den Stomatawiderstand (Beschreibung der Steuerung der Wasserabgabe der Pflanze an die Atmosphäre durch die Stomata) in Abhängigkeit von der Art der Vegetation. Der Bodenwassergehalt wie auch die Bodentemperatur kann direkt vorgegeben werden oder mit einer Langzeit-Simulation mittels ASMUS_green berechnet werden.

Als Eingangsdaten benötigt ASMUS_green neben den meteorologischen und Bodenwasserdaten Informationen über die Lage und Größe von Gebäuden, Bäumen, Straßen, begrünten und anderen Oberflächen. Ihre Albedo und Wärmeleitfähigkeit sind die wichtigsten physikalischen Eigenschaften, die für eine Simulation notwendig sind.

Die Simulationen werden auf einem kartesischen Gitter mit Gitterweiten von 1-10 m in der Horizontalen und 0,5-2 m in der Vertikalen in Bodennähe durchgeführt. In Abhängigkeit von der Auflösung sind Modellgebietsgrößen bis ca. 150 km² möglich.

Mit ASMUS_green können von individuellen Tageszeitausschnitten und kompletten Tagesgängen, bis hin zu mehrtägigen (extremen) Wetterlagen und statistisch interpolierten Jahreskenngrößen (z.B. meteorologische Kenntage und Hitzestressanteile) simuliert werden.

Im Rahmen von BGS ist unter anderem die Anwendung der Cuboid-Methode geplant. Mit dieser Methode können ein Tagesgang sowie die dreidimensionale Verteilung für acht verschiedene extreme Wetterlagen simuliert werden. Diese Wetterlagen werden durch drei klimatische Größen definiert: Beispielsweise Tageshöchsttemperatur, mittlere Windgeschwindigkeit und Bodenfeuchte. Die Simulationsergebnisse bilden die Eckpunkte der Cuboid-Methode (Abbildung 26). Auf Basis von Tagesdaten einer 40-jährigen Zeitreihe (DWD-Messstation Berlin-Tempelhof, 1974 - 2013) werden diese trilinear interpoliert. Daraus können meteorologische Kenntage sowie die Häufigkeit von UTCI-Hitzestressklassen gewonnen werden.

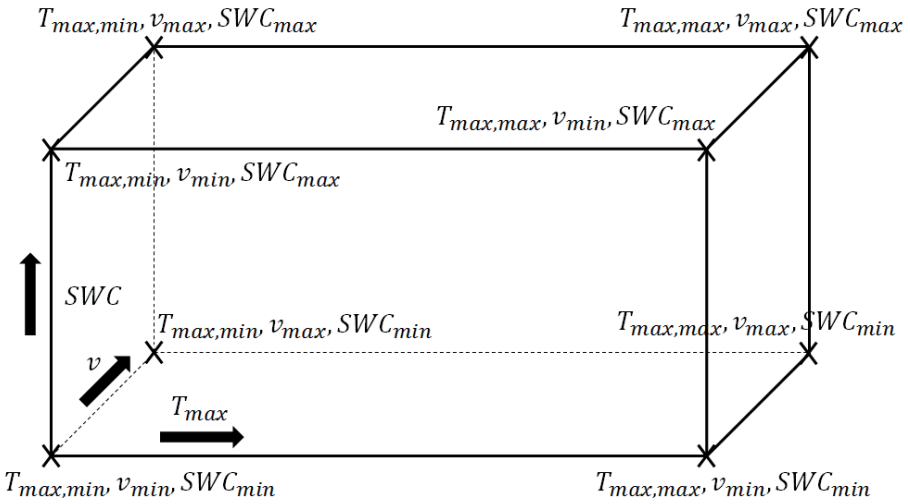


Abbildung 26 Schematischer Aufbau der Cuboid-Methode. Die Eckpunkte werden definiert durch die Tageshöchsttemperatur (Tmax), die mittlere Windgeschwindigkeit (v) und die Bodenfeuchte (Soil Water Content, SWC) (vgl. Günter. R, 2014).

Bevor ASMUS_green auf die Straßenraumgestaltungen angewendet wird, erfolgt eine Validierung des Modells unter Verwendung von Daten aus Lysimeter-Messungen der Fachgruppe Ökohydrologie der TU Berlin (Kapitel 2.4). Dazu wird die Verdunstungsformel des Modells mit den Messdaten verglichen und gegebenenfalls angepasst.

Im Rahmen der ASMUS_green-Analyse soll ein multiklimatischer Ansatz gefahren werden. Straßenräume und VerkehrsteilnehmerInnen unterliegen in der Realität verschiedenen klimatischen Wirkkomplexen. Beispiele für solche Parameter sind urbaner Hitzestress oder Windkomfort. Es gilt, das „Zusammendenken“ dieser Wirkkomplexe voranzutreiben, da dies im Planungsalltag bislang allzu oft sowohl auf der Wirkebene als auch auf der Maßnahmenebene getrennt voneinander und damit im integrativen Sinne unzureichend betrachtet wird.

Vorgehen

Zur Analyse der mikroklimatischen Auswirkungen durch bauliche Veränderungen sowie durch ergänzende Maßnahmen werden zu Beginn eine Ausgangsituation sowie ein Planzustand des Straßenraums definiert. Die Ausgangssituation beschreibt das derzeitige Erscheinungsbild des zu betrachtenden Straßenabschnitts, der Planzustand beinhaltet die modifizierte Straßenraumgestaltung. Die Differenz der beiden Situationen beschreibt die Wirkung der grauen und blau-grünen Straßenraumentwürfe.

Über den ursprünglichen Projektplan hinausreichend wird ein zweistufiges Analyse-Verfahren angestrebt:

1. Zur Ableitung konkreter Maßnahmen für eine nachhaltige Straßenraumgestaltung werden zum einen reale Straßenräume betrachtet. Dabei werden aktuelle Planungskonzepte für verschiedene Straßenabschnitte hinsichtlich ihrer multiklimatischen Wirksamkeit untersucht. Die Entscheidung, welche Straßenräume im Rahmen des Moduls betrachtet werden, erfolgt auf Basis der gesammelten Entwurfskonzepte. Auf diese Weise können möglichst unterschiedliche Entwürfe berücksichtigt und die Modellanalyse auf die individuellen Anforderungen des jeweiligen Straßenraums angepasst werden.
2. Unabhängig von der Betrachtung der realen Straßenräume wird eine Modellstraße entwickelt. Dabei wird ein abstrahierter Straßenabschnitt gestaltet, in den die verschiedenen BGS-Elemente integriert werden können. Darüber hinaus kann durch Variation von Straßenquerschnitt und Straßenausrichtung der Einfluss der Straßengeometrie auf die Maßnahmenwirkung verdeutlicht werden. Jegliche Einflussfaktoren können dabei flexibel an- oder ausgeschaltet werden. Da für jede Kombination eine eigene Simulation durchgeführt wird, kann jedes BGS-Element isoliert betrachtet und eine eigenständige Wirkungsanalyse durchgeführt werden. Daraus ergibt sich eine umfangreiche und detaillierte Analyse ausgewählter BGS-Elemente, wie sie in einem realen Straßenraum nicht möglich wäre.

2.7.3 Aktueller Stand und Ausblick

Zurzeit erfolgt die Validierung des Modells ASMUS_green mit Hilfe der Evapotranspirations-Daten der TU Berlin (Kapitel 2.4). Da die Validierung noch nicht beendet ist und aktuell noch keine vollständigen Konzepte zu realen Straßenraumentwürfen vorliegen, wird der Analyse der Ausgangs- und Plansituation für die verschiedenen realen Straßenräume eine beispielhafte mikroskalige Analyse vorgezogen. Diese wird derzeit für ein Untersuchungsgebiet an der Königstraße in Hamburg durchgeführt (Kapitel 2.10.2). Die daraus hervorgehenden Ergebnisse bieten eine erste Diskussionsgrundlage für alle ProjektpartnerInnen und machen den Ablauf der Modell-Analyse somit greifbarer. Die Eingangsdaten für den Untersuchungsraum wurden bereits beschafft und werden derzeit für die Modellierung aufbereitet.

Im kommenden Arbeitsschritt wird der Ansatz der Modellstraße weiterentwickelt. Nach interner Abstimmung werden sich die Querschnitte an einer Verbindungsstraße und einer Quartiersstraße (vgl. „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06, 2006)) orientieren. Eine Verbindungsstraße wird durch gemischte Bebauungsformen mit mittlerer bis geringer Dichte, in denen als Nutzung Wohnen und Gewerbe vorherrscht, charakterisiert. Dabei können die Abschnitte unterschiedlicher städtebaulicher Charakteristik unterliegen. Besondere Nutzungsansprüche haben insbesondere der Radverkehr sowie der ÖPNV. Eine Quartiersstraße zeichnet sich durch eine geschlossene und dichte Bebauung aus. Typischerweise ist eine gemischte Nutzung aus Wohnen, Gewerbe und Dienstleistung vorhanden. Im Unterschied zur Verbindungsstraße haben insbesondere der Fußgängerlängsverkehr und das Parken besondere Nutzungsansprüche. Mit der Auswahl dieser typischen Entwurfssituationen soll eine hohe Bandbreite an Straßenquerschnitten, wie sie häufig im städtischen Raum vorkommen, gewährleistet werden.

Die Herausforderung in diesem Arbeitsschritt ist, ein geeignetes Konzept für die Gestaltung der Modellstraße sowie für die Auswahl und Anordnung der Gestaltungselemente zu entwickeln. Ziel ist, eine Aussage über die Wirkung der BGS-Elemente unter verschiedenen Rahmenbedingungen zu treffen. Die Ergebnisse sollten in reale Situationen übertragbar sein. Des Weiteren ist eine Strategie für die Auswertung zu entwickeln, die einen Vergleich der umfangreichen Simulationsergebnisse ermöglicht.

Das Konzept „Modellstraße“ erlaubt also einen differenzierten Blick auf die verschiedenen BGS-Elemente. Es wird angestrebt, diese Erkenntnisse in die Toolbox (Kapitel 2.10) einzubringen und somit hilfreiche Informationen für zukünftige Planungsvorhaben bereitzustellen.

Literatur Kapitel 2.7

Gross, G. (2012): Effects of different vegetation on temperature in an urban building environment. Micro-scale numerical experiments, Meteorologische Zeitschrift Vol. 21, No. 4, 399-412.

Günther, R. (2014): Methoden zur Abschätzung der thermischen Belastung und des Potentials von Maßnahmen - eine Fallstudie für Berlin, Poster, METTOOLS IX, 17.-19.03.2015, Offenbach

RASt 06 2006: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2006, 2006, Köln.

2.8 Erweiterte ökonomische Bewertung (M. 2.2)

Autoren: Jesko Hirschfeld, Gilles Jean-Louis

Konzeption eines erweiterten ökonomischen Bewertungsrahmens

Zunächst wurden die für BGS zentralen Kosten- und Nutzenpositionen identifiziert und mit den ProjektpartnerInnen besprochen. Diese Werte sollen im weiteren Verlauf der Projektarbeit in einer erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigt sowie in eine Toolbox integriert werden. Neben den konventionell betrachteten Kosten und Nutzen sollen auch diejenigen in eine erweiterte ökonomische Bewertung mit aufgenommen werden, die durch eine Veränderung der durch BGS beeinflussten Ökosystemleistungen (ÖSL) bedingt sind. Wie sich die Ausprägungen dieser ÖSL im konkreten Einzelfall gestalten, hängt vom Umfang der Umsetzung einzelner BGS-Elemente ab. Möglichkeiten und Methoden zur Bewertung und Monetarisierung der im Projekt zu betrachtenden ÖSL wurden zusammengetragen und werden im Folgenden erläutert.

Wasserrückhalt

Mit der zunehmenden Versiegelung von Siedlungsgebieten weicht auch der Wasserhaushalt urbaner Flächen immer mehr vom natürlichen Wasserhaushalt ab. Durch die verminderte Versickerungsfähigkeit urbaner Böden wird die regulative ÖSL „Wasserrückhalt“ negativ beeinflusst. Dies führt in Zeiten des Klimawandels, in denen immer häufiger Extremwetterereignisse auftreten (vgl. Coumou & Rahmstorf, 2012; Rahmstorf & Coumou, 2011), zu einer steigenden Gefahr von Überflutungsereignissen, die auch volkswirtschaftliche Kosten mit sich bringen. Der Wert der ÖSL Wasserrückhalt kann folglich u.a. am zu erwartenden Schaden, der durch Wasserüberstau potentiell hervorgerufen wird, quantifiziert und monetarisiert werden.

Eine Alternative zur Bewertung des Wasserrückhalts bietet die Ersatzkostenmethode, bei der diejenigen Kosten zur Bewertung der ÖSL herangezogen werden, die z.B. durch eine technische Substituierung entstehen würden. Im konkreten Fall können Kosten verwendet werden, die ansonsten für den Bau zusätzlicher Wasserrückhalterräume benötigt würden, um den Regenwasserabfluss zu regulieren (vgl. Brombach et al., 2013). Da die entsprechenden Kosten, die durch den Bau und die Unterhaltung von Regenwasserrückhalteanlagen entstehen, je nach Kapazität, Bauweise und Lebensdauer variieren, müssen für eine einheitliche Anwendung der Ersatzkostenmethode Annahmen getroffen werden, die auf Mittelwerten beruhen. Als Ergebnis können dann Kosten ermittelt werden, die durch den nicht benötigten zusätzlichen Bau von Rückhalteanlagen pro Jahr und Kubikmeter vermieden werden können.

Schadstoffrückhalt

Die Straßenraumgestaltung kann sich nicht nur auf die Mengen, sondern auch wesentlich auf die Qualität anfallenden Wassers auswirken. Die Bewirtschaftung von Straßenabwässern muss daher immer auch die Schadstoffe berücksichtigen, die darin enthalten sind. Um Umweltschäden durch Schmutzfrachten zu vermeiden, können Straßenabwasserbehandlungsanlagen zum Einsatz kommen – in der Regel werden die über die Kanalisation abgeleiteten Straßenabwässer in den angeschlossenen Kläranlagen behandelt. Dies ist jedoch nicht der Fall, wenn Starkregenereignisse zur Überlastung der vorhandenen Mischkanalisation führen. Zu den relevanten und z.T. auch toxischen

Schadstoffen in Straßenabwässern zählen u.a. Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) und Nährstoffe wie Phosphat und Stickstoff (vgl. Gutmann, 2010). Der Nutzen des Einsatzes von BGS-Elementen, mit denen der Rückhalt von Schadstoffen aus den Straßenabwässern erreicht werden kann, liegt zum einen in der Vermeidung ökologischer Schäden in den Vorflutern beim gegenwärtigen Ausbauzustand der Kanalsysteme bzw. in den Einsparungen beim Ausbau der Kanalsysteme und Kläranlagen, da diese durch die BGS-Elemente von definierten Mengen von Straßenabwässern entlastet werden können.

Stadtklima

Ein weiteres Problem, das zum einen durch die zunehmende Versiegelung, zum anderen durch häufiger auftretende Trocken- und Hitzeperioden in urbanen Räumen begünstigt wird, ist der „Heat-Island-Effekt“. Mangelt es an Stadtgrün, das durch die Verdunstung von Wasser und das Spenden von Schatten Hitzeereignissen entgegenwirkt, verstärkt dies das Aufheizen urbaner Gebiete (vgl. z.B. Block et al., 2012).

So können Hitzewellen zu einem erhöhten Stromverbrauch führen, wenn technische Anlagen zur Temperaturregulierung (Klimaanlagen) in der Folge mehr leisten müssen. Dies wiederrum führt zu zusätzlichen Stromkosten. Diese Art der technischen Substituierung lässt sich im Rahmen des ÖSL-Ansatzes ebenfalls der Ersatzkostenmethode zuordnen und bietet eine Möglichkeit, die entsprechende ÖSL Stadtklimaregulierung zu bewerten.

Durch den zunehmenden Hitzestress werden StadtbewohnerInnen direkt beeinträchtigt, was zu einem Verlust an Arbeitsproduktivität führen kann (vgl. Lin et al. 2009; Kjellstrom et al., 2009; Hayhoe et al., 2010; Scherer at al., 2014; Day et al., 2019). Die daraus resultierenden volkswirtschaftlichen Kosten wurden im Rahmen verschiedener Forschungsarbeiten bereits in Form von temperaturabhängigen Produktivitätsfunktionen dargestellt (Seppanen et al., 2004). Diese können als eine mögliche Herangehensweise angesehen werden, um den Wert eines verbesserten Stadtklimas mit Hilfe vermiedener Schadenskosten zu beziffern. Weiterhin fördern extreme Hitzeereignisse die Ausprägung hitzebezogener Krankheiten (vgl. ten Brink et al., 2016). Die zu erwartenden Gesundheitskosten lassen sich durch entsprechende Statistiken schätzen. Folglich können auch mit Hilfe dieser Methode vermiedene Schadenskosten berechnet werden. Am verheerendsten können sich extreme Hitzeereignisse jedoch bemerkbar machen, wenn nicht nur die Zahl der Erkrankungen, sondern auch die dadurch bedingte Mortalitätsrate der Bevölkerung ansteigt. Auch hier existieren Daten aus der empirischen Forschung, die einen Zusammenhang zwischen Temperaturanstieg und Hitzetoten herstellen (vgl. Karlsson & Ziebarth, 2016). Mit Hilfe dieser Daten könnte somit auch im Rahmen von BGS ermittelt werden, wie viele verfrühte Hitzetode durch ein verbessertes Mikroklima verhindert werden könnten. Einige WissenschaftlerInnen wie Desaigues et al. (2011) erheben Zahlungsbereitschaften für ein zusätzliches Lebensjahr, wodurch eine Berechnung der Kosten der Verluste von Lebensjahren möglich erscheint. Das Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) lehnt eine Monetarisierung von Menschenleben aus methodischen und ethischen Gesichtspunkten ab, weshalb die Anwendung dieser Ansätze hier nicht in Erwägung gezogen wird.

Im Zuge eines Workshops zur Maßnahmenkonkretisierung am 04.11.2019 wurde seitens des IÖW bereits geäußert, dass durch BGS-Elemente erreichbare Temperaturdifferenzen in „Degree Hours“ ein geeigneter Indikator zur Abbildung der Änderungen des Stadtklimas und für eine daran anknüpfende Monetarisierung wäre. Damit hat das IÖW in Zusammenarbeit mit dem Potsdam Institut für Klimafolgenforschung und der Abteilung Klimageographie des Geographischen Instituts der Humboldt-Universität Berlin im BMBF-Projekt „Stadtgrün wertschätzen“ bereits gute Erfahrungen gesammelt.

Kulturelle Ökosystemleistungen des Straßenraums

Neben den zuvor genannten regulierenden ÖSL soll im Projekt auch untersucht werden, welchen Einfluss das veränderte Straßen- bzw. Stadtbild auf den Nutzen der Bevölkerung hat. Kulturelle ÖSL beschreiben u.a. einen Nutzen, der auf ästhetischer und intrinsischer Wertschätzung der Menschen basiert. Dieser Wert kann im Falle des Straßenraums von mehreren Faktoren abhängig sein, die sich z.T. gegenseitig bedingen. Straßenbäume und andere Maßnahmen zur Verbesserung grüner

Infrastrukturen haben einen Einfluss auf das Straßenbild, deren Wertschätzung durch die Bevölkerung sich in erhöhten Zahlungsbereitschaften für die entsprechenden Begrünungsmaßnahmen abbilden lässt (vgl. z.B. Hirschfeld et al., 2019; Mell et al., 2013).

Durch Veränderungen des Straßenbildes kann sich die Aufenthaltsqualität und der damit verbundene Erholungsnutzen eines Straßenraums ändern. Zusätzlich zu den eher ästhetisch zu verortenden Nutzenänderungen, welche durch BGS-Elemente anzunehmen sind, kommen noch Veränderungen hinzu, die sich auf den Verwendungszweck und die unmittelbare Nutzung des Straßenraums beziehen und NutzerInnen somit direkt besser- oder schlechterstellen können. Temporäre abschnittsweise Überflutungen von Teilen des Straßenraums können zum einen dazu führen, dass Grundstücke oder andere Flächen von Überflutungen verschont bleiben. Andererseits werden VerkehrsteilnehmerInnnen, durch die eingeschränkte Nutzungsmöglichkeit der Straße als Verkehrsinfrastruktur, beeinträchtigt.

Weitere Nutzungsansprüche, die sich durch Elemente und Entwürfe der BGS im Vergleich zu konventionellen Straßen verändern können, betreffen die Ausstattung des Straßenraums mit Parkplätzen, Radwegen und Möblierung. Auch hier sind Besser- und Schlechterstellungen von bestimmten NutzerInnengruppen (FußgängerInnen, FahrradfahrerInnen, AutofahrerInnen) je nach Ausgestaltung der BGS anzunehmen.

Um Präferenzen und gegebenenfalls auch Zahlungsbereitschaften für die kulturellen ÖSL und deren assoziierten Nutzen zu schätzen, bietet sich die Methode des „Discrete Choice Experiments“ an, die zu den Methoden zur Erfassung geäußerter Präferenzen (stated preferences) zählt (vgl. Louviere et al., 2000). Im Rahmen des Projekts soll hierzu eine repräsentative Befragung der Bevölkerung durchgeführt werden, bei der sich die einzelnen Befragten zwischen verschiedenen Straßenraumentwürfen entscheiden müssen, die sich in bestimmten Merkmalen unterscheiden (u.a. Anzahl der Bäume oder Grad der Begrünung). Unter der Annahme, dass die Gesamtheit der einzelnen Merkmale einen Einfluss auf die Entscheidung für bzw. gegen eine Alternative hat, können mit Hilfe statistischer Modelle Präferenzen und Zahlungsbereitschaften berechnet werden. Durch die Abfrage soziodemografischer Eigenschaften der zu Befragenden kann außerdem der Einfluss von bestimmten Gruppenzugehörigkeiten auf die Präferenzen abgeleitet werden. Dies ist gerade im Hinblick auf die schon angesprochenen unterschiedlichen Nutzungsansprüche verschiedener Interessensgruppen von großem Interesse.

Synthese in Form einer Maßnahmen-Bewertungs-Matrix

Im Rahmen des Workshops zur erweiterten ökonomischen Bewertung am 04.11.2019 wurde auf Initiative des IÖW das Konzept einer Bewertungsmatrix vorgeschlagen und diskutiert, welche die Kosten und Nutzen der einzelnen BGS-Pilotprojekte (Kapitel 2.10.2) übersichtlich zusammenfassen und bewerten soll. Wie in Tabelle 9 veranschaulicht, kann in einer solchen Matrix zunächst dargestellt werden, welche BGS-Elemente im Rahmen der jeweiligen Fallbeispiele eine Rolle spielen (Spalte Toolbox) und dementsprechend zu bewerten sind. Die quantifizierten Effekte auf die einzelnen ÖSL werden der jeweiligen Maßnahme zugeordnet. Der, je nach Maßnahme erzielte, volkswirtschaftliche Nutzen kann dann jeweils aufsummiert und den Baukosten gegenübergestellt werden. Die aufsummierten Kosten und Nutzen eines Pilotprojekts zeigen den gesamtgesellschaftlichen Netto-Nutzenzuwachs, der mit einem Maßnahmenbündel erzielt werden kann.

Tabelle 9 Beispiel für eine Maßnahmen-Bewertungs-Matrix zur Bewertung der Pilotprojekte, Quelle: BGS, IÖW.

							Effekte auf Ökosystemleistungen					
Ziel					**Maßnahmen-Toolbox**	**Fallbeispiel**	**Wasser-rückhalt**	**Schad-stoffrück-halt**	**Mikro-klima**	**Straßen-bild**	**∑ Nutzen**	**∑ Kosten**
Retention	Abwasserreinigung	Verdunstung	Verschattung	Aufenthaltsqualität		**A:** *Muster***straße in** *Zukunfts-***stadt** (auf 500m)	m³	kg	Differenz K	€ WTP* p.a.	€ p.a.	€ p.a. (bei x Jahren Lebens-dauer)
x	x	x	x	x	Baumrigolen Typ I-X	10 Stück	60	6	-0,8	2.000	2.700	2.500
x	x	x		x	Pflanzkästen mit Rigolen	20 Stück	40	2	-0,1	1.000	1.200	1.000
x	x				Versickerungselemente	-						
x	x				Flutmulde in Grünanlage	-						
x					Überflutbarer Straßenab-schnitt	-						
x		x	x	x	Alleen pflanzen	20 Bäume	40	12	-0,6	4.000	4.800	3.000
x	x	x		x	Grünstreifen im Straßen-raum	-						
x	x	x		x	Urban Wetlands	-						
x		x			Dachbegrünung	-						
		x	x	x	Fassadenbegrünung	-						
		x			Bewässerung	Bewässert			-0,2		800	600
		x			Straßenreinigung (nass)	-						
Gesamtbewertung											9.500	7.100

*WTP: Willingness to pay (Zahlungsbereitschaft), ermittelt über Befragungsstudie.

Literatur Kapitel 2.8

Block, Annie Hunter, Stephen J. Livesley, and Nicholas SG Williams. *"Responding to the urban heat island: a review of the potential of green infrastructure."* Victorian Centre forClimate Change Adaptation Research Melbourne (2012).

Brombach, Hansjörg, Jüpner, Robert, Müller, Uwe, Patt, Heinz, Richwien, Werner, Vogt, Reinhard (2013). *Hochwasserschutzmaßnahmen.* In: Patt, Heinz, Jüpner, Robert (Hrsg.) (2013). Hochwasser-Handbuch. Auswirkungen und Schutz, 2. Neu bearbeitete Auflage. Berlin/Heidelberg, S. 519-443.

Coumou, Dim, and Stefan Rahmstorf. *"A decade of weather extremes."* Nature climate change 2.7 (2012): 491-496.

Day, Ed/Frankhauser, Sam/Kingsmill, Nick/Costa, Hélia, Mavrogianni, Anna (2019). *Upholding Labour Productivity under Climate Change. An Assessment of Adaption Options.* In: Climate Policy 19(3). S. 367-385.

Desaigues, B., Ami, D., Bartczak, A., Braun-Kohlová, M., Chilton, S., Czajkowski, M., ... & Kaderjak, P. (2011). Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY). Ecological indicators, 11(3), 902-910.

Gutmann, Martin. *"Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwaesserungs-systemen, Oekobilanzierung."* (2010).

Hayhoe, Katharine/Sheridan, Scott/Kalkstein, Laurence/Greene, Scott (2010). Climate Change, Heat Waves, and Mortality Projections for Chicago. In: Journal of Great Lakes Research 36(Suppl. 2). S. 65-73.

Hirschfeld, Jesko, et al. *"Stadtgrün wertschätzen! Städte können vom Ausbau der Grünflächen ökologisch, ökonomisch und sozial profitieren."* GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society 28.4 (2019): 392-393.

Karlsson, Martin, and Nicolas R. Ziebarth. *"Population health effects and health-related costs of extreme temperatures: Comprehensive evidence from Germany."* Journal of Environmental Economics and Management 91 (2018): 93-117.

Kjellstrom, Tord/Holmer, Ingvar/Lemke, Bruno (2009). *Workplace Heat Stress, Health and Productivity. An Inceasing Challenge for Low and Middle-Income Countries During Climate Change.* In: Global Health Action 2. S.

Lin, Shao/Lui, Ming/Walker, Randi J./Liu, Xiu/Hwang, Syni-An/Chinery, Robert (2009). *Extreme High Temperatures and Hospital Admissions for Respiratory and Cardiovascular Diseases.* In: Epidemiology 20(5=. S. 738-746.

Louviere, Jordan J., David A. Hensher, and Joffre D. Swait. Stated choice methods: analysis and applications. Cambridge university press, 2000.

Mell, Ian C., et al. *"Promoting urban greening: Valuing the development of green infrastructure investments in the urban core of Manchester, UK."* Urban forestry & urban greening 12.3 (2013): 296-306.

ten Brink, Patrick, et al. *"The health and social benefits of nature and biodiversity protection."* A report for the European Commission (ENV. B. 3/ETU/2014/0039). London/Brussels: Institute of European Environmental Policy (2016).

Hayhoe, Katharine/Sheridan, Scott/Kalkstein, Laurence/Greene, Scott (2010). *Climate Change, Heat Waves, and Mortality Projections for Chicago*. In: Journal of Great Lakes Research 36(Suppl. 2). S. 65-73.

Rahmstorf, Stefan, and Dim Coumou. *"Increase of extreme events in a warming world."* Proceedings of the National Academy of Sciences 108.44 (2011): 17905-17909.

Scherer, Dieter, et al. *"Quantification of heat-stress related mortality hazard, vulnerability and risk in Berlin, Germany."* DIE ERDE–Journal of the Geographical Society of Berlin 144.3-4 (2013): 238-259.

Seppanen, Olli, William J. Fisk, and David Faulkner. *"Control of temperature for health and productivity in offices."* (2004).

2.9 Bewertungs- und Nachweistool für Wasser- und Stoffströme (*M. 2.3*)

Autoren: Harald Sommer, Matthias Pallasch, Nicolas Neidhart

Ziel eines Bewertungs- und Nachweistools von Visualisierungsansätzen

Die Vermittlung multicodierter Konzepte stellt in Planungsprozessen immer eine Herausforderung dar. Die PlanerInnen müssen sich unterschiedlichster Methoden, Materialien und technischen Hilfsmitteln bedienen, um ihre Planung zu kommunizieren und verständlich darzustellen. Über den Weg von Visualisierungen können im Vergleich zur wörtlichen Beschreibung, deutlich mehr Informationen in kurzer Zeit und mit wenig Aufwand seitens der EmpfängerInnen transportiert werden. Üblicherweise werden die Methoden und Materialen je nach Planungsphase und Zielpublikum gewählt. Gerade für blau-grüne Maßnahmen, mit denen auch eine gestalterische Aufwertung von Freiräumen einhergehen kann, bietet sich eine visuelle Kommunikation an.

Insbesondere die Darstellung multicodierter Flächennutzungen stellt sich als Herausforderung dar, welche mit den gängigen zweidimensionalen Visualisierungsmitteln (Pläne, Karten) oft nicht zu bewerkstelligen ist.

Kommunikationsdesign stellt ein eigenständiges Handlungs- und Forschungsfeld dar (vgl. Gwilt and Williams 2011). Das Modul 2.3 verfolgt keine Ziele der Grundlagenforschung des Kommunikationsdesigns, sondern folgt dem Ansatz des Reallabors. Es werden die nach aktuellem Stand der Technik bekannten Visualisierungsmöglichkeiten dargestellt und auf ihre Potenziale zur Abbildung von Szenarien geprüft. Hierbei steht die Darstellung zukünftiger Wasser- und Stoffströme als ein wesentlicher Aspekt blau-grüner Maßnahmen im Vordergrund.

Die Güte einer Planung im Straßenraum sollte stets anhand des zugrundeliegenden Konzepts und der Erfüllung von Planungszielen bewertet werden. Gute Visualisierung ist ein Werkzeug zur Kommunikation komplexer planerischer Sachverhalte und sollte nicht inhaltliche Defizite kaschieren. Daher wird angestrebt, im Rahmen von BGS mit dem Bewertungs- und Nachweistool ein Werkzeug zu schaffen, welches bereits in der Phase der frühen Konzeption einer Straßenplanung wesentliche wasserwirtschaftliche, stadtklimatische und stadtplanerische Belange qualifizieren soll. Das Tool soll somit in der Lage sein, maßgebliche Planungskriterien zu quantifizieren und die Ergebnisse für die Nutzung von Visualisierungstechniken, welche den Anforderung von BGS besonders dienlich sind, zur Verfügung zu stellen. Dafür eignen sich insbesondere die Fallstudien des Moduls 2.5 (Kapitel 2.10.2).

Die konkrete Ausgestaltung des Nachweistools ist nicht vordefiniert, sondern das Ergebnis eines Diskussionsprozesses mit ForschungspartnerInnen und potentiellen AnwenderInnen auf Seiten der kommunalen PartnerInnen. Im ständigen Austausch werden somit der reale Bedarf und die konkreten Anforderungen an ein solches Tool mit in die Entwicklung integriert.

Das Nachweis- und Bemessungstool soll enge Schnittstellen mit der BGS-Toolbox erhalten. So ist angestrebt, die BGS-Regelquerschnitte soweit räumlich zu standardisieren, dass sie in dem Nachweistool individuell mit den BGS-Elementen der Toolbox gestaltet werden können. Somit können erste Planungskriterien, wie z.B. die Wasserbilanz oder das Maß der Abkopplung, bestimmt werden. Es ist zudem geplant, mikroklimatische Größen (z.B. Kühlpotential aufgrund von Verschattung) mit zu integrieren. Hierzu ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Modul 1.7 (Mikroklimatische Auswirkungen) geplant.

Status Quo

Die Digitalisierung ist mittlerweile so weit vorangeschritten, dass die meisten Visualisierungen im Planungsverlauf aus Beispielfotos, Projektionen oder CAD(computer-aided design)-Plänen bestehen, von schnellen Bleistiftskizzen im Konzeptstadium abgesehen. Anhang 3 stellt die aktuell in Planungen üblichen Visualisierungsmethoden in der Übersicht dar, die sich in den letzten Jahren etabliert haben. Ergänzend sind neue Methoden aufgeführt wie 360-Grad, Virtual Reality (VR) oder Augmented Reality (AR), die im Rahmen des BGS-Projekts untersucht und eingesetzt werden. Die

Methoden sind nach Planungsphasen zusammengefasst und kurz textlich beschrieben. Die notwendigen Programme und die notwendige Hardware für die Anwendung der Visualisierungsmethoden sind aufgeführt und nach dem generellen Aufwand der Erstellung bewertet.

Ausblick

Das Nachweis- und Bemessungstool zielt auf eine inhaltliche Qualifizierung von Konzepten zu blaugrünen Straßenraumentwürfen. Nicht zuletzt aufgrund der individuellen Form-, Bild- und Farbsprache von Straßen- und insbesondere Freiraumplanern soll das Tool keine eigene Visualisierung erzeugen. Es sollen jedoch Exportformate geschaffen werden (z.B. dxf-Dateien), welche die Nutzung in konventionellen Visualisierungsprogrammen (Vektorworks, AutoCAD) ermöglichen. Zudem soll eruiert werden, welche Exportformate für die Nutzung mit neuartigen Visualisierungstechniken notwendig sind.

Auf Grundlage der zum jetzigen Zeitpunkt bekannten Visualisierungstechniken (vgl. Anhang 3) wird mit den PartnerInnen (Planungsbüros, Kommunen) im Dialog erarbeitet, wie die aufgeführten Methoden hinsichtlich Aufwand und Nutzen zu bewerten sind. Die aktuelle Auflistung ist nicht abschließend, in den Gesprächen wird die Tabelle fortlaufend ergänzt. Das Ergebnis der Gespräche wird ausgewertet und beispielhaft in Bezug auf die Modellquartiere umgesetzt. Einige der aufgeführten Methoden werden mit Beispielen hinterlegt. Hier zeigt sich jedoch die Herausforderung, dass neuartige Medien wie 360-Grad-Videos, VR-Präsentationen und AR-Inhalte nicht in die Form eines Berichts gezwängt werden können. Sie zeichnen sich gerade dadurch aus, dass man sie nicht ausdrucken und blättern kann, sondern dass die Planung durch diese Methoden erlebbar gemacht wird.

Die Nutzung dieser Techniken und die zukünftige Arbeit mit den Medien im weiteren Verlauf von BGS wird zeigen, in welcher Form dieser neue Inhalt zugänglich gemacht werden kann. Die 360-Grad-Videos können zum Beispiel über die Website oder YouTube bereitgestellt und ein 3D-PDF angehängt werden. Nicht zuletzt durch die im Zuge der Corona-Epidemie aufkommende Diskussion zu neuen Formen der Prozesskommunikation (Video-Konferenzen, etc.) erlangt die Nutzung solcher digitalen Formate an Bedeutung.

Zusammenfassung

Im Modul 2.3 „Bewertungs- und Nachweistool für Wasser- und Stoffströme“ soll ein Werkzeug für die inhaltliche Qualifizierung (Wasserwirtschaft und Stadtklima) von Konzepten geschaffen werden. Dieses Werkzeug soll Übergabeschnittstellen zu konventionellen und neuen Visualisierungsprogrammen beinhalten. Somit sollen die Effekte blau-grüner Planungen möglichst frühzeitig im Planungsprozess sichtbar gemacht werden können. Insbesondere multicodierte Flächennutzungen sollen auf diesem Wege sichtbar gemacht werden und EntscheiderInnen sowie involvierte Planungsakteure bei der Abwägung zwischen verschiedenen Planungsoptionen unterstützen. Als Testanwendung gelten die einzelnen Pilotprojekte aus dem Modul 2.5.

Literatur Kapitel 2.9

Gwilt, I.; Williams, J. (2011): *Framing Futures for Visual Communication design research*. Design principles and practices 5(5). S.81-98, DOI 10.18848/1833-1874/CGP/v05i05/38209

2.10 Multicodierter Straßenraumentwurf (M. 2.1 & 2.5)

AutorInnen: Carlo Becker, Lena Flamm, Sven Hübner, Wolfgang Dickhaut, Lena Knoop, Tomke Voß, Jochen Eckart, Jonas Fesser

Der Klimawandel ist ein globales Phänomen, welches auf kommunaler Ebene spezifische Herausforderungen mit sich bringt. Ein wichtiger Bestandteil von BGS ist es daher, gemeinsam mit kommunalen PartnerInnen BGS-Lösungen vor Ort zu entwickeln, zu diskutieren und zu planen. Dabei werden prozessbegleitend die Erkenntnisse aus den projektinternen Fachmodulen (Module 1.2-1.7) in den Planungsprozess konkreter Straßenbauprojekte in Berlin, Bochum, Bremen, Hamburg, Neuenhagen bei Berlin und Solingen eingebracht. Konflikte, Machbarkeiten und Synergien zu anderen Belangen wie z.B. die Führung des Radverkehrs, Fragen der Zuständigkeiten und Prozessabläufe werden dabei herausgearbeitet.

Als weiteres Projektergebnis innerhalb von BGS wird eine Planungshilfe mit exemplarischen Lösungen zu den blau-grünen Zielen erarbeitet. Dafür werden basierend auf den Erkenntnissen in den Pilotprojekten Regelentwürfe erarbeitet und diese gemeinsam mit der Beschreibung der BGS-Elemente in einer Toolbox zusammengefasst (Kapitel 2.10.3).

Im Folgenden werden unter Einbeziehung der Experteninterviews zum einen wichtige Rahmenbedingungen sowie Herausforderungen für die Gestaltung multifunktionaler Straßenräume aufgezeigt. Zum anderen werden die BGS-Pilotprojekte vorgestellt (Kapitel 2.10.2).

Die Multicodierung des Straßenraums wird von vielen Befragten als wichtiges Thema für die Bewältigung gegenwärtiger und künftiger Herausforderungen in den Städten angesehen (vgl. Interview 4, 5). Sie gewinne zunehmend an Bedeutung (vgl. Interview 7). Für andere ist die multifunktionale Nutzung momentan noch kein Thema, das diskutiert werde (vgl. Interview 9).

Die Straße der Zukunft sollte ein Lebensraum sein, in dem man sich gerne aufhalte (vgl. Interview 13). Sie müsse zukünftig mehr Funktionen gerecht werden (Wasserwirtschaft, Mobilitätsangebote, Aufenthaltsqualität) (vgl. Interview 16). Straßen könnten dabei selbst zu Orten der Abkühlung und des Aufenthalts für StadtbewohnerInnen in Hitze-Hotspot-Gebieten werden (vgl. Interview 20). Eine befragte Person gibt zu bedenken, dass bei der blau-grünen Gestaltung von Straßenräumen nach Straßenklassen differenziert werden sollte. Es bestünden unterschiedliche Anforderungen (vgl. Interview 13). Die Aufenthaltsqualität solle da entwickelt werden, wo es sich lohne und nicht an der großen Straße (vgl. Interview 15).

Derzeitig gibt es verschiedene Hemmnisse für die Umsetzung einer Multicodierung im Straßenraum. Zum einen zählen dazu Fragen in Bezug auf Zuständigkeiten für die Kosten der Pflege und Instandhaltung multicodierter Räume. Derzeit erschwerten sektorale Planungen mit eigenem Budget die Finanzierung integrierter Lösungen. Während Gelder für technische Anforderungen mitunter vorhanden seien, fehlten sie für begleitende Maßnahmen zur Erhöhung der Aufenthaltsqualität (vgl. Interview 18).

Die sanierte Straßenfläche decke sich in den meisten Fällen nicht mit dem Wassereinzugsgebiet (vgl. Interview 17). Entwässerungsfragen könnten auch gut in der Grünfläche abgewickelt werden. Rein rechtlich gäbe es dabei jedoch eine Trennung (vgl. Interview 15).

Um multifunktionale Planungen zu realisieren, benötigten Fachplanende Weiterbildungen bzw. Veranstaltungen bereits im Studium, um alle Facetten der Straßenplanungen berücksichtigen zu können (vgl. Interview 17). Unterschiedliche Fachbereiche müssten stärker zusammenfinden. Dies sei jedoch eine Hürde und verursache zusätzlichen Aufwand. Eine übergeordnete Projektsteuerung, welche alle Themen im Blick hat, würde die Umsetzung blau-grüner Infrastrukturen fördern (vgl. Interview 16). Im Grundsatz sei die Berücksichtigung zahlreicher Nutzungsansprüche (Multicodierung) im Straßenraumentwurf bereits in der RASt verankert (vgl. Interview 8).

Auch strukturelle Veränderungen bei den Straßenrealisierungsträgern würden dazu beitragen, mehr BGS-Elemente in die Umsetzung zu bringen. Wasserbau und Straßenbau sollten beispielsweise in einer Einheit zusammensitzen und gemeinsam an Projekten arbeiten (vgl. Interview 17).

Erkenntnisse aus Experteninterviews 4 – Multicodierung, Quelle: BGS, HCU.

Die Umsetzung multicodierter wassersensibler Maßnahmen hängt maßgeblich von der Prozessgestaltung ab. Leitfäden und Wissen über mögliche Elemente und deren technische Beschaffenheit sind vielfach schon vorhanden. Ein Fokus des Projekts sollte daher nicht nur auf Entwurfselementen für BGS liegen, sondern auch auf der Analyse, Gestaltung und dem Wissenstransfer gelingender Prozessabläufe (vgl. Interview 18).

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit aller Beteiligten und eine stärkere Sensibilisierung werden als Erfolgsfaktoren für die Multicodierung gesehen (vgl. Intervierw 4, 20, 21). Die Themenpräsenz und Aufmerksamkeit für die Folgen des Klimawandels nehmen mit zunehmend spürbaren Hitzeeffekten in den Städten zu. Dies sollte von den Kommunen genutzt werden, um mit einer gut gemachten Kommunikations- und Vermittlungskampagne sowie mit Werbung und Marketing nachhaltig für das Thema der blau-grünen Infrastruktur zu sensibilisieren (vgl. Interview 20). Das Thema sollte verstärkt frühzeitig, bereits in den Kindergärten, behandelt werden (vgl. ebd.). Die Beteiligung der AnwohnerInnen bei der Umsetzung von Projekten könne einen großen Mehrwert für die Akzeptanz von Maßnahmen bringen (vgl. Interview 21). Mit einer stetigen und sachlichen Kommunikation könnten viele Bedenken ausgeräumt werden (vgl. Interview 16). Die Kommunikationsstrategie von Kopenhagen kann als Vorbild für BGS herangezogen werden. Beispielprojekte, die Straßen, Plätze und private Hinterhöfe kombinieren, hätten dort positive Wahrnehmensänderungen induziert (z. B. Klimakvarter) (vgl. Interview 21).

Das „Handeln ohne groß darüber zu reden“ wurde als eine erfolgreiche Strategie für die Umsetzung genannt. Als Beispiel wurde die Anlegung eines V-Profils im Straßenraum angeführt, ohne dieses als „Notwasserweg“ auszuweisen (vgl. Interview 18). Gleichzeitig seien die rechtlichen Rahmenbedingungen z.B. bei Fragen der Verkehrssicherungspflicht zu klären (vgl. Interview 6). Pilotprojekte müssten vermehrt durchgeführt werden, damit PlanerInnen Erfahrungen sammeln könnten (vgl. Interview 14, 16). Bei der Planung sollte darauf geachtet werden, dass BGS-Elemente einen geringen Pflegeaufwand haben und langfristig nutzbar sind (vgl. Interview 14). Zugleich wurde die Kommunikation von Kosten als ein Erfolgsfaktor benannt. Eine Betrachtung der Kosten für 1 m^2 Stadtraum könnten als Basis für eine Entscheidung herangezogen werden, was auf diesem Quadratmeter passieren soll (vgl. Interview 21).

Avisierte Großprojekte bieten die Chance, in einem überschaubaren Zeitraum zusammenhängende Straßenräume zu überplanen. Die Verantwortlichen sollten im Vorfeld für BGS-Themen entsprechend sensibilisiert werden (vgl. Interview 13).

Besonders die Transformationsfelder Mobilität – mit einer Verringerung des Gesamt-KfZ-Aufkommens – und Energie böten Chancen für BGS, klimaangepasste Straßen „im Huckepack“ zu realisieren (vgl. Interview 15, 18). Die Parkraumbewirtschaftung werde in anderen Ländern wie beispielsweise Dänemark ernster genommen (vgl. Interview 21).

Erkenntnisse aus Experteninterviews 5 – Erfolgsfaktoren für Multicodierung, Quelle: BGS, HCU & bgmr.

2.10.1 Rahmenbedingungen der Gestaltung multifunktionaler Straßenräume

Wasserwirtschaft

Das deutsche Wasserrecht regelt die nachhaltige Bewirtschaftung für einen guten Gewässerzustand der Oberflächengewässer und des Grundwassers (vgl. RISA, 2015: 43). Dabei umfasst es Gesetze und Regelungen, in denen die genannten Herausforderungen in der Novellierung berücksichtigt wurden. Eine Aufführung und Beschreibung von einigen rechtlichen Rahmenbedingungen findet sich im „Strukturplan Regenwasser 2030“ in dem Kapitel „Rechtliche und Normative Rahmenbedingungen“ (vgl. RISA, 2015: 43-65).

EU Wasserrahmenrichtlinie

Die im Dezember 2000 in Kraft getretene Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) schafft einen Ordnungsrahmen für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Sie verfolgt dabei einen innovativen Ansatz der nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung. Das Ziel ist der Schutz der Binnenoberflächengewässer, Übergangsgewässer, Küstengewässer und des Grundwassers (vgl. EG-WRRL, 2000: Artikel 1). Wichtige Bestandsteile sind das Verschlechterungsgebot sowie Schutz und Verbesserung aller Gewässer, das Erreichen eines guten ökologischen und chemischen Zustands der Oberflächengewässer und des Grundwassers (vgl. EG-WRRL, 2000: Artikel 4). Somit haben alle Mitgliedstaaten Sorge zu tragen, dass Einleitungen in Oberflächengewässer im Hinblick auf die Emissionen und Immissionen unter Zuhilfenahme der besten verfügbaren Technologien begrenzt werden.

Wasserhaushaltsgesetz

Nach § 54 Absatz 2 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) wird Niederschlagswasser, das von bebauten oder befestigten Flächen abfließt, als Abwasser definiert. Die Beseitigung des Abwassers darf grundsätzlich das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigen (§ 55 Abs.1 WHG). Ein weiterer Grundsatz der Abwasserbeseitigung lautet:

> *„Niederschlagswasser soll ortsnah versickert, verrieselt oder direkt oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden, soweit dem weder wasserrechtliche, Randbedingungen der Regenwasserbewirtschaftung sonstige öffentlich-rechtliche Vorschriften noch wasserwirtschaftliche Belange entgegen-stehen“ (§ 55 Abs. 2 WHG).*

Die Erlaubnis zum Einleiten von Abwasser in Oberflächengewässer darf nur erteilt werden, wenn *„die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist […]“* (§ 57 Abs.1 WHG). Des Weiteren sind die Paragraphen „Allgemeine Sorgfaltspflichten“ und „Allgemeine Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung“ für die Regenwasserbehandlung zu beachten. Nach § 5 (1) des WHG ist

> *„jede Person […] verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um*
>
> 1. *eine nachteilige Veränderung der Gewässereigenschaften zu vermeiden,*
> 2. *eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers sicherzustellen,*
> 3. *die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten und*
> 4. *eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden“.*

Grundsätzlich sollen Gewässer sich in einem natürlichen oder naturnahen Gewässerzustand befinden oder in diesen zurückgeführt werden. Dabei sind Gewässer nachhaltig zu bewirtschaften, u.a. mit dem Ziel,

> *„2. Beeinträchtigungen auch im Hinblick auf den Wasserhaushalt […] so weit wie möglich auszugleichen, […]*

4. bestehende oder künftige Nutzungsmöglichkeiten insbesondere für die öffentliche Wasserversorgung zu erhalten oder zu schaffen, […]

6. an oberirdischen Gewässern so weit wie möglich natürliche und schadlose Abflussverhältnisse zu gewährleisten und insbesondere durch Rückhaltung des Wassers in der Fläche der Entstehung von nachteiligen Hochwasserfolgen vorzubeugen. […]“

(WHG, 2009: § 6 Absatz 1; Punkt 2,4,6).

Anforderungen an das Einleiten von Abwasser werden in den Abwasserverordnungen festgelegt. Für Niederschlagsabwasser gibt es jedoch – anders als für häusliches Abwasser und zahlreiche andere Spezialabwasser – bislang keinen Anhang und somit keine klaren, gesetzlich bundeseinheitlichen Vorgaben. So wurde auch ein in 2009 hierfür ausgearbeiteter Entwurf nicht in geltendes Recht überführt. Grundlagen von Planung, Bau und Betrieb von Straßenabwasserreinigungsanlagen stellen deshalb die von Fachverbänden wie der Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) erstellten Regelwerke, z.B. mit Planungsmethoden, Bemessungsregeln, Betriebsweisen, etc. dar, mit denen die Einhaltung der allgemeinen gesetzlichen Vorgaben sichergestellt werden soll. Diese können aber keine klaren gesetzlichen Standards als Grundlage verwenden. Hierdurch wird der Widerspruch gestärkt, dass der Gesetzgeber Lösungen für die Straßenabwasserreinigung nach dem Stand der Technik fordern, es aber häufig nur zu der Umsetzung von Lösungen nach den allgemeinen Regeln der Technik kommt, die weit weniger gewässerschutzorientiert sind. Unbefriedigend ist auch, dass es sich aufgrund der beschriebenen Situation ergeben hat, dass in vielen Bundesländern eigene z.T. sehr unterschiedliche Regelungen entstanden sind. (z.B. in Bayern, NRW, Schleswig-Holstein oder Berlin).

Aktuell sind bei der DWA bzgl. stofflichen Anforderungen der Straßenabwassereinleitung das DWA Merkblatt M153 (Trennsystem) und das DWA Arbeitsblatt A128 (Mischsystem) anzuwenden. Weiterhin existiert das Regelwerk BWK M3/M7 und aus Straßenplanungssicht die RAS-EW/RiStWag. Alle Regelwerke stehen aus Gewässerschutzsicht seit Jahren in starker fachlicher Kritik.

Die DWA erarbeitet deshalb gerade das neue Arbeitsblatt „DWA-A 102/ BWK-A 3: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer“, das weiterhin seit 2019 im Gelbdruck vorliegt. Als neue Struktur stellt sich folgendes dar:

- Teil 1: „Allgemeines“ mit grundlegenden Erläuterungen zu den emissions-und immissionsbezogenen Regelungen in den Teilen 2 bis 5 als Arbeitsblatt.
- Teil 2: „Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen für Regenwetterabflüsse in Siedlungen“ als Arbeitsblatt.
- Teil 3: „Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen zur Einleitung von Regenwetterabflüssen in Oberflächengewässer“ als Arbeitsblatt.
- Teil 4: „Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers in Siedlungsgebieten“ als Merkblatt.
- Teil 5: „Hydromorphologischer und biologischer Nachweis im Rahmen des Immissionsnachweises“ als Merkblatt.

Derzeit ist unklar, wann der Arbeitsprozess abgeschlossen sein wird und die Regelungen in der Praxis flächendeckend zur Anwendung kommen. Zahlreiche Kommunen nutzen den Gelbdruck allerdings bereits, um ihre Priorisierungen bei der Planung von Reinigungsanlagen zu strukturieren.

Straßenbau: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt)

Die „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen“ (RASt) aus dem Jahr 2006 bilden das zentrale technische Regelwerk der Verkehrsplanung zur Gestaltung des Straßenraums. Sie zeigen zwölf typische Entwurfssituationen auf und zeigen, unter Angabe der maßgebenden Rahmenbedingungen, Empfehlungen für Straßenraumquerschnitte auf. Neben den Entwurfssituationen enthalten sie einen umfassenden Katalog an Entwurfselementen, welche von den PlanerInnen entsprechend der Platzverhältnisse und Nutzungsansprüche zu einem Straßenraumentwurf zusammengesetzt werden kön-

nen. Sie bieten den PlanerInnen damit zwei Herangehensweisen zur Erstellung ihrer Straßenraumentwürfe. Dies sind zum einen der geführte Entwurfsvorgang mit der Einordnung der Entwurfsaufgabe in eine der zwölf typischen Entwurfssituationen und zum anderen der individuelle Entwurfsvorgang, bei dem entsprechend der jeweiligen städtebaulichen Bemessung mit straßenraumspezifischen Nutzungsansprüchen die Auswahl und Kombination geeigneter Entwurfselemente erfolgt. Die RASt bieten den PlanerInnen somit eine Hilfestellung bei der Einteilung des Straßenraums bzw. für die Planung und den Entwurf von Stadtstraßen.

Die vielfältigen Nutzungsansprüche, welche sich für einen Straßenraum auch aus dessen Umgebung und Umfeldnutzungen ergeben, erfordern eine Einzelfallbetrachtung. Von den in der RASt dargestellten Straßenraumentwürfen soll jedoch nur dann abgewichen werden, wenn die entwickelten Entwürfe den spezifischen Anforderungen nachweislich besser gerecht werden. Eine Gefahr bei der Nutzung der RASt durch PlanerInnen besteht darin, dass diese durch eine Aneinanderreihung von Mindestmaßen versuchen, sämtliche Nutzungen in einem von der Breite her vorgegebenen Straßenraum unterzubringen. Dabei ist, abhängig vom jeweiligen Straßenraum, vielmehr ein Abwägungsprozess notwendig. Geplant werden sollte dabei – so die Grundidee in der RAST-Methodik - grundsätzlich von außen nach innen. Das bedeutet, dass zuerst geschaut wird, welcher Platz für die Nutzungen im Seitenraum notwendig ist. Die hierbei übrige Restfläche kann für die Fahrbahn vorgesehen werden. Allerdings ist es nicht ganz so einfach, da abhängig vom maßgebenden Begegnungsfall von Fahrzeugen bestimmte Mindestbreiten für die Fahrbahn einzuhalten sind. Die Grundidee wird deshalb nur sehr eingeschränkt als Planungsleitlinie genutzt. Die Abwägung zwischen der städtebaulich möglichen Fahrbahnbreite und der verkehrlich notwendigen Fahrbahnbreite für die Planung von Straßenraumentwürfen stellt i.d.R. eine große planerische Herausforderung dar.

Zur Entwicklung der Regelwerke der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) insbesondere der RASt 06 wurden im BGS-Projekt Experteninterviews mit Herrn Thiemann-Linden (Mitglied FGSV Arbeitskreises) und Herrn Prof. Steinbrecher (Leiter des FGSV Arbeitskreises) geführt. Dadurch konnte ein Überblick über den laufenden Fortschreibungsprozess des FGSV-Regelwerks gewonnen werden.

Die FGSV strebt an, dass die wesentlichen Regelwerke für den innerörtlichen Straßenentwurf wie die RASt 06 sowie die nachgeordneten Regelwerke ERA (Empfehlungen für Radverkehrsanlagen) und die EFA (Empfehlungen für Fußverkehrsanlagen) zeitgleich fortzuschreiben. Dies ermöglicht eine Harmonisierung und in sich konsistente Weiterentwicklung des Regelwerks. Dabei werden zunächst die Entwürfe für die ERA und EFA entwickelt, die dann mit anderen Belangen in den Entwurf der RASt einfließen. Ziele der Fortschreibung der RASt sind die Berücksichtigung der aktuellen Erkenntnisse aus der Forschung und Praxis und die inhaltliche Harmonisierung der Regelwerke. Die Überarbeitung der RASt soll laut Haller bis Ende 2022 fertig gestellt sein und ähnlich der RASt 2006 aufgebaut sein. Die Entwurfsmethodiken sowie die beiden Entwurfswege werden grundsätzlich beibehalten, allerdings soll die Anzahl der „typischen Entwurfssituationen“ reduziert werden.

Bei der RASt werden voraussichtlich die Entwurfsmethodik sowie die beiden Entwurfswege grundsätzlich beibehalten. Gegenwärtig werden alle in der RASt dargestellten Querschnitte überprüft. Eventuell soll die Anzahl der typischen Entwurfssituationen reduziert werden. Zudem werden neue Konzepte wie Shared Space berücksichtigt. Der Fokus der RASt liegt weiterhin auf einer ganzheitlichen Betrachtung des Straßenraums, die über die alleinige Betrachtung der Querschnitte hinausgeht.

Für die Umsetzung der BGS-Ziele können diese Änderungen ein bedeutender Treiber sein. Vor allem die ganzheitliche Betrachtung des Straßenraums ist für eine multifunktionale Gestaltung sehr wichtig. Mit diesem Ansatz können die planerischen Grenzen aufgebrochen und verschiedene Belange in dem Straßenraumentwurf berücksichtigt werden. Diese Herangehensweise haben wir in der Erarbeitung der BGS-Straßenraumentwürfe (Kapitel 2.10) bereits angewendet.

Von Seiten des Leiters des FGSV-AK Prof. Steinbrecher besteht Interesse und Bereitschaft, die Ergebnisse von BGS zu Themen wie Umgang mit Starkregenereignissen oder Hitzefolgenanpassung als Gast in einer AK-Sitzung vorzustellen. Es ergibt sich damit die Möglichkeit, Ergebnisse aus

BGS im Rahmen der Fortschreibung des Regelwerks einzubringen und den Fokus der Überarbeitung weiter in Richtung der BGS-Ziele zu lenken und primäre Inhalte zu platzieren.

Landschaftsplanung und Grünplanung

Im Forschungsprojekt „Urbane Freiräume – Qualifizierung, Rückgewinnung und Sicherung urbaner Frei- und Grünräume“ wird das Potenzial von Straßenräumen als urbane innerstädtische Freiräume benannt. Demnach sollten neben den grünen auch die grauen Infrastrukturflächen in die Freiraumgestaltung miteinbezogen werden. Hierzu werden als urbane Freiräume neben Grün- und Freiflächen auch die Typen „Straßenraum“, „Begegnungszonen“, „Stadtplätze“, „Promenaden und Boulevards“ sowie allgemein „Nutzbare Infrastrukturflächen“, wie etwa Stellplatzflächen benannt, die ebenfalls für eine multifunktionale Freiraumgestaltung infrage kommen (BBSR 2018:12). Die Merkmale und Qualitäten für die Gestaltung urbaner Freiräume werden wie folgt definiert. Urbane Freiräume sind: vielfältig, nutzbar, integriert, multifunktional und ökologisch und ökonomisch wertvoll. In der verdichteten Stadt müssen sie hohen Belastungen widerstehen und intensiv nutzbar sein, immer auch grüne Gestaltungselemente aufweisen (visuelle Vielfalt, Naturhaushalt, Biodiversität), auf reduzierten Flächen optimal gestaltet werden (Mehrfachfunktionen und -nutzungen) und mit dem Hochbau und dem Ausbau der technischen Infrastruktur strategisch gesichert und qualifiziert werden (ebd. S. 13).

In der RASt 06 wird zwar eine „Straßenraumgestaltung vom Rand aus“ postuliert (FGSV 2006: 21), jedoch scheitert die ausreichende Berücksichtigung der Freiraumbelange meist an den verkehrlich definierten Flächenbedarfen z.B. für Fahrspuren, -streifen, Parkierungsflächen für den ruhenden Verkehr, die in der Vergangenheit v.a. an den Zielen einer autogerechten Stadt mit einer starken Flächenseparierung nach Verkehrsmitteln und Funktionen orientiert war.

In den letzten Jahren ist ein Prozess des Umdenkens zu beobachten, der die Ansprüche an den Straßenraum als Freiraum für die Menschen in den Vordergrund stellt. Neue Konzepte wie das Prinzip des „Shared Space“, welches Rahmenbedingungen für einen Begegnungsraum schafft, machen die Straße zum gleichberechtigten Raum aller VerkehrsteilnehmerInnen und RaumnutzerInnen. Aktuelle Debatten und Publikationen schaffen Möglichkeitsfenster, um die Bedeutung des Straßenraums als Lebensraum, Kommunikationsraum und Aufenthaltsraum in der Straßenplanung stärker zu verankern.

In innerstädtischen Quartieren machen Straßenräume bis zu 25 % der Fläche aus. Eine relevante Größenordnung an direkt durch die Kommunen beeinflussbaren Räumen, die zudem den Lebensraum der BewohnerInnen von Tür zu Tür miteinander verbinden. Straßenräume, die dazu einladen, vor die Haustür zu treten, könnten laut UBA Folgen von sozialer Dichte und sozialer Isolation abfedern und gleichzeitig Gesundheit und gesellschaftliche Teilhabe stärken (UBA 2017: 9).

Jan Benden von dem Städtebaubüro must betont, dass die multifunktionale Gestaltung der Straßenräume auch mit einem Wandel der Planungskultur einhergehen muss. Um höhere Gestaltungsansprüche für Straßen zu erreichen, braucht es die Kooperation zwischen Straßenplanung bzw. Verkehrsplanung und Freiraumplanung.

Diese Bedingung wird auch in aktuellen Publikationen zur Gestaltung von Straßenräumen als einladenden Stadtraum klar benannt. In der Publikation des UBA „Straßen und Plätze neu denken“ wird die Straßenraumgestaltung als interdisziplinäre Aufgabe beschrieben. Der Architekt und Stadtplaner Harald Heinz fordert mit seinem Kommentar, dass Straßenraumgestaltung Städtebau sei (Heinz 2014: 17), eine Wiedereinordnung der Straßenplanung in die komplexen städtebaulich-freiräumlichen Abwägungsprozesse zur Schaffung lebenswerter Stadträume.

Die Empfehlungen zur Straßenraumgestaltung innerhalb bebauter Gebiete (FGSV 2011) sowie die oben benannten Publikationen arbeiten in besonderem Maße mit dem Mittel der best practice Beispiele. Durch die anschauliche Erörterung hochwertiger Straßenräume lässt sich der Zugewinn für die städtische Lebensqualität, der sich aus der Gestaltqualität ergibt, besonders gut erfassen und vermitteln.

BGS kann an die oben aufgeführten Leitfäden anknüpfen und will diese Ansätze zur zeitgemäßen Gestaltung urbaner Straßen- und Verkehrsräume zusammenführen. Mit der Schematisierung eines

Entwurfsprozesses und der Entwicklung von Regelquerschnitten für die Gestaltung multicodierter Straßen, die stärker als bisher die Freiraumbedarfe, die Anforderungen der Klimafolgenanpassung und der Biodiversität berücksichtigen, will das Forschungsprojekt einen Beitrag leisten, damit eine neue interdisziplinäre Planungs- und Gestaltungkultur zur Straßenraumgestaltung in der Praxis verankert wird. So können verkehrliche und funktionale Prioritätensetzungen sich teilweise zugunsten von Langsamverkehr und Aufenthaltsqualität verändern, Raumnutzungskonflikte durch Mehrfachnutzungen aber auch entschärft werden.

Aspekte der „schönen Straßenraumgestaltung“, also der räumlichen Attraktivität und Atmosphäre aber auch der Straßenraumnutzung, also der Begegnungs- und Aufenthaltsmöglichkeiten, sind in der Planung von BGS zu berücksichtigen. Blau-grüne Elemente wie Bäume und Versickerungsmulden sind gleichzeitig atmosphärische Gestaltungselemente. Begegnungsräume und Sitzmöglichkeiten sollten ergänzend zu den blau-grünen Elementen in alle Straßenräume integriert werden.

Die sich verstärkenden Hitze- und Starkregenereignisse der vergangenen Jahre haben dazu beigetragen, dass in Politik und Gesellschaft allmählich eine Sensibilisierung für die Klimawandelfolgen einsetzt. Dies könnte die Umsetzung von BGS-Elementen in Zukunft begünstigen. Zugleich zeigen die Aussagen der Interviewten, dass dies ein langwidriger Prozess sein wird, der eine Sensibilisierung und Mobilisierung auf allen Ebenen – Gesellschaft, Politik, PlanerInnen – erforderlich macht. Oftmals wird ein stärkerer politischer Wille oder Pläne und Vorgaben seitens der übergeordneten Ebene gefordert, um veränderte Herangehensweisen bei der Planung und damit verbundene Mehrkosten rechtfertigen zu können.

Die Gesellschaft sei aufgrund der vielfältigen Zielkonflikte noch nicht soweit, den BGS-Zielen umfänglich Rechnung zu tragen. Es bestehe kein gesellschaftlicher Konsens zur Nutzung des öffentlichen Raums (vgl. Interview 15). Eine zweite Interviewte Person betont, dass ruhender Verkehr heute zwar nichts mehr mit dem öffentlichen Raum zu tun habe, aber es müsse öffentlich erklärt werden, warum das so sei. Vielerorts werde noch eine Autokultur gelebt. Langsam stelle sich aber ein Generationswechsel bei den PlanerInnen und ein Bewusstseinswandel bei der Gesellschaft insgesamt ein (vgl. Interview 19). Der örtliche politische Trend in den Ausschüssen bestimme erstens, wie viele Parkstände und zweitens wie viele Bäume es gäbe (vgl. Interview 15).

Die Interviewten bemängeln an verschiedenen Stellen einen fehlenden politischen Willen. Es werde oftmals erst gehandelt, wenn ein extremer Schaden bereits eingetreten sei (vgl. Interview 21). Dies wird auch im Fall von BGS so gesehen. Es müsste daher auf ministerieller Ebene gehandelt werden, um das Thema voranzubringen (vgl. Interview 16). In Hamburg könne eine übergeordnete Senatsstrategie, wie sie bei den Velorouten gefahren wird, helfen, eine höhere Verbindlichkeit bei den blau-grünen Themen zu erreichen (vgl. Interview 9). Bislang fehle allerdings der politische Wille, ein „anderes Hamburg“ zu entwickeln (vgl. Interview 19). Solange dieser Zustand anhalte, sei es für PlanerInnen schwierig, etwas „bottom-up“ zu entwickeln. Es werden vor allem zwei Wege gesehen, mehr BGS in die Planung zu bringen: vorgeben oder motivieren (vgl. Interview 16). Das Wissen sei bereits vorhanden, aber es fehle die politische Verantwortung (vgl. Interview 21). Aus diesem Grund würden bislang auch nur wenige Pilotprojekte umgesetzt werden (vgl. Interview 15). Als ein Grund, warum der Transformationsprozess in Kopenhagen so gut funktioniert hätte, wurde der kommunale Auftrag genannt, der mit dem Starkregenereignis zusammenfiel. Gemeinsam hätte dies einen enormen Schub verursacht (vgl. Interview 21).

Erkenntnisse aus Experteninterviews 6 – Politik und Gesellschaft, Quelle: BGS.

Sektorales Denken in den verschiedenen Fachämtern (Verkehr / Wasser / Freiraum etc.) mit eigenen Richtlinien und rechtlichen Zwängen erschwere die integrierte Anwendung und Entwicklung von BGS-Lösungen (vgl. Interview 18). Jede Fachabteilung gehe mit einem starken Berufsethos an ihre Aufgaben heran (vgl. Interview 15). Das interdisziplinäre Planen sei noch nicht alltäglich in Verwaltung, Wissenschaft und Ausbildung (vgl. Interview 17, 20). Veränderungen seien schwierig umzusetzen, da auch noch nicht alle Dienststellen der wassersensiblen Straßenraumgestaltung positiv gegenüberständen. Ein Verständnis dafür müsse sich erst finden (vgl. Interview 12, 13, 14). Um Straßen anders zu planen, brauche es selbstbewusste PlanerInnen mit einer Vision (vgl. Interview 17).

Zahlreiche Kommunen haben bereits Planungshilfen bzw. Wissensdokumente für eine wassersensible Stadtgestaltung erarbeitet (z.B. ReStra HH). Während ein Experte betont, das Wissen für die Umsetzung sei bereits vorhanden (vgl. Interview 18), wurde von einer zweiten Person noch ein mangelndes Bewusstsein bzw. Wissen über die zukunftsfähige Bewirtschaftung von Regenwasser wahrgenommen. Dies ändere sich jedoch zunehmend, sodass Regenwasser nicht mehr am Ende der Planung stehe, sondern verstärkt gleichberechtigt mit anderen Planungspunkten berücksichtigt werde (vgl. Interview 4).

In diesem Zusammenhang wurde die Verbindlichkeit der vorhandenen Hinweisdokumente bemängelt (vgl. Interview 15, 17). Feste Vorgaben und Regeln würden seitens der Straßenplanung gewünscht, um nicht fallweise Entscheidungen treffen zu müssen und Entscheidungen zu legitimieren (vgl. Interview 17). Auch die Fachbehörden wurden in die Pflicht genommen, verbindliche Vorgaben für die Anpassung der Straße an Starkregenereignisse zu machen (vgl. Interview 14). Andere sehen die PlanerInnen selbst in der Pflicht, sich zu informieren und mögliche Widersprüche zu prüfen. Es gäbe kein Regelwerk für alle Belange (vgl. Interview 13). Die Fortschreibung der RASt böte die Chance, BGS-Anforderungen als Entwurfsansprüchen neben anderen zu berücksichtigen (vgl. Interview 8). Statt langer Strukturpläne müssten die BGS-Themen auf ganz konkrete Handlungs- bzw. Dienstanweisungen heruntergebrochen werden (vgl. Interview 12). Zudem hindere die derzeitige Fehlerkultur der Behörden Innovationen. Der Fokus bei der Straßenplanung läge auf Kosten und Zeit (vgl. Interview 17). Bislang lebe niemand das „Versuchslabor“, bei dem etwas getestet und verbessert werde (vgl. Interview 19). Die Experimentierklausel der StVO Novelle befähige zum Testen neuer Verfahren (vgl. Interview 9). Auch mangelndes Fachpersonal trage dazu bei, dass bestimmte Themen bislang nicht so intensiv verfolgt würden (vgl. Interview 14). Entscheidend für die Umsetzung seien Finanzierung und Wille, interdisziplinäre Lösungen in Projekten im Sinne einer multifunktionalen Nutzung zu realisieren (vgl. Interview 18).

Die Frage der Gestaltqualität des Straßenraumes spiele in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern (wie z.B. den Niederlanden) baukulturell eine untergeordnete Rolle. Die enge Kooperation zwischen Straßenplaner-, StadtplanerInnen und Landschaftsarchitekten für die Gestaltung zukunftsfähiger Straßenentwürfe habe wegweisenden Charakter (vgl. Interview 18). Um zukunftsfähige Straßen zu planen, müsse sich das Bewusstsein in der Bevölkerung ändern, dass wir in Zukunft eine andere Straße brauchen und diese auch planen müssten (vgl. Interview 16).

Erkenntnisse aus Experteninterviews 7 – Rahmenbedingungen der Gestaltung multifunktionaler Straßenräume, Quelle: BGS, HCU.

Eine weitere Schlüsselfrage ist, wie das sektorale Denken swoohl in der Planung als auch in der Finanzierung durch kooperative und integrative Modelle überwunden werden kann. Ein wichtiger Beitrag ist z.B. die Bereitstellung von Klimaanpassungsbudgets für die Finanzierung multicodierter Flächen.

Ein Finanzierungsbeispiel aus Berlin: Für die Pflege des Straßengrüns sind in der Regel die Grünflächenämter der Bezirke verantwortlich. Aufgrund der knappen Ressourcen dieser Ämter sind zusätzliche Grünmaßnahmen, die den Pflegeaufwand für die Grünflächenämter in Straßen erhöhen, bislang schwierig umsetzbar. Die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz und die BWB sind aktuell dabei, Vereinbarungen zu treffen, die die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung durch grüne Maßnahmen auch in den Straßenräumen stärken sollen. Wenn neues Straßengrün gleichzeitig wasserwirtschaftliche Funktionen übernimmt, kann die Pflege des wasserwirtschaftlichen Teils der Anlage (z.B. der bepflanzten Mulde oder der Baumrigole) durch die Berliner Wasserbetriebe erfolgen (Finanzierung über das Regenwasser-Entgelt). Eine Herausforderung bzw. ein derzeitiges Hemmnis für die Integration multifunktionaler Elemente in den Straßenraum stellt die Finanzierung da. Dabei stehen insbesondere die Zuständigkeiten und die langfristige Unterhaltung im Fokus (vgl. Berliner Wasserbetriebe BWB, mdl. beim 1. BGS-Workshop Rudolfstraße am 19.11.2019).

Ein Finanzierungsbeispiel aus Bochum: In Bochum nimmt das Tiefbauamt über die gesplittete Abwassergebühr Gelder für die Unterhaltung von Baumrigolen ein. Für die Realisierung von Mulden-Rigolen-Elementen und Dachbegrünungen gibt es Fördermittel von der Emschergenossenschaft (vgl. Interview 2).

In Dänemark werden Projekte ebenfalls aus Einnahmen aus der Abwassergebühr finanziert (vgl. Interview 21).

Es deutet sich an, dass in anderen Städten erst noch Zuständigkeiten und Wege der Finanzierung gefunden werden müssen. So sei es beispielsweise in Hamburg nicht einfach, das Budget der Unterhaltungskosten der Hamburger Bezirksämter an die Klimawandelfolgen anzupassen. In der Folge würden nur Sparlösungen oder erst verzögert Lösungen (vgl. Interview 13) bzw. nur verbindliche Vorgaben (Richtlinien) umgesetzt (vgl. Interview 14). Eine Erhöhung der konsumtiven Ausgaben für z.B. Grünflächen gehe zulasten anderer Bereiche. Der monetäre Ausgleich bei der Abkopplung von Flächen vom Mischsiel erfolge bislang nicht (vgl. Interview 15, 16). Es sei bislang noch nicht geklärt, wer für die Unterhaltung zuständig sei bzw. die Kosten trage (vgl. Interview 12, 14, 16, 19). Dies sei ein Grund dafür, dass das Wissensdokument der BWVI (2015) bislang nicht umgesetzt werde (vgl. Interview 9). Alternative Finanzierungsmodelle seien für Hamburg notwendig (vgl. Interview 21). Es könnten fachübergreifende Budgetierungen entwickelt werden (Klimafolgenanpassungsbudget) (vgl. Interview 18).

Das Thema Straßenabwasserreinigung ist vielerorts in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus gerückt. Konventionelle Straßenabwasserreinigungsanlagen könnten je nach verwendeter Technik die Kosten des Straßenbaus verdoppeln (vgl. Interview 17). Auch bei den Reinigungsanlagen sei die Frage nach den Unterhaltungskosten in Hamburg bislang ungeklärt (vgl. Interview 12).

Erkenntnisse aus Experteninterviews 8 – Finanzierung, Quelle: BGS, HCU & bgmr.

2.10.2 BGS-Pilotprojekte und Entwurfswerkstätten

Zu Projektbeginn wurden gemeinsam mit den kommunalen PartnerInnen geeignete Straßenräume in den Partnerkommunen identifiziert. Anhand verschiedener Bewertungskriterien wurden daraus die Pilotprojekte für BGS ausgewählt. Zu diesen Parametern zählen u.a.:

- die Entwässerungssituation, d.h. eine vorliegende, akute Überflutungsproblematik sowie ein hohes Abkopplungspotential von der Mischkanalisation,
- das Versickerungspotential des Untergrunds,
- der geplante Baubeginn, um die Planung durch BGS entsprechend begleiten zu können,
- die Flächenverfügbarkeit für den Einsatz von BGS-Elementen bzw. das Maß an Gestaltungsmöglichkeiten bedingt durch geplante umfassende Straßensanierungsmaßnahmen wie z.B. eine Grundinstandsetzung sowie
- Funktion des Straßenraums und daraus resultierende Nutzungsansprüche.

Gemeinsam mit den kommunalen VertreterInnen wurden folgende Straßenräume als Pilotprojekte festgelegt:

- Rudolfstraße, Berlin
- Ungarnstraße, Berlin
- Adolf-Reichwein-Straße, Bremen
- Kurt-Schumacher-Allee, Bremen
- Paul-Singer-Straße, Bremen
- Högerdamm, Hamburg
- Königstraße, Hamburg
- Carl-Petersen-Straße, Hamburg
- Ernst-Thälmann-Straße, Neuenhagen bei Berlin
- Friedenstraße, Solingen
- Heukämpchenstraße, Solingen
- Castroper Straße, Bochum[2].

Eine detailliertere Beschreibung der Pilotprojekte kann den Steckbriefen im Anhang 4 entnommen werden.

Der Anspruch des Projekts ist es, in den ausgewählten Straßenräumen zu prüfen, ob und wie möglichst effektiv BGS-Elemente integriert und die formulierten Ziele multicodierter blau-grüner Straßen erreicht werden können. In einem ersten Schritt wurden die Bestandssituation ermittelt und die Grundlagendaten zusammengetragen. Darauf aufbauend wurde für jedes Pilotprojekt ein individuelles BGS-Konzept erarbeitet. Die Konzepte sind ein wesentliches Instrument des Forschungsprinzips „Research by design“. Der Betrachtungsschwerpunkt der Konzeptstudien liegt auf der Umgestaltung und dem Umbau vorhandener Straßen im Sinne multicodierter urbaner Straßenräume vor dem Hintergrund stetig wachsender unterschiedlicher Nutzungsansprüche sowie den technischen, organisatorischen und ökonomischen Randbedingungen. Die BGS-Kernthemen sind dabei

- Blue – wassersensible Straßenraumgestaltung,
- Green – Gestaltung der Aufenthaltsqualität sowie
- Cool – hitzeangepasste Straßenraumgestaltung (vgl. Kapitel 1).

[2] Die Castroper Straße ist, im Vergleich der anderen Pilotprojekte bereits in der Realisierungsphase. Hier wird vor allem im Modul 2.4 die Umsetzung/Bau der BGS-Maßnahmen beobachtet.

Mit ihnen sollen wesentliche Erkenntnisse für die Toolbox zum Entwurfsprozess, zu Entwurfselementen und Regelprofilen für unterschiedliche Straßentypen in BGS generiert und mit den Akteuren der Planungspraxis gespiegelt werden.

Lokale Entwurfsworkshops als Auftakt des Entwurfsprozesses in den Pilotprojekten

Nachfolgend wird der Entwurfsprozess zu den Pilotstraßen skizziert, der die wesentliche Grundlage für die geplanten Entwurfswerkstätten und die Erarbeitung der Toolbox (Kapitel 2.10.3) bildet. Die Abbildung 27 zeigt den Ablauf in der ersten Projektphase: Zunächst wurden Auftaktgespräche mit allen Akteuren aus den Pilotprojekten durchgeführt, um gemeinsam die lokalen Rahmenbedingungen abzustecken. Dabei wurden auch die lokal formulierten Ziele für die Straßenraumgestaltung mit den BGS-Zielen abgeglichen und die Grundlagen für den Entwurfsprozess gesammelt. Auswertend wurden der Zustand der Straßen analysiert und die spezifischen Nutzungsansprüche an die Straßenräume herausgearbeitet und in Steckbriefen zusammengefasst (Anhang 4). Im nächsten Schritt wurden die Erkenntnisse der Module 1.1.-1.7 und die Ziele von BGS mit den Kommunen in örtlichen Entwurfsworkshops zu den Pilotstraßen zusammengeführt. Dazu wurden gemeinsam erste Skizzen für die multicodierten Straßenraumentwürfe der jeweiligen Pilotstraßen entwickelt. Durch diese interdisziplinäre Zusammenarbeit kann ein hoher Grad der Wissensintegration gewährleistet werden.

Die Skizzen und Ergebnisse der Workshops werden aufbereitet und sollen in der ersten Entwurfswerkstatt in Hamburg mit allen Akteuren reflektiert, ggf. angepasst und für übertragbare Regelquerschnitte und Entwurfselemente abstrahiert werden.

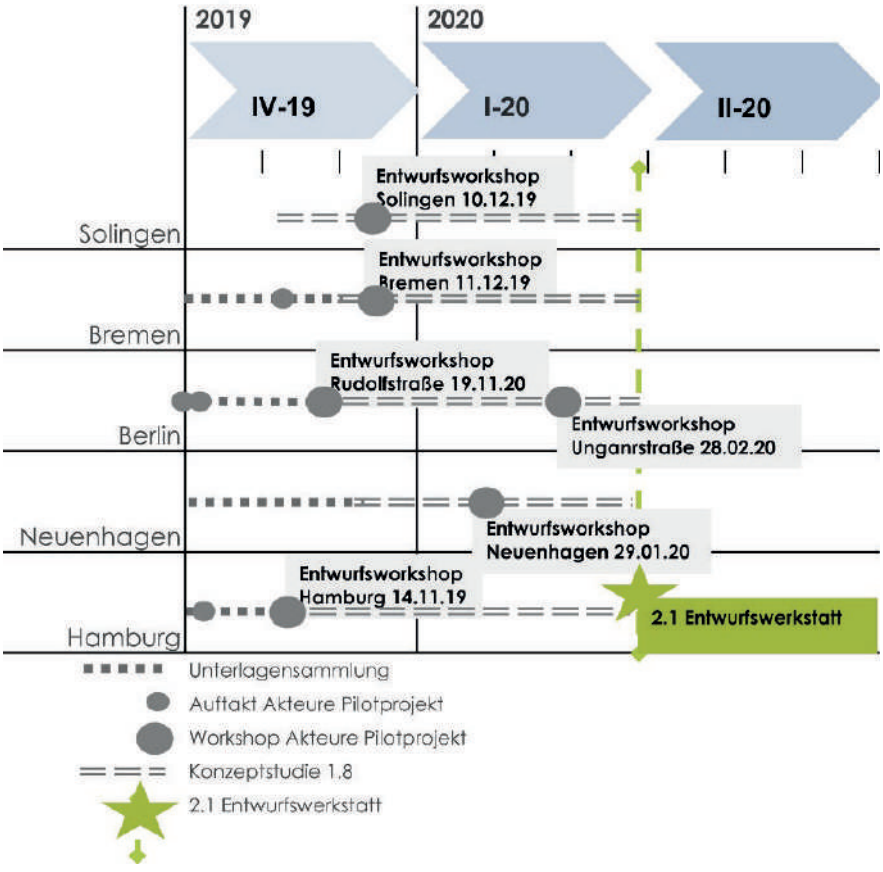


Abbildung 27 Ablauf der ersten Phase der Entwurfsprozesse zu den Pilotstraßen, Quelle: BGS.

Konzept Entwurfswerkstätten

Die Entwurfswerkstätten dienen dazu, die Erkenntnisse aus den Modulen M 1.1 – M 1.7 und realer Entwurfssituationen im Praxistest anzuwenden (Reallabor). Im Fokus stehen die Erarbeitung übertragbarer Regelentwürfe für verschiedene Straßentypen sowie die integrierte Straßenraumkonzeption und das Sanierungsmanagement.

Geplant ist die Durchführung von vier Werkstätten in den Partnerkommunen:

- Hamburg (2020),
- Solingen (2020),
- Berlin (2021) sowie
- Berlin oder Neuenhagen (2021).

Die erste Entwurfswerkstatt mit erwarteten über 60 TeilnehmerInnen war für den 27. März 2020 geplant, musste jedoch aufgrund der Corona-Pandemie abgesagt und auf einen bisher nicht bestimmten Termin verschoben werden.

Als Ergebnisse werden aus den Entwurfswerktstätten erwartet:

- Straßenraumentwürfe unter Realbedingungen,
- Aufzeigen von Nutzungskonflikten und Lösungsmöglichkeiten,
- Feedback für AP 2.5 – Toolbox und Regelentwürfe Straßenraum sowie
- Hinweise zu einem veränderten Planungsprozess für Straßenräume unter stärkerer Einbeziehung von BGS-Zielen.

Zur Durchführung der Entwurfswerkstätten wurde ein Gesamtkonzept erstellt und für die erste Entwurfswerkstatt in Hamburg ein detaillierter Programmentwurf erarbeitet.

Im Folgenden stellen wir den derzeitigen Stand der Planungen und BGS-Konzepte in den Pilotprojekten dar. Den Fokus legen wir auf die Besonderheiten des jeweiligen Pilotprojekts aus BGS-Perspektive.

Rudolfstraße, Berlin (federführend bgmr Landschaftsarchitekten – bgmr)

Für einen Teilabschnitt der Rudolfstraße im Stadtteil Friedrichshain in Berlin liegt im Kontext der laufenden Umgestaltung des Rudolfplatzes mit angrenzenden Straßen eine Vorplanung durch das Büro hochC, Berlin vor. Die Straßenplanung soll weiter qualifiziert werden, sodass möglichst eine

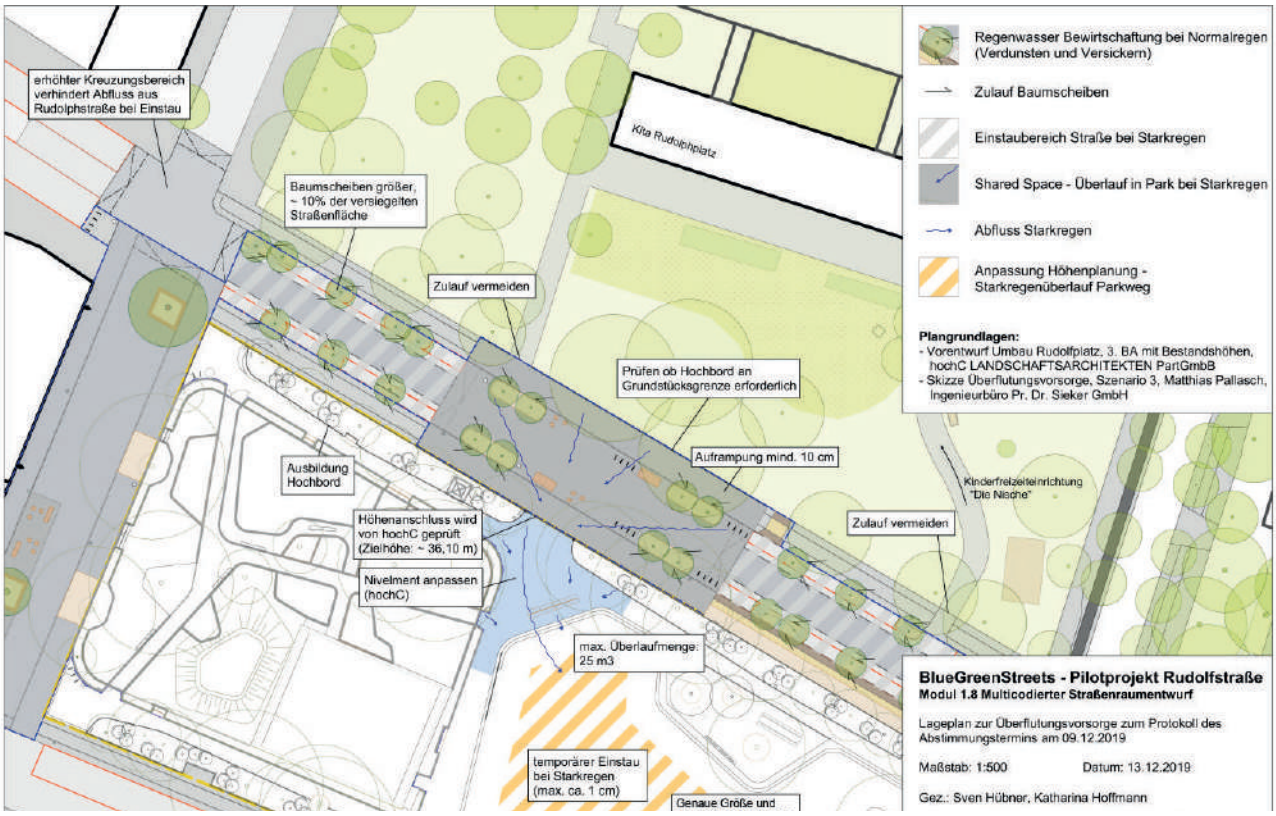


Abbildung 28 Lageplan zur Überflutungsvorsorge Rudolfstraße, Berlin, Quelle: BGS, bgmr.

vollständige Abkoppelung des Straßenabschnitts der Rudolfstraße erreicht werden kann. Hierzu soll das Regenwasser im Normalfall möglichst vollständig in der Straßenfläche über Vegetationsflächen (z.B. Tiefbeete mit Straßenbäumen für Verdunstung und Schattenwurf) bewirtschaftet werden. Hintergrund sind die aktuellen Überlastungen der Mischwasserkanalisation, der Gewässerschutz (Regenwassereinleitung in die Spree) und die hitzesensible Stadtentwicklung in dem stark verdichteten Stadtquartier.

Aus drei untersuchten Varianten mit Berechnungen und Skizzen für die Überflutungsvorsorge wurde das Szenario 3 ausgewählt, bei dem die Shared Space-Zone wie in der Vorplanung erhöht anlegt wird. In den Straßen links und rechts der Rampe wird das Wasser bei Starkregen gesammelt und verzögert über die Grünflächen in den Straßen versickert. Das Regenwasser der Shared Space-Zone, das nicht im Straßenraum zurückgehalten werden kann, wird bei Starkregen über einen Notüberlauf in den Park abgeleitet. Die favorisierte Lösung erfordert eine Absenkung der Planungshöhe am Übergabepunkt des Überstauwassers im Bereich des zentralen Platzzugangs (Zielhöhe: 36,10 m NHN. Außerdem sollte die Platzplanung so angepasste werden, dass eine möglichst direkte und schadfreie Zuführung des Wassers über die die asphaltierte Wegefläche zwischen Straße und Wiesental gewährleistet ist (Lageplan zur Überflutungsvorsoge, Abbildung 28).

Auf der Basis der Ergebnisse der Konzeptstudie beabsichtigt das Bezirksamt die Entwurfs- und Ausführungsplanung für den Straßenabschnitt der Rudolfstraße zu beauftragen. Das BGS-Forschungsprojekt soll dann die vertiefende Planung zum Straßenumbau weiter begleiten.

Ungarnstraße, Berlin (federführend bgmr Landschaftsarchitekten – bgmr)

Für den Ausbau der Ungarnstraße zwischen Müllerstraße und Louise-Schroeder-Platz im Stadtteil Wedding, Berlin-Mitte liegt eine Bauplanungsunterlage nach konventionellen Entwässerungsprinzipien vor. Diese wird vom Bezirk nicht weiterverfolgt, da für Berliner Bauvorhaben seit Ende des Jahres 2017 erhöhte Anforderungen zum Umgang mit Regenwasser gelten. Hintergrund ist das Hinweisblatt der SenUVK (2017). Hiernach ist bei einem Bauvorhaben die Regenwasserbewirtschaftung auf dem Grundstück durch planerische Vorsorge sicher zu stellen. Ist eine Einleitung nicht zu vermeiden, ist diese nur in Höhe des Abflusses zulässig, der im „natürlichen“ Zustand, d. h. ohne Versiegelung, auftreten würde. Im vorliegenden Einzugsgebiet eines Gewässers 1. Ordnung oder im Einzugsgebiet der Mischwasserkanalisation ist der Abfluss auf max. 10 l/(s*ha) zu beschränken. Mit der Konzeptstudie sollen die Möglichkeiten für eine Straßenumgestaltung ausgelotet werden, die auf eine maximale Bewirtschaftung des Regenwassers im Straßenraum abzielt.

Castroper Straße, Bochum (federführend Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH – Sieker)



Abbildung 29 Castroper-Straße Bochum mit BGS-Elementen visualisiert, Quelle: Sieker.

Sieker wurde vom Tiefbauamt der Stadt Bochum im Juni 2019 mit der Planung einer Kanalerneuerung des bestehenden Mischwasserkanals und der Entwicklung einer dezentralen Entwässerungslösung für den Straßenraum der Castroper Straße beauftragt. Durch die Nähe zur Innenstadt und die ungünstigen topografischen Verhältnisse ergibt sich im Fall eines Starkregens in einem Abschnitt der Castroper Straße ein ungünstiger Oberflächenabfluss mit hohem Schadenspotential. Das Ziel des Entwässerungskonzeptes ist die Sicherstellung des Entwässerungskomforts und die Einhaltung der Überstau- und Überflutungsfreiheit für außergewöhnliche Extremereignisse mit Wiederkehrzeiten von 30 Jahren und die Reduktion des Risikos urbaner Sturzfluten durch die Integration von BGS-Elementen (Abbildung 29). Baumrigolen spielen hierbei eine wesentliche Rolle. Die Castroper Straße und die Stadt Bochum wurden einerseits als BGS-Pilotprojekt aufgenommen, um insbesondere Inputs für das Modul 2.3 (Visualisierung) zu generieren. Als konkretes Planungsprojekt fungiert die Castroper Straße als weiteres Reallabor. Das Vorhaben ermöglicht den Zugewinn an Kenntnissen über Hindernisse aber auch Treiber bei komplexen Sanierungsvorhaben und der Umsetzung von Baumrigolen.

Adolf-Reichwein-Straße, Kurt-Schuhmacher-Allee, Paul-Singer-Straße, Bremen (federführend bgmr Landschaftsarchitekten – bgmr)

Im Leitbildprozess für die Großsiedlung Neue Vahr Bremen aus den 1960/70er Jahren wurde das Konzept blau-grüne Stadt als ein Leitthema entwickelt. Die Stadtentwicklung und die GEWOBA als Haupteigentümerin der Wohnungsbestände im Quartier streben an, dieses Thema im Rahmen von BGS für drei ausgewählte Straßenabschnitte zu konkretisieren, um vorrangige Maßnahmen identifizieren und beispielhaft umzusetzen zu können.

Das Wohngebiet Neue Vahr in dem die drei Straßen liegen, zeichnet sich durch eine lockere Zeilenbebauung aus. Die Entwässerung der drei Straßen erfolgt in das angrenzende Achterkampsfleet. Das Kanalalter in der neuen Vahr wird eine baldige Sanierung nötig machen, hier kann BGS andocken. Der Gewässerzustand des Fleets als Vorfluter ist durch die Einleitung der Straßenentwässerung kritisch belastet durch Nährstoffeintrag, Salze aus Winterstreu und Reifenabrieb. Aufgrund der lehmigen Böden und des geringen Grundwasserflurabstands ist in allen drei Straßen keine Versickerung möglich. Daher ist die Aufgabe, gedrosselte Bodenfilter im Straßenraum zu schaffen, die eine Vorreinigung des Regenwassers für die Einleitung in das Fleet übernehmen. Um Flächen für

BGS zu gewinnen, wird es nötig sein Flächen für den ruhenden Verkehr umzuwandeln. Dies sollte Hand in Hand gehen mit den Konzeptideen für eine intelligente Parkraumbewirtschaftung per App, die seitens der GEWOBA zusammen mit den Verkehrsbetrieben SWB besteht.

Adolf-Reichwein-Straße

Die Adolf-Reichwein-Straße ist eine Erschließungsstraße mit geringer Erschließungsfunktion und Wendehammer (Abbildung 30). Die Straße weist eine hohe potentielle Überflutungsbetroffenheit schon bei intensiven Starkregenereignissen auf. Pläne zu einer Nachverdichtung angrenzender Parkplatzflächen mit Wohnbebauung geben dem Thema der Gestaltung des Straßenraums als Aufenthaltsraum eine besondere Bedeutung in der Planung. An der Schnittstelle zum angrenzenden Achterkampsfleet besteht die Möglichkeit im Kontext einer aktuell in Planung befindlichen freiräumlichen Qualifizierung des Fleetufers, den Wendehammer als multicodierten Nachbarschaftsplatz zu gestalten. Im Entwurfsworkshop wurde eine erste BGS-Konzeptskizze entwickelt, welche die Implementation einer grünen Klimazone entlang der Straße vorsieht. Dieses Klimaband schafft optimierte Baumstandorte mit ausreichend Wurzelraum und Wasserversorgung sowie Verdunstungs- und Filterbeeten, deren Überlauf durch eine Drainage in das Fleet mündet.

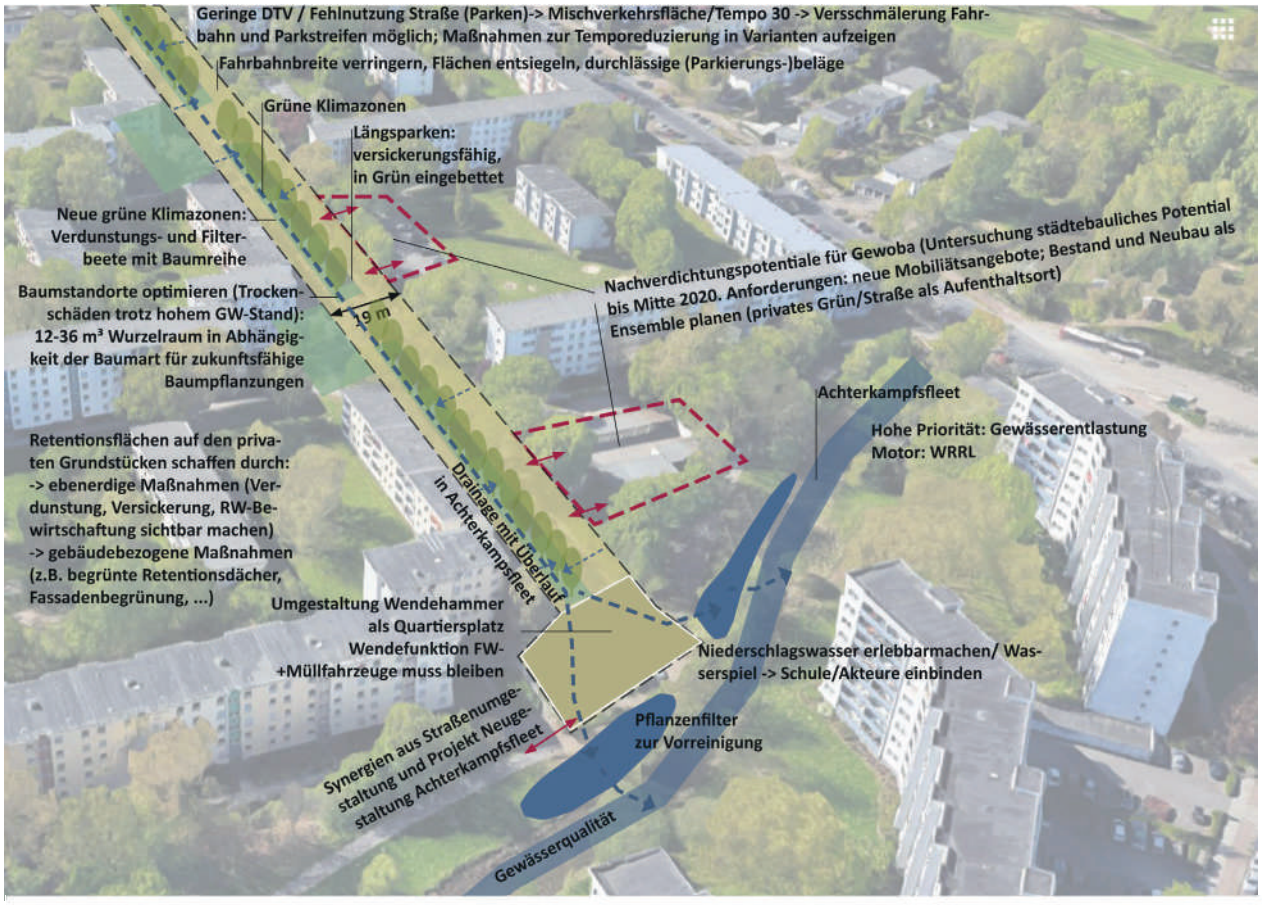


Abbildung 30 BGS-Konzept Adolf-Reichwein-Straße Bremen, Quelle: bgmr, basierend auf © 2020 Google, Kartendaten © 2020 GeoBasis-DE/BKG (©2009).

Kurt-Schuhmacher-Allee

Die Kurt-Schuhmacher-Allee ist eine Hauptverkehrsstraße, die jedoch nur geringe Verkehrsmengen führt (12.000 DTV). Der ausgewählte Straßenabschnitt stellt eine wichtige Verbindung zwischen Schule, Tramstation und gegenüberliegendem Einkaufszentrum dar (Abbildung 31). Aus Sicht der Verkehrsplanung hat die Straße eine hohe Umbaupriorität, da der Kreuzungsbereich zu einem der Unfallschwerpunkte der Stadt zählt und durch die angrenzende Schule eine besonders hohe Verkehrssicherheit erreicht werden soll. Der Straßenquerschnitt ist aus heutiger Sicht für die Verkehrsmenge überdimensioniert und soll in beide Richtungen auf eine Fahrbahn reduziert werden. Der

Bahnkörper in Mittellage mit Umzäunung stellt eine besondere Barrierewirkung dar. Bei der Umgestaltung der Straße steht die Freiraumqualität, die Schaffung von Klimakomfortzonen und die dezentrale Regenwasservorreinigung im Vordergrund, eine Starkregengefährdung ist kaum gegeben. Im Entwurfsworkshop wurde für den Straßenabschnitt eine platzartige Gestaltung favorisiert, die dem Shared Space Gedanken folgend mit einheitlichen ebenerdigen Belägen vielmehr als verbindender Platz zwischen Schule und Einkaufszentrum verstanden wird als eine Straße. Ergänzt wird das Konzept durch den Einbezug des Freiraums vor der Schule und dem Einkaufszentrum. Diese sollen als Sport- und Spielplatz (z.B. Skateanlage) und als Stadtplatz mit Wasserspielen zur Kühlung qualifiziert werden. Die Seitenräume der Straße werden mit dem Fleet vorgelagerten Filterbeeten und großzügigen Baumstandorten bestückt.

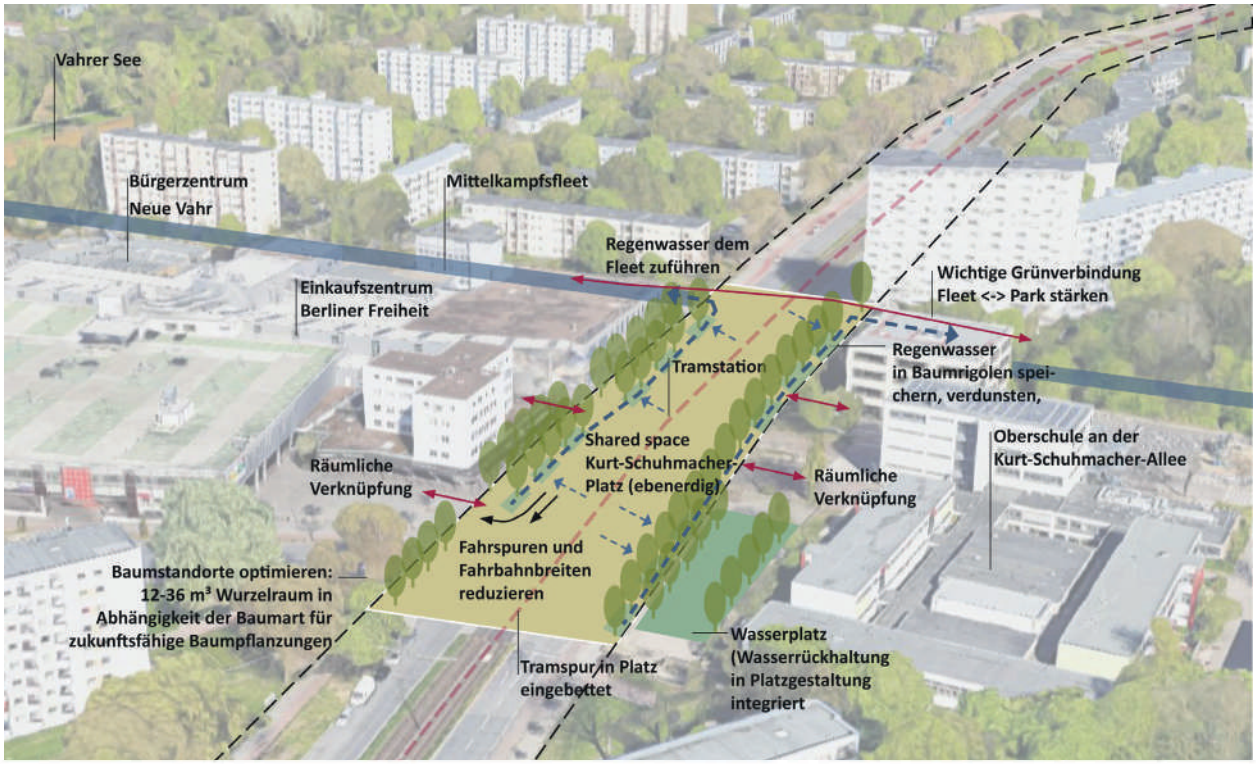


Abbildung 31 BGS-Konzept Kurt-Schumacher-Allee Bremen, Quelle: bgmr, basierend auf © 2020 Google, Kartendaten © 2020 GeoBasis-DE/BKG (©2009).

Paul-Singer-Straße

Die Paul-Singer-Straße ist eine Erschließungsstraße mit geringer Erschließungsfunktion und könnte daher im Hinblick auf ihre Dimensionierung zurückgebaut werden. Allerdings bedient die Tempo 30-Zone verschiedene Verkehrsträger. Neben dem Linienbusverkehr führt eine der Hauptrouten des Bremer Radverkehrsnetzes über die Paul-Singer-Straße. Die Straße weist eine hohe potentielle Überflutungsgefährdung schon bei intensiven Starkregenereignissen auf. Abmarkierte Bereiche, grüne Mittelstreifen und überdimensionierte Knoten bieten Potenziale, um BGS-Elemente in die Straße zu integrieren. Allerdings könnten Stellplatzreduzierungen zu Konflikten mit AnwohnerInnen führen, da ein aktuelles Konzept für die Stellplatzneuordnung erstellt wurde.

Im Entwurfsworkshop wurde eine grobe Konzeptskizze für die Straße erarbeitet (Abbildung 32). Diese sieht eine Fahrradstraße mit reduzierter Fahrbahnbreite vor. Parkplätze und „Grüntaschen“ inklusive Bodenfilter zur Vorreinigung und gedrosselten Ableitung in das Achterkampsfleet sowie Baumneupflanzungen sollen jeweils im Wechsel versetzt seitlich angeordnet werden.

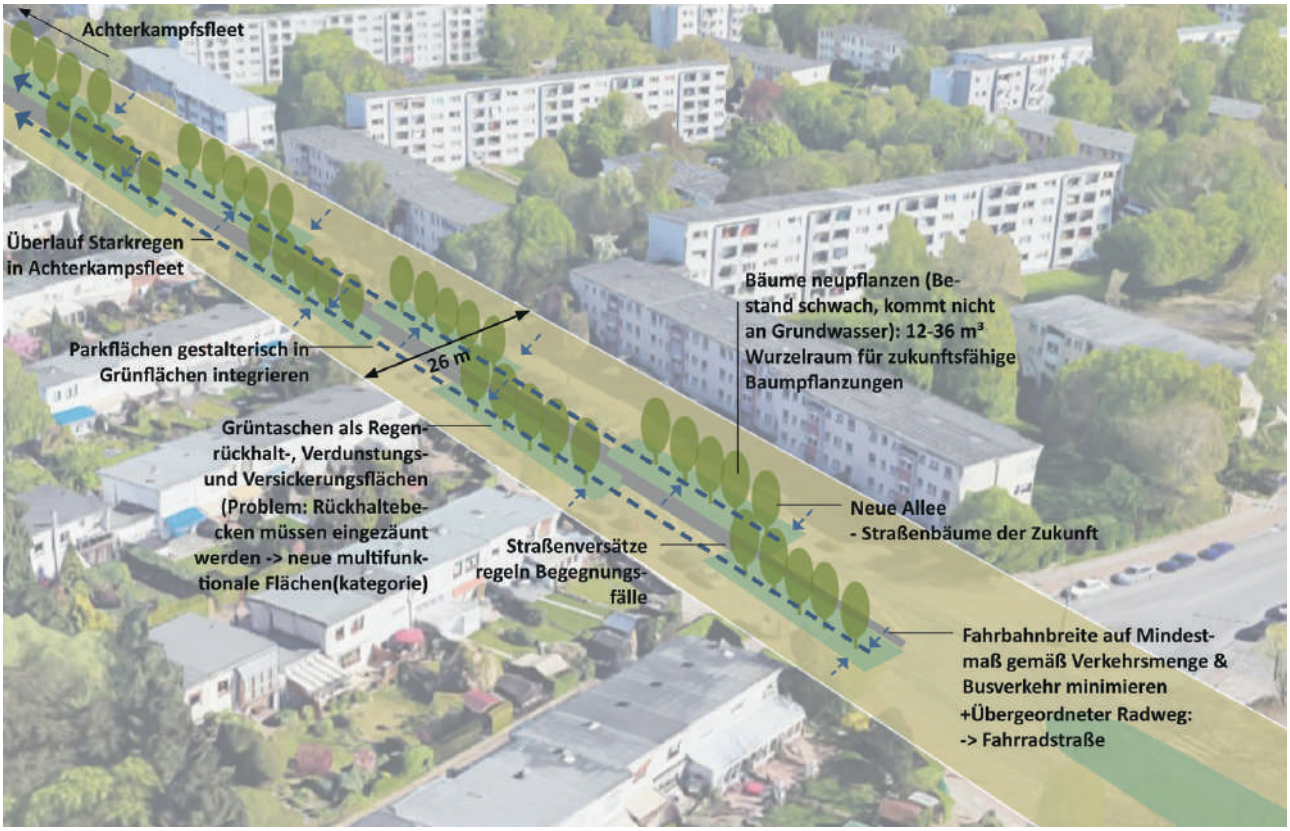


Abbildung 32 BGS-Konzept Paul-Singer-Straße Bremen, Quelle: bgmr, basierend auf © 2020 Google, Kartendaten © 2020 GeoBasis-DE/BKG (©2009).

Högerdamm, Hamburg (federführend HafenCity Universität – HCU)

Der Högerdamm ist eine Verbindungsstraße im Bezirk Hamburg-Mitte, die vom LSBG grundinstandgesetzt wird. Die bestehende Busspur wird im Zuge des Projekts verlegt. Eine Verengung der Fahrbahn auf eine Fahrspur wird angestrebt, stellt sich aufgrund der derzeitigen verkehrlichen Funktion im übergeordneten Straßennetz jedoch als schwierig da. Flächen, die im Straßenraum gewonnen werden können, sollen für den Radverkehr und die Integration von BGS-Elementen eingesetzt werden. Eine Besonderheit des Pilotprojekts Högerdamm stellt eine akute Straßenabwasserreinigungsproblematik im Einzugsgebiet dar. Ein Teil des anfallendes Niederschlagabwassers des Högerdamms und umliegender stark befahrener Straßen gelangt über die Trennkanalisation ungereinigt in einen nahegelegenen Kanal. BGS organisiert gemeinsame Arbeitsrunden mit dem Straßenbaulastträger und den übergeordneten Hamburger Instanzen, d. h. der Behörde für Umwelt und Energie, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovationen und Hamburg Wasser, Abstimmung und Vorgehen, um übergeordnete Konzepte für das Thema Straßenabwasserreinigung und die Umsetzung konkreter Maßnahmen zu erarbeiten.

Königstraße, Hamburg (federführend HafenCity Universität – HCU)

Die Straßenplanung der Königstraße im Bezirk Hamburg-Altona wird vom Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG) durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Auswahl des Straßenraums als Pilotprojekt lag bereits ein erster Entwurf für die Verkehrsführung des Hamburger Büros melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft vor. Dieser wurde, basierend auf den Projektzielen gemeinsam mit den PlanerInnen diskutiert und weiterentwickelt. Nach der Auswertung der Verkehrszahlen wurde die Reduzierung der PKW-Fahrspuren von zwei auf eine Spur stadteinwärts in Teilen der Strecke

als realisierbar eingeschätzt. Es wird angestrebt, die neugewonnene Fläche zu nutzen, um Regenwasser dezentral zu bewirtschaften, das Grünvolumen zu erhöhen und eine komfortable Rad/-Fußwegeführung herzustellen. Ebenfalls wird daran gearbeitet, bestehende Nebenflächen zu entsiegeln und zu begrünen sowie an den Straßenraum angrenzende Flächen sinnvoll in die Planung zu integrieren.



Abbildung 33 Königstraße, links Bestand, rechts Visualisierung der Umgestaltung bestehender und neugewonner Flächen mit breitem, zur Fahrbahn abgetrenntem Radweg, Quelle: BGS, HCU.

Carl-Petersen-Straße (federführend HafenCity Universität – HCU)

Die Carl-Petersen-Straße befindet sich im Bezirk Hamburg-Hamm. Die Planung wird vom Bezirksamt Mitte durchgeführt. Der Fokus der Umgestaltung liegt dabei vor allem auf den Nebenflächen. Dort sollen bereichsweise Flaniermeilen und Plätze entstehen, welche zum Verweilen einladen und die Aufenthaltsqualität steigern. Im Rahmen eines Business Improvement Districts (BIS) wurde eine Interessengemeinschaft gebildet. Dies hat in der Planungsphase zu einer Verzögerung im zeitlichen Ablauf geführt. Basierend auf den ersten Planungen wurde insbesondere für einen Straßenabschnitt das BGS-Potenzial erkannt und im Projekt dafür ein erstes Konzept entwickelt. Neben offenen Ableitungen soll mithilfe der vorhandenen Längsneigung das anfallende Wasser gezielt einzelnen Baumscheiben zugeführt werden. Zusätzlich können Nebenflächen mit unterschiedlichen Pflastern ausgestattet werden. Dabei erzielen gröbere Fugen oder durchlässige Pflaster eine geringe Abflussmenge und eine Erhöhung der Versickerungsrate. Die angedachten Neupflanzungen der Bäume sollen als Baumrigolen konzipiert werden, sodass die Vitalität der Bäume nachhaltig gewährleistet ist. Für die Bestandsbäume wird eine Aufwertung der Baumscheibe vorgesehen, in dem sie vergrößert und ggf. das Substratmaterial aufgelockert bzw. ausgetauscht wird. Im Bereich vor einem dort ansässigen Café wird eine größere Grünfläche mit wasserwirtschaftlicher Nutzung und Aufenthaltsmöglichkeiten geplant. Die bestehende Baumscheibe wird in die Grünfläche integriert und ggf. ein weiterer Baum gepflanzt. Die Grünfläche wird als Tiefbeet geplant. Um eine höhere Retentions- und Versickerungsleistung zu erzielen, könnte unter dem Tiefbeet ein Rigolensystem eingebaut werden. Kombiniert mit Sitzgelegenheiten und der Möglichkeit das Beet zu begehen, wird die Aufenthaltsqualität nicht nur durch das erhöhte Grünvolumen gestärkt.



Abbildung 34 Carl-Petersen-Straße, links Bestand, rechts Visualisierung der Umgestaltung bestehender Flächen mit aufgewerteten Grünstreifen, zur Fahrbahn mit Sitzmöglichkeiten kombiniert, Quelle: BGS, HCU.

Ernst-Thälmann-Straße, Neuenhagen bei Berlin (federführend Sieker)

In Neuenhagen ist das BGS in der Erschließungsstraße und örtlichen Geschäftsstraße Ernst-Thälmann-Straße aktiv. Die Straße mit historischem Baumbestand und historischem Kopfsteinpflaster ist in die Jahre gekommen und soll dementsprechend modernisiert werden. Um die Überflutungsproblematik in der angrenzenden Eisenbahnstraße zu lösen, soll ein Straßenquerschnitt entwickelt werden, der es trotz der geringen Breite der Straße ermöglicht, das anfallende Regenwasser dezentral im Straßenraum zu versickern und so die Situation in der angrenzenden Straße zu entschärfen. Der Baumbestand stellt hier eine Herausforderung dar, da er teilweise in ca. 10 bis 20 Jahren zu fällen sein wird und gleichzeitig durch den ausgeprägten Wurzelraum die Integration von BGS-Elementen in dem Straßenraum erschwert bis unmöglich macht.



Abbildung 35 Ernst-Thälmann-Straße Neuenhagen (bei Berlin), Quelle: BGS.

In einem gemeinsamen Entwurfsworkshop wurden verschiedene Entwürfe, basierend auf unterschiedlichen Szenarien zum Umgang mit den Bestandsbäumen (Erhalt und Fällung) erarbeitet. Bei

allen Entwürfen wurde klar, dass Stellplätze wegfallen müssen, um Platz für Retentionsraum zu schaffen. Es werden ca. 20 % der zu entwässernden Fläche benötigt. Die blau-grünen Beete werden ergänzt durch kleine Aufweitungen und Sitzmobiliar, um die Straße als Treffpunkt und Einkaufsort zu beleben. Ein innovatives Parkraummanagement könnte etwa in Kooperation mit dem angrenzenden Supermarkt entwickelt werden.

Friedenstraße, Solingen (federführend Hochschule Karlsruhe – HsKA)

In der Friedenstraße belasten der hohe Versiegelungsgrad und die gering ausgeprägten Baumscheiben die Vitalität der dortigen Straßenbäume. Besonderer Handlungsbedarf besteht, da die Bäume bei länger anhaltenden Trockenphasen unter Trockenstress leiden, während das bei Regenereignissen anfallende Niederschlagswasser ungenutzt über die Kanalisation abgeleitet wird. Als mögliche Lösungsansätze wurden das Verbreitern der Grünstreifen und eine Aufwertung der Baumstandorte und deren Umfeld genannt. Dies kann z.B. durch die Schaffung zusätzlicher unversiegelter Bereiche erreicht werden, indem diese den Bäumen als Wurzelraum zur Verfügung gestellt werden. Eine weitere Idee besteht darin, das Wasser von den Nebenverkehrsflächen gezielt zu den Bäumen zu leiten und die Bepflanzung und Entsiegelung von Parkflächen vorzunehmen. Eine oberirdische Zuleitung von Niederschlagswasser zu Bestandsbäumen wurde ebenfalls diskutiert. Dabei bestehen geäußerte Bedenken darin, dass die Bestandsbäume den Wassereinstau und die gezielte Zuleitung von Niederschlagswasser mit einer zusätzlichen Versickerung im Stammbereich nicht vertragen (u.a. Staunässe).

In Abbildung 36 ist eine erste Planungsidee dargestellt, die Tiefbeete mit Retentions- und Versickerungspotential beinhaltet.

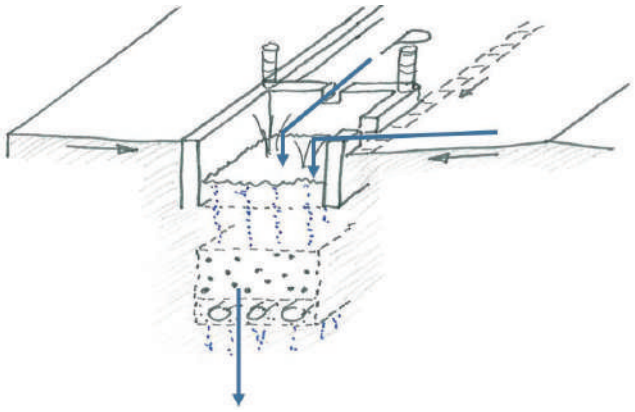


Abbildung 36 Planungsidee Friedenstraße, Quelle: BGS, HsKA.

Auf Grundlage der Ergebnisse des Workshops wird für die beiden Pilotstandorte jeweils ein Straßenraumentwurf erstellt, der dann mit den Beteiligten abgestimmt und weiterentwickelt wird. Ebenfalls werden die offenen Fragstellungen und Randbedingungen dafür weiter betrachtet und bearbeitet.

Heukämpchenstraße, Solingen (federführend Hochschule Karlsruhe – HsKA)

In Solingen wurden drei aus wasserwirtschaftlicher Sicht geeignete Standorte für die temporäre Rückhaltung von Niederschlagswasser im Straßenraum identifiziert. Die Identifikation erfolgte durch eine GIS-Analyse basierend auf der Gefahrenpotenzialkarte für Überflutungen und Erkenntnissen aus vergangenen Starkregenereignissen. Außerdem wurde das Umsetzungspotenzial berücksichtigt, indem Straßensanierungsprogramme und potenzielle Retentionsflächen einbezogen wurden.

Einen möglichen Pilotstandort für die schadensarme und kontrollierte temporäre Rückhaltung und Ableitung von Starkniederschlägen stellt der Straßenraum im Bereich der Heukämpchenstraße dar. In der Heukämpchenstraße kommt es in Folge von Starkregenereignissen regelmäßig zu Überflutungen im Straßenraum, welche aus der topografischen Tieflage und der hohen Auslastung des Kanalnetzes resultieren. Im Zuge der Neuplanung sollen Lösungen für die Minderung der Überflutungsproblematik erarbeitet werden.

Erste Überlegungen zur Umsetzung der dezentralen Retention und zur Neuaufteilung des Straßenraums wurden angestellt (Abbildung 37). Demnach soll Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen durch die Ausbildung eines V-Straßenprofils und durch den Einsatz von Kaskaden im Straßenraum zurückgehalten werden. Die Mittelrinnen könnten dabei als leistungsfähige Fließwege ausgestaltet werden. Leistungsfähigere Einläufe sowie Notüberläufe, welche nicht mehr rückhaltbares Wasser auf konfliktarme Flächen ableiten, erhöhen den Überflutungsschutz zusätzlich. Die Notüberläufe können mit dezentralen Elementen, wie zum Beispiel Muldenversickerungsanlagen, kombiniert werden. Durch die Anordnung dezentraler Maßnahmen lassen sich Synergien für die Verkehrsberuhigung und die Aufwertung der Freiraumgestaltung schaffen.

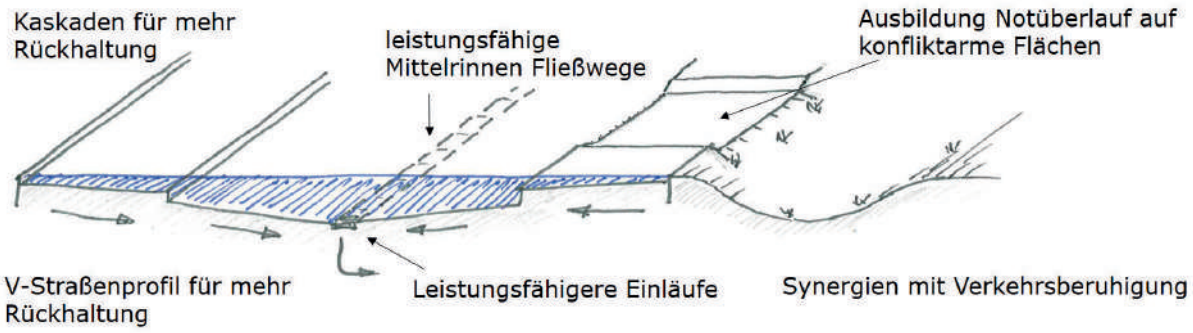


Abbildung 37 Planungsidee Heumkämpchenstraße, Quelle: BGS, HsKA.

Als übergeordnetes Ziel zur Klimafolgenanpassung des Straßenraums wurde die Gewinnung von Flächen für BGS-Elemente genannt. Eine konkrete Idee zur Gewinnung von Fläche besteht in der Reduktion der Anzahl der Parkstände. Die verbleibenden Parkstände könnten mit versickerungsfähigen Oberflächen, wie z.B. Rasengittersteinen, versehen werden. Die Tieferlegung der Parkstände würde darüber hinaus das mögliche Retentionsvolumen im Straßenraum erhöhen. Auch in einer Entwurfswerkstatt wurde die Möglichkeit beschrieben, Kaskaden mit Retentionsvolumen im stetigen Wechsel zwischen Grünfläche und Parkfläche zu schaffen (Abbildung 37).

Berücksichtigt werden müssen bei den Planungen die Fahrbahnbreite, die Schmutzfrachten, die Altlasten im Baugrund und der Baumbestand. Außerdem muss bei der Änderung des Straßenprofils, z.B. in Form der Erhöhung der Bordsteine auf 20 cm, die Höhe der Hauseingänge, die Barrierefreiheit und die Tiefe sowie die Lage von Versorgungsleitungen betrachtet werden. Ebenfalls gilt es die Frage zu klären, ob die geplante Bebauung eines angrenzenden Geländes (ehemaliges Grossmann-Gelände) zusätzliche Verkehrsbelastungen mit sich bringt.

In Solingen erweist sich die Ableitung von Dachwasser in den Straßenraum als schwierig, da rechtlich bislang noch Herausforderungen bei der Umsetzung bestehen. Notwendig wäre eine Änderung der Gebührensatzung und eine Freistellung vom Anschluss und dem Benutzungszwang. Wenn private Flächen nicht vom Kanalnetz abgekoppelt werden dürfen, kann die Akzeptanz für Abkopplungsmaßnahmen im öffentlichen Raum gering sein.

Ebenfalls wurde festgehalten, dass die gezielte und stetige Kommunikation vor Ort sehr wichtig ist, um Akzeptanz für das Projekt zu schaffen. Eine differenzierte Betrachtung zwischen der Normalsituation „Sommerregen“ und der extremen Situation in Folge von Starkregen wird für Planungen als wichtig angesehen.

Die auf diese Weise erarbeiteten konkreten Straßenraumentwürfe in den Partnerkommunen dienen als Grundlage zum einen für weitere Forschungsinhalte (Kapitel 2.9) und zum anderen für die Erarbeitung von Regelentwürfen und die Zusammenführung von BGS-Elementen in eine Toolbox (Kapitel 2.10).

Eine wesentliche Herausforderung für die Integration von BGS-Elementen in den Straßenraum stellt die Flächenkonkurrenz dar (vgl. u.a. Interview 14, 15, 19).

Die Entsiegelung von Flächen zur Hitze- und Starkregenvorsorge wird als schwierig wahrgenommen, da die öffentlichen Flächen begrenzt sind. Ein Zugriff auf private Flächen ist in der Regel nicht möglich. Die Straße selbst muss ihre Funktion als Verkehrsweg weiterhin erfüllen. Insbesondere in Altbauquartieren mit einem geringen Platzangebot konkurrieren die verschiedenen Nutzungsansprüche ruhender Verkehr, Radverkehr, Straßenbegleitgrün, Aufenthaltsfunktionen (Straßenmobiliar), Müllcontainer und Sondernutzungen miteinander (vgl. Interview 15). Die Baum- und die Stellplatzbilanz stehen bei der Straßenplanung im ständigen Konflikt – einer muss weichen (vgl. Interview 9). Der Wegfall von Stellplätzen ist gesellschaftlich und politisch schwierig und wird teilweise nicht mitgetragen (vgl. Interview 18). Wenn ein Fahrstreifen herausgenommen werde, entstehe Platz für andere Funktionen, ohne dass die Nebenflächen verringert werden müssten (vgl. Interview 13).

Interessenkonflikte zwischen Straßenbau (schnell und kostengünstig bauen), Wohnungsbau (hoher Flächenbedarf in Großstädten) hemmen die Umsetzung blau-grüner Elemente. Um diese zu lösen, werden übergeordnete Entscheidungen benötigt (vgl. Interview 16).

In Hamburg überträgt die Fachbehörde umfangreichere Aufgaben der wasserwirtschaftlichen Planungen auf die Straßenrealisierungsträger. In bestehenden Bebauungsplänen sind dafür im Moment jedoch meist keine Flächen vorgesehen. Dies führt zu Flächenkonkurrenzen. Die Verantwortlichen für die Aufstellung von B-Plänen müssen künftig stärker für das Thema sensibilisiert werden (vgl. Interview 17). Für die Frage nach Flächenverfügbarkeiten und -bedarfen für die Straßenabwasserreinigung ist es in Hamburg erfolgsversprechender, wenn die BUE als Fachbehörde aktiv wird (vgl. Interview 12).

Bestehende Leitungen insbesondere in den Nebenflächen stellen eine Herausforderung für die Integration blau-grüner Elemente in den Straßenraum dar. Leitungsträger mit Ausnahme von z.B. Fernwärmeleitungen seien zwar folgepflichtig, der Aufwand müsse aber verhältnismäßig sein. Die genaue Lage von Leitungen und Kabeln seien dabei oftmals erst durch Suchgrabungen herauszufinden (vgl. Interview 14). Konzessionsverträge mit Leitungsträgern müssen beachtet und manche Flächen freigehalten werden (vgl. Interview 1). Für Verkehrsräume, in denen keine Bäume gepflanzt werden können, sollten kleine praktikable Lösungen entwickelt werden. Dies können bauliche Verschattungselemente wie z.B. das Baldachin am Vieux Port in Marseille sein (vgl. Interview 20).

Erkenntnisse aus Experteninterviews 9 – Flächenkonkurrenz, Quelle: BGS, HCU.

Literatur Kapitel 2.10

BBSR (2018): Urbane Freiräume - Qualifizierung, Rückgewinnung und Sicherung urbaner Frei- und Grünräume. Handlungsempfehlungen für die kommunale Praxis, bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, Berlin und HCU HafenCity Universität Hamburg im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR, Hrsg.).

FSGV (2006): Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06): Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.

Heinz, Harald (2014): Straßen und Plätze - Funktion Sicherheit Gestaltung.

UBA (2017): Fachbroschüre Straßen und Plätze neu denken, Wolfgang Aichinger, Dr. Michael Frehn Planersocietät Stadtplanung, Verkehrsplanung, Kommunikation im Auftrag des Umweltbundesamtes (Hrsg.).

SenUVK (2017): Hinweisblatt der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz zur Begrenzung von Regenwassereinleitungen bei Bauvorhaben in Berlin (BReWa-BE).

EG-WRRL. (23. Oktober 2000). Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327/1.

RISA. (2015). *Strukturplan Regenwasser 2030- Zukunftsfähiger Umgang mit Regenwasser in Hamburg.* Hamburg: Hamburger Stadtentwässerung AöR (HSE) und Behörde für Umwelt und Energie (BUE).

WHG. (2009). Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz). Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz, gefunden unter www.gesetze-im-internet.de.

2.10.3 Toolbox- Ziele und Inhalte

Die Zusammenfassung der Erkenntnisse in Form eines Werkzeugkastens und als Planungshilfe für den Entwurf qualitätsvoll gestalteter multicodierter blau-grüner Straßenräume ist ein Projektziel, welches während der Laufzeit stetig weiterentwickelt wird. Dabei etablierte sich aus den ersten Projekttreffen die Benennung des Werkzeugkastens als Toolbox. Zurzeit werden für diese Toolbox BGS-Einzelelemente und -Regelquerschnitte entwickelt. Sie zeigen exemplarische Lösungen zu den blau-grünen Zielen der hitzeangepassten und wassersensiblen Straßenraumgestaltung sowie zur Verbesserung der Aufenthalts- und Nutzungsqualität für FußgängerInnen und RadfahrerInnen auf.

Die Beschreibung der Werkzeuge wird vor allem aus den Erkenntnissen der BGS-Konzeptstudien und Planungen in den Pilotprojekten sowie aus den einzelnen BGS-Modulen, wie z.B. zu Wasserspeicherung (Kapitel 2.3), Pflanzgruben und Baumrigolen (Kapitel 2.2) oder zum Sanierungsmanagement (Kapitel 2.6) generiert. Hierzu werden die neuen Anforderungen der Multicodierung an BGS, wie die Kühlung durch Verdunstung, Staubbindung, Retention und Notwasserwege für Starkregen, Reinigung von Schadstoffen, in „Entwurfselemente“ des Straßenraums auf der Basis der Zwischenergebnisse der einzelnen Module übersetzt und mit den klassischen Anforderungen des Straßenraums (Erschließungsfunktion, Verbindungsfunktion, Aufenthalt, Stadtgestaltung, Sicherheit usw.) verknüpft.

Ein weiterer wichtiger Baustein stellen die Arbeitsschritte für den Prozess des Straßenraumentwurfs dar. Bestehende definierte Prozess- und Arbeitsabläufe auf kommunaler Ebene werden in BGS analysiert, um aufzuzeigen, zu welchem Zeitpunkt blau-grüne Inhalte adressiert werden müssten.

Die Toolbox führt die gestalterischen und entwurfsrelevanten Teilergebnisse aus den multicodierten Straßenraumentwürfen der Pilotkommunen und der BGS-Module zusammen. Sie soll im Ergebnis verschiedene anwendungsbezogene Werkzeuge für die Planungspraxis in den Kommunen bereitstellen. Adressaten sind v.a. die öffentlichen und auch privaten Akteure, die für die Konzeption, Planung und den Umbau von Straßen und deren Begleiträume verantwortlich sind. Zusammenfassend werden bereitgestellt:

- Empfehlungen für den Prozessablauf von multicodierten Straßenraumentwürfen,
- Aufzeigen von Straßenraumgestaltungen für unterschiedliche konkrete Entwurfssituationen (Regelquerschnitte für typische Entwurfssituationen),
- Empfehlungen für die Kombination der BGS-Elemente in unterschiedlichen Entwurfssituationen.

Diese Werkzeuge nehmen Bezug auf aktuelle Regelwerke der Verkehrs- und Freiflächenplanung sowie der Wasserwirtschaft. Soweit Lücken oder Fortschreibungsbedarf bei den Regelwerken erkannt werden, werden diese benannt (vgl. Kapitel 2.10.1).

2.10.4 Empfehlungen für den Prozessablauf von Straßenraumentwürfen

Parallel zur Entwurfsarbeit für die Pilotprojekte in den Partnerkommunen wurden die Prozessabläufe der RASt 06 und der ReStra analysiert. Hierzu wurden die Vorgehensweisen der beiden Regelwerke in Bezug auf den Ablauf, die Zielstellungen und das methodische Vorgehen in BGS analysiert. Ziel ist es, den Aufbau und den Prozessablauf für die Planung von BGS als idealisiertes Prozessschema abzubilden und somit den Kommunen und PlanerInnen nicht nur eine Toolbox, sondern auch ein Prozessschema für die Planung von BGS mit an die Hand zu geben.

Die Struktur der RASt 06 und der darin beschriebene Prozessablauf soll hierfür mit den notwendigen Prozessschritten für die Planung multicodierter Straßenraumentwürfe verschränkt werden (Abbildung 38). Auf diese Weise soll es PlanerInnen ermöglicht werden, BGS-Elemente von Beginn an in die Straßenplanung zu integrieren.

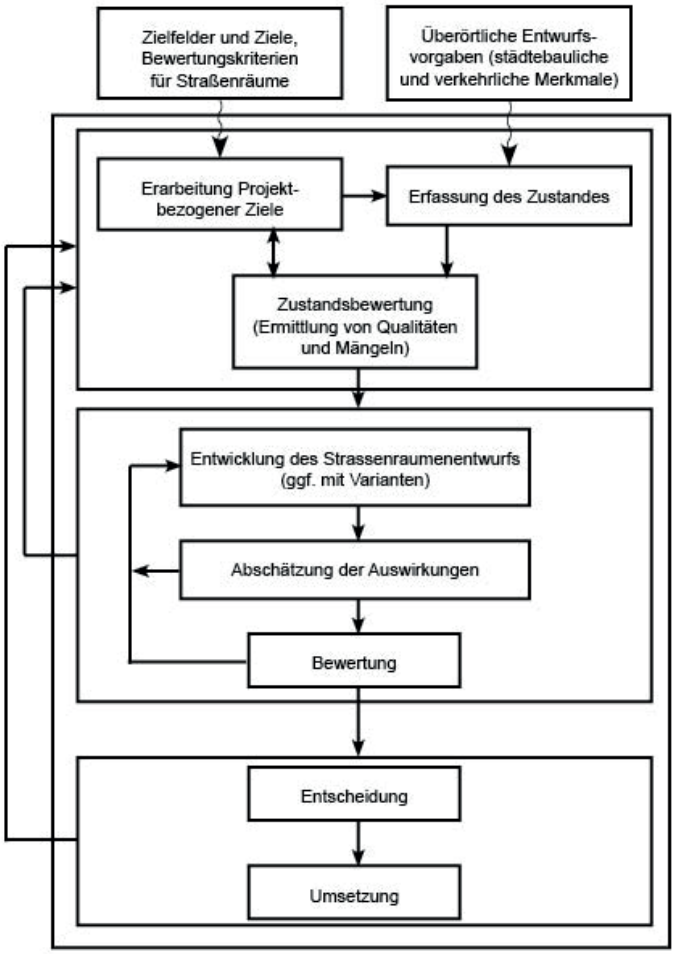


Abbildung 38 Ablauf eines Straßenraumentwurfs nach RASt 06, Quelle: FGSV 2006: 8.

Aus den bisherigen Erfahrungen im Entwurfsprozess mit den Partnerkommunen und aus der konkreten Arbeit mit der RASt 06 wurden erste Ergänzungen für die Integration von BGS in der Planung abgeleitet.

Zum einen wurde deutlich, dass die Integration blau-grüner Ziele in allen Stufen des Ablaufs des Straßenraumentwurfs erfolgen müsste. Beginnend bei der Formulierung der Nutzungsansprüche der RASt 06, in der das Thema Begrünung keine entwurfsprägende Rahmenbedingung darstellt (vgl. FGSV 2006: 14 ff.) über die konkrete Ergänzung blau-grüner Ziele in den Zielfeldern und den

projektbezogenen Zielen bis hin zu der Entwurfsbewertung, in welcher Bewertungskriterien und -verfahren für blau-grüne Ziele zu ergänzen wären (vgl. FGSV 2006: 12).

In einem nächsten Schritt des Forschungsprojekts werden die oben beschriebenen notwendigen Ergänzungen des Entwurfsprozesses konkretisiert, weiter ausgearbeitet, mit den BGS-Projektbeteiligten diskutiert und im folgenden Bericht dargestellt.

2.10.5 BGS-Regelquerschnitte für typische Entwurfssituationen

Die BGS-Regelquerschnitte entstehen nach dem Prinzip des Research by Design als Abstrahierung der Straßenquerschnitte, die orts- und situationsbezogen für die Pilotprojekte erarbeitet werden. Die Entwicklung der Regelquerschnitte erfolgt also evolvierend mit dem Entwurf der Straßenquerschnitte für die Pilotprojekte. Im ersten Schritt werden hierfür die Straßen in den Pilotkommunen den typischen Entwurfssituationen der RASt 06 anhand der jeweiligen Charakteristika zugeordnet. Die RASt 06 legt folgende Merkmale zugrunde: Kategorisierung der Verkehrswege nach RIN (Richtlinien für integrierte Netzgestaltung), Bebauungsformen und Dichte, städtebauliche Charakteristik, Nutzungen, Länge, Verkehrsstärke und besondere Nutzungsansprüche.

Von den zwölf typischen Entwurfssituationen, die in der RASt 06 definiert werden (vgl. FGSV 2006: 33-62), konzentriert sich BGS auf sechs Typen:

Wohnstraße, Sammelstraße, Quartiersstraße, Örtliche Geschäftsstraße, Hauptgeschäftsstraße und Verbindungsstraße.

Dabei werden fünf typische Entwurfssituationen in BGS durch die Pilotprojekten repräsentiert (Tabelle 10). Lediglich die Hauptgeschäftsstraße wird nicht durch einen realen Straßenraum hinterlegt. Die Auswahl begründet sich primär durch die inhaltliche Fokussierung des Forschungsprojekts auf urbane Stadtquartiere. Bei der Zuordnung zeigte sich, dass manche Straßen in ihrer Charakterisierung nicht ganz eindeutig abgegrenzt werden können. Zwei Straßen entsprachen in ihrer Charakterisierung eher dem Typus der Verbindungsstraße und der Sammelstraße. In dem entsprechenden Straßenabschnitt, für die der Entwurf entwickelt wird, weisen sie jedoch auch Merkmale einer örtlichen Geschäftsstraße auf. Die Tabelle 10 fasst die Zuordnung der Pilotprojekte in die Entwurfssituationen und Kategorien der RASt 06 zusammen.

Tabelle 10 Übersicht der Pilotprojekte und die Einteilung in Kategorien nach RASt 06, Quelle: BGS.

Stadt	Straße	DTV	Typische Entwurfssituation RASt 06	Kategorie Verkehrswege RIN
Hamburg	Högerdamm	14.000	Verbindungsstraße	Hauptverkehrsstraße
Hamburg	Königstraße	15.000-20.000/-30.000	Verbindungsstraße	Hauptverkehrsstraße
Solingen	Friedensstraße	k.A.	Verbindungsstraße	k.A.
Solingen	Heukämpchenstraße	1.500	Quartiersstraße	Erschließungsstraße
Bremen	Adolf-Reichwein-Straße	1.800	Wohnstraße	Erschließungsstraße
Bremen	Paul-Singer-Straße	1.900	Sammelstraße	Erschließungsstraße
Bremen	Kurt-Schumacher-Allee	12.000/9000	Verbindungsstraße/ örtliche Geschäftsstraße	Hauptverkehrsstraße
Berlin	Rudolfstraße	13.400	Sammelstraße	Erschließungsstraße
Berlin	Ungarnstraße	15.000	Sammelstraße	Erschließungsstraße
Neuenhagen	Ernst-Thälmann-Straße	k.A.	Sammelstraße/ örtliche Geschäftsstraße	k.A.

Im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts gilt es, die Querschnitte der Pilotprojekte weiter mit den kommunalen Akteuren auszuarbeiten und dann zu abstrahieren, um daraus BGS-Regelquerschnitte für die typischen Entwurfssituationen zu erarbeiten.

2.10.6 Grundlagen und Standards für BGS-Regelquerschnitte

Abwägungsprozess der RASt 06

Die RASt 06 sieht einen Abwägungsprozess zur städtebaulichen Bemessung der Straßenraumaufteilung vor. In die Überlegungen zur Straßenraumaufteilung fließen u.a. die Gesamtraumbreite und die angestrebte Proportion, die notwendige Abmessung der Seitenräume (Gehwegbreite aufgrund der erforderlichen Flächen für den Fußverkehr, Ansprüche angrenzender baulicher Nutzungen) sowie die verkehrlich notwendige Fahrbahnbreite ein. Hieraus ergibt sich in der Abwägung mit der verkehrlich notwendigen Fahrbahnbreite die städtebaulich mögliche Fahrbahnbreite (RASt 06:21).

Ausgehend von der RASt 06 knüpfen die BGS-Regelquerschnitte an die für die jeweiligen Entwurfssituationen empfohlenen Breiten für die Fahrbahn, den Gehweg und Pkw-Stellplätze an.

Die Regelquerschnitte in BGS berücksichtigen darüber hinaus die Anforderungen, die für die Anlagen der BGS-Elemente sowie des BlueGreenStreets-Korridors (BGS-Korridors) erforderlich sind.

BGS-Korridor und BGS-Komplementärstreifen

Der **BGS-Korridor** bündelt die Anforderungen einer wassersensiblen, hitzeangepassten und einladenden Straßenraumgestaltung und formuliert einen kommunizierenden Streifen, in dem die BGS-Elemente angeordnet werden. So sollen optimierte Bedingungen der Regenwasserbewirtschaftung und angemessene Wuchsbedingungen für Straßengrün und Baumpflanzungen geschaffen werden. Zusätzlich können ergänzende BGS-Elemente unabhängig vom BGS-Korridor an anderer Stelle des Straßenraums oder auf benachbarten Flächen angeordnet werden.

Derzeit wird davon ausgegangen, dass der BGS-Korridors mindestens 2,35 m breit sein sollte. Eine Mindestbreite wird für erforderlich gehalten, um für die Anlage der Baumscheiben der Straßenbäume und die Anordnung etwa von Verdunstungs-, Tiefbeeten und Versickerungsmulden einen ausreichend breiten Netto-Raum zu gewährleisten. Erfahrungen aus Bauvorhaben zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung im Straßenraum (z.B. in der nördlichen Gartenstadt in Potsdam oder in der Wissenschaftsstadt Adlershof) haben gezeigt, dass die baulichen Einfassungen von abgesenkten Flächen der Regenwasserbewirtschaftung und Pflanzflächen im Straßenraum (Borde mit Fundament und Betonrückenstütze) in der Regel in der Ausführung zu Lasten des Bepflanzungsstreifens ausgeführt werden. Das heißt, dass von der verfügbaren Breite des Pflanzstreifens zumeist etwa 25 - 35 cm für die Einbauten der Einfassungen abzuziehen sind. Auf der anderen Seite des Pflanzstreifens ragt die Rückenstütze des Gehwegkantensteins in den Pflanzbereich. Bei einer Brutto-Breite unter 2,35 m für den BGS-Korridors entstehen Konflikte z.B. mit Baumpflanzungen, die zumeist mit großkronigen Straßenbäumen und vergleichsweiser hoher Pflanzqualität gepflanzt werden. Hier sollte die verfügbare Nettobreite für die Baumscheibe mindestens 1,80 m betragen, damit die Wurzelballen beim Pflanzen nicht zurückgenschnitten werden müssen. Versickerungsmulden werden in der Regel 30 cm tiefer als die Fahrbahn angelegt, bei Verwendung von Hochborden ist von einem Höhenunterschied von 40 cm auszugehen. Um Rasenböschung maschinell pflegen zu können, ausreichend Flächen für die Versickerung bereitzustellen, wird auch eine Breite von Mindestens 2,00 bis 2,35 m anzustreben sein. Wenn Parkstände neben Versickerungsmulden angeordnet werden, bedarf es eines Ausstiegstreifens auf der Beifahrerseite, damit Mitfahrende trockenen Fußes aus dem Auto gelangen. Insofern wird als These im Forschungsprojekt eine Mindestbreite für den BGS-Streifen von 2,35 m angenommen.

Ziel ist es, im weiteren Forschungsprozess die Orientierungswerte für die optimale Breite des BGS-Korridors in Abhängigkeit von den Zielen der Regenwasserbewirtschaftung und der Kombination unterschiedlicher BGS-Elemente auszudifferenzieren und fachlich weiter zu untersetzen.

Bei großzügigeren Straßenraumbreiten, einer einseitigen Anordnung des BGS-Korridors und/oder bei spezifischen Anforderungen an die Gestaltung mit Stadtgrün, die Regenwasserbewirtschaftung oder der Starkregenvorsorge kann dieser Korridor entsprechend variabel verbreitert werden.

Mit dem BGS-Korridor wird der Raumanspruch für die BGS-Ziele im Straßenraum deutlich gemacht. Die Umsetzung im Bestand muss unter Einbeziehung der weiteren Anforderungen an den Straßenraum verhandelt werden.

Ein weiteres Element ist der **BGS-Komplementärstreifen**[3], der ebenfalls BGS-Elemente aufnimmt, die allerdings mit einem begrenzten Raumbedarf auskommen. Darüber hinaus enthält er auch weitere Elemente wie Sitzbereiche, Fahrrad- und Pkw-Stellplätze, technische Elemente (z.B. Paketbox, Litfaßsäule, Stromkästen, etc.). Der Komplementärstreifen ergänzt somit den BGS-Korridor. Er muss nicht zwingend Straßenbäume aufweisen. Auf ein Mindestmaß für die Breite kann daher verzichtet werden.

Orientierungswerte für den Flächenbedarf von BGS-Elementen

Um den Flächenbedarf für die Regenwasserbewirtschaftung (RWB) bei der Konzeption von BGS-Straßen zu minimieren gelten zunächst folgende Grundannahmen:

Der Flächenbedarf für die RWB fällt geringer aus,

- je geringer der Anteil der versiegelten Flächen ist und/oder
- je geringer der Abflussbeiwert und je höher die Retentions- und Versickerungskapazität ist (Teilversiegelung, begrünte Seitenstreifen, Pflaster mit Rasenfugen…).

Anhand dieser Flächenparameter leiten sich dann die konkreten Flächenbedarfe für die dezentrale RWB ab.

Je nach BGS-Anforderungsprofil der Straße sollten folgende ungefähre Kennzahlen für den Flächenbedarf der BGS-Elemente und -Korridore im Straßenraum erfüllt sein:

- Abflusslose Straße mit Schwerpunkt dezentrale Versickerung: 15 % der angeschlossenen versiegelten Flächen (Nettofläche, bei günstigen Bodenverhältnissen; zu ergänzen: Kennzahl bei mittleren Versickerungsverhältnissen)
- Verdunstungsstraße (Verdunstungsbeete nehmen 100 % Regenwasser auf, Überlauf wird dezentral versickert): 30 % der versiegelten Flächen (Nettofläche).

2.10.7 Ausblick auf die weitere Erarbeitung der Grundlagen und BGS-Regelquerschnitte

Als eine Arbeitshilfe der BGS-Toolbox für die grobe Orientierung bei der Konzeption von BGS-Straßen soll eine Matrix mit Orientierungs-/Kennwerten für die Regenwasserbewirtschaftung entwickelt werden. Die Kennwerte sollen dabei als Bandbreite für den Flächenbedarf (z.B. 4-8 %) formuliert werden. Von den einzelnen BGS-Fachmodulen erfolgt hierzu eine Zuarbeit und fachliche Überprüfung (z.B.: Mindestgrößen von Baumrigolen, Platzbedarf Straßenbäume, Platzbedarf Versickerungsmulden).

Ein weiterer wichtiger Baustein und Arbeitsschritt ist die Entwicklung von BGS-Regelquerschnitten. Dazu werden im Verlauf des Forschungsprojekts die geplanten Querschnitte der Pilotprojekte mit den kommunalen Akteuren weiterentwickelt und ausgearbeitet, um sie dann für die BGS-Regelquerschnitte für die typischen Entwurfssituationen zu abstrahieren. Der BGS-Korridor wird weiter konkretisiert. Zusätzlich werden Lagepläne erarbeitet, die den Flächenbedarf der BGS-Elemente in der konkreten Entwurfssituation darstellen. Diese Ergebnisse fließen dann in die Entwicklung der Kennwerte und Regelquerschnitte ein.

2.10.8 BGS-Elemente der Toolbox

Die Toolbox vereint die wichtigsten Entwurfselemente von BGS. Die BGS-Elemente haben eine multifunktionale Wirkung und leisten einen Beitrag zu den übergeordneten Zielen:

- Straßenräume wassersensibel gestalten,

[3] Arbeitstitel innerhalb des Projekts.

- Hitzevorsorge durch Verdunstung und Verschattung unterstützen sowie
- freiräumliche Ziele im Straßenraum umsetzen.

Alle BGS-Elemente sollen in der Regel einen mehrdimensionalen Beitrag zu den Zielen der multifunktionalen Straßenraumgestaltung in BGS leisten:

- zur zielgerichteten Verbesserung der Grünausstattung und Aufenthalts- und Nutzungsqualität der Straßen,
- zur Verbesserung der Wasserspeicherkapazität der Böden,
- zu einer Regenwasserbewirtschaftung, die das von den befestigten Flächen abfließende Regenwasser vor Ort zurückhält, speichert und den Bepflanzungen gezielt zur Verdunstung zur Verfügung stellt,
- zur Förderung und stofflichen Entlastung der Grundwasserneubildung und der natürlichen Vorflutsysteme sowie
- zur Starkregenvorsorge.

BGS-Kaskadenstrategie für die Regenwasserbewirtschaftung

BGS verfolgt in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Straßensystem eine Kaskaden-Strategie. Wesentliches Ziel für diese Strategie ist die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt. Zudem soll die Straßenbegrünung möglichst optimal mit Wasser versorgt werden. Hierbei wird die Nutzung des Regenwassers in den Verfahrensschritten der Kaskade angestrebt:

Speicherung (im Bodenraum und technisch) – ggf. temporäre Rückhaltung – Bewässerung – Verdunstung – Versickerung [ggf. Ableitung/Notüberlauf]

Eine Ableitung bzw. der Notüberlauf wird nur dann vorgesehen, wenn die Nutzung und Rückhaltung des Regenwassers im Straßenraum selbst nicht vollständig erfolgen kann (z.B. aufgrund fehlender Retentionsmöglichkeiten, ungeeigneter lokaler Versickerungsbedingungen oder zur Gefahrenabwehr im Fall extremer Starkregenereignisse).

Dieses Prinzip ist grundlegend für eine effektive Hitzevorsorge (bioklimatische Entlastung der dichter werdenden Städte im Klimawandel), für den Schutz und Stabilisierung des urbanen Gewässersystems und des Naturhaushalts sowie für die Erhöhung der Biodiversität. Auch die Starkregenvorsorge wird hierdurch gefördert.

Anstelle einer raschen Ableitung über die Kanalisation soll das anfallende Regenwasser soweit wie möglich vor Ort zurückgehalten, im Boden oder auch durch technische Maßnahmen gespeichert und den Bepflanzungen zur Vitalitätsförderung und Erhöhung der Verdunstungsleistung bereitgestellt bzw. über Systeme kontinuierlich zugeführt werden. Die dezentrale Versickerung über Vegetationsflächen dient dazu, das Regenwasser vorzureinigen und den höheren Bepflanzungen und dem lokalen Wasserhaushalt zuzuführen. Nur das Wasser, was in den ersten Kaskadenschritten nicht vor Ort zurückgehalten werden kann, soll geordnet abgeleitet werden (zur Speicherung, ggf. temporären Rückhaltung und Versickerung). Die Zuleitung in die Vorflut oder zur Klärung soll nur im Ausnahmefall erfolgen.

Für Starkregenereignisse wird Vorsorge getroffen, indem für möglichst die gesamte Wassermenge ein temporäres Retentionsvolumen im Straßenraum geschaffen wird. Für den Bedarfsfall werden Überläufe und Notwasserwege vorgesehen, die zu temporären Retentionsräumen in geeignete, benachbarte Flächen führen. Auch für die Flächen des Straßenumfeldes, die als Notretentionsraum dienen, soll das BGS-Kaskadenprinzip zur Anwendung kommen.

Zu den spezifischen Wirkungen und Nutzungsqualitäten, die mit den Elementen verbunden sind, zählen u.a.:

- Evapotranspirationsleistung erhöhen,
- Versickerungspotenzial nutzen,
- Überflutungsschutz bzw. Umgang mit Starkregenereignissen,

- Regenwassernutzung,
- Verschattung,
- Erhöhung Albedo,
- Schaffung qualitätsvoller Aufenthalts- und Begegnungsräume,
- Grünvolumen und Biodiversität erhöhen sowie
- Flächen/Angebote für umweltfreundliche Mobilität schaffen.

Darstellung und Erläuterung der BGS-Elemente

Im Folgenden wird eine erste Auswahl von BGS-Elementen dargestellt und werden kurz die wesentlichen Wirkungen und Effekte beschrieben. In der weiteren Durcharbeitung wird die Toolbox eine detailliertere Beschreibung sowie die genauere Bewertung des Nutzens und der Multifunktionalität der BGS-Elemente beinhalten.

Um diese erste Auswahl zu spiegeln und weiterzuentwickeln, werden diese Elemente im Rahmen der ersten Entwurfswerkstatt mit VerbundpartnerInnen, kommunalen PartnerInnen sowie weiteren Stakeholdern vorgestellt und diskutiert. Im Ergebniss sollen Hinweise zur Auswahl, zu Mindestanforderungen und Ausgestaltung sowie zur Beschreibung der BGS-Elemente gemeinsam herausgearbeitet werden.

Verdunstungselemente:

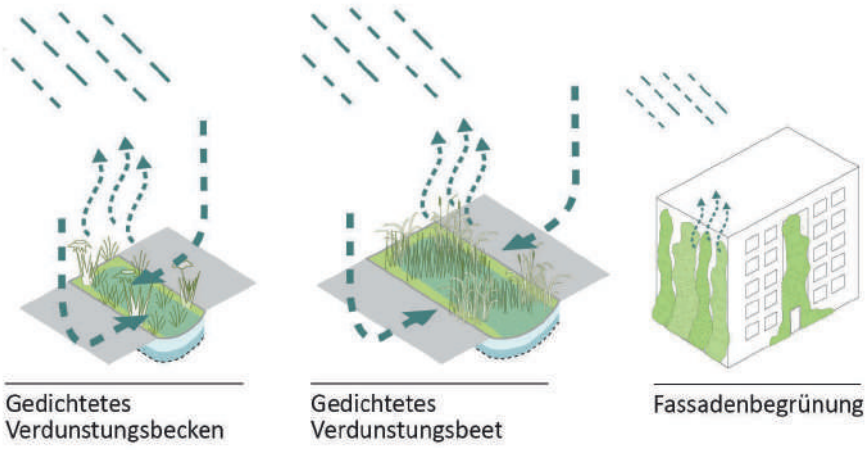


Abbildung 39 Darstellung BGS-Elemente der Verschattung und Kühlung, Quelle: BGS, bgmr.

Um mit der RWB einen möglichst großen Beitrag zur Kühlung des Stadtquartiers zu erzielen, soll das Wasser möglichst lange im Gebiet gehalten und langsam verdunstet werden. Flächen mit einer hohen Evapotranspiration (Verdunstung über die Blätter der Pflanzen und den Boden) sind hierbei besonders günstig. Daher sollten Vegetationsflächen angelegt werden, die gut mit Wasser versorgt werden und über die Blattoberfläche eine gute Verdunstung erreichen können (Vgl. Tegel Projekt GmbH 2017: 10).

Gedichtete Verdunstungsbecken

Um die Verdunstungskühlung im Straßenraum zu erhöhen, können neben Baumrigolen auch Verdunstungsbeete – sogenannte Urban Wetlands – eingesetzt werden. Diese wassergesättigten Vegetationsbeete oder -becken sind in der Gründung gedichtet, um das Wasser möglichst lange wie ein „Schwamm“ zu halten. Auf diese Weise kann Regenwasser im Boden gespeichert werden und somit über längere Perioden zur Verdunstungskühlung beitragen. Im Vergleich zu anderen Urban Wetlands wie Wasserflächen, blau-grünen Fassaden und schwimmenden Vegetationsinseln wird die Effektivität von Verdunstungsbeeten als sehr hoch bewertet (Vgl. UBA 2019: 28).

Im Vergleich zum Verdunstungsbeet ist die Einfassung gedichteter Verdunstungsbecken (z.B. aufgrund des geringen Platzbedarfs oder aus gestalterischen Gründen) eher technisch ausgeführt. In der Bepflanzung überwiegen niedrige Vegetationsstrukturen.

Gedichtete Verdunstungsbeete

Die Verdunstungsbeete funktionieren wie die Verdunstungsbecken, sie sind jedoch größer und haben mit größeren Schilfpflanzungen einen landschaftlicheren Charakter. Durch ein kaskadiertes System aus Überläufen können sie überschüssiges Wasser aus angeschlossenen Verdunstungsbecken aufnehmen.

Wand-/Fassadenbegrünung

Die Begrünung von Wänden und straßenseitigen Fassaden ist ein weiterer Baustein, um die Kühlung des Straßenraumes durch Evapotranspiration zu ergänzen. Eine optimale Kühlwirkung wird mit bodengebundenen und bewässerten Fassadenbegrünungen erreicht (vgl. SenStadtUm 2016: 34).

Vitale Baumstandorte:

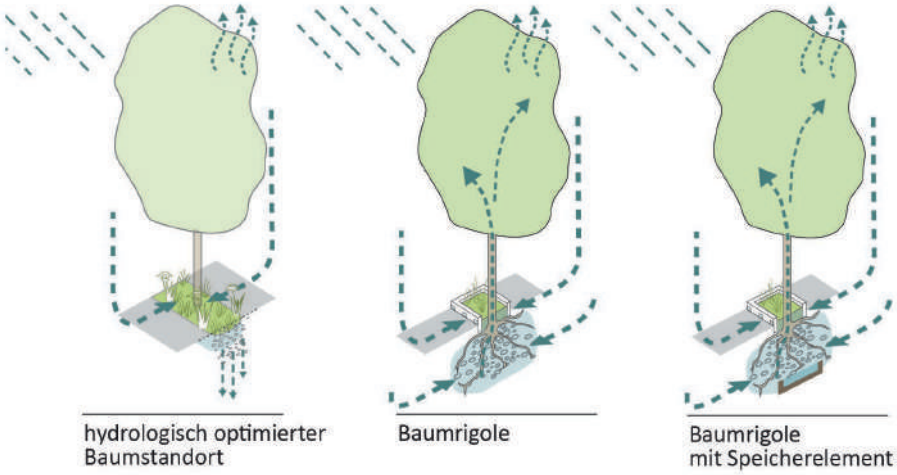


Abbildung 40 Darstellung BGS-Elemente für vitale Baumstandorte, Quelle: BGS, bgmr.

Bäume und Baumreihen im Straßenraum sind ein essentielles Gestaltungselement zur Schaffung verschatteter qualitätsvoller Straßenräume. Um die Vitalität der Bäume auch unter Hitzestress zu gewährleisten und den Platz der Baumscheiben gleichzeitig für dezentrale Versickerung zu nutzen, sollten die Baumscheiben durch Maßnahmen der Verfügbarmachung des Regenwassers für die Wasserversorgung der Bäume optimiert werden.

Hydrologisch optimierter Baumstandort

Durch die Ausgestaltung des Baumstandortes als Mulde (Abbildung 40) kann mehr Regenwasser zurückgehalten werden, wodurch auch die Wasserverfügbarkeit für den Baum erhöht wird.

Mit der Zuführung des Regenwassers aus den versiegelten Nebenflächen in die Baumstandorte kann bereits ein erster Schritt der Verbesserung der Wasserversorgung erreicht werden. Hierbei muss zwischen neuen und bestehenden Baumstandorten unterschieden werden (Kapitel 2.2).

Baumrigole

Bei der Baumrigole nach Stockholmer Modell (Abbildung 40, Mitte) wird die Baumgrube und auch die angrenzenden befestigten Bereiche mit Drainageschotter und einem strukturreichen Baumsubstrat gefüllt (Kapitel 2.2). Ergänzend werden die Straßen über Schächte in den Drainageschotter entwässert. Dadurch wird der Wurzelraum erheblich vergrößert und gleichzeitig die Wasserverfügbarkeit verbessert.

Baumrigole mit Speicherelement

Der Baumstandort wird durch eine unterirdisch angelegte Rigole ergänzt (Kapitel 2.2). Teile der Rigole werden als Wurzelraum für den Baum genutzt. So wird die Wasserversorgung als auch die Verdunstungsleistung erhöht. Durch ein gedichtetes Reservoir unter dem Wurzelraum wird ein langfristiger Wasserspeicher auch für warme Trockenphasen geschaffen (Abbildung 40).

Zu weiteren technischen Details (z.B. zur Verwendung unterschiedlicher Substrate) siehe die Texterläuterung zum Modul 1.2 in Kapitel 2.2 und die Steckbriefe zu den Baumrigolen im Anhang 1.

Elemente der Versickerung:

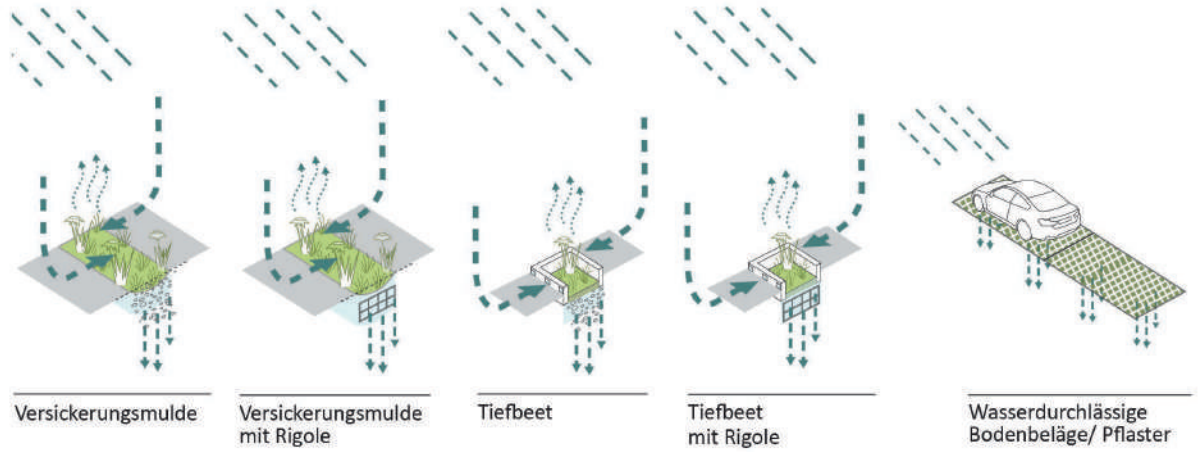


Abbildung 41 Darstellung BGS-Elemente der Versickerung, Quelle: BGS, bgmr.

Dezentrale Versickerungselemente (Abbildung 41) sind multicodierte Flächen, die vielfältigen Aufgaben erfüllen. Durch die Versickerungsleistung werden der natürliche Wasserkreislauf unterstützt und der Überflutungsschutz bei Starkregen gewährleistet. Gleichzeitig tragen die dauerhaft begrünten Flächen zur Erhöhung der Verdunstungskühlung über die Vegetation und somit zur Hitzevorsorge bei. Die grünen Elemente sind so zu gestalten und zu pflegen, dass sie auch zu atmosphärischen und qualitätsvollen Freiräumen in der Straßenraumgestaltung werden.

Versickerungsmulde & Versickerungsmulde mit Rigole

In der Versickerungsmulde wird das Regenwasser kurzfristig in dauerhaft grünen, beliebig geformten Mulden gespeichert und über sickerfähiges Bodensubstrat dezentral versickert (Abbildung 41). Die Muldenversickerung wird angewendet, wenn der Boden einen ausreichend guten Infiltrationswert aufweist und genügend Grünfläche zur kurzzeitigen Speicherung zur Verfügung steht (ca. 10-20 % der angeschlossenen befestigten Fläche).

Wenn wegen geringer Platzverhältnisse oder mittlerer Versickerungseigenschaften der Böden eine reine Muldenversickerung nicht ausreicht, wird die Versickerungsmulde durch eine unterirdische Rigole ergänzt. Die Rigole ist mit Kies oder Kunststofffüllkörpern gefüllt und wird durch den Überlauf der Mulde gespeist. Die Rigole entwässert über Versickerung auf der Sohle und den Seiten in den anstehenden Bodenkörper.

Tiefbeet Versickerung

Bei beengten Platzverhältnissen können Tiefbeete die dezentrale Versickerung leisten (Abbildung 41). Die begrünte und tiefergelegte Versickerungsanlage wird hierbei von einem Betonrahmen eingefasst, der den Einstau eines größeren Regenwasservolumens erlaubt. Durch die Ergänzung des Tiefbeetes mit einer Rigole kann die Leistungsfähigkeit zur Aufnahme von Regenwasser weiter optimiert werden. Es soll darauf geachtet werden, dass die Bauteile aus Beton gestalterisch nicht zu dominant ausfallen und zu Flächen werden, die sich zu stark aufheizen. Diese kann z.B. durch eine höhere Bepflanzung im Tiefbeet und die Beachtung des Albedo-Effekts verhindert werden.

Der Flächenbedarf dieses Elements ist deutlich geringer als bei einem herkömmlichen Mulden-Rigolen-Element (nur ca. 3-5 % der angeschlossenen versiegelten Fläche). Tiefbeete eignen sich daher besonders auch für beengte Raumsituationen und schmalere Straßenräume.

Wasserdurchlässige Bodenbeläge

Eine Möglichkeit um auch die befestigten Flächen für die dezentrale Versickerung zu nutzen ist der Einsatz von versickerungsfähigen Belägen bzw. Pflaster (Abbildung 41). Hier können entweder versickerungsfähige Beläge (z.B. Natur- oder Betonsteine mit breiter Fuge) oder Rasengittersysteme zum Einsatz kommen. Besonders letztere haben den Vorteil, dass sie durch die Entsiegelung zu einem grünen Erscheinungsbild der Straße beitragen und somit auch die Freiraumqualität erhöhen.

Starkregenvorsorge & größere Rückhaltesysteme:

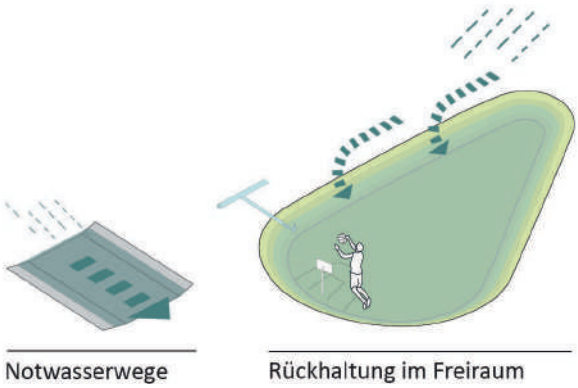


Abbildung 42 Darstellung BGS-Elemente für Starkregenvorsorge und Rückhaltung, Quelle: BGS, bgmr.

Eine mehrdimensionale Planung des Stadtraums nutzt Flächen verschiedener Nutzungen wie Straßen, Plätze Grünflächen o.Ä. als temporäre Flutungsräume für seltene, aber in vielen Regionen vermehrt auftretende Starkregenereignisse. Dadurch können schadenssensible Bereiche wie etwa Keller und Erdgeschoße gezielt geschützt werden (vgl. Hansestadt Bremen 2015: 24). Das Regenwasser wird durch solche Elemente auch temporär im Stadtraum erlebbar (Abbildung 42).

Notwasserwege

Die Nutzung von Straßen als „Notwasserwege“ für eine kontrollierte Ableitung des Niederschlagswassers kann die Überflutungsschäden reduzieren (Abbildung 42). Durch die oberflächliche Ableitung des Niederschlags wird, an Stellen wo Überflutungsanalysen ein erhöhtes Risiko für einen Einstau abbilden, der Wassereinstau im Straßenraum minimiert. Um Starkregenereignisse für eine lokale Regenwasserbewirtschaftung nutzen zu können, sollten Notwasserwege in die Straßenplanung integriert werden. Dafür reichen meist einfache bautechnische Anpassungen aus. Das Rückhaltevolumen des Straßenraums kann durch den Einsatz von Mittelrinnen (V-Profil) und die Erhöhung der Querneigung vergrößert werden.

Das Regenwasser kann bei einer abflusslosen Planung gedrosselt zur lokalen Bewässerung und Verdunstung genutzt werden (vgl. auch Freie Hansestadt Hamburg, ReStra 2015, Blatt 3-2 und Blatt 3-3), etwa durch eine gezielte Einleitung in größere Freiräume, Zisternen, Rückhaltebecken oder Bodenfilter.

Rückhaltung und Freiraumnutzung

Freiräume wie Stadtplätze und Grünflächen können so gestaltet werden, dass sie den temporären Regenrückhalt ermöglichen (Abbildung 42). Die topgraphische Ausgestaltung in Form von Mulden und Becken kann bei der Planung in die Gestaltung und Nutzung des Freiraums mit einfließen und als besonderes atmosphärisches Element inszeniert werden, beispielsweise als Hügellandschaft, Amphitheater, Senkpark und Ähnliches. Um Nutzungskonflikte zu minimieren, sollten möglichst kurze Entleerungszeiten angestrebt werden.

Integrierte technische Systeme:

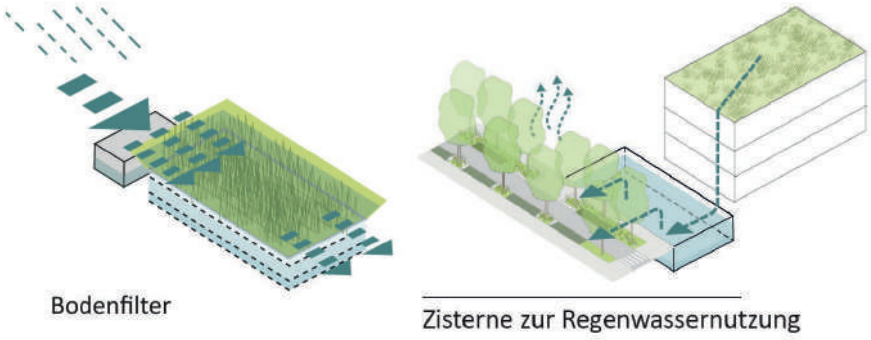


Abbildung 43 Darstellung Integrierte technischer Systeme in BGS, Quelle: BGS, bgmr.

Unter integrierten technischen Systemen werden in BGS v.a. technische Elemente verstanden, die mit Stadtgrünelementen kombiniert sind.

Bodenfilter

In dem Retentionsbodenfilter (Abbildung 43) erfolgt eine Reinigung des Regenwassers und Drosselung des Regenabflusses in mit Schilf bepflanzten Bodenfiltern durch Filtration, Adsorption und biologischem Abbau.

Retentionsbodenfilter werden zur dezentralen Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem und für die Straßenentwässerung eingesetzt (vgl. Riechel et al. 2017: 47-48). Der Bodenfilter drosselt den Abfluss und reinigt ihn in einem dreistufigen Verfahren (Filtration, Adsorption und biologischen Abbau) in einem mit Rasen oder Schilf bepflanzten Bodenfilter. Das gereinigte Wasser wird lokalen Gewässersystemen zugeführt und trägt zu einer Verringerung der stofflichen Belastung und einer Verbesserung der Gewässerqualität bei.

Zisterne zur Regenwassernutzung

Ergänzende Module der Regenwassernutzung zur Unterstützung der Verdunstungsleistung und Kühlung können Zisternen (Abbildung 43) für die Bewässerung der Bäume, Verdunstungsflächen und Grünflächen (und für das Brauchwasser der Haustechnik) sein. Regenwasser wird in unterirdischen Zisternen gesammelt, mechanisch gefiltert und gespeichert. Zur Entfernung feiner Feststoffe ist in den Speicherbehältern eine Sedimentation vorgesehen (vgl. Riechel et al. 2017: 12).

Intelligente Zisternen können auch Regenwasser bei Starkregenereignissen aufnehmen. Eine Intelligente Zisterne wird auf der Basis von Niederschlagsvorhersagen rechtzeitig entleert, so dass Starkregenabflüsse zwischengepuffert werden können. Dadurch können die Regenwassermengen gezielt bewirtschaftet und Abflussspitzen im Vorfluter oder Kanal reduziert werden.

Ausstattungsmerkmale und Mobiliar für Aufenthaltsqualität in blau-grünen Straßen:

Aspekte der „schönen“ Straßenraumgestaltung, also der räumlichen Attraktivität und Atmosphäre, aber auch der Begegnungs- und Aufenthaltsmöglichkeiten sind ein essentieller Bestandteil von BGS. Die verschiedenen blau-grünen Vegetationsstrukturen tragen mit ihren atmosphärischen Qualitäten dazu bei, Straßenraum als einladenden Freiraum zu gestalten (Abbildung 44).

Weitere Gestaltungselemente, wie u.a. Mobiliar, das zum Spielen, Balancieren und Ausruhen anregt, Sitzbänke oder Sitzecken sowie Radabstellanlagen fördern die Benutzbarkeit der Straßenräume als Begegnungs- und Kommunikationsraum und für langsame Mobilitätsformen. Solche Elemente sowie auch Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und Benutzbarkeit der Straßen für FußgängerInnen, RadfahrerInnen sollten frühzeitig und mit hoher Priorität im Entwurf berücksichtigt und durch Beteiligung der AnwohnerInnen und NutzerInnen der Straßen untersetzt werden.

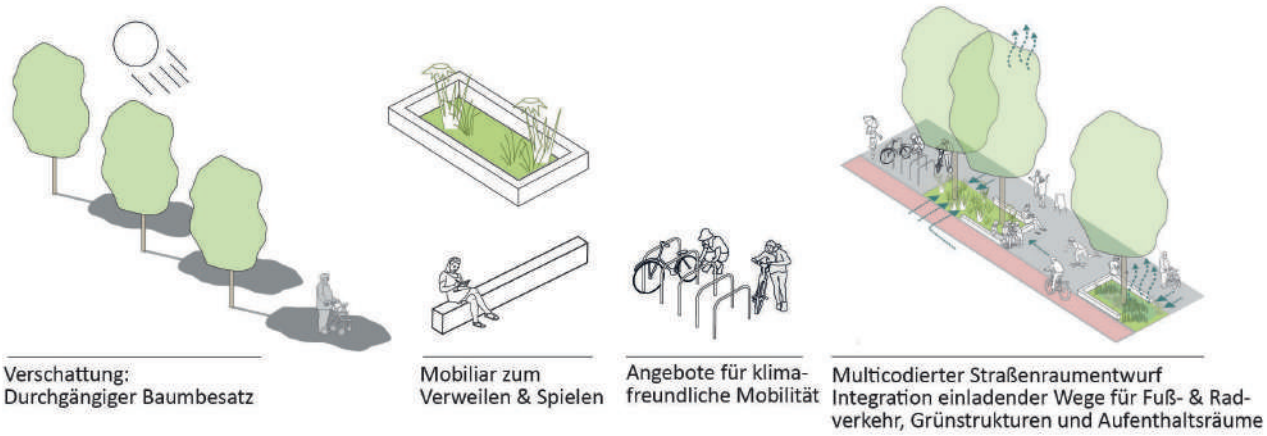


Abbildung 44 Darstellung BGS-Elemente der Aufenthaltsqualität, Quelle: BGS, bgmr.

Verschattung – durchgängiger Baumbesatz

Ein durchgängiger Besatz der Straßenräume mit möglichst geschlossenen, vitalen Baumreihen sorgt für Straßenraumqualität, Identität im Stadtquartier und für schattige Wohlfühlorte im Freien (Abbildung 44). Insbesondere an den sehr warmen und heißen Tagen im Jahr wird der der Aufenthalt für die StadtbewohnerInnen so erträglicher gestaltet und es wird besonders auch den vulnerablen Bevölkerungsgruppen ermöglicht, sich durchgängig im Schatten zu bewegen. Bäume (Baumrigolen) haben auf die Minderung des Hitzestresses einen besonders starken Effekt (-16 %, siehe UBA 2019:14). Neben der Verdunstungskühlung und der Verschattung werten Bäume zugleich den Außenraum auf und schaffen ein Wohlfühlklima. Sie gehören damit im Regenfall zur Grundausstattung aller Straßen und Verkehrsräume. Die Schaffung eines ausreichenden Wurzelraums und ausreichender Wuchsbedingungen ist eine zentrale Voraussetzung für die Vitalität, Wuchs- und damit Verdunstungsleistung und Lebensdauer der Straßenbäume.

Sitzelemente

Bei der Straßenplanung sollten im Kontext der umgebenden Nutzungen (Einkaufsmöglichkeiten, soziale Infrastruktur, Parks etc.) Sitzelemente und kleine platzartige Situationen integrativ mitgedacht werden (Abbildung 44). Nach dem Prinzip der mehrdimensionalen Gestaltung können Betonrahmen und Beetabgrenzungen etwa als Sitzmauern gestaltet und kleine platzartige Situationen geschaffen werden. BGS fördert Begegnungsräume und schafft auch für vulnerable Bevölkerungsgruppen Ruhepole bei Hitzestress.

Abstellanlagen

Nutzungsansprüche des Langsamverkehrs sollten ebenfalls im Kontext der städtebaulich-verkehrlichen Situation in den Straßenraum integriert werden. Komfortable Strukturen für Radfahren, E-Bike oder Scooter fördern Veränderungen im Mobilitätsverhalten, was wiederum zu einem belebten und nutzbaren Freiraum beiträgt (Abbildung 44).

Im Bestand werden blau-grüne Elemente zurzeit mehrheitlich nicht mitgedacht und umgesetzt. Grund dafür sei vor allem die starke Flächenkonkurrenz, Unerfahrenheit, Unachtsamkeit (vgl. Interview 19). Zudem gäbe es zu viele andere Prioritäten im Straßenraum und die Integration von BGS-Elementen stehe dabei nicht an höchster Stelle (vgl. Interview 16). Das Thema müsse analog der Barrierefreiheit einheitlich behandelt werden. Zunächst sei auch die Barrierefreiheit eine Besonderheit gewesen. Jetzt sei es ein akzeptiertes Thema mit einem einheitlichen Handeln (vgl. Interview 13).

Die Herausforderungen der Verkehrssicherheit stellen bei der Überflutung von städtischen Straßen zur temporären Rückhaltung bzw. Ableitung von Starkregen unter bestimmten Rahmenbedingungen kein Problem dar (vgl. Interview 5, 6, 8, 9). Der temporäre Einstau könne sogar als eine Maßnahme zur Erfüllung der Verkehrssicherungspflicht angesehen werden. So zeige sie, dass der Straßenbaulastträger aktiv mit der Gefahr umgehe und versuche, diese zu reduzieren. Schilder könnten auf die Gefahr durch Rückhaltung von Wasser auf der Fahrbahn hinweisen (vgl. Interview 6). Die Wattiefe von Fahrzeugen sei zu beachten. Diese betrage bei normalen PKW etwa 30 cm, bei Bussen ca. 30 bis 50 cm und bei Fahrzeugen des Rettungsdiensts 50 bis max. 90 cm. Die Beeinträchtigung von Straßen durch Überflutungen seien meist nur von kurzer Dauer (wenige Stunden). Eventuell sei nach Überflutung der Straße eine Reinigung erforderlich. Rettungswege seien nach Möglichkeit freizuhalten (vgl. Interview 5). Die Anforderungen der Barrierefreiheit seien zu beachten (vgl. Interview 5, 8), stellen jedoch voraussichtlich keine unüberwindbaren Hürden dar (vgl. Interview 8). Es sei zu diskutieren, ob die Gehwege immer trocken zu halten seien (vgl. Interview 5). Mit Verkehrssicherheit verbinde der Mensch das, was er kennt. Um Innovationen zu schaffen, müssten Erfahrungen gesammelt und müsse Neues gewagt werden (vgl. Interview 17).

Die durchgehende Verschattung durch Bäume, lineare Grünstreifen und grüne Verkehrsinseln wie z.B an der Rue Garibaldi in Lyon könnten Elemente für typische Entwurfssituationen in Straßen sein. Es sollten zudem Pausen- und Aufenthaltsbereiche (mind. ca. alle 250 m) mit Sitzgelegenheiten geschaffen werden (vgl. Interview 20), insbesondere für Ältere, hitzesensible Personen auf ihren täglichen Routen (vgl. Interview 7). Für die Erreichung der BGS-Ziele müssen nicht immer der gesamte Straßenraum linear multifunktional umgebaut werden. Häufig sei auch der Umbau von kleinen Nischen wie Pocketparks und Parklets ausreichend (vgl. Interview 7).

Es sei erforderlich, Konzepte für die Wasserversorgung des Straßengrüns zu entwickeln. Bürgerschaftliches Engagement wie z.B. im Projekt „Köln-Ehrenfelder Gießkanne“ könnte helfen, die Flächen zu pflegen (vgl. Interview 7). Die Belastung von Regenwasser durch hohes Verkehrsaufkommen und Streusalzeintrag, insbesondere durch Privatpersonen, sollte berücksichtigt werden (vgl. Interview 18). Hohe Salzlasten müssten entfernt werden (vgl. Interview 1).

Für die Straßenabwasserreinigung sollten vermehrt auch die Einzugsgebiete betrachtet und zentrale Anlagen gebaut werden. Dadurch könnten sich auch Kostenersparnisse ergeben (vgl. Interview 12).

Im innerstädtischen Raum sollten die Dächer im Fokus der zukunftsfähigen Städteplanung bzw. Raumplanung sein. Um die Zentren herum sollten die Straßen in den Fokus der Städteplanung rücken (vgl. Interview 4).

Erkenntnisse aus Experteninterviews 10 – blau-grüne Elemente, Quelle: BGS, HCU.

Literatur Kapitel 2.11

FHH Hamburg (2015): Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen (ReStra) – Wissensdokument Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung, Dr. Jan Benden, Robert Broesi, MUST Städtebau GmbH i.A. der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation der Freien und Hansestadt Hamburg (Hrsg.).

UBA (2019): Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, GEO-NET Umweltconsulting GmbH, bgmr Landschaftsarchitekten GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes (Hrsg.), [online] http://www.umweltbundesamt.de/publikationen.

Tegel Projekt GmbH (2017): Leitplan Regenwasser und Hitzeanpassung. Berlin TXL – Schumacher Quartier, Dr. Carlo Becker und Marie Schmidt, bgmr Landschaftsarchitekten GmbH mit Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH im Auftrag der Tegel Projekt GmbH, Unveröffentlichtes Manuskript.

FSGV (2006): Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06): Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.

Freie Hansestadt Bremen Hrsg. (2014): Merkblatt für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung. Empfehlungen und Hinweise für eine zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung und eine Überflutungsvorsorge bei extremen Regenereignissen in Bremen. Jan Benden, RWTH Aachen im Auftrag des Senators für Umwelt, Bau und Verkehr der FHB.

Matzinger, A., Riechel, M., Remy, C., Schwarzmüller, H., Rouault, P., Schmidt, M., Offermann, M., Strehl, C., Nickel, D., Sieker, H., Pallasch, M., Köhler, M., Kaiser, D., Möller, C., Büter, B., Leßmann, D., von Tils, R., Säumel, I., Pille, L., Winkler, A., Bartel, H., Heise, S., Heinzmann, B., Joswig, K., Rehfeld-Klein, M., Reichmann, B. (2017) Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projekts KURAS. Berlin.

3 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse

Das erste Jahr des Forschungsprojekts BlueGreenStreets (BGS) hat eine gute Grundlage für die weitere Planung in den Kommunen und der Forschung gelegt. Die ersten Erkenntnisse in den Modulen deuten darauf hin, dass in der Integration blau-grüner Elemente im Straßenraum großes Potenzial für eine wassersensible Planung liegen kann, die zugleich die Aufenthaltsqualität steigern und durch eine Erhöhung von Verdunstung und Verschattung die Hitzevorsorge unterstützen kann.

Im Modul 1.2 „Nutzung von Pflanzgruben als temporäre Retentions- und Versickerungsräume“ wurden basierend auf nationalen und internationalen Beispielen verschiedene Pflanzgrubentypen entwickelt. Anfang des Jahres 2020 wurden die ersten BGS-Pilotbaumgruben im Bezirk Hamburg-Harburg hergestellt. Der Bau weiterer Baumgruben in den Städten Berlin, Leipzig und Hamburg ist geplant. Die begleitenden Messungen sollen langfristig dazu beitragen, Wissenslücken hinsichtlich der Vitalität der Bäume und Effektivität als Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme bei Starkregen bzw. als Zwischenspeicher während Trockenphasen zu schließen. Durch die Verwendung unterschiedlicher Substrate und Zuleitungen von Regenwasser verschiedener Flächen (Dach, Gehweg, Straße) und Qualitäten wird in BGS Wissen zu den unterschiedlichen Standortbedingungen erlangt werden.

Das Modul 1.3 „Elemente der Wasserspeicherung für den Einsatz in Grünräumen der Straße“ untersucht u. a. den Straßenraum selbst als Element der Ableitung sowie Rückhaltung von Starkregenniederschlägen. Eine planmäßige Nutzung zur Ableitung und Rückhaltung wird seitens der Verkehrsplanung jedoch als bedenklich mit Hinblick auf die Verkehrssicherheit gesehen. Erste Untersuchungen in dem Modul deuten darauf hin, dass die Verkehrssicherheit unter Berücksichtigung einiger Rahmenbedingungen vertretbar ist. Dazu zählt u. a. die Beschränkung auf eine maximale Überflutungshöhe von 15 bis 20 cm, eine Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit auf 50 km/h, die Schaffung einer übersichtlichen Straßenraumsituation sowie die Sicherstellung der Barrierefreiheit durch Rampen. Im weiteren Verlauf von BGS wird das Modul am Pilotstandort Solingen versuchen, die bisherigen Erkenntnisse zu bestätigen.

Im Modul 1.4 „Evapotranspirationsleistung Stadtbäume und Fassadengrün“ wurden bereits erste Verdunstungsmessungen an jungen Stadtbäumen in Lysimeteranlagen durchgeführt. Die Erfassung und Analyse der Daten soll helfen, die potenzielle und aktuelle Verdunstung von Stadtgrün besser einzuschätzen. Im Zuge von BGS werden die Daten im weiteren Projektverlauf in mikroklimatischen Modellen verwendet. Ziel ist es, den Einfluss der Evapotranspiration auf die Mengen des zu bewirtschaftenden städtischen Niederschlagswassers besser voraussagen zu können und damit auch die Wirkung der BGS-Elemente im Straßenraum.

Das Modul 1.5 „Stoffströme im Straßenraum“ untersucht die stoffliche Belastung von Straßenabflüssen. Erste Untersuchungen zeigen, dass die Verkehrsbelastung (DTV) keine klaren Aussagen auf die Schadstoffbelastung zulässt. Als weitere Einflussfaktoren werden u. a. Straßenabschnitt bzw. -art (Kreuzung, Gerade, Kreisverkehr, Steigung, Stop-and-Go, Parkplatz) und Fahrverhalten genannt. Die ersten durchgeführten Kehrungen an lokalen Hotspots in Berlin zeigen zum jetzigen Kenntnisstand deutlich größere Frachten an Feinstpartikeln in Kreuzungsbereichen, Kreisels und Kurven im Vergleich zu geraden Straßenabschnitten und Steigungen. Es werden weitere Beprobungen mittels Kehrungen und künstlich aufgebrachter Wassermengen durchgeführt. Das Ziel des Moduls ist es, daraus eine Priorisierung der Behandlung von Straßenabwasser abzuleiten.

Das Modul 1.6 „Integriertes Sanierungsmanagement“ untersucht, wie das Erhaltungsmanagement für Straße und Kanal zusammengedacht werden können, um Synergien einer gemeinsamen Sanierung zu nutzen. Der Hauptkostenfaktor im Kanalbau sind die Kosten der Grabung und die Wiederherstellung der Verkehrsflächen. Diese Arbeitsschritte können genutzt werden, um die Verkehrsflächen zu sanieren. Eine GIS-gestützte Datenbank kann den Kommunen helfen, die Informationen zur Straße und zum Kanal automatisiert zusammenzuführen.

Das Modul 1.7 „Mikroklimatische Auswirkungen verschiedener Straßenraumgestaltungen“ hat die Zielsetzung, die mikroklimatischen Auswirkungen verschiedener grauer und blau-grüner Straßenraumgestaltungen in einem Modell zu untersuchen und vergleichend zu bewerten. Das verwendete Modell ASMUS_green ist dreidimensional und trifft Aussagen zum Einfluss der bauphysikalischen und Vegetationsparameter von Gebäuden und Bäumen. Anhand eines zweistufigen Analyse-Verfahrens werden die Ist-Situation und die blau-grünen Straßenraumentwürfe hinsichtlich ihrer mikroklimatischen Wirksamkeit untersucht und verglichen. Zudem wird eine BGS-Modellstraße entwickelt und eine Wirkungsanalyse für jedes BGS-Element durchgeführt.

Im Modul 2.2 „Erweiterte ökonomische Bewertung“ wird der gesamtgesellschaftliche Nutzen der Integration blau-grüner Elemente bzw. der durch BGS beeinflussten Ökosystemleistungen in den Straßenraum bewertet. Im Rahmen des Projekts soll hierzu eine repräsentative Befragung der AnwohnerInnen von BGS-Pilotprojekten durchgeführt werden, bei der sich die einzelnen Befragten zwischen verschiedenen Straßenraumentwürfen entscheiden müssen. Im Ergebnis können Kosten und gesamtgesellschaftlicher Nutzen von BGS-Maßnahmenbündel verglichen werden.

Das Modul 2.3 „Bewertungs- und Nachweistool für Wasser- und Stoffströme“ wendet neue Visualisierungstechniken an, um die Effekte blau-grüner Planungen möglichst frühzeitig im Planungsprozess sichtbar machen zu können. Insbesondere multicodierte Flächennutzungen sollen auf diesem Wege sichtbar gemacht werden und EntscheiderInnen sowie involvierten Planungsakteuren bei der Abwägung zwischen verschiedenen Planungsoptionen unterstützen.

Das Modul 2.4 „Integratives transdisziplinäres Querschnittsprojekt“ wird die planerisch-technischen Fragestellungen von BGS weiterentwickeln und in bestehende Governanceprozesse und Planungsverfahren in den Kommunen integrieren. Das Modul startet erst Ende des Jahres 2020.

Im Modul 2.5 „Multicodierter Straßenraumentwurf“ fließen die Erkenntnisse aus den anderen Modulen zusammen. Die Pilotstraßenräume in den Partnerkommen wurden bereits festgelegt und bereits erste BGS-Konzeptstudien erarbeitet. Das Modul verfolgt dabei einen Research-by-Design-Ansatz, bei dem BGS-Elemente in reale Planungen integriert werden. Auf diese Weise wurden bereits vielfältige Herausforderungen identifiziert. Ziel des Moduls ist die Erarbeitung einer BGS-Toolbox, die sowohl BGS-Einzelelement als auch BGS-Regelquerschnitte beschreibt und damit als eine Planungshilfe für künftige BGS-Straßenplanungen dienen kann.

Das Potenzial, das in BGS bislang identifiziert werden konnte, wird auch von einem Großteil der beteiligten Akteure – StraßenplanerInnen, Wasserver- und Entsorgern und Fachbehörden – in den Partnerkommunen gesehen. Die Experteninterviews sowie die Zusammenarbeit in den Kommunen zeigten jedoch auch, dass vielfältige Hemmnisse bestehen. Diese verhindern bislang die Umsetzung des vorhandenen Wissens aus vorangegangenen Forschungsprojekten in diesem Feld sowie aus Wissensdokumenten und Leitfäden bei anstehenden Straßenplanungen. Neben rechtlichen Fragestellungen erschweren insbesondere sektorale Zuständigkeiten und Finanzierungsmodelle die integrierte BGS-Planung. PlanerInnen wünschen sich daher oftmals ein stärkeres politisches Bekenntnis, verbunden mit Geldern, die auch eine langfristige Erhaltung von BGS-Elementen ermöglichen. Auch eine höhere Verbindlichkeit durch die Integration der BGS-Ziele in Regelwerke wird als eine Möglichkeit gesehen, das bereits vorhandene Wissen und neue Forschungserkenntnisse aus BlueGreenStreets als eine multicodierte Strategie zur Klimafolgenanpassung in die breite Anwendung zu bringen.

Abkürzungsverzeichnis

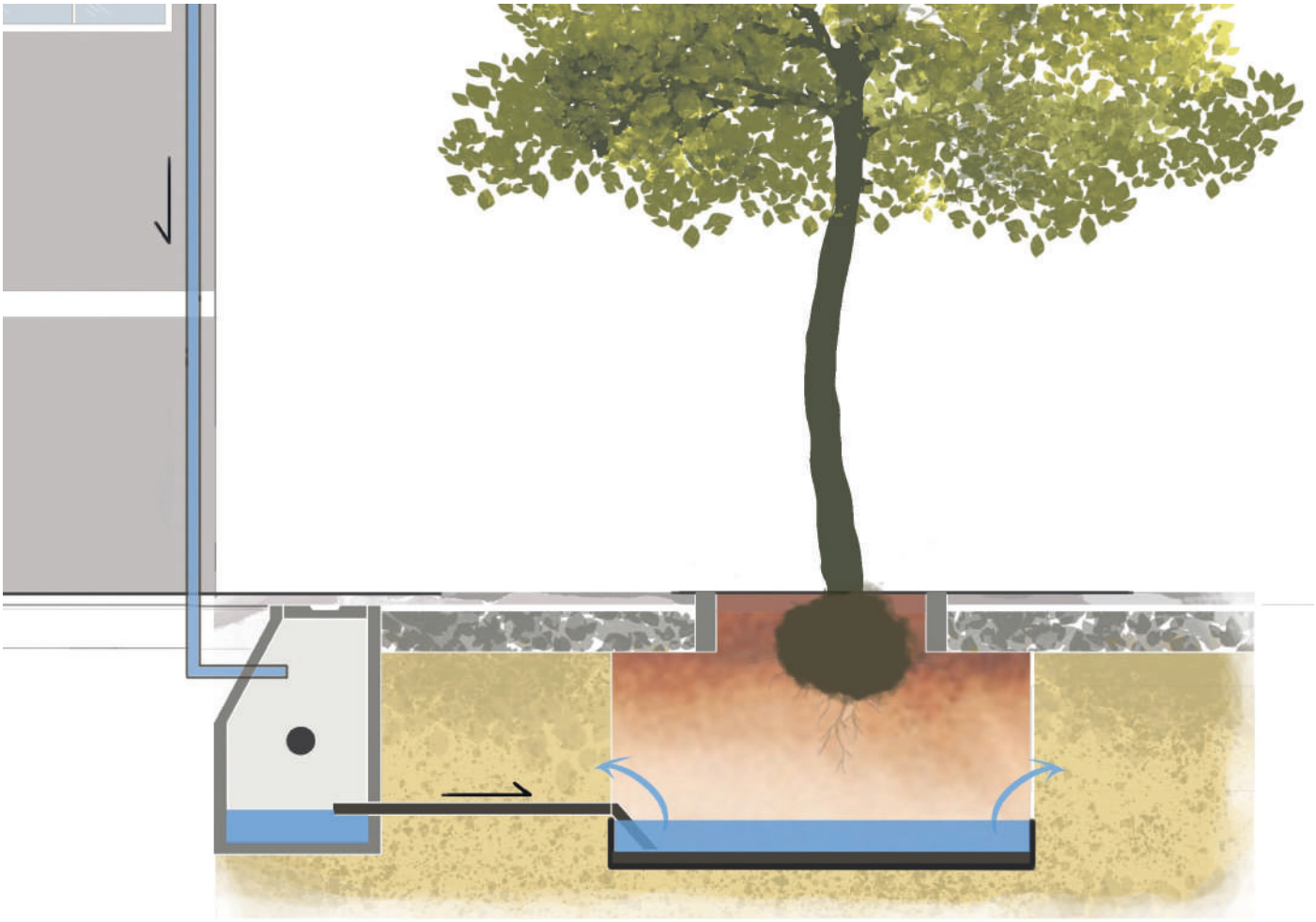
AFS	abfiltrierbare Feststoffe
AR	Augmented Reality
bgmr	bgmr Landschaftsarchitekten
BGS	BlueGreenStreets
CAD	computer-aided design
Cd	Cadmium
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EFA	Empfehlungen für Fußverkehrsanlagen
EMS-K	Erhaltungsmanagementsystem
ERA	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen
ET	Evapotranspirationsleistung
Fe	Eisen
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.
HCU	HafenCity Universität
HsKA	Hochschule Karlsruhe
IÖW	Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung
LSBG	Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer
Ni	Nickel
ÖSL	Ökossystemleistungen
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
RASt	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen
RIN	Richtlinien für integrierte Netzgestaltung
RWB	Regenwasserbewirtschaftung
SRI	Solar Reflectance Index
VR	Virtual Reality
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
ZEB	Straßenzustand
ZK	Zustandsklasse
Zn	Zink
ZW	Zustandswert

Anhang

1 Steckbriefe Baumrigolen (M 1.2)……107
2 Stoffkonzentrationen in den Straßenabflüssen (M 1.5)……128
3 Übersichtstabelle Visualisierungsmethoden (M 2.3)……129
4 Steckbriefe Pilotprojekte (M 2.5)…… 135

REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG AN STRASSENBAUMSTANDORTEN

Zusammenstellung technischer Umsetzungen



Autor*innen: HafenCity Universität Hamburg, Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung:

Michael Richter
Wolfgang Dickhaut
Anne Pleuser

Stand: April 2020

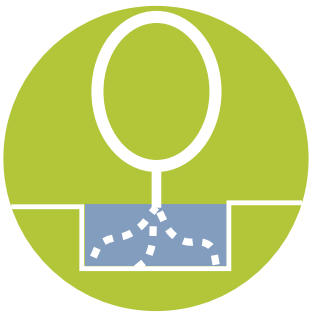
INHALTSVERZEICHNIS

Beispiele bundesweit

01 | Baumrigolen in Berlin „Treedrain“
02 | Baumrigolen in Bochum
03 | Baumrigolen in Hamburg

Beispiele international

04 | Strukturboden sandbasiert - Beispiel Raingarden Tree Pits, Melbourne
05 | Strukturboden mittelgroße Steine - Beispiel CU-Structural Soil®, Ithaca
06 | Strukturboden großformatige Steine - Beispiel Stockholm
07 | Zellen-/Kasten-/Rigolensysteme - Beispiel Silva Cells, Toronto
08 | Tree Trench - Beispiel Philadelphia



BEISPIELE BUNDESWEIT

01 | Baumrigolen in Berlin „Treedrain“

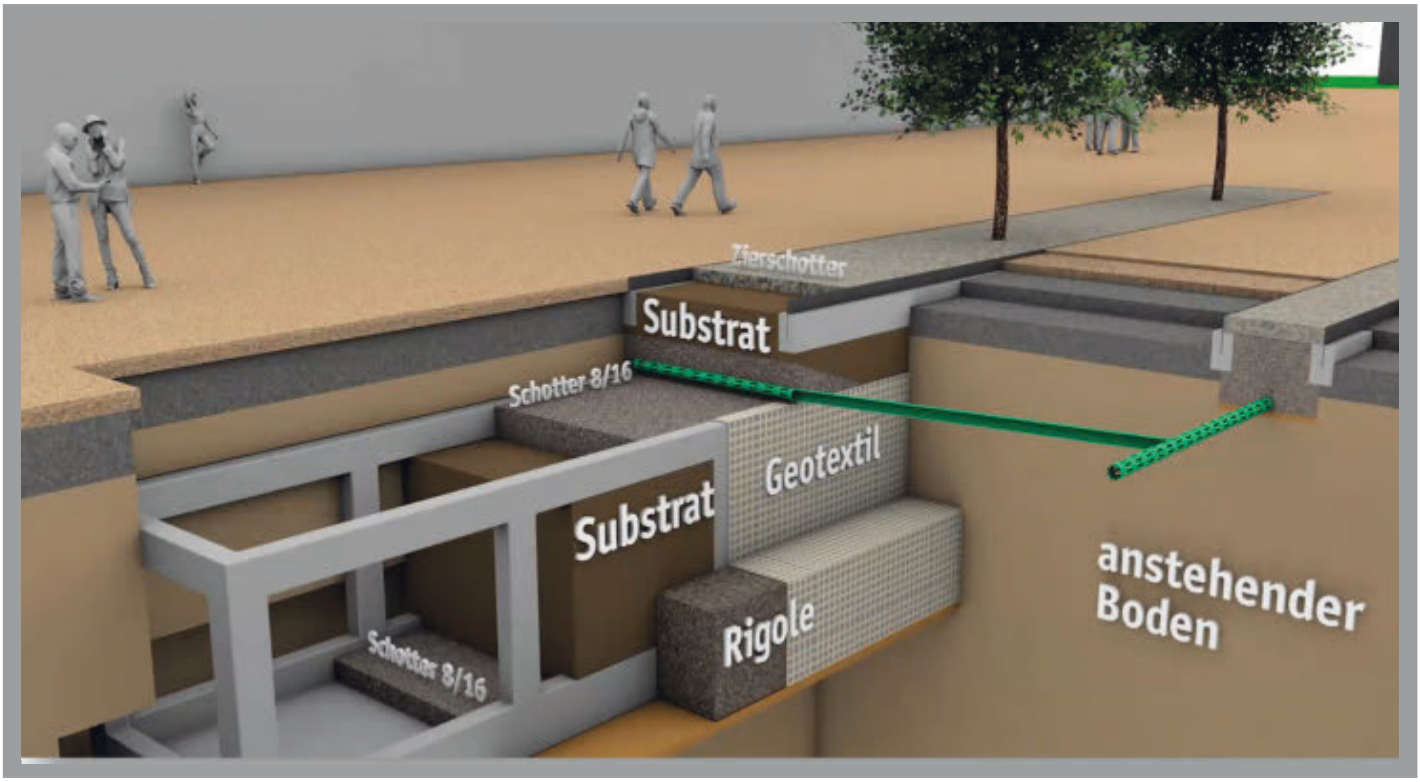


Baumrigole TREEDRAIN auf dem IGA Gelände, Foto: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH

3 x Quercus Palustris	Notentwässerung der Platzfläche vorhanden
angeschlossene Platzfläche ca. 500 m²	Pflanzgrubenvolumen > 120 m³
Baumsubstrat gemäß FLL Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2 , Pflanzgrubenbauweise 2, Kies 8/16 mm	Gelände der Internationalen Gartenausstellung (IGA) Berlin 2017

Funktionsbeschreibung:

Das Regenwasser einer offenen Platzfläche wird über Drainageleitungen der Baumrigole unterirdisch einer Schotterschicht zugeführt. Diese soll die laterale Ausbreitung des Wassers im Betonkörper und somit die möglichst flächige Versickerung durch das Bodensubstrat gewährleisten. Gleichzeitig dient es dem Baum als horizontaler, leicht durchwurzelbarer und gut belüfteter Wurzelraum. Der Betonkörper ist mit speicherfähigen Boden aufgefüllt. Das in den unteren mit Schotter gefüllten Speicherraum einsickernde Regenwasser wird langfristig gespeichert. Überschüssiges Wasser wird seitlich über die Betonfenster versickert.



Schema TREEDRAIN, Quelle: Ingenieugesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH

BEISPIELE BUNDESWEIT

02 | Baumrigolen in Bochum



Baumrigolen Normannenstraße Bochum, Quelle: Pacha & Schwarte 2017

Alnus glutinosa

Oberes Substrat: Löß-Lava-Bims-Sand-Gemisch 0/32 mm, Unteres Substrat: Grobschottersubstrat 80/160 mm und Sandgemisch mit gedüngter Pflanzenkohle

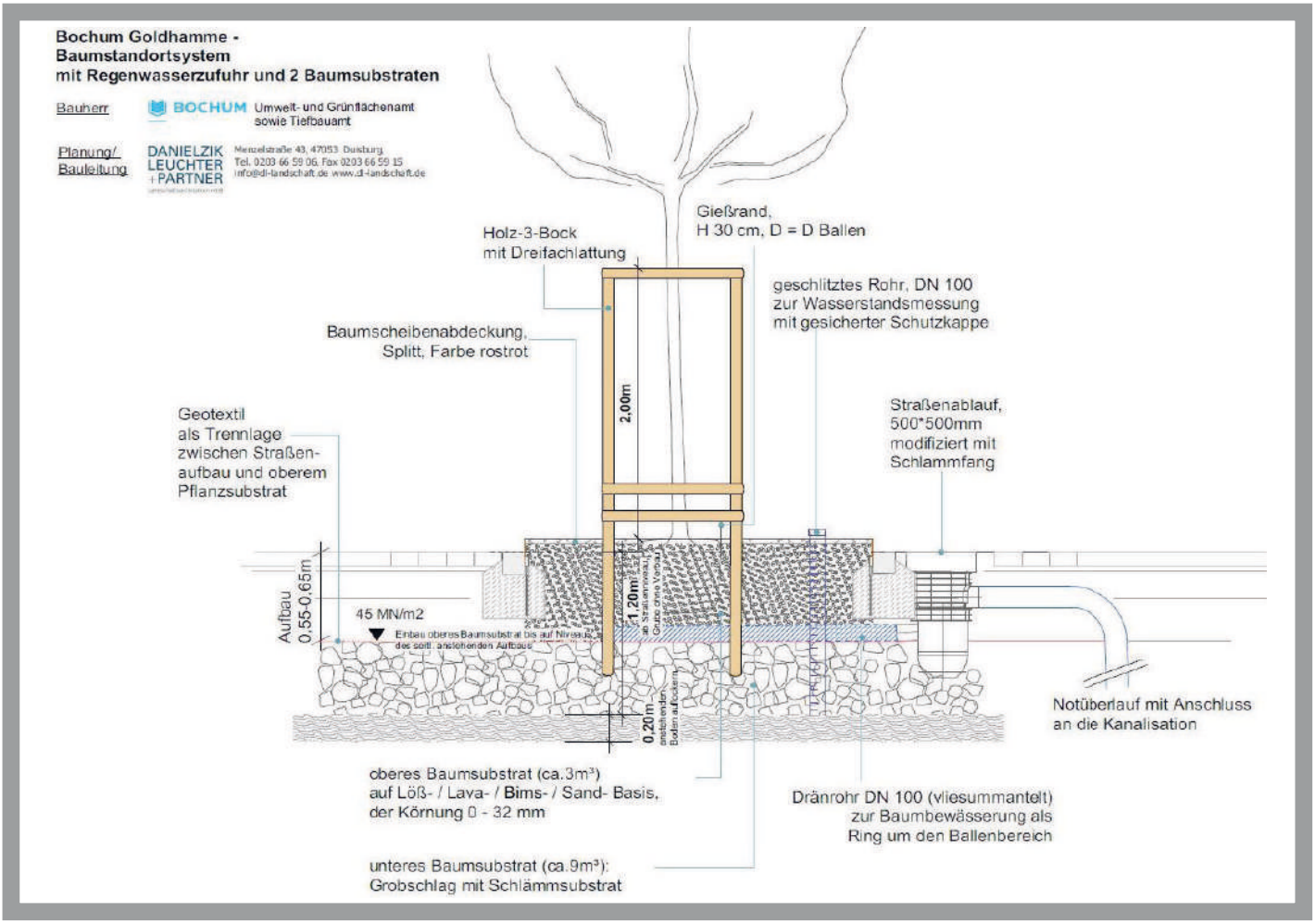
Notüberlauf im Straßeneinlauf in Mischwasserkanalisation

Pflanzgrubenvolumen: min. 12 m³

Normannenstraße, 44793 Bochum

Funktionsbeschreibung:

Regenwasser der Straßenoberflächen und der Gehwege wird über Pflasterrinnen in einen Straßeneinlauf der Baumrigole zugeführt. Die Zuleitung des Regenwassers über den Straßeneinlauf in die Baumscheibe erfolgt über ein Drainagerohr. Der untere Teil der Baumrigole ist mit einem Grobschottersubstrat und einem Sandgemisch mit gedüngter Pflanzenkohle bestückt und lagenweise in die Pflanzgrube eingebaut („Stockholmer Modell“). In den Bereich des Wurzelballens ist standardisiertes Baumsubstrat gefüllt. Bei Überlastung der Rigole wird das überschüssige Regenwasser über einen Notüberlauf der Mischwasserkanalisation zugeleitet.



Technische Zeichnung, Quelle: Stadt Bochum

BEISPIELE BUNDESWEIT

03 | Baumrigolen in Hamburg



Baumrigolen in der Hölertwiete, Quelle: HCU

Gleditsia triacanthos

Angeschlossene Dachfläche ca. 200 m²

Substrat gemäß FLL Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2 , Pflanzgruben-bauweise 2 (überbaubar)

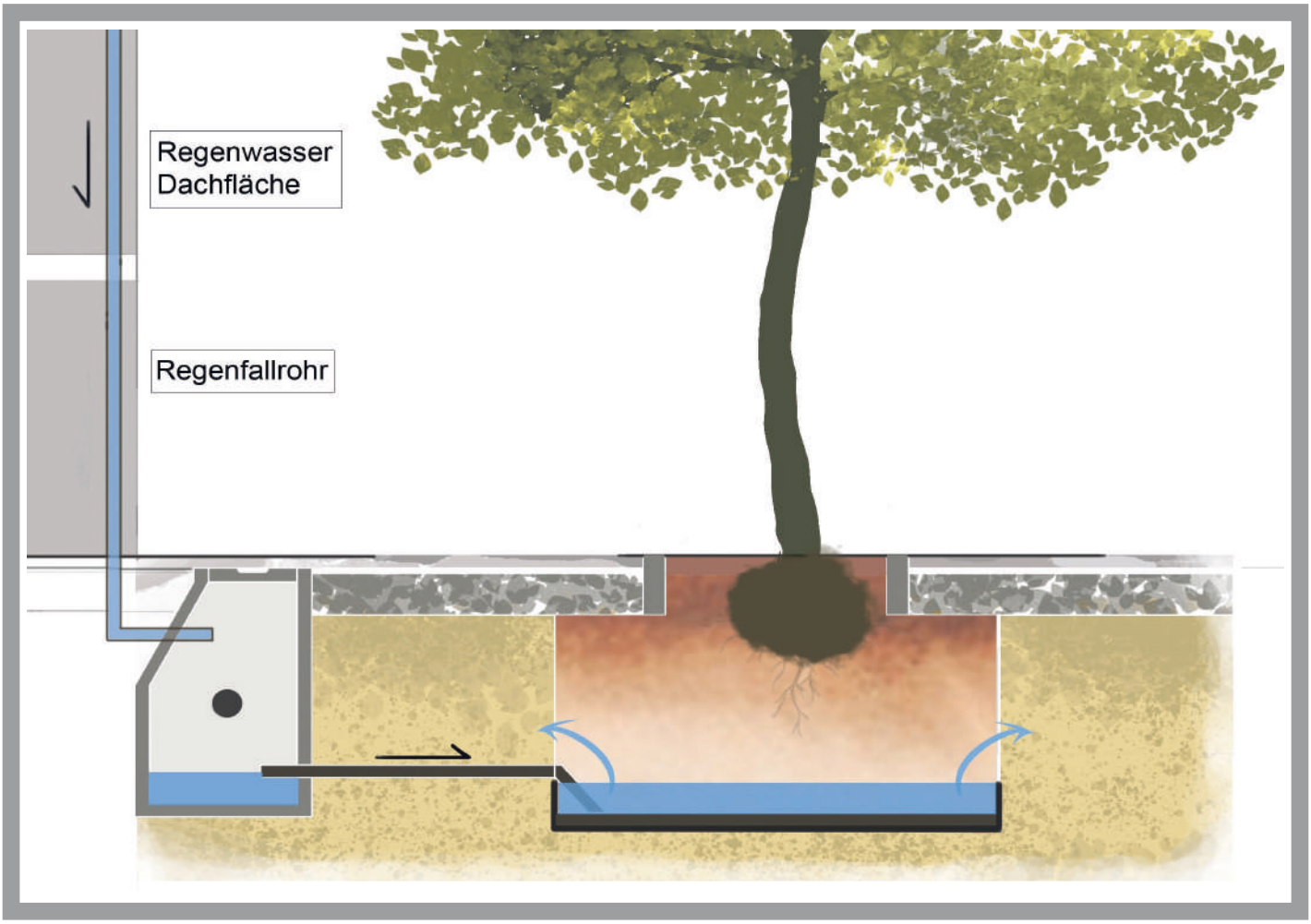
Notentwässerung von Bewässerungs-schacht zu Regenwasserkanal

Pflanzgrubenvolumen: ca. 13 m³

Hölertwiete, 21073 Hamburg- Harburg

Funktionsbeschreibung:

Zwei in einer Fußgängerzone gelegene Baumgruben werden unterirdisch über einen Schachtbauwerk bewässert. In den Schacht wird das Regenwasser zweier Dachflächen geleitet und um evtl. Rückstau infolge von Starkregen zu vermeiden ist dieser mit einer Notentwässerung in den Regenwasserkanal ausgestattet. Durch Betonitmatten in der Baumgrubensohle wird ein Speicherraum (etwa 1.000 l) für das zugeleitete Wasser gebildet, das bei Überschuss seitlich versickern kann.



Technische Zeichnung, Quelle: HCU, erstellt mit brusheezy.com

BEISPIELE INTERNATIONAL

04 | Strukturboden sand-basiert
Beispiel Raingarden Tree Pits, Melbourne





Beispiele „Raingarden Tree Pit“, Quelle: City of Melbourne 2015

Corylus Colurna, Quercus palustris, Platanus acerifolia, Waterhousia floribunda

Drei Schichten: Filtration Layer (80% lehmiger Sand, 10% Vermiculit, 10% Perlit); Transition Layer (Sand); Drainage Layer (feiner Kies)

Ableitung über Drainagerohr in unterer Schicht, Notüberlauf bei Überstau oberhalb der Pflanzgrube

Pflanzgrubenvolumen unterschiedlich, mindestens 80 cm Tiefe

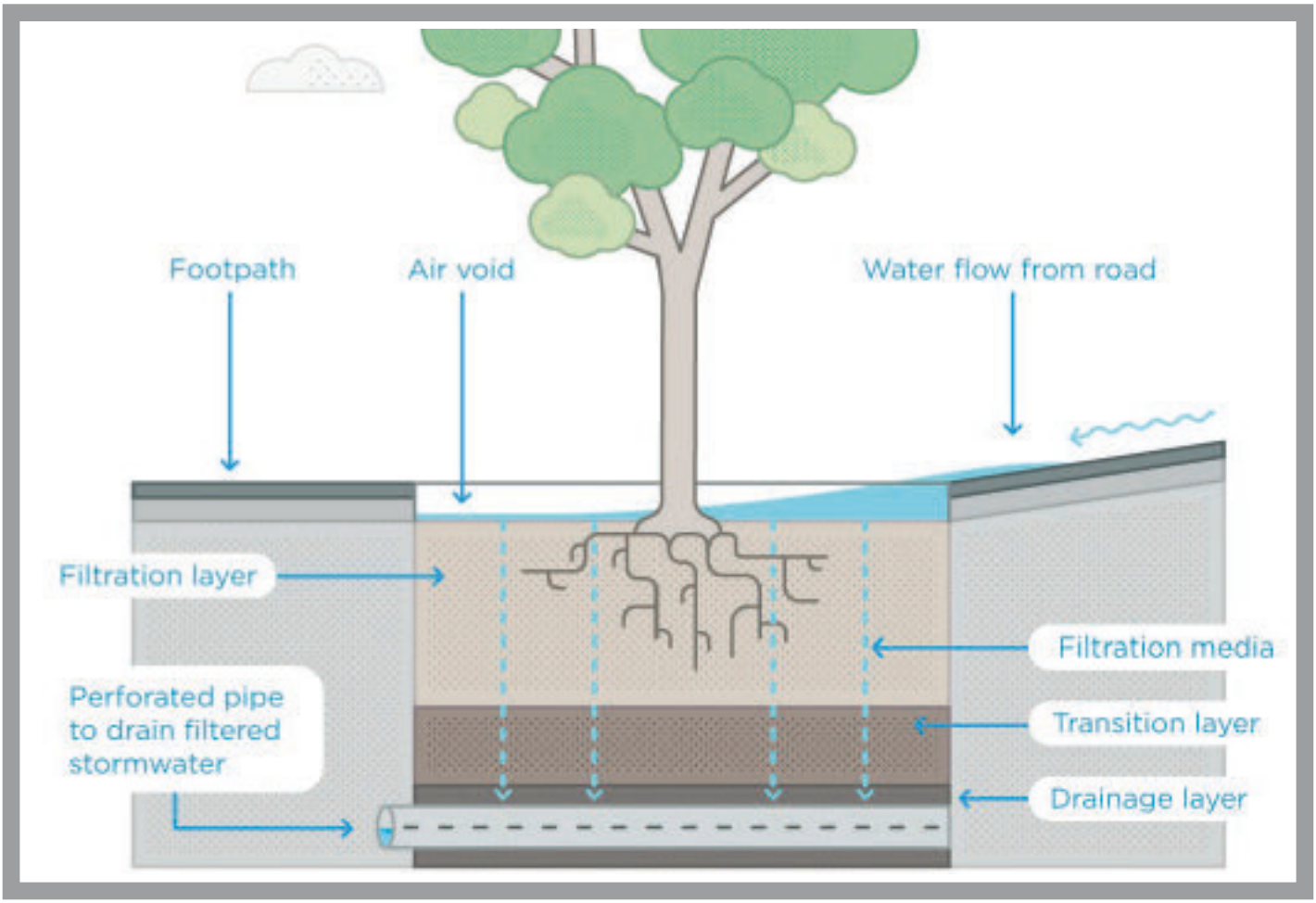
Regelmäßige Reinigung der Oberfläche der Grube durch Straßenreinigung notwendig (125€- 350€/Jahr)

2.500€ - 5.000€ pro Baumpflanzung

Melbourne (min. 200 Stück stadtweit gepflanzt)

Funktionsbeschreibung:

Regenwasser läuft von der Straße über Rinnsteine in die Baumgrube, die auf dem Gehweg positioniert ist. Über die Oberfläche sickert das Wasser durch verschiedene Substratschichten und das Wurzelsystem und wird gereinigt und gefiltert bevor es über Drainageleitungen an der Grubensohle in Regenwasserkanäle fließt. Eine Mulchschicht hält die Feuchtigkeit im Boden zurück und verhindert die Erosion bei Regen. Ein Rost um den Baumboden herum schützt die Baumgrube vor Beschädigungen. Bei oberflächlichem Überstau der Grube wird das Regenwasser über einen Notüberlauf direkt in den Regenwasserkanal abgeleitet.



Technische Zeichnung, Quelle: City of Melbourne 2015

BEISPIELE INTERNATIONAL

05 | Strukturboden Mittelgrosse Steine Beispiel CU-Structural Soil®, Ithaca



Green Street in Ithaca, NY; Quelle: Bassuk et al. 2015

u.a. Ulmus japonica, Ulmus wilsoniana 'Accolade', Quercus muehlenbergii, Cercidiphyllum japonicum

CU-Structural Soil®: gebrochener Schotter (Ø 2-3cm), Lehm oder toniger Lehm (< 20% Ton, 2-5 % organisches Material), Gelscape® als „Klebstoff/Stabilisator"

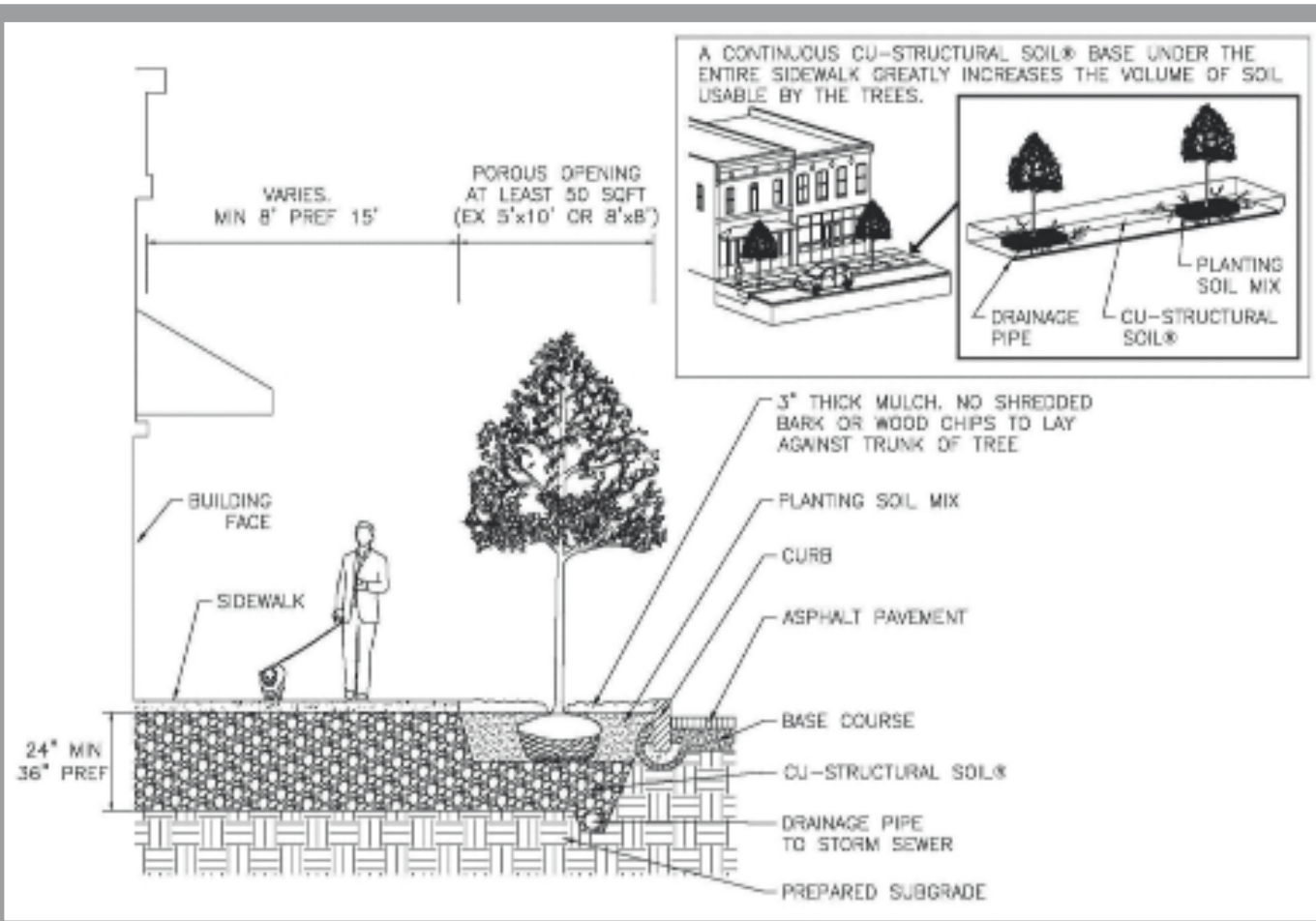
Ein perforiertes und ummanteltes Abflussrohr leitet überschüssiges Wasser in das Regenwasserkanalisationssystem

Pflanzgrubenvolumen circa 15m³

Green Street in Ithaca, NY

Funktionsbeschreibung:

Die spezifische Mischung des CU-Structural Soil® ermöglicht Überbauung und Verdichtung, während gleichzeitig Raum für Wurzelwachstum und Durchlüftung des Wurzelraums geschaffen wird. Das Verhältnis von Schotter und Erde ist dabei von besonderer Bedeutung. Regenwasser wird oberirdisch über Bürgersteige in die Pflanzgruben geleitet. Überschüssiges Wasser wird unterirdisch über ein Drainagerohr in die Regenwasserkanalisations abgegeben.



Technische Zeichnung, Quelle: Bassuk et al. 2015

BEISPIELE INTERNATIONAL

06 | Strukturboden Grossformatige Steine Beispiel Stockholm



Platzsanierung mithilfe von Tree Pits, Quelle: Embrén et al. 2008

Viele verschiedene Baumarten

Structural Soil: 60 cm dicke Schicht mit 100-150mm Körnung; dann 18 cm mit 63-90 mm Körnung; beides eingeschlämmt mit Feinboden; Trennvlies und Schotter für Verlegung von Pflastersteinen

kein Notüberlauf

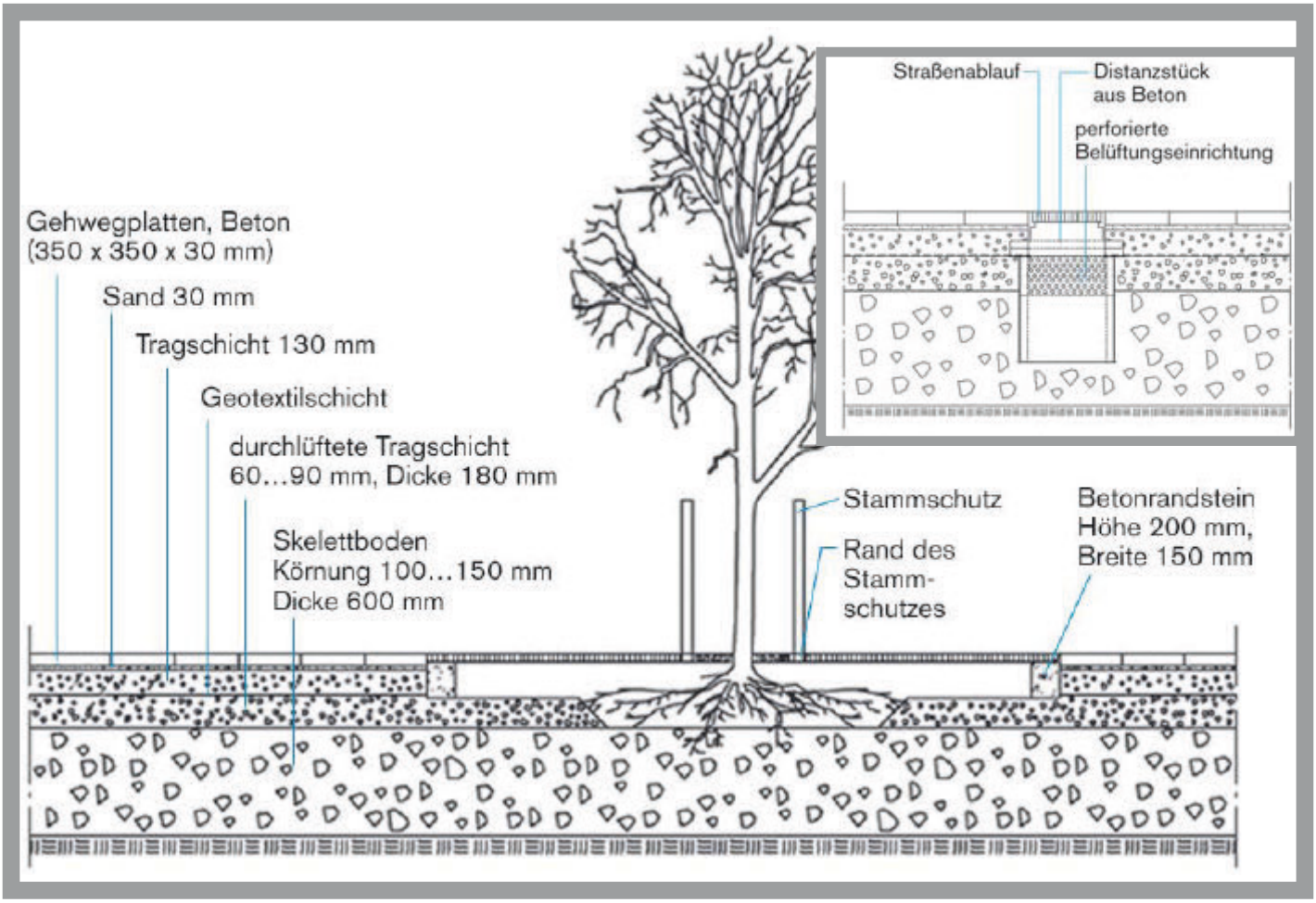
Pflanzgrubenvolumen mindestens 15m³

ca. 12.500€ (6.250€ für die Baumpflanzung, 6.250€ für das Design)

Stockholm (z.B. Erik Dahlbergsallén, Kocksgatan etc.)

Funktionsbeschreibung:

Regenwasser von Dachflächen, Geh- und Radwegen wird über offene Rinnen zu entsprechenden Straßeneinläufen geleitet. Diese speziell entwickelten Elemente gewährleisten die kontinuierliche Belüftung und Bewässerung der Wurzelräume. Zentral bei diesem System ist der grossformatige Strukturboden (100-150 mm) als überbaubares Substrat sowie das Belüftungs- und Bewässerungsbauteil.
In Stockholm wurde dieses System an circa 2000 Bäumen angewendet (Stand 2014).



Technische Zeichnung, Quelle: Embrén et al. 2008

BEISPIELE INTERNATIONAL

07 | Zellen-/Kasten-/Rigolensysteme Beispiel Silva Cells, Toronto



Silva Cells, Quelle: City of Toronto 2013



Queens Quay Toronto, Quelle: Deeproot 2020

z.B. Gleditsia triacanthos, Ulmus americana, Acer freemanii

Angeschlossene Fläche: ca. 600m²

Pflanzgrubenvolumen: 15 - 30m³ (Die Bäume sind über die Silva Cells unterirdisch miteinander verbunden)

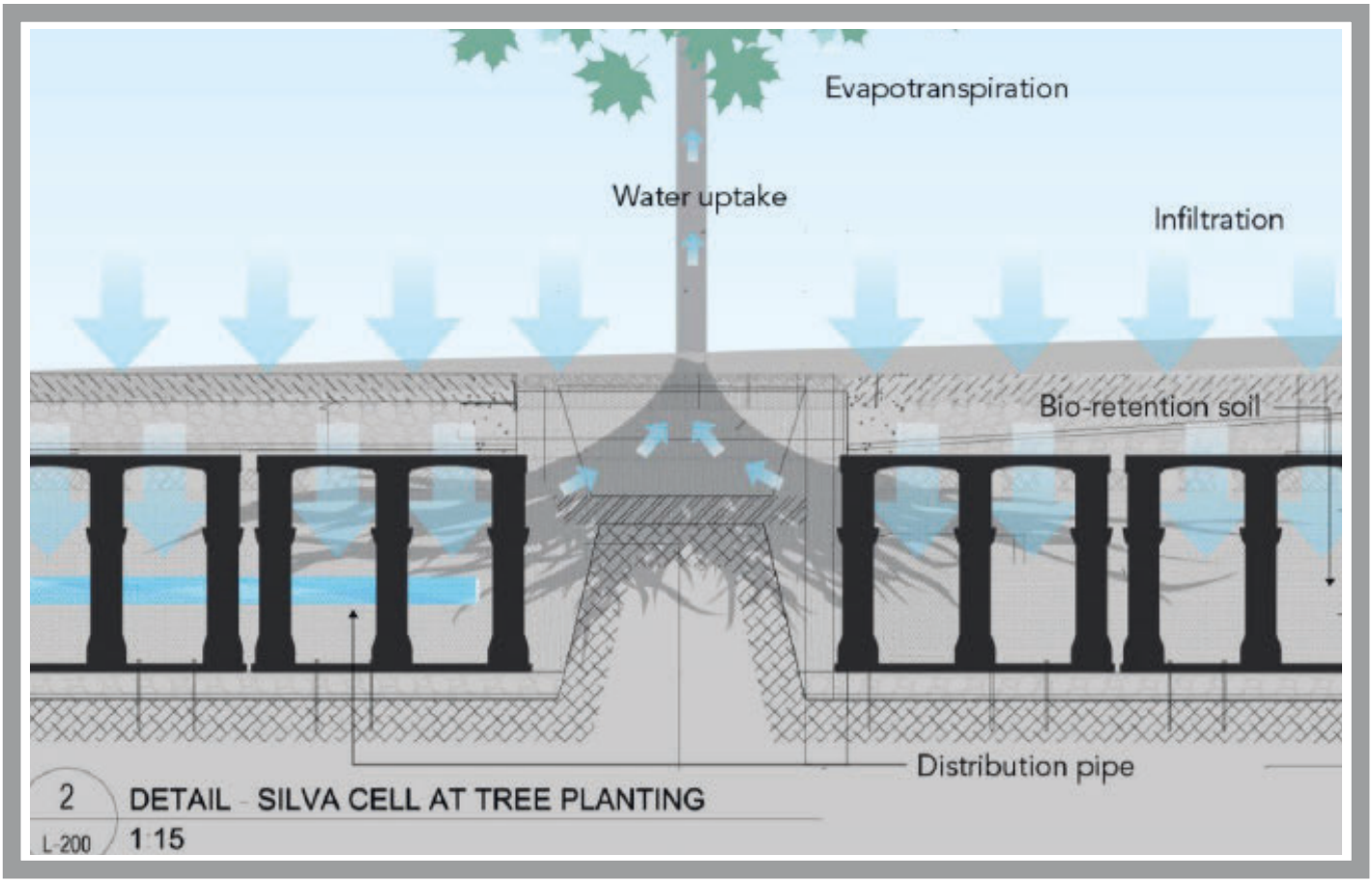
kaum/keine Wartung notwendig

ca. 7.000€ pro Baumpflanzung

Martin Goodman Trail, Queens Quay, Toronto‘s Waterfront

Funktionsbeschreibung:

Die Silva Cells als modulare Bausteine können Verkehrslasten tragen und stellen den Bäumen in den Zwischenräumen unverdichtetes Substrat zur Verfügung (ca. 70-85 vol.-% Sand, 15-30 vol.-% Schluff & Ton). Das modulare System ist anpassbar in seiner Größe und seinem Anwendungsbereich. Der Oberflächenabfluss des Martin Goodman Trails, der seitlich am Queens Quay in Toronto verläuft, gelangt erst in speziell angefertigte Auffangbecken, die den „first flush“ aufnehmen und das Regenwasser über perforierte Rohre in die Silva Cells verteilen. Insgesamt wurden über 134 Bäume in Silva Cells gepflanzt. Überschüssiges Regenwasser wird über unterirdische Drainagerohre abgeleitet.



Technische Zeichnung, Quelle: NC DEQ 2017

BEISPIELE INTERNATIONAL

08 | Tree Trench
Beispiel Philadelphia



Tree Trench in Morris Leeds, Philadelphia; Quelle: Wadzuk 2019

Platanus acerifolia, Acer freemanii

Angeschlossene Fläche: ca. 2.500 m²

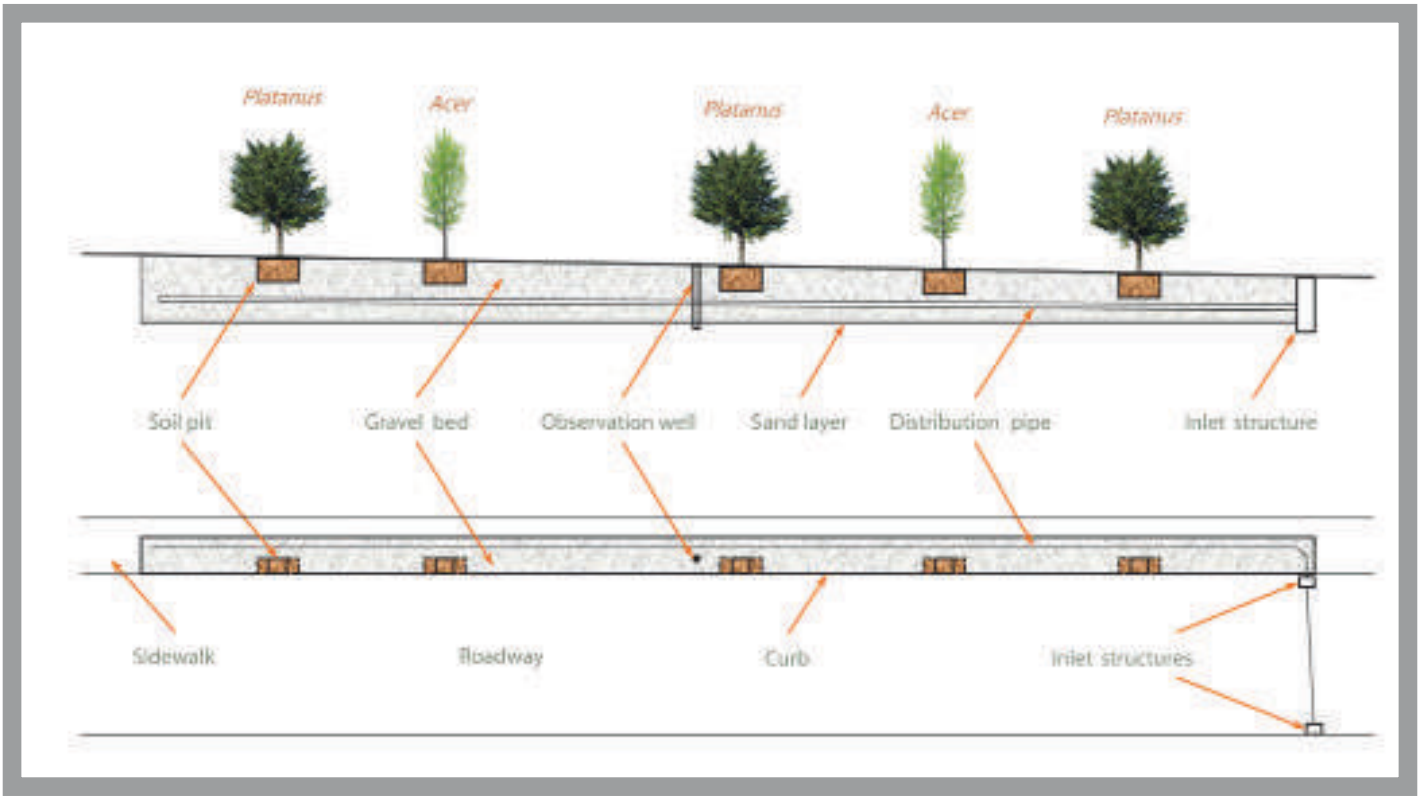
Die mit Erde gefüllte Pflanzgrube ist umgeben von einem Kiesbett. Unterhalb des Steingrabens befindet sich eine Sandschicht.

Bei einer Kapazitätsüberschreitung kann der Abfluss in einen Straßeneinlass umgeleitet werden.

Morris Leeds in Philadelphia, PA

Funktionsbeschreibung:

Ein Tree Trench System ist eine Kombination mehrerer Bäume, die über eine Versickerungsanlage verbunden sind. Diese Anlage ist ein unterirdischer Kiesgraben, der mit einem durchlässigen Geotextil ausgekleidet, mit Kies gefüllt und mit Erde bedeckt ist. Der Regenwasserabfluss fließt über einen speziellen Zulauf in diesen Graben, der mit einem Gefälle (ca. 0,5%) durch die Pflanzgruben führt. Der Abfluss wird in den Zwischenräumen des Kies gespeichert und steht so den Bäumen zur Bewässerung zur Verfügung oder versickert in die umgebenden Bodenschichten. Bei hydraulischer Überlastung des Systems wird dieses umgangen und der Abfluss wird in einen bestehenden Straßeneinlass geleitet.



Technische Zeichnung, Quelle: Caplan et al. 2019

Quellen:

Bassuk, Nina; Denig, Bryon R., Haffner, Ted; Grabosky, Jason; Trowbridge, Peter (2015): CU-Structural Soil. A Comprehensive Guide. Urban Horticulture Institute.

Caplan, Joshua S.; Galanti, Russell C.; Olshevski, Stuart; Eisenman, Sasha W. (2019): Water Relations of street trees in green infrastructure tree trench systems. In: Urban Forestry & Urban Greening, 41/2019, S. 170-178.

City of Melbourne (2015): Raingarden tree pit program. Melbourne. Online unter: http://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/wp-content/uploads/2015/02/Urban-Water_Raingarden-treepit-program.pdf (Abfrage am 08.01.2020).

City of Toronto (2013): Tree Planting Solutions in Hard Boulevard Surfaces. Best Practices Manual. Toronto.

Deeproot (2020): Revitalizing Toronto's Waterfront Along Queens Quay. Online unter: https://www.deeproot.com/silvapdfs/caseStudies/QueensQuayRevitalizationCaseStudy.pdf (Abfrage 08.01.2020).

Embrén, Björn; Bennerscheidt, Christoph; Stal, Örjan; Schröder, Klaus (2008): Konfliktpotenzial zwischen Wurzeln und Kanälen. Optimierung von Baumstandorten. In: wwt wasserwirtschaft wassertechnik, 7-8/2008, S. 38-43.

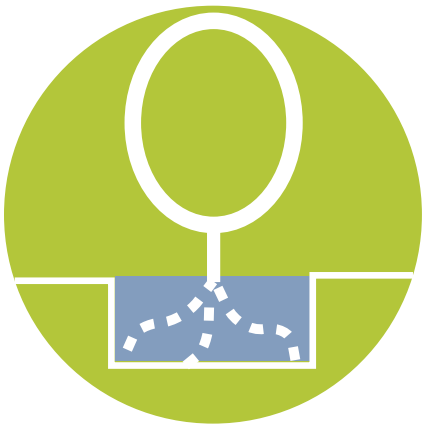
Geisler, Pallasch, Post (2016) 'Baum-Rigolen: Zur naturnahen Bewirtschaftung von Regenwasser und Verbesserung des Stadtklimas', Planerin, no. 6.

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH (2020): Schema TREEDRAIN. Online unter: https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank/treedrain-entwicklung-eines-baumrigolensystems-fuer (Abfrage 02.04.2020).

NC DEQ (2017): Stormwater Design Manual. Online unter: https://ncdenr.s3.amazonaws.com/s3fs-public/Energy%20Mineral%20and%20Land%20Resources/Stormwater/BMP%20Manual/D-2%20%20Silva%20Cell%20Suspended%20Pavement%20with%20Bioretention.pdf (Abfrage am 08.01.2020).

Pacha, S., Schwarte. B. (2018) 'Regenwasserbewirtschaftung an Baumstandorten - Praxisbeispiel aus Bochum', abwasser report, no. 3.

Wadzuk, Bridget (2019): Dynamic processes in urban green infrastructure systems. Novatech 2019. Online unter: http://www.novatech.graie.org/documents/auteurs/3D92-037WAD.pdf (Abfrage am 21.01.2020).



2 Stoffkonzentration in den Straßenabflüssen (M 1.5)

Tabelle 11 Stoffkonzentrationen in den Straßenabflüssen zusammengetragen aus Literaturangaben, Quelle: BGS, TU Berlin.

Stoff	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
AFS grob (mg/l)	215,81	143,13	7,4	1925
AFS grob (kg/ha/a)	801,70	727	357	2121
AFS fein (< 63 µm) (mg/l)	109,25	100,5	72	164
AFS fein (< 63 µm) (kg/ha/a)	530,50	515,5	260	778
Cu (µg/l)	78,96	57	1,1	1143
Cu (g/ha/a)	500,47	383	30	3780
Cr (µg/l)	25,71	10,5	0,2	800
Cr (g/ha/a)	155,01	75,4	12	972
Zn (µg/l)	657,50	300	19	41000
Zn (g/ha/a)	2879,09	2000	147	26465
Cd (µg/l)	5,51	1,6	0	92,9
Cd (g/ha/a)	15,96	8,05	0,6	72
Ni (µg/l)	21,06	11,2	1	426
Ni (g/ha/a)	268,33	145	41	1000
Pb (µg/l)	152,76	47,8	0,63	6200
Pb (g/ha/a)	1221,67	250	17	15920
Fe (µg/l)	7872,65	2429	1,74	89000
Fe (g/ha/a)	15,20	16,3	12,7	16,6

3 Übersichtstabelle Visualisierungsmethoden (M. 2.3)

Tabelle 12 Übersicht unterschiedlicher Visualisierungsmethoden, Quelle: BGS, Sieker.

Methode	Eignung/ Anwendungsfall	notwendige Hardware/ Programme	Schwierig-keit/ Aufwand	Endformat
Planungsphase: Konzept - Darstellung der Bestandssituation				
Handskizzen	schnell und direkt, kann für Außenstehende unverständlich sein		gering	Skizze
Luftbilder	immer zeitlicher Verlauf kann dargestellt werden	z.B. über Google Maps, … z.B. über Google Earth Pro, …	gering	PDF oder Bild
Karten	immer	z.B. über Google Maps, Open StreetMap, …	gering	PDF oder Bild
Google StreetView Straßenansichten	in den meisten Städten verfügbar, kleine Seitenstraßen manchmal nicht erfasst		gering	Bild
Google Maps 3D Gebäude und Straßen	Nur in Großstädten verfügbar, auf gewisse Schrägstellung der Ansicht beschränkt, Ansicht aus allen Winkeln möglich, nur Sommerzustand abgebildet		gering	Bild
Bing Maps Schrägluftbilder	immer		gering	Bild
Fotos des AG	Zeitlicher Verlauf kann eventuell erfasst werden, Abbildung unterschiedlicher Jahreszeiten, eventuell mit Niederschlagsabflüssen und erkennbaren Problemstellen		gering	Bild
Eigene Fotos vor Ort anfertigen	Nur Abbild von aktuellem Zustand, Umsetzbarkeit abhängig von Projektstandort	Handy, Digital-/ System-/ Spiegelreflexkamera	mittel	Bild
Videos des AG			gering	Video
Eigene Videos vor Ort anfertigen	Nur Abbild von aktuellem Zustand, Umsetzbarkeit abhängig von Projektstandort	Handy, Digital-/ System-/ Spiegelreflexkamera	mittel	Video
360-Grad Fotos vor Ort anfertigen	schnelle Aufnahme von viel Information	360-Grad-Kamera	mittel	360-Grad Bild
360-Grad Videos vor Ort anfertigen	großes Datenvolumen	360-Grad-Kamera, 360-Grad fähiges Videoschnittprogramm	mittel	360-Grad Video

Methode	Eignung/ Anwendungsfall	notwendige Hardware/ Programme	Schwierigkeit/ Aufwand	Endformat
Planungsphase: Konzept - Datenbanken mit Referenzbeispielen				
Medien aus dem Internet	Quellenangabe teilweise schwierig, Qualität des Bildmaterial meist unzureichend, Schnelles Ergebnis bei Verwendung der richtigen Suchbegriffe		gering	Bild
Zeichnungen (Schnitte) von Systembausteinen	gut, um anfänglich das Konzept zu erklären	CAD-Programm (z.B. AutoCAD, VectorWorks, BricsCAD, ArchiCAD, …)	gering	PDF oder Bild
3D Renderings von Systembausteinen	gut, um anfänglich das Konzept zu erklären, anschaulicher als Schnitte	3D Programm (z.B. Cinema 4D, SketchUp, Fusion360, Rhino, Lumion, …)	gering	PDF oder Bild
3D Animationen von Systembausteinen	gut, um anfänglich das Konzept zu erklären, anschaulicher als Renderings	3D Programm (z.B. Cinema 4D, Lumion, …)	gering	Video
Fotos anderer Projekte	mittleres Datenvolumen, schwer zu katalogisieren		Bei gepflegter Datenbank - gering	PDF oder Bild
Videos anderer Projekte	großes Datenvolumen, schwer zu katalogisieren	Videoschnittprogramm (z.B. Magix Video deluxe, Sony Vegas, Adobe Premiere, ...)	Bei gepflegter Datenbank - gering	Video
360-Grad Fotos anderer Projekte	mittleres Datenvolumen, schwer zu katalogisieren, z.Zt. Noch schwer zu präsentieren	360-Grad fähige Galerie (z.B. Insta360 Player, RICOH THETA Player, …) oder Stand-Alone VR Brille (z.B. Oculus Go, Oculus Quest, Google Cardboard, …) oder PC-gebundene VR Brille (Laptop oder Computer und z.B. Oculus Rift, Valve Index, …)	Bei gepflegter Datenbank - gering	360-Grad Bild
360-Grad Videos anderer Projekte	großes Datenvolumen, schwer zu katalogisieren, z.Zt. Noch schwer zu präsentieren	360-Grad fähiger Videoplayer (z.B. VLC Mediaplayer, ...) oder Stand-Alone VR Brille (z.B. Oculus Go, Oculus Quest, Google Cardboard, …) oder PC-gebundene VR Brille (Laptop oder Computer und z.B. Oculus Rift, Valve Index, …)	Bei gepflegter Datenbank - gering	360-Grad Video

Methode	Eignung/ Anwendungsfall	notwendige Hardware/ Programme	Schwierigkeit/ Aufwand	Endformat
3D Renderings anderer Projekte	gute Abbildung der wesentlichen Bausteine		Bei gepflegter Datenbank - gering	PDF oder Bild
3D Animationen anderer Projekte	gute Abbildung der wesentlichen Bausteine, lebendig und dynamisch	Videoschnittprogramm (z.B. Magix Video deluxe, Sony Vegas, Adobe Premiere, ...)	Bei gepflegter Datenbank - gering	Video
3D PDFs anderer Projekte	Einfach in der Anwendung, Aufwändig in der Erstellung und geringer Bestand		Bei gepflegter Datenbank - gering	PDF
VR anderer Projekte	z.Zt. noch schwer zu präsentieren	Stand-Alone VR Brille (z.B. Oculus Go, Oculus Quest, Google Cardboard, …) oder PC VR Brille (Laptop oder Computer und z.B. Oculus Rift, Valve Index, …)	Bei gepflegter Datenbank - mittel	App-bezogene VR Präsentation oder 360-Grad Inhalte in der VR-Galerie
AR anderer Projekte	bislang keine Grundlage, z.Zt. Noch schwer zu präsentieren	Handy, Tablet	Bei gepflegter Datenbank - mittel	ortsferne Liveansicht von 3D-Modellen auf dem Endgerät
Planungsphase: Entwurf und Öffentlichkeitsarbeit				
Karten	gut zur Orientierung	GIS Programm (z.B. QGIS, ArcGIS, …)	mittel	PDF oder Bild
Pläne	gut zur Orientierung	CAD Programm (z.B. AutoCAD, VectorWorks, BricsCAD, ArchiCAD, …)	mittel	PDF oder Bild
Zeichnungen (Schnitte, Details)	gut zur Visualisierung der unterirdischen Bausteine und von Details	CAD Programm (z.B. AutoCAD, VectorWorks, BricsCAD, ArchiCAD, …)	hoch	PDF oder Bild
Grafiken, Diagramme und Maps	gute Darstellung von Daten, Zahlen und Beziehungen	z.B. Excel, PowerPoint, Mind Manager, …	mittel	PDF oder Bild
3D Rendering (fotorealistisch oder sketch)	gut zur Visualisierung der unterirdischen Bausteine und von Details	3D Programm (z.B. Cinema 4D, SketchUp, Fusion360, Rhino, Lumion, …)	hoch	PDF oder Bild
3D Rendering (vereinfacht)	gut zur Visualisierung der unterirdischen Bausteine und von Details	3D Programm (z.B. Cinema 4D, SketchUp, Fusion360, Rhino, Lumion, …)	mittel	PDF oder Bild

Methode	Eignung/ Anwendungsfall	notwendige Hardware/ Programme	Schwierigkeit/ Aufwand	Endformat
3D Rendering als 360-Grad Bild	gut zur Visualisierung der unterirdischen Bausteine und von Details	3D Programm (z.B. Cinema 4D, SketchUp, Fusion360, Rhino, Lumion, …) und 360-Grad fähige Galerie (z.B. Insta360 Player, RICOH THETA Player, …) oder Stand-Alone VR Brille (z.B. Oculus Go, Oculus Quest, Google Cardboard, …) oder PC-gebundene VR Brille (Laptop oder Computer und z.B. Oculus Rift, Valve Index, …)	mittel	360-Grad Bild
3D Animation (fotorealistisch oder sketch)	gut zur Visualisierung der unterirdischen Bausteine und von Details, anschaulicher als Renderings	3D Programm (z.B. Cinema 4D, Lumion, …)	hoch	Video
3D Animation (vereinfacht)	gut zur Visualisierung der unterirdischen Bausteine und von Details, anschaulicher als Renderings	3D Programm (z.B. Cinema 4D, Lumion, …)	hoch	Video
3D Animation als 360-Grad Video	gut zur Visualisierung der unterirdischen Bausteine und von Details, anschaulicher als Renderings	3D Programm (z.B. Cinema 4D, …) und 360-Grad fähiger Videoplayer (z.B. VLC Mediaplayer, ...) oder Stand-Alone VR Brille (z.B. Oculus Go, Oculus Quest, Google Cardboard, …) oder PC-gebundene VR Brille (Laptop oder Computer und z.B. Oculus Rift, Valve Index, …)	hoch	360-Grad Video
Fotomontage in ein Bild (fotorealistisch)	Fotomontage von Datenbankelementen und Internetquellen z.B. in: Google StreetView Ansicht als Screenshot Google Maps 3D Ansicht als Screenshot Foto vom AG Eigene Fotos	Bildbearbeitungsprogramm (z.B. Photoshop, GIMP, Paint, …)	mittel	PDF oder Bild
Fotomontage in ein 360-Grad Foto (fotorealistisch)	Fotomontage von Datenbankelementen und Internetquellen	360-Grad fähiges Bildbearbeitungsprogramm (z.B. Affinity Photo, …)	hoch	360-Grad Bild
3D Rendering in ein Bild (fotorealistisch oder sketch)	Fotomontage von ortsbezogenen 3D Objekten z.B. in: Google StreetView Ansicht als Screenshot Google Maps 3D Ansicht als Screenshot Foto vom AG Eigene Fotos	3D Programm (z.B. Cinema 4D, SketchUp, Fusion360, Rhino, Lumion, …)	hoch	PDF oder Bild

Methode	Eignung/ Anwendungsfall	notwendige Hardware/ Programme	Schwierigkeit/ Aufwand	Endformat
3D Rendering in ein Bild (vereinfacht)	Fotomontage von ortsbezogenen 3D Objekten z.B. in: Google StreetView Ansicht als Screenshot Google Maps 3D Ansicht als Screenshot Foto vom AG Eigene Fotos	3D Programm (z.B. Cinema 4D, SketchUp, Fusion360, Rhino, Lumion, …)	mittel	PDF oder Bild
3D Rendering in ein 360-Grad Foto (fotorealistisch, sketch oder vereinfacht)	Fotomontage von ortsbezogenen 3D Objekten in ein 360-Grad-Foto, sehr anschaulich	3D Programm (z.B. Cinema 4D, SketchUp, Fusion360, Rhino, Lumion, …) und 360-Grad fähiges Bildbearbeitungsprogramm (z.B. Affinity Photo, …)	hoch	360-Grad Bild
3D Rendering in ein 360-Grad Video (fotorealistisch, sketch oder vereinfacht)	Fotomontage von ortsbezogenen 3D Objekten in ein 360-Grad-Foto, sehr anschaulich	3D Programm (z.B. Cinema 4D, SketchUp, Fusion360, Rhino, Lumion, …) und 360-Grad fähiges Videobearbeitungsprogramm (z.B. Magix Video deluxe, …)	hoch	360-Grad Video
Planungsphase: Abschlusspräsentation, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit				
3D-PDF	gut für Produktpräsentation und Präsentation kleiner Planungsabschnitte	3D Programm (z.B. Cinema 4D, SketchUp, Fusion360, Rhino, Lumion, …)	hoch	PDF
Video	Bereitstellung auf z.B. eigener Website, YouTube, Facebook, …	Videoschnittprogramm (z.B. Magix Video deluxe, Sony Vegas, Adobe Premiere, ...)	mittel	Video
Slideshow Präsentation	Präsentation vor Publikum z.B. über Beamer, Smartbord, …	z.B. PowerPoint, Prezi, …	mittel	PPT oder PDF
VR	Präsentation für den AG mit VR-Brillen für alle Beteiligte oder Präsentation vor Publikum z.B. mit VR-Brille für eine kleine Gruppe ausgewählter und Videolivestream der Inhalte über Beamer	Stand-Alone VR Brille (z.B. Oculus Go, Oculus Quest, Google Cardboard, …) oder PC-gebundene VR Brille (Laptop oder Computer und z.B. Oculus Rift, Valve Index, …)	hoch	App-bezogene VR Präsentation oder 360-Grad Inhalte in der VR-Galerie
AR vor Ort	Präsentation für eine kleine Gruppe, muss vor Ort stattfinden und kann Ergebnisse direkt im Straßenraum darstellen, z.B. über Handys, Tablets, …		hoch	In Situ Liveansicht von 3D-Modellen auf dem Endgerät

Methode	Eignung/ Anwendungsfall	notwendige Hardware/ Programme	Schwierig-keit/ Aufwand	Endformat
AR ortsfern	Präsentation für eine kleine Gruppe, kann ortsfern gehalten werden und zeigt z.B. den Straßenraum im Überblick als 3D-Lageplan auf dem Konferenztisch, z.B. über Handys, Tablets, …	z.B. shoutr	hoch	ortsferne Liveansicht von 3D-Modellen auf dem Endgerät

Steckbrief Pilotprojekt

Straßenname:	Rudolfstraße
Kommune:	Friedrichshain-Kreuzberg
Bundesland:	Berlin
Städtebaulicher Kontext:	Bevölkerung 3,74 Mio. (2018), Bevölkerungsdichte 4.100 Ew pro $km^{2.}$ Jährliche Niederschlagsmenge 510-580 mm, 10-12 Tage im Jahr mit Starkregen >10 mm/Tag; durchschnittliche Mitteltemperatur seit 1881 um ca. 1 °C angestiegen 7 bis 10 heiße Tage/a* ; Pilotstraße liegt im Rudolfkiez, der durch gründerzeitliche Wohn- und Gewerbebauten, Neubauten nach 1990 im Blockrand geprägt ist [Angaben zu Starkregen und heißenTagen: AFOK-Hauptbericht 2016]
Übersichtsplan:	  li: Übersichtsbild, *Quelle: Geoportal Berlin / [Digitale farbige Orthophotos 2019]* re: Ausschnitt Wettbewerbsergebnis zur Umgestaltung Rudolfplatz mit angrenzenden Straßen, Quelle: hochC Landschaftsarchitekten Berlin
Visuelle Eindrücke:	  Rudolfstraße Blick in Richtung Nordwesten (li), Rudolfplatz (re), Quelle: bgmr
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Verkehrsberuhigung, Baumpflanzungen, Fuß- und Radverkehr stärken, Verkehrssicherheit erhöhen, Verbesserung der Freiraumqualität/ Grünraumversorgung, Erweiterung des Parks in den Sraßenraum; Entlastung Mischkanal, Überflutungsvorsorge bei Abkopplung; Beitrag zur Kühlung/ Verdunstung in hitzebelastetem Quartier
Stand der Planung:	1. BA "Spielplatz Rudolfplatz": realisiert; 2. BA "Grünfläche auf dem Rudolfplatz": BBU liegt vor, Ausführungsplanung 01/2020 begonnen; 3. BA "Rudolf- und Dannecker Straße": Vorplanung liegt vor, Estellung BBU/Ausführungsplanung in 2020/21 geplant (Finanzierung noch nicht gesichert)
Baubeginn:	Umgestaltung Grünfläche Rudolfplatz 2020 (Ausführungsplanung)
Sonstiges:	
Verkehr	
DTVw:	keine Daten für Rudolfstraße; 13.410 Fahrzeuge/Tag auf der östlich angrenzenden Modersohnstraße

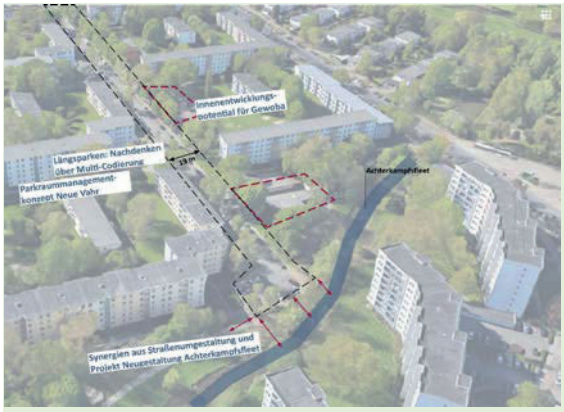
Straßencharakter:	19 Meter breite Straße mit Großsteinpflasterung zwischen Warschauer Platz und Modersohnstraße; Länge Straßenabschnitt zwischen Dannecker- und Modersohnstraße (Pilotprojekt): ca. 155 m lang; angrenzend Kita und Park mit Baumbestand; kein Straßenbaumbestand
Straßentyp:	Wohnstraßencharakter (Tempo 30)
Rad-/ Fußgängerverkehr:	hoher Anteil Stellplatz- und Fahrbahnfläche, geringe Nutzungsqualität für Fußgänger und Radfahrer
Sonstiges:	Historisch gehörte der Abschnitt der Rudolfstraße zum Rudolfplatz (kein MIV)
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	Mischkanalisation
Überflutungsproblem:	kein Überstau und kaum Senkenlage, im Bestand gering überflutungsgefährdet; bei Starkregen Gefahr der Vermischung von Schwarz- und Regenwasser im Mischwasserkanal (Gewässerbelastung der Spree)
Topographie:	Lage im Berliner Urstromtal; Gelände des Rudolfplatzes fällt in südliche Richtung zur Spree hin ab; R-Straße mit schwachem Längsgefälle von der Modersohnstr. In westliche Richtung
Versickerungspotential:	eingeschränkt gegeben (erkundete bauschutthaltige Auffüllungen und Torfe (in Tiefen von 3,00 bis 3,70 m) für die Versickerung ungeeignet (ggf. Bodenaustausch erforderlich); überwiegend anstehende Sande gut versickerungsfähig: Kf-Wert durchschnittlich ca. 4,2. 10-5 m/s, durchlässig nach DIN 18130)
Sonstiges:	Grundwasser in einer Tiefe von ungefähr 3,00 m u. GOK erbohrt (bei Tiefbauarbeiten und Versickerung beachten)
	Angaben zur Versickerung und GW-Stand aus: Prüfbericht Nr. I8 - 28381 06/2018, BOLAB Analytik Ingenieurgesellschaft mbH zum Rudolfplatz
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	Lage in einem prioritären Handlungsraum Bioklima (Wohngebiete mit aktuell prioritärem Handlungsbedarf) Quelle: Stadtentwicklungsplan Klima 2011
Versiegelungsgrad:	ca. 90%
Trockenperioden:	
Sonstiges:	
Herausforderungen	
Nebenplanung:	Im Rahmen der BGS-Konzeptstudie ist eine vollständige Abkoppelung des Straßenabschnitts der Rudolfstraße vorgesehen. Regenwasser soll im Normalfall vollständig in der Straßenfläche bewirtschaftet werden Für die Überstausituation bei außergewöhnlichen Starkregen (ab Tn 20-30 a) wird im Rahmen der Ausführungsplanung für den 2. BA geprüft, ob und wie eine Mitbenutzung der angrenzenden Grünfläche auf dem Rudolfplatz möglich ist.
Spezial Stakeholder:	

Steckbrief Pilotprojekt

Straßenname:	Ungarnstraße
Kommune:	Bezirk Mitte
Bundesland:	Berlin
Städtebaulicher Kontext:	Großraum Wedding ist hochverdichteter Innenstadtbereich. Unmittelbare Umgebung der Ungarnstraße ist überwiegend offener Baustruktur mit Wohnbebauung in Zeilenbauweise, größeren Grünflächen (Park,Friedhof), sowie Gewerbe in Blockbebauung
Übersichtsplan:	 Übersichtsbild, Quelle: GoogleEarth
Visuelle Eindrücke:	 Nordostseite Quelle: Sieker  Westseite, Quelle: Sieker
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Grundhafte Sanierung der Straße unter Einhaltung einer Einleitbeschränkung von 10 l/s*ha, Einbindung angrenzender Grünflächen in Gesamtkonzept
Stand der Planung:	Abgeschlossene Vorplanung,die jedoch überarbeitet werden muss. BPU ausstehend.
Baubeginn:	Möglich ab 2023
Sonstiges:	Umbau ist im Investionsprogramm mit 5 Mill. € eingestellt

Verkehr	
DTVw:	DTV< 15.000; Parallelstraße zu Seestraße (DTV > 15.000)
Straßencharakter:	Tempo 30, großes Raumdargebot, beidseitig paralleles Parken/Radstreifen/Gehweg, teilweise mit zusätzlichem parallelem Grünstreifen
Straßentyp:	wenig Durchgangsverkehr, Zielverkehr für Schwimmbad, Einkaufszentrum, Feuerwehr, Friedhof. Hoher Anteil Stellplätze
Rad-/ Fußgängerverkehr:	Teilweise eigener Radweg
Sonstiges:	Feuerwehrausfahrt
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	Mischsystem
Überflutungsproblem:	Nicht unmittelbar in Ungarnstraße, aber in angrenzenden Bereichen
Topographie:	Kaum Längsgefälle, Straße im Dachprofil
Versickerungspotential:	100-300 cm/d
Sonstiges:	Anthropogene Auffüllung >2 m über Feinsand >2m über Mergel
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	Keine unmittelbare Belastung in der Straße aufgrund der anliegenden Grünflächen. Jedoch angrenzende Wohn- und Arbeitsgebiete mit prioritärem Handlungsbedarf gemäß StEP Klima 2011
Versiegelungsgrad:	
Trockenperioden:	
Sonstiges:	überwiegend günstige Überschirmung durch Bäume (35-43%)
Herausforderungen	
Spezielle Stakeholder:	Feuerwehr
Sonstiges:	Erhaltenswerter Baumbestand (Spitz-Ahorn 50 Jahre)

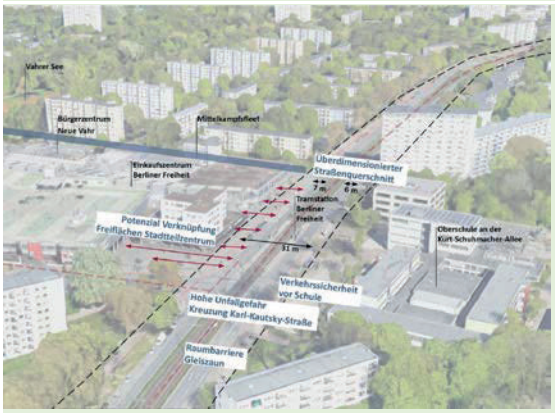
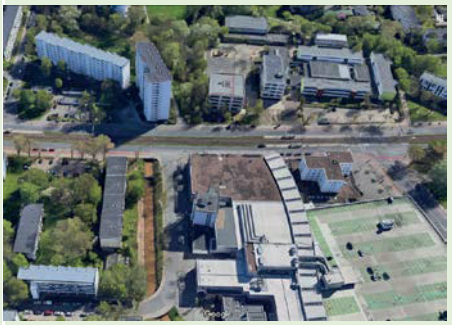
Steckbrief Pilotprojekt

Straßenname:	Adolf-Reichwein-Straße
Kommune:	Bremen, Neue Vahr
Bundesland:	Bremen
Städtebaulicher Kontext:	Bevölkerung Bremen : 569.352 EW (2018), Bevölkerungsdichte 1.749 Ew pro km^2, jährliche Niederschlagsmenge 759 mm, 2,3 Tage/a >20 mm/Tag. Stadtteil Neue Vahr besteht größenteils aus Großwohnsiedlungen aus den 1960er Jahren
Übersichtsplan:	 Übersichtsbild, *Quelle: bgmr, Grundlage: Google Maps*
Visuelle Eindrücke:	  Parkplatz Adolf-Reichwein-Straße (li), Blick in Richtung Osten (re), Quelle: Google Maps
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Fuß- und fahrradfreundlichen Straßenquerschnitt herstellen und Straßenraum als Aufenthaltsraum aufwerten; Gewässerentlastung Achterkampsfleet (Vorflut) durch Rückhaltung und Vorreinigung des Regenwassers, Maßnahmen zur Kühlung: Verschattung/ Verdunstung. Die Straße soll freiraumplanerisch aufgewertet werden, die angrenzenden Flächen der GEWOBA können ggf. mit einbezogen werden.
Stand der Planung:	BGS-Konzeptstudie
Baubeginn:	derzeit nicht absehbar
Sonstiges:	
Verkehr	
DTVw:	1.800 Fahrzeuge/Tag

Straßencharakter:	19 m breite Erschließungsstraße, die als Stichstraße lediglich dem Anliegerverkehr (MIV, Fußgänger und Radfahrer) dient; Verkehrsraum überdimensioniert. Es besteht eine hohe Parkraumnachfrage im Straßenraum (geplantes Parkraumbewirtschaftungssytem der GEWOBA soll Parkdruck steuern).
Straßentyp:	Wohnstraße mit aktuell 5,7 m breiter Fahrbahn und 2,6 m bzw. 2,2 m breiten Längsparkstreifen
Rad-/ Fußgängerverkehr:	Straße als Mischverkehrsfläche geeignet
Sonstiges:	Das Kanalalter in der neuen Vahr wird baldige Sanierungen nötig machen
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	Straßen und Gebäude entwässern direkt in den Achterkampsfleet (hohe Belastung der Gewässerqualität); Abkoppelung, Zwischenspeicherung und Reinigung werden angestrebt.
Überflutungsproblem:	hohe potentielle Überflutungsbetroffenheit bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen (Klimaanpassungsstrategie Bremen.Bremerhaven. 2018)
Topographie:	ebene Auen und Niederterrassen
Versickerungspotential:	Auelehmböden (qh) für die Regenwasserversickerung nicht geeignet; Grundwasserflurabstand (2011) : ca. 1,3-1,6 mNN
Sonstiges:	#
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	Humanbioklimatische Bedingungen im Bremer Durchschnitt
Versiegelungsgrad:	
Trockenperioden:	
Sonstiges:	
Herausforderungen	
Nebenplanung:	Für den Achterkampsfleet und die gewässerbegleitenden Grünflächen wird aktuell eine Freiraumplanung entwickelt (Büro bgmr), die auf eine Gewässerentlastung und -aufwertung abzielt; hier können Synergien mit BGS herstellt werden.
Spezial Stakeholder:	

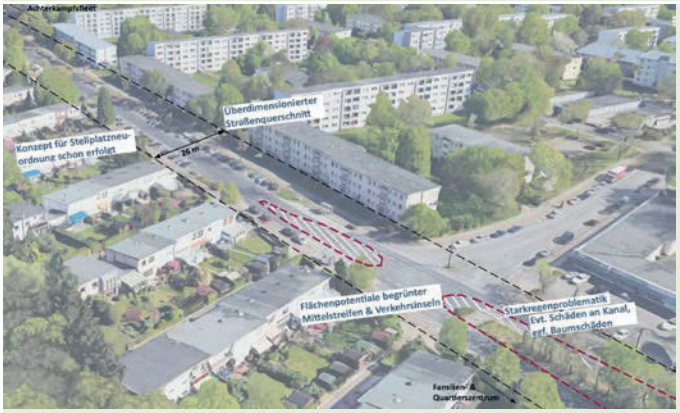
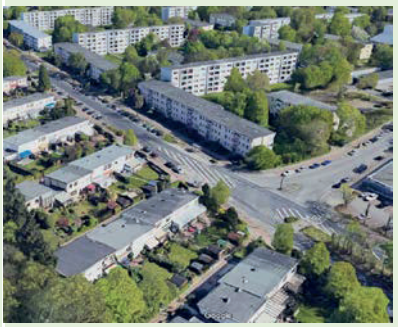
Steckbrief Pilotprojekt

Blue Green Streets

Straßenname:	Kurt-Schumacher-Allee
Kommune:	Bremen, Neue Vahr
Bundesland:	Bremen
Städtebaulicher Kontext:	Bevölkerung Bremen : 569.352 EW (2018), Bevölkerungsdichte 1.749 Ew pro km^2, jährliche Niederschlagsmenge 759 mm, 2,3 Tage/a >20 mm/Tag.Stadteil Neue Vahr besteht größenteils aus Großwohnsiedlungen aus den 1960er Jahren.
Übersichtsplan:	 Übersichtsbild, *Quelle: bgmr, Grundlage: Google Maps*
Visuelle Eindrücke:	  Kurt-Schumacher-Allee Aufsicht (li), Blick in Richtung Westen (re), Quelle: Google Maps
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Kreuzung Karl-Kautsky-Straße/Kurt-Schumacher-Allee mit Fußgängerübergang über die Richtungsfahrbahnen der Straße und Straßenbahngleise ist Unfallschwerpunkt (bereits ein tödlicher Verkehrsunfall; hohe Zahl an Rotlichtverstößen festgestellt). Ziele sind die Geschwindigkeitsreduzierung auf Tempo 30 und eine Verbreiterung des Fußgängerbereichs durch Reduzierung auf einen Fahrstreifen je Richtung; platzartige Gestaltung soll mehr Raum für Fußgänger und Aufenthalt schaffen und dei Verbindung der beiden Straßenseiten verbessern; aufgrund des anliegenden Schulstandortes mit bis zu 1.000 Schülern besteht ein besonderer Handlungsbedarf; Aufwertung und verbesserte Straßenquerung Kurt-Schumacher-Allee ist auch bedeutsam für den Freiraumverbund; Maßnahmen zur Kühlung: Verschattung/ Verdunstung; Vorreinigung des Regenwassers.
Stand der Planung:	Im Rahmen des Tags der Städtebauförderung am 16. Mai 2020 soll die platzartige Gestaltung im Bereich zwischen der Oberschule an der Kurt-Schumacher-Allee und dem Einkaufszentraum Berliner Freiheit temporär erprobt werden.
Baubeginn:	K-S-Allee ist Maßnahmenschwerpunkt in der Neuen Vahr, der Baubeginn kann derzeit aber noch nicht genau bestimmt werden

Sonstiges:	
Verkehr	
DTVw:	12.000/ 9.000/ 2.200 Dtv
Straßencharakter:	31 m breite örtliche Hauptverkehrsstraße für unterschiedliche Verkehrsträger: Straßenbahm, Linienbus, Fußgänger, Radfahrer sowie Schwerverkehre; Bahnkörper in Mittellage erzeugt derzeit Barrierewirkung; Lage zwischen Einkaufs- und Bürgerzentrum und Oberschule
Straßentyp:	örtliche Haupt(Geschäfts-)Straße (4-spurig, für aktuelle Verkehrsmengen überdimensioniert)
Rad-/ Fußgängerverkehr:	Fußgänger- und Radverkehrsfreundliche Gestaltung erforderlich
Sonstiges:	
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	Straßenentwässerung in das Fleet: Belastung des Gewässers
Überflutungsproblem:	mäßige Betroffenheit der Überflutungsgefährdung bei Starkregen
Topographie:	ebene Auen und Niederterrassen
Versickerungspotential:	Auelehmböden (qh) für die Regenwasserversickerung nicht geeignet; Grundwasserflurabstand (2011) : ca. 1,3-1,6 mNN
Sonstiges:	
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	weniger günstige humanbioklimatische Bedingungen in den nördlich und südlich angrenzenden Siedlungsbereichen
Versiegelungsgrad:	
Trockenperioden:	
Sonstiges:	
Herausforderungen	
Nebenplanung:	ASW plant die Durchführung von Sofortmaßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit
Spezial Stakeholder:	

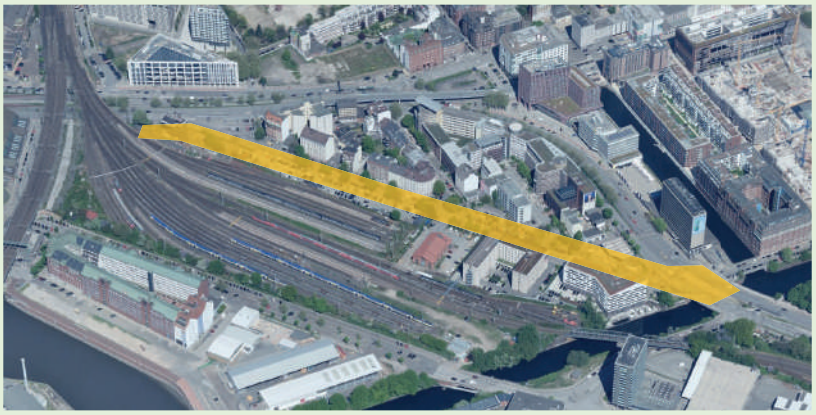
Steckbrief Pilotprojekt

Straßenname:	Paul-Singer-Straße
Kommune:	Bremen, Neue Vahr
Bundesland:	Bremen
Städtebaulicher Kontext:	Bevölkerung 569.352 (2018), Bevölkerungsdichte 1.749 Ew pro km^2, jährliche Niederschlagsmenge 759 mm, 2,3 Tage/a >20 mm/Tag. Stadteil Neue Vahr besteht größenteils aus Großwohnsiedlungen aus den 1960er Jahren; Reihenhauswohnen auf der Nordseite der Paul-Singer-Straße
Übersichtsplan:	 Übersichtsbild, *Quelle: bgmr, Grundlage: Google Maps*
Visuelle Eindrücke:	  Aufsicht Paul-Singer-Straße (li), Blick in Richtung Osten (re), Quelle: Google Maps
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Straßenraum verkleinern, Fuß- und Fahrradfreundliche Querschnitte herstellen; Freiraumgestaltung und Begrünungsmaßnahmen an Restflächen (Vekehrsknoten & Abpollerungen); Gewässerentlastung Achterkampsfleet (Vorflut) durch Rückhaltung und Vorreinigung des Regenwassers, Maßnahmen zur Kühlung: Verschattung/ Verdunstung. Die Straße soll freiraumplanerisch aufgewertet werden, die angrenzenden Flächen der GEWOBA können ggf. mit einbezogen werden.
Stand der Planung:	BGS-Konzeptstudie
Baubeginn:	derzeit nicht absehbar
Sonstiges:	
Verkehr	
DTVw:	1.900 Fahrzeuge/Tag

Straßencharakter:	27 m breite Sammelstraße mit beidseitigen Querparkstreifen für folgende Verkehrsträger: MIV, ÖPNV (Linienbus), NMIV (Fußgänger und Radfahrer); Alleebaumbestand mit großen Lücken; Baumbestand ist schwach im Wuchs (zu geringer Wurzelraum) und weist Trockenschäden auf (kommt nicht an das Grundwasser)
Straßentyp:	Erschließungsstraße mit Linienbusverkehr (Tempo-30-Zone mit geringer Erschließungsfunktion, 7,9 m Fahrbahnbreite)
Rad-/ Fußgängerverkehr:	Radweg derzeit in Planung; gemessen am Gesamtquerschnitt schmale Gehwege
Sonstiges:	
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	Straßenentwässerung über Trennsystem in das Fleet: Belastung des Gewässers
Überflutungsproblem:	hohe potentielle Überflutungsbetroffenheit bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen (Klimaanpassungsstrategie Bremen.Bremerhaven. 2018)
Topographie:	ebene Auen und Niederterrassen
Versickerungspotential:	Auelehmböden (qh) für die Regenwasserversickerung nicht geeignet; Grundwasserflurabstand (2011) : ca. 1,3-1,6 mNN
Sonstiges:	
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	Humanbioklimatische Bedingungen im Bremer Durchschnitt
Versiegelungsgrad:	
Trockenperioden:	
Sonstiges:	
Herausforderungen	
Nebenplanung:	
Spezial Stakeholder:	Grundschule an der Paul-Singer-Straße am östlichen Ende der Straße

Steckbrief Pilotprojekt

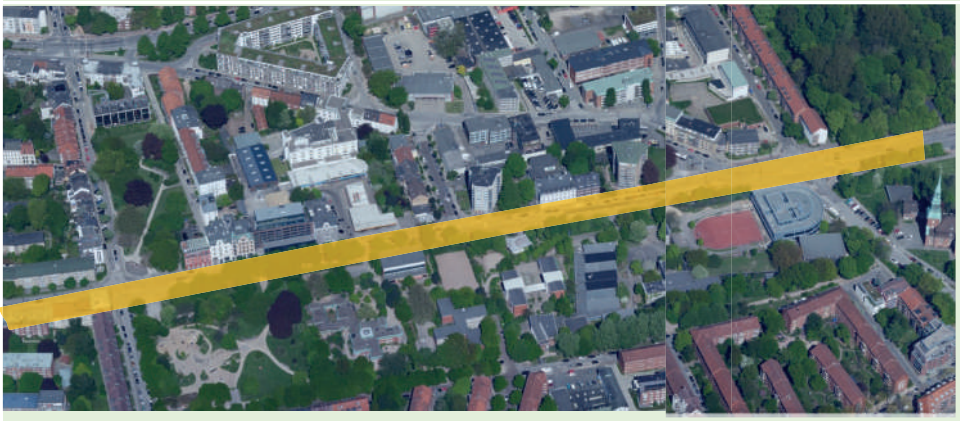
Blue Green Streets

Straßenname:	Högerdamm
Kommune:	Hamburg, Bezirk Mitte
Bundesland:	Hamburg
Städtebaulicher Kontext:	Bevölkerung 1,84 Mio. (2018), Bevölkerungsdichte 2.430 Ew. pro km^2, jährliche Niederschlagsmenge 785 mm, 4 Tage/a >20 mm/Tag
Übersichtsplan:	 Übersichtsbild, Quelle: HCU, basierend auf LGV, Hamburg
Visuelle Eindrücke:	  Ansicht Högerdamm, Blickrichtung nach Osten, Quelle: TT-SIB® INFOSYS   Ansicht Högerdamm, Blickrichtung nach Osten, Quelle: TT-SIB® INFOSYS
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Voraussichtlich Grundinstandsetzung (GI), Ziel Verengung der Fahrbahn auf eine Fahrspur, Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur
Stand der Planung:	Grundlagenermittlung/Vorplanung, noch vor Beauftragung des Ing.-Büro
Baubeginn:	voraussichtlich 2024, abhängig von Baustellenkoordinierung

Sonstiges:	
Verkehr	
DTVw:	ca. 14.000 Fahrzeuge/Tag
Straßencharakter:	2-spurige Hauptverkehrsstraße. Zubringer zur Autobahn, Pendlerverkeht (Büros), geringe Aufenthaltsqualität bei zugleich relativ geringem Fußverkehr
Straßentyp:	Verbindungsstraße
Rad-/ Fußgängerverkehr:	Sehr enger Rad-/ und Fußweg auf der südlichen Seite. Radweg stadteinwärts nicht vorhanden.
Sonstiges:	< Lärmemissionen 70-75 db (A) *(Tag-Abend-Nacht)*
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	z.T. Trenn- und z.T. Mischkanalisation, Behandlungsproblematik des Oberlächenabwassers im Bereich des Trennsiels
Überflutungsproblem:	Keine Überflutungsproblematik bekannt
Topographie:	Kleine Straßensenken vor HsNr 1, zwischen 17 und 19 sowie vor Nr 35
Versickerungspotential:	Versickerung laut Versickerungspotentialkarte Hamburg (> 5m) möglich
Sonstiges:	Das Einzugsgebiet hat in der Reinigungspriorisierung der Behörde für Umwelt und Energie eine sehr hohe Priorität im hamburgweiten Vergleich. Die Straßenflächen sind alle mit einer hohen Belastung (760 kg/(ha*a)) eingestuft. Behandlungsziel der reinen Straßenwasserabflüsse aus der Emissionsbetrachtung (nach A 102) heraus wäre eine Reduktion auf 280 kg / (ha*a), also ein Rückhalt von 63 % der Belastung.
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	Luftverschmutzung
Versiegelungsgrad:	80-90 %
Trockenperioden:	
Sonstiges:	
Herausforderungen	
Spezielle Stakeholder:	
Sonstiges:	- angedacht als BIM-Pilotprojekt - Neubau der Trinkwasserleitung im Zuge der Straßenbaumaßnahme

Steckbrief Pilotprojekt

Blue Green Streets

Straßenname:	Königstraße
Kommune:	Hamburg, Bezirk Altona
Bundesland:	Hamburg
Städtebaulicher Kontext:	Bevölkerung 1,84 Mio. (2018), Bevölkerungsdichte 2.430 Ew pro km^2, jährliche Niederschlagsmenge 785 mm, 4 Tage/a >20 mm/Tag
Übersichtsplan:	 Übersichtsbild, *Quelle: HCU, basierend auf LGV, Hamburg*
Visuelle Eindrücke:	  Städtebauliche Entwicklungen: Schulcampus (li), Trinitatis Quartier (re), Quelle: HCU   Querung zum Grünzug Altona (li), S-Bahn Station Königstraße (re), Quelle: HCU
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Grundinstandsetzung, bereichsweise Verengung der Fahrbahn auf einen Fahrstreifen (Flächenpotential), Nebenflächen bzw. angrenzende Flächen werden z. T. überplant (Schulquartier, Wohnviertel, etc.)
Stand der Planung:	Vorplanung, erste Verschickung für Anfang 2020 geplant

Baubeginn:	2021 / 2022
Sonstiges:	Städtebaulicher Wettbewerb vom Schulquartier derzeit noch nicht abgeschlossen
Verkehr	
DTVw:	z. T. 15.000-20.000; z. T. 20.000-30.000 Fahrzeuge/Tag
Straßencharakter:	Ost-West-Verbindungsstraße, zwischen Altonaer Rathaus und Reeperbahn gelegen; Baumlinienbiotop; durch geplantes Schulquartier, Wohnquartier und Umgestaltungen entlang Grünzug Altona Steigerung der Aufenthaltsqualität beabsichtigt
Straßentyp:	Verbindungsstraße
Rad-/ Fußgängerverkehr:	Schaffung neuer Radinfrastruktur für Veloroute 12
Sonstiges:	
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	Mischkanalisation
Überflutungsproblem:	Keine Überflutungsproblematik bekannt; Mischkanalisation, Abkopplung von Flächen wünschenswert
Topographie:	Leichtes, natürliches West/Ost-Gefälle vorhanden
Versickerungspotential:	Versickerung laut Versickerungspotentialkarte Hamburg (> 5m) möglich
Sonstiges:	
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	Nicht bekannt.
Versiegelungsgrad:	teilweise hoher Versiegelungsgrad
Trockenperioden:	
Sonstiges:	
Herausforderungen	
Nebenplanung:	
Spezial Stakeholder:	

Steckbrief Pilotprojekt

Straßenname:	Carl-Petersen-Straße
Kommune:	Hamburg, Bezirk Mitte
Bundesland:	Hamburg
Städtebaulicher Kontext:	Bevölkerung 1,84 Mio. (2018), Bevölkerungsdichte 2.430 Ew. pro km^2, jährliche Niederschlagsmenge 785 mm, 4 Tage/a >20 mm/Tag
Übersichtsplan:	 Übersichtsbild, Quelle: HCU, basierend auf LGV, Hamburg
Visuelle Eindrücke:	  Ansicht Carl-Petersen-Straße, Blickrichtung nach Osten, Quelle: HCU   Ansicht Carl-Petersen-Straße, Blickrichtung nach Westen, Quelle: HCU
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Verbesserung der Aufenthaltsqualität und die Schaffung von Sitzmöglichkeiten ist ein primäres Planungsziel. Bessere Radverkehrsführung.
Stand der Planung:	Vorplanung
Baubeginn:	derzeit nicht absehbar

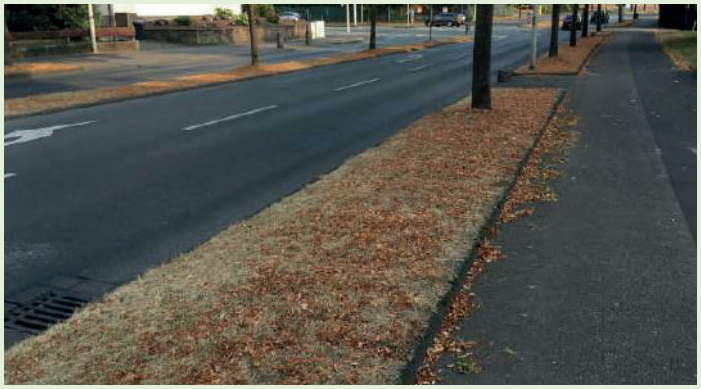
Sonstiges:	Im Zuge der Planung hat sich ein Business Improvement District (BID) gebildet, welches die Belange und Anforderungen des Einzelhandels vertritt.
Verkehr	
DTVw:	
Straßencharakter:	
Straßentyp:	örtliche Hauptgeschäftsstraße
Rad-/ Fußgängerverkehr:	Zur Zeit besteht bereichsweise ein schmaler Radweg auf der Nebenfläche.
Sonstiges:	
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	Mischkanalisation
Überflutungsproblem:	Tiefpunkt im Bereich des Kreisverkehrs, keine direkte Überflutungsproblemaitk
Topographie:	
Versickerungspotential:	gutes Versickerungspotential, nur bereichsweise eingeschränktes Potential
Sonstiges:	
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	nicht bekannt
Versiegelungsgrad:	hoher Versiegelungsgrad, durchgehend 70 -80 %
Trockenperioden:	
Sonstiges:	
Herausforderungen	
Spezielle Stakeholder:	BID- Vertreter als zusätzliche Stakeholder in der Planung.
Sonstiges:	

Steckbrief Pilotprojekt

Straßenname:	Ernst-Thälmann-Straße
Kommune:	Neuenhagen bei Berlin
Bundesland:	Brandenburg
Städtebaulicher Kontext:	Gemeinde am Rande Berlins mit Gartenstadtcharakter. Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser mit Einzelhandel, Straße ist zentrale Einkaufsstraße mit Busverkehr
Übersichtsplan:	 Übersichtsbild, Quelle: GeoPortal Brandenburg
Visuelle Eindrücke:	  Quelle: HCU   Quelle: HCU
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Grundhafte Sanierung der Straße mit neuer Ordnung der Regenentwässerung, keine angrenzenden Grünflächen vorhanden, Überflutungssicherheit und Wasserrückhalt
Stand der Planung:	Abgeschlossene Vorplanung, die jedoch überarbeitet werden muss, externer Planer soll gebunden werden
Baubeginn:	Möglich ab 2022/23
Sonstiges:	Umbau ist im Investionsprogramm mit 2 Mill. € eingestellt

Verkehr	
DTVw:	DTV< 2.000
Straßencharakter:	Tempo 30, großes Raumdargebot, beidseitige schmale Gehwege und kleine Baumsscheiben, kein Radstreifen vorhanden, Großsteinpflaster soll ersetzt werden
Straßentyp:	wenig Durchgangsverkehr, Zielverkehr für Einkauf, Bahnhof (S-Bahn), Hoher Anteil Stellplätze
Rad-/ Fußgängerverkehr:	schmaler Fußweg, kein Radweg
Sonstiges:	
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	Schmutzwasser, Regenwasser oberflächige Ableitung über Gosse
Überflutungsproblem:	In mittelbaren Umgebung in der Eisenbahnstraße
Topographie:	unterschiedliches Längsgefälle, Straße mit Bogenprofil (Bestand)
Versickerungspotential:	gut, sandige Unterböden
Sonstiges:	
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	
Versiegelungsgrad:	
Trockenperioden:	
Sonstiges:	
Herausforderungen	
Spezielle Stakeholder:	Busverkehr, Lieferverkehr
Sonstiges:	

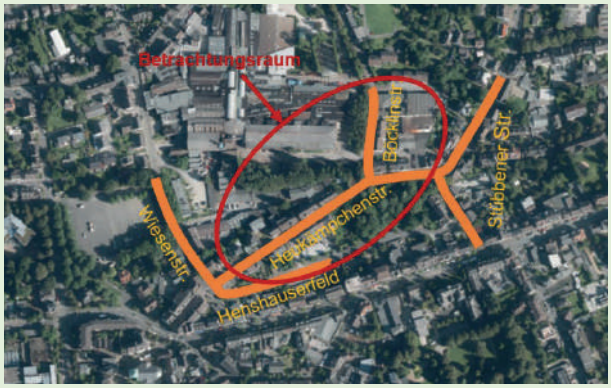
Steckbrief Pilotprojekt

Straßenname:	Friedenstraße
Kommune:	Solingen, Aufderhöhe
Bundesland:	Nordrhein-Westfalen
Städtebaulicher Kontext:	Bevölkerung Solingen: 163.183 (Stand 2018), Bevölkerungsdichte: 1.822 Ew pro km², jährliche Niederschlagsmenge: 1092 mm/a, Tage Anzahl heiße Tage: 6, Pilotstandort in Solingen Aufderhöhe geprägt durch Gewerbeflächen und Wohnbebauung
Übersichtsplan:	 Übersichtsplan Pilotstandort Quelle: HsKA auf Grundlage geoportal.nrw
Visuelle Eindrücke:	 Friedenstraße Quelle: TBS Kopperschmidt
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Nutzung von im Straßenraum anfallendem Niederschlagswasser für die Versorgung des Straßenbegleitgrüns, Speicherung von Regenwasser in Baumrigolen, Überbrückung von langen Trockenphasen
Stand der Planung:	BGS-Konzeptstudie
Baubeginn:	derzeit nicht absehbar
Sonstiges:	viele im Straßenraum verlegte Leitungen könnten zum Problem werden
Verkehr	
DTVw:	
Straßencharakter:	Verbindungsstraße mit Wohnbebauung und Gewerbebetrieben, zulässige Höchstgeschwindigkeit = 50 km/h, Breite Querschnitt Friedenstraße: ca. 24 m, Grünstreifen trennt Abschnittsweise die beiden Richtungsfahrbahnen

Straßentyp:	Verbindungsstraße
Rad-/ Fußgängerverkehr:	getrennter Fuß- und Radweg vorhanden
Sonstiges:	mangelhafte Straßenbeleuchtung, Konfliktpotential im Bereich der Einmündung der Böcklinstraße
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	Mischkanalisation
Überflutungsproblem:	
Topographie:	bewegte Topographie im Verlauf der Friedenstraße
Versickerungspotential:	Entsiegelung von Parkflächen
Sonstiges:	Schichtstau durch wenig durchlässige Bodenschichten möglich, Bestandsbäume vertragen Wassereinstau und zusätzliche Versickerung im Stammbereich nicht, Prüfung von Altlastenverdachtsfällen
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	nicht bekannt
Versiegelungsgrad:	mittlerer Versiegelungsgrad
Trockenperioden:	zunhmende Trockenperioden führen zu Stress für Straßenbäume
Sonstiges:	
Herausforderungen	
Spezielle Stakeholder:	
Sonstiges:	

Steckbrief Pilotprojekt

Blue Green Streets

Straßenname:	Heukämpchenstraße
Kommune:	Solingen, Wald
Bundesland:	Nordrhein-Westfalen
Städtebaulicher Kontext:	Bevölkerung Solingen: 163.183 (Stand 2018), Bevölkerungsdichte: 1.822 Ew pro km², jährliche Niederschlagsmenge: 1092 mm/a, Tage Anzahl heiße Tage: 6, Pilotstandort in Solingen Wald geprägt durch gründerzeitliche Bebbauung und die Industriebrache Grossmann
Übersichtsplan:	 Übersichtsplan Pilotstandort Quelle: HsKA auf Grundlage geoportal.nrw
Visuelle Eindrücke:	  Knotenpunkt Heukämpchenstraße/Böcklinstraße Quelle: HsKA   Heukämpchenstraße Ost Quelle: HsKA Heukämpchenstraße West Quelle: HsKA
Allgemeine Informationen:	
Planungsziele:	Abkopplung des im Straßenraum anfallenden Niederschlagwassers, Retention und Rückhaltung von Niederschlagswasser im Straßenraum, Gewinnung von Fläche im Straßenraum für BGS-Elemente, Grundstücksübergreifende Lösungen zur Wasserableitung, Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf 30 km/h
Stand der Planung:	BGS-Konzeptstudie
Baubeginn:	derzeit nicht absehbar

Sonstiges:	Pilotprojekt Heukämpchenstraße könnte zum Klimastraßenprojekt passen
Verkehr	
DTVw:	1500 Fahrzeuge/Tag
Straßencharakter:	Erschließungsstraße mit gründerzeitlicher Bebauung, zulässige Höchstgeschwindigkeit = 50 km/h, Breite Querschnitt Heukämpchenstraße: ca. 13,5 m, hohe Parkraumnachfrage bedingt durch Wohnnutzung, Einmündung Heukämpchenstraße/Böcklinstraße überdimensioniert
Straßentyp:	Quartiersstraße
Rad-/ Fußgängerverkehr:	wenig Radverkehr (ca. 50 Radfahrer/Tag), ca. 500 Fußgänger/Tag
Sonstiges:	mangelhafte Straßenbeleuchtung, Konfliktpotential im Bereich der Einmündung der Böcklinstraße
Wasserwirtschaftliche Aspekte	
Entwässerungsart:	Mischkanalisation
Überflutungsproblem:	Tiefpunkt im Bereich Zwischen Böcklinstraße und Stübbener Straße wird bei Starkregenereignissen regelmäßig überflutet
Topographie:	bewegte Topographie, Heukämpchenstraße weist einen Tiefpunkt in ihrem Verlauf aus
Versickerungspotential:	Versickerung von Niederschlagswasser könnte wegen Altlasten schwierig werden und muss geprüft werden
Sonstiges:	verrohrter Bachlauf des Krausener Bachs hat große Kapazitäten für Regenwasserabfluss, angrenzende verwilderte ungenutzte Grünfläche
Mikroklima	
Mikroklimatische Herausforderungen/ Beeinträchtigungen:	nicht bekannt
Versiegelungsgrad:	hoher Versiegelungsgrad
Trockenperioden:	zunehmende Trockenperioden führen zu Stress für Straßenbäume
Sonstiges:	
Herausforderungen	
Spezielle Stakeholder:	
Sonstiges:	