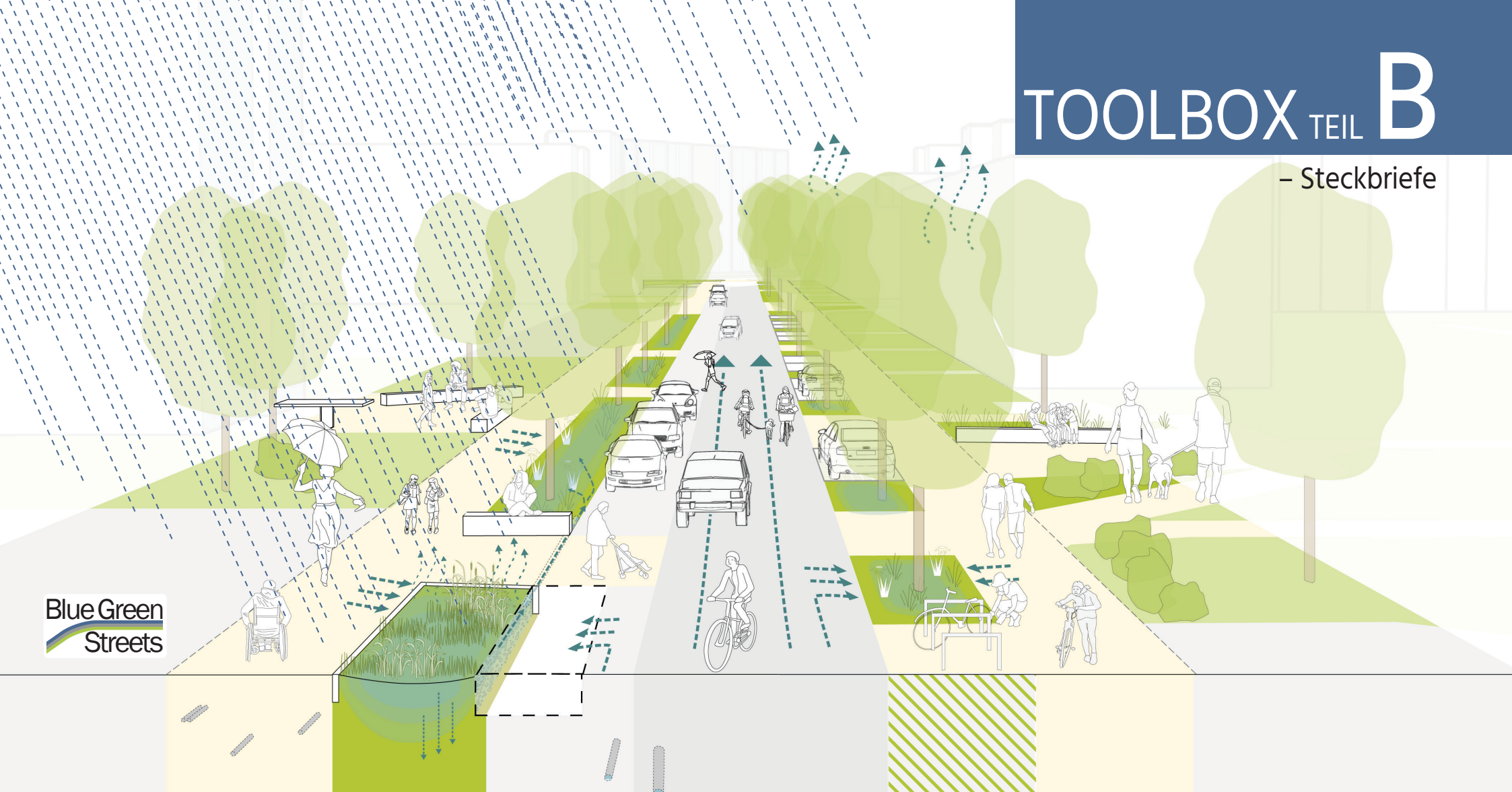


Blue Green
Streets

BLUEGREENSTREETS

Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere



Projektleitung:

HafenCity Universität Hamburg

FG Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut

Henning-Voscherau-Platz 1, 20457 Hamburg

Telefon: +49 40 42827 5095 / E-Mail: wolfgang.dickhaut@hcu-hamburg.de

www.hcu-hamburg.de/bluegreenstreets

Zitationsvorschlag:

BlueGreenStreets (Hrsg.) (2022): BlueGreenStreets Toolbox – Teil B. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere, März 2022, Hamburg. Erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z).

Stand: März 2022

Förderkennziffer: 033W103A

Online-Publikation

ISBN 978-3-947972-48-7



Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung



FORSCHUNGSPROJEKT *BLUEGREENSTREETS*

Verbundpartner Kontakt



HafenCity Universität
Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut
FG Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung
Henning-Voscherau-Platz 1
20457 Hamburg



bgmr Landschaftsarchitekten GmbH
Projektleitung: Dr. W. Carlo Becker
Prager Platz 6
10779 Berlin



Universität Hamburg
Institut für Bodenkunde
Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit
Projektleitung: Prof. Dr. Annette Eschenbach
Allende-Platz 2
20146 Hamburg



Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Heiko Sieker
Rennbahnallee 109A
15366 Hoppegarten



Hochschule Karlsruhe - University of Applied Sciences
Professur Verkehrsökologie
Fakultät für Informationsmanagement und Medien
Projektleitung: Prof. Dr. Jochen Eckart
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe

Hochschule Karlsruhe - University of Applied Sciences
Institut für Verkehr und Infrastruktur
Projektleitung: Prof. Dr. Markus Stöckner
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe



GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Projektleitung: Dr. phil. Björn Büter
Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover



TU Berlin
FG Ökohydrologie & Landschaftsbewertung
Projektleitung: Prof. Eva N. Paton, Dr. Björn Kluge
Ernst-Reuter-Platz 1
10587 Berlin



TU Berlin
FG Siedlungswasserwirtschaft
Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Matthias Barjenbruch
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
(IÖW) GmbH, gemeinnützig
Projektleitung: Prof. Dr. Jesko Hirschfeld
Potsdamer Str. 105
10785 Berlin

AUTOR:INNEN

HafenCity Universität:

Mara Bauer
Wolfgang Dickhaut
Lena Knoop
Michael Richter
Tomke Voß

bgmr Landschaftsarchitekten GmbH:

Carlo W. Becker
Lena Flamm
Sven Hübner
Marie-Kristin Schmidt

Universität Hamburg:

Annette Eschenbach
Ines Nofz

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH:

Nicolas Neidhart
Matthias Pallasch
Heiko Sieker
Harald Sommer

Hochschule Karlsruhe:

Jochen Eckart
Jonas Fesser
Markus Stöckner
Philip Zwernemann

GEO-NET Umweltconsulting GmbH:

Björn Büter
Jana Caase
Robert von Tils

TU Berlin:

Matthias Barjenbruch
Daniel Geisler
Björn Kluge

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, gemeinnützig:

Jesko Hirschfeld
Gilles Jean-Louis
Tarin Karzai

LAYOUT

Anne Pleuser
Madhulika Velankar

PARTNERKOMMUNEN

Freie und Hansestadt Hamburg:

- Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft - Abteilung Wasserwirtschaft
- Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft - Referat Qualitätssicherung Stadtgrün
- Bezirksamt Harburg - Abteilung Stadtgrün
- Bezirksamt Eimsbüttel - Abteilung Straßen und Gewässer
- Bezirksamt Altona - Fachamt Management des öffentlichen Raums
- Hamburg Wasser - Infrastrukturkoordination und Stadthydrologie
- Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg - Fachbereich Planung und Entwurf Stadtstraßen
- Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg - Bestandsmanagement Straßen und Autobahnbetrieb

Berlin:

- Berliner Wasserbetriebe - Forschung und Entwicklung
- Berliner Wasserbetriebe - Betriebsabteilung Strategie und Konzepte
- Regenwasseragentur Berlin
- Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucherschutz und Klimaschutz; Abteilung Integrierter Umweltschutz
- Bezirksamt Berlin Friedrichshain-Kreuzberg, Straßen- und Grünflächenamt
- Bezirksamt Berlin Mitte, Straßen- und Grünflächenamt

Neuenhagen bei Berlin:

- Bauverwaltung und öffentliche Ordnung

Solingen:

- Technische Betriebe - Tiefbau und Verkehr

Bremen:

- GEWOBA Bremen Aktiengesellschaft Wohnen und Bauen
- Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau, Abteilung Natur, Wasser, Landwirtschaft

INHALTSVERZEICHNIS

0 Inhalt und Aufbau Teil B: Steckbriefe	1		
1 Steckbriefe der blau-grünen Elemente	4		
1.1 Vitale Baumstandorte	10		
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestand)	12		
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau)	15		
Baumrigole ohne Speicher	18		
Baumrigole mit Speicher	22		
1.2 Elemente der Verdunstung	28		
Gedichtetes Verdunstungsbecken - baulich eingefasst	30		
Gedichtetes Verdunstungsbecken - natürlich eingefasst	34		
Pergolen	38		
<i>Grüne Wände</i> – Lärmschutz- / Verdunstungswände	40		
Fassadenbegrünung (bodengebunden)	43		
Fassadenbegrünung (wandgebunden)	46		
1.3 Elemente der Versickerung	50		
Versickerungsmulde	52		
Versickerungsmulde mit Rigole	55		
Tiefbeet	58		
Tiefbeet mit Rigole	61		
Wasserdurchlässige Bodenbeläge / Pflaster	63		
1.4 Elemente der Wassernutzung	66		
Zisterne zur Niederschlagswassernutzung	67		
1.5 Elemente der Starkregenvorsorge	70		
Rückhaltung im Freiraum	72		
Blue Streets - Rückhaltung und/oder Ableitung (Notwasserweg) im Straßenraum	76		
1.6 Elemente der Wasserreinigung	82		
Filterbeet	84		
1.7 Prinzipien und Ausstattungsmerkmale der lebendigen Straßenraum- gestaltung	88		
1.7.1 Abwechslungsreiche Bepflanzungen	88		
1.7.2 Baumbesatz	89		
1.7.3 Materialwahl	90		
1.7.5 Angebote für klimafreundliche Mobilität	93		
2 Bewertungsmethodik	94		
2.1 Blue – Straßenräume wassersensibel gestalten	95		
2.2 Green – Aufenthaltsqualität im Straßenraum schaffen	108		
2.3 Cool– Hitzevorsorge durch Verdunstung und Verschattung unter- stützen	116		
3 Praxisbeispiele	128		
3.1 Straßenbegleitende Mulden und Muldenrigolen	129		
3.2 Einsatz von Tiefbeeten zur Straßenentwässerung	129		
3.3 Baumrigolen	130		
3.4 Nutzung öffentlicher Grünflächen zur Regenwasserversickerung und Starkregenvorsorge	132		
Literaturverzeichnis	138		
Abbildungsnachweise	143		
Abkürzungsverzeichnis	144		

0

INHALT UND AUFBAU
TEIL B: STECKBRIEFE

EINLEITUNG

Städte müssen mit hoher Dringlichkeit Konzepte zum Klimaschutz und zur Klimafolgenanpassung entwickeln und zur Anwendung bringen. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Urbanisierung und Nachverdichtung innerstädtischer Bereiche sowie des bereits einsetzenden Klimawandels bestehen dabei zahlreiche Herausforderungen:

Vermeehrt auftretende Hitze- und Trockenheitsperioden destabilisieren lokale Wasserkreisläufe, belasten die Vitalität des Stadtgrüns und bergen zugleich gesundheitliche Gefahren für Stadtbe-wohner:innen, u.a. durch erhöhten Hitzestress.

Vermeehrt auftretende Starkregenereignisse überfordern die vorhandenen technischen Systeme und können in der Folge Schäden verursachen sowie im Extremfall eine Gefahr für Leib und Leben darstellen.

Besonders betroffen davon sind innerstädtische, hochverdichtete Quartiere. Bereits heute übernehmen Straßenräume dort für viele Anwohner:innen wichtige Funktionen als Freiraum¹.

Die Berücksichtigung der verschiedenen Interessen führt dabei zu einer erhöhten Flächenkonkurrenz und gleichzeitig zu mehr Komplexität für planende Institutionen. Die geplante Verkehrswende erfordert zum einen mehr Flächenbedarf für den soge-

nannten Umweltverbund (Bus, Rad, Fuß), zum anderen wird erstmals seit Jahrzehnten der hohe Flächenbedarf des MIV in Frage gestellt. Dies führt zu Nutzungskonflikten weshalb es nötig sein wird, verschiedene Flächennutzungen zu kombinieren und Räume effektiv bzw. effektiver zu nutzen. Ein zentraler Lösungsansatz für diese Anforderungen ist die blau-grüne Gestaltung von Straßenräumen. Dabei ist insbesondere eine multicodierte und multifunktionale Umgestaltung von Bestandsstraßen notwendig.

Inhalt und Aufbau

Im Rahmen des vom BMBF-geförderten Forschungsprojektes BlueGreenStreets (BGS) ist eine *Toolbox* als anwendungsorientierte Planungshilfe erarbeitet worden. Mit ihr wird ein Werkzeugkasten mit planerischen Hinweisen für den Entwurf qualitativ voll gestalteter multicodierter blau-grüner Straßenräume bereitgestellt.

Die Toolbox richtet sich an alle Akteure, die für die Konzeption, Planung und den Umbau von Straßenräumen verantwortlich sind. Aber auch die Nutzer:innen finden hier Anregungen, wie Straßenräume anders gestaltet werden können, um Argumente für neue Perspektiven von Straßenräumen zu entwickeln.

Die Toolbox setzt sich aus zwei Teilen zusammen:

Teil A beschreibt zum einen die Ziele und Grundsätze blau-grüner Straßenräume sowie die Grundlagen und den Planungsprozess. Zum anderen werden Planer:innen durch den blau-grünen Entwurf geführt. Beispielhafte Querschnitte und Draufsichten erläutern dabei, wie Straßenräume neu geordnet werden können. Die Entwurfselemente werden zusammenfassend beschrieben. Im Fokus stehen die BGS-Pilotprojekte, die sowohl die Planung ganzer Straßenräume als auch einzelner Elemente, wie Baumrigolenstandorte, umfassen. Solche Projekte wurden während des dreijährigen Forschungsprojektes planerisch begleitet sowie z.T. vor Ort umgesetzt.

Der vorliegende Bericht bildet **Teil B** der Toolbox. Unterteilt in sechs Elementgruppen stellt Teil B die blau-grünen Elemente im Detail vor (s. Tab. 1).

Einige dieser Elemente und Systeme sind Ihnen bereits aus der Straßenplanung oder der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung bekannt. Andere, wie beispielsweise die Fassadenbegrünung oder die Rückhaltung im Freiraum, erweitern den Blick – zum Teil auch über den eigentlichen Straßenraum hinaus. Insbesondere in überflutungsgefährdeten oder durch Hitze belasteten Gebieten werden sie zukünftig eine wichtige Rolle für die klimaoptimierte Straßenplanung und damit die Schaffung lebenswerter Quartiere spielen.

¹ U.a. (klima)ökologische Ausgleichsfunktion, historisch-kulturelle, ökonomische, soziale, raumstrukturelle und ästhetische Funktion (vgl. Hartz, A.M. 2018).

Jedes Element wird in einem Steckbrief beschrieben und dort auch hinsichtlich seiner Wirkungen für die Ziele *Blue*, *Green* und *Cool* bewertet.

Kapitel 2 beschreibt die Bewertungsmethodik sowie die ihr zugrundeliegenden Annahmen. In Kapitel 3 finden Sie weiterführende Informationen wie zum Beispiel ähnliche Projekte.



Abb. 1 - Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung, Wien [3]

Tab. 1 - Übersicht Kapitel zu den blau-grünen Elementen (Steckbriefe)

Kap.	Elementgruppe	Blau-grüne Elemente
1.1	Vitale Baumstandorte	<ul style="list-style-type: none"> Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestand, Neubau), Baumrigole (ohne Speicher, mit Speicher)
1.2	Elemente der Verdunstung	<ul style="list-style-type: none"> Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst), Gedichtetes Verdunstungsbeet (natürlich eingefasst) Fassadenbegrünung (bodengebunden, wandgebunden) Pergolen, grüne Wände (Lärmschutzwände/Verdunstungswände)
1.3	Elemente der Versickerung	<ul style="list-style-type: none"> Versickerungmulde (ohne Rigole, mit Rigole) Tiefbeet (ohne Rigole, mit Rigole) Wasserdurchlässige Bodenbeläge
1.4	Elemente der Wassernutzung	<ul style="list-style-type: none"> Zisterne zur Niederschlagswasserspeicherung
1.5	Elemente der Starkregenvorsorge	<ul style="list-style-type: none"> Rückhaltung im Freiraum Blue Streets — Rückhaltung und/oder Ableitung (Notwasserweg) im Straßenraum
1.6	Elemente der Wasserreinigung	<ul style="list-style-type: none"> Filterbeet
1.7	Prinzipien und Ausstattungsmerkmale der lebendigen Straßenraumgestaltung	<ul style="list-style-type: none"> Abwechslungsreiche Bepflanzung Baumbesatz Materialwahl Flächen für Mobiliar Bewegung, Aufenthalt und Spielen Angebote für klimafreundliche Mobilität



Abb. 2 - Beet in Wiener Fußgängerzone [4]

1

STECKBRIEFE DER BLAU-
GRÜNEN ELEMENTE

ÜBERSICHT ÜBER DIE ELEMENTGRUPPEN

Um Sie bei der Planung blau-grüner Straßenräume zu unterstützen, wurden in BlueGreenStreets 20 *BGS-Elemente* definiert. Basierend auf ihren Haupteigenschaften bzw. Hauptwirkungen werden sie einer der folgenden sechs Elementgruppen zugeordnet:

- Vitale Baumstandorte,
- Elemente der Verdunstung,
- Elemente der Versickerung,
- Elemente der Wassernutzung
- Elemente der Starkregenvorsorge sowie
- Elemente der Wasserreinigung.

Unter der Überschrift *Prinzipien und Ausstattungsmerkmale der lebendigen Straßenraumgestaltung* sind übergreifende Gestaltungsmerkmale und ergänzende Angebote in Straßenräumen aufgeführt. Hierzu zählen abwechslungsreiche und pflegeleichte Bepflanzungen, Flächen mit Mobiliar zum Verweilen und Spielen sowie Angebote für klimafreundliche Mobilität. Diese Einteilung wird Sie dabei unterstützen, in Abhängigkeit von den örtlichen Rahmenbedingungen und Zielen, die für Ihre Planung geeignete Elemente auszuwählen.

Zu den *Vitalen Baumstandorten* zählen hydrologisch optimierte Baumstandorte sowie Baumri-

golen mit und ohne Speicher. Durch ein verbessertes Wasser-, Luft- und Platzangebot stellen die Vitalen Baumstandorte u.a. ihre Verdunstungsleistung zur Verfügung und tragen durch Verschattung wesentlich zur Kühlung von Straßenräumen bei. Sie werden wegen ihrer Bedeutung in BlueGreenStreets als eigene Kategorie geführt, sind aber grundsätzlich auch Elemente der Verdunstung.

Darüber hinaus zählen Verdunstungsbecken und -beete, Pergolen, *Grüne Wände* und Fassadenbegrünungen (boden-, wandgebunden) zu den *Elementen der Verdunstung*. Sie besitzen, wie Bäume, bei guter Wasserversorgung eine hohe Verdunstungsleistung. Damit tragen sie zur Abkühlung der Umgebungsluft an heißen Tagen bei und fördern die Aufenthaltsqualität im Straßenraum.

Zu den *Elementen der Versickerung* zählen Versickerungsmulde, Tiefbeete und wasserdurchlässige Bodenbeläge. Durch ihre Versickerungsleistung unterstützen sie den natürlichen Wasserkreislauf und leisten gleichzeitig einen Beitrag zur Überflutungs- und Hitzevorsorge.

Das Filterbeet ist ein abgedichtetes System zur Behandlung von Niederschlagswasser. Das Filterbeet ist allerdings nicht das einzige Element der Gruppe *Elemente der Wasserreinigung*. Auch andere Elemente halten Schmutzpartikel und Schadstoffe

in größerem Umfang zurück.

Zu den *Elementen der Wassernutzung* zählen die Zisternen. Zisternen sind technische Elemente, die Niederschlagswasser mittel- und langfristig speichern und zur gezielten Bewässerung von Grün zur Verfügung stellen können.

Sofern bereits eine Überflutungsproblematik in Ihrem Planungsgebiet bekannt ist bzw. ein hohes Risiko für eine Überflutung durch Starkregen vermutet wird, bietet sich die Nutzung von *Elementen der Starkregenvorsorge* an, um dieses Risiko zu reduzieren. Dazu zählen die Rückhaltung im Freiraum und *Blue Streets* – beides sind Elemente bzw. Planungsansätze, die Straßen, Plätze oder angrenzende Grün- und Freiflächen nutzen, um größere Niederschlagsmengen temporär zurückzuhalten bzw. sicher abzuleiten.

Erfahren Sie in den Steckbriefen, welche Systeme bereits erprobt worden sind und was bei den ersten Schritten zu beachten ist. Auch Akteure, Zuständigkeiten und Kosten von Bau und Unterhaltung werden darin benannt. Im Abschnitt *weitere Planungshinweisen* werden zudem Synergien zu Barrierefreiheit und Verkehrsberuhigung sowie sinnvolle Kombinationsmöglichkeiten der blau-grünen Elemente vorgestellt.

BEWERTUNGSKATEGORIEN DER BLAU-GRÜNEN ELEMENTE

Um die Wirkungen der blau-grünen Elemente zu bewerten und Ihnen auf diese Weise einen schnellen Überblick für Ihre Planungen zu geben, wurden den Zielen für *Blue*, *Green* und *Cool* Parameter zugeordnet. Diese sind im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

BLUE – Straßenräume wassersensibel gestalten

Wasserrückhalt: Gesamtspeicher eines BGS-Elements unter Berücksichtigung von oberirdischem Einstau und Bodenspeicher. Betrachtet wird das potentielle Aufnahmevermögen, also eine Vollfüllung

der oberirdischen und unterirdischen Speicher. Der Indikator drückt somit die Entwässerungsleistung aus.

Anschließbare Fläche hN 15 mm / 35 mm: Potentielle Fläche, ausgedrückt als Faktor, die bei einem Niederschlag von 15 mm / 35 mm an einen Quadratmeter des jeweiligen blau-grünen Elements angeschlossen werden kann.

Stoffrückhalt AFS / AFS63: Prozentualer Rückhalt von im Straßenabfluss enthaltener Abfiltrierbarer Feststoffe (AFS/ AFS63¹ - Feinanteil), der wesentlich durch die Ausbildung einer bewachsenen Bodenzone bzw. der Rückhaltefähigkeit der verwendeten Substrate bestimmt wird.

Oberirdischer Noteinstau: Niederschlagsvolumen (in m³), welches bei Starkregen oberirdisch durch BGS-Elemente zurückgehalten werden kann. Die Bewertung berücksichtigt die Flächenanteile, welche BGS-Elemente jeweils im Straßenraum einnehmen.

GREEN – Aufenthaltsqualität im Straßenraum schaffen

Grünes Erscheinungsbild: Vision für den blau-grün gestalteten Straßenraum der Zukunft. Ein grünes Erscheinungsbild wird durch eine vielfältige, mehrdimensionale und strukturreiche Vegetationsverwendung erreicht, indem also z.B. unterschiedliche, standortgerechte Pflanzenarten verwendet werden. Auch unterschiedliche jahreszeitliche Aspekte sind ein Qualitätsmerkmal für das grüne Erscheinungsbild. Der Versiegelungsgrad ist dabei gering.

Nutzbarkeit / Aufenthaltsqualität: Multicodiert gestaltete Straßen in den Stadtquartieren weisen möglichst hohe Qualitäten als alltäglich nutz- und erlebbare Lebensräume für viele unterschiedliche Stadtbewohnergruppen auf. Bewertet wird der Beitrag eines Elements, für Menschen nutzbar zu sein und eine hohe Aufenthaltsqualität zu haben.

Klimakomfort / Beschattung: Blau-grün gestaltete Straßenräume schaffen für die Stadtbewohner:innen und Straßennutzer:innen einen hohen

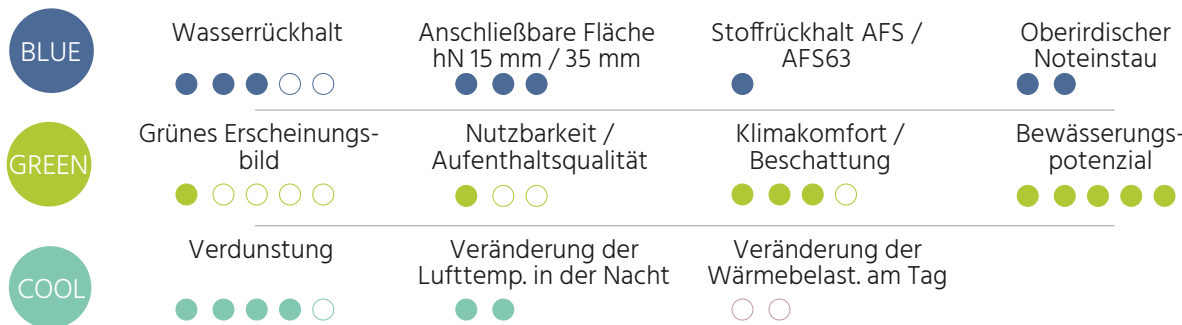


Abb. 3 - Beispielhafte Darstellung der Bewertung eines blau-grünen Elements. Ausgefüllte Kreise stehen für die Minimalbewertung und unangefüllte Kreise für die Maximalbewertung. Es können in allen Kategorien maximal fünf Punkte vergeben werden. In der Bewertung der coolen Elemente treten außerdem rote Kreise auf, die eine negative Bewertung kennzeichnen. Ist eine Bewertung des Elementes nicht möglich ist dies an dem Strich (-) zu erkennen. Weitere Erläuterungen zur Bewertung können Kap. 2 entnommen werden. [2]

¹ 0,45-63 µm.

Klimakomfort. Im Fokus steht hierbei die *gefühlte* Wahrnehmung von entspannenden, von Grün geprägten Räumen und der Möglichkeit, an heißen Sonnentagen ausreichend Schatten zu finden. Der reale thermische Komfort ist jedoch auch messbar (s. Bewertung *Cool* Ziele).

Bewässerungspotenzial¹: Potenzial für den Rückhalt von Wasser zu Bewässerungszwecken. Das Bewässerungspotenzial ergibt sich aus der Abdichtung von speicherfähigen Medien und Substraten. Die Nutzung des Bewässerungspotenzials ist im Vergleich zur Nutzung des natürlichen Bodenspeichers nur durch aktive Entnahme (z.B. Pumpen) möglich.

COOL – Hitzevorsorge durch Verdunstung und Verschattung unterstützen

Verdunstung: Bewertet wird hier die Verdunstungsleistung (Evapotranspiration) der verschiedenen Elemente und deren Kombinationen. Die Verdunstungsleistung beschreibt die Verdunstungsmenge in l/m² pro Zeiteinheit (Tag, Vegetationsperiode) bezogen auf die Standfläche eines blau-grünen Elements bei unterschiedlicher Wasserversorgung.

Veränderung der Lufttemperatur in der Nacht:

Bewertet wird hier der Beitrag der Elemente, die Lufttemperatur während der Nacht zu verändern. An warmen Sommertagen sorgt die Abkühlung während der nächtlichen Stunden für die Möglichkeit eines erholsamen Schlafes. Eine Verminderung der nächtlichen Lufttemperatur trägt dazu bei, die humanbioklimatische Situation zu verbessern.

Veränderung der Wärmebelastung am Tag:

Bewertet wird der Beitrag der Elemente, die Wärmebelastung am Tage zu verändern. An heißen Sommertagen sorgt die Verminderung der Wärmebelastung für eine Verbesserung der humanbioklimatischen Situation und somit zu einer Entlastung der Stadtbewohner:innen.

Jedes Element wurde vom BGS-Forschungsteam anhand einer Punkteskala (i.d.R. 1-5) bewertet. Je mehr Punkte ein Element erhält, desto stärker trägt es zum jeweiligen Ziel bei. Beim Ziel *cool* wurden vereinzelt auch Negativpunkte vergeben. Eine ausführliche Darstellung der Indikatoren und des Bewertungsprozesses finden Sie im Kapitel 2 *Bewertungsmethodik*.

Erkenntnisse und Tipps, die aus den gesammelten Erfahrungen des BGS-Forschungsprojekts gewonnen wurden, werden in den Steckbriefen farblich gekennzeichnet.

¹ Die Bewertung des Bewässerungspotenzials wurde mit der BLUE Bewertungsmethodik erarbeitet (Tab. 3, S. 100 f.), thematisch jedoch als GREEN Kategorie eingeordnet

ÜBERSICHT ZU DEN DARGESTELLTEN FACHASPEKTEN FÜR DIE EINZELNEN BGS-ELEMENTE

In den folgenden Kapiteln werden die BGS-Elemente genauer beschrieben und bewertet. Dabei finden Sie systematisch Antworten auf die folgenden Fragen.

Für die sechs Elementgruppen:

- Was leisten sie?
Hier wird dargestellt, welche grundsätzlichen Wirkungen hinsichtlich der Ziele blue-green-cool zu erwarten sind
- Wann kommen sie zum Einsatz?
Hier wird beschrieben, für welche Zwecke und Orte im Rahmen des Straßenumbaus sich das BGS-Element eignet
- Wie weit sind sie verbreitet?
Hier wird eine Einschätzung gegeben, welchen Innovationsgrad und welche Regelungshintergrund die BGS-Elemente derzeit haben.

Für alle einzelnen BGS-Elemente in den Elementgruppen:

Erste Schritte:

- Welche Systeme gibt es?
- Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?
- Welche Flächen können an das BGS-Element angeschlossen werden?
- Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?
- Welche Vegetation eignet sich?
- Welche Substrate eignen sich?
- Welche Materialien werden verwendet?
- Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

Akteure, Zuständigkeiten, Kosten von Bau und Unterhaltung:

- Wer muss beteiligt werden?
- Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?
- Wer unterhält das Element?
- Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

Die Daten zeigen i.d.R. nur ungefähre Kosten von Einzelprojekten, wie sie im Umfeld des BGS-Projektes zwischen 2019 und 2022 verfügbar waren. Es handelt sich nicht um eine repräsentative Datenerhebung. Die Daten sind dementsprechend Beispiele und müssen vor Ort immer verifiziert werden. Es kann aber ergänzend auf einen Bericht des IÖW hingewiesen werden, der umfangreicher ist und im Herbst 2022 erscheinen wird:

Jean-Louis, G., Hirschfeld, J., Laug, L., Horn, K. (2022): Kosten von blau-grünen Maßnahmen im Straßenraum - Literatur- und Datenauswertung im Projekt Blue-GreenStreets. IÖW, Berlin.

- Wer bezahlt das?

Weitere Planungshinweise:

- Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?
- Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?
- Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?
- Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

Beispiele:

- Wo wurde das BGS-Element realisiert?
- Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?



Abb. 4 - Begrünter Mittelstreifen in Hamburg [5]

1.1 VITALE BAUMSTANDORTE

WAS LEISTEN SIE?

Bei den Elementen der vitalen Baumstandorte gibt es vier Ausgestaltungsmöglichkeiten (s. Abb. 5). Zum einen können bestehende Baumscheiben hydrologisch optimiert werden. Auch Neupflanzungen können als hydrologisch optimierte Baumstandorte angelegt werden. Zum anderen kann eine Substratanpassung das Versickerungsvolumen erhöhen (Baumrigole ohne Speicher) und eine Baumrigole mit zusätzlichem Speicher einen längerfristigen Rückhalt von Niederschlagswasser ermöglichen. Dieses soll dem Baum in Trockenzeiten zur Verfügung stehen.

Mit den Elementen der vitalen Baumstandorte kann, durch aktive Zuleitung von Niederschlagswasser benachbarter Flächen, das Risiko urbaner Sturzfluten verringert werden. Flächen werden dabei von der Kanalisation bis zu einem Starkregenindex (SRI) von 2 abgekoppelt, wodurch diese entlastet wird. Zudem soll das Mehrangebot an Niederschlagswasser zur Verbesserung der Wuchsbedingungen des Straßengrüns beitragen. Das Trockenheitsrisiko soll damit verringert werden und mitunter das Baumwachstum und die Vitalität erhöhen. Die Optimierung der Pflanzstandorte geschieht außerdem durch Anpassung der Zusammensetzung von Substraten, sodass eine ausreichende Luft- und Wasserkapazität

bereitgestellt und einer Überverdichtung und somit einer Beeinträchtigung des Wurzelwachstums vorgebeugt wird. Unter Umständen kann so auch der Bewässerungsaufwand minimiert werden. Bei fachgerechter, integrierter Planung und Ausführung können die Elemente der vitalen Baumstandorte sowohl einen Beitrag zur Starkregenvorsorge als auch zur Baumvitalität leisten.

WANN KOMMEN SIE ZUM EINSATZ?

Wenn benachbarte versiegelte Flächen an Baumstandorte angeschlossen werden können, sollte dies im Sinne der Optimierung des urbanen Was-

serhaushalts geprüft werden. Die Zuleitung von Niederschlagswasser von angrenzenden Flächen kann ober- oder unterirdisch erfolgen. Wenn eine Vorreinigung des Niederschlagswassers notwendig ist, bspw. bei Verkehrsflächen, sollte dieses durch geeignete Filter gereinigt werden. Als zusätzliches Wasserreservoir für Trockenzeiten kann bei Baumrigolen eine unterirdische Abdichtung eingebracht werden. Durch eine ausreichende Versickerungsfähigkeit der eingebauten Substrate und angrenzenden Böden muss sichergestellt werden, dass Überschusswasser versickert und es nicht zu Staunässe im Wurzelbereich kommt.

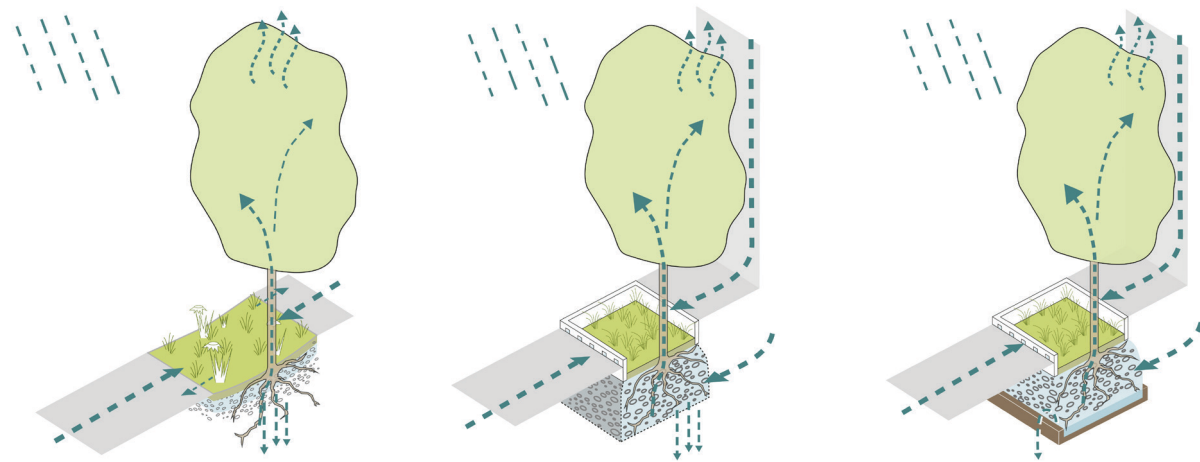


Abb. 5 - Hydrologisch opt. Baumstandort (Bestand, Neubau), Baumrigole ohne und mit Speicher (von li.) [1]

WIE WEIT SIND SIE VERBREITET?

Bisher gibt es keine feststehende Systematik für die Kombination von Stadtbaumstandorten und Regenwasserbewirtschaftung. Im internationalen Kontext sind solche Systeme seit einigen Jahren unter Begriffen wie *tree trenches*, *treebox filters* oder *raingarden treepits* bekannt und wurden insbesondere in Nordamerika, Australien und einigen asiatischen Ländern erprobt. In Europa gilt besonders das sog. *Stockholmer Modell* mit Skelettböden als wegbereitend. In Deutschland sind solche Systeme bislang noch wenig erprobt. Es bestehen vereinzelt Erfahrungen mit Bäumen in Versickerungsmulden (z.B. in Berlin, s. Abb. 7).

Mehrjährige Erfahrungen mit vitalen Baumstandorten sind bisher, bis auf wenige Ausnahmen (Bochum, Bünde), nahezu nicht verfügbar. In den letzten Jahren wurden insbesondere im Rahmen des BGS-Forschungsprojekts einige Systeme (Baumrigolen, hydrologisch optimierte Baumstandorte) als Pilotstandorte umgesetzt und somit die Grundlage für eine Standardisierung bzw. Systematisierung geschaffen. Es soll hier aber auch deutlich gemacht werden, dass es belastbare Nachweise für die ausschließlich positiven Wirkungen auf die Bäume bisher nicht abschließend gibt. Hierzu wurde z.B. in BlueGreenStreets ein Monitoringsystem aufgelegt, das in den nächsten Jahren weitere Ergebnisse

erbringen wird. Wichtig für die Weiterentwicklung der Systeme der Vitalen Baumstandorte und hier insbesondere der Baumrigolen ist es, durch den weiteren Bau und die Evaluierung dieser Systeme umfassendere Erkenntnisse zu sammeln. Der Aufbau eines Netzwerkes zum Austausch dieser Erkenntnisse wurde in BlueGreenStreets gestartet und soll fortgesetzt werden.



Abb. 7 - Bäume in Mulden, Rummelsburger Bucht Berlin [3]

HYDROLOGISCH OPTIMIERTER BAUMSTANDORT (BESTAND)

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Beim hydrologisch optimierten Baumstandort (Bestand) werden Teile des Niederschlagswassers von anliegenden Gehwegs-, Rad- oder Verkehrsflächen in den Baumstandort geleitet. In der Regel bedingt das eine Verbesserung der Infiltrationsleistung der Baumgrube. Vakuumsauggeräte sowie Druckluftlanzen bieten sich für die Ausschachtung und Auflockerung an, um das vorhandene Wurzelsystem nicht zu schädigen. Durch die Ausführung im Bestand wird keine zusätzliche Anpassung der Substrate im Hinblick auf Wasser- und Luftverfügbarkeit vorgenommen. Es kommt nur zu oberflächennahen Veränderungen, um die Zuleitung von Niederschlagswasser zu gewährleisten.

Zur Vermeidung einer grundlegenden Änderung des Bodenwasserhaushalts sollten der Baumscheibe nur moderate Wassermengen zusätzlich zugeführt werden. Aufgrund des Anpassungsstress es sollten nur vitale Bäume nach einer Einzelfallprüfung ausgewählt werden.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Platzangebot:

- Angrenzende Flächen sollten eine Erweiterung der Baumscheibe ober- und unterirdisch ermöglichen
- Durch eine Revitalisierung von Bestandsbäumen kann das Wasserdargebot von Bäumen langfristig gesichert werden

Weitere Standortfaktoren:

- Abschätzung des Versickerungspotenzials zur Abführung von überschüssigem Wasser zum Schutz umliegender Gebäude und Verhinderung von Staunässe
- Die ausreichende Vorreinigung von eingeleitetem Niederschlagswasser muss sichergestellt werden, um den Grundwasserschutz zu gewährleisten

Welche Flächen können an die vitalen Baumstandorte angeschlossen werden?

Prinzipiell können alle Flächen angeschlossen werden, solange dies technisch und wasserrechtlich möglich ist. Wichtig dabei ist, die Behandlungsbedürftigkeit der anzuschließenden Flächen vorab zu prüfen. Abflüsse von stark belasteten Verkehrsflächen müssen, je nach stofflicher Belastung und Ausmuldungstiefe (Aufnahmefähigkeit), evtl.

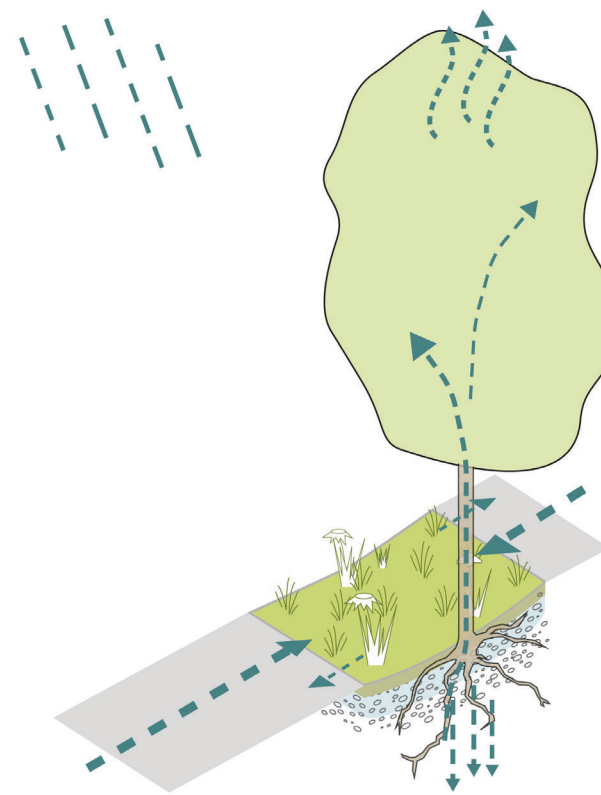


Abb. 6 - Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestand) [1]

vorgereinigt werden, abhängig vom Verkehrsgeschehen und der Flächennutzung (DWA-A 138). Eine Vorreinigung kann durch den Einbau von humosem Oberboden oder technischen Reinigungssubstraten erfolgen, z.B. durch Versickerung über den Oberbo-

den, Filter in Straßeneinläufen, Rinnensysteme, Filterbeete.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Bezogen auf einen standardisierten Bodenaufbau¹ mit einer Gesamtspeicherkapazität von ca. 415 l/m² beträgt, die anschließbare Fläche ca. 11 m² je m² Baumscheibenfläche. Bei einer 6 m² Baumscheibe eines hydrologisch optimierten Baumstandorts im Neubau entspräche das einer Wassermenge von 2.490 l bzw 66 m² anschließbare Fläche.

Welche Vegetation eignet sich?

Grundsätzlich sind offene Flächen bzw. eine Bepflanzung dieser Flächen erwünscht, um Niederschlagswasser zu infiltrieren und organisches Material in optimaler Weise zuzuführen. Bei der Gefahr

einer Verdichtung des Bodens rings um den Baum durch Fußgänger-/Radfahrer:innen, sind Schotter oder Gitter zu bevorzugen.

Welche Substrate eignen sich?

Grundsätzlich müssen die vorhandenen Substrate genügend Wasser- und Luftpotential zur Verfügung stellen. Es sollte einerseits viel Wasser gespeichert werden, andererseits muss die Versickerung von überschüssigem Wasser erfolgen, um Staunässe im Wurzelbereich zu verhindern.

Welche Materialien werden verwendet?

Grundsätzlich ist eine Vielzahl von Materialien für Substrate etc. möglich. Es sollte auf die Ökobilanz der Materialien geachtet werden (Regionalität, Recycling, etc.).

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

- Gute Bauüberwachung stellt den Erfolg sicher
- Überprüfung der Funktionalität durch Monitoring von Wassergehalt/-spannung und O₂/CO₂ Gehalt in der Baumgrube
- Regelmäßige Baumkontrolle zur Überwachung der Vitalität
- Möglichkeit der Verstopfung von Zuläufen (z.B. von Drainagerohren) in Betracht ziehen und evtl. Sedimentation/Filter vorschalten
- Regelmäßige Kontrolle und bei Bedarf Reinigung der Zu- und ggf. Abläufe
- Erfolg erst nach 5-10 Jahren feststellbar

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grün-, Verkehrs- und Tiefbauamt

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Baum und Baumscheibe: normale Kontroll- und Unterhaltungsmaßnahmen
- Zu- und ggf. Ablauf: je nach gewählter Technik und Erfahrungen im dezentralen RW-Management
- Durchschnittlich ist mit 57 € pro Baum und Jahr für die Baumpflege und mit jährlich 8,50 €/m² für die Baumscheibenpflege zu rechnen

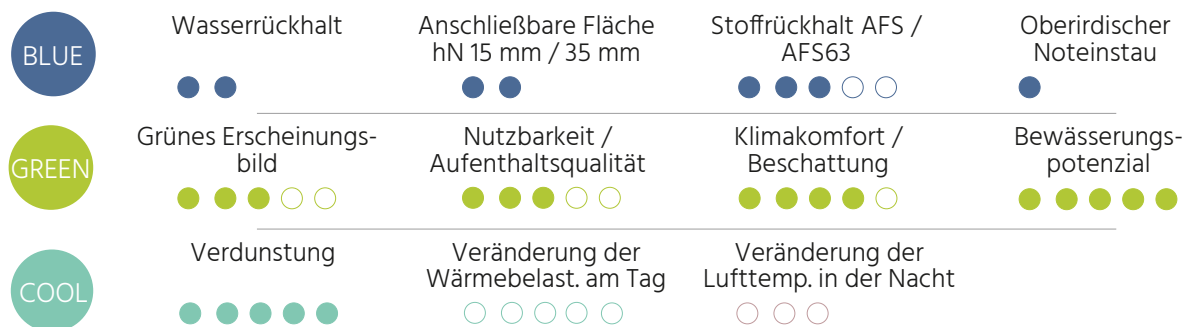


Abb. 8 - Bewertung des hydrologisch optimierten Baumstandorts (Bestand) [2]

¹ Die zugrundeliegende Methodik ist dem Kap. 2.1 zu entnehmen.

Wer unterhält das Element?

- Abstimmung notwendig zwischen der Grünplanung und -unterhaltung und den Wasserbetrieben
- Baumscheibe z.B. über Baumpatenschaften

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

Da die Kosten für die Umsetzung der Maßnahme sehr stark von den ortsspezifischen Voraussetzungen und Gegebenheiten abhängig sind, können keine Einheitspreise angegeben werden.

Wer bezahlt das?

Hydrologisch optimierte Baumstandorte sind keine Entwässerungselemente und somit in der Regel aus dem Budget des kommunalen Baum- oder Grünflächenmanagements oder im Rahmen einer Straßenbaumaßnahme zu finanzieren.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Vitale Baumstandorte können eine straßenraumprägende Funktion übernehmen. Insbesondere große Bestandsbäume stellen gute Orientierungspunkte dar und sollten erhalten werden. Bei der Planung vitaler Baumstandorte sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht ggü. Fußgänger:innen:

- Eine Revitalisierung/Renovierung der Baumgrube und angrenzender Flächen kann vorhandene Stolperkanten beheben und wirkt sich stark positiv auf die Barrierefreiheit aus.
- Nachträgliche Belüftungsrohre, Baumstützen sollten so eingefasst und positioniert werden, dass sie selbst keine Stolperkanten darstellen.
- Anfahrtschutz sollte nach DIN 18916 ausgestaltet werden.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktile Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw. einer Bepflanzung der Baumscheibe gegeben.
- Eine durchgehende Ausleuchtung des umgebenden Straßenraums zur Vermeidung von Schattenwurf und dunklen Ecken ist zu beachten.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Vitale Baumstandorte sind gut kombinierbar mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung. Dazu zählen Versätze, (asymmetrische) Engstellen, Baumtore sowie Einengungen der Fahrbahn. Zu beachten ist dabei, dass Bäume vor Anfahrtschäden und parkenden Kfz geschützt werden.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Das verbleibende Niederschlagswasser kann über alle bekannten blau-grünen Elemente bewirtschaftet werden.

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- FLL-Empfehlung Baumpflanzung
- Interaktionen mit unterirdischen Infrastrukturen (Leitungen): DWA-M 162

BEISPIELE

Wo wurden vitale Baumstandorte realisiert?

Weitere vitale Baumstandorte sind in Berlin Neukölln gebaut.

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- CIRIA - SUDS Manual (Ballard et al. 2015)
- Pflanzgruben in der Stadt Stockholm – ein Handbuch (Embren et al. 2009)



Abb. 9 - Hydrologisch optimierter Baumstandort, Lahnsteiner Straße, Neuenhagen bei Berlin [6]

HYDROLOGISCH OPTIMIERTER BAUMSTANDORT (NEUBAU)

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Bei hydrologisch optimierten Baumstandorten (Neubau) werden Teile des Niederschlagswassers von anliegenden Flächen in den Baumstandort geleitet. Eine zusätzliche Anpassung der Substrate im Hinblick auf Wasser- und Luftverfügbarkeit wird nicht vorgenommen.

Niederschlagswasserzulauf:

- Hochbord auf Lücke
- Tiefbord
- Punktzuläufe

Substrate/Rigolensystem:

- Baumsubstrat z.B. nach FLL
- ggf. mit unterliegenden Kies oder anderen mineralischen Substraten im Bereich eines temporären Einstaus

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Platzangebot:

- Je nach System unterirdisch mind. 12 m³ Baumgrube
- Raumvolumen: je nach Kronenhöhe- und -volumen der Baumart
- Oberirdisch: moderate Einmuldung von wenigen Zentimetern

- Konflikte mit unterirdischen Infrastrukturen – bei zu geringen Abständen zu Leitungen sollten passive oder aktive Schutzmaßnahmen vorgenommen werden (siehe DWA-M 162, siehe Kap 3.1 Teil A)

Weitere Standortfaktoren:

- Abschätzung des Versickerungspotenzials zur Abführung von überschüssigem Wasser zum Schutz umliegender Gebäude und Verhinderung von Staunässe
- Ausreichende Vorreinigung von eingeleitetem Niederschlagswasser muss sichergestellt werden, um den Grundwasserschutz zu gewährleisten

Welche Flächen können an die vitalen Baumstandorte angeschlossen werden?

Prinzipiell können alle Flächen angeschlossen werden, solange dies technisch und wasserrechtlich möglich ist. Wichtig dabei ist, die Behandlungsbedürftigkeit der anzuschließenden Flächen vorab zu prüfen. Abflüsse von Verkehrsflächen müssen, je nach stofflicher Belastung und Ausmuldungstiefe (Aufnahmefähigkeit), vorgereinigt werden. Eine Vorreinigung kann durch den Einbau von humosem Oberboden oder von technischen Reinigungssubstraten erfolgen.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Bezogen auf einen standardisierten Bodenaufbau¹ mit einer Gesamtspeicherkapazität von ca. 300 l/m² beträgt die anschließbare Fläche ca. 8 m² je m² Baumscheibenfläche.

Bei einer 6 m² Baumscheibe eines hydrologisch optimierten Baumstandorts im Bestand entspräche das einer Wassermenge von 1.800 l bzw. 48 m² anschließbare Fläche.

Welche Vegetation eignet sich?

Die Eignung von bestimmten Pflanzenarten kann bspw. nach der Zuordnung von Lebensbereichen nach Kiermeier erfolgen. Baumrigolen mit Speicher können dabei den Außenrandbereichen und Schotterterrassen sowie Hartholzauen zugeordnet werden. Bereits verwendete Baumarten:

- Amerikanischer Amberbaum, *Liquidambar styraciflua*,
- Amerikanische Gleditschie, *Gleditsia triacanthos*,
- Sumpf-Eiche, *Quercus palustris*,
- Winterlinde, *Tilia cordata*,
- Ulme, *Ulmus resista* sowie
- Zerreiche, *Quercus cerris*.

¹ Die zugrundeliegende Methodik ist dem Kap. 2.1 zu entnehmen.

Die Bepflanzung der Baumscheibe gestaltet sich je nach Ausgestaltung der Zuleitung des Niederschlagswassers. Demnach kann die Pflanzenauswahl, z.B. bei oberirdischer Einleitung und Ausbildung einer Mulde, dementsprechend angepasst werden. Grundsätzlich sind offene Flächen bzw. eine Bepflanzung dieser Flächen erwünscht, um Niederschlagswasser zu infiltrieren und organisches Material in optimaler Weise zuzuführen. Bei der Gefahr einer Verdichtung des Bodens rings um den Baum durch Fußgänger-/Radfahrer:innen, sind Schotter oder Gitter zu bevorzugen.

Welche Substrate eignen sich?

Grundsätzlich müssen die verwendeten Substrate eine Verdichtung verhindern (z.B. durch hohen Skelettanteil), um das Wurzelwachstum nicht zu behindern. Außerdem muss durch die Porengrö-

ßenverteilung genügend Wasser- und Luftpotential vorhanden sein. Es sollte einerseits viel Wasser gespeichert werden, andererseits muss die Versickerung von überschüssigem Wasser erfolgen können, um Staunässe im Wurzelbereich zu verhindern. Das Substrat sollte den kapillaren Aufstieg des Wassers aus dem Speicher in den Wurzelbereich fördern. Grundsätzlich sind sowohl geschichtete Systeme als auch Baumgruben mit nur einer Art Substrat möglich, z.B. Baums substrat nach FLL.

Bauüberwachung: zu starke Verdichtung der Substrate muss verhindert werden, da ansonsten die Wasseraufnahme vermindert wird.

Welche Materialien werden verwendet?

Grundsätzlich ist eine Vielzahl von Materialien für Substrate etc. möglich. Es sollte auf die Ökobilanz der Materialien geachtet werden (Regionalität,

Recycling, etc.).

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

- Gute Bauüberwachung stellt den Erfolg sicher
- Überprüfung der Funktionalität durch Monitoring von Wassergehalt/-spannung und O₂/CO₂ Gehalt in der Baumgrube
- Regelmäßige Baumkontrolle zur Überwachung der Vitalität
- Möglichkeit der Verstopfung von Zuläufen (z.B. von Drainagerohren) in Betracht ziehen und evtl. Sedimentation/Filter vorschalten
- Regelmäßige Kontrolle und bei Bedarf Reinigung der Zu- und ggf. Abläufe
- Erfolg erst nach 5-10 Jahren feststellbar

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Bei der Einordnung als wasserwirtschaftliche Anlage: Genehmigung durch die zuständige Wasserbehörde
- Grün-, Verkehrs- und Tiefbauamt

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Baum und Baumscheibe: normale Kontroll- und Unterhaltungsmaßnahmen
- Fertigstellungs- und Entwicklungspflege

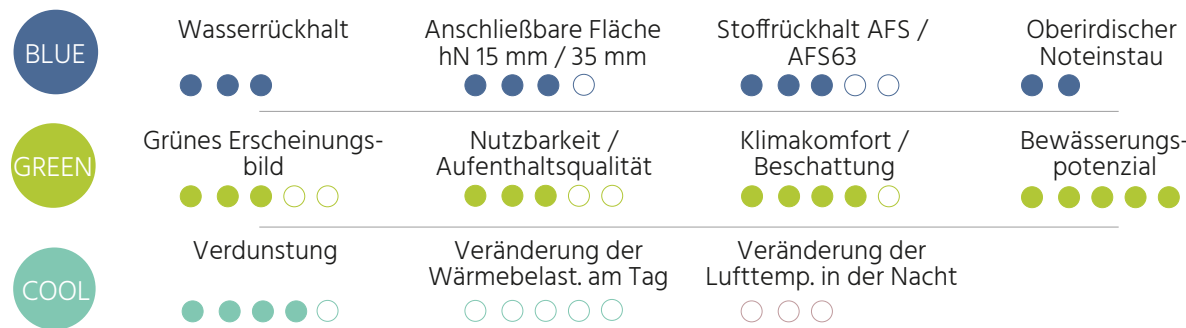


Abb. 10 - Bewertung des hydrologisch optimierten Baumstandorts (Neubau) [2]

- Zu- und ggf. Ablauf: je nach gewählter Technik und Erfahrungen im dezentralen RW-Management
- Durchschnittlich ist mit 57 € pro Baum und Jahr für die Baumpflege und mit jährlich 8,50 €/m² für die Baumscheibenpflege zu rechnen (analog zu Bestand)

Wer unterhält das Element?

- Abstimmung notwendig zwischen der Grünplanung und -unterhaltung und den Wasserbetrieben
- Baumscheibe z.B. über Baumpatenschaften

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

Die Kosten für die Pflanzung eines Baums inklusive der Errichtung einer Baumgrube und Entwicklungspflege liegen zwischen ca. 2.500 € und 4.200 € mit mittleren Kosten von rund 3.200 €. Die Mehrkosten im Vergleich zur Standardbaumgrube beliefen sich bspw. in der Gemeinde Neuenhagen bei Berlin auf ca. 400 € pro Baumstandort.

Wer bezahlt das?

Hydrologisch optimierte Baumstandorte sind keine Entwässerungselemente und somit in der Regel aus dem Budget des kommunalen Baum- oder Grünflächenmanagements oder im Rahmen einer Straßenbaumaßnahme zu finanzieren.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Vitale Baumstandorte können eine straßenraumprägende Funktion übernehmen. Insbesondere große Bestandsbäume stellen gute Orientierungspunkte dar. Bei der Planung vitaler Baumstandorte sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Eine ausreichend große Baumgrube kann das Anheben von Gehwegplatten und damit Stolperfallen verringern.
- Belüftungsröhre und Baumstützen sollten so eingefasst und positioniert werden, dass sie selbst keine Stolperkanten darstellen.
- Anfahrtschutz sollte nach DIN 18916 ausgestaltet werden.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktile Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw. einer Bepflanzung der Baumscheibe gegeben.
- Eine durchgehende Ausleuchtung des umgebenden Straßenraums zur Vermeidung von Schattenwurf und dunklen Ecken ist zu beachten.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Vitale Baumstandorte sind gut kombinierbar mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung. Dazu zählen Versätze, (asymmetrische) Engstellen, Baumtore sowie Einengungen der Fahrbahn. Zu beachten ist

dabei, dass Bäume vor Anfahrtschäden und parkenden KfZ geschützt werden.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Das verbleibende Niederschlagswasser kann über alle bekannten blau-grünen Elemente bewirtschaftet werden.

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- FLL-Empfehlung Baumpflanzung
- Interaktionen mit unterirdischen Infrastrukturen (Leitungen): DWA-M 162

BEISPIELE

Wo wurden vitale Baumstandorte realisiert?

- Neuenhagen: Lahnsteiner Straße
- Berlin Steglitz-Zehlendorf: Retzowstraße
- Leipzig (hier: *Zwickauer Modell*): Kochstraße, Steinstraße, Kantstraße, Sebastian-Bach-Straße, Hillerstraße, Moschelestraße
- Bünde: Fahrenkampstraße

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- CIRIA - SUDS Manual (Ballard et al. 2015)
- Pflanzgruben in der Stadt Stockholm – ein Handbuch (Embren et al. 2009)

BAUMRIGOLE OHNE SPEICHER

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Bei der Baumrigole ohne Speicher wird Niederschlagswasser von anliegenden Flächen in den Baumstandort geleitet. Die Pflanzgrube ist mit einem strukturreichen, den Wasser- und Lufthaushalt optimierenden Substrat gefüllt. Dieses gewährleistet die Sickerfähigkeit, verhindert Verdichtung, speichert Niederschlagswasser und verbessert die Wasserverfügbarkeit für die Bäume.

Niederschlagswasserzulauf:

- Oberirdisch z.B. über geöffnete/abgesenkte Borde, Dränrinnen, Niveauangleichung mit angrenzenden Flächen; optionale Ausbildung einer Mulde mit kurzfristigem Wassereinstau
- Unterirdisch (unbelastetes Niederschlagswasser) über z.B. Verlängerung von Fallrohren in den unteren Bereich der Baumgrube, Einleitung über Hof- bzw. Straßenabläufe, hier ggf. Einbau eines vorgeschalteten Schachtes zur gezielten Sedimentation
- Kombination beider Optionen
- Oberirdischer Einlauf ist die Vorzugsvariante, da i.d.R. mit der Versickerung über die belebte Oberbodenzone eine Reinigung des Niederschlagswassers erfolgt.

Substrate:

- Baumsubstrat z.B. nach FLL
- Skelettsubstrate oder Zellen-/Wurzelkammersysteme

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Platzangebot:

- Je nach System unterirdisch mind. 12 m³ Baumgrube
- Raumvolumen: je nach Kronenhöhe- und -volumen der Baumart
- Oberirdisch: Bei Tiefbeeten zur Vorbehandlung Flächenbedarf analog zu Mulden-Rigolen-Elementen (5-15 % der angeschlossenen Fläche)
- Bei Nutzung als Entwässerungselement muss der Bodenspeicher nach DWA-A 138 ausgelegt werden
- Abstand zu Gebäuden (mind. 1,5-fache Baumgrubentiefe)
- Konflikte mit unterirdischen Infrastrukturen – bei zu geringen Abständen zu Leitungen sollten passive oder aktive Schutzmaßnahmen vorgenommen werden (siehe DWA-M 162, siehe Kap 3.1 Teil A)

Weitere Standortfaktoren:

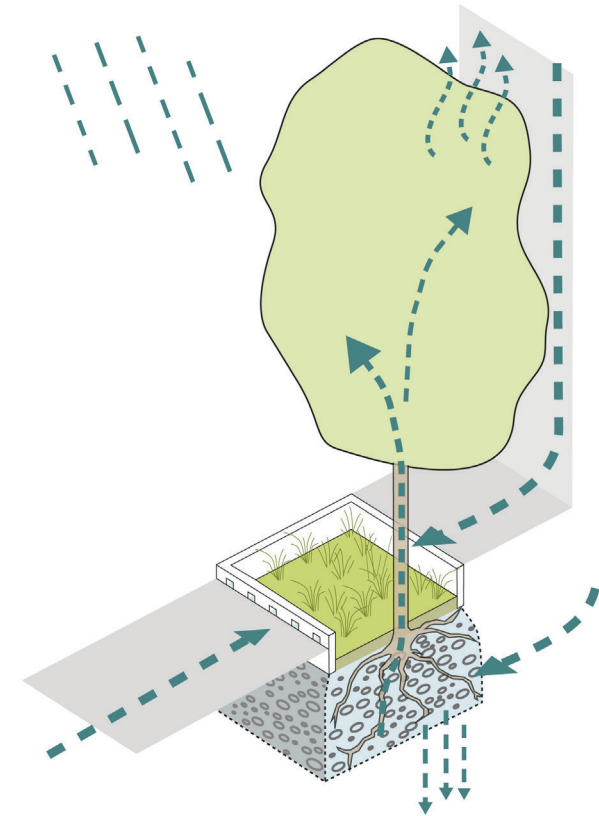


Abb. 11 - Baumrigole ohne Speicher [1]

- Abschätzung des Versickerungspotenzials zur Abführung von überschüssigem Wasser zum Schutz umliegender Gebäude und zur Verhinderung von Stauässe
- Eine ausreichende Vorreinigung von eingeleitetem Niederschlagswasser muss sicher-

gestellt werden, um Grundwasserschutz zu gewährleisten.

Welche Flächen können an die vitalen Baumstandorte angeschlossen werden?

Prinzipiell können alle Flächen angeschlossen werden, solange dies technisch und wasserrechtlich möglich ist. Wichtig dabei ist, die Behandlungsbedürftigkeit der anzuschließenden Flächen vorab zu prüfen. Beim Anschluss von Dachflächen muss ausgeschlossen werden können, dass Schadstoffe aus Dachabdichtungen (z.B. Herbizide) und Rohren (z.B. Kupfer) in die Baumrigolen und nachfolgend in das Grundwasser eingeleitet werden. Abflüsse von Verkehrsflächen müssen evtl. vorgereinigt werden, abhängig vom Verkehrsgeschehen und der Flächen-nutzung (DWA-A 138). Eine Vorreinigung kann z.B. erfolgen durch Versickerung über den Oberboden, Filter in Straßeneinläufen, Rinnensysteme, Filter-

beete.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Bezogen auf einen standardisierten Bodenaufbau¹ mit einer Gesamtspeicherkapazität von ca. 480-680l/m² beträgt die anschließbare Fläche 13-18 m² je m² Baumrigolenfläche.

Bei einer 6 m² Baumscheibe in Verbindung mit einer Baumrigole ohne Speicherelement entspräche das einer Wassermenge von 2.880-3.990 l bzw. 78-108 m² anschließbare Fläche.

Welche Vegetation eignet sich?

Die Eignung von bestimmten Pflanzenarten kann bspw. nach der Zuordnung von Lebensbereichen nach Kiermeier erfolgen. Baumrigolen mit Speicher

können dabei den Außenrandbereichen und Schotterterrassen sowie Hartholzauen zugeordnet werden. Bereits verwendete Baumarten:

- Amerikanischer Amberbaum, *Liquidambar styraciflua*,
- Amerikanische Gleditschie, *Gleditsia triacanthos*,
- Sumpf-Eiche, *Quercus palustris*,
- Winterlinde, *Tilia cordata*,
- Ulme, *Ulmus resista* sowie
- Zerreiche, *Quercus cerris*.

Die Bepflanzung der Baumscheibe gestaltet sich je nach Ausgestaltung der Zuleitung des Niederschlagswassers. Demnach kann die Pflanzenauswahl, z.B. bei oberirdischer Einleitung und Ausbildung einer Mulde, dementsprechend angepasst werden.

Grundsätzlich sind offene Flächen bzw. eine Bepflanzung dieser Flächen erwünscht, um Niederschlagswasser zu infiltrieren und organisches Material in optimaler Weise zuzuführen. Bei der Gefahr einer Verdichtung des Bodens rings um den Baum durch Fußgänger-/Radfahrer:innen sind Schotter oder Gitter zu bevorzugen.

Welche Substrate eignen sich?

Grundsätzlich müssen die verwendeten Substrate eine Verdichtung verhindern (z.B. durch hohen

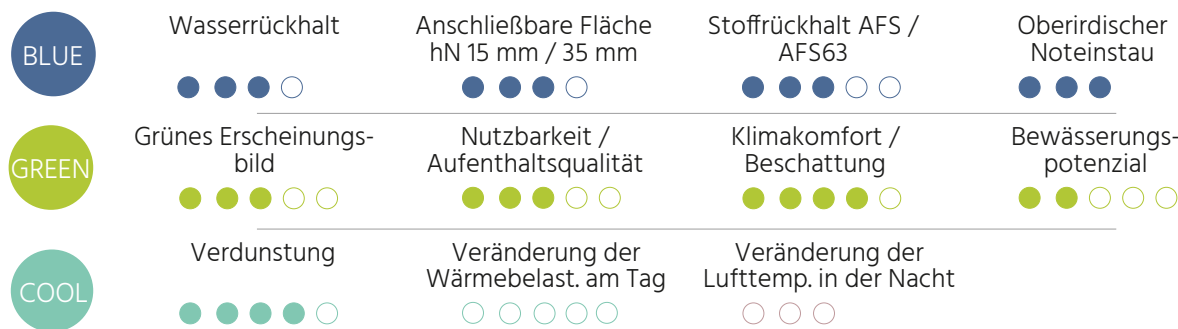


Abb. 12 - Bewertung der Baumrigole ohne Speicher [2]

¹ Die zugrundeliegende Methodik ist dem Kap. 2.1 zu entnehmen.

Skelettanteil), um das Wurzelwachstum nicht zu behindern. Außerdem muss durch die Porengrößenverteilung genügend Wasser- und Luftpotential vorhanden sein. Es sollte einerseits viel Wasser gespeichert werden, andererseits muss die Versickerung von überschüssigem Wasser erfolgen können, um Staunässe im Wurzelbereich zu verhindern. Das Substrat sollte den kapillaren Aufstieg des Wassers aus dem Speicher in den Wurzelbereich fördern. Grundsätzlich sind sowohl geschichtete Systeme, als auch Baumgruben mit nur einer Art Substrat, möglich. Unterschiedliche Typen für Baumgruben und Rigolensysteme sind (in Kombination) nutzbar:

- Baumsubstrat, z.B. nach FLL, im oberen Bereich der Pflanzgrube
- Rigolenbereich z.B. mit Kies oder anderen mineralischen Substraten gefüllt, kapillarer Aufstieg sollte gewährleistet sein, z.B. durch Docht(e)
- Skelettsubstrate oder Zellen-/Wurzelkammersysteme zur Sicherstellung des Wurzelwachstums

Bauüberwachung: zu starke Verdichtung der Substrate muss verhindert werden, da ansonsten die Wasseraufnahme vermindert wird.

Welche Materialien werden verwendet?

Grundsätzlich ist eine Vielzahl von Materialien für Substrate etc. möglich. Es sollte auf die Ökobilanz der Materialien geachtet werden (Regionalität,

Recycling, etc.).

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

- Gute Bauüberwachung stellt den Erfolg sicher
- Überprüfung der Funktionalität durch Monitoring von Wassergehalt/-spannung und O₂/CO₂ Gehalt in Baumgrube
- Regelmäßige Baumkontrolle zur Überwachung der Vitalität
- Möglichkeit der Verstopfung von Zuläufen (z.B. von Drainagerohren) in Betracht ziehen und evtl. Sedimentation/Filter vorschalten
- Regelmäßige Kontrolle und bei Bedarf Reinigung der Zu- und ggf. Abläufe
- Erfolg erst nach 5-10 Jahren feststellbar

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Als wasserwirtschaftliche Anlage: Genehmigung durch die zuständige Wasserbehörde
- Grün-, Verkehrs- und Tiefbauamt, ggf. kommunaler Abwasserbetrieb
- Bei Abkopplung von Flächen kann u.U. eine Reduzierung bzw. Befreiung der gesplitteten Abwassergebühr über einen Antrag beim kommunalen Abwasserbetrieb erfolgen

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Baum und Baumscheibe: normale Kontroll- und Unterhaltungsmaßnahmen
- Baumrigolen bedürfen auch einer Fertigstellungs- und Entwicklungspflege, ggf. inkl. Bewässerung und Kontrollmaßnahmen
- Schacht, Zu- und Ablauf: je nach gewählter Technik und Erfahrungen im dezentralen RW-Management
- Es ist mit durchschnittlichen Kosten von knapp 60 € pro Baum und Jahr für die Pflege und Bewässerung zu rechnen

Wer unterhält das Element?

- Abstimmung zwischen der Grünplanung und -unterhaltung und den Wasserbetrieben notwendig
- Baumscheibe z.B. über Baumpatenschaften

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

Kosten für Baumrigolen ohne Speicher (z.B. Bodenwanne) weisen große Spannweiten auf. Bauweisen mit offenen Baumscheiben zur Versickerung, v.a. Tiefbeete, sind in der Regel teurer als überbaute Baumscheiben. Die Kosten für eine Baumrigole mit Speicherelement und Abdichtung belaufen sich bei den ausgewerteten Beispielen auf durchschnittlich ca. 350 Euro pro m³. Hinzu kommen Kosten für Baumpflanzungen, die zwischen 800 und 2.000 € variieren können..

Wer bezahlt das?

Viele Kommunen haben bereits Förderprogramme für die Klimafolgenanpassung. Sofern Baumrigolen als Entwässerungselement eingesetzt werden, ist eine Refinanzierung über die kommunale Abwassergebühr möglich. Entsprechende Finanzierungsmodelle wurden in NRW und Berlin bereits umgesetzt. Die Grundlage für solche Modelle ist in der Regel das landesspezifische Kommunalabgabengesetz.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Vitale Baumstandorte können eine straßenraumprägende Funktion übernehmen. Insbesondere große Bestandsbäume stellen gute Orientierungspunkte dar. Bei der Planung vitaler Baumstandorte sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Eine ausreichend große Baumgrube kann das Anheben von Gehwegplatten und damit Stolperfallen verringern.
- Belüftungsröhre und Baumstützen sollten so eingefasst und positioniert werden, dass sie selbst keine Stolperkanten darstellen.
- Anfahrtschutz sollte nach DIN 18916 ausge-

staltet werden.

- Bei einer Absturzkante von > 15 cm sind ein Radabweiser und ggf. weitere Absturzsicherungen vorzusehen (DIN 18040-1).
- Die bauliche Einfassung der Baumscheibe kann als Radabweiser dienen, wenn die Bordkante mindestens 10 cm hoch ist.
- Einfassungen der Baumscheibe und Öffnungen des Bords für den Niederschlagswasserzulauf sind so zu planen, dass ein Überfahren und Unterlaufen mit dem Langstock vermieden werden.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktiler Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw. einer Bepflanzung der Baumscheibe gegeben.
- Eine durchgehende Ausleuchtung des umgebenden Straßenraums zur Vermeidung von Schattenwurf und dunklen Ecken ist zu beachten.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Vitale Baumstandorte sind gut kombinierbar mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung. Dazu zählen Versätze, (asymmetrische) Engstellen, Baumtore sowie Einengungen der Fahrbahn. Zu beachten ist dabei, dass Bäume vor Anfahrtschäden und parkenden Kfz geschützt werden.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

- Filterbeet
- Tiefbeet

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

Eine explizite Richtlinie für Baumrigolen existiert bisher nicht, vereinzelte Hinweise finden sich in den folgenden Regelwerken:

- Bemessung von Versickerungsanlagen: DWA-A 138
- FLL-Empfehlung Versickerung
- FLL-Empfehlung Baumpflanzung
- Interaktionen mit unterirdischen Infrastrukturen (Leitungen): DWA-M 162

BEISPIELE

Wo wurden vitale Baumstandorte realisiert?

- Leipzig: Kasseler Straße
- Bochum: u.a. Normannenstraße
- Mannheim: Schwarzenberger Straße
- Darmstadt: Quartiersplatz Lincoln Quartier

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- CIRIA - SUDS Manual (Ballard et al. 2015)
- Pflanzgruben in der Stadt Stockholm – ein Handbuch (Embren et al. 2009)

BAUMRIGOLE MIT SPEICHER

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Bei der Baumrigole mit Speicher wird Niederschlagswasser von anliegenden Flächen in den Baumstandort geleitet. Die Pflanzgrube ist mit einem strukturreichen, den Wasser- und Lufthaushalt optimierenden Substrat gefüllt. Dieses gewährleistet die Sickerfähigkeit, verhindert Verdichtung und verbessert über den Wasserrückhalt/ -speicherung die Wasserverfügbarkeit für die Bäume. Um dem Baum so viel Wasser wie möglich zur Verfügung zu stellen wird das System unterirdisch abgedichtet, sodass die Versickerung nur über die Seiten erfolgt und ein Wasserreservoir entsteht.

Niederschlagswasserzulauf:

- Oberirdisch z.B. über geöffnete/abgesenkte Borde, Dränrinnen, Niveauangleichung mit angrenzenden Flächen; optionale Ausbildung einer Mulde mit kurzfristigem Wassereinstau
- Unterirdisch (unbelastetes Niederschlagswasser) z.B. über Verlängerung von Fallrohren in den unteren Bereich der Baumgrube, Einleitung über Hof- bzw. Straßenabläufe, hier ggf. Einbau eines vorgeschalteten Schachtes zur gezielten Sedimentation
- Kombination beider Optionen
- Oberirdischer Einlauf ist die Vorzugsvariante,

da i.d.R. mit der Versickerung über die belebte Oberbodenzone eine Reinigung des Niederschlagswassers erfolgt.

Substrate / Rigolensystem:

- Baumsubstrat z.B. nach FLL
- Rigolenbereich z.B. mit Kies oder anderen mineralischen Substraten
- Skelettsubstrate oder Zellen-/Wurzelkammersysteme

Unterirdische Abdichtung der Baumrigole:

- Mineralisch (z.B. Lehm, Ton)
- Kunststoff (z.B. Teichfolie, EPDM)
- Kombination (z.B. Bentonitmatte)

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Platzangebot:

- Je nach System unterirdisch mind. 12 m³ Baumgrube
- Raumvolumen: je nach Kronenhöhe- und -volumen der Baumart
- Oberirdisch: Bei Tiefbeeten zur Vorbehandlung des Flächenbedarfs analog zu Mulden-Rigolen-Elementen (5-15 % der angeschlossenen Fläche)
- Bei der Nutzung als Entwässerungselement muss der Bodenspeicher nach DWA-A 138 ausgelegt werden

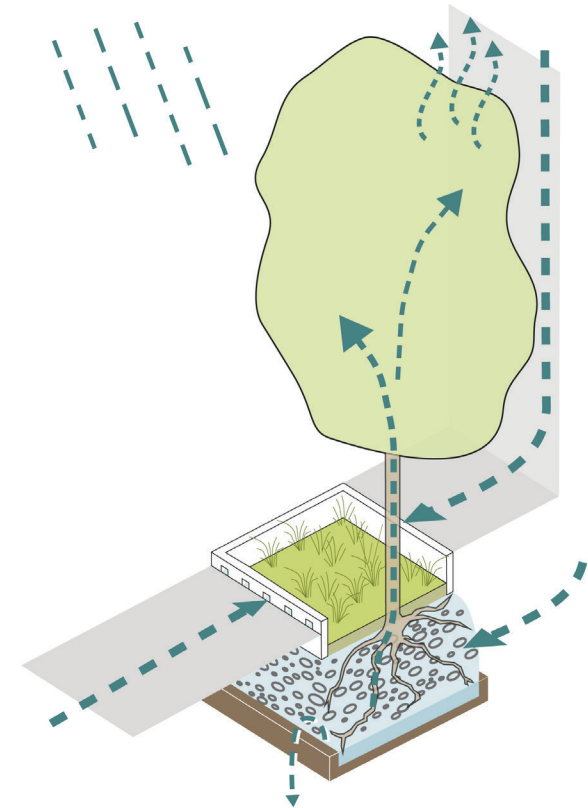


Abb. 13 - Baumrigole mit Speicher [1]

- Abstand zu Gebäuden (mind. 1,5-fache Baumgrubentiefe)
- Konflikte mit unterirdischen Infrastrukturen – bei zu geringen Abständen zu Leitungen sollten passive oder aktive Schutzmaßnahmen vorgenommen werden (siehe DWA-M 162, siehe Kap 3.1 Teil A)

Weitere Standortfaktoren:

- Abschätzung des Versickerungspotenzials zur Ableitung aus der durchwurzelbaren Zone, zur Verhinderung von Staunässe
- Ausreichende Vorreinigung von eingeleitetem Niederschlagswasser muss sichergestellt werden, um den Grundwasserschutz zu gewährleisten

Es ist zu prüfen, in welchem Maße Taumittel verwendet werden. Der Einsatz von Streusalz ist z.B. bei der Auswahl der Bäume zu berücksichtigen und bei potenziellem Streusalzeintrag ist das „spülen“ des Standorts zu ermöglichen.

Welche Flächen können an die vitalen Baumstandorte angeschlossen werden?

Prinzipiell können alle Flächen angeschlossen werden, solange dies technisch und wasserrechtlich möglich ist. Wichtig dabei ist, die Behandlungsbedürftigkeit der anzuschließenden Flächen vorab zu prüfen. Beim Anschluss von Dachflächen muss ausgeschlossen werden können, dass Schadstoffe

aus Dachabdichtungen (z.B. Herbizide) und Rohren (z.B. Kupfer) in die Baumrigolen und nachfolgend in das Grundwasser eingeleitet werden. Abflüsse von Verkehrsflächen müssen evtl. vorgereinigt werden, abhängig vom Verkehrsgeschehen und der Flächennutzung (DWA-A 138). Eine Vorreinigung kann z.B. durch Versickerung über Oberboden, Filter in Straßeneinläufen, Rinnensysteme oder Filterbeete erfolgen.

Untersuchungen in BlueGreenStreets zeigen, dass die Schadstoffbelastung von Straßen mehr von hohen Längs- und Querschleunigungskräften (LSA, Kreisverkehr, enge Kurven etc.) als von der Verkehrsmenge abhängig ist. Daher können auch stark befahrene Straßen mit einem stetigen Verkehrsablauf eine geringe Schadstoffbelastung aufweisen (s. Kapitel 3.3, Teil A).

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Bezogen auf einen standardisierten Bodenaufbau¹

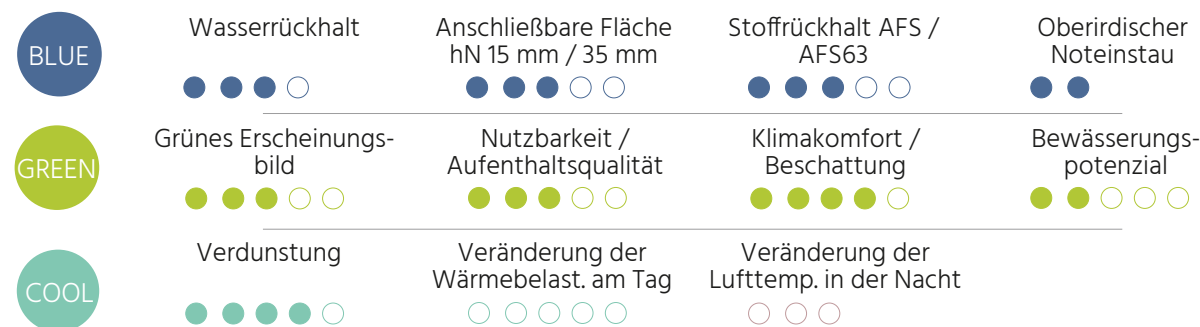


Abb. 14 - Bewertung der Baumrigole mit Speicherelement [2]

¹ Die zugrundeliegende Methodik ist dem Kap. 2.1 zu entnehmen.

mit einer Gesamtspeicherkapazität von ca. 570-755 l/m², beträgt die anschließbare Fläche 15-21 m² je m² Baumrigolenfläche.

Bei einer 6 m² Baumscheibe in Verbindung mit einer Baumrigole mit Speicherelement entspräche das einer Wassermenge von 3.420-4.530 l bzw. 90-126 m² anschließbare Fläche.

Welche Vegetation eignet sich?

Die Eignung von bestimmten Pflanzenarten kann bspw. nach der Zuordnung von Lebensbereichen nach Kiermeier erfolgen. Baumrigolen mit Speicher können dabei den Außenrandbereichen und Schotterterrassen sowie Hartholzauen zugeordnet werden.

Bereits verwendete Baumarten:

- Amerikanischer Amberbaum, *Liquidambar styraciflua*,
- Amerikanische Gleditschie, *Gleditsia triacanthos*,
- Sumpf-Eiche, *Quercus palustris*,
- Winterlinde, *Tilia cordata*,
- Ulme, *Ulmus resista* sowie
- Zerreiche, *Quercus cerris*.

Die Bepflanzung der Baumscheibe gestaltet sich je nach Ausgestaltung der Zuleitung des Niederschlagswassers. Demnach kann die Pflanzenauswahl, z.B. bei oberirdischer Einleitung und Ausbildung einer Mulde, dementsprechend angepasst werden.

Grundsätzlich sind offene Flächen bzw. eine Bepflanzung dieser Flächen erwünscht, um Niederschlagswasser zu infiltrieren und organisches Material in optimaler Weise zuzuführen. Bei der Gefahr von Verdichtung des Bodens rings um den Baum durch Fußgänger-/Radfahrer:innen sind Schotter oder Gitter zu bevorzugen

Welche Substrate eignen sich?

Grundsätzlich müssen die verwendeten Substrate Verdichtung verhindern (z.B. durch hohen Skelettan- teil), um das Wurzelwachstum nicht zu behindern. Außerdem muss durch die Porengrößenverteilung genügend Wasser- und Luftpotential vorhanden sein. Es sollte einerseits viel Wasser gespeichert werden, andererseits muss die Versickerung von überschüssigem Wasser erfolgen können, um Staunässe im Wurzelbereich zu verhindern. Das Substrat sollte den kapillaren Aufstieg des Wassers aus dem Speicher in den Wurzelbereich fördern. Grundsätzlich sind sowohl geschichtete Systeme als auch Baumgruben mit nur einer Art Substrat möglich. Unterschiedliche Typen für Baumgruben und Rigolensysteme sind (in Kombination) nutzbar:

- Baumsubstrat z.B. nach FLL im oberen Bereich der Pflanzgrube
- Rigolenbereich z.B. mit Kies oder anderen mineralischen Substraten gefüllt, kapillarer Aufstieg sollte gewährleistet sein, z.B. durch Docht(e)

- Skelettsubstrate oder Zellen-/Wurzelkammer- systeme zur Sicherstellung des Wurzelwachstums

Bauüberwachung: zu starke Verdichtung der Substrate muss verhindert werden, ansonsten wird die Wasseraufnahme vermindert. Bei mineralischen Dichtungsbahnen ist auf sorgfältige Abdichtung der Matten zu achten.

Welche Materialien werden verwendet?

Grundsätzlich ist eine Vielzahl von Materialien für Substrate, Abdichtungen etc. möglich. Es sollte auf die Ökobilanz der Materialien geachtet werden (Regionalität, Recycling, etc.).

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

- Gute Bauüberwachung stellt den Erfolg sicher
- Überprüfung der Funktionalität durch Monitoring von Wassergehalt/-spannung und O₂/CO₂ Gehalt in Baumgrube
- Regelmäßige Baumkontrolle zur Überwachung der Vitalität
- Möglichkeit der Verstopfung von Zuläufen (z.B. von Drainagerohren) in Betracht ziehen und evtl. Sedimentation/Filter vorschalten
- Regelmäßige Kontrolle und bei Bedarf Reinigung der Zu- und ggf. Abläufe
- Erfolg erst nach 5-10 Jahren feststellbar

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Als wasserwirtschaftliche Anlage: Genehmigung durch zuständige Wasserbehörde
- Grün-, Verkehrs- und Tiefbauamt, ggf. kommunaler Abwasserbetrieb
- Bei Abkopplung von Flächen kann u.U. eine Reduzierung bzw. Befreiung der gesplitteten Abwassergebühr über einen Antrag beim kommunalen Abwasserbetrieb erfolgen

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Baum und Baumscheibe: normale Kontroll- und Unterhaltungsmaßnahmen
- Baumrigolen bedürfen auch einer Fertigstellungs- und Entwicklungspflege inkl. ggf. Bewässerung und Kontrollmaßnahmen
- Rigolensystem, Schacht, Zu- und Ablauf: je nach gewählter Technik und Erfahrungen im dezentralen RW-Management
- hier fallen Pflege- und Unterhaltungskosten an, die aufgrund der unterirdischen Abdichtung mit denen eines Verdunstungsbeckens vergleichbar sind und rund 10 €/m² Pflanzgrube jährlich betragen
- siehe hierzu auch Kap. 3.3 Praxisbeispiele - Baumrigolen



Abb. 15 - Hamburg-Bergedorf, Am Beckerskamp - Aushebung Baumgrube (o. li.), Verfüllung mit Schotter-Substrat-Gemisch (u. li.), Abschluss der Baumaßnahme (o. re.), Baumaßnahme nach 6 Monaten (u. re.) [7]

Wer unterhält das Element?

- Abstimmung notwendig zwischen der Grünplanung und -unterhaltung und der Stadtentwässerung
- Beispiel HH-Harburg, Hölertwiete: Grünpflege durch Abteilung Stadtgrün Bezirksamt Hamburg-Harburg, Unterhaltung Schachtsystem - HamburgWasser (städtischer Wasserver- und -entsorger)
- Baumscheibe z.B. über Baumpatenschaften

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

Die Kosten für das Bauwerk liegen bei den untersuchten Beispielen zwischen 400 €/m³ (ohne Ableitung) und 600 €/m³ (mit Ableitung) bzw. zwischen 60 und 90 €/m² angeschlossener Fläche. Die Mehrkosten beruhen insbesondere auch auf der Herstellung der Baugrube (ca. 2 m tief).

Wer bezahlt das?

Viele Kommunen haben bereits Förderprogramme für die Klimafolgenanpassung. Sofern Baumrigolen als Entwässerungselement eingesetzt werden, ist in manchen Kommunen - wie z.B. Berlin - eine Finanzierung über die kommunale Abwassergebühr möglich. Entsprechende Finanzierungsmodelle wurden in NRW und Berlin bereits umgesetzt. In HH z.B. ist dies derzeit nicht möglich. Grundlage für solche Modelle ist in der Regel das landesspezifische Kommunalabgabengesetz.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Vitale Baumstandorte können eine straßenraumprägende Funktion übernehmen. Insbesondere große Bestandsbäume stellen gute Orientierungspunkte dar. Bei der Planung vitaler Baumstandorte sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Eine ausreichend große Baumgrube kann das Anheben von Gehwegplatten und damit Stolperfallen verringern.
- Belüftungsröhre und Baumstützen sollten so eingefasst und positioniert werden, dass sie selbst keine Stolperkanten darstellen.
- Anfahrtschutz sollte nach DIN 18916 ausgestaltet werden.
- Bei einer Absturzkante von > 15 cm sind ein Radabweiser und ggf. weitere Absturzsicherungen vorzusehen (DIN 18040-1)
- Die bauliche Einfassung der Baumscheibe kann als Radabweiser dienen, wenn die Bordkante mindestens 10 cm hoch ist.
- Einfassungen der Baumscheibe und Öffnungen des Bords für den Niederschlagswasserzulauf sind so zu planen, dass ein Überfahren und Unterlaufen mit dem Langstock vermieden werden.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und

taktile Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw. einer Bepflanzung der Baumscheibe gegeben.

- Eine durchgehende Ausleuchtung des umgebenden Straßenraums zur Vermeidung von Schattenwurf und dunklen Ecken ist zu beachten.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Vitale Baumstandorte sind gut kombinierbar mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung. Dazu zählen Versätze, (asymmetrische) Engstellen, Baumtore sowie Einengungen der Fahrbahn. Zu beachten ist dabei, dass Bäume vor Anfahrtschäden und parkenden KfZ geschützt werden.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

- Filterbeet
- Tiefbeet

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

Eine explizite Richtlinie für Baumrigolen existiert bisher nicht, vereinzelte Hinweise finden sich in den folgenden Regelwerken

- Bemessung von Versickerungsanlagen: DWA-A 138-1 (DWA 2005)
- FLL-Empfehlung Versickerung (FLL 2005)
- FLL -Empfehlung Baumpflanzung (FLL 2010)
- Interaktionen mit unterirdischen Infrastrukturen (Leitungen): DWA-M 162 (DWA 2013b)

BEISPIELE

Wo wurden vitale Baumstandorte realisiert?

- Berlin: IGA Gelände
- Hamburg: Hölertwiete, Alter Postweg, Woellmerstraße¹
- Leipzig: Kasseler Straße
- Bochum: Castroper Straße
- Heidelberg: Pfaffengrunder Terrassen
- München: Gollierstraße 4

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- Erfurt: Rahmenvereinbarung zwischen Stadtverwaltung und Leitungsträgern
- Berlin: Folgepflicht für Leitungsträger



Abb. 16 - Hamburg-Harburg, Hölertwiete (li.) und Woellmerstraße (re.) [2]

¹ Die Hamburger Baumrigolen wurden aus Klimaschutzmitteln gefördert.

1.2 ELEMENTE DER VERDUNSTUNG

WAS LEISTEN SIE?

Grundsätzlich erbringen alle Bepflanzungen bei ausreichender Wasserversorgung eine Kühlungsleistung in Form von Transpirationsverdunstung. Der Kategorie *Elemente der Verdunstung* werden die Verdunstungsbecken und -beete, Pergolen, grünen Lärmschutzwände sowie Fassadenbegrünungen zugeordnet. Verdunstungsleistungen erbringen aber auch die Bepflanzungen der *Elemente der vitalen Baumstandorte* und der *Versickerung*, die in den Steckbriefen in Kapitel 1.1 und 1.3 näher erläutert werden. Entscheidend für die Effektivität der Verdunstung und der Kühlung der städtischen Umgebung sind verschiedene Kriterien. Hierzu zählt v.a. die Wasserversorgung der Bepflanzungen, möglichst auch in Trockenphasen. Hierfür ist ein leistungsfähiger Wasserspeicher im Boden erforderlich, der ausreichend pflanzenverfügbares Wasser speichern kann. Wichtig ist zudem, dass die Bepflanzung für solche wechselfeuchten Standortverhältnisse gut geeignet ist und einen möglichst hohen Anteil an Blattoberfläche aufweist. Zusätzliche Kühleffekte können durch höhere Bepflanzungen erreicht werden, die befestigte Verkehrsflächen und Gebäudeflächen übersichern. Durch die Beschattung dieser Flächen wird die Aufheizung der direkten Umgebung bzw. der Gebäudeinnenräume vermin-

dert. Pflanzenstrukturen der Verdunstungselemente können zusätzlich positive Effekte für die städtische Flora und Fauna durch die Filterung von Schadstoffen sowie im Hinblick auf ästhetische Vielfalt und die Aufenthaltsqualität im Straßenraum bewirken. Fassadenbegrünungen sind zwar originär keine Aufgabe der Straßenplanung, erweitern jedoch den Straßenraum und wirken synergetisch zu den blau-grünen Zielen für die Straßenumgestaltung. Daher werden sie im Folgenden ebenfalls betrachtet. Bei den Gebäuden vermindert die Fassadenbegrünung die Aufheizung durch ihre beschattende und isolierende Wirkung. Auch der

Graffitienschutz ist eine relevante Wirkung.

Besonders naturnahe, arten- und strukturreiche Grün- und Freiflächen leisten einen Beitrag zur biodiversitätsfördernden Durchgrünung von Städten. Gemäß der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt sollten Bepflanzungen der blau-grünen Elemente daher soweit wie möglich naturnah gestaltet und fachgerecht gepflegt werden. Kriterien sind die Verwendung von heimischem oder gebietseigenem Saat- und Pflanzgut, der Erhalt von Alt- und Biotopbäumen und der weitestgehende Verzicht auf Pflanzenschutzmittel und chemische Dünger.

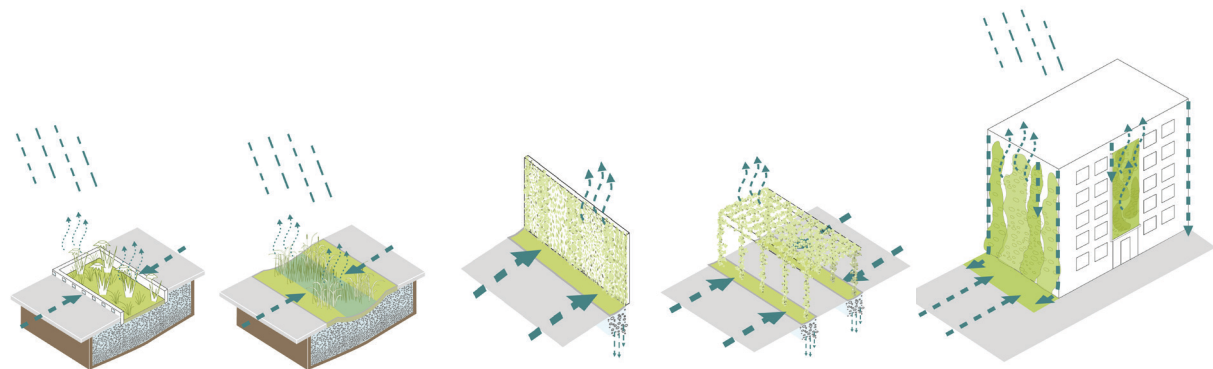


Abb. 17 - Verdunstungsbecken, Verdunstungsbeet, Grüne Lärmschutzwände, Pergola, Fassadenbegrünung (boden- und wandgebunden) (v. li.) [1]

WANN KOMMEN SIE ZUM EINSATZ?

Elemente der Verdunstung kommen besonders dann zum Einsatz, wenn Straßen eine hohe Aufenthaltsqualität auch an heißen Sommertagen haben sollen, z.B. zur Hitzevorsorge in Wohn- und Geschäftsstraßen. Ein weiterer Grund ist die gezielte Bewirtschaftung und Behandlung von Niederschlagswasserabflüssen mit dem Ziel, die Wasserbilanz an den unbebauten Zustand anzunähern, indem der Verdunstungsanteil aktiv erhöht wird.

Für letztere Zielstellung erarbeitet die DWA aktuell einen neuen technischen Standard (Merkblatt DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 – Entwurf 2020¹). Hiernach müssen die langjährigen Mittel der drei Bilanzgrößen *Verdunstung*, *Grundwasserneubildung* und *Direktabfluss* im bebauten Zustand bzw. Planungszustand des Bilanzgebiets soweit wie möglich denen des unbebauten Referenzzustands angenähert werden. Für die *Wasserbilanz* des unbebauten Zustands werden die Bilanzgrößen einer gebietsspezifischen Kulturlandnutzung ohne Siedlungs- und Verkehrsflächen zugrunde gelegt. Hierzu sollen geeignete Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung gewählt und rechtlich langfristig abgesichert werden.

Die Elemente der Verdunstung, der vitalen Baumstandorte und der Versickerung sowie Elemente

der Niederschlagswassernutzung sind Anlagen, die größtenteils auch im DWA-M 102-4 als geeignete Maßnahmen für die Regenwasserbewirtschaftung aufgeführt werden. In BlueGreenStreets kommen die Verdunstungsbecken und -beete als neuere Elemente hinzu, die u.a. in den Berliner Pilotprojekten erprobt werden. Im Vergleich zu anderen Maßnahmen der Verdunstung weisen Verdunstungsbeete- und -becken ein gedichtetes unterirdisches Wasserreservoir auf, das als langfristiger Wasserspeicher dient und somit eine verbesserte Wasserversorgung und Verdunstungsleistung während Trockenperioden ermöglicht. Eine starke Durchwurzelung und ein hoher Humusanteil sorgen für eine hohe Reinigungsleistung und CO₂-Speicherung in den Anlagen. Somit sind diese Elemente besonders für den Einsatz in Straßenräumen geeignet. Sie können aber natürlich auch in anderen Bereichen, etwa zur Verbesserung der Kühleffekte in Wohnsiedlungen oder Grünflächen, eingesetzt werden.

Bei den Elementen Pergolen, grüne Lärmschutz- und Verdunstungswände sowie Fassadenbegrünungen werden die verdunstungseffektiven Flächen durch die Bepflanzung vertikaler und überdachter Flächen vergrößert. Für die Bepflanzung sind mehrjährige sowie einjährige Kletterpflanzen geeignet, die entweder selbstklimmend sind oder das Bauwerk

selbst als Kletterhilfe nutzen. Um eine hohe Verdunstungswirkung zu erzielen, ist ein möglichst dichter Bewuchs des Bauwerks anzustreben. Mit Hilfe von Wasserspeichern und Bewässerungssystemen - bevorzugt mit gesammeltem Niederschlagswasser - wird die Verdunstungsleistung zusätzlich verbessert.

WIE WEIT SIND SIE VERBREITET?

Zu wasserwirtschaftlichen Anlagen mit hoher Verdunstungsleistung gibt es international und national bislang einige realisierte Beispiele (s.u.). Im Rahmen von BlueGreenStreets werden für die Pilotstraßen Ungarnstraße in Berlin-Wedding und Rudolfstraße in Berlin-Friedrichshain hydraulisch zusammenhängende Systeme aus Verdunstungsbeeten und Baumrigolen sowie Verdunstungsbeeten und Versickerungsmulden konzipiert (s. Kapitel 6, Teil A). Ziel ist es, Straßenabschnitte möglichst weitgehend von der Kanalisation abzukoppeln.

Pergolen werden schon seit der Antike zur Beschattung und zur Kühlung des direkt angrenzenden Bereiches eingesetzt. Sie sind weltweit auf Plätzen, in kleinen und großen Hausgärten, aber auch in Landschaftsgärten und städtischen Parks und in Hinterhöfen zu finden.

Die Fassadenbegrünung hat ebenfalls eine sehr lange Tradition, da sich die Pflanzen aufgrund ihrer

¹ Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Niederschlagswasserabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers vom Dezember 2020.

kletternden Eigenschaften (Selbstklimmer, Direktklimmer) häufig von allein entwickeln und größere Fassadenteile bewachsen. Zusätzlich zu den Eigenschaften für die Gebäudeerhaltung (Schutz gegenüber UV-Strahlen, Hagel, starken Temperaturschwankungen, Schadstoffe und Schmutz) können die Pflanzen auch einen offensichtlichen Nutzen haben (essbare Nutzpflanze – wie z.B. Wein oder Nährgehölze für Vögel und Insekten). Die Verwendung von Kletterpflanzen an Häusern, Fassaden, aber auch an Pergolen ist in Europa wie weltweit ein wichtiger Bestandteil der Gartenkunst und Ingenieurbiologie. Inzwischen ist die Fassadenbegrünung häufig Teil der Bauwerksbegrünung und es werden gezielt neue Techniken, Systeme und Verfahren entwickelt, die den heutigen und stetig wachsenden Anforderungen hinsichtlich der diversen Funktionen, wie z.B. Verdunstungsleistung und Ästhetik sowie den bautechnischen Anforderungen und Standards (wie z.B. Schutz der Fassade, Statik, Brandschutz) entsprechen und zugleich Kosten- und Pflegeaufwände gering halten. Die Begrünung von Fassaden und baulichen Anlagen ist inzwischen auch ein Bestandteil von zeitgerechten, klimaangepassten Bebauungsplänen und Bauauflagen.

Naturnahe gestaltete Verdunstungswände sind als Prototyp *Grünes Zimmer* z. B. für Stadtplätze entwickelt worden.

GEDICHTETES VERDUNSTUNGSBECKEN - BAULICH EINGEFASST

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Als Tiefbeet angelegtes Verdunstungsbecken, das einen ausreichend großen unterirdischen Speicherraum aufweist und nach unten vollständig abgedichtet ist. Der Einstau kann mittels natürlicher Baustoffe (Lehm, Ton) oder Kunststoffabdichtungen herbeigeführt werden. Zugeführtes Niederschlagswasser wird darin zurückgehalten und der Bepflanzung, auch in trockenen Phasen, zur Verdunstung bereitgestellt. Eine geeignete Bepflanzung, die hohe Bodenfeuchte und Staunässe toleriert und eine große Blattfläche aufweist, sorgt für eine maximale Verdunstungsleistung. In der Bepflanzung überwiegen niedrige Vegetationsstrukturen aus Gräsern und Stauden. Ein zweischichtiger Aufbau aus einem leicht verfügbaren Wasserspeicher im oberen und einem schwer verfügbaren Speicher im unteren Bereich sorgt für eine Durchwurzelung bis in die Tiefe und schützt vor dem Austrocknen bei Wassermangel. Eine intensive Durchwurzelung sorgt gleichzeitig für eine hohe Reinigungsleistung des Elements.

Aufgrund der verkehrlichen Beanspruchung, des geringen Platzbedarfs im Straßenraum sowie aus

gestalterischen Gründen kann eine bauliche Einfassung der Verdunstungsbecken erforderlich sein.

Mittels Überlauf und Rohrleitung können Verdunstungsbecken auch an benachbarte Rigolen (Kombination z.B. mit Baumrigolen oder Tiefbeet mit Rigole) oder tieferliegende Grünflächen angeschlossen werden.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Für die Anlage sind u.a. folgende Fragen zu beachten:

- Besteht ausreichend Platz für das unterirdische Speichervolumen?
- Kann Speicherraum unterhalb von Verkehrsflächen genutzt werden?
- Ist eine Leitungsverlegung notwendig und möglich?
- Wie müssen die Zuläufe und Übergänge gestaltet werden (wasserwirtschaftliche Funktion, Sicherheit, Barrierefreiheit)?
- In welcher Höhe ist ein Ab- bzw. Überlauf zu setzen (Verhältnis von Speicher- zu Retentionsraum)?
- Wie kann ein Absturz und die Befahrung vom Gehweg bzw. von der Fahrbahn in das Becken vermieden werden?

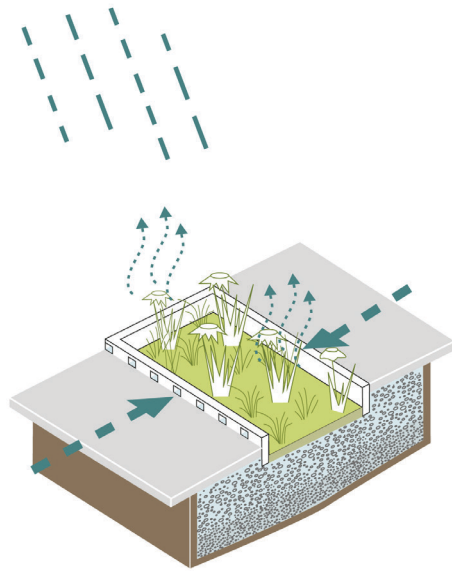


Abb. 18 - Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst) [1]

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

Prinzipiell können alle Flächen angeschlossen werden, solange dies technisch möglich ist. Wichtig dabei ist, die Behandlungsbedürftigkeit der anzuschließenden Flächen vorab zu prüfen. Beim Anschluss von Dachflächen muss ausgeschlossen werden, dass Schadstoffe aus Dachabdichtungen (z.B. Herbizide) und Rohren (z.B. Kupfer) in das Verdunstungsbecken und nachfolgend in das Grundwasser eingeleitet werden. Abflüsse von Verkehrsflächen müssen evtl. vorgereinigt werden, abhängig von der Verkehrsstärke und Flächennut-

zung (DWA-A 138). Eine Vorreinigung kann z.B. durch Versickerung über Oberboden, Filter in Straßeneinläufen, Rinnensysteme oder Filterbeet erfolgen.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Es können ca. 285 l Niederschlagswasser je m² Elementfläche zurückgehalten werden. Die anschließbare Fläche beträgt 7 m² je m² Verdunstungsbecken (hN 35 mm).

Welche Vegetation eignet sich?

Die Pflanzenauswahl richtet sich nach folgenden Parametern:

- Einstauhöhe und -dauer
- Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, Wasserspeichervermögen, Feldkapazität
- Nutzung / Trittfestigkeit

- Gestaltung / Pflege
- Verschattung / Belichtung
- Wurzeltiefe sowie
- Frostgefahr.

Im Projekt Schumacher Quartier ist für gedichtete Verdunstungsbeete eine Mischbepflanzung für wechselfeuchte Standorte und Einstauflächen aus Stauden und Gräsern vorgesehen (zur Artenzusammensetzung siehe das [Merkblatt LWG, 2004](#): Mit Pflanzen versickern. Versickerungsmulden standortgerecht bepflanzt. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau.).

Welche Substrate eignen sich?

- humoser Oberboden für belebte Bodenzone (mind. 30 cm)
- verdichtungsfähiger Grobschotter für Spei-

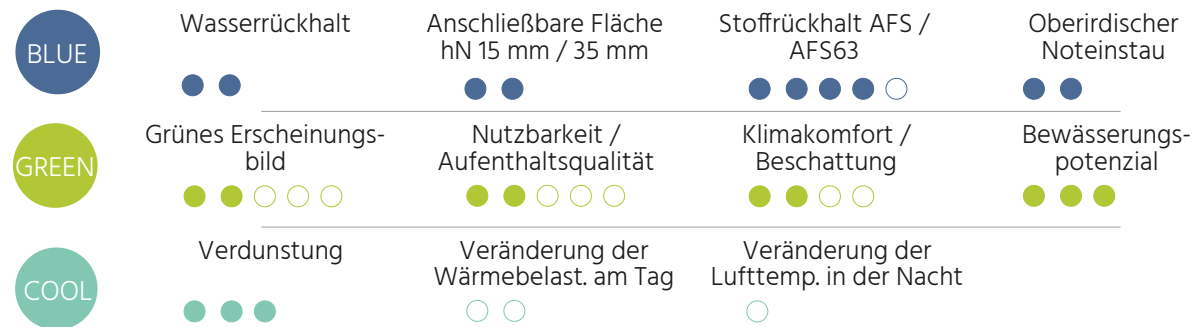


Abb. 19 - Bewertung des gedichteten Verdunstungsbeckens (baulich eingefasst) [2]

cherhorizont

- ggf. Filtervlies und Drainagekies für Zulauf zum Über- bzw. Ablauf
- Abdichtungsschicht zum anstehenden Boden (z.B. Bentonitmatte)

Welche Materialien werden verwendet?

- Bauliche Einfassung: Ort-Beton, Betonfertigbauteile, Naturstein.
- Abdichtung: Lehm, Ton oder Kunststoffabdichtungen.

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

Für die Zuständigkeit von Planung, Bau und Betrieb von Tiefbeeten gibt es in vielen Kommunen noch keine längeren Erfahrungen. Klar ist, dass mehrere Akteure an der Planung, dem Bau und der Unterhaltung und Verkehrssicherung beteiligt sind. Hierzu zählen v.a. die Straßenbaulastträger, städtischen Wasserbetriebe und Grünflächenämter (Auswahl und ggf. Pflege der Bepflanzung).

Die rechtzeitige Klärung und enge Abstimmung der Aufgaben und Zuständigkeiten sowie die Entwicklung abgestimmter Standards für die Verkehrssicherung wird empfohlen.

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grünflächenamt
- Tiefbauamt
- ggf. kommunaler Abwasserbetrieb

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Pflege Pflanzfläche (Pflegeplan)
- Müllentsorgung
- Überprüfung und Wartung der wasserwirtschaftlichen Funktion der Anlage
- Wiederherstellung bei deren Verschlechterung (Bodenprobenentnahme und -analyse, Infiltrationsmessungen, Erneuerung von technischen Einrichtungen wie Schächte, Zulaufbauwerke etc., Bodenaustausch, Neubepflanzung)
- Pflegekosten belaufen sich im Durchschnitt auf 10 €/m² jährlich

Wer unterhält das Element?

- Abstimmung notwendig zwischen Grünplanung und -unterhaltung und Stadtentwässerung
- Pflanzfläche mit Einfassung: Unterhaltung durch Grünabteilung
- wasserwirtschaftliche Anlagenteile: Unterhaltung ggf. durch Stadtentwässerung

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

Die Investitionskosten belaufen sich auf rund 130 €/m².

Wer bezahlt das?

Viele Kommunen haben bereits Förderprogramme für die Klimafolgenanpassung. Sofern Baumrigolen als Entwässerungselement eingesetzt werden, ist eine Refinanzierung über die kommunale Abwassergebühr möglich. Entsprechende Finanzierungsmodelle wurden in NRW und Berlin bereits umgesetzt. Grundlage für solche Modelle ist in der Regel das landesspezifische Kommunalabgabengesetz.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Die Kühlwirkung der Verdunstungselemente reduziert die Hitzebelastung für den Menschen im Straßenraum. Zusätzlich können auch andere Synergien genutzt werden, um den Straßenraum barrierefrei zu gestalten:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Bei einer Absturzkante von > 15 cm sind ein Radabweiser und ggf. weitere Absturzsicherungen vorzusehen (DIN 18040-1).
- Die bauliche Einfassung des Verdunstungsbeckens kann als Radabweiser dienen, wenn die Bordkante mindestens 10 cm hoch ist.

- Einfassungen und Öffnungen des Bords für den Niederschlagswasserzulauf sind so zu planen, dass ein Überfahren und Unterlaufen mit dem Langstock vermieden werden.
- Auf die ausreichende barrierefreie Querbarkeit von linear angeordneten Elementen (BGS-Korridor) ist zu achten; Querungswege sollen mindestens 1,0 m lichte Breite aufweisen.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktiler Kontrast zur Bepflanzung des Verdunstungsbeckens gegeben.
- Eine Anordnung im BGS-Korridor fördert die eindeutige Linienführung, die Wegebeziehungen aufnimmt und verdeutlicht. Somit kann die Zonierung der Nebenflächen und Seitenräume betont werden.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Kombinierbar mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung wie Versätzen, Engstellen, Baumtoren, asymmetrischen Engstellen sowie Einengungen der Fahrbahn.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

- Vitale Baumstandorte
- Notüberlauf in Versickerungsmulden, Freiräume oder Notwasserwege

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- Merkblatt DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 – Entwurf 2020: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers
- Verdunstungsbeete sind noch nicht Gegenstand technischer Richtlinien oder Standardisierungen (Stand 01/2022). Dimensionierungsansätze können jedoch aus der DWA-A 117 oder DWA-A 138-1 abgeleitet werden.

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Verdunstung realisiert?

Nationale Beispiele für gedichtete Verdunstungsbeete mit hoher Speicher- und Verdunstungsleistung:

- In der Umsetzung auf Grundlage des Leitplans Regenwasser und Hitzeanpassung für das Schumacher Quartier in Berlin-Tegel (bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 2021); aktueller Planungsstand: Entwurfsplanung Regenwasser, ARGE Schlegel TuM, 2021.
- Für die Anwendung der Regenwasserbewirtschaftung im Garten- und Landschaftsbau plant das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie derzeit die Errichtung von Versuchsanlagen auf ihrem

Gelände in Pillnitz bei Dresden. Dort sollen u.a. ein Versickerungsbeet mit oberirdischer Beschickung und eine Anlage mit ober- und unterirdischer Beschickung entstehen. Planung: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbh und bgmr Landschaftsarchitekten GmbH

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

Internationale Beispiele für wassergesättigte Flächen mit hoher Filter- und Verdunstungsleistung:

- Urban Wetlands: Jardins des Grands-Moulins in Paris
- Rain Garten: Adair Park in Atlanta, Georgia)
- Constructed Wetland System: [Shailer Pioneer Park Wetland and Riparian Restoration](#) in Brisbane, Australien.
- Mit Schilf bepflanzte Beete zur Klärschlammbehandlung ([Vererdungsbeete](#), Wasserentzug über Versickerung und Evapotranspiration).
- Niederschlagswasseraufbereitungs- und -sammelsysteme (international und national): Monash Universität, Caulfield Campus Grün; Potsdamer Platz, Berlin; Wohnanlage der Vivawest Wohnen GmbH in Essen-Altenessen.

GEDICHTETES VERDUNSTUNGSBECKEN - NATÜRLICH EINGEFASST

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Natürlich gestaltetes Verdunstungsbecken mit einem ausreichend großen, nach unten vollständig abgedichtet unterirdischen Speicherraum (Zum Prinzip siehe das Element Gedichtetes Verdunstungsbecken, baulich eingefasst). Der Einstau wird mittels natürlicher Baustoffe (Lehm, Ton) herbeigeführt. Durch den Verzicht oder durch eine zurückhaltend gestaltete bauliche Einfassung (z.B. Corten-Stahlbänder) wird der natürliche Charakter dieses Elements unterstrichen.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Für die Anlage sind u.a. folgende Fragen zu beachten:

- Besteht ausreichend Platz für das unterirdische Speichervolumen?
- Kann Speicherraum unterhalb von Verkehrsflächen genutzt werden?
- Ist eine Leitungsverlegung notwendig und möglich?
- Wie müssen die Zuläufe und Übergänge gestaltet werden (wasserwirtschaftliche Funktion, Sicherheit, Barrierefreiheit)?

- In welcher Höhe ist ein Ab- bzw. Überlauf zu setzen (Verhältnis von Speicher- zu Retentionsraum)?
- Wie kann ein Absturz und die Befahrung vom Gehweg bzw. von der Fahrbahn in das Becken vermieden werden?

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

Prinzipiell können alle Flächen angeschlossen werden, solange dies technisch möglich ist. Wichtig dabei ist, die Behandlungsbedürftigkeit der anzuschließenden Flächen vorab zu prüfen. Beim Anschluss von Dachflächen muss ausgeschlossen werden können, dass Schadstoffe aus Dachabdichtungen (z.B. Herbizide) und Rohren (z.B. Kupfer) in das Verdunstungsbeet und nachfolgend in das Grundwasser eingeleitet werden. Abflüsse von Verkehrsflächen müssen evtl. vorgereinigt werden, abhängig von der Verkehrsstärke und Flächennutzung (DWA-A 138). Eine Vorreinigung kann z.B. durch die Versickerung über den Oberboden, Filter in Straßeneinläufen, Rinnensysteme, Filterbeet erfolgen.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Es können ca. 270 l Niederschlagswasser je m² Elementfläche zurückgehalten werden. Die

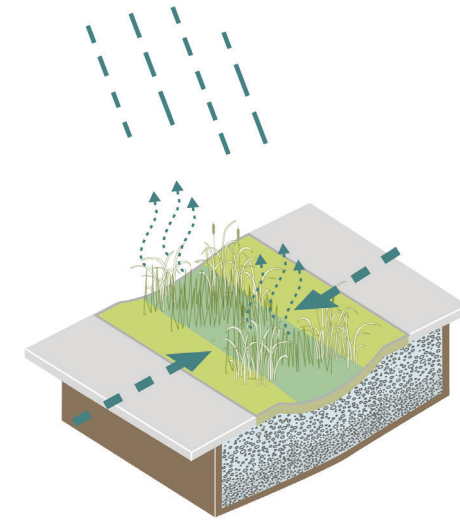


Abb. 20 - Gedichtetes Verdunstungsbecken (natürlich eingefasst) [1]

anschließbare Fläche beträgt 7 m² je m² Verdunstungsbeet (hN 35 mm).

Welche Vegetation eignet sich?

Die Pflanzenauswahl richtet sich nach folgenden Parametern:

- Einstauhöhe und -dauer
- Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, Wasserspeichervermögen, Feldkapazität
- Nutzung / Trittfestigkeit
- Gestaltung / Pflege
- Verschattung / Belichtung

- Wurzeltiefe sowie
- Frostgefahr.

(z.B. Bentonitmatte)

Im Projekt Schumacher Quartier ist für gedichtete Verdunstungsbeete eine Mischbepflanzung für wechselfeuchte Standorte und Einstauflächen aus Stauden und Gräsern vorgesehen (zur Artenzusammensetzung siehe das [Merkblatt LWG, 2004](#): Mit Pflanzen versickern. Versickerungsmulden standortgerecht bepflanzt. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau.).

Welche Substrate eignen sich?

- humoser Oberboden für belebte Bodenzone (mind. 30 cm)
- verdichtungsfähiger Grobschotter für Speicherhorizont
- ggf. Filtervlies und Drainagekies für Zulauf zum Über- bzw. Ablauf
- Abdichtungsschicht zum anstehenden Boden

Welche Materialien werden verwendet?

- Abdichtung: Lehm, Ton oder Kunststoffabdichtungen.

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

Für die Zuständigkeit von Planung, Bau und Betrieb von natürlich eingefassten Verdunstungsbeeten gibt es noch keine langfristigen Erfahrungen. Klar ist, dass mehrere Akteure an der Planung, dem Bau und der Unterhaltung und Verkehrssicherung beteiligt sind. Hierzu zählen v.a. die Straßenbauasträger, städtischen Wasserbetriebe und Grünflächenämter (Auswahl und ggf. Pflege der Bepflanzung).

Die frühzeitige Klärung und enge Abstimmung der Aufgaben und Zuständigkeiten sowie der Stan-

dards für die Verkehrssicherung wird empfohlen.

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grünflächenamt
- Tiefbauamt
- ggf. kommunaler Abwasserbetrieb

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Pflege Pflanzfläche (Pflegeplan)
- Müllentsorgung
- Überprüfung und Wartung der wasserwirtschaftlichen Funktion der Anlage
- Wiederherstellung bei deren Verschlechterung (Bodenprobenentnahme und -analyse, Infiltrationsmessungen, Erneuerung von technischen Einrichtungen wie Schächte, Zulaufbauwerke etc., Bodenaustausch, Neubepflanzung)
- Pflegekosten belaufen sich im Durchschnitt auf 10 €/m² jährlich

Wer unterhält das Element?

- Abstimmung notwendig zwischen der Grünplanung und -unterhaltung und der Stadtentwässerung
- Pflanzfläche mit Einfassung: Unterhaltung durch Grünabteilung

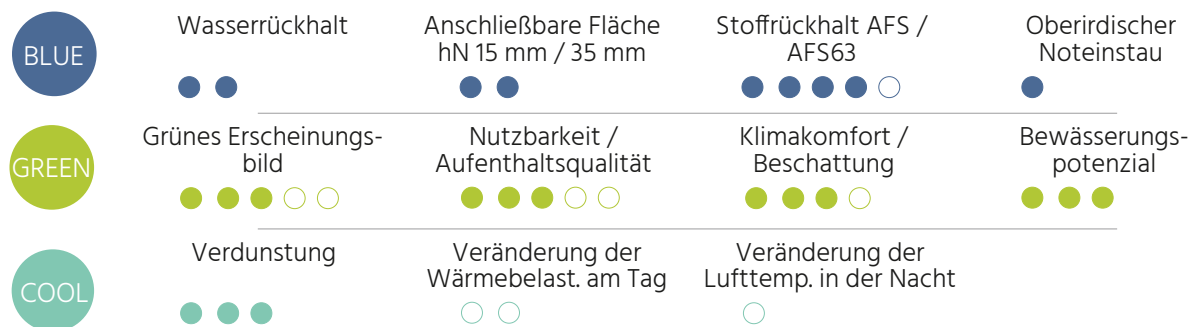


Abb. 21 - Bewertung des gedichteten Verdunstungsbeckens (natürlich eingefasst) [2]

- wasserwirtschaftliche Anlagenteile: Unterhaltung ggf. durch Stadtentwässerung

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

Die Investitionskosten belaufen sich auf ca. 90 €/m².

Wer bezahlt das?

Viele Kommunen haben bereits Förderprogramme für die Klimafolgenanpassung. Sofern Baumrigolen als Entwässerungselement eingesetzt werden, ist eine Refinanzierung über die kommunale Abwassergebühr möglich. Entsprechende Finanzierungsmodelle wurden in NRW und Berlin bereits umgesetzt. Grundlage für solche Modelle ist in der Regel das landesspezifische Kommunalabgabengesetz.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Die Kühlwirkung der Verdunstungselemente reduziert die Hitzebelastung für die Menschen im Straßenraum. Zusätzlich können auch andere Synergien genutzt werden, um den Straßenraum barrierefrei zu gestalten:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Bei einer Absturzkante von > 15 cm sind ein Radabweiser und ggf. weitere Absturzsicherungen vorzusehen (DIN 18040-1).

- Die bauliche Einfassung des Verdunstungsbeckens kann als Radabweiser dienen, wenn die Bordkante mindestens 10 cm hoch ist.
- Einfassungen und Öffnungen des Bords für den Niederschlagswasserzulauf sind so zu planen, dass ein Überfahren und Unterlaufen mit dem Langstock vermieden werden.
- Auf die ausreichende barrierefreie Querbarkeit von linear angeordneten Elementen (BGS-Korridor) ist zu achten; Querungswege sollen mindestens 1,0 m lichte Breite aufweisen.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktile Kontrast zur Bepflanzung des Verdunstungsbeckens gegeben.
- Eine Anordnung im BGS-Korridor fördert die eindeutige Linienführung, die Wegebeziehungen aufnimmt und verdeutlicht. Somit kann die Zonierung der Nebenflächen und Seitenräume betont werden.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Kombinierbar mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung wie Versätzen, Engstellen, Baumtoren, asymmetrischen Engstellen sowie Einengungen der Fahrbahn.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

- Vitale Baumstandorte
- Notüberlauf in Versickerungsmulden, Freiräume oder Notwasserwege

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- Merkblatt DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 – Entwurf 2020: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers
- Verdunstungsbeete sind noch nicht Gegenstand technischer Richtlinien oder von Standardisierungen (Stand 01/2022). Dimensionierungsansätze können jedoch aus der DWA-A 117 oder DWA-A 138-1 abgeleitet werden. Beispiele

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Verdunstung realisiert?

Nationale Beispiele für gedichtete Verdunstungsbeete mit hoher Speicher- und Verdunstungsleistung:

- In der Umsetzung auf Grundlage des Leitplans Regenwasser und Hitzeanpassung für das Schumacher Quartier in Berlin-Tegel (bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 2021); aktueller Planungsstand: Entwurfsplanung Regenwasser, ARGE Schlegel TuM, 2021.
- Für die Anwendung der Regenwasserbewirtschaftung im Garten- und Landschaftsbau

plant das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie derzeit die Errichtung von Versuchsanlagen auf ihrem Gelände in Pillnitz bei Dresden. Dort sollen u.a. ein Versickerungsbeet mit oberirdischer Beschickung und eine Anlage mit ober- und unterirdischer Beschickung entstehen. Planung: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbh und bgmr Landschaftsarchitekten GmbH

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

Internationale Beispiele für wassergesättigte Flächen mit hoher Filter- und Verdunstungsleistung:

- Urban Wetlands: Jardins des Grands-Moulins in Paris
- Rain Garten: Adair Park in Atlanta, Georgia)
- Constructed Wetland System: [Shailer Pioneer Park Wetland and Riparian Restoration](#) in Brisbane, Australien.
- Mit Schilf bepflanzte Beete zur Klärschlammbehandlung ([Vererdungsbeete](#), Wasserentzug über Versickerung und Evapotranspiration).
- Niederschlagswasseraufbereitungs- und -sammelsysteme (international und national): Monash Universität, Caulfield Campus Grün; Potsdamer Platz, Berlin; Wohnanlage der Vivawest Wohnen GmbH in Essen-Alteessen.



Abb. 22 - Verdunstungsbeet, Paris [1]

PERGOLEN

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Die Pergola ist ein raumbildender Säulengang, der traditionell im Übergangsbereich zwischen Haus und Terrasse als Sonnenschutz diente. Das Grundgerüst kann aus Holz, Kunststoff oder Metall bestehen. Häufiger werden Pergolen in historischen Gärten oder auf Plätzen verwendet. Im städtischen Raum werden begrünte Pergolen vor allem in dicht bebauten und stark versiegelten Stadtgebieten als platzsparende Maßnahme zur Beschattung und zur Schaffung kleinräumiger Erholungsorte, etwa für Plätze, eingesetzt. Die Bepflanzung kann sehr vielfältig sein und besteht häufig aus klassischen Kletterpflanzen.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

- Pergolen im Straßenraum kommen v.a. für breite Straßen- und Platzsituationen in Betracht
- kaum Störung bestehender Strukturen wie Straßen, Gehwege.
- Für die Bepflanzungen sind ausreichend Pflanzflächen zu berücksichtigen
- der Aufbau benötigt ansonsten nur ein kleines Punktfundament.

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

Der Wasserrückhalt ist begrenzt, daher sollten nur unmittelbar angrenzende, gering belastete Flächen an die Pergola angeschlossen werden, wie z.B. Geh- und Radwege oder Platzflächen.

Das Niederschlagswasser sollte in Zisternen gesammelt und zur Bewässerung genutzt werden.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Der Wasserrückhalt von Pergolen ist im Vergleich zu anderen blau-grünen Elementen vernachlässigbar. Er kann aber durch Kombination mit Mulden signifikant erhöht werden.

Welche Vegetation eignet sich?

- ca. 20 einheimische Kletterpflanzen
- Neophyten

Siehe Beispiele Fassadenbegrünung (bodengebunden).

Welche Substrate eignen sich?

- anstehender Boden, Bodensubstrate
- ggf. technische Substrate

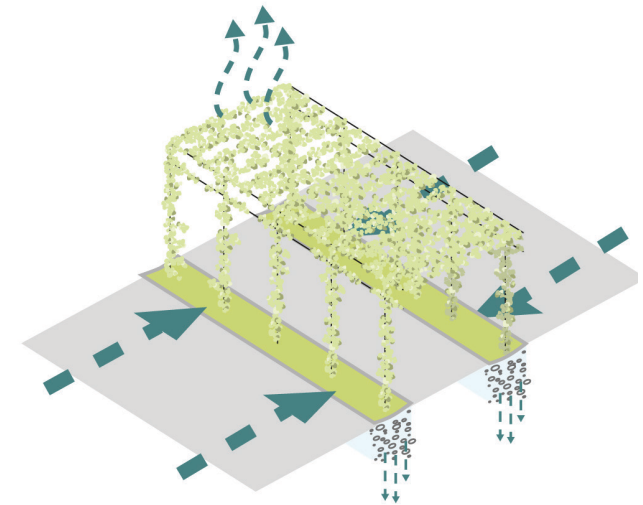


Abb. 23 - Pergole [1]

Welche Materialien werden verwendet?

- Holz, Kunststoff, Metalle

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grünflächenamt
- Tiefbauamt
- ggf. Stadtplanungsamt

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Wasser- und Nährstoffversorgung in der Regel über standörtliche Gegebenheiten und Einträge. Regelmäßige fachgerechte Pflege ist notwendig – Schnitt, Nachpflanzung in Trockenzeiten evtl. Bewässerung
- Die Pflegekosten entsprechen ungefähr denen einer bodengebundenen Fassadenbegrünung, also zwischen 5 und 20 €/m² pro Jahr (durchschnittlich 10 €/m² pro Jahr)

Wer unterhält das Element?

- Grünflächenamt

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

- Für den Bau einer Pergolenwand aus Eichenholz kann mit durchschnittlich 300 € pro laufenden Meter gerechnet werden (hier wird eine Höhe von ca. 3 Metern angenommen)

- Je nach Material können die Kosten für einen Pergolatunnel zwischen 1.500 € und 3.000 € variieren.

Wer bezahlt das?

Viele Kommunen haben bereits Förderprogramme für die Klimafolgenanpassung.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Grüne Wände können eine bildprägende Funktion im Straßenraum übernehmen und stellen gute Orientierungspunkte dar. Bei der Planung von Pergolen sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Die Stützen der Pergolen sollten kontrastreich

gestaltet werden. Dabei ist auch der Kontrast zur (nassen) Bodengestaltung zu berücksichtigen.

- Die Bepflanzungen sind so anzulegen und zu pflegen, dass ein ausreichendes Lichtraumprofil der Gehwege eingehalten wird.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktiler Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw. einer Bepflanzung der Pergole gegeben.
- Auf eine ausreichende Ausleuchtung innerhalb der Pergole ist zu achten, auch im Hinblick auf den zukünftigen maximalen Bewuchs (Vermeidung von unsicheren Räumen).

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Ohne Bezug zur Verkehrsberuhigung.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

- Zisternen,
- Notüberlauf in Versickerungsmulden, Freiräume oder Notwasserwege

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- FLL Fassadenbegrünungsrichtlinie (FLL 2018)
- Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potentiale

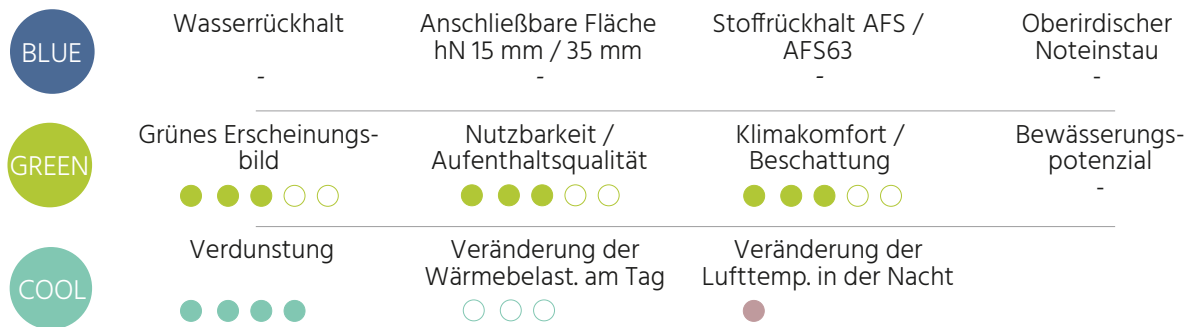


Abb. 24 - Bewertung der Pergole [2]

ziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. (Pfoser et al. 2014)

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Verdunstung realisiert?

- München: [Ackermannbogen](#)



Abb. 25 - Pergola auf Stadtplatz, Weimar [8]

GRÜNE WÄNDE – LÄRMSCHUTZ- / VERDUNSTUNGSWÄNDE

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Begrünte Lärmschutzwände werden häufig im städtischen Raum oder an stark befahrenen Verkehrsflächen wie Autobahnen und Bundesstraßen oder an Bahnanlagen als Lärminderungsmaßnahme, zur Staubfilterung und zum Sichtschutz eingesetzt. Die Systeme können, ähnlich wie bei den Fassadenbegrünungen, in bodengebunden oder wandgebundene unterschieden werden.

Verdunstungswände sind vertikale Begrünungselemente, die für eine Maximierung der Grünfläche und ausgestattet mit Bänken, insbesondere in hochverdichteten Innenstadtbereichen, an heißen Tagen für Schatten und Abkühlung sorgen.

Weitere Informationen zu Fassadenbegrünungssystemen s. [BuGG Bundesverband GebäudeGrün e.V.](#)

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

- kaum Störung bestehender Strukturen wie Straßen, Gehwege
- Kleines Punkt- oder Streifenfundament nötig.

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

Der Wasserrückhalt ist begrenzt, daher sollten nur unmittelbar angrenzende, gering belastete Flächen an die grünen Lärmschutzwände / Verdunstungswände angeschlossen werden, wie z.B. Geh-, Radwege und Platzflächen.

Das Niederschlagswasser sollte in Zisternen gesammelt und zur Bewässerung genutzt werden.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Bei Anlage einer Vegetationstragschicht können ca. 75 mm Niederschlagswasser je m² Elementfläche zurückgehalten werden. Folglich sollte nur eine kleine Fläche (ca. 1 m²) an die grünen Lärmschutzwände / Verdunstungswände angeschlossen werden. Als kombinierte Bauweise innerhalb einer Mulde, bzw. bei bodengebundenen Systemen, kann der Rückhalt signifikant höher ausfallen.

Welche Vegetation eignet sich?

- wie Fassadenbegrünung
- wie Living Walls

Siehe Beispiele Fassadenbegrünung (bodengebunden).

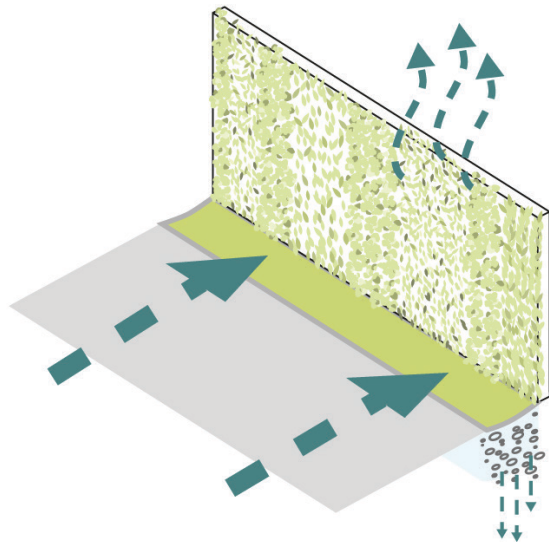


Abb.26 - Grüne Wände - Lärmschutzwände / Verdunstungswände [1]

Weitere Informationen zu Fassadenbegrünungssystemen s. [BuGG Bundesverband GebäudeGrün e.V.](#)

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grünflächenamt
- Tiefbauamt
- Private Gebäudeeigentümer:innen
- Statiker

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Wasser- und Nährstoffversorgung in der Regel über standörtliche Gegebenheiten und Einträge.
- Regelmäßige fachgerechte Pflege ist notwendig – Schnitt, Nachpflanzung in

Trockenzeiten evtl. Bewässerung

- Es werden jährliche Pflegekosten angenommen, die denen der Fassadenbegrünung oder Living Wall entsprechen (bspw. Fremdklimmer: 5-20 €/m² und Jahr)

Wer unterhält das Element?

Für die dauerhafte Erhaltung der grünen Pflanzensysteme ist die fachgerechte Kontrolle und Pflege eine wichtige Voraussetzung. Diese erfolgt an Straßenbauwerken häufig durch bzw. im Auftrag des Straßenbaulastträgers.

Auf privaten Flächen sind die Gebäudeeigentümer:innen für die fachgerechte Kontrolle und Pflege verantwortlich.

Weitere Informationen zu Fassadenbegrünungssystemen s. [BuGG Bundesverband GebäudeGrün e.V.](#)

Welche Substrate eignen sich?

- anstehender Boden, Bodensubstrate
- ggf. technische Substrate
- Hydroponik

Welche Materialien werden verwendet?

- Beton, Holz, Kunststoff, Metalle, siehe auch Substrate Fassadenbegrünung wandgebunden

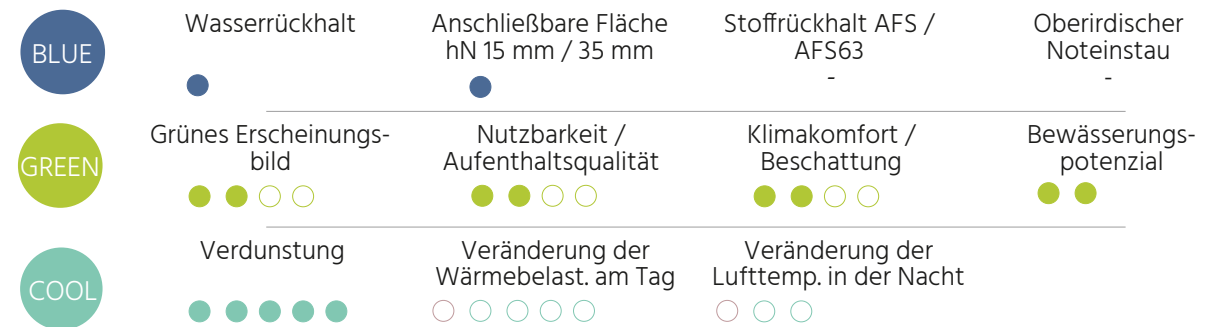


Abb. 27 - Bewertung der grünen Wände [2]

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

- Die Begrünung einer vorhandenen (Beton-)Wand kostet zwischen 80 und 150 €/m²
- Inklusive Wand, wie z.B. in Form eines Bepflanzungszauns oder einer Wand aus Kokosfasern, fallen Investitionskosten zwischen ca. 290 und 430 €/m² an

Wer bezahlt das?

Viele Kommunen haben bereits Förderprogramme für die Klimafolgenanpassung, z.B. in Hamburg für Dach- und Fassadenbegrünung.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Grüne Wände können eine bildprägende Funktion im Straßenraum übernehmen und stellen gute Orientierungspunkte dar. Bei der Planung der Lärmschutz- und Verdunstungswände sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Die Sichtbarkeit der Verkehrsteilnehmenden und die Einsehbarkeit der Verkehrsräume müssen sichergestellt werden.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktile Kontrast zu den Grünen Wänden gegeben.
- Der Schattenwurf der Grünen Wände muss

berücksichtigt und eine ausreichende Beleuchtung vorgesehen werden (Vermeidung von unsicheren Räumen).

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Ohne Bezug zur Verkehrsberuhigung.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

- Zisternen,
- Notüberlauf in Versickerungsmulden, Freiräume oder Notwasserwege

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- FLL Fassadenbegrünungsrichtlinie (FLL 2018)
- Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. (Pfoser et al. 2014)

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Verdunstung realisiert?

- [Stadt Lauf](#)
- [Grünes Zimmer](#) Ludwigsburg
- [Stadt Reutlingen](#)



Abb. 28 - Grüne Wände [9]

FASSADENBEGRÜNUNG (BODENGEBUNDEN)

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Für die bodengebundene Begrünung von Fassaden mit verschiedenen Kletterpflanzen kommen sowohl Direktklimmer als auch Fremdklimmer zum Einsatz. Für Letztere müssen Kletterhilfen wie Seile, Spalierre, Gittermatten etc. an der Gebäudefassade installiert werden. Diese Begrünungssysteme beziehen ihre Wasser- und Nährstoffversorgung direkt über den an die Gebäudefassaden angrenzenden Boden. Eine regelmäßige fachgerechte Pflege ist notwendig.

Weitere Informationen zu Fassadenbegrünungssystemen siehe [BuGG Bundesverband GebäudeGrün e.V.](#)

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Bei der Standortsuche sollten insbesondere Abschnitte in Gehwegen ausgewählt werden, die über ausreichend große Breiten für Fußgänger:innen verfügen. Störungen durch Leitungen sind selten direkt an der Fassade zu erwarten, sollten aber geprüft werden. Bereits begrünte Streifen vor Gebäuden erleichtern die Installation bodengebundener Fassadenbegrünung, von Gehwegplatten oder von Pflaster, können aber auch entfernt werden. Fassadenbegrünungen in der Nähe von Aufenthaltsorten (u.a. Bushaltestellen, Straßenkreuzungen) bzw. in stark versiegelten Straßenräumen sind bei der Standortsuche zu bevorzugen.

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

Prinzipiell können alle Flächen angeschlossen werden, solange dies technisch möglich ist. Wichtig dabei ist, die Behandlungsbedürftigkeit der anzuschließenden Flächen vorab zu prüfen. Beim Anschluss von Dachflächen muss ausgeschlossen werden können, dass Schadstoffe aus Dachabdichtungen (z.B. Herbizide) und Rohren (z.B. Kupfer) in den Boden gelangen und nachfolgend in das Grundwasser eingeleitet werden. Abflüsse von Verkehrsflächen müssen evtl. vorgereinigt werden, abhängig vom Verkehrsgeschehen und der Flächennutzung (DWA-A 138). Eine Vorreinigung kann z.B. durch Versickerung über Oberboden oder Filterbeete erfolgen.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Bei Anlage einer Vegetationstragschicht können ca. 75 l Niederschlagswasser je m² Element-

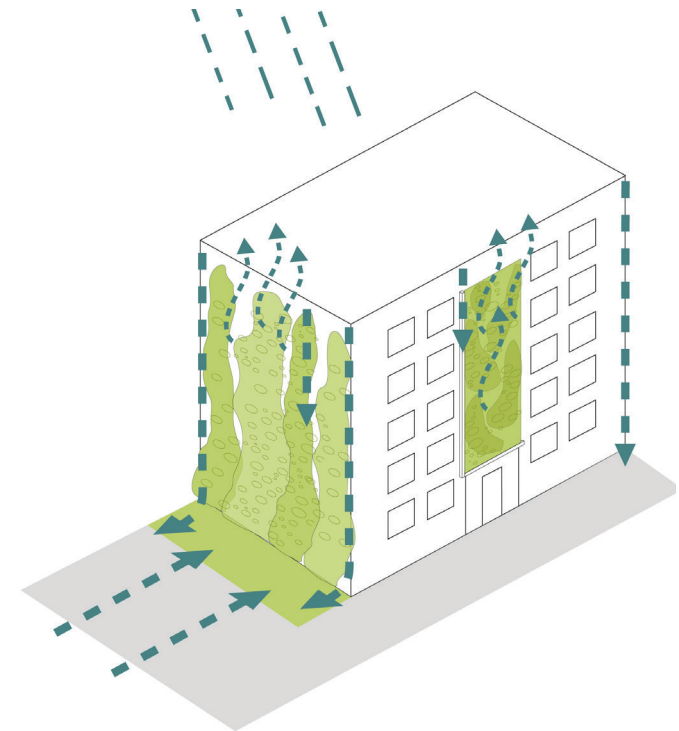


Abb. 29 - Fassadenbegrünung: boden- und wandgebunden [1]

fläche zurückgehalten werden. Folglich sollte nur eine kleine Fläche (ca. 1 m²) an die grünen Lärmschutzwände / Verdunstungswände angeschlossen werden. Als kombinierte Bauweise innerhalb einer Mulde, bzw. bei bodengebundenen Systemen, kann der Rückhalt signifikant höher ausfallen.

Welche Vegetation eignet sich?

Die Beschattung ist von der Ausrichtung abhängig. Dies gilt es bei der Pflanzenauswahl zu berücksichtigen.

Invasive Neophyten sind bei der Auswahl der Kletterpflanzen zu meiden.

Folgende einheimische Kletterpflanzen sind geeignet (u.a.):

- Waldrebe, *Clematis vitalba*, *Clematis akebioides* und andere Wildformen oder Sorten
- Idrebe, *Clematis vitalba*, *Clematis akebioides* und andere Wildformen oder Sorten
- Efeu, *Hedera helix*
- Kletterrosen, *Ramblerrosen Rosa spec*
- Geißblatt, *Lonicera periclymenum*
- Blauregen, *Wisteria frutescens*

- Wilder Wein, *Parthenocissus tricuspidata*
- Wildreben, *Vitis vinifera var. Silvestris*
- Kletterhortensien, *Hydrangea petiolaris*
- Knöterich, *Fallopia aubertii*,
- Winterjasmin, *Jasminum nudiflorum*,
- Pfeifenwinde, *Aristolochia durior*
- Jelängerjelier, *Lonicera heckrottii, caprifoli-ahenryi*

Ausführliche Listen finden sich [hier](#).

Welche Substrate eignen sich?

- anstehender Boden, Bodensubstrate
- ggf. technische Substrate
- Hydroponik

Welche Materialien werden verwendet?

- Kunststoffe, Metalle

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grundstücks-/Gebäudeeigentümer:innen
- (Garten-)Architekten
- Grünflächen- und Tiefbauamt

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Bewässerung je nach klimatischen Bedingungen 2-3 l/m² Fassadengrün
- Schnitt 1-2 pro Jahr
- Die Pflegekosten bewegen sich in Abhängigkeit von der Wuchshöhe zwischen 0 und 15 €/m² pro Jahr bei Selbstklimmern und zwischen 5 und 20 €/m² pro Jahr bei Fremdklimmern

Wer unterhält das Element?

- Grundstücks-/Gebäudeeigentümer:innen
- Gebäudemanagement
- Wenn sich die bodengebundene Fassadenbegrünung im öffentlichen Raum befindet, muss häufig eine Sondernutzungsgenehmigung bei der zuständigen Kommune eingeholt werden. Häufig wird dies über sogenannte Grünpatenschaften geregelt.

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

- Selbstklimmer je nach Aufbau und Größe etwa 15 bis 35 Euro/m²
- Systeme mit Fremdklimmern, die an Kletterhilfen wachsen, kosten zwischen 20 und 190 €/m²

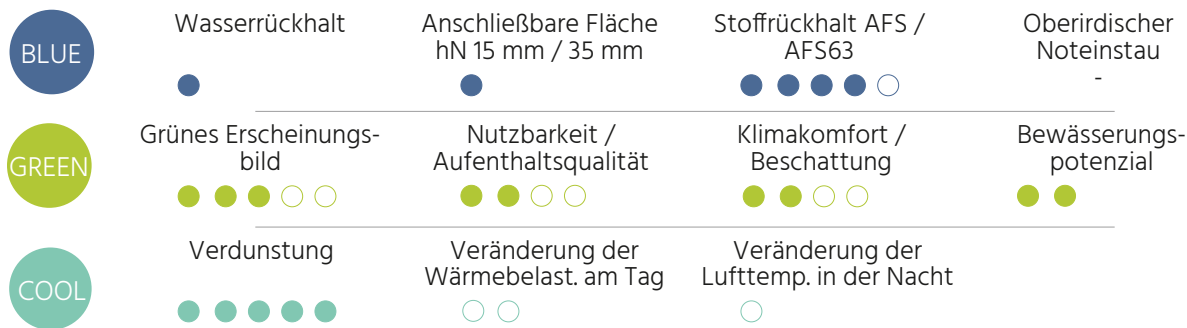


Abb. 30 - Bewertung der bodengebundenen Fassadenbegrünung [2]

Wer bezahlt das?

Viele Kommunen haben bereits Förderprogramme für die Klimafolgenanpassung, d.h. insbesondere für die Fassaden- und Dachbegrünung aufgelegt. Darüber können Gebäudeeigentümer:innen oftmals Zuschüsse erhalten (z.B. Förderung begrünter Fassaden Hamburg).

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Grüne Wände können eine bildprägende Funktion im Straßenraum übernehmen und stellen gute Orientierungspunkte dar. Bei der Planung der Fassadenbegrünungen sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht ggü. Fußgänger:innen:

- Die Bepflanzungen sind so anzulegen und zu pflegen, dass ein ausreichendes Lichtraumprofil der Gehwege eingehalten wird.
- Bessere Orientierung:
- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktiler Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw. einer Bepflanzung der bodengebundenen Fassadenbegrünung gegeben

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Ohne Bezug zur Verkehrsberuhigung.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

- Gründach
- Zisternen

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- FLL Fassadenbegrünungsrichtlinie (FLL 2018)
- Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. (Pfoser et al. 2014)

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Verdunstung realisiert?

- [Stadt Freiburg im Breisgau](#)

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- BuGG Bundesverband Gebäudebegrünung
- [Handbuch Grüne Wände](#) (BUKEA 2020)
- [Praxisratgeber Gebäudebegrünung](#), Green City 2015)



Abb. 31 - Bodengebundene Fassadenbegrünung Wohnhaus, Freiherr-vom-Stein-Straße, Berlin [3]

FASSADENBEGRÜNUNG (WANDGEBUNDEN)

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Im Gegensatz zur bodengebundenen Fassadenbegrünung wurzeln die wandgebundenen Fassadenbegrünungen in Pflanzgefäßen, die an der Fassade angebracht sind. Hier stehen vielfältige Begrünungssysteme und Materialien zur Verfügung, wie z.B. Pflanzenvlies, Substrattaschen, Rinnensysteme oder Steinwolle. Die Systeme benötigen in der Regel eine kontrollierte Bewässerung und Düngung. In diesen Systemen werden sowohl Kletterpflanzen als auch andere einjährige oder mehrjährige Pflanzen, wie Stauden (u.a. auch Gräser, Farne, Zwiebelpflanzen), Kleingehölze, Schlinger, Ranker oder Spreizklimmer gepflanzt.

Weitere Informationen zu Fassadenbegrünungssystemen s. [BuGG Bundesverband GebäudeGrün e.V.](#)

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Fassadenbegrünungen in der Nähe von Aufenthaltsorten (u.a. Bushaltestellen, Straßenkreuzungen) bzw. in stark versiegelten Straßenräumen sind bei der Standortsuche zu bevorzugen. Es sind kaum Störungen mit bestehenden Strukturen (Gehwegen,

Fahrbahnen) zu erwarten, da die Fassadenbegrünung wandgebunden installiert wird. Allerdings müssen Leitungen und Steuerungstechnik entlang der Fassade montiert werden. Ein Technikraum wird häufig benötigt.

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

Das Niederschlagswasser von Dächern und Balkonen kann für die Bewässerung der wandgebundenen Fassadenbegrünung zum Einsatz kommen, wenn keine Herbizide in den Dachabdichtungen vorhanden sind.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Es wird kein Niederschlagswasser aus dem Straßenraum zurückgehalten. Das Niederschlagswasser von Dächern und Balkonen kann angeschlossen werden. Substratbasierte Systeme können zwischen 25-105 l/m² aufnehmen. Der Wasserrückhalt von Speichervliesen und -matten liegt innerhalb dieser Spannbreite.

Welche Vegetation eignet sich?

Die Beschattung ist von der Ausrichtung abhängig. Dies gilt es bei der Pflanzenauswahl zu berücksichtigen.

Invasive Neophyten sind bei der Auswahl der Kletterpflanzen zu meiden.

Folgende einheimische Kletterpflanzen sind geeignet (u.a.):

- Waldrebe, *Clematis vitalba*, *Clematis akebioides* und andere Wildformen oder Sorten
- Efeu, *Hedera helix*
- Kletterrosen, *Ramblerrosen Rosa spec*
- Geißblatt, *Lonicera periclymenum*
- Blauregen, *Wisteria frutescens*
- Wilder Wein, *Parthenocissus tricuspidata*
- Wildreben, *Vitis vinifera var. Silvestris*
- Kletterhortensien, *Hydrangea petiolaris*
- Knöterich, *Fallopia aubertii*,
- Winterjasmin, *Jasminum nudiflorum*,
- Pfeifenwinde, *Aristolochia durior*
- Jelängerjeliieber, *Lonicera heckrottii*, *caprifoli-ahenryi*

Ausführliche Listen finden sich [hier](#).

Welche Substrate eignen sich?

- Kunststoffe,
- Steinwolle,
- Mineralvliese, Textilien,
- Bodensubstrate und Kombinationen



Abb. 32 - Fassadenbegrünung, wandgebunden [3]

Welche Materialien werden verwendet?

- Kunststoffe, Metalle

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grundstücks-/Gebäudeeigentümer:innen
- (Garten-)Architekten
- Grünflächen- und Tiefbauamt

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Häufig Bewässerungstechnik im System inkludiert. Hauswasseranschluss nötig.
- Bei modularen Systemen fallen mittlere Pflegekosten von rund 40 €/m² pro Jahr an, während bei flächigen Systemen mit Kosten zwischen 30 und 110 €/m² pro Jahr zu rechnen ist.

Wer unterhält das Element?

- Grundstücks-/Gebäudeeigentümer:innen
- Gebäudemanagement

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

- Wandgebundene Fassadenbegrünungen sind bei der Herstellung und Unterhaltung erheblich aufwendiger. Die Kosten hängen stark von der Wandgröße, den Standortgegebenheiten und der eingesetzten Bewässerungstechnik ab.
- Die Investitionskosten bewegen sich zwischen rund 230 und 1.200 €/m²

Wer bezahlt das?

Viele Kommunen haben bereits Förderprogramme für die Klimafolgenanpassung, d.h. insbesondere für die Fassaden- und Dachbegrünung aufgelegt. Darüber können Gebäudeeigentümer:innen oftmals Zuschüsse erhalten (z.B. Förderung begrünter

Fassaden Hamburg).

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Grüne Wände können eine bildprägende Funktion im Straßenraum übernehmen und stellen gute Orientierungspunkte dar. Bei der Planung der Fassadenbegrünungen sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Die Bepflanzungen sind so anzulegen und zu pflegen, dass ein ausreichendes Lichtraumprofil der Gehwege eingehalten wird.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Ohne Bezug zur Verkehrsberuhigung.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

- Gründach
- Zisternen

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- FLL Fassadenbegrünungsrichtlinie (FLL 2018)
- Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energeti-

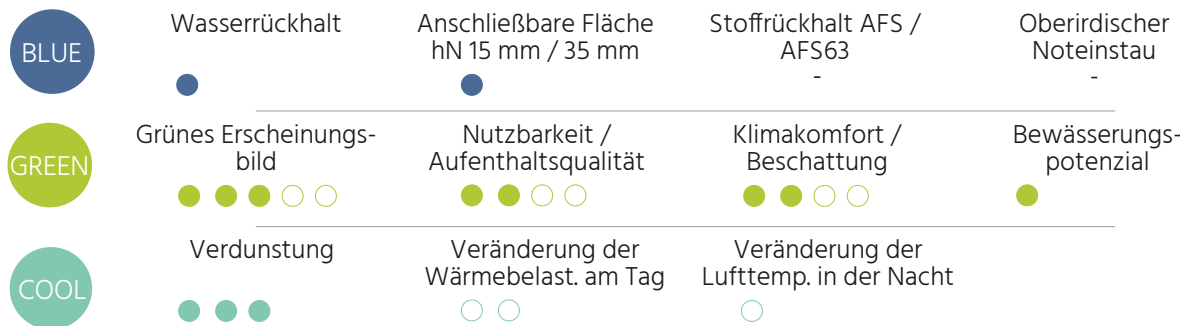


Abb. 33 - Bewertung der wandgebundenen Fassadenbegrünung [2]

scher, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. (Pfoser et al. 2014)

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Verdunstung realisiert?

- [Berlin Friedrichshain-Kreuzberg](#)
- [Verwaltungsgebäude Osterrath GmbH & Co. KG](#)
- Hamburg, [DESY Campus](#)

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- BuGG Bundesverband Gebäudebegrünung
- [Handbuch Grüne Wände](#) (BUKEA 2020)
- [Praxisratgeber Gebäudebegrünung](#) (Green City 2015)



Abb. 34 - Bodengebundene Fassadenbegrünung, Altes Postamt, Schlüterstraße, Hamburg [5]

1.3 ELEMENTE DER VERSICKERUNG

WAS LEISTEN SIE?

Die Versickerung von Niederschlagswasser in den anstehenden Boden ist eine für den Wasserhaushalt wichtige Bewirtschaftungsform. Je nach Regenereignis müssen unterschiedlich große Retentionsvolumina geplant werden, in denen Niederschlagswasser für die Versickerung kurzfristig zurückgehalten wird. Grundsätzlich lassen sich diese Retentionskörper in oberirdische, belebte Systeme und unterirdische Systeme unterscheiden. Für eine blau-grüne Straßengestaltung spielen die oberirdischen Systeme eine besondere Rolle, da die mit ihnen einhergehende Vegetation einen stadtklimatischen und gestalterischen Mehrwert entwickelt.

Als BGS-Elemente der Versickerung gelten vor allem Versickerungsmulden bzw. die technische Variante der Versickerungsmulden, die Tiefbeete. Bei hohem Anschlussgrad oder schlecht sickerfähigen Böden können diese Elemente mit unterliegenden Rigolen ergänzt werden.

Die alleinige Verwendung von Rigolen wird aufgrund der fehlenden Reinigungsleistung nicht vorgesehen. Grundsätzlich geht die maßgebliche Reinigungswirkung von Versickerungsanlagen von durchwurzelter Bodenzone aus.

Als wichtige begleitende Maßnahme zur Vermeidung von Niederschlagsabfluss gelten wasser-durchlässige Boden- bzw. Pflasterbeläge. Sie leisten einen gestalterischen Beitrag und gewährleisten gleichzeitig, dass erhebliche Anteile des Niederschlagswassers vor Ort versickern. Insbesondere in hochverdichteten urbanen Bereichen leisten sie damit einen wichtigen Beitrag zum Wasserhaushalt.

WANN KOMMEN SIE ZUM EINSATZ?

Versickerungselemente sind etablierte Anlagen der Siedlungswasserwirtschaft und können bei guter Planung fast überall eingesetzt werden. Dies gilt für private und gewerbliche Grundstücke, Straßen, Wege und Plätze.

Bei der Planung sind jedoch hydrogeologische

Randbedingungen (Grundwasserflurabstand, Durchlässigkeit des Bodens) und stoffliche Belange (Altlasten, Belastung des Niederschlagswassers) unbedingt zu berücksichtigen.

Grundsätzlich ist es möglich, einfache Grünflächen in einer Weise auszumulden, dass diese als Versickerungsmulden voll funktionsfähig sind. Solche landschaftsintegrierten Mulden stellen die Bauweise mit dem geringsten zusätzlichen Bauaufwand dar. Im Straßenraum werden jedoch überwiegend straßenbegleitende Versickerungsmulden angelegt. Diese linienhaften Elemente werden entweder flächig oder punktuell beschickt. Bei engen Platzverhältnissen kann die Sickersohle anstatt mit natürlichen Böschungen in ein sogenanntes Tief-

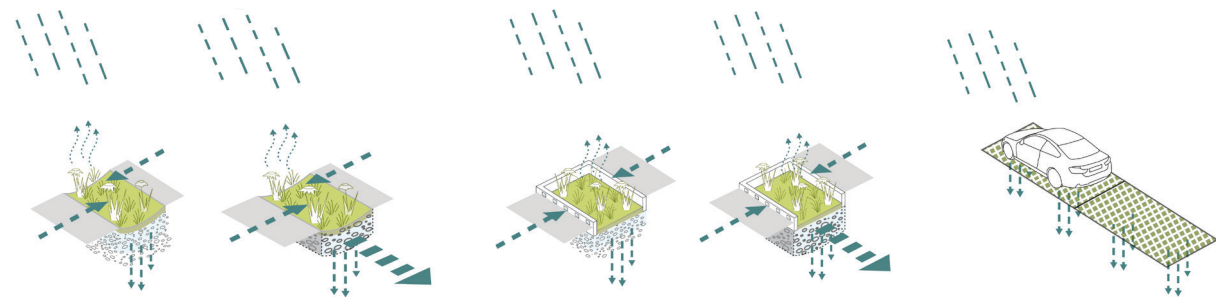


Abb. 35 - Versickerungsmulde (mit Rigole), Tiefbeet (mit Rigole), wasserdurchlässiges Pflaster (von li.) [1]

beet integriert werden. Tiefbeete als Versickerungsanlage sind besonders platzsparend und kommen daher besonders im urbanen Raum infrage. Merkmale von Tiefbeeten sind eine bauliche Einfassung bzw. klare Abgrenzung, meist eine hochwertige Ausführung der Einfassung und ansprechende Bepflanzungen. Die Bemessung und Leistung von Tiefbeeten unterscheiden sich jedoch nicht von konventionellen Versickerungsmulden. Tiefbeete werden aus gestalterischen Gründen jedoch eher mit krautiger Vegetation oder Stauden bepflanzt, Mulden hingegen häufig mit Landschaftsrasen.

Bei einer Kombination von Mulden und Tiefbeeten mit *Rigolen* kann aufgrund der gültigen Bemessungsansätze die Sickerfläche an der Oberfläche reduziert werden. Die Varianten mit Rigolen kommen somit nicht nur bei schlecht sickerfähigen Böden, sondern auch bei hohen Flächenkonkurrenzen im Straßenraum zum Einsatz.

WIE WEIT SIND SIE VERBREITET?

Versickerungsmulden und Tiefbeete sowie deren Kombination mit Rigolen werden über das DWA-A 138 dimensioniert und entsprechen somit einer allgemein anerkannten Regel der Technik. Die langfristige Leistungsfähigkeit von Versickerungsanlagen ist wissenschaftlich belegt (F+E LEIREV 2019). Sowohl die Regelwerke der FGSV, FLL und DIN

beziehen sich auf die Bemessungsansätze für Versickerungsanlagen. Vor diesem Hintergrund ist eine zunehmende Berücksichtigung von Versickerungsanlagen bei der Erschließung von Grundstücken und Straßen zu beobachten.

Da die Umsetzung von Versickerungsanlagen in großem Maße auch von einer entsprechenden Flächensicherung abhängig ist, gilt die nachträgliche Implementation in Bestandsstraßen als herausfordernd.



Abb. 36 - Dezentrale Regenwasserversickerung [3]

VERSICKERUNGSMULDE

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

In der Versickerungsmulde wird das Niederschlagswasser kurzfristig in dauerhaft grünen, beliebig geformten Mulden gespeichert und über gut durchlässige humusreiche Böden dezentral in den anstehenden Boden versickert. Ein Teil des Wasser verdunstet über die Bepflanzungen, überschüssiges Wasser versickert im Untergrund. Der oberirdische Einstauraum beträgt in der Regel zwischen 10 und 30 cm.

Das Niederschlagswasser wird kurzzeitig (1-3 Tage) in den begrüneten Geländevertiefungen gespeichert und schließlich in den Boden unterhalb der Mulde versickert. Daher muss der Boden einen ausreichend guten Infiltrationswert aufweisen und es muss genügend Grünfläche zur kurzzeitigen Speicherung zur Verfügung stehen.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Die Muldenversickerung wird i.d.R. dann angewendet, wenn der Boden einen ausreichend guten Infiltrationswert aufweist ($k_f > 10\text{-}6\text{ m/s}$ nach DWA-A 138) und genügend Grünfläche zur kurzzei-

tigen Speicherung zur Verfügung steht.
Flächenbedarf: 15- 20 %

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

- Dächer
- Straßen
- Parkstände
- Geh- und Radwege

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Die Auslegung von Versickerungsanlagen basiert auf der Berechnung des Retentionsvolumens in Abhängigkeit von der örtlichen Sickerleistung, der angeschlossenen Fläche und der lokalen Niederschlagsdynamik. Mulden müssen ein fünfjähriges Regenereignis aufnehmen können.

Die anschließbare Fläche beträgt im Durchschnitt 11 m^2 je m^2 Mulde.

Welche Vegetation eignet sich?

Gräser, Stauden für wechsellrockene Standorte, z.B.:

- Strauch: Sanddorn, *Hippophae rhamnoides*
- Mehrjähriges Kraut: Gewöhnliches Leimkraut, *Silene vulgaris*
- Gras: Wehrlose Trespe, *Bromus inermis*



Abb. 37 - Versickerungsmulde [1]

Welche Substrate eignen sich?

- Humoser Oberboden

Welche Materialien werden verwendet?

Einfassungen, Borde, Rinnen, Bankettbefestigung

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

Versickerungsmulden sollten regelmäßig auf die Funktionsfähigkeit ihrer Betriebspunkte geprüft werden. Hierzu zählt:

- Vitalität der Bepflanzung (z.B. wegen Vertritt)
- Funktionsfähigkeit der Zuläufe (z.B. wegen Laubeintrag)
- Prüfung auf übermäßigen Sedimenteintrag (z.B. wegen zu hohem Flächenanschluss)

- Sichtkontrolle und ggf. Freischneiden von Zuläufen
- Mahd während der Vegetationsperiode: Landschaftsrassen erfordern eine relativ häufige Mahd (mind. 6-8 mal jährlich). Dagegen sind bei blütenreichen Ansaaten je nach Mischung nur ein bis zwei Schnitte im Jahr (mit Mahdgutentfernung) sowie einzelne Kontrollgänge auf Gehölze und unerwünschte Dauerkräuter erforderlich.
- Beräumen von Unrat
- Die Pflegekosten fallen mit rund 0,2 €/m² bis 0,9 €/m² Muldenfläche sehr gering aus

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grünflächenamt
- Tiefbauamt
- Stadtentwässerung
- Leitungsträger

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Bewässerung je nach klimatischen Bedingungen

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

- Die Kosten für Versickerungsmulden liegen bei den betrachteten Beispielen zwischen 1 €/m² und 20 €/m² angeschlossener Fläche
- Pro m² Muldenfläche belaufen sich die Kosten auf 35 € bis 60 €

Wer bezahlt das?

- Straßenbaulastträger

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Bei der Planung von Versickerungselementen sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Auf die ausreichende barrierefreie Querbarkeit von linear angeordneten Elementen (BGS-Korridor) ist zu achten; Querungswege sollen mindestens 1,0 m lichte Breite aufweisen.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktile Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw. einer Bepflanzung der Mulde gegeben.
- Eine Anordnung im BGS-Korridor fördert die eindeutige Linienführung, die Wegebeziehungen aufnimmt und verdeutlicht. Somit kann die Zonierung der Nebenflächen und Seitenräume betont werden.

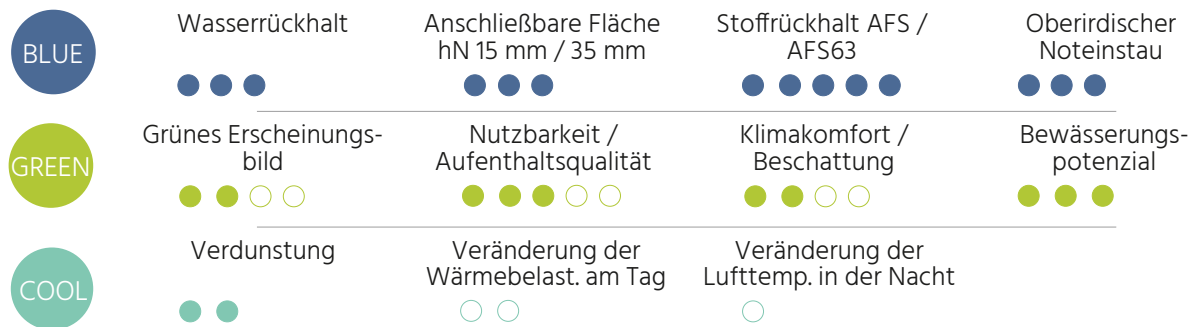


Abb. 38 - Bewertung der Versickerungsmulde [2]

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Kombinierbar mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung wie Versätzen, Engstellen, Baumtoren, asymmetrischen Engstellen, Einengungen der Fahrbahn.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Bei unzureichender Versickerungsfähigkeit des Unterbodens ist eine Kombination mit Rigolen möglich.

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- DWA-A 138, DWA-A 102, FLL-Empfehlung Versickerung, RasEW

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Versickerung realisiert?

- deutschlandweiter Standard
- alle BGS-Kommunen

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- BWB, SenUVK: [Planungshilfe für eine dezentrale Straßentwässerung](#) (BWB, SenUVK 2018)



Abb. 39 - Versickerungsmulde mit Baum, Rummelsburger Bucht in Berlin [3]

VERSICKERUNGSMULDE MIT RIGOLE

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Versickerungsmulden werden mit Rigolen ergänzt, wenn der anstehende Boden nicht ausreichend sickertfähig ist oder wenn die Platzverhältnisse keine alleinige Muldenversickerung erlauben.

Das eingeleitete Niederschlagswasser wird an der Oberfläche der Mulde zwischengespeichert (1-3 Tage) und über die belebte Oberbodenschicht in einen unterirdischen Speicherraum (Rigole) versickert. Dort wird das Wasser erneut zwischengespeichert, bevor es in den Untergrund versickert. Bei sehr bindigen Böden kann Sickerwasser in der Rigole auch gedrosselt abgeleitet werden.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Kommt bei beengten Flächenverhältnissen und ggf. schlechterer Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens zum Einsatz.

Flächenbedarf: 10-15 %

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

- Dächer
- Straßen

- Parkstände
- Geh- und Radwege

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Die Auslegung von Versickerungsanlagen basiert auf der Berechnung des Retentionsvolumens in Abhängigkeit der örtlichen Sickerleistung, der angeschlossenen Fläche und der lokalen Niederschlagsdynamik. Mulden-Rigolen müssen ein fünfjähriges Regenereignis aufnehmen können, wobei die Mulde dabei häufiger überlaufen darf (kleiner sein darf) als eine reine Mulde.

Die anschließbare Fläche beträgt im Durchschnitt 13 m² je m² Mulden-Rigole.

Welche Vegetation eignet sich?

Gräser, Stauden für wechsellrockene Standorte, z.B.:

- Strauch: Sanddorn, *Hippophae rhamnoides*
- Mehrjähriges Kraut: Gewöhnliches Leimkraut, *Silene vulgaris*
- Gras: Wehrlose Trespe, *Bromus inermis*

Welche Substrate eignen sich?

- Humoser Oberboden, Sande, Kiese, Schotter

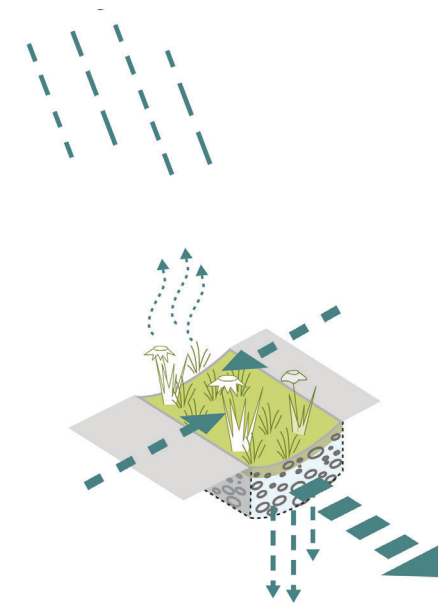


Abb. 40 - Versickerungsmulde mit Rigole [1]

Welche Materialien werden verwendet?

Einfassungen, Borde, Rinnen, Bankettbefestigung, Überläufe, Drainrohre, Drosseln

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

Versickerungsmulden sollten regelmäßig auf die Funktionsfähigkeit ihrer Betriebspunkte geprüft werden. Hierzu zählen:

- Vitalität der Bepflanzung (z.B. wegen Vertritt)
- Funktionsfähigkeit der Zuläufe (z.B. wegen Laubeintrag)
- Prüfung auf übermäßigen Sedimenteintrag (z.B. wegen zu hohem Flächenanschluss)

- Sichtkontrolle und ggf. Reinigung von Mulden-überläufen
- Mahd während der Vegetationsperiode: Landschaftsrassen erfordern eine relativ häufige Mahd (mind. 6-8 mal jährlich). Dagegen sind bei blütenreichen Ansaaten je nach Mischung nur ein bis zwei Schnitte im Jahr (mit Mahdgutentfernung) sowie einzelne Kontrollgänge auf Gehölze und unerwünschte Dauerunkräuter erforderlich.
- Beräumen von Unrat
- Es ist mit Pflegekosten von 1-2 €/m² anzuschließender Fläche zu rechnen

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grünflächenamt
- Tiefbauamt
- Stadtentwässerung
- Leitungsträger

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Sichtkontrolle und ggf. Freischneiden von Zuläufen

Wer unterhält das Element?

- i.d.R. kommunaler Abwasserbetrieb
- Abwasserbetrieb
- ggf. Grünflächenamt
- ggf. Straßenreinigung

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

- Die Kosten für ein Mulden-Rigolen-Element liegen in den Beispielprojekten zwischen 15 €/m² und 25 €/m² angeschlossener Fläche
- Ein Mulden-Rigolen-System ist geringfügig teurer mit Kosten zwischen 13 €/m² und 35 €/m² angeschlossener Fläche
- Zusammengefasst betragen die mittleren Kosten für eine Versickerungsmulde mit Rigole 21 €/m² angeschlossener Fläche

Wer bezahlt das?

- Straßenbaulastträger

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Bei der Planung von Versickerungselementen sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Auf die ausreichende barrierefreie Querbarkeit von linear angeordneten Elementen (BGS-Korridor) ist zu achten; Querungswege sollen mindestens 1,0 m lichte Breite aufweisen.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktiler Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw. einer Bepflanzung der Mulde gegeben.
- Eine Anordnung im BGS-Korridor fördert

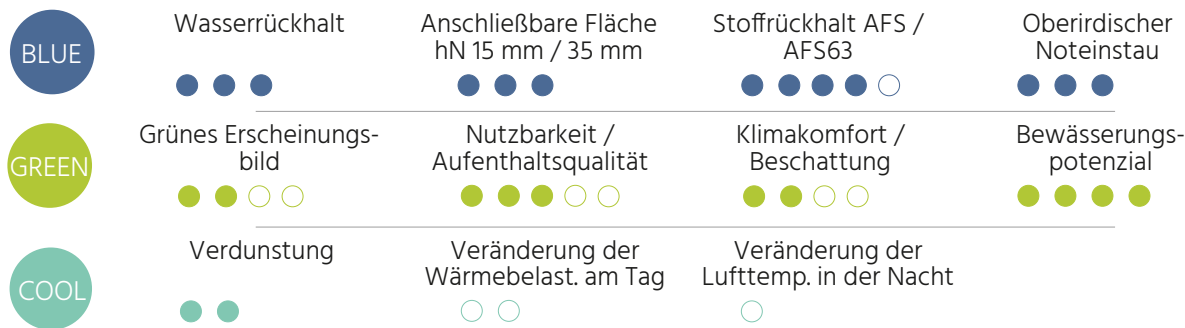


Abb. 41 - Bewertung der Versickerungsmulde mit Rigole [2]

die eindeutige Linienführung, die Wegebeziehungen aufnimmt und verdeutlicht. Somit kann die Zonierung der Nebenflächen und Seitenräume betont werden.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Kombinierbar mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung wie Versätzen, Engstellen, Baumtoren, asymmetrischen Engstellen, Einengungen der Fahrbahn.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Bei unzureichender Versickerungsfähigkeit des Unterbodens ist eine gedrosselte Ableitung möglich, ggf. als Füllkörperrigole.

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- DWA-A 138, DWA-A 102, FLL-Empfehlung Versickerung, RasEW

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Versickerung realisiert?

- deutschlandweiter Standard
- alle BGS-Kommunen

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- BWB, SenUVK: [Planungshilfe für eine dezentrale Straßentwässerung](#) (BWB, SenUVK 2018)



Abb. 42 - Kunststoffboxen (Rigolen) vor Einbau, Berlin Biesdorf [10]

TIEFBEET

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Tiefbeete ermöglichen in urbanen Bereichen mit beengten Platzverhältnissen den temporären Rückhalt und die dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser. Die begrünte und tiefergelegte Versickerungsanlage wird hierzu von einem Beton- oder Natursteinrahmen eingefasst, um auf kleinem Raum die Aufnahme eines größeren Niederschlagswasservolumens zu ermöglichen. Die Flächensparnis resultiert aus dem Wegfall einer natürlichen Böschung.

Die Versickerungszone besteht aus einem sickerfähigen Bodensubstrat, das mit einer Rasenansaat, Stauden bzw. Bodendeckern bepflanzt ist. Analog zu konventionellen Mulden sind Einstautiefen von in der Regel 30 cm nicht zu überschreiten.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Kommt bei beengten Flächenverhältnissen und einer ausreichend guten Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens zum Einsatz (Infiltrationswert, $k_f > 10^{-6}$ m/s nach DWA-A 138).

Es sollte ausreichend Platz für den Fußverkehr zur

Verfügung stehen ggf. mit moderaten Einstautiefen oder Sicherungsmaßnahmen planen
Flächenbedarf: 5-10 %

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

- Dächer
- Straßen
- Parkstände
- Geh- und Radwege

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Die Auslegung von Versickerungsanlagen basiert auf der Berechnung des Retentionsvolumens in Abhängigkeit von der örtlichen Sickerleistung, der angeschlossenen Fläche und der lokalen Niederschlagsdynamik. Tiefbeete müssen ein fünfjähriges Regenereignis aufnehmen können.

Die anschließbare Fläche beträgt im Durchschnitt 13 m² je m² Tiefbeet.

Welche Vegetation eignet sich?

Gräser, Stauden für wechsellückige Standorte, z.B.:

- Strauch: Sanddorn, *Hippophae rhamnoides*
- Mehrjähriges Kraut: Gewöhnliches Leimkraut, *Silene vulgaris*
- Gras: Wehrlose Trespe, *Bromus inermis*

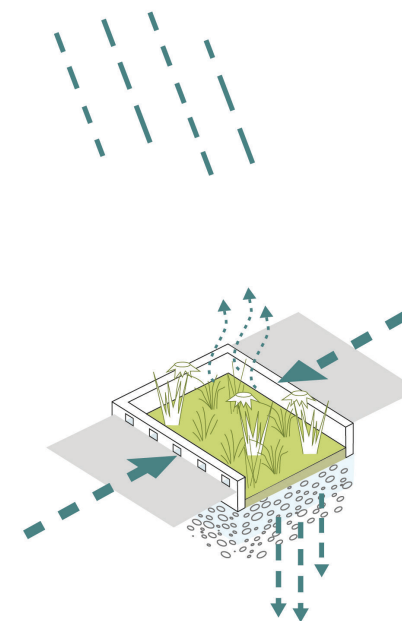


Abb. 43 - Tiefbeet [1]

Welche Substrate eignen sich?

- Humoser Oberboden

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

Tiefbeete sollten regelmäßig auf die Funktionsfähigkeit ihrer Betriebspunkte geprüft werden. Hierzu zählen:

- Vitalität der Bepflanzung (z.B. wegen Vertritt)
- Funktionsfähigkeit der Zuläufe (z.B. wegen Laubeintrag)

- Prüfung auf übermäßigen Sedimenteintrag (z.B. wegen zu hohem Flächenanschluss)

- Beräumen von Unrat
- Es werden Pflegekosten in Höhe von 0,75-1 €/m² angenommen

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grünflächenamt
- Tiefbauamt
- Stadtentwässerung
- Leitungsträger
- ggf. Stadtplanungsamt

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Sichtkontrolle und ggf. Freischneiden von Zuläufen
- Rückschnitt von Stauden, Gräsern und Gehölzen

Wer unterhält das Element?

- i.d.R. kommunaler Abwasserbetrieb
- ggf. Grünflächenamt
- ggf. Straßenreinigung

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

- Die mittleren Investitionskosten für beispielhaft betrachtete Tiefbeete variieren zwischen 15 €/m² und 25 €/m² anzuschließender Fläche bzw. zwischen 80 und 100 €/m² Bauwerk.

Wer bezahlt das?

- Straßenbaulastträger

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Bei der Planung von Tiefbeeten sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Anfahrschutz sollte nach DIN 18916 ausgestaltet werden.
- Bei einer Absturzkante von > 15 cm sind ein Radabweiser und ggf. weitere Absturzsicherungen vorzusehen (DIN 18040-1)
- Die bauliche Einfassung des Tiefbeets kann als Radabweiser dienen, wenn die Bordkante mindestens 10 cm hoch ist.
- Einfassungen des Tiefbeets und Öffnungen des Bords für den Niederschlagswasserzulauf sind so zu planen, dass ein Überfahren und Unterlaufen mit dem Langstock vermieden werden.
- Auf die ausreichende barrierefreie Querbarkeit von linear angeordneten Elementen (BGS-Korridor) ist zu achten; Querungswege sollen mindestens 1,0 m lichte Breite aufweisen.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktiler Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw. einer Bepflanzung des Tiefbeets gegeben.
- Eine Anordnung im BGS-Korridor fördert die eindeutige Linienführung, die Wegebezie-

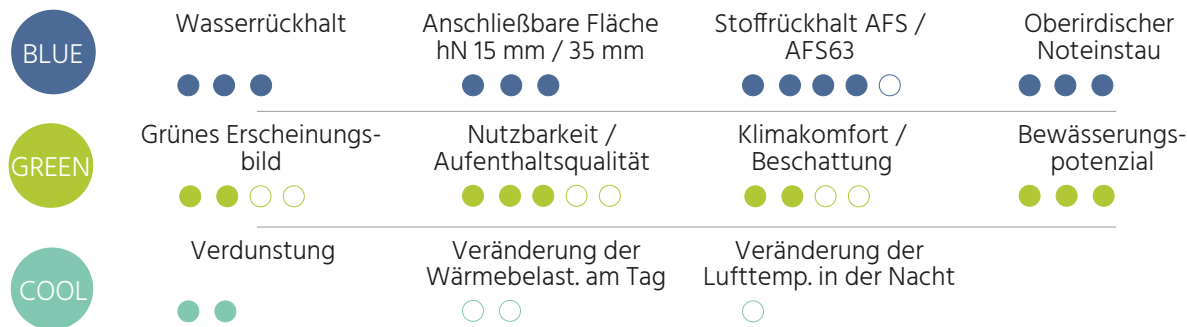


Abb. 44 - Bewertung des Tiefbeets [2]

hungen aufnimmt und verdeutlicht. Somit kann die Zonierung der Nebenflächen und Seitenräume betont werden.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Kombinierbar mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung wie Versätzen, Engstellen, Baumtoren, asymmetrischen Engstellen, Einengungen der Fahrbahn.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Bauliche Einfassungen lassen sich ggf. auch als Sitzgelegenheiten gestalten.

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- DWA-A 138, DWA-A 102, FLL-Empfehlung Versickerung, RasEW

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Versickerung realisiert?

- Mannheim

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- BWB, SenUVK: [Planungshilfe für eine dezentrale Straßenentwässerung](#) (BWB, SenUVK 2018)



Abb. 45 - Tiefbeet mit Bäumen im Taylor Park, Mannheim [6]

TIEFBEET MIT RIGOLE

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Tiefbeete werden mit Rigolen ergänzt, wenn der anstehende Boden nicht ausreichend sickerfähig ist oder wenn die Platzverhältnisse keine alleinige Versickerung über das Tiefbeet erlauben.

Das eingeleitete Niederschlagswasser wird an der Oberfläche des Tiefbeets zwischengespeichert (1-3 Tage) und über die belebte Oberbodenschicht in einen unterirdischen Speicherraum (Rigole) versickert. Dort wird das Wasser erneut zwischengespeichert, bevor es in den Untergrund versickert. Bei sehr bindigen Böden kann Sickerwasser in der Rigole auch gedrosselt abgeleitet werden.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Kommt bei beengten Flächenverhältnissen und ggf. schlechterer Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens zum Einsatz.

Es sollte ausreichend Platz für den Fußverkehr zur Verfügung stehen. In der direkten Umgebung von Schulen und Kindergärten ggf. mit moderaten Einstautiefen oder Sicherungsmaßnahmen planen.
Flächenbedarf: 5-10 %

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

- Dächer
- Straßen
- Parkstände
- Geh- und Radwege

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Die Auslegung von Versickerungsanlagen basiert auf der Berechnung des Retentionsvolumens in Abhängigkeit von der örtlichen Sickerleistung, der angeschlossenen Fläche und der lokalen Niederschlagsdynamik. Tiefbeet-Rigolen müssen ein fünfjähriges Regenereignis aufnehmen können, wobei das Tiefbeet dabei häufiger überlaufen darf (kleiner sein darf) als reine Mulden oder Tiefbeete.

Die anschließbare Fläche beträgt im Durchschnitt 15 m² je m² Tiefbeet-Rigole.

Welche Vegetation eignet sich?

Gräser, Stauden für wechsellrockene Standorte, z.B.:

- Strauch: Sanddorn, *Hippophae rhamnoides*
- Mehrjähriges Kraut: Gewöhnliches Leimkraut, *Silene vulgaris*
- Gras: Wehrlose Trespe, *Bromus inermis*

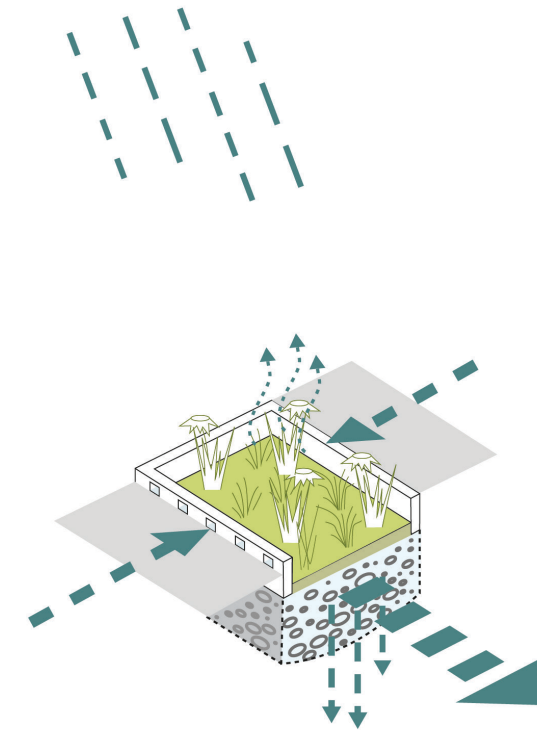


Abb. 46 - Tiefbeet mit Rigole [1]

Welche Substrate eignen sich?

- Humoser Oberboden, Sande, Kiese, Schotter

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

Tiefbeete sollten regelmäßig auf die Funktionsfähigkeit ihrer Betriebspunkte geprüft werden. Hierzu zählen:

- Vitalität der Bepflanzung (z.B. wegen Vertritt)
- Funktionsfähigkeit der Zuläufe (z.B. wegen

- Laubeintrag)
- Prüfung auf übermäßigen Sedimenteintrag (z.B. wegen zu hohem Flächenanschluss)

- überläufen
- Rückschnitt von Stauden, Gräsern und Gehölzen
- Beräumen von Unrat
- Die Pflegekosten belaufen sich ähnlich wie bei einem Mulden-Rigolen-System auf 1 bis 2 €/m² Tiefbeetfläche pro Jahr

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grünflächenamt
- Tiefbauamt
- Stadtentwässerung
- Leitungsträger
- ggf. Stadtplanungsamt

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Sichtkontrolle und ggf. Freischneiden von Zuläufen
- Sichtkontrolle und ggf. Reinigung von Mulden-

Wer unterhält das Element?

- i.d.R. kommunaler Abwasserbetrieb
- ggf. Grünflächenamt
- ggf. Straßenreinigung

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

- Die reinen Investitionskosten für ein Tiefbeet mit Rigole im Neubau betragen zwischen 20 und 40 €/m² angeschlossener Fläche und liegen bei ca. 150 €/m² Bauwerk bei den betrachteten Beispielen

Wer bezahlt das?

- Straßenbaulastträger

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Bei der Planung von Tiefbeeten sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Anfahrtsschutz sollte nach DIN 18916 ausgestaltet werden.
- Bei einer Absturzkante von > 15 cm sind ein Radabweiser und ggf. weitere Absturzsicherungen vorzusehen (DIN 18040-1)
- Die bauliche Einfassung des Tiefbeets kann als Radabweiser dienen, wenn die Bordkante mindestens 10 cm hoch ist.
- Einfassungen des Tiefbeets und Öffnungen des Bords für den Niederschlagswasserzulauf sind so zu planen, dass ein Überfahren und Unterlaufen mit dem Langstock vermieden werden.
- Auf die ausreichende barrierefreie Querbarkeit von linear angeordneten Elementen (BGS-Korridor) ist zu achten; Querungswege sollen mindestens 1,0 m lichte Breite aufweisen.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktile Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw.

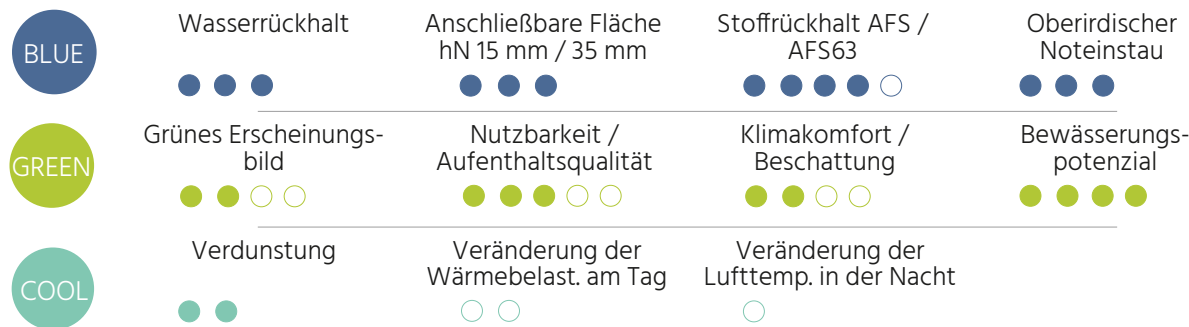


Abb. 47 - Bewertung des Tiefbeets mit Rigole [2]

einer Bepflanzung des Tiefbeets gegeben.

- Eine Anordnung im BGS-Korridor fördert die eindeutige Linienführung, die Wegebeziehungen aufnimmt und verdeutlicht. Somit kann die Zonierung der Nebenflächen und Seitenräume betont werden.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Kombinierbar mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung wie Versätzen, Engstellen, Baumtoren, asymmetrischen Engstellen, Einengungen der Fahrbahn.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Bauliche Einfassungen lassen sich ggf. auch als Sitzgelegenheiten gestalten.

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- DWA-A 138, DWA-A 102, FLL-Empfehlung Versickerung, RasEW

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Versickerung realisiert?

- Birkenstein

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- [BWB, SenUVK 2018](#)

WASSERDURCHLÄSSIGE BODENBELÄGE / PFLASTER

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Poröse Oberflächenbeläge, begrünbare und teildurchlässige Beläge nehmen das anfallende Niederschlagswasser von angrenzenden oder nur der befestigten Fläche selbst auf und versickern es großflächig, ohne dabei einen Einstau der Bewirtschaftungsfläche zu erzeugen. Die Zuleitung kann linienhaft über die Straßenböschung oder punktuell über offene Rinnen erfolgen. Dabei muss sichergestellt werden, dass eine gleichmäßige Beschickung der gesamten Versickerungsfläche stattfindet.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Wenig befahrene Straßen, Parkstände, Ein- und Ausfahrten sowie Gehwege können mit teilversiegelten Oberflächenbefestigungen versehen werden. Insbesondere Gitterplatten mit verringertem Wegebauaufbau können angrenzend an Baumscheiben nicht nur Niederschlag versickern, sondern gleichzeitig mehr Raum für die Durchwurzelung schaffen.

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

Gilt nach DWA-A 138 nur als begleitende und nicht

als eigenständige Maßnahme. Keine unmittelbare Bewirtschaftung angeschlossener Flächen.

Gemäß FGSV-Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen (MVV) können versickerungsfähige Betonpflasterbauweisen u.U. für Kfz-Verkehrsflächen sowie als Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser eingesetzt werden.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Es können rund 40 l Niederschlagswasser je m² Elementfläche zurückgehalten werden. Es können keine zusätzlichen Flächen angeschlossen werden.

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Grünflächenamt
- Tiefbauamt
- Stadtentwässerung
- ggf. Stadtplanungsamt

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

Wasserdurchlässige Beläge unterscheiden sich im Gegensatz zur Flächenversickerung mit bewachsenem Oberboden in der dauerhaften Wirkungs-

weise, da deren Oberfläche sich im Laufe der Zeit mit Feinpartikeln zusetzt. Sie tragen daher zur Versickerung bei, wenngleich auf Dauer nur von einer Abflussminderung ausgegangen wird.

Daher ist eine Reinigung der Oberfläche notwendig. Die im Belag angelagerten Schadstoffe können mittels maschinell Spül-Saug-Verfahren entfernt und aufgenommen werden. Das Reinigungsgut ist gemäß den gesetzlichen Bestimmungen zu entsorgen. Die hydraulische Funktion der Pflasterdecke wird in der Regel durch das Reinigungsverfahren auf das Ausgangsniveau zurückgeführt.

Die Reinigung wird nur notwendig, wenn die Versickerungsleistung des Systems unter die spezifische Versickerungsrate von 270 l/(s*ha) abfällt. Dafür ist die Versickerungsleistung mindestens alle zehn Jahre zu prüfen. Üblicherweise fallen bei einer Nutzungsdauer des Belages von 30 Jahren nicht mehr als zwei Reinigungsvorgänge an.

- Spülen von Sickerfugen
- Rasenschnitt bei bepflanzten Belägen
- Kontrolle von Sinkschächten etc. wegen erhöhtem Sedimentaufkommen
- Die Pflegekosten von wasserdurchlässigen Bodenbelägen bzw. Pflasterung variieren stark zwischen ca. 0,40 €/m² und 3 €/m² pro Jahr

Wer unterhält das Element?

- Straßenreinigung
- Grünflächenamt

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

- Die Kosten hängen stark von der Art des Bodenbelags bzw. Pflasters ab
- Der mittlere Wert für durchlässiges Pflaster liegt bei ca. 47 €/m²
- Schotterrasen ist die günstigste Variante mit Kosten zwischen 2,50 bis 30 €/m²
- Rasengittersteine kosten ca. 40 €/m² im Mittel und Rasenfugenpflaster knapp 48 €/m²
- Ähnlich verhält es sich beim Porenpflaster (ab 45 €/m²) oder Betonpflaster (ab 50 €/m²)
- Drainasphalt ist dagegen teurer, mit mittleren Kosten von 80 €/m²
- Natursteinpflaster kann je nach Steinart und -größe bis zu 152 €/m² kosten, sodass sich eine große Kostenspanne für dieses Element ergibt

Wer bezahlt das?

- Straßenbaulastträger

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Verkehrssicherungspflicht ggü. Fußgänger:innen:

- Wasserdurchlässige Beläge mit sehr rauer Oberfläche, wie Schotterbeläge oder Gittersteine mit Rasen- oder anderweitigem Bewuchs sind

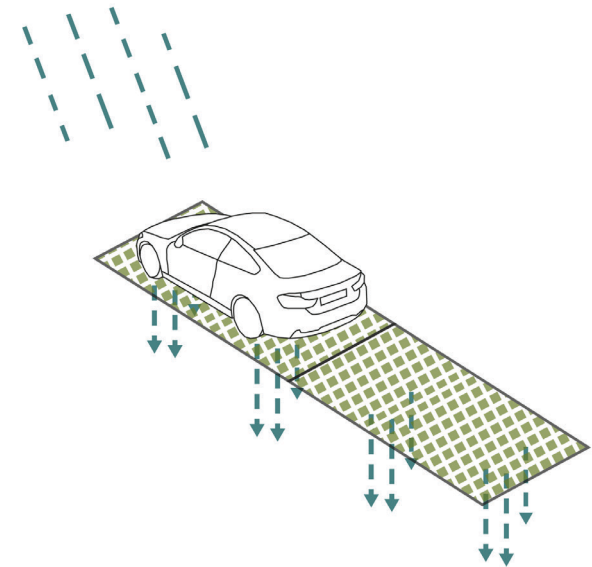


Abb. 48 - Wasserdurchlässige Bodenbeläge / Pflaster [1]

nicht barrierefrei und sollten daher nur außerhalb der Hauptverkehrsflächen zum Einsatz kommen (z.B. Bankettstreifen, Aufstellflächen Feuerwehr).

- Barrierefreie Alternativen sind beispielsweise Gitterplatten (Kunststoff-Gittersystem mit Steinfüllung), die eine glatte wasserdurchlässige Oberfläche aufweisen (solche Systeme kommen z.B. als Wurzelbrücke für Rad- und Fußwege in Betracht, da sie eine geringe Unterbauhöhe benötigen).

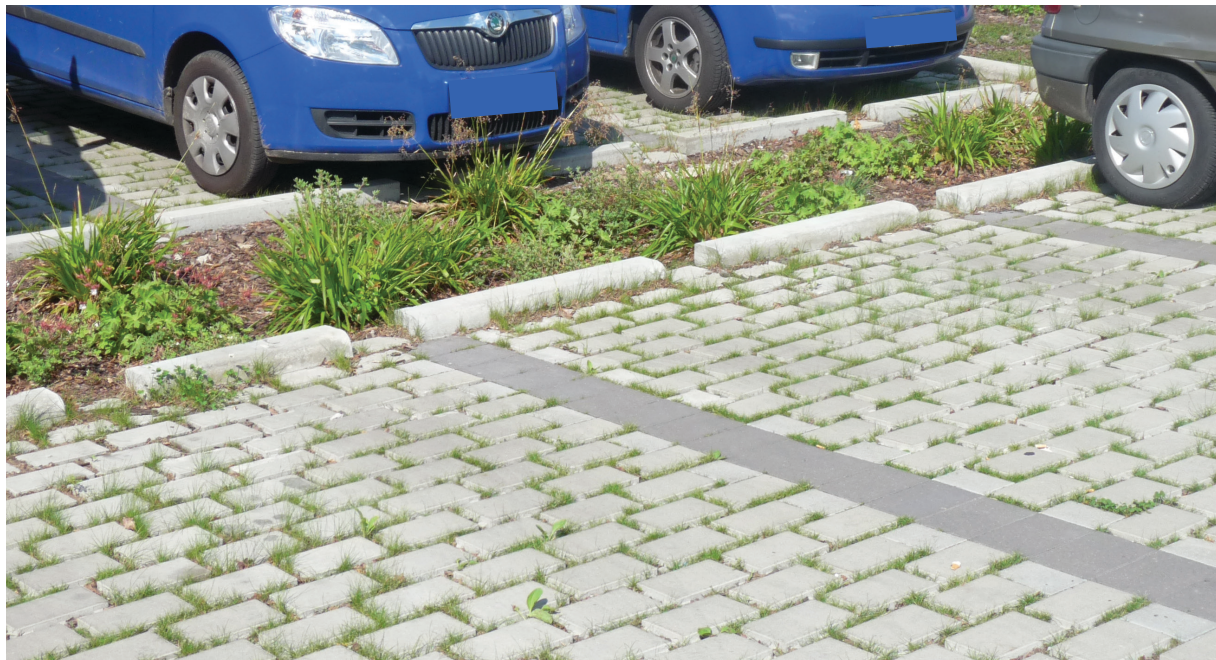


Abb. 49 - Wasserdurchlässiger Belag auf Parkplatz in Kombination mit Versickerungsbeeten [9]

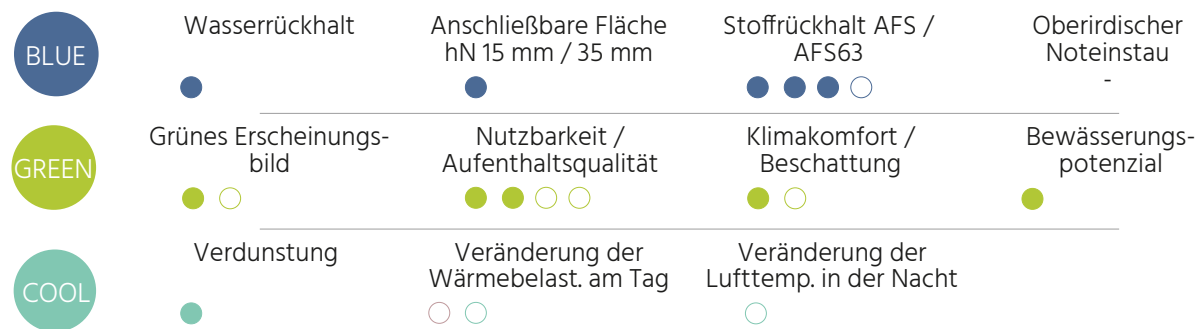


Abb. 50 - Bewertung der wasserdurchlässigen Bodenbeläge / Pflaster [2]

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Kein Bezug zur Verkehrsberuhigung.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Wasserdurchlässige Bodenbeläge und Pflasterflächen mit Fugen eignen sich gut in Kombination mit Mobiliar für den Aufenthalt und zum Spielen sowie für Abstellflächen z.B. für Fahrräder.

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- FGSV-Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen (MVV)

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Versickerung realisiert?

- deutschlandweiter Standard
- alle BGS-Kommunen

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- BWB, SenUVK: [Planungshilfe für eine dezentrale Straßentwässerung](#) (BWB, SenUVK 2018)

1.4 ELEMENTE DER WASSERNUTZUNG

WAS LEISTEN SIE?

Elemente der Wassernutzung fangen Niederschlagswasser auf, reinigen es teilweise, speichern es zwischen und machen es nutzbar. Dies trägt zum einen dazu bei, den Niederschlagswasserabfluss zu reduzieren und zum anderen, Trinkwasser zu substituieren.

WANN KOMMEN SIE ZUM EINSATZ?

Zisternen können den Niederschlagswasserabfluss von Dachflächen, Hofflächen, Wegen und Straßen auffangen. Sie kommen im Straßenraum zum Einsatz, wenn die Bewässerung blau-grüner Infrastrukturen, insbesondere in Trockenperioden, sichergestellt werden soll, d.h. für Grünflächen, Straßenbäume und Vertikalbegrünungen. Bei der wandgebundenen Fassadenbegrünung kommen Zisternen sogar regelhaft zum Einsatz.

WIE WEIT SIND SIE VERBREITET?

Im Gebäudebereich werden Zisternen bereits seit Jahrzehnten eingesetzt, um den Niederschlagswasserabfluss von Dächern aufzufangen und den Trinkwassereinsatz für u.a. die Toilettenspülung, Waschmaschine, Bewässerungs- oder Reinigungszwecke zu substituieren. Immer mehr Sport- und Freizeitanlagen nutzen das anfallende Niederschlagswasser,

um ihre Grünanlagen zu bewässern (u.a. Tennis-, Fußball-, Golfplätze). Auch zur adiabaten Gebäudekühlung wird Niederschlagswasser immer häufiger verwendet. Im Zusammenhang mit blau-grünen Maßnahmen kommen Zisternen vor allem für die Bewässerung von Fassadenbegrünung zum Einsatz. Ansonsten sind Zisternen im Straßenraum bislang nicht verbreitet.



Abb. 51 - Einbau von Zisternen an der HafenCity Universität Hamburg [5]

ZISTERNE ZUR NIEDERSCHLAGSWASSERNUTZUNG

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Eine Niederschlagswasserzisterne ist ein meist unterirdischer, vergrabener Wassertank für die Sammlung von Niederschlagswasser. Das Wasser läuft über ein eigenes Rohrleitungssystem von Hausdächern und aus den Regenrinnen in den Regenwassertank anstatt in die Kanalisation abzufließen. Auf dem Weg dorthin und im System der Zisterne durchläuft das Wasser verschiedene Reinigungsstufen, um groben Schmutz und Sedimente herauszufiltern. Das gesammelte Wasser wird anschließend zur Bewässerung von Grünflächen, Straßenbäumen oder/und Vertikalbegrünungen genutzt.

Eine Niederschlagswassernutzungsanlage besteht im Wesentlichen aus:

- dem Niederschlagswasserzulauf mit einem mechanischen Feinfilter (1. Reinigung von groben Verunreinigungen wie Blätter oder Moos),
- dem Wassertank mit Zulaufberuhiger (2. Reinigung von Schmutzpartikeln und Sedimenten durch beruhigten Zulauf am Boden des Tanks),
- der schwimmenden Vorrichtung zur Wasserentnahme (Entnahme etwa 10 bis 20 cm unter

der Wasseroberfläche mithilfe einer Pumpe, da hier das Wasser am saubersten und am besten mit Sauerstoff angereichert ist),

- dem Überlauf mit Skimmer und Kanalanschluss (Überlaufvorrichtung am oberen Tankrand sorgt dafür, dass überschüssiges Wasser nach heftigen oder langen Regengüssen in die Kanalisation geleitet wird; Skimmer saugt die letzten Schmutzpartikel, die auf der Wasseroberfläche treiben, ab; 3. Reinigung),
- ggf. einem Trinkwasseranschluss, um ein kontinuierliches Bewässerungsdargebot auch in längeren Trockenzeiten zu gewährleisten sowie
- der Niederschlagswasserzentrale (zur automatischen Steuerung der Pumpe und ggf. der Trinkwassernachspeisung; befindet sich meist im Keller oder in einem Revisionschacht neben der Niederschlagswassernutzungsanlage).

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Das Platzangebot im Straßenraum ist häufig stark beschränkt. Bei der Standortsuche kommen daher insbesondere Übergangsbereiche zu Grünflächen bzw. Parkanlagen in Frage.

Grundsätzlich denkbar sind auch oberirdische oder unterirdische Speicher (analog Regentonnen), die

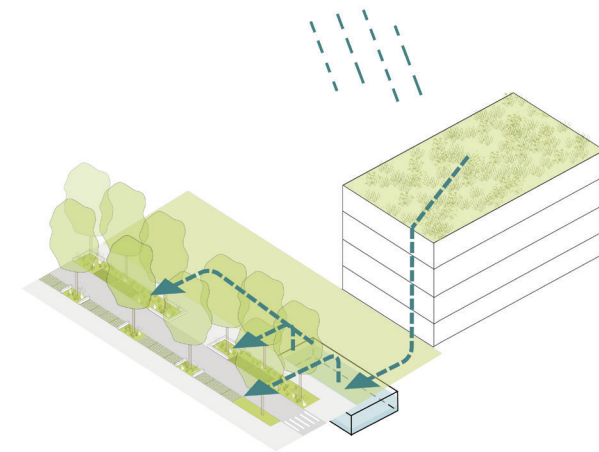


Abb. 52 - Zisterne zur Niederschlagswassernutzung [1]

im Straßenraum stehen, jedoch Wasser von Fallrohren der Dächer aufnehmen. Entsprechende Referenzprojekte sind jedoch noch nicht bekannt.

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

Auf eine Nutzung des Niederschlagswassers von Dächern oder Dachrinnen aus Kupfer oder Zink sowie von Dächern, die mit Bitumenbahnen abgedichtet sind, sollte verzichtet werden. Hier können Metallverbindungen abgeschwemmt werden, die schädigend für die Umwelt sind. Bitumenabdichtungen von Dächern mit Teerpappe können Biozide freisetzen.

Angeschlossen werden können:

- Dächer und Regenrinnen, die nicht mit Kupfer, Zink, Bitumen abgedichtet sind
- Bei gedichteten Rigolen als Zisterne können auch sonstige Verkehrsflächen über eine Muldenversickerung zugeleitet werden
- Bei Flächen mit höherem Sedimentaufkommen ist eine Vorbehandlung oder ein Absetzschacht empfehlenswert

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Zisternen existieren in Volumina von 1 m³ bis 1.000 m³. Die Größe richtet sich nicht nur nach der angeschlossenen Fläche, sondern auch nach dem zu erwartenden Verbrauch. Als wirtschaftliche Faustformel gelten 6 % des anzunehmenden Verbrauchs. Bei 1.000 m³ Jahresverbrauch wären das beispielsweise 60 m³ (siehe DIN 1989-1; Regenwassernutzungsanlagen, Teil 1)

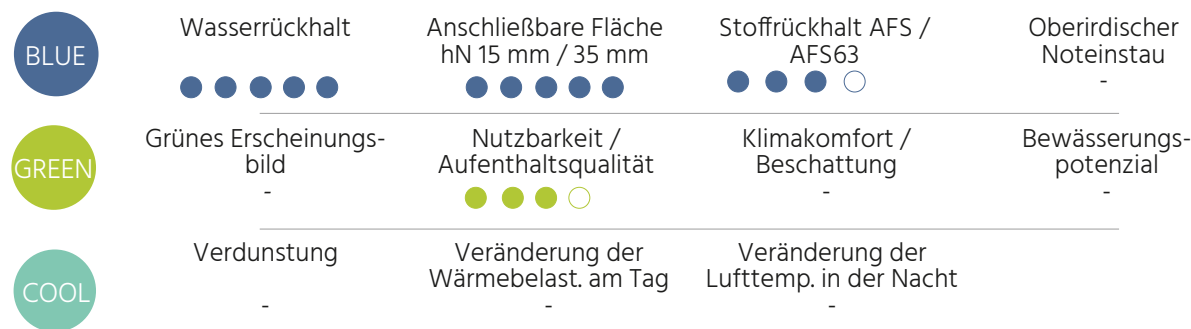


Abb. 53 - Bewertung der Zisterne zur Niederschlagswassernutzung [2]

Welche Vegetation eignet sich?

Zisternen sind als unterirdische Bauwerke selbst nicht bepflanzt. Sie lassen sich zur Bewässerung aller Vegetationsarten nutzen.

Welche Substrate eignen sich?

Zisternen bedürfen keiner Substrate.

Welche Materialien werden verwendet?

Zisternen sind weitestgehend konfektionierte Produkte. Als Baustoffe sind üblich:

- Kunststoff,
- Beton sowie
- Stahl

Als Sonderform lassen sich auch Rigolen abdichten und als Zisternen bewirtschaften.

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

- Wasserstandsmessung
- Zu- und Ablaufmessung
- Messung Überlauf

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Straßen- und Grünflächenamt
- Tiefbauamt
- Leitungsträger

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Überprüfung der Pumpenanlagen und Rohrleitungen
- Entschlammung des Sammelbehälters bei Bedarf
- Säuberung der Abtrennung für Blätter
- Die Unterhaltungskosten liegen durchschnittlich bei ca. 17 €/m³ pro Jahr. Die Angabe beruht auf der Annahme einer kleinen Zisterne, wie sie bei einem Einfamilienhaus zum Einsatz kommt. Je nach Alter, Ausführung und Fassungsvermögen des Speichers können diese Kosten stark abweichen.

Wer unterhält das Element?

- Grünflächenamt / Grundstückseigentümer

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

- Die mittleren Kosten für einen Wasserspeicher aus Beton betragen ca. 325 €/m³ (Die Spannweite verläuft zwischen 216 €/m³ und 519 €/m³)
- Ein Wasserspeicher aus Kunststoff kostet zwischen rund 140 €/m³ und 1.000 €/m³ (durchschnittliche Kosten von 332 €/m³)

Wer bezahlt das?

- Grünflächenamt / Grundstückseigentümer
- ggf. über Förderzuschuss (teil-)finanzierbar

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Nicht relevant, da sich das Element im Untergrund befindet.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Kein Bezug zur Verkehrsberuhigung.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Zisternen brauchen in der Regel einen Notüberlauf. Dieser kann sehr sinnvoll in nachgeschaltete Mulden oder Rigolen bewirtschaftet werden.

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- fBR- Hinweisblatt H 101 Kombination der

- Regenwassernutzung mit der Regenwasserversickerung
- DWA A-117 Bemessung von Regenrückhalteräumen
- DIN 1989-1 Regenwassernutzungsanlagen

- Hamburg: Högerdamm (Die Verwendung einer alten Trinkwassertransportleitung als Zisterne für die Bewässerung von Jungbäumen wird im Projekt BGS angeregt. Derzeit wird eine Studie zu Umsetzungsmöglichkeiten bearbeitet.)

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Wassernutzung realisiert?

- Berlin: Postdamer Platz

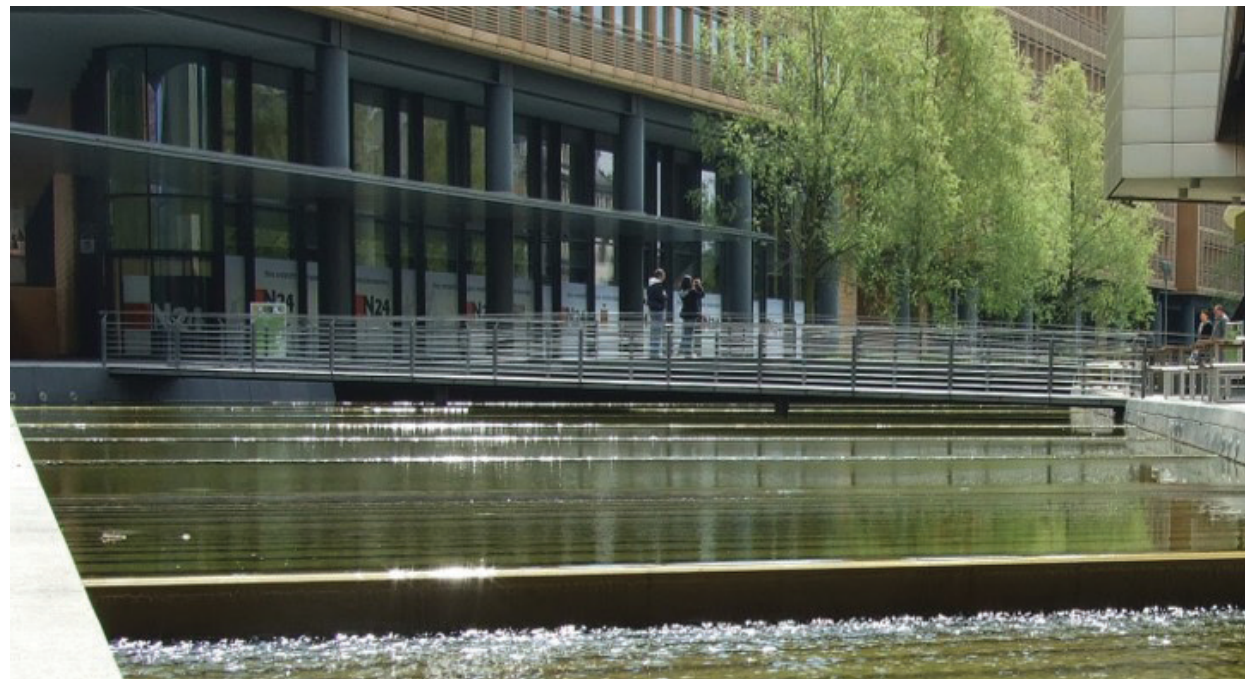


Abb. 54 - In Zisternen gesammeltes Niederschlagswasser wird am Potsdamer Platz in Berlin in ein Gewässersystem gespeist [4]

1.5 ELEMENTE DER STARKREGENVORSORGE

WAS LEISTEN SIE?

Als Folge des Klimawandels wird durch Starkregenereignisse in der Zukunft vermehrt der Bemessungsfall der Entwässerungssysteme, sei es die Kanalisation oder Elemente der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, überschritten. Das Niederschlagswasser kann dann nicht in das Entwässerungssystem eintreten und fließt der Topographie folgend auf der Oberfläche, häufig der Straße, ab und kann dabei Schäden an schutzwürdigen Nutzungen und der Infrastruktur verursachen. Die Vergrößerung der Kapazität der Entwässerungsinfrastruktur ist für viele Kommunen aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive keine realistische Lösung. Eine Maßnahme, um Überflutungsschäden zu reduzieren, ist die geplante Mitbenutzung von Verkehrsflächen und Freiflächen für eine kontrollierte temporäre Notableitung und Rückhaltung von Starkniederschlägen. Die Verkehrsflächen und Freiflächen erfüllen bei diesem Konzept im Normalfall ihre Kernaufgaben. Im Starkregenfall wird Niederschlagswasser temporär zurückgehalten und verzögert in das Entwässerungssystem eingeleitet. Damit wird der Überlastung der Entwässerungsinfrastruktur entgegengewirkt. Das Konzept eignet sich insbesondere für Verkehrsflächen und Freiflächen die entlang der *natürlichen* Fließwege liegen, zum

Schutz gefährdeter Nutzungen beitragen und eine schadensarme Ableitung in nahegelegene Vorfluter ermöglichen. Dies kann ein kostengünstiges und bisher ungenutztes Konzept zur Anpassung an Starkniederschläge darstellen. Die temporäre Mitbenutzung der Verkehrsflächen und Freiflächen bildet dabei einen Baustein neben anderen für die dezentrale Rückhaltung von Starkniederschlägen in urbanen Gebieten.

WANN KOMMEN SIE ZUM EINSATZ?

Elemente der Starkregenvorsorge kommen dort zum Einsatz, wo die topografischen und baulichen Gegebenheiten zu einer Gefährdungslage bei Starkregenereignissen führen. Typischerweise handelt es sich dabei um Geländetiefpunkte bzw. Geländesenken sowie weitere Flächen entlang der *natürlichen* Fließwege des Niederschlagswassers. Gefahrenpotenzialkarten (Starkregengefahren- und Überflutungsrisikokarten) geben Aufschluss über gefährdete Flächen. Neben den unmittelbar von Überflutungen betroffenen Flächen ist auch das Rückhaltepotenzial im Einzugsbereich und das der Fließwege zu nutzen. Niederschlagswasser wird bei Starkregen gezielt in diese Verkehrsflächen oder Freiflächen eingeleitet, gesammelt und dort temporär zurückgehalten. Bei einer entspre-

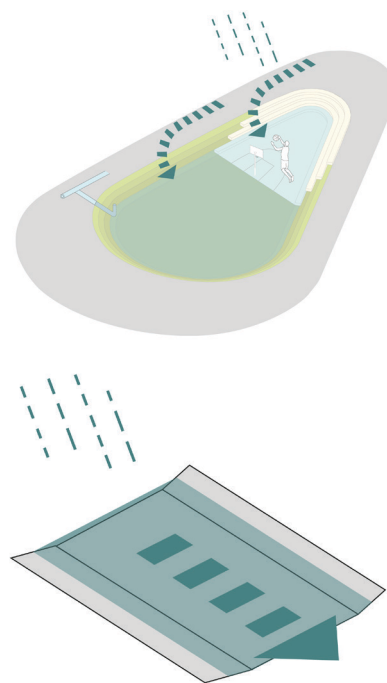


Abb. 55 - Rückhaltung im Freiraum (oben) und Blue Streets - Rückhaltung und/oder Ableitung (Notwasserweg) im Straßenraum (unten) [1]

chenden Gestaltung können beispielsweise Freiflächen wie Parks, Sport- oder Spielplätze hierfür genutzt werden. Auch Verkehrsflächen wie die Fahrbahn zwischen den Bordern oder Flächen des ruhenden Verkehrs können für die gezielte temporäre Ableitung und Rückhaltung von Niederschlagswasser bei Starkregen dienen.

WIE WEIT SIND SIE VERBREITET?

Zur Starkregenvorsorge kommen in der Kanalisation sowie der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung bislang hauptsächlich oberirdische oder unterirdische Regenrückhaltebecken verschiedener Bauarten zum Einsatz. In der letzten Zeit rückt jedoch auch die multifunktionale Nutzung von Verkehrs- und Freiflächen als Baustein der Starkregenvorsorge in den Fokus. Die multifunktionale Nutzung von Flächen zur Rückhaltung von Starkniederschlägen reicht dabei von der Nutzung von Spiel- und Sportplätzen über die Nutzung von Grünflächen und Parkanlagen bis hin zur Nutzung von Parkplätzen, städtischen Plätzen und Fahrbahnen. Bereits realisierte Beispiele hierfür sind:

- die Notwasserwege im Hochschulstadtteil Lübeck,
- die Mitbenutzung des Parkplatzes vom Baumarkt Hamburg-Stellingen
- die Klimakvarter Notwasserwege in Kopenhagen sowie
- der Klima-Boulevard Bremen.

Die gezielte temporäre Rückhaltung von Starkniederschlägen auf Verkehrsflächen, insbesondere auf der Fahrbahn, wurde bisher nur selten baulich umgesetzt. Grund hierfür sind die unklaren rechtlichen Rahmenbedingungen (Verkehrssicherungspflicht) sowie Bedenken seitens der Verkehrsplanung hinsichtlich der Verkehrssicherheit sowie der Barrierefreiheit.



Abb. 56 - Überflutung einer Straße in Berlin Schöneberg im Jahr 2021 [8]

RÜCKHALTUNG IM FREIRAUM

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Freiflächen können auf vielfältige Weise als Retentionsraum für Starkregenereignisse gestaltet werden. Das Retentionsvolumen ergibt sich dabei aus der Größe der Freifläche und der Geländemodellierung. Im Gegensatz zu klassischen monofunktionalen Regenrückhaltebecken zielt das Element der Rückhaltung im Freiraum explizit auf eine multifunktionale Nutzung. Nur im seltenen Fall eines Starkregenereignisses wird die Fläche geflutet. In diesem Fall steht die Fläche für die sonst übliche Nutzung meist kurzfristig nicht zur Verfügung. Es sind Sicherungsmaßnahmen vorzusehen, um im Starkregenfall die Gefährdung von Personen zu verhindern. Bei einer entsprechenden Gestaltung der Freiräume kann das Niederschlagswasser auch in die regelhafte Nutzung integriert werden. In Form von Wasserplätzen oder durch Wasserläufe und kleine Seen kann das Element Wasser so erlebbar gemacht werden.

Um eine Freifläche für eine temporäre Rückhaltung zu nutzen, muss diese entsprechend modelliert werden. Von den zu entlastenden Bereichen müssen Zuläufe zu den Freiräumen geschaffen

werden. Dabei ist darauf zu achten, dass diese im Starkregenfall nicht durch Schwemmgut verlegt werden können. Die Rückhaltung in den Freiflächen selbst kann auf ganz unterschiedliche Weise erfolgen. Wichtig ist eine gute gestalterische Integration der Rückhalteflächen in das Landschaftsbild.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Bei der Standortsuche von für die Rückhaltung geeigneten Freiflächen sind zwei Dinge entscheidend. Erstens ist dies die Frage, wo aus wasserwirtschaftlicher Sicht für die Retention von Starkniederschlägen eine Notwendigkeit besteht. Eine Rückhaltung im Freiraum sollte immer dann in Betracht gezogen werden, wenn in einem Gebiet eine Gefährdungslage bei Starkregenereignissen ausgemacht wurde. Im Vordergrund steht dabei die temporäre Rückhaltung konvektiver Starkregenereignisse. Abflussspitzen werden so verringert und die Kanalisation entlastet. Bei Wetterlagen mit lange anhaltendem und heftigem Dauerregen kann das Retentionsvolumen des für eine Rückhaltung gestalteten Freiraums ebenfalls genutzt werden. Vor allem kleinere Fließgewässer können so entlastet und die Gefahr von Überflutungsschäden verringert werden.

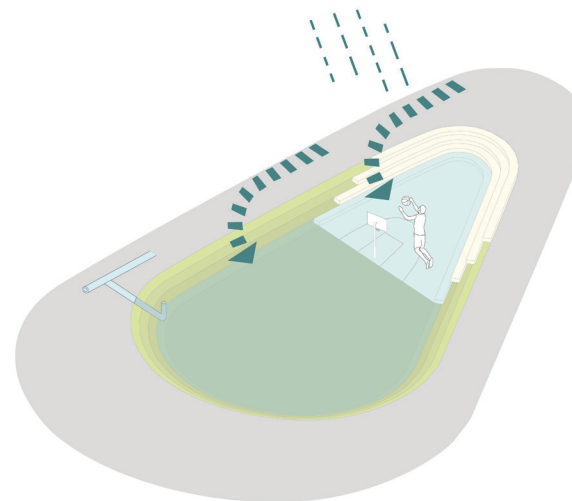


Abb. 57 - Rückhaltung im Freiraum [1]

Der zweite wichtige Punkt ist, ob das Retentionsvolumen für die anzuschließende Fläche ausreichend ist. Dabei ist es wichtig sicherzustellen, dass aus der Retentionsfläche selbst nicht ebenfalls eine Gefährdungslage bei einem Starkregenereignis entstehen kann. Überläufe sind daher entsprechend zu sichern.

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

- Dachflächen
- Verkehrsflächen (Behandlungsbedürftigkeit prüfen)

Wie mit dem zurückgehaltenen Niederschlagswasser im Anschluss an ein Starkregenereignis zu verfahren ist, hängt von den örtlichen Gegebenheiten und der Behandlungsbedürftigkeit des Wassers ab. Die Behandlungsbedürftigkeit ergibt sich aus der zu erwartenden stofflichen Belastung des Wassers. Ist das Wasser behandlungsbedürftig, ist eine direkte Ableitung in ein Fließgewässer nicht möglich. In diesem Fall gilt es dafür Sorge zu tragen, dass zurückgehaltenes Wasser nicht unbehandelt in den Untergrund versickert.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Hängt von den lokalen Gegebenheiten ab. Bei einer Einstauhöhe von 50-200 mm beträgt die anschließbare Fläche bei einer Niederschlagsmenge von 15 mm (hN 15 mm) 2 bis 12 m² je m² Rückhaltefläche, bei einer Niederschlagsmenge von 35 mm (hN 35

mm) 0 bis 5 m² je m² Rückhaltefläche.

Welche Vegetation eignet sich?

Bäume:

- Schwarz-Erle, *Alnus glutinosa*
- Graue Erle, *Alnus incana*
- Schwarz-Pappel, *Populus nigra*
- Traubenkirsche, *Prunus padus subsp. padus*
- Silber-Weide, *Salix alba*
- Bruch-Weide, *Salix fragilis*
- Purpur-Weide, *Salix purpurea*
- Hohe Weide, *Salix x rubens*
- Mandel-Weide, *Salix triandra*
- Korb-Weide, *Salix viminalis*

Liane: Gewöhnlicher Hopfen, *Humulus lupulus*

Mehrfähriges Kraut:

- Behaartes Weidenröschen, *Epilobium hirsutum*
- Flügel-Hartheu, *Hypericum tetrapterum*

- Ufer-Wolfstrapp, *Lycopus europaeus*
- Gewöhnliche Sumpfkresse, *Rorippa palustris*
- Sumpf-Ampfer, *Rumex palustris*
- Gewöhnliches Helmkraut, *Scutellaria galericulata*
- Wasser-Sternmiere, *Stellaria aquatica*
- Blauer Wasser-Ehrenpreis, *Veronica anagallis-aquatica*

Gräser:

- Knick-Fuchsschwanz, *Alopecurus geniculatus*
- Sumpf-Reitgras, *Calamagrostis canescens*
- Schlanke Segge, *Carex acuta*
- Zweizeilige Segge, *Carex disticha*
- Scheinzypergras-Segge, *Carex pseudocyperus*
- Ufer-Segge, *Carex riparia*
- Sumpf-Rispengras, *Poa palustris*

Welche Substrate eignen sich?

Keine Verwendung von Substraten.

Welche Materialien werden verwendet?

Es können verschiedenste Materialien eingesetzt werden. Die Materialienwahl ist abhängig von der Art der Nutzung der Rückhaltefläche und der zu erwartenden Schadstoffbelastung bei einem Einstau der Fläche im Starkregenfall.

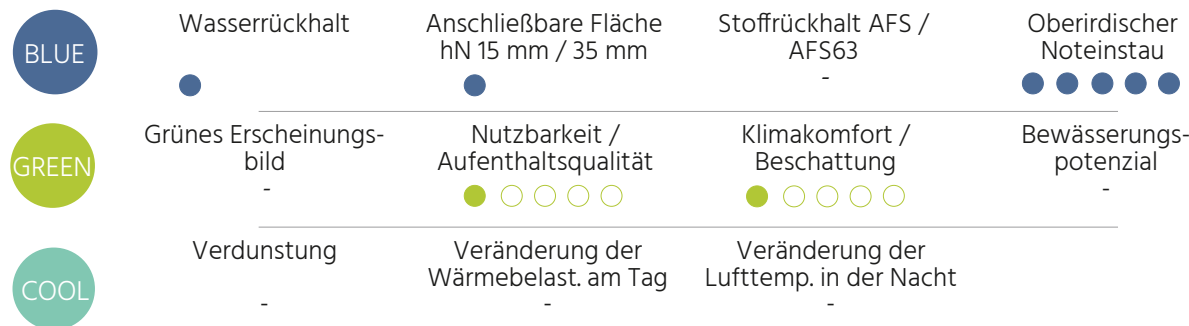


Abb. 58 - Bewertung des Elements *Rückhaltung im Freiraum* [2]

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

- Herstellungskontrolle nach Fertigstellung (Rückhaltebereich ausreichend gesichert?)
- Entwicklungspflege
- Pflege- und Funktionskontrolle (Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Maßnahme, der Maßnahmenentwicklung und der Zielerreichung)
- Monitoring (Unterscheidung zwischen Normalzustand und dem Fall eines Starkregenereignisses mit Einstau)

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Tiefbauamt (Entwässerung, Verkehrsplanung)
- Grünflächenamt
- Stadtplanungsamt
- Beauftragte für Barrierefreiheit
- Anwohner:innen

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

- Bei Grünflächen (Rasen etc.): Regelmäßiger Grünschnitt wie bei anderen Grünflächen auch. Zusätzliche Reinigung nach einem Starkregenereignis ggf. notwendig.
- Bei Asphaltflächen: Regelmäßige Reinigung wie bei sonstigen städtischen Asphaltflächen auch. Zusätzliche Reinigung nach einem Starkregenereignis mit Einstau notwendig.

Wer unterhält das Element?

Unterhaltung durch Grünflächenamt und Tiefbauamt.

Wer bezahlt das?

Abhängig von der lokalen Gebührensatzung ist zu prüfen, ob die Maßnahmen für eine temporäre Rückhaltung von Starkniederschlägen im Freiraum über die Abwassergebühr finanziert werden können. Erste Gutachten in Städten wie Solingen deuten darauf hin, dass dies bei einem klaren siedlungswasserwirtschaftlichen Bezug möglich ist.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Geplante Rückhalteräume sollen den (ungeplanten) Einstau von Niederschlagswasser in Straßenräumen verhindern. Dadurch werden Barrieren, etwa durch große Pfützen oder uneinsehbare Wasserflächen, vermindert.

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Der Schutz vor dem Hineinfallen ist bei größeren Einstautiefen (> 30 cm) zu gewährleisten.
- Die Überquerbarkeit muss sichergestellt werden, vor allem für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen. Assistenztiere gehen *im Dienst* eher nicht ins Wasser (positive Verwei-

gerung)

- Gute Kommunikation und Beschilderungen, um über die Mehrfachnutzung der Fläche und den möglichen Einstau zu informieren.

Bessere Orientierung:

- Taktile und optische Wahrnehmung einplanen, um den Einstaubereich zu kennzeichnen.
- Zonierung der Nebenflächen und Seitenräume betonen. Ggf. auf besondere Punkte, Ruhezonen etc. hinweisen.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Keine Synergien zur Verkehrsberuhigung, da Element außerhalb des Straßenraums liegt.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Gute Kombinationsmöglichkeiten bestehen mit Elementen der Versickerung oder auch mit Baumrigolen.

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Starkregenvorsorge realisiert?

- [Mitbenutzung des Ohlendorffs Park](#) und der Straße Wiesenhöfen, Hamburg
- [Regenwasserspielplatz](#) Neugraben-Fischbek, Hamburg
- Mitbenutzung der zentralen öffentlichen naturnahen Parkanlage [im neuen Stadtquartier Buckower Felder in Berlin](#). 9.600 m² der

Grünfläche sind zur Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser vorgesehen

- [Water Square in Benthemplein](#), Rotterdam

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- Benden, J.; Broesi, R; Illgen, M.; Leinweber, U.; Lennartz, G.; Scheid, C.; Schmitt, T. G. (2017): [Multifunktionale Retentionsflächen](#). Teil 3: Arbeitshilfe für Planung, Umsetzung und Betrieb. MURIEL Publikation.



Abb. 59 - Rudolfplatz Berlin nach Umgestaltung als multifunktionale Fläche zur Rückhaltung und Versickerung von Niederschlag im Starkregenfall [1]

BLUE STREETS - RÜCKHALTUNG UND/ODER ABLEITUNG (NOTWASSERWEG) IM STRASSENRAUM

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Mit der gezielten Rückhaltung bzw. Notableitung von Starkregenereignissen im Straßenraum werden eventuelle Schäden an der Verkehrsinfrastruktur durch Überflutungen vermieden und die Verkehrsflächen selbst werden Teil der Lösung. Dies bietet sich als Element der Starkregenvorsorge besonders in städtischen Gebieten mit einer hohen baulichen Dichte und einem hohen Anteil versiegelter Flächen an. So nehmen Verkehrsflächen in dichten innerstädtischen Quartieren 20-30 % der Gesamtflächen ein und bilden damit ein großes Handlungspotential. Dabei werden nicht allein die Überflutungsschwerpunkte selbst, sondern auch die Straßenräume im Einzugsgebiet mit in die Konzeption einbezogen, um das Rückhaltevolumen zu vergrößern.

Um Straßenräume als Notwasserwege und zur temporären Rückhaltung zu nutzen, reichen meist einfache bautechnische Anpassungen des Straßenprofils aus. Das Niederschlagswasser kann durch großzügig dimensionierte Rinnensysteme im Straßenraum geleitet werden. Hochborde oder Schwellen eignen sich ebenfalls, um das ober-

flächige Niederschlagswasser zu lenken und von schutzwürdigen Nutzungen fernzuhalten. Der Fließquerschnitt und das Rückhaltevolumen eines Notwasserweges werden durch die Höhe der niedrigsten Gehweghinterkante definiert. Das Rückhaltevolumen des Straßenraums kann durch den Einsatz von Mittelrinnen (V-Profil der Fahrbahn) und die Erhöhung der Querneigung vergrößert werden. In Hanglagen kann der Straßenquerschnitt zudem zur Bergseite verkippt werden, um die talseitige Bebauung zu schützen. Zudem bieten sich bei Straßenräumen mit Gefälle Fahrbahnschwellen zur Kaskadierung an. Mulden oder Senken in der Straßengradiente sind hingegen zu vermeiden. Die privaten oder öffentlichen Flächen für den ruhenden Verkehr innerhalb und außerhalb des Straßenraums können ebenfalls gezielt zur Rückhaltung genutzt werden. Um sicherzustellen, dass der maßgebliche Niederschlagsabfluss in die Kanalisation abgeleitet werden kann, ist die Anzahl der Straßenabläufe zu erhöhen und deren Anordnung zu optimieren. Außerdem sind Einlaufbauwerke mit einer erhöhten hydraulischen Leistungsfähigkeit einzusetzen.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Es sind Standorte zu identifizieren, bei denen die temporäre Rückhaltung und Notableitung von Star-

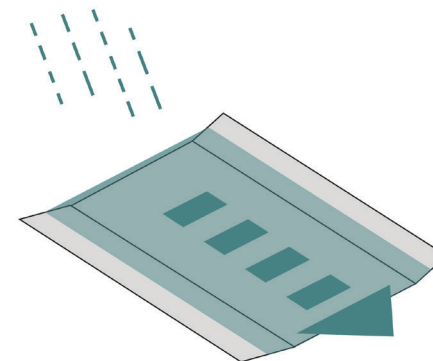


Abb. 60 - Blue Streets - Rückhaltung und/oder Ableitung (Notwasserweg) im Straßenraum [1]

knederschlägen erforderlich ist. Zwei Leitfragen für die Standortsuche sind:

- Wo befinden sich Überflutungsschwerpunkte bei konvektiven Starkregenereignissen (Gefahrenpotenzialkarte)?
- Aus welchem Einzugsbereich sammelt sich das Niederschlagswasser am Überflutungsschwerpunkt und welche Straßenräume dienen als *natürliche* Fließwege?

Die Starkregenvorsorge sollte sich dabei nicht allein auf die Überflutungsschwerpunkte selbst konzentrieren, sondern auch das jeweilige Einzugsgebiet berücksichtigen.

Um bei der gezielten temporären Rückhaltung und Notableitung die Verkehrssicherheit zu gewährleisten, sind bei der Standortsuche nachfolgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- Die Einstauhöhe des Wassers auf der Fahrbahn darf maximal 15 bis 20 cm betragen, um Schäden durch einen Wasserschlag bei Kfz zu vermeiden.
- Die Ableitung und Rückhaltung von Starkregen sollte nur auf Straßen mit einem städtischen Geschwindigkeitsniveau (zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h, besser 30 km/h) erfolgen, um Aquaplaning auszuschließen.
- Der für die Rückhaltung/Notableitung vorgesehene Straßenraum muss übersichtlich sein (gut einsehbar) und ausreichende Platzverhältnisse aufweisen, damit die Kfz-Verkehrsteilnehmer:innen problemlos halten und auf die Situation reagieren können.

- Die Befahrbarkeit des Straßenraums für Rettungsfahrzeug muss zu jedem Zeitpunkt gewährleistet sein.
- Die Anforderungen an die Barrierefreiheit sind zu berücksichtigen. So sind an Querungsstellen Fahrbahnschwellen und/oder abgesenkte Borde vorzusehen, um eine barrierefreie Nutzung zu ermöglichen.
- Fließgeschwindigkeiten des abfließenden Niederschlagswassers über 1,5 m/s bei einem Wasserstand von 20 cm sind zu vermeiden, da sich dann die Sturzgefahr von Fußgänger:innen und Radfahrer:innen erhöht.
- Der Straßenabschnitt sollte keine Hindernisse aufweisen, welche bei einem Einstau vom Wasser überdeckt werden und damit nicht mehr erkennbar sind.
- Eine frühzeitige Information der herannahenden Verkehrsteilnehmer:innen über die Überflutungssituation sowie die Einstau-

höhe und damit verbunden die Befahrbarkeit des Straßenabschnittes sollte möglich sein (Beschilderung).

- Anwohner:innen sowie insbesondere sensible Einrichtungen (z.B. Kindergärten, Schulen, Pflegeheime) sollten für die möglichen Gefahren sensibilisiert werden.

Die Rahmenbedingungen sind im Zuge einer Verkehrssicherheitsanalyse der potenziellen Standorte zu prüfen. Die Analyse basiert auf der Untersuchung der gegenwärtigen Verkehrssicherheit am potenziellen Standort in seiner gegenwärtigen Gestaltung bei Trockenwetter sowie bei Starkregenereignissen mit Überflutungen. Aus den Ergebnissen dieser Bewertungen werden Varianten für die Ausgestaltung des potenziellen Standorts für eine gezielte temporäre Rückhaltung von Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen entwickelt. Auf Grundlage dieser Entwürfe wird bewertet, wie sich die Verkehrssicherheit am potenziellen Standort nach dessen Umgestaltung darstellt. Dabei erfolgt die Bewertung wiederum für den Normalzustand sowie für den Zustand bei einem Starkregenereignis. Dies ermöglicht einen Vergleich der Situation des potenziellen Standorts in seiner jetzigen Ausführung (vorher) sowie nach dessen Umgestaltung für eine gezielte temporäre Rückhaltung (nachher). Zum einen wird durch den Vergleich der Verkehrssicherheit mit und ohne Starkregenereignisse bewertet, ob es durch die

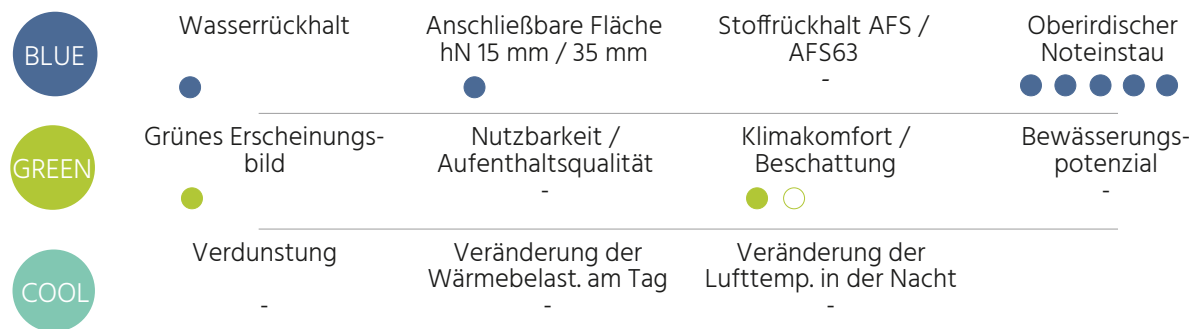


Abb. 61 - Bewertung des Elements *Blue Streets - Rückhaltung und/oder Ableitung (Notwasserweg) im Straßenraum* [2]

temporäre Rückhaltung und Notableitung für einen umsichtigen, sich auf die Straßenverhältnisse einstellenden, Verkehrsteilnehmenden zu einer relevanten Zunahme der Gefährdung kommt. Zum anderen wird durch den Vergleich der Vorher- und Nachher-Situation bewertet ob bei der Umgestaltung des Straßenraums für die temporäre Rückhaltung und Notableitung ausreichende Vorsorge-maßnahmen ergriffen werden, um die Gefahren zu reduzieren und die Verkehrsteilnehmer:innen vor den eventuellen Beeinträchtigungen zu warnen.

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

Die temporäre Rückhaltung und Notableitung von Starkniederschlägen im Straßenraum umfasst insbesondere das Niederschlagswasser von Verkehrsflächen. Jedoch kann bei Starkregenereignissen auch das Niederschlagswasser von Dachflächen sowie von Freiflächen aus dem Einzugsgebiet berücksichtigt werden.

Die Nähr- und Schadstofffracht des Niederschlagswassers spielt bei der temporären Rückhaltung und Notableitung von Starkniederschlägen auf Verkehrsflächen nur eine untergeordnete Rolle. So zeigen Untersuchungen der Nähr- und Schadstofffracht bei Starkniederschlägen, dass die höchste Schmutzfracht im First-Flush zu finden ist, der meist noch in das vorhandene Entwässerungs-

system eingeleitet wird. Das im späteren Zeitverlauf des Starkniederschlags auf der Straße zurückgehaltene Niederschlagswasser weist eine deutlich niedrigere Belastung auf.

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Hängt von den lokalen Gegebenheiten ab. Bei einer Einstauhöhe von 50-200 mm beträgt die anschließbare Fläche bei einer Niederschlagsmenge von 15 mm (hN 15 mm) 2 bis 12 m² je m² Rückhaltefläche, bei einer Niederschlagsmenge von 35 mm (hN 35 mm) 0 bis 5 m² je m² Rückhaltefläche..

Welche Vegetation eignet sich?

Für die bauliche Gestaltung der temporären Rückhaltung und Notableitung von Starkniederschlägen auf Verkehrsflächen sind nicht zwingend Bepflanzung erforderlich. Eine Kombination mit anderen BGS-Elementen mit Vegetation ist aber möglich.

Welche Substrate eignen sich?

Keine Verwendung von Substraten.

Welche Materialien werden verwendet?

Es kommen die üblichen Materialien des Straßenbaus zum Einsatz, insbesondere Asphalt, Betonsteinpflaster sowie weitere Betonfertigelemente wie Borde, Rinnen, etc.

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

Sie sollten durch ein Monitoring der Rückhaltung von Starkniederschlägen, des Verkehrsgeschehens und der Verkehrssicherheit begleitet werden. Ziel ist die Analyse der Entwicklung des Verkehrs- und Unfallgeschehens sowohl im Normalbetrieb als auch im Fall eines Starkregenereignisses mit Einstau. Die Herausforderung besteht dabei darin, dass sowohl Starkniederschlagsereignisse, die eine Rückhaltung und Notableitung auf Verkehrsflächen erfordern, als auch Verkehrsunfälle seltene Ereignisse sind. Daher besteht die Gefahr, dass bei vielen Standorten jahrelang keine relevanten Daten erhoben werden können. Als Basis für das Monitoring ist daher vorzusehen:

- Herstellungskontrolle nach Fertigstellung (Rückhaltebereich ausreichend gesichert?)
- Pflege- und Funktionskontrolle (Überprüfung der dauerhaften Funktionsfähigkeit der Maßnahme)

Wenn es zu Überflutungen von Verkehrsflächen kommt, ist es sehr wahrscheinlich, dass Passant:innen und Verkehrsteilnehmer:innen davon Meldungen, Fotos oder Videoaufnahmen machen und diese über verschiedene Soziale Medien teilen. Damit gibt es neben offiziellen Berichten von Einsatzkräften weitere Informationen zu Überflutungsereignissen, welche systematisch ausgewertet und genutzt werden sollten.

- Identifizieren von Überflutungssituationen zu denen Material vorliegt. Für diese Situationen soll dann zielgerichtet mehr Material recherchiert werden, um ein möglichst vollständiges Bild zu erstellen. Leitfragen sind: Welche Informationen zu dem Standort sind bereits bekannt? Gibt es Meldungen aus Sozialen Medien? Gibt es Meldungen aus konventionellen Medien? Gibt es Einsatzmeldungen von Rettungsdiensten? Etc.
- Die für den Verkehrsablauf relevanten Parameter der Überflutungen (Wasserstandshöhe, Dauer, Fließgeschwindigkeit) sind zu ermitteln. Dabei sind bei Bedarf Hilfsgrößen zu nutzen. So kann die Ermittlung des Wasserstandes durch Referenzgrößen (Bordsteine, Fahrzeugreifen, etc.) und die Fließgeschwindigkeit durch Geschwindigkeit von Treibgut auf der Wasseroberfläche erfolgen.
- Sicherheitsrelevante Faktoren, Verkehrskonflikte und Unfälle sind zu analysieren. Zum einen ist die Geschwindigkeit und das Verhalten der Verkehrsteilnehmer:innen zu betrachten, um zu schauen, ob diese die Geschwindigkeit der Überflutungssituation entsprechend anpassen. Zum anderen ist mit Hilfe der Verkehrskonflikttechnik zu analysieren, ob es zu Beinaheunfällen kommt.
- Analysieren der Auswirkungen auf die Funktionsweise (und den Komfort) der Infrastruktur für verschiedene Verkehrsteilnehmer:innen. So kann geschaut werden, ob eine Route gar nicht passierbar war, ob eine Route nur langsam durchfahrbar war, wie lange eventu-

elle Umwege waren, wie stark Komfortbeeinträchtigen waren, wie hoch die Kosten waren, etc.

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Wer muss beteiligt werden?

- Straßenbaulastträger
- Verkehrsplanung
- Straßenverkehrsbehörde

- Siedlungsentwässerung
- Grünflächenamt
- Stadtplanungsamt
- Beauftragte für Barrierefreiheit
- Anwohner:innen und Anlieger:innen

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

Es können nach der Rückhaltung von Starkniederschlägen Rückstände (Sedimente, Treibgut etc.) auf der Fahrbahn zurückbleiben, die deren Nutzbarkeit erschweren bzw. die Rutschgefahr erhöhen. Daher

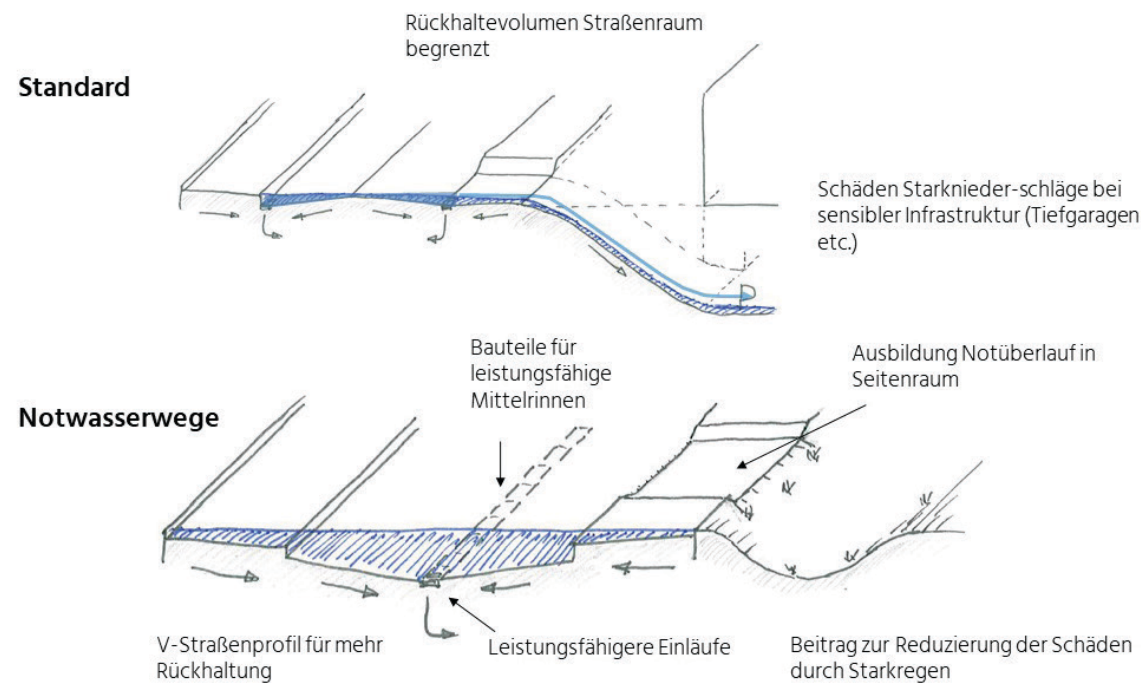


Abb. 62 - Darstellung Notwasserweg im Vergleich zum Normalzustand [4]

ist neben der planmäßigen regelmäßigen Reinigung der Fahrbahn zusätzlich eine Reinigung nach Einstauereignissen erforderlich.

Wer unterhält das Element?

Eine verwaltungsinterne Abstimmung zu den Unterhaltungsmaßnahmen ist erforderlich. Die planmäßige Unterhaltung des Straßenraums liegt beim Straßenbaulastträger. Die anlassbezogene Unterhaltung nach Einstauereignissen kann entweder durch die Straßenbaulastträger (Zuständigkeit für die Fläche) oder die Siedlungswasserwirtschaft (Zuständigkeit für Siedlungsentwässerung) erfolgen.

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

Die Kosten hängen vom Umfang der erforderlichen baulichen Maßnahmen zur Schaffung von Rückhalteraum im Straßenraum ab. In Fallbeispielen lagen die Kostenschätzungen bei 3.000 und 2.000 €/m³ geschaffener Rückhalteraum. Kosten aus realisierten Bauvorhaben liegen nicht vor.

Wer bezahlt das?

Abhängig von der lokalen Gebührensatzung ist zu prüfen, ob die Maßnahmen für eine temporäre Rückhaltung und Notableitung von Starkniederschlägen im Straßenraum über die Abwassergebühr finanziert werden können. Erste Gutachten in Städten wie Solingen deuten darauf hin, dass dies bei einem klaren siedlungswasserwirtschaftlichen Bezug der Maßnahmen möglich ist.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Die Anforderungen von Fußgänger:innen an die Barrierefreiheit, z.B. in Form abgesenkter Bordsteine, sind mit den wasserwirtschaftlichen Überlegungen zur Vergrößerung des Stauraums von Straßen durch höhere Bordsteine in Ausgleich zu bringen. Dies ist durch eine entsprechende Straßenraumgestaltung im Einzelfall zu erreichen.

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Die Überquerbarkeit muss sichergestellt werden. Zu beachten ist, dass Assistenztiere von Menschen mit Mobilitätseinschränkungen *im Dienst* eher nicht ins Wasser gehen (positive Verweigerung).

Für die Barrierefreiheit sind zwei Betriebszustände der Straßenräume zu unterscheiden, der Normalbetrieb ohne Einstau sowie der seltene Betrieb mit Einstau. Um im Normalzustand die Barrierefreiheit zu gewährleisten, sind vor allem im Bereich von Knotenpunkten und Querungsstellen abgesenkte Bordsteine vorzusehen, damit das Überqueren der Fahrbahn auch mit einem Rollstuhl oder Kinderwagen problemlos möglich ist. Alternativ bieten sich auf Bordsteinniveau angehobene Fahrbahnschwellen an, die ein Querens der Fahrbahn erleichtern.

Der Einstau von Niederschlagswasser auf der Fahrbahn beschränkt sich auf den seltenen Fall eines Starkregenereignisses und ist temporär auf wenige Stunden begrenzt. Zum Schutz von mobilitätseingeschränkten Personen und Kindern sind Fließgeschwindigkeiten des Niederschlagswassers von über 1,5 m/s zu vermeiden, da dies zu einer erhöhten Sturzgefahr führt. Eine Reduktion der Fließgeschwindigkeit kann beispielsweise durch Schwellen erfolgen. Einschränkungen der Barrierefreiheit im seltenen Fall eines Starkregenereignisses sind mit den Zielen der Starkregenvorsorge abzuwägen.

Bestehen Synergien zur Verkehrsberuhigung?

Bei entsprechender Gestaltung bieten Straßenräume mit temporärer Rückhaltung und Notableitung von Starkniederschlägen zahlreiche Synergien mit Maßnahmen der Verkehrsberuhigung. Straßenräume mit einem geringen Geschwindigkeitsniveau sind besonders geeignet als Notwasserwege, da Konflikte mit der Verkehrssicherheit reduziert werden. Elemente zur temporären Rückhaltung und Notableitung können zudem zur Verkehrsberuhigung beitragen. So können Tiefbeete, ähnlich wie die normale Straßenraumbegrünung, als verkehrsberuhigende Einbauten genutzt werden. Zudem können offene Muldenrinnen als Gestaltungsmittel zur Gliederung von Verkehrsflächen, zur optischen Einengung von Fahrbahnen oder als fahrdynamische Schwellen dienen.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Gute Kombinationsmöglichkeiten bestehen mit BGS-Flexstreifen sowie weiteren Elementen der Versickerung. Diese tragen mit dazu bei, das Rückhaltevolumen des Straßenraums zu erhöhen.

Welche weiteren Rahmenbedingungen müssen berücksichtigt werden?

Bei der Einrichtung von Straßen zur temporären Rückhaltung und Notableitung von Starkniederschlägen ist die Verkehrssicherungspflicht der Straßenbaulastträger zu beachten. Die Verkehrssicherungspflicht fordert von diesen, die Verkehrsteilnehmenden vor den Gefahren zu schützen, die ihnen bei zweckentsprechender Benutzung der öffentlichen Straße aus deren Zustand entstehen. Die Verletzung der Verkehrssicherungspflicht hat Schadensersatzansprüche gegenüber dem Straßenbaulastträger zur Folge. Der genaue Umfang der Verkehrssicherungspflicht ist nicht gesetzlich geregelt, sondern ergibt sich vielmehr aus einer umfangreichen Rechtsprechung wie dem BGH 1970, BGH 1994, OLG Bamberg 1970, OLG Bamberg 1990, OLG Düsseldorf 1995, OLG Hamm 1999, OLG Mannheim 1966 (Staab 2003). Bei planerisch bewusst geschaffenen möglichen Gefahrenlagen, wie dies bei der Mitbenutzung von Verkehrsflächen für die Rückhaltung und Notableitung von Starkniederschlägen der Fall ist, werden besonders strenge Anforderungen an die Verkehrssicherungspflicht gelegt

(König 2011). Bei solchen Konzepten sind ausreichende Vorsorgemaßnahmen vorzusehen und die Verkehrsteilnehmenden vor den eventuellen Beeinträchtigungen zu warnen (Werner 2012). So können mit dem Verkehrszeichen 101 *Achtung Gefahrenstelle* die Verkehrsteilnehmenden gewarnt und zur Vorsicht aufgefordert werden.

Vor Überflutungen die nicht gefahrlos passiert werden können sollte durch das Verkehrszeichen 2014 *Fahrbahn überflutet* hingewiesen und die Straße gesperrt werden (OLG Hamm 1999). Weitere Vorsorgemaßnahmen in für die Mitbenutzung vorgesehenen Straßen können sein, zu gewährleisten, dass bestimmte Wasserstände nicht überschritten werden, dass keine verdeckten Hindernisse bestehen oder die zulässige Höchstgeschwindigkeit reduziert wird. Durch diese Vorsorgemaßnahmen versucht der Straßenbaulastträger aktiv die Gefahr zu reduzieren und im Sinne des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes möglichst lange die, wenn auch eingeschränkte, Nutzbarkeit der Straße zu gewährleisten. Zudem sollte der Straßenzustand regelmäßig überwacht werden (BGH 1970).

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Starkregenvorsorge realisiert?

- [Notwasserwege Hochschulstadtteil Lübeck](#)
- [„Klimakvarter“ Notwasserwege in Kopenhagen](#)
- [Klima-Boulevard Bremen](#)

Wo gibt es weitere gute Beispiele und Hinweise?

- Benden J. (2014) *Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen*, Bericht 57, Bericht des Instituts für Stadtbauwesen und Stadtverkehr der RWTH Aachen
- Eckart J. und Blaszcyk R. (2017) *Auswirkungen der temporären Rückhaltung und Ableitung von Starkniederschlägen auf Straßen auf die Verkehrssicherheit*, Tagungsband DWA-Landesverbandstagung 2017 Baden-Württemberg
- Günthert W. und Faltermaier S. (2016) *Studie Niederschlagswasser Anpassung der quantitativen Niederschlagswasserbeseitigung an den Klimawandel -Urbane Sturzfluten- Hintergründe – Risiken – Vorsorgemaßnahmen*
- KompetenzNetzwerk Hamburg Wasser (2010) *Mitbenutzung von Flächen in der Niederschlagswasserbewirtschaftung. Recherche und Dokumentaion von realisierten Projekten*. Beitrag zum Teilprojekt 1 im Gesamtprojekt *Niederschlagswasseremanagement des KompetenzNetzwerks HAMBURG WASSER*
- Valée D. und Benden J. (2010). *Städtebauliche Anpassung an Starkregenereignisse durch multifunktionale Flächennutzung – Beispiele aus den Niederlanden*. Schriftenreihe *Gewässerschutz – Wasser – Abwasser der RWTH Aachen*, Band 220, S. 6-1 bis 6-15. ISSN 0342-6068.

1.6 ELEMENTE DER WASSERREINIGUNG

WAS LEISTEN SIE?

Die Behandlungsbedürftigkeit von (Ab)Wasser ist abhängig vom Stoffaufkommen der jeweiligen Herkunftsflächen, d.h. der jeweiligen Flächen auf denen das Niederschlagswasser auftrifft und zum Abfluss kommt. Ist eine Behandlung des anfallenden (Ab)Wasser nötig, können unter anderem Retentionsbodenfilter, hier Filterbeete, angewendet werden, um z.B. bei einer Einleitung in ein angrenzendes Gewässer die Stoffeinträge (Emissionen) zu verringern. Eine weitere Nutzung bzw. anschließende Einleitung in weitere blau-grüne Elemente, wie z.B. einer Baumrigole, ist hierdurch ebenfalls möglich.

Filterbeete werden meist oberirdisch angelegt und haben einen Zu- und Ablauf. Im Kern bestehen diese Anlagen aus einem gedichteten Becken, das mit einem speziellen Substrat versehen ist. Filterbeete werden meist mit Pflanzen, z.B. Schilfgewächsen, versehen, um eine höhere Reinigungsleistung zu erreichen und eine Verblockung (Kolmation) zu verhindern bzw. eine Auflockerung des Filtersubstrates zu erreichen. Je nach Belastung des (Ab)Wasser ist eine Vorbehandlung als Präventivmaßnahme gegen Kolmationserscheinungen notwendig. Die maßgebliche Behandlung basiert hierbei im Wesentlichen auf der Filtration. Zusätzlich finden auf den

Kornoberflächen und in dem Biofilm Sorptions- und Umwandlungsprozesse statt.

Für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit dieser Anlagen wird einfachheitshalber der Summenparameter abfiltrierbare Stoffe (AFS) und AFS63 (Partikel: 0,45 µm - 63 µm) herangezogen. Dieser wird als maßgebliche Stoffbelastung von Regenwasserabflüssen genutzt, da der Anteil AFS63 u.a. mit dem Anteil an Schwermetallen in einem engen Zusammenhang steht.

Für Filterbeete kann von einer Wirksamkeit des Stoffrückhaltes von bis zu 95 % ausgegangen werden (DWA 102-1 2021).

WANN KOMMEN SIE ZUM EINSATZ?

Filterbeete gehören zu der Gruppe der naturnahen Verfahren und sind eine ca. dreißig Jahre alte etablierte Technik zur Behandlung von stofflich belastetem (Ab)Wasser. In den meisten Fällen werden Filterbeete bzw. Retentionsbodenfilter für große Einzugsgebiete und die Behandlung von Mischwasser und Straßenabwasser eingesetzt. Aufgrund ihrer flexiblen Ausgestaltung haben Sie aber durchaus das Potenzial in kleinskaligerer Form angewendet zu werden. Hierdurch könnten

Filterbeete nahezu überall, wo der Bedarf einer Behandlung besteht, eingesetzt werden und dies nicht nur zur Emissionsreduzierung bei einer Einleitung in ein Gewässer, sondern auch zur weiteren Nutzung von blau-grünen Elementen.

Durch die Kombination von Filterbeeten mit weiteren blau-grünen Elementen kann anfallendes Niederschlagswasser von Flächen genutzt werden, welches heutzutage größtenteils in die Kanalisation eingeleitet wird. Hierdurch kann eine weitergehende Entkopplung von zu entwässernden Flächen im urbanen Raum und speziell im Straßenraum erreicht werden.

WIE WEIT SIND SIE VERBREITET?

Filterbeete, Bodenfilter bzw. Retentionsbodenfilter sind schon seit vielen Jahren eine etablierte Technik zur Behandlung von Wässern von Misch- und Verkehrsflächen und finden in ganz Deutschland Anwendung. Als dezentrale, kleinskalierte Verfahren haben sie jedoch noch nicht so viel Anwendung gefunden.

Für die Auslegung eines Filterbeets für die aufgezeigten Anforderungen gelten die Vorgaben aus dem Arbeitsblatt DWA-A 138 und speziell dem

DWA-A 178. Das DWA-A 138 gibt auch an, dass diese Anlagen individuell mit einem gewissen Freiheitsgrad geplant und gebaut werden können, wenn die Bodenpassagen den Anforderungen aus den oben aufgeführten Arbeitsblättern entsprechen. Daneben gibt es Vorgaben im DWA-A 166 und dem DWA-M 176 sowie in länderspezifischen Regelungen.



Abb. 63 - Bodenfilter eines Industriegebietes in Bremen [5]

FILTERBEET

ERSTE SCHRITTE

Welche Systeme gibt es?

Ein Retentionsbodenfilter ist ein abgedichtetes System zur Behandlung von z.B. Straßenabwässern. Das System besteht aus einer Vorreinigung zur Sedimentation von Feststoffen und einem Bodenfilterbecken. Retentionsbodenfilter kommen zur Emissionsbegrenzung von niederschlagsbedingten Abflüssen, oder aber auch bei besonderen Anforderungen an ein angrenzendes Gewässer zur Anwendung.

Das zu behandelnde (Ab)Wasser passiert zuerst die Vorreinigung und gelangt anschließend in das Bodenfilterbecken. Das Becken besitzt ein Freibord, so dass es temporär eingestaut werden kann und ein planbarer Retentionsraum zur Zwischenspeicherung zur Verfügung steht. Das vorgereinigte Abwasser passiert vertikal einen, mit einem angepassten Substrat ausgestalteten Filterkörper, um anschließend mittels angrenzender Dränage das Bauwerk gedrosselt zu verlassen.

Das Filterbecken ist häufig mit einer Filtervegetation, wie z.B. Schilf, versehen. Die Vegetation sorgt aufgrund der Durchwurzelung für eine Auflockerung

und Strukturierung des Substrates, so dass Kolmationserscheinungen präventiv entgegengewirkt wird. Zudem stellt der durchwurzelte Raum ein weiteres mikrobielles Habitat dar.

Der Retentionsbodenfilter basiert auf der verfahrenstechnischen Funktion der Langsamfiltration. D.h. das zu behandelnde (Ab)Wasser durchläuft das Filtersubstrat mit einer geringen Filtergeschwindigkeit. Daraus leitet sich ein relativ großer Flächenbedarf ab. Im Gegensatz zur Langsamfiltration ist keine Entfernung der Filtersubstrate zur Aufrechterhaltung der hydraulischen Durchlässigkeit vorgesehen. Aus diesem Grund sollte der Filter intermittierend betrieben werden, so dass das zurückgehaltene Sediment und die aufliegenden Vegetationsreste vom Schilf, unter aeroben Bedingungen, mineralisiert werden können.

Retentionsbodenfilter kommen zur Emissionsbegrenzung von niederschlagsbedingten Abflüssen, oder aber bei besonderen Anforderungen an ein angrenzendes Gewässer zur Anwendung.

Die primäre Behandlung von Abwässern erfolgt auf Basis der Filtration, so dass Feststoffe und die damit häufig verbundenen adsorbierten Schadstoffe erheblich reduziert werden. Für die Darstellung

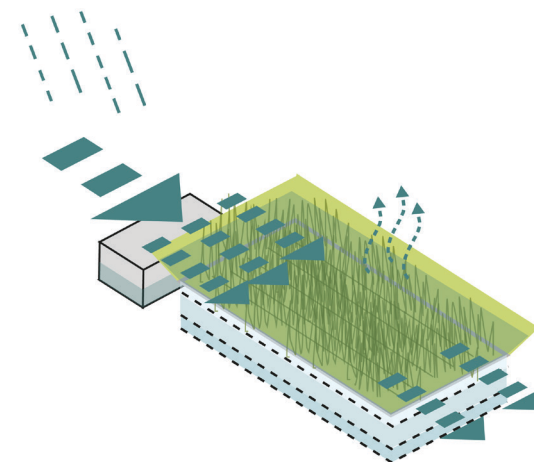


Abb. 64 - Filterbeet [1]

der Wirksamkeit des Stoffrückhaltes wird der Parameter AFS63 (Abfiltrierbare Stoffe < 63 μm -0,45 μm) herangezogen. Dieser dient auch zur Bemessung der erforderlichen Bodenfilteroberfläche.

Zusätzlich bildet sich auf bzw. in den Filtersubstraten sowie den abgeschiedenen Sedimenten ein Biofilm aus, der gelöste Abwasserinhaltsstoffe mittels Sorptions- und Umsatzprozesse, z.B. CSB (Chemische Sauerstoffbedarf), $\text{NH}_4\text{-N}$ (Ammonium-Stickstoff) zurückhält.

Soll stofflich belastetes Wasser z.B. weiter für die angrenzende Vegetation oder weitere BGS-Elemente genutzt werden, ist ein Filterbeet vorzuschalten.

Was sollte bei der Standortsuche berücksichtigt werden?

Als Näherung kann angenommen werden, dass ca. 1 % der angeschlossenen befestigten Flächen als Bodenfilteroberfläche benötigt wird (DWA 2019). Das bedeutet, dass überschlägig ca. 100 m² Filterfläche bei einer angeschlossenen befestigten Fläche von 1 Hektar benötigt würden. Kleinskaliger betrachtet, würde bei einer ca. 400 m² angeschlossenen Straßenfläche (empfohlene angeschlossene Fläche eines Ablaufschachtes) eine Filterfläche von ca. 4 m² benötigt werden.

Welche Flächen können an das Element angeschlossen werden?

Aufgrund der hohen Reinigungsleistung können Flächen mit geringer bis hoher stofflicher Belastung an ein Filterbeet angeschlossen werden. Somit können Wasser von Dächern und Regenrinnen, die

nicht mit Kupfer, Zink, Bitumen abgedichtet sind, bis hin zu Straßenflächen mit einer hohen DTV, behandelt werden. Hierbei leistet die Vorreinigung keinen nennenswerten mittleren jährlichen Frachtrückhalt von AFS63 in der Vorstufe der Retentionsbodenfilteranlage (DWA-A 178) und verhindert in erster Linie eine Kolmation des Filters. Der Filter besitzt einen mittleren jährlichen Frachtrückhalt von AFS63 von ca. 95 % (DWA-A 178; DWA-A 102). Circa 90 % der adsorbierbaren Stoffe, z.B. Schwermetalle, können zurückgehalten werden (DWA 2019) und eine Fäkalbelastung (E.coli und Enterokokken) kann um bis zu 2 Log reduziert werden (Scheurer 2015).

Wieviel Niederschlagswasser kann zurückgehalten werden?

Je nach Ausgestaltung des Filterbeetes und Wahl des Substrates kann die Speicherkapazität mit ca. 1 m³/m² Filterfläche angegeben werden (Scheurer

2015). Zusätzlich kann im Ablauf eine Drossel eingesetzt werden, um die Drosselabflussspende z.B. auf 0,05 l/s/m² zu begrenzen.

Retentionshöhe: nutzbare Einstauhöhe im Retentionsraum ≥ 0,5 m - 2 m (DWA-A 178)

Welche Vegetation eignet sich?

Als Filtervegetation finden weitestgehend Schilfpflanzen, wie z.B. Phragmites communis, eine breite Anwendung. Auch das DWA-A 178 spricht sich für eine Schilfbepflanzung aus. Allerdings können auch andere Vegetationsarten genutzt werden, wie z.B.:

Bäume

- Schwarz-Erle, *Alnus glutinosa*
- Grau-Weide, *Salix cinerea*

Mehrjähriges Kraut

- Ufer-Wolfstrapp, *Lycopus europaeus*
- Sumpf-Ampfer, *Rumex palustris*
- Gewöhnliches Helmkraut, *Scutellaria galericulata*
- Blauer Wasser-Ehrenpreis, *Veronica anagallis-aquatica*

Gräser

- Sumpf-Reitgras, *Calamagrostis canescens*
- Schlanke Segge, *Carex acuta*
- Sumpf-Segge, *Carex acutiformis*
- Zweizeilige Segge, *Carex disticha*
- Scheinzypergras-Segge, *Carex pseudocyperus*
- Ufer-Segge, *Carex riparia*

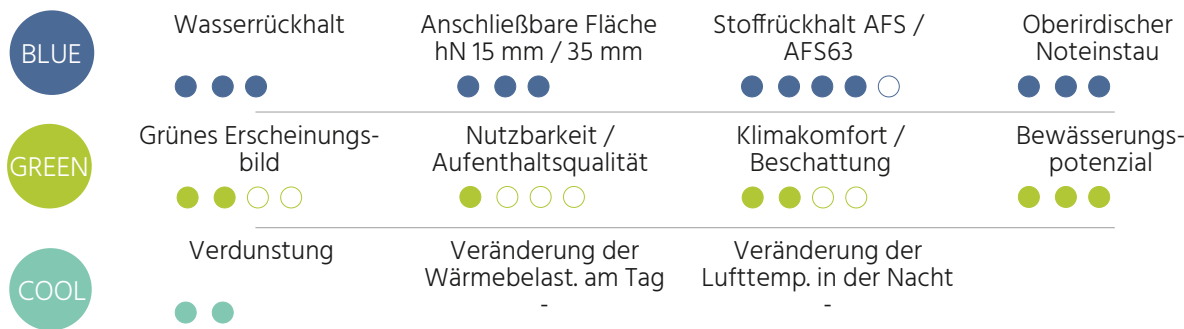


Abb. 65 - Bewertung des Filterbeets [2]

- Sumpf-Rispengras, *Poa palustris*

Welche Substrate eignen sich?

Generell sollen die Substrate folgende Grundanforderungen erfüllen:

- gute Filtrationswirkung
- mechanische Stabilität
- ausreichende Basenausstattung (Carbonatausstattung)
- Schadstofffreiheit

Hierfür kommen z.B. Quarz, Basalt, Kalkbrechsand oder Lava in Frage.

Die Deckschicht des Filters sollte ca. 5 cm mächtig sein, aus einem mineralischen Material bestehen und eine Korngröße von 2 mm bis 8 mm aufweisen.

Der Filterkörper sollte mindestens 50 cm mächtig sein und eine Körnung von 0 mm bis 2 mm, mit einem maximalen Feinanteil von ≤ 3 Massen-% für die Fraktion $< 0,063$ mm haben.

Welche Materialien werden verwendet?

Wird als Substrat beispielsweise Quarzsand gewählt, ist dieser in weiten Teilen Deutschlands lokal verfügbar.

Wie kann die Funktionalität gewährleistet werden?

Das DWA-A 178 gibt einfache Indikatoren zur Einschätzung des Betriebszustands des Retentionsbodenfilters. Beispielsweise ist üppiger Vegetationswuchs auf der gesamten Filterfläche ein Indikator für eine hohe und gleichmäßige Filterbelastung. Eine fehlende Sedimentschicht nach mehreren Betriebsjahren und/oder Moosbewuchs sind hingegen ein Indikator für eine sehr geringe Feststoffbelastung.

AKTEURE, ZUSTÄNDIGKEITEN, KOSTEN VON BAU UND UNTERHALTUNG

Welcher Unterhaltungsaufwand fällt an?

Während der Etablierungsphase des Schilfbewuchses im ersten Jahr sollte nur eine temporäre Einstauung und eine zusätzliche Düngung (ca. 80 g/m² NPK 13/13/20) erfolgen. Zudem sollten aufwachsende Gehölze entfernt werden. Eine kontinuierliche Sichtkontrolle der Vegetation, der Zu- und Abläufe usw. ist zu gewährleisten. Die Betriebskosten belaufen sich auf ca. 15 €/m²/Jahr. Die Pflegekosten sind vergleichbar mit denen eines Verdunstungsbeckens und liegen jährlich bei ca. 10 €/m².

Wie hoch sind die Kosten für den Bau?

Die Herstellungskosten für ein Filterbeet betragen bei betrachteten Beispielen ca. 135 €/m² Beet. Darin enthalten ist die Betonabdichtung, das Filtermaterial sowie die Herstellung als Tiefbeet inklusive

Bepflanzung und Drainage. Hinzu kommen Kosten für notwendige Erdarbeiten.

WEITERE PLANUNGSHINWEISE

Bestehen Synergien zur Barrierefreiheit?

Bei der Planung von Filterelementen sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden, um Synergien zur Barrierefreiheit zu schaffen:

Verkehrssicherungspflicht gegenüber Fußgänger:innen:

- Es sollte ein Anfahrtschutz nach DIN 18916 ausgestaltet werden
- Bei einer Absturzkante von > 15 cm sind ein Radabweiser und ggf. weitere Absturzsicherungen vorzusehen. (DIN 18040-1)
- Auf die ausreichende barrierefreie Querbarkeit von linear angeordneten Elementen (BGS-Korridor) ist zu achten; Querungswege sollen mindestens 1 m lichte Breite aufweisen.

Bessere Orientierung:

- Bei hellen Gehwegen ist ein guter visueller und taktiler Kontrast zur visuellen Rasenkante bzw. einer Bepflanzung des Filterelements gegeben.
- Eine Anordnung im BGS-Korridor fördert die eindeutige Linienführung, die Wegebeziehungen aufnimmt und verdeutlicht. Somit kann die Zonierung der Nebenflächen und Seitenräume betont werden.

Welche sinnvollen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Elementen bestehen?

Der Ablauf des Retentionsbodenfilters kann als Zulauf für alle blau-grünen Elemente, wie z.B. Baum-Rigolen, genutzt werden. Dies kann eine wasserrechtliche Genehmigung positiv beeinflussen.

Welche Richtlinien geben spezielle Hinweise zur Planung des Elements?

- DWA-A 102 (Gelbdruck 2016) Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer (Oktober 2016)
- DWA-A 178: Retentionsbodenfilteranlagen (Juli 2019)

BEISPIELE

Wo wurden Elemente der Wasserreinigung realisiert?

- [Berlin Adlershof](#)
- Retentionsbodenfilter - [Handbuch für Planung, Bau und Betrieb](#) (MKULNV 2015)



Abb. 66 - Platz mit Versickerungsbeeten Adlershof, Berlin [1]

1.7 PRINZIPIEN UND AUSSTATTUNGSMERKMALE DER LEBENDIGEN STRASSENRAUMGESTALTUNG

Die blau-grüne Gestaltung der Straßenräume in BlueGreenStreets zielt auf die größere Resilienz der Straßenflächen im Klimawandel ab. Zugleich wird die Verbesserung der Aufenthaltsqualität für die Stadtbewohner:innen und -nutzer:innen angestrebt. Aspekte der *schönen* und *lebendigen* Straßenraumgestaltung sind somit ein essentieller Bestandteil von BlueGreenStreets. Kriterien sind u.a.:

- die Benutzungsfreundlichkeit sowie die barrierefreie Nutzbarkeit des Straßenraums, die sich u.a. durch ein angemessenes Verhältnis der Flächen für den Rad- und Fußverkehr herstellen lassen; diese Aspekte werden in Teil A im Kapitel 3.1 *Entwurfsmethodik, beispielhafte Querschnitte und Draufsichten* und Kapitel 3.3 *Detailfragen des multifunktionalen Straßenraumentwurfs* näher betrachtet,
- das grüne Erscheinungsbild der Straße, das einen hohen Nutz- und Aufenthaltswert sowie Klimakomfort im Straßenraum einschließt; zur Bewertung der Ziele *Green* und *Cool* in den Steckbriefen der blau-grünen Elemente siehe Kapitel 1.1 bis 1.6. und die Erläuterung in den Kapiteln 2.2 und 2.3, Teil B.

Weitere Prinzipien und Merkmale einer schönen

und lebendigen Straßenraumgestaltung sind:

- die abwechslungsreiche Bepflanzung,
- der Baumbesatz in Straßen,
- die Materialwahl,
- Flächen und Mobiliar für Bewegung, Aufenthalt und Spielen sowie
- Angebote für klimafreundliche Mobilität.

1.7.1 ABWECHSLUNGSREICHE BEPFLANZUNGEN

Im Vergleich zu *grauen* Straßen sorgen zusätzliche Vegetationsstrukturen durch blau-grüne Elemente dafür, den Straßenraum einladender zu gestalten. Die größte Wirkung wird durch eine vielfältige und aufeinander abgestimmte Artenauswahl erreicht. Merkmale für abwechslungsreiche Bepflanzung sind die Strukturvielfalt, die u.a. durch unterschiedliche Wuchsformen, -höhen und jahreszeitliche Aspekte erreicht wird, sowie die Verwendung standortgerechter und ortstypischer Pflanzenarten.

Die Pflanzenauswahl für Straßenräume hängt von vielen Faktoren ab. Spezifisch für blau-grüne Elemente, die der dezentralen Niederschlagsbewirtschaftung dienen, sind die wechselfeuchten

Standortverhältnisse. Hinweise zur Pflanzenverwendung enthalten die Steckbriefe der blau-grünen Elemente in Kap. 1.1 bis 1.6, Teil B.

Weitere bei der Pflanzenauswahl zu berücksichtigende Aspekte sind die knappen Budgets der öffentlichen Hand und die extremen Standortbedingungen im Straßenraum. Als Standard kommen daher möglichst robuste und pflegeleichte Bepflanzungen zum Einsatz. Hinweise für die Praxis zur Planung abwechslungsreicher, standortgerechter und pflegereduzierter Bepflanzungen in verkehrlichen und wasserwirtschaftlichen Anlagen finden sich u.a. in den folgenden Broschüren und Fachartikeln:

- Pflanzen für Versickerung und Retention. Angelika Eppel-Hotz, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Hrsg. Veitshöchheim, 2019 (www.lwg.bayern.de)
- Versickerung mit Pflanzen. Versickerungsmulden standortgerecht bepflanzen. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. Würzburg, 2004 (www.lwg.bayern.de)
- Verwendung von ein- und mehrjährigen Ansaatmischungen für artenreiche und pflegereduzierte Pflanzenbestände: Fachartikel

Farbe für Stadt und Land – Ansaaten für öffentliches und privates Grün. Angelika Eppel-Hotz. In: Landespflege aktuell / 2016. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Abteilung Landespflege (Hrsg.)

- Begrünung von Mittelstreifen an 2-bahnigen Bundesfernstraßen. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Abteilung Landespflege (Hrsg.), Veitshöchheim, März 2014
- [Fachartikel zur Pflanzenverwendung in öffentlichen und privaten Gärten](#)
- Grüner Schmuck im Straßenraum. Bewährte Pflanzen für Lärmschutzsysteme. Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. Abteilung Landespflege (Hrsg.), 2012.
- Handbuch Gleisbegrünung – Planung - Ausführung - Pflege. Grüngleis Netzwerk (Hrsg.) ISBN 978-3-96245-045-8, September 2014.

1.7.2 BAUMBESATZ

Vitale Bäume in Straßenräumen sorgen für Raumqualität, schattige Orte im Freien und Identität im Stadtquartier. Sie können

- „die Blickführung übernehmen,
- Räumen Identität und Maßstäblichkeit geben,
- einzelne Raumelemente akzentuieren,
- Randbereiche schließen und den Raum definieren,
- Straßenräume in Teilabschnitte gliedern,
- Knotenpunkte markieren,
- Eingangs- und Übergangssituationen verdeutlichen,
- Aufenthaltsbereiche definieren.“ (FSGV 2011: 51)

Wegen der hohen Bedeutung von Bäumen und Bepflanzungen ist ein qualifiziertes Grünkonzept

ein wesentlicher Bestandteil des Straßenraumentwurfs. Die Wirkung von Straßenbäumen und anderer Formen der Bepflanzung für die Raumprägung wird in den Empfehlungen zur Straßenraumgestaltung anhand realisierter Beispiele aufgezeigt (ebd.; Kapitel 3.2.1 und 3.2.2). Weitere Beispiele der Gestaltung von Straßenräumen mit Bäumen als Achsen, Alleen und Boulevards finden sich in Heinz (2014), *Schöne Straßen und Plätze*.

Eine großflächige Überschirmung der Straßenflächen mit Bäumen macht den Aufenthalt an den sehr warmen und heißen Tagen für die Stadtbewohner:innen erträglicher. Lokal kann durch eine dichte Baumbepflanzung eine Temperaturverminderung von bis zu 20,5 K im Vergleich zu einem hochversiegelten Straßenraum ohne Bäume erreicht werden (vgl. Kap. 3.3.3, Teil A). Erfolgt der Straßenbaumbesatz alleeartig auf beiden Straßenseiten, ist es den vulnerablen Bevölkerungsgruppen möglich, sich durchgängig im Schatten durch die Stadt zu bewegen.

Bäume finden in Straßen einen Extremstandort vor. Daher ist auf die Optimierung des Pflanzstandorts und die geeignete Artenauswahl ein besonderes Augenmerk zu richten. Ein ausreichender Wurzelraum und die Schaffung guter Wuchsbedingungen für den ausgewachsenen Baum sind zentrale Voraussetzungen für die Vitalität, den Wuchs

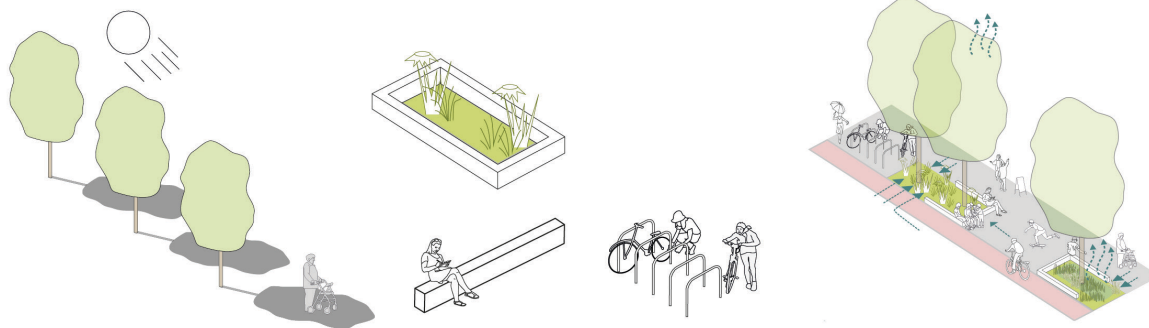


Abb. 67 - Verschattung (durchgängiger Baumbesatz), Mobiliar zum Verweilen & Spielen, Angebote klimafreundlicher Mobilität und der multicodierte Straßenraumentwurf (v. li.) [1]

und damit auch für die Verdunstungsleistung und Lebensdauer der Straßenbäume. Bzgl. der allgemein zu berücksichtigenden technischen Anforderungen an die Baumpflanzung wird auf zwei FLL-Broschüren verwiesen:

- Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., 2. Ausgabe 2015.
- Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate, 2. Ausgabe 2010.

Aufgrund des hohen Werts von Bestandsbäumen in Straßenräumen unterliegt der Erhalt der Bäume einer besonderen Aufmerksamkeit des unterhaltungspflichtigen Straßenbaulastträgers. Das Merkblatt für die Erhaltung von Verkehrsflächen mit Baumbestand M EVB (FGSV/FLL 2019) zeigt Möglichkeiten der Sanierung von schadhafte Verkehrsflächen mit Baumstandorten auf, mit dem Ziel, beide Nutzungen zu erhalten und zu verbessern. Hierfür werden die Grundlagen des Wurzelwachstums und die Anforderungen an Baumstandorte in Verkehrsflächen dargestellt.

Verschiedene Projekte befassen sich vertiefend mit der Frage der Verwendung klimaangepasster Baumarten und -sorten in Straßenräumen:

- Das Entwicklungskonzept Stadtbäume

aus dem Jahr 2019 enthält als Ergebnis des Forschungsprojekts Stadtbäume im Klimawandel eine vorläufige Short-List vorhandener oder geeigneter Baumarten und -sorten in Hamburg (s. Dickhaut et al. 2020).

- Die Broschüre Zukunftsbaume für die Stadt umfasst eine Auswahl von 65 stadtklimaverträglichen Baumarten aus der GALK-Straßenbaumliste (s. Bdb/GALK o. J.).
- Die gesamte Straßenbaumliste des GALK e.V. mit Angaben zu Wuchshöhe, Breite, Lichtdurchlässigkeit, Lichtbedarf, Verwendbarkeit und Hinweisen zu besonderen Merkmalen sowie zur Eignung findet sich [hier](#).

Der Fachartikel *Befunde zur Verwendung von Bäumen in Muldensystemen im Rahmen der Regenwasserbewirtschaftung* fasst die Ergebnisse einer bis 2019 laufenden Untersuchung von Bäumen in Muldensystemen in Berlin anhand von Vorortbegehungen, Bonituren, Stammumfangmessungen und punktuellen Aufgrabungen der Wurzelsysteme zusammen. Die Studie zeigt, dass sich Regenwasserbewirtschaftung und Stadtgrün gewinnbringend kombinieren lassen (s. Balder et al. 2018).

1.7.3 MATERIALWAHL

Mit Blick auf die Ressourceneffizienz und die örtlichen Gegebenheiten gelten für die Gestaltung blau-grüner Maßnahmen folgende Grundprinzipien:

- Baulich-technische Maßnahmen sollen so einfach wie möglich gehalten werden.
- Bevorzugt kommen naturnahe Lösungen (*Nature based Solutions - NBS*) zum Einsatz; wo notwendig, werden sie durch technische Lösungen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung ergänzt.
- Materialien und Bauweisen müssen in Straßen vielfältige Funktionen erfüllen und langlebig sein. Zugleich sollen sie dem Ort und dem Charakter der Straße entsprechen und zur Orientierung und Nutzbarkeit der Straßenräume beitragen.
- Um die Erwärmung der Straßen im Klimawandel zu mindern, sollen Albedo und *Solar Reflectance Index* bei der Oberflächengestaltung berücksichtigt werden (s. *Exkurs Albedo und Solar Reflectance Index*).

Naturnahe Lösungen, wie eine Flächenversickerung über großzügige Pflanzflächen und naturnah gestaltete Verdunstungs- bzw. Versickerungsmulden oder Beete kommen vor allem bei ausreichendem Platzangebot infrage. Je geringer das Raumangebot ist (ober- und unterirdisch) und je höher die funktionalen Anforderungen sind, desto eher ist der Einsatz baulich-technischer Lösungen erforderlich. Ein Beispiel sind baulich gefasste Tiefbeete in urbanen Gebieten. Durch ihre Bauweise beanspruchen sie oberirdisch relativ wenig Platz und sind gleichzeitig von hoher Belastbarkeit und Langlebigkeit. Die Einhaltung des Prinzips vorrangig

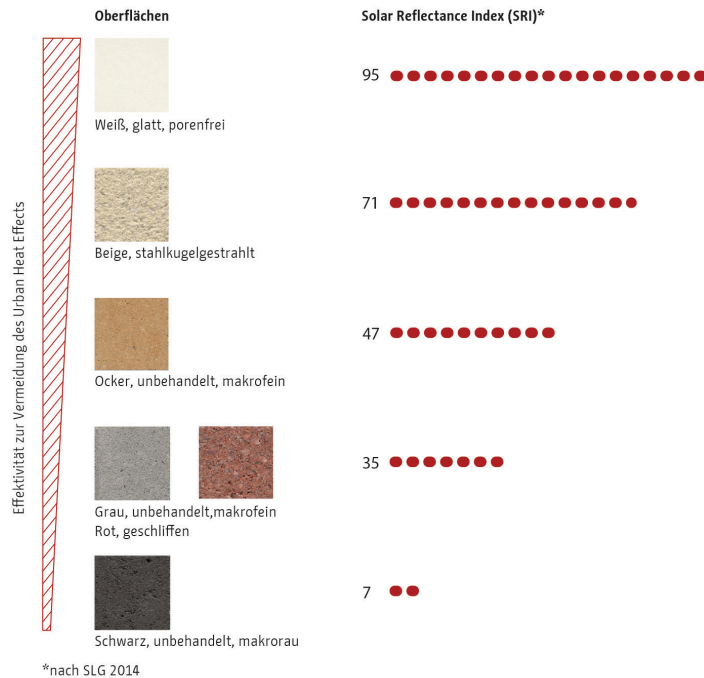


Abb. 68 - Aufheizeffekt verschiedener Betonsteinoberflächen nach SLG (2014) [21]



Abb. 69 - Helle Materialien mit Vielfalt in Form und Rauigkeit der Beläge [8]

ALBEDO UND SOLAR REFLECTANCE INDEX – BERÜCKSICHTIGUNG BEI DER OBERFLÄCHENGESTALTUNG (SENSTADTUM 2016)

Die Albedo (Grad der Strahlungsreflexion) gibt die Strahlungsenergie an, die eine Oberfläche reflektiert. Ihr Wert liegt zwischen null und eins (geringe bis hohe Rückstrahlung). Je höher die Albedo ist, desto weniger Strahlung wird absorbiert. Glatte und helle Flächen haben eine hohe Albedo und reflektieren viel Strahlungsenergie. Um die Rückstrahlwirkung von Oberflächen vergleichen zu können ist es nötig, ihr Reflexionsvermögen zu quantifizieren.

Der Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG) hat den Solar Reflectance Index (SRI) von 16 typischen Betonsteinoberflächen ermitteln lassen und den Aufheizeffekt kategorisiert (SLG 2014). Der Solar Reflectance Index berücksichtigt nicht nur die Albedo, sondern auch die Abwärme einer Fläche. Der Wert des Indexes variiert zwischen 0 und 100. Je höher der Index, desto geringer ist die Aufheizung. Der Wert kann in der Planung als Hilfestellung dienen, um die Aufheizung über Oberflächen einzustufen.

Albedo und Solar Reflectance Index lassen sich auf Straßen- und Platzflächen, an Fassaden und auf Dächern erhöhen. Die Wirksamkeit zur Reduktion des Wärmeinseleffekts wird beispielweise durch die Studie des DWD (2015) bestätigt.

Abbildung 69 zeigt beispielhaft helle Materialien in verschiedenen Anwendungsbereichen des Straßenraums.

naturnahe Lösungen zu verwenden, unterliegt also der einzelfallbezogenen Abwägung. Einfache und zugleich multicodierte Lösungen gelingen besonders dann, wenn bei der Planung möglichst alle Ansprüche an den Straßenraum beachtet und zusammengedacht werden. Sind etwa massive Einfassungen notwendig, um blau-grüne Elemente zu schützen, lässt sich die Akzeptanz erhöhen, wenn mit der baulichen Einfassung ein Mehrwert verbunden ist. Beispiele sind gut gestaltete Einfassungen, die auch als bequeme Sitzgelegenheiten oder Abstellmöglichkeit für Fahrräder nutzbar sind oder die durch höhere Bepflanzungen eingegrünt werden. Dagegen können gut gemeinte Planungen etwa durch einen nachträglich angebrachten, behelfsmäßigen Befahrungsschutz konterkariert werden.

Für Materialien und Bauweisen sollten möglichst regionaltypische Baustoffe und ortstypische Farben zum Einsatz kommen, wobei die qualitätsvolle Alterungsfähigkeit der Materialien beachtet werden muss. Bei der Frage der Vielfalt an Materialien und Farben ist Zurückhaltung zu empfehlen. Erdtöne wie grau und beige in Abstufungen sind harten Farbkontrasten wie rot zu grau vorzuziehen. Eine gelungene Vielfalt wird besser durch unterschiedliche Formate bei gleichem Stein oder durch unterschiedliche Oberflächenrauigkeiten erreicht.

Ein Beispiel ist die Kombination aus ebenem Betonpflaster mit Naturstein oder wassergebundener Decke bzw. breiten Fugen. Beläge mit unterschiedlichen Rauigkeiten kommen besonders für Verkehrsflächen infrage, die nur gelegentlich genutzt werden (z.B. Bankettflächen, Feuerwehraufstellflächen). Viel genutzte Wege sollten dagegen möglichst glatt und barrierefrei gestaltet werden (vgl. Kapitel 3.3, Teil A).

1.7.4 FLÄCHEN FÜR MOBILIAR BEWEGUNG, AUFENTHALT UND SPIELEN

Merkmale für die lebendige Straßenraumgestaltung sind auch Flächen und Mobiliar für Bewegung, Aufenthalt und Begegnung. Hierzu zählen etwa Ausstattungen und Gestaltungen, die zum Spielen, Balancieren oder zum Ausruhen einladen. Gemeint sind aber auch Gelegenheiten für die dauerhafte oder temporäre Aneignung von Teilflächen der Straße, wie etwa Spielzonen, Parklets oder Flächen/Angebote für Urban Gardening.

Beispiele für eine ausgewogene Gestaltung innerörtlicher Straßenräume sowie für innovative, kostengünstige und flexible Lösungen mit Bausteinen wie Straßenmöbeln und Beleuchtung, für Spielen im Straßenraum, für Mobilstationen sowie für Straßengrün und urbanes Wasser finden

sich in der Handreichung des UBA (2017), *Straßen und Plätze neu denken*.

Temporäre Maßnahmen dienen u.a. dazu, neue Nutzungen im Straßenraum zu testen. Ein Beispiel ist das Reallabor für nachhaltige Mobilitätskultur in Stuttgart (www.r-n-m.net). Dieses wissenschaftlich begleitete Realexperiment untersucht anhand temporärer Interventionen und anhand von Angeboten im öffentlichen Raum mit *Pionieren des Wandels*, wie sich Nutzungen und Wahrnehmungen im Stadtraum verändern. Dazu wurden ein alternatives Mobilitätsverhalten und temporäre Interventionen über einen begrenzten Zeitraum erprobt. Beispielsweise wurden drei Monate lang Pkw-Stellplätze für Parklets zur Verfügung gestellt. Nach Auswertung des Experiments hat die Stadtverwaltung mit politischer Unterstützung einen Rechtsrahmen für die temporäre Gestaltung städtischer Flächen zum Nutzen der Allgemeinheit geschaffen. Ein einfaches Verwaltungsverfahren ermöglicht es allen Bürger:innen, ein Parklet für die Umwidmung von Parkständen in nicht kommerziellen Aufenthaltsräumen zu beantragen. Ein Leitfaden macht die Kriterien für die Angebote transparent.

Sitzelemente

Bei der Straßenplanung sollten im Kontext der umgebenden Nutzungen (Einkaufsmöglichkeiten, soziale Infrastruktur, Parks etc.) Sitzelemente und kleine platzartige Situationen integrativ mitgedacht

werden. Nach dem Prinzip der mehrdimensionalen Gestaltung können Betonrahmen und Beetabgrenzungen etwa als Sitzmauern gestaltet und kleine platzartige Situationen geschaffen werden. Für den längeren Aufenthalt im Freien an heißen Sommertagen sind Sitzgelegenheiten auch als schattige Klimakomfortplätze in Kombination mit Baumrigolen oder Bäumen in Mulden anzulegen. In Straßen und auf Plätzen mit zentraler Funktion sollten die Effekte für die Hitzevorsorge und Aufenthaltsqualität zusätzlich durch eine Gestaltung mit Brunnen, Wasserspielen mit Sprühnebeleffekten und Trinkbrunnen verstärkt werden.

Grüne Straßen, Promenaden und Plätze sind auch für die Durchlüftung unverzichtbar: Sie können die Hitze am Tag und auch in der Nacht spürbar reduzieren.

1.7.5 ANGEBOTE FÜR KLIMAFREUNDLICHE MOBILITÄT

Nachhaltige Mobilität bedeutet umweltfreundliche, zugängliche Verkehrssysteme anzubieten, die die Gesundheit fördern (edge 2020). Die Gestaltung von Straßenlandschaften und einzelnen Orten kann die Verkehrsmittelwahl der Menschen beeinflussen, indem bessere Rahmenbedingungen für das zu Fuß gehen, Radfahren und die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel geschaffen werden. Der explizite

Ansatz von BlueGreenStreets, die Aufenthaltsqualität und den Klimakomfort durch blau-grüne Maßnahmen zu verbessern, stellt bereits einen wichtigen Beitrag dazu dar, Straßen vermehrt als Begegnungs-, Kommunikations- und Bewegungsraum zu entwickeln. Diese Effekte können durch eine gute Kombination von Angeboten des Aufenthalts mit denen der klimafreundlichen Mobilität gesteigert werden. Hierzu zählen zum Beispiel:

- Die Schaffung komfortabler Strukturen für Radfahren, E-Bike oder Scooter im Nahbereich von Wohnungen, Arbeitsstätten und Umsteigepunkten, die zur Belebung des Straßenraums und gleichzeitig zur Minderung des Zielkonfliktes *planloses Abstellen von Mietfahrzeugen* beitragen.
- Die Gestaltung nahtloser Übergänge und Zugänge zu Flächen mit Abstellmöglichkeiten von Rädern, Rollern, zu Haltestellen des ÖPNV und Sharing-Stellplätzen.
- Die Begrünung und Beschattung von Unterständen an ÖPNV-Haltestellen.
- Smarte Beleuchtungssysteme für gute und sichere Freiräume und als Ladesäulen für die E-Mobilität.

Solche Elemente sowie auch Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und Benutzbarkeit der Straßen für Fußgänger:innen und Radfahrer:innen sollten frühzeitig und mit hoher Priorität im Entwurf berücksichtigt und die Akzeptanz durch Beteiligung der Anwohner:innen und

Nutzer:innen der Straßen gestärkt werden.

Um gezielt integrierte Lösungen für gut gestaltete klimafreundliche Mobilität im Kontext der städtebaulich-verkehrlichen Situation zu schaffen, sollten Mobilitätskonzepte und Maßnahmen des Parkraummanagements immer im engen Zusammenspiel mit Freiraumkonzepten entwickelt werden.



Abb. 70 - Wasserspiel auf einem Platz [1]

2

BEWERTUNGSMETHODIK

2.1 BLUE – STRASSENÄRUME WASSERSENSIBEL GESTALTEN

Jedes der 20 blau-grünen Elemente wurde hinsichtlich seines Beitrags zur Erreichung der Ziele *Blue*, *Green* und *Cool* mit einem bis fünf Punkten bewertet. Die Kurzdarstellung der Parameter aus Kapitel 0 *Inhalt und Aufbau Teil B* wird an dieser Stelle vertieft. Erfahren Sie im vorliegenden Kapitel, wie die Parameter definiert sind, welche Annahmen zu den Elementen getroffen wurden und wie der Bewertungsprozess ablief.

Für die Bewertung des Ziels *Blue* wurden vier Parameter ausgewählt. Sie werden im Folgenden vertiefend beschrieben:

- **Wasserrückhalt:** Gesamtspeicher eines BGS-Elements unter Berücksichtigung von oberirdischem Einstau und Bodenspeicher. Betrachtet wird das potentielle Aufnahmevermögen, also eine Vollfüllung der oberirdischen und unterirdischen Speicher. Der Indikator drückt somit die Entwässerungsleistung aus. Der statische Ansatz ignoriert die Versickerungsleistung einzelner Elemente. Diese Unschärfe wird teilweise ausgeglichen, da konventionelle Versickerungsanlagen in der Planung mit einem Sicherheitszuschlag von 20 % versehen werden.
- **Anschließbare Fläche hN¹ 15 mm / 35 mm:** Potentielle Fläche, ausgedrückt als Faktor, die

bei einem Niederschlag von 15 mm / 35 mm an einen Quadratmeter des jeweiligen BGS-Elements angeschlossen werden kann. Der statische Ansatz ignoriert die Versickerungsleistung einzelner Elemente. Diese Unschärfe wird teilweise ausgeglichen, da konventionelle Versickerungsanlagen in der Planung mit einem Sicherheitszuschlag von 20 % versehen werden.

- **Stoffrückhalt AFS / AFS63:** Prozentualer Rückhalt von im Fahrbahnabfluss abfiltrierbarer Feststoffe (AFS / AFS63² - Feinanteil), der wesentlich durch die Ausbildung einer bewachsenen Bodenzone und Adsorptionsfähigkeit des verwendeten Substrats bestimmt wird.
- **Oberirdischer Noteinstau:** Niederschlagsvolumen (in m³), welches bei Starkregen oberirdisch durch BGS-Elemente zurückgehalten werden kann. Die Bewertung berücksichtigt die Flächenanteile, welche BGS-Elemente jeweils im Straßenraum einnehmen. Als Referenz für die Bewertung wurde ein 60 m langer und 18 m breiter Straßenraum (8 m Fahrbahn, 10 m Fußweg) angenommen.

Annahmen und Bewertungsprozess

Um eine Bewertung der Parameter *Wasserrückhalt*, *Anschließbare Fläche hn 15 mm / 35 mm*, *Oberir-*

discher Noteinstau und *Bewässerungspotenzial*³ vornehmen zu können, wurden vom BGS-Team zunächst Annahmen hinsichtlich des Aufbaus der einzelnen Elemente getroffen. Dabei wurden Minimal- und Maximalwerte berechnet und den Erfahrungswerten aus der Praxis gegenübergestellt. Die Tabellen 3-8 stellen die Annahmen, die dafür für jedes Element getroffen wurden, in der Übersicht dar.

Die Erfahrungswerte aus der Praxis stellten wiederum die Grundlage für die Bewertung mit einem bis fünf Punkten dar. Für den Wasserrückhalt wurden beispielsweise zunächst die folgenden fünf Klassen gebildet und die Elemente dementsprechend bewertet:

1. >0-150 mm,
2. 151-400 mm,
3. 401-600 mm,
4. 601-800 mm sowie

¹ Niederschlagshöhe (hN) in mm.

² 0,45-63 µm.

³ Bewässerungspotenzial wurde mit der BLUE Methodik bewertet, ist jedoch als Parameter unter GREEN eingeordnet

5. >800 mm.

Elemente mit vier und fünf Punkten leisten demnach einen großen bzw. sehr großen Beitrag beim Wasserrückhalt und demzufolge bei der Überflutungsvorsorge. Die Klasseneinteilungen der jeweiligen Parameter entnehmen Sie der oberen Zeile in Tabelle 2.

Der *Stoffrückhalt* beschreibt den prozentualen Anteil an Stoffen, die in einem System/Element verbleiben. Die Berechnung erfolgt mittels der Differenz der eingehenden und ausgetragenen Stoffe. Hierfür können nur bedingt absolute Werte herangezogen werden, da der Stoffrückhalt eines Elementes von diversen Faktoren, wie z.B. der Art des Stoffs und den damit verbundenen Eigenschaften wie Polarität, Löslichkeit, Dichte u.v.m., der eingehenden Konzentration bzw. Fracht und den physikalisch-chemischen Eigenschaften des jeweiligen Systems/Elements abhängig ist. Aufgrund der Vielzahl an Stoffen und deren Eigenschaften in der Umwelt, wird aus praktischen Gründen der Summenparameter abfiltrierbare Stoffe (kurz AFS) für die stoffliche Belastung eines Abwassers, z.B. Niederschlagswasser von Fahrbahnen, genutzt. Hintergrund hierbei ist die häufige Affinität von Nähr- und Schadstoffen an Feinpartikeln zu adsorbieren. Aus diesem Grund ist ergänzend der Parameter AFS63 eingeführt worden, da hierdurch die Konzentration an Feinpartikeln mit einem Durch-

messer zwischen $0,45\ \mu\text{m}$ – $63\ \mu\text{m}$ dargestellt wird. Dieser Parameter beschreibt also die Konzentration an Schweb- und Schwimmstoffen, die bei der Bestimmung mittels Filtrierung (Porenweite $0,45\ \mu\text{m}$ – $63\ \mu\text{m}$) aus einem Abwasser entfernt werden können.

Der Stoffrückhalt im Sinne der vorgestellten blau-grünen Elemente beschreibt den prozentualen Verbleib von Nähr- und Schadstoffen in den einzelnen Elementen, die hauptsächlich auf bio-chemischen und physikalischen Prozessen beruhen. Die Bewertung der einzelnen Elemente erfolgt zum einen auf Grundlage der Arbeitsblätter der DWA-A 138 (2005 & 2020, Gelbdruck) und 178 (2019) und auf Grundlage der aktuellen Veröffentlichung des Berliner SenUVK (2018): Leistungsfähigkeit von praxiserprobten Formen der dezentralen und zentralen Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Kontext, Monographie.

Die Bewertung erfolgt für AFS und AFS63 zusammen, da die Erkenntnisse speziell für AFS63 in Verbindung mit den blau-grünen Elementen sehr gering sind. Für die Einschätzung der Leistungsfähigkeit der Elemente werden Zahlen von 0 bis 5 gewählt. Null Punkte attestiert dem Element keinen bis einen sehr geringen Stoffrückhalt. Ein annähernd kompletter stofflicher Rückhalt wird für Elemente mit 5 Punkten erwartet.



Abb. 71 - Winklersplatz, Hamburg [5]



Abb. 72 - Senkbeet mit Cortenstahl Einfassung in Freiburg [8]

Tab. 2 - Bewertung des Ziels *Blue*

<i>Blue</i>	Wasserrückhalt	Anschließbare Fläche hN 15 mm	Anschließbare Fläche hN 35 mm
	Maximalwerte ○ 401 - 600 mm ●●●● >0 - 150 mm ● 601 - 800 mm ●●●●● 151 - 400 mm ●● >800 mm ●●●●●●●	Maximalwerte ○ 26 - 40 x ●●●● >0 - 10 x ● 41 - 60 x ●●●●● 11 - 25 x ●●● >60 x ●●●●●●●	Maximalwerte ○ 11 - 15 x ●●●● >0 - 5 x ● 16 - 25 x ●●●●● 6-10 x ●●● >25 x ●●●●●●●
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestandsbaum)	●●	●●	●●
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau)	●●●	●●●	●●●●
Baumrigole (ohne Speicher)	●●●○	●●●○	●●●○
Baumrigole (mit Speicher)	●●●○	●●●○	●●●●○
Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst)	●●	●●	●●
Gedichtetes Verdunstungsbeet (natürlich)	●●	●●	●●
Fassadenbegrünung bodengebunden	●	●	●
Fassadenbegrünung wandgebunden	●	●	—
Pergolen	— ¹	—	—
<i>Grüne Wände</i> - Lärmschutzwände / Verdunstungswände	●	●	●
Versickerungsmulde	●●●	●●●	●●●
Versickerungsmulde mit Rigole	●●●	●●●	●●●
Tiefbeet	●●●	●●●	●●●
Tiefbeet mit Rigole	●●●	●●●	●●●
Wasserdurchlässige Bodenbeläge / Pflaster	●	●	—
Zisterne zur Niederschlagswassernutzung	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Rückhaltung im Freiraum	●	●	●
Blue Streets – Rückhaltung und / oder Ableitung	●	●	●
Filterbeet	●●●	●●●	●●●

¹ Eine Bewertung ist nicht möglich.

Stoffrückhalt AFS / AFS63	Oberirdischer Noteinstau
Maximalwerte ○ *40 - 60 % ●●●● >0 - 20% ● *60 - 80 % ●●●●●● *20 - 40 % ●● *80 - 100 % ●●●●●●●●	Maximalwerte ○ >10-20 m³ ●●●● 0-5 m³ ● >20-30 m³ ●●●●●● >5-10 m³ ●● >30 m³ ●●●●●●●●
●●●●○○	●
●●●●○○	●●
●●●●○○	●●●
●●●●○○	●●
●●●●●○	●●
●●●●●○	●
●●●●●○	—
—	—
—	—
—	—
●●●●●●	●●●
●●●●●○	●●●
●●●●●○	●●●
●●●●●○	●●●
●●●●○	—
—	—
—	●●●●●●
—	●●●●●●
●●●●●○	●●●



Abb. 73 - Versickerungsmulde Berlin-Spandau [10]

Tab.3 - Annahmen zu den vitalen Baumstandorten

Blue	Element	Ebene 1			Ebene 2				
		Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)	Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)
	Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestand)	Einmuldung der Baumscheibe für temporären Einstau. Abgrenzung gegenüber Mulde durch flache Geometrie 0-3 cm	0-30	kein Einstau	0	Ausgetauschtes Substrat auf den ersten 40 cm mit PV ¹ 20-35 %	80-140	40 cm mit 35% PV	140
	Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau)	Einmuldung der Baumscheibe für temporären Einstau. Abgrenzung gegenüber Mulde durch flache Geometrie 0-10 cm	0-100	3cm Einstau	30	Split/ Vegetations-tragschicht (10 cm) mit PV von 25-35 %	25-30	10 cm mit 25 % PV	25
	Baumrigole (offen) ohne Speicher	Muldeneinstau von 10-30 cm	100-300	20 cm Einstau	200	Baums substrat, 100-150 cm, mit PV 25-35 %	250-525	150 cm mit 25 % PV	375
	Baumrigole (überbaut) ohne Speicher	Baums substrat, 100-150 cm, mit PV 25-35 %	250-525	150cm mit 25% PV	375	Rigole (Sand/Split/ Kies) 30-50 cm, mit PV 25-35 %	75-175	30 cm mit 35 % PV	105
	Baumrigole (offen) mit Speicher	Muldeneinstau von 10-30 cm	100-300	20 cm Einstau	200	Baums substrat, 100-150 cm, mit PV 25-35 %	250-525	150 cm mit 25 % PV	375
	Baumrigole (überbaut) mit Speicher	Baums substrat, 100-150 cm, mit PV 25-35 %	250-525	150 cm mit 25 % PV	375	Rigole (Sand/Split/ Kies) 30-50 cm, mit PV 25-35 %	75-175	-	105

¹ Porenvolumen.

Ebene 3				Ebene 4				Wasser- rückhalt	Bewässe- rungspo- tenzial ¹	Anschließ- bare Fläche hN 15 mm	Anschließ- bare Fläche hN 35 mm	Oberir- discher Noteinstau
Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschrei- bung)	Praxis (mm)	Beschreibung	Min/ Max (mm)	Praxis (Beschrei- bung)	Praxis (mm)	Mittel (mm)	Mittel (mm)	Mittel (m ²)	Mittel (m ²)	Mittel (m ³)
Existierendes Baum- substrat/Boden bis 1,5 m Tiefe (1,1 m) mit PV 20-35 %	220-385	110 cm mit 20 % PV	220					360	360	23	9	0
Baumsubstrat, 100-150 cm, mit PV von 20-35 %	200-525	150 cm mit PV 30 %	450	Zusätzlicher Kiesspeicher bei bindigen Böden 10-30 cm PV 35 %	35-100	30cm mit 30 % PV	90	595	565	39	16	6
Rigole (Sand/Split/ Kies) 30-50 cm, mit PV 25-35 %	75-175	30 cm mit 30 % PV	90					665	465	43	18	11
-	-	-	-					480	105	31	13	-
Rigole (Sand/Split/ Kies) 30-50 cm, mit PV 25-35 %	75-175	30 cm mit 30 % PV	90	Wannenspeicher (Sand/Kies), 10-30 cm mit PV 25-35 %	25-105	30cm mit 30 % PV	90	755	555	49	21	10
Wannenspeicher (Sand/Kies), 10-30 cm mit PV 25-35 %	25-105	30 cm mit 30 % PV	90					570	90	37	15	-

¹ Bewässerungspotenzial wurde mit der BLUE Methodik bewertet, ist jedoch als Parameter unter GREEN eingeordnet

Tab. 4 - Annahmen zu den Elementen der Verdunstung

Blue	Element	Ebene 1			Ebene 2				
		Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)	Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)
	Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst)	Muldeneinstau von 1-15 cm	10-150	5 cm Einstau	50	Vegetationstragschicht/belebt. Bodenzone 20-30 cm mit PV 20-25 %	40-75	30 cm mit 25 % PV	75
	Gedichtetes Verdunstungsbeet (natürlich)	Muldeneinstau von 1-15 cm, abzüglich Böschungsverlust 20-30 %	7-102	5 cm Einstau abzgl. 30 %	35	Vegetationstragschicht/belebt. Bodenzone 20-30 cm mit PV 20-25 %	40-75	30 cm mit 25 % PV	75
	Fassadenbegrünung bodengebunden	Vegetationstragschicht 10-30 cm, mit PV 25-35 %	25-105	30 cm mit 25 % PV	75	-	-	-	-
	Fassadenbegrünung wandgebunden	Vegetationstragschicht 10-30 cm, mit PV 25-35 %	25-105	20 cm mit 25 % PV	50	-	-	-	-
	Pergolen	keine	0		0	-	-	-	-
	Grüne Wände - Lärmschutz / Verdunstungswände	Vegetationstragschicht 10-30 cm, mit PV 25-35 %	25-105	30 cm mit 25 % PV	75	-	-	-	-

Element	Ebene 3				Wasser- rückhalt Mittel (mm)	Bewässe- rungspoten- zial Mittel (mm)	AnschlieÙbare Fläche hN 15 mm Mittel (m²)	AnschlieÙbare Fläche hN 35 mm Mittel (m²)	Oberir- discher Noteinstau Mittel (m³)
	Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschrei- bung)	Praxis (mm)					
Gedichtetes Verdunstungs- becken (baulich eingefasst)	Speicherschicht 30-100 cm mit PV 15-35 %	45-350	80 cm mit 20 % PV	160	285	235	18	7	7
Gedichtetes Verdunstungs- beet (natürlich)	Speicherschicht 30-100 cm mit PV 15-35 %	45-350	80 cm mit 20 % PV	160	270	235	17	7	5
Fassadenbegrü- nung bodenge- bunden	-	-	-	-	75	75	4	1	-
Fassadenbegrü- nung wandge- bunden	-	-	-	-	50	50	2	0	-
Pergolen	-	-	-	-	0	0	0	0	-
Grüne Lärm- schutzwände / Verdunstungs- wände	-	-	-	-	75	75	4	1	-

Tab. 5 - Annahmen zu den Elementen der Versickerung

Blue	Element	Ebene 1			Ebene 2				
		Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)	Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)
	Versickerungsmulde	Muldeneinstau von 10-30 cm, abzüglich Böschungsverlust 20-30 %	70-240	25 cm abzgl. 20 %	200	Vegetationstragschicht/belebt. Bodenzone 20-30 cm mit PV 20-25 %	40-75	30 cm mit 25 % PV	75
	Versickerungsmulde mit Rigole	Muldeneinstau von 10-30 cm, abzüglich Böschungsverlust 20-30 %	70-240	25 cm abzgl. 20 %	200	Vegetationstragschicht/belebt. Bodenzone 20-30 cm mit PV 20-25 %	40-75	30 cm mit 25 % PV	75
	Tiefbeet	Muldeneinstau von 10-30 cm	100-300	25 cm	250	Vegetationstragschicht/belebt. Bodenzone 20-30 cm mit PV 20-25 %	40-75	30 cm mit 25 % PV	75
	Tiefbeet mit Rigole	Muldeneinstau von 10-30 cm	100-300	25 cm	250	Vegetationstragschicht/belebt. Bodenzone 20-30 cm mit PV 20-25 %	40-75	30 cm mit 25 % PV	75
	Wasserdurchlässige Bodenbeläge/Pflaster	Einstau in Fuge 2 cm bei Fugenanteil 20-50 %	4-10	2 cm mit Fugenanteil 30 %	6	Fugenanteil 20-50 % mit 5cm Füllschicht und PV 20 %	2-5	Fugenanteil 30 %	3

Element	Ebene 3				Wasser- rückhalt	Bewässe- rungspoten- zial	AnschlieÙbare Fläche hN 15 mm	AnschlieÙbare Fläche hN 35 mm	Oberir- discher Noteinstau
	Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)					
Versickerungs- mulde	Unterboden (mind. 100 cm bis MHGW) mit PV 15-25 %	150-250	100 cm mit 15 % PV	150	425	225	27	11	18
Versickerungs- mulde mit Rigole	Rigole (30-66 cm) mit PV 35-95 %	105-627	66 cm mit 35 % PV	231	506	306	33	13	12
Tiefbeet	Unterboden (mind. 100 cm bis MHGW) mit PV 15-25 %	150-250	1m mit 15 % PV	150	475	225	31	13	20
Tiefbeet mit Rigole	Rigole (30-66 cm) mit PV 35-95 %	105-627	66 cm mit 35 % PV	231	556	306	36	15	13
Wasserdurchläs- sige Bodenbe- läge/Pflaster	Tragschicht 10-20 cm mit PV 15-25 %	15-50	15 cm mit 20 % PV	30	39	33	2	0	-

Tab. 6 - Annahmen zu den Elementen der Wassernutzung

Blue	Element	Ebene 1				Wasser-rückhalt	Bewässe-rungspoten-zial	AnschlieÙbare Fläche hN 15 mm	AnschlieÙbare Fläche hN 35 mm	Oberirdischer Noteinstau
		Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)					
	Zisterne zur Niederschlags-wassernutzung	Zisterne mit 50-200 cm Höhe	500-2.000	100 cm Höhe	1.000	1.000	0	66	28	-

Tab. 7 - Annahmen zu den Elementen der Wasserreinigung

Blue	Element	Ebene 1				Ebene 2			
		Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)	Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)
	Filterbeet	Muldeneinstau von 10-30 cm	100-300	25 cm	250	Vegetationstrag-schicht/belebt. Boden-zone 20-30 cm mit PV 20-25 %	40-75	30 cm mit 25 % PV	75

Tab. 8 - Annahmen zu den Elementen der Starkregenvorsorge

Blue	Element	Ebene 1				Wasser-rückhalt	Bewässerungs-potenzial	Anschließbare Fläche hN 15 mm	Anschließbare Fläche hN 35 mm	Oberirdischer Noteinstau
		Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)	Mittel (mm)	Mittel (mm)	Mittel (m ²)	Mittel (m ²)	Mittel (m ³)
	Notwasser- wege: gelenkter Starkregenab- fluss	Einstau bis 5-20 cm	50-200	10 cm	100	100	0	6	2	38
	Rückhaltung im Freiraum	Einstau bis 5-20 cm	50-200	10 cm	100	100	0	6	2	38
	Blue Streets – Straße als Rückhalteraum	Einstau bis 5-20 cm	50-200	10 cm	100	100	0	6	2	38

Element	Ebene 3				Wasser-rückhalt	Bewässerungs-potenzial	Anschließbare Fläche hN 15 mm	Anschließbare Fläche hN 35 mm	Oberirdischer Noteinstau
	Beschreibung	Min/Max (mm)	Praxis (Beschreibung)	Praxis (mm)	Mittel (mm)	Mittel (mm)	Mittel (m ²)	Mittel (m ²)	Mittel (m ³)
Filterbeet	Speicherschicht 30-100 cm mit PV 15-35 %	45-350	80 cm mit 20 % PV	160	485	235	31	13	19

2.2 GREEN – AUFENTHALTSQUALITÄT IM STRASSENRAUM SCHAFFEN

Für die Bewertung des Ziels *Green* wurden vier Parameter ausgewählt. Sie werden im Folgenden vertiefend beschrieben:

- **Grünes Erscheinungsbild / Biodiversität:** Charakteristisch für hitze- und wassersensible Straßen ist ein hoher und vielfältiger Grünanteil mit sowohl niedriger, mittelhoher Bepflanzung als auch mit Straßenbäumen. Der Versiegelungsgrad ist möglichst gering. Die eingesetzten Bepflanzungen, Materialien und Ausstattungsmerkmale sind ortstypisch. Bewertet werden der Beitrag eines Elements, ein grünes Erscheinungsbild zu erzeugen und einen Beitrag zur Biodiversität zu leisten.

Ein grünes Erscheinungsbild des Straßenraums wird erreicht, wenn die Vegetation vielfältig, mehrdimensional und strukturreich ist, also z.B. unterschiedliche Pflanzenarten verwendet werden. Auch unterschiedliche jahreszeitliche Aspekte prägen das grüne Erscheinungsbild. Im Hinblick auf eine hohe Biodiversität ist die Bestäuberfreundlichkeit der Pflanzenauswahl zu beachten. Auch ist es wichtig, den Bestäubern in der gesamten Vegetationsperiode Nahrung anzubieten. Hierbei spielt neben der Artenauswahl (vorzugsweise heimische Arten) auch die gezielte Pflege eine wichtige Rolle. All diese Kriterien tragen zur grünen Raumbildung bei. Dabei sollte allerdings der Straßentyp beachtet werden.

- **Nutzbarkeit / Aufenthaltsqualität:** Multifunktional gestaltete Straßen in den Stadtquartieren weisen möglichst hohe Qualitäten als alltäglich nutz- und erlebbare Lebensräume für viele unterschiedliche Stadtbewohnergruppen auf. Die Ausstattungsmerkmale fördern Begegnungs- und Aufenthaltsmöglichkeiten für Alle und umweltfreundliche Mobilitätsformen. Bewertet wird der Beitrag eines Elements, für Menschen nutzbar zu sein und eine hohe Aufenthaltsqualität zu haben.

Ein blau-grünes Element ist nutzbar bzw. fördert die Aufenthaltsqualität des Straßenraumes, wenn es begeh- oder beispielbar ist, Sitzgelegenheiten bietet bzw. diese einfach ergänzt werden können, zur Naturbeobachtung einlädt oder es die Mitgestaltung ermöglicht, z.B. wenn es durch Anwohner:innen bepflanzt werden kann (Urban Gardening). Förderlich für die Aufenthaltsqualität und langsame Mobilitätsformen in den Straßen sind beispielsweise Elemente wie Mobiliar, das zum Spielen, Balancieren und Ausruhen anregt, Sitzbänke oder Sitzecken sowie Radabstellanlagen.

- **Klimakomfort / Beschattung:** Blau-grün gestaltete Straßen schaffen für die Stadtbewohner:innen und Straßennutzer:innen einen hohen Klimakomfort. Hier geht es vor allem um die *gefühlte* Wahrnehmung von

entspannenden, grüngerprägten Räumen und die Möglichkeit, an heißen Sonnentagen ausreichend Schatten zu finden. Der reale thermische Komfort ist jedoch auch messbar (s. Bewertung Ziele *Cool*, Kapitel 2.3). Bewertet wird der Beitrag eines Elements, subjektiv den thermischen Komfort für Passantinnen und Passanten zu erhöhen.

Der Klimakomfort ist gewährleistet, wenn das Element Schatten im Straßenraum spendet, Grünvolumen erzeugt und wenig Wärme speichert, z.B. durch einen hohen Grünanteil, gute Wasserversorgung, wenig Versiegelung und ein geringes Bauvolumen an Materialien, die Wärme speichern. Merkmale sind u.a. ein Anteil an höherer vertikaler Bepflanzung, die Beschattung von Wegen und Grünflächen, attraktive und teilweise überschirmte Aufenthaltsbereiche, Wasserplätze und -elemente.

- **Bewässerungspotenzial¹:** Potenzial für den Rückhalt von Wasser zu Bewässerungszwecken. Das Bewässerungspotenzial ergibt sich aus der Abdichtung von speicherfähigen Medien und Substraten. Die Nutzung des Bewässerungspotenzials ist im Vergleich zur Nutzung des natürlichen Bodenspeichers nur durch aktive Entnahme (z.B. Pumpen) möglich.

¹Zur Bewertung des Bewässerungspotenzial siehe Bewertungstabelle für BLUE (Tab. 3 - 5)

Annahmen und Bewertungsprozess

Klassischerweise wird eine Bewertung des Orts- bzw. Stadtbildes für mehr oder weniger komplexe Teilräume in einem konkreten stadträumlichen Kontext vorgenommen (z.B. eine asphaltierte Wohnstraße mit Vorgärten und Straßenbäumen in einem gründerzeitlichen Quartier). In Blue-GreenStreets wurde dagegen der Nutzen und die Wirkungen der einzelnen blau-grünen Elemente bewertet, die in ganz unterschiedlichen Typen von Straßenräumen und Nutzungskontexten zum Einsatz kommen können. Eine durchschnittliche Bestandssituation als Maßstab für die Bewertung zugrunde zu legen war schwierig, da die Ausstattungsmerkmale real sehr unterschiedlich ausfallen.

Als Methode wurde daher eine leitbildorientierte Bewertung¹ ausgewählt, die sich an dem Zielbild der Entwicklung hitze- und wassersensibler Straßenräume orientiert. Dazu wurden zu den drei Unterzielen jeweils Leitbilder definiert und Kriterien benannt. Anhand der Leitbilder und Kriterien wurde der Beitrag der einzelnen blau-grünen Elemente zu den grünen Unterzielen bewertet. Da es für die Ausführung der Elemente nicht *die* richtige Lösung gibt, berücksichtigt die Bewertung eine mögliche Spannweite zwischen einer einfachen und einer höherwertigen Ausführung. Dazwischen kann es unterschiedliche Ausführungstypen geben. So verbleibt eine Flexibilität bei der Umsetzung in

Abhängigkeit von der örtlichen Situation und Zielsetzung. Die Bewertung für die konkrete Ausführungsvariante ist in der angegebenen Bewertungspanne (Range) zu interpolieren.

Die Bewertung der Einzelemente erfolgte im ersten Schritt durch drei Personen von bgmr aus der Perspektive der Landschaftsplanung und -architektur. Um die Bewertung zu verifizieren, wurden weitere Personen des BGS-Teams unterschiedlicher Fachexpertisen hinzugezogen. Unabhängig von der Erstbewertung durch bgmr wurde unter Anwendung der Delphi-Methode² eine fachübergreifende Bewertung von insgesamt zehn Personen vorgenommen. Die vorliegende Bewertung der Elemente gibt das mehrheitliche Ergebnis der Delphi-Befragung wider.

Die Tabelle 9 stellt die Bewertung der Elemente hinsichtlich des Ziels *Green* in der Übersicht dar.

¹ Vgl. die Bewertungsmethode in dem Fachgutachten Stadt- und Landschaftsbildanalyse, bgmr/MUST 2020.

² Die Delphi-Methode dient als Verfahren zur Entwicklung langfristiger Prognosen sozialer und technischer Natur. Der Grundgedanke der Methode besteht darin, die fachlich intuitive Urteilskraft von Experten mit Hilfe eines strukturierten, iterativen Prozesses zu nutzen. Die systematische Abfrage von Expert:innenurteilen ist vor allem für langfristige Projektionen geeignet, für die es keine fundierte theoretische Basis gibt. (Bamberger/ Ludwig 1976)



Abb. 74 - Begrünte Baumscheibe, Wien [3]

Tab. 9 - Bewertung *Green*

<i>Green</i>	Grünes Erscheinungsbild/Biodiversität	Nutzbarkeit/Aufenthaltsqualität	Klimakomfort/Beschattung
	Maximalwerte ○ mittlere B. ●●●● sehr geringe B.* ● hohe B. ●●●●● geringe B. ●●● sehr hohe B. ●●●●●●●● *Bedeutung	Maximalwerte ○ mittlere B. ●●●● sehr geringe B. ● hohe B. ●●●●● geringe B. ●●● sehr hohe B. ●●●●●●●●	Maximalwerte ○ mittlere B. ●●●● sehr geringe B. ● hohe B. ●●●●● geringe B. ●●● sehr hohe B. ●●●●●●●●
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestandsbaum)	●●●●○○	●●●●○○	●●●●○○
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau)	●●●●○○	●●●●○○	●●●●○○
Baumrigole (ohne Speicherung)	●●●●○○	●●●●○○	●●●●○○
Baumrigole (mit Speicher)	●●●●○○	●●●●○○	●●●●○○
Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst)	●●○○○○	●●○○○○	●●○○○○
Gedichtetes Verdunstungsbeet (natürlich)	●●●●○○	●●●●○○	●●●●○○
Fassadenbegrünung bodengebunden	●●●●○○	●●○○○○	●●○○○○
Fassadenbegrünung wandgebunden	●●●●○○	●●○○○○	●●○○○○
Pergolen	●●●●○○	●●●●○○	●●●●○○
<i>Grüne Wände</i> - Lärmschutz- / Verdunstungswände	●●○○○○	●●○○○○	●●○○○○
Versickerungsmulde	●●○○○○	●●●●○○	●●○○○○
Versickerungsmulde mit Rigole	●●○○○○	●●●●○○	●●○○○○
Tiefbeet	●●○○○○	●●●●○○	●●○○○○
Tiefbeet mit Rigole	●●○○○○	●●●●○○	●●○○○○
Wasserdurchlässige Bodenbeläge/Pflaster	●○	●●○○○○	●○
Zisterne zur Niederschlagswassernutzung	— ¹	●●●●○○	—
Rückhaltung im Freiraum	—	●○○○○○	●○○○○○
Blue Streets Rückhaltung und / oder Ableitung	●	—	●○
Filterbeet	●●○○○○	●○○○○○	●●○○○○

¹ Eine Bewertung ist nicht möglich.

Tab.10 - Annahmen zu *Green* (1)

Green	Grünes Erscheinungsbild / Biodiversität – qualitatives Bewertungsspektrum	Grünes Erscheinungsbild/ Biodiversität – Bewertung
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestandsbaum)	Kleinbäume mit Rasen bis Großbäume mit Stauden und / oder Sträuchern	● ● ● ○ ○
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau)		● ● ● ○ ○
Baumrigole (ohne Speicher)		● ● ● ○ ○
Baumrigole (mit Speicher)		● ● ● ○ ○
Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst)	einfach bepflanzt (eine Art), dominante bauliche Einfassung bis vielfältig bepflanzt (Gräser, Stauden, Gehölze) ortstypische, zurückhaltende bauliche Einfassung	● ● ○ ○ ○
Gedichtetes Verdunstungsbeet (natürlich)	einfach bepflanzt (eine Art) bis vielfältig bepflanzt (Gräser, Stauden, Gehölze)	● ● ● ○ ○
Fassadenbegrünung bodengebunden	einfach bepflanzt (eine Art), geringe Fassadenabdeckung, unbewässert bis vielfältig bepflanzt (Gräser, Stauden, Gehölze), hohe Fassaden- abdeckung, bewässert	● ● ● ○ ○
Fassadenbegrünung wandgebunden		● ● ● ○ ○
Pergolen	einfach bepflanzt, lückige Bepflanzung, unbewässert bis vielfältig bepflanzt, hohe Flächenabdeckung, bewässert, stad- träumlich gut integriert	● ● ● ○ ○
<i>Grüne Wände</i> - Lärmschutzwände / Verdunstungswände	einfach bepflanzt, unbewässert, räumlich stark trennende Wirkung bis vielfältig bepflanzt, stadträumlich gut integriert, bewässert	● ● ○ ○

Nutzbarkeit/Aufenthaltsqualität – qualitatives Bewertungsspektrum	Nutzbarkeit/Aufent- haltsqualität - Bewer- tung	Klimakomfort/Beschattung – qualitatives Bewertungsspektrum	Klimakomfort/Beschat- tung - Bewertung
Baumscheibe mit Rasen, wenig nutzbar bis Baumscheibe gestaltbar und mit integrierter Sitzgelegenheit, Naturbeobachtung	● ● ● ○ ○	kleiner Baum, wenig Schatten bis großer Baum, viel Schatten	● ● ● ● ○
	● ● ● ○ ○		● ● ● ● ○
	● ● ● ○ ○		● ● ● ● ○
	● ● ● ○ ○		● ● ● ● ○
einfache Bepflanzung, technische Einfassung, wenig nutzbar bis gestaltbar und mit integrierter Sitzgelegenheit, Naturbeobachtung	● ● ○ ○ ○	Urban Wetland: besonderer urbaner Pflanzstandort: geringes Grünvolumen, hoher baulicher Anteil bis vielfältig bepflanzt, ortstypische, zurückhaltende bauliche Einfassung	● ● ○ ○
einfache Bepflanzung, wenig nutzbar bis gestaltbar und mit integrierter Sitzgelegenheit, Naturbeobachtung	● ● ● ○ ○		● ● ● ○
einfach bepflanzt, geringe Fassadenabdeckung, unbewässert, Spiel-/ Sitzgelegenheiten in weiterer Entfernung bis vielfältig bepflanzt, hohe Fassadenabdeckung, bewässert, Spiel-/ Sitzgelegenheiten u.a. in unmittelbarer Nähe	● ● ○ ○	einfach bepflanzt, geringe Fassadenabdeckung, unbewässert bis vielfältig bepflanzt, hohe Fassadenabdeckung, bewässert	● ● ○ ○
	● ● ○ ○		● ● ○ ○
einfach bepflanzt, geringer Grünanteil, unbewässert, einfache Sitzgelegenheit bis vielfältig bepflanzt, hohe Fassadenabdeckung, bewässert, Spiel-/ Sitzgelegenheiten u.a. in unmittelbarer Nähe	● ● ● ○ ○	einfach bepflanzt, lückige Bepflanzung und geringe Verschattung, unbewässert bis vielfältig bepflanzt, hohe Flächenabdeckung und gute Verschattung, bewässert	● ● ● ○ ○
einfach bepflanzt, unbewässert, räuml. stark trennende Wirkung, Spiel-/ Sitzgelegenheiten in weiterer Entfernung bis vielfältig bepflanzt, stadträumlich gut integriert, bewässert, Spiel-/ Sitzgelegenheiten u.a. in unmittelbarer Nähe	● ● ○ ○	einfach bepflanzt, unbewässert bis vielfältig bepflanzt, bewässert	● ● ○ ○

Tab. 11 - Annahmen zu *Green* (2)

Green	Versickerungsmulde		● ● ○ ○
	Versickerungsmulde mit Rigole	einfach bepflanzt (eine Art) bis vielfältig bepflanzt (Gräser, Stauden, Gehölze)	● ● ○ ○
	Tiefbeet	einfach bepflanzt, dominante bauliche Einfassung bis	● ● ○ ○
	Tiefbeet mit Rigole	vielfältig bepflanzt (Gräser, Stauden, Gehölze) ortstypische, zurückhaltende bauliche Einfassung	● ● ○ ○
	wasserdurchlässige Bodenbeläge/Pflaster	keine Fugen / keine Vegetation bis breite Fugen / hoher Vegetationsanteil	● ○
	Zisterne zur Niederschlagswassernutzung	meist unterirdisches Bauwerk ohne Stadtbildwirkung	— ¹
	Rückhaltung im Freiraum	befestigte Fläche (z.B. versiegelter Parkplatz) bis vielfältig strukturierte Feuchtlandschaft / Teich	● ○ ○ ○ ○
	Blue Streets – Rückhaltung und / oder Ableitung (Notwasserweg)	untergeordnete Stadtbildwirkung	●
	Filterbeet	einfach bepflanzt (eine Art) bis vielfältig bepflanzt (Gräser, Stauden, Gehölze)	● ● ○ ○

¹ Eine Bewertung ist nicht möglich.

einfach bepflanzt (eine Art), wenig nutzbar bis vielfältig bepflanzt oder gestaltbar und mit integrierter Sitz- gelegenheit, Naturbeobachtung	● ● ● ○ ○	einfach bepflanzt bis vielfältig bepflanzt (Gräser, Stauden, Gehölze)	● ● ○ ○
	● ● ● ○ ○		● ● ○ ○
	● ● ● ○ ○	geringes Grünvolumen, hoher baulicher Anteil bis vielfältig bepflanzt (Gräser, Stauden, Gehölze) ortstypische, zurückhaltende bauliche Einfassung	● ● ○ ○
	● ● ● ○ ○		● ● ○ ○
breite Fugen, hoher Vegetationsanteil bis keine Fugen, bespielbar, befahrbar, Spiel-/ Sitzgelegenheit	● ● ○ ○	Vollversiegelung / keine Vegetation breite Fugen / hoher Vegetationsanteil	● ○
für eingeschränkten Nutzerkreis zur Bewässerung nutzbar bis für Urban Gardening nutzbar	● ● ● ○	meist unterirdisches Bauwerk; indirekte Wirkung durch wasser- versorgtes Grün in Trockenzeiten	—
befestigte Fläche (z.B. versiegelter Parkplatz) bis vielfältig strukturierte Feuchtlandschaft oder Teich mit Natur- beobachtung und Sitzgelegenheiten / flutbare Spiel- und Sportangebote	● ○ ○ ○ ○	befestigte Fläche (z.B. versiegelter Parkplatz) bis vielfältig strukturierte Feuchtlandschaft / Teich	● ○ ○ ○ ○
untergeordn. Wirkung auf Nutzbarkeit und Aufenthaltsqualität; Nutzbarkeit als Weg / Straße nur gewährleistet, wenn es nicht als Rückhalteraum genutzt werden muss	●	Vollversiegelung, dunkle Beläge Pflasterung mit Fugen und Vegetationsanteil, helle Beläge	● ○
einfach bepflanzt, nicht integriert in öffentl. Raum bis vielfältig bepflanzt, gestalterisch integriert in den öffentlichen Raum, mit Sitzgelegenheiten o.ä.	● ○ ○ ○	einfach bepflanzt bis vielfältig bepflanzt (Gräser, Stauden, Gehölze)	● ● ○ ○

2.3 COOL– HITZEVORSORGE DURCH VERDUNSTUNG UND VERSCHATTUNG UNTERSTÜTZEN

Für die Bewertung des Ziels *Cool* wurden drei Parameter ausgewählt. Sie werden im Folgenden vertiefend beschrieben:

- **Verdunstung:** Allgemein beschreibt die Verdunstung (Evaporation) den Übergang einer Flüssigkeit in den gasförmigen Zustand (Wasserdampf). Bei diesem Prozess wird viel Wärmeenergie verbraucht, die wiederum zu einer Abkühlung der Umgebung oder benetzter Oberflächen führt (Verdunstungskälte). Alle Wasserflächen (Evaporation), Boden (Evaporation) und Pflanzen (Transpiration) verdunsten Wasser. Die Gesamtmenge der Verdunstung der Komponenten wird als Evapotranspiration bezeichnet, deren Höhe vor allem über klimatische Faktoren wie Strahlung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie das verfügbare (Boden-)Wasser bestimmt wird. Im Rahmen von BlueGreenStreets wird die Verdunstungsleistung (Evapotranspiration; ET) der verschiedenen Elemente quantifiziert und bewertet. Die Verdunstungsleistung beschreibt die Höhe der Verdunstung in l/m² eines blau-grünen Elements.
- **Veränderung der Lufttemperatur in der Nacht:** In der Nacht kommt es aufgrund anthropogener Wärmeflüsse, verringerter Durchlüftung, erhöhter Wärmekapazität und eines hohen Versiegelungsgrads zu einer Überwärmung im Stadtgebiet im Vergleich zum Umland. Die Temperaturunterschiede entwickeln sich im Verlauf der Nacht und

haben gegen vier Uhr ihr Maximum erreicht. Die Lufttemperatur des Außenraums beeinflusst entscheidend das Innenraumklima und somit auch die Möglichkeit eines erholsamen Schlafes für die Anwohner:innen. Mit steigender Außentemperatur gilt die humanbioklimatische Situation als besonders belastend. Durch diverse Maßnahmen, die die nächtliche Auskühlung während der Nacht unterstützen, kann die städtische Überwärmung lokal vermindert werden. Bewertet wird hier der Beitrag der Elemente, die Lufttemperatur während der Nacht zu verringern und dadurch die humanbioklimatische Situation zu verbessern.

- **Veränderung der Wärmebelastung am Tag:** Während des Tages beeinflussen mit der Lufttemperatur, der Luftfeuchte, der Windgeschwindigkeit sowie der Strahlungstemperatur verschiedene meteorologische Faktoren in ihrer Kombination die bioklimatische Situation des Menschen. Diese werden durch die Anwendung des Parameters Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) berücksichtigt, der hier zur Bewertung der Wärmebelastung am Tage herangezogen wird. Die höchste Wärmebelastung wird häufig während des frühen Vormittages erreicht. Bewertet wird der Beitrag der Elemente, die Wärmebelastung am Tage zu vermindern und dadurch zur Verbesserung der humanbioklimatischen Situation beizutragen.

Annahmen und Bewertungsprozess - Verdunstung

Zur tatsächlichen Verdunstungsleistung blau-grüner Infrastrukturen liegen bisher nur wenige systematische Untersuchungen und Daten vor. Zur Ableitung der Verdunstungsleistung von Bäumen wurden Messungen im Rahmen von BGS an Bäumen (*Tilia cordata*) und an verschiedenen Fassadenpflanzen durchgeführt. Weiterhin wurde ein Modell zur Quantifizierung des Wasserbedarfs und der Verdunstung entwickelt und über eigene Messdaten von Stadtbäumen validiert und kalibriert (Wessolek und Kluge 2021). Dieses wurde für die Quantifizierung der Elemente hydrologisch optimierte Baumstandorte und Baumrigolen eingesetzt. Zur Differenzierung der Verdunstungsleistung wurden die Eingangsparameter Niederschläge, Zu- und Abflüsse, Strahlung, pflanzenverfügbares Wasser und Vorrat sowie Grasreferenzverdunstung variiert. Die Bewertung des Elements Fassadenbegrünung (boden- und wandgebunden) erfolgte ebenfalls über Daten aus eigenen Messungen sowie durch Ergänzung und Abgleich mit Literaturdaten. Für die Elemente Versickerungsmulde, Tiefbeet, wasserdurchlässige Bodenbeläge / Pflaster und Verdunstungsbecken sowie -beete wurde auf Literaturdaten zurückgegriffen, wobei für letztere sehr wenige Daten vorlagen.

Die Verdunstungsleistung im Sinne der vorgestellten blau-grünen Elemente beschreibt die Höhe der Verdunstung in l/m^2 . Da die Höhe der Verdunstung neben Klimafaktoren von der Wasserverfügbarkeit abhängt, wird bei der Bewertung grundsätzlich von einer dem Element entsprechenden Wasserversorgung ausgegangen. Bei schlechter Versorgung nehmen die Verdunstungswerte ab und die Bewertung fällt dementsprechend niedriger aus. Für die Bewertung wurden zwei Bewertungsmaßstäbe angesetzt:

1. die Bewertung der ET bezogen auf die Blattfläche, bzw. Fläche pro m^2 . Die Blattfläche entspricht der Standfläche.
2. die Bewertung wurde auf die verdunstungswirksame Fläche pro m^2 bezogen, bzw. skaliert.

Dies bedeutet z.B., dass die einzelnen Elemente zwar die gleiche Standfläche ($=1 m^2$) besitzen, dass die Elemente Baum oder Fassadengrün im Gegensatz zu dem Element Versickerungsmulde aber höhere verdunstungswirksame Flächen pro Grundfläche (Baumkrone z.B. $26 m^2$; bewachsene Wand z.B. $20 m^2$) aufweisen. So ist z.B. die Verdunstungsleistung eines Baumes bei ausreichender Wasserversorgung durch die höhere verdunstungswirksame Fläche bei gleicher Grundfläche etwa 10-mal höher als die einer Muldenfläche. Tabelle 13 stellt die getroffenen Annahmen, bzw. die Werte der Verdunstungsleistung der Elemente in der Übersicht dar.

Annahmen und Bewertungsprozess - Veränderung der Lufttemperatur in der Nacht und der Wärmebelastung am Tag

Thermische Effekte von blau-grünen Elementen sind immer abhängig von den meteorologischen Einflüssen und vom räumlichen Kontext, in dem sie sich befinden. Um die Wirkung der blau-grünen Elemente individuell betrachten und untereinander vergleichen zu können, wurde die Idee der **Modellstraße** entwickelt. Die Modellstraße ist ein fiktiver, idealisierter Straßenraum (s. Abb. 76), in den die einzelnen blau-grünen Elemente *hineingesetzt* werden können. Ihr Effekt auf die humanbioklimatische Situation im Straßenraum kann auf diese Weise individuell analysiert werden. Da jedes blau-grüne Element unter den gleichen Rahmenbedingungen, d.h. im gleichen Straßenraum, unter den gleichen meteorologischen Bedingungen, analysiert wird, können die Effekte der einzelnen blau-grünen Elemente auf die humanbioklimatische Situation im Straßenraum miteinander verglichen werden.

Die humanbioklimatische Situation während des Tages und während der Nacht wird anhand unterschiedlicher Indikatoren im bodennahen Bereich analysiert. Für die Nacht wird die Ausprägung der Lufttemperatur um 4 Uhr herangezogen, für die Tagsituation wird die PET um 14 Uhr verwendet. Bewertet wird, in welchem Maße die blau-grünen

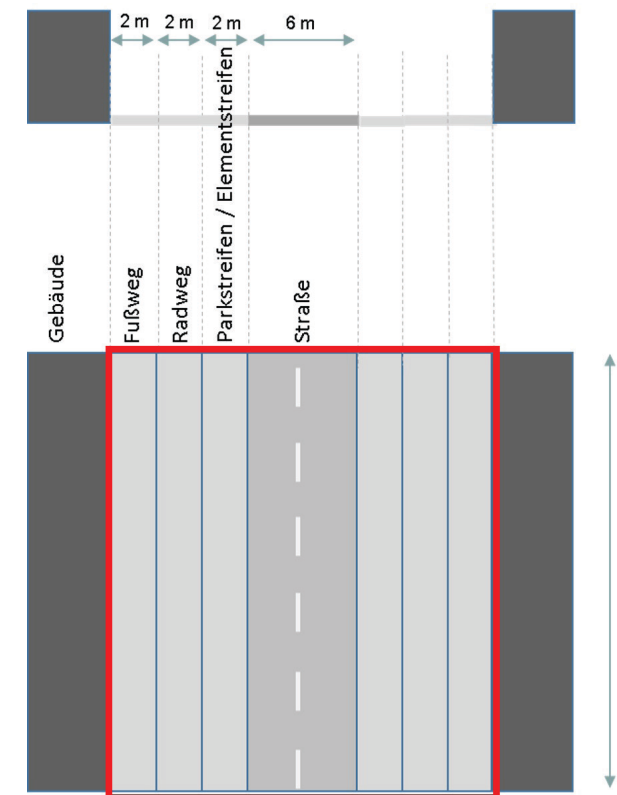


Abb. 76 - Skizzierte Darstellung der Modellstraße, wie sie für BlueGreenStreets entwickelt wurde. Sie weist eine Länge von etwa 70 m und zwischen der Randbebauung eine Breite von 18 m auf. Der rote Rahmen kennzeichnet den Bilanzraum [11]

Elemente zur Veränderung der humanbioklimatischen Situation am Tage und in der Nacht beitragen.

Modell und Modelleingangsdaten

Die Untersuchung erfolgt mit dem mikroskaligen Modell ASMUS_green (Ausbreitungs- und Strömungs-Modell für Urbane Strukturen 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 (Gross 2012). Die Simulationen werden auf einem kartesischen Gitter mit Gitterweiten von 2 m in der Horizontalen und 2 m in der Vertikalen in Bodennähe durchgeführt. In der Analyse wird eine autochthone Wetterlage als meteorologische Rahmenbedingung herangezogen. Unter dieser strahlungsintensiven Wetterlage ohne vorhandenen übergeordneten Wind bilden sich besonders hohe thermische Belastungssituationen aus.

Um die Analyse der Elemente durchzuführen wurde zunächst im Projektverbund abgestimmt, wie die Elemente im Modell abgebildet werden. Eine möglichst realitätsnahe Abbildung war das Ziel. Aufgrund der Modellauflösung von 2 m war eine gewisse Abstrahierung jedoch nicht zu vermeiden. Innerhalb des Modells werden die Elemente anhand ihrer Ausdehnung sowie ihrer Verdunstungsleis-

tung unterschieden. Des Weiteren können die Elemente frei im Modellstraßenraum platziert werden. Es wurde entschieden, die Bauelemente sowie Verdunstungsbecken und -beete, Versickerungsmulde und Tiefbeete, die wasserdurchlässigen Bodenbeläge sowie die begrünten Lärmschutzwände auf den Parkstreifen (s. Bezeichnung in Abb. 76) zu beiden Seiten der Straße zu platzieren. Die Pergola wurde über dem Fußweg platziert, die Fassadenbegrünung an den zur Straße gerichteten Hausfassaden. Diese Platzierung der Elemente geschah mit dem Ziel, eine möglichst realitätsnahe Straßenraumgestaltung abzubilden. Zusammenfassende Informationen zur Abbildung der Elemente im Modell bietet Tabelle 14. Während des fortschreitenden Arbeitsprozesses hat sich

herausgestellt, dass die Bauelemente sowie einige begrünte Bodenelemente sehr vergleichbare Modellergebnisse liefern. Daher wurden sie im weiteren Prozess zusammengefasst, so dass stellvertretend für die Bauelemente der hydrologisch optimierte Bestandsbaum und für die Bodenelemente das gedichtete Verdunstungsbecken modelliert wurden. Sie wurden unter den Begriffen *begrünte Bodenelemente* und *Bäume* zusammengefasst. Weitere Informationen zu den Elementannahmen im Modell sind ebenfalls in Tabelle 14 zu finden.

Bewertung der Elementwirkung: Eine Aussage zum Effekt der Elemente auf die humanbioklimatische Situation im Straßenraum erhalten wir, indem

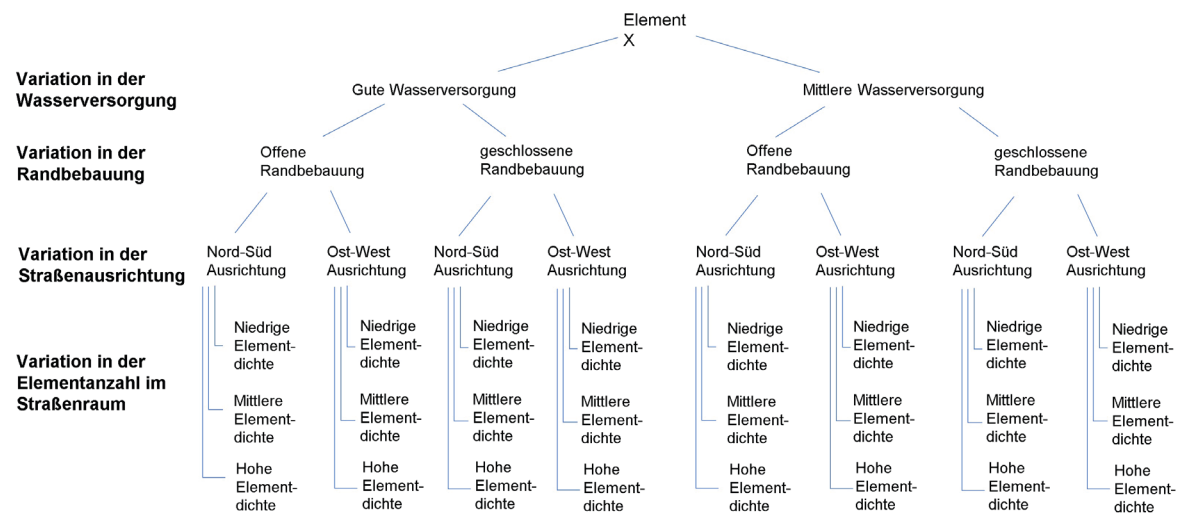


Abb. 77 - Übersicht über die Modellvariationen für jedes Element [11]

wir die Situation zuerst in einem *grauen*, vollversiegelten Straßenraum, frei von Elementen untersuchen (*Ausgangssituation*) und danach die Situation in einem Straßenraum bestückt mit blau-grünen Elementen betrachten. Die Differenz dieser beiden Situationen beschreibt den Effekt der darin angelegten blau-grünen Elemente. Der Effekt wurde für jedes Element individuell bestimmt. Es wurden keine Kombinationen von Elementen betrachtet, um Wechselwirkungen zu vermeiden.

Wie eingangs beschrieben, ist die Wirkung eines Elements von verschiedenen äußeren Einflüssen abhängig. Um dieser Variabilität an Einflüssen gerecht zu werden, wurde die Wirkung eines Elements mehrfach und unter verschiedenen Rahmenbedingungen analysiert. Folgende Rahmenbedingungen wurden berücksichtigt:

Veränderung der Straßenausrichtung: Die Sonneneinstrahlung und der daraus resultierende Schattenwurf von Gebäuden und anderen Strukturen hat einen bedeutenden Einfluss auf die Ausprägung der Wärmebelastung am Tage. Die Wirkung eines Elements ist beispielsweise davon abhängig, ob es sich im Schatten eines Gebäudes befindet oder nicht. Daher wurden verschiedene Straßenausrichtungen und damit unterschiedliche Einstrahlungswinkel berücksichtigt. Die Windströmung verläuft immer parallel zur Straße.

Veränderung der Gestaltung der Randbebauung:

Die Art der Randbebauung eines Straßenraums beeinflusst den Schattenwurf sowie das Strömungsfeld im Straßenraum.

Variation der Wasserversorgung:

Die Wasserverfügbarkeit einer Pflanze steuert deren Verdunstungsleistung, welche wiederum die kühlende Wirkung eines grünen Elements während des Tages beeinflusst. Sinkt die Wasserverfügbarkeit, z.B. während sommerlicher Trockenzeiten, verringert sich auch die Verdunstungsleistung eines grünen Elements.

Variation der Elementdichte: Wie häufig ein Element in einem Straßenraum angelegt wird, bestimmt dessen Wirkung entscheidend. Je größer die Anzahl eines Elements im betrachteten Straßenraum, desto größer der Effekt im Vergleich zum grauen Ausgangszustand. Jedoch ist nicht immer die Möglichkeit oder die Absicht vorhanden, die maximal mögliche Anzahl eines Elements im Straßenraum zu platzieren. Des Weiteren ist mehr nicht immer besser. Daher wurden verschiedene Elementdichten analysiert.

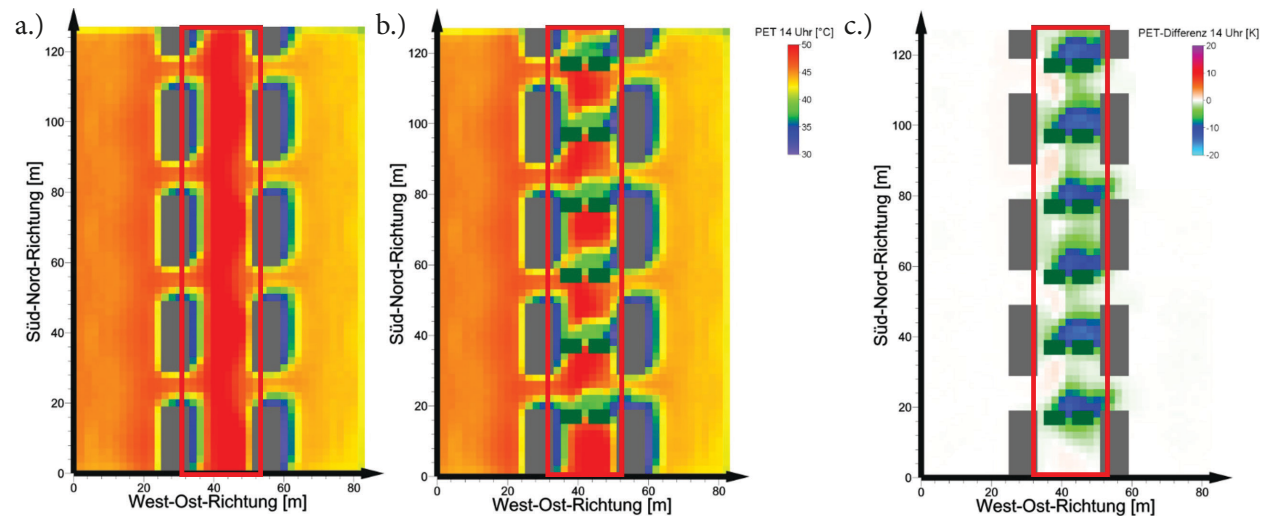
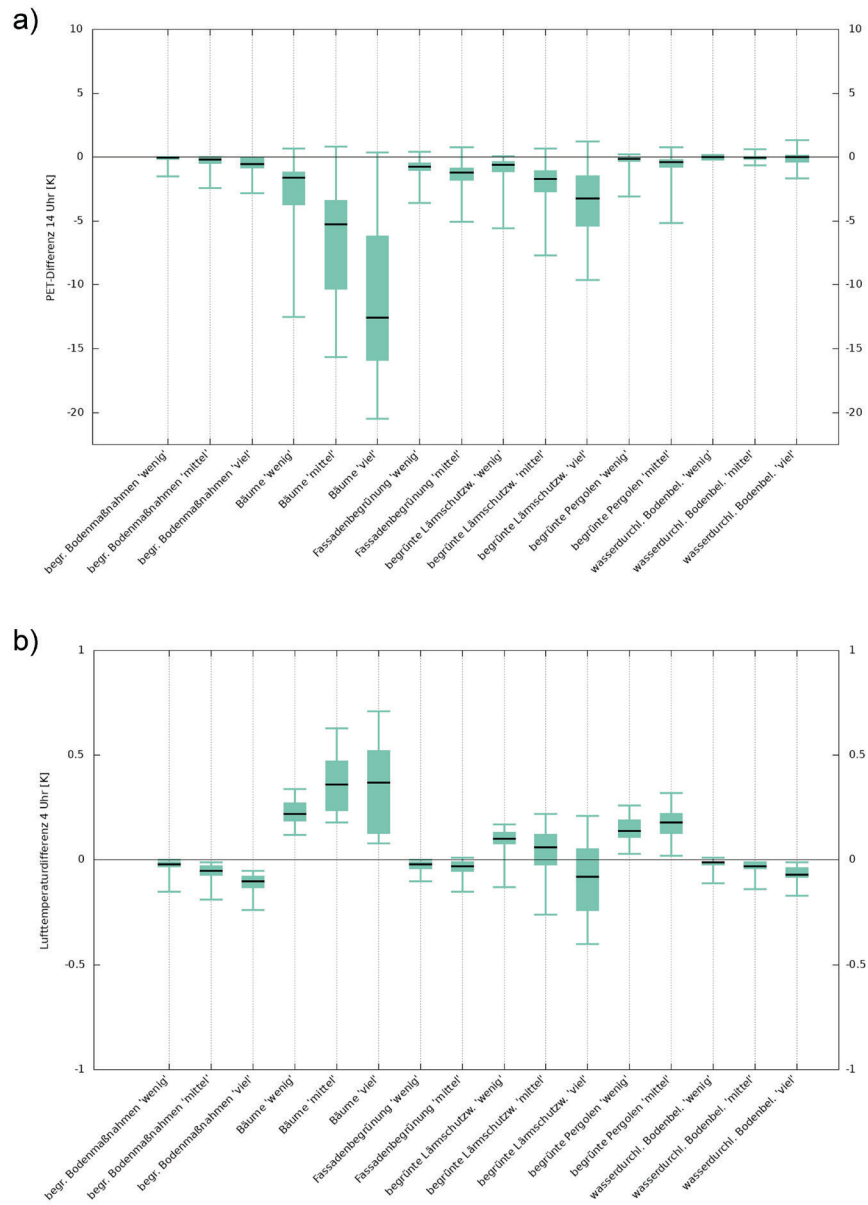


Abb. 78 - Ausprägung der PET über einen beispielhaften Straßenraum aus den Modellstraßenvariationen mit einer Ausrichtung von Nord nach Süd und offener Randbebauung. Der rote Rahmen beschreibt den Bilanzraum zwischen den Gebäuden, der in die Bewertung einfließt. a.) Ausprägung der PET in einem grauen Straßenraum ohne Elemente, b.) Ausprägung der PET im gleichen Straßenraum, mit Bäumen, c.) zeigt die Differenz [11]



Insgesamt wurden für jedes Element 24 Varianten betrachtet, also 24 Modellrechnungen durchgeführt. Einen Überblick bietet Abbildung 77. Die Annahmen für die Varianten sind in Tabelle 14 für jedes Element beschrieben.

Der Bilanzraum für unsere Bewertung ist der gesamte Straßenraum. Das bedeutet, für die Bewertung werden alle Bereiche des Straßenraums berücksichtigt, auch jene, die relativ weit entfernt von den Elementen liegen. In Abbildung 76 ist der Bilanzraum durch einen roten Rahmen gekennzeichnet. Er ist etwa 70 m lang und 18 m breit. Jede Modellrechnung liefert die Indikatoren PET und nächtliche Lufttemperatur über den gesamten Straßenraum. Die Abbildung 78 zeigt am Beispiel einer Nord-Süd-ausgerichteten Straße mit offener Randbebauung die Ausprägung der PET für einen vollversiegelten Straßenraum ohne Elemente (Abb. 78a) sowie für einen Straßenraum mit Baumpflanzungen (Abb. 78b). Für die Bewertung der Indikatoren wird jede Rasterzelle des Straßenraumes zwischen den Gebäuden berücksichtigt. Es wird also für jede dieser Rasterzellen die Differenz zur grauen Ausgangssituation gebildet, um die Wirkung der Elemente darzustellen. Die Temperaturdifferenz wird in Kelvin angegeben. Abbildung 78c zeigt die Differenz zwischen einem Straßenraum ohne Baumpflanzungen und mit Baumpflanzungen. Es wird deutlich, dass im Schattenbereich der Bäume die Differenz besonders hoch ausfällt, da hier der Schutz vor der direkten Sonneneinstrahlung für eine deutliche Abkühlung sorgt. Mit zunehmender Entfernung nimmt die kühlende Wirkung der Bäume ab.

Abb. 79 - Effekte der BGS-Elemente für unterschiedliche Elementdichten. *Wenig* beschreibt eine niedrige Elementdichte, *mittel* eine mittlere Elementdichte, *viel* steht für eine hohe Elementdichte. a) zeigt die Effekte während der Tagsituation anhand des Parameters PET. Die Effekte während der Nacht werden in b) anhand der Lufttemperatur beschrieben. Die Effekte der Elemente auf die thermische Situation fallen tagsüber deutlich größer aus als während der Nacht, daher werden sie durch unterschiedliche X-Achsen dargestellt. [11]

Theoretisch kann für jede der insgesamt 144 Varianten eine solche Differenz-Abbildung erstellt werden, die die Effekte der Elemente über den gesamten Straßenraum zeigt. Dies ist allerdings nicht praktikabel, um die Effekte der verschiedenen Elemente miteinander zu vergleichen. Daher wurden die Differenzwerte für alle Elemente und für die verschiedenen Elementdichten zusammengefasst und mittels Boxplot dargestellt (s. Abb. 79). Auf diese Weise kann die gesamte Spannbreite der Wirkung eines jeden Elements dargestellt werden. Negative Werte stehen für eine Verminderung von PET bzw. Lufttemperatur, positive Werte für eine Erhöhung. Die Ausdehnung der Box zeigt das obere und das untere Quartil der Differenzwerte an, der Strich innerhalb der Box beschreibt den Median. Die Ausdehnung der Whisker der Boxplots zeigt die maximalen und minimalen Effekte (0,1 – 99,9 % aller Werte) der Elemente auf PET bzw. Lufttemperatur. Tabelle 14 können die Modellergebnisse, die den Boxplots zugrunde liegen, entnommen werden.

Für die Bewertung wird die gesamte Spannbreite, die die Whisker aufspannen, berücksichtigt. Innerhalb der Whisker liegen 99,8 % aller beobachteten Werte. Ein Element wird positiv bewertet, wenn es dazu beiträgt, die Lufttemperatur während der Nacht bzw. die PET während des Tages zu vermindern.

Grundlage für die Bewertung sind die Erfahrungen aus der gutachterlichen Praxis. Die maximale Punktzahl von fünf wird erreicht, wenn durch das Element ein sehr starker positiver Effekt erreicht wird. Vereinzelt werden auch negative Effekte erzielt. Diese werden durch Negativpunkte dargestellt. Für den Parameter *Veränderung der Wärmebelastung am Tage*, dargestellt durch den Indikator PET, wurden folgende Klassen gebildet und dementsprechend mit Punkten bewertet:

Bewertung	Wertespanne	Beschreibung
-1	$\geq +1$ K	moderate Erhöhung der Wärmebelastung
1	≤ -1 K	moderate Verminderung der Wärmebelastung
2	≤ -2 K	moderate bis mittlere Verminderung der Wärmebelastung
3	≤ -4 K	mittlere bis hohe Verminderung der Wärmebelastung
4	≤ -6 K	hohe bis sehr hohe Verminderung der Wärmebelastung
5	≤ -8 K	sehr hohe Verminderung der Wärmebelastung

Für den Parameter *Veränderung der Lufttemperatur in der Nacht* wurden folgende Bewertungsklassen festgelegt:

Bewertung	Wertespanne	Beschreibung
-3	$\geq +0,6$ K	mittlere bis starke Erhöhung der Lufttemperatur
-2	$\geq +0,4$ K	moderate bis mittlere Erhöhung der Lufttemperatur
-1	$\geq +0,1$ K	moderate Erhöhung der Lufttemperatur
0	$> -0,1$ bis $< +0,1$ K	keine wirksame Veränderung der Lufttemperatur
1	$\leq -0,1$ K	moderate Verminderung der Lufttemperatur
2	$\leq -0,4$ K	moderate bis mittlere Verminderung der Lufttemperatur
3	$\leq -0,6$ K	mittlere bis hohe Verminderung der Lufttemperatur
4	$\leq -0,8$ K	hohe bis sehr hohe Verminderung der Lufttemperatur
5	≤ -1 K	sehr hohe Verminderung der Lufttemperatur

Die Tabelle 12 stellt die Bewertung aller Elemente hinsichtlich der drei oben beschriebenen Parameter in der Übersicht dar.

Tab.12 - Bewertung *Cool*

<i>Cool</i>	mittlere Verdunstung ET in l/m ² /d*	Veränderung der Wärmebelastung am Tage	Veränderung der Lufttemp. in der Nacht
	> 0 l/m ² /d* ● > 2 l/m ² /d ●● > 5 l/m ² /d ●●●● > 11 l/m ² /d ●●●●●● > 20 l/m ² /d ●●●●●●●●	max./min. Werte ○/○ ≥ +1 K ● ≤ -1 K ● ≤ -2 K ●● ≤ -4 K ●●●● ≤ -6 K ●●●●●● ≤ -8 K ●●●●●●●●	max./min. Werte ○/○ ≥ +0,6 K ●●●● ≥ +0,4 K ●●●● ≥ +0,1 K ● ≤ -0,1 K ● ≤ -0,4 K ●●●● ≤ -0,6 K ●●●●●● ≤ -0,8 K ●●●●●●●● ≤ -1 K ●●●●●●●●
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestandsbaum) Baum 22 Jahre alt	●●●●●●	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau) Baum 10 Jahre alt	●●●●●	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau) Baum 22 Jahre alt	●●●●●●	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○
Baumrigole (ohne Speicherung); Baum 10 Jahre alt	●●●●●	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○
Baumrigole (ohne Speicherung); Baum 22 Jahre alt	●●●●●●	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○
Baumrigole (mit Speicher); Baum 10 Jahre alt	●●●●●	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○
Baumrigole (mit Speicher); Baum 22 Jahre alt	●●●●●●	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○
Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst)	●●●	○ ○	○
Gedichtetes Verdunstungsbeet (natürlich)	●●●	○ ○	○
Fassadenbegrünung bodengebunden	●●●●●●	○ ○	○
Fassadenbegrünung wandgebunden	●●●●●●	○ ○	○
Pergolen	●●●●●	○ ○ ○	●
Grüne Wände - Lärmschutzwände / Verdunstungswände	●●●●●●	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○
Versickerungsmulde	●●	○ ○	○
Versickerungsmulde mit Rigole	●●	○ ○	○
Tiefbeet	●●	○ ○	○
Tiefbeet mit Rigole	●●	○ ○	○
Wasserdurchlässige Bodenbeläge/Pflaster	●	○ ○	○
Zisterne zur Niederschlagswassernutzung	— ¹	—	—
Rückhaltung im Freiraum	—	—	—
Blue Streets – Rückhaltung und / oder Ableitung	—	—	—
Filterbeet	●●	—	—

¹ Eine Bewertung ist nicht möglich.



Abb. 80 - Rasenmulde mit Baum als Maßnahme der dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im Wohnquartier Ortolfstraße, Berlin [12]

Tab. 13 - Annahmen zur mittleren Verdunstung

Cool	Elemente	ET (l/m ²)	+ Niederschlag	ET incl. Interzep-	l/m ²	Vegetationspe-	Bewertung	Bewertung gut
		gut versorgt	(20 % Jahres ET) Interzeption (%)	tion l/Grundfläche gut versorgt Gesamt ET/d	/ Blattfläche Gesamt ET l/d	riode 01.04. - 30.09. Gesamt l/VG	gut versorgt l/m ² Blattfläche	mit Wasser versorgt l/m ² *Grundfläche
	Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestandsbaum), Baumkrone Gesamt = 24 m ²	2,1	10	60	2,5	10872	2	5
	Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau) - Alter =10 Jahre; Baumkrone Gesamt = 1,5 m ²	6,4	2	12	7,7	2074	5	4
	Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau) - Alter =20 Jahre; Baumkrone Gesamt = 24 m ²	2,6	12	75	3,1	13478	2	5
	Baumrigole (mit Speicher) - Alter =10 Jahre; Baumkrone 1,5 m ²	6,8	2	12	8,2	2203	5	4
	Baumrigole (mit Speicher) - Alter =20 Jahre; Baumkrone = 24 m ²	3,1	15	89	3,7	16070	3	5
	Baumrigole; Baumkrone Gesamt = 1,5 m ²	6,4	2	12	7,7	2074	5	4
	Baumrigole; Baumkrone Gesamt = 24 m ²	3,1	15	89	3,7	16070	3	5
	Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst) -Schilf; = 1 m ²	6	1	7	6,6	1188	4	3
	Gedichtetes Verdunstungsbeet (natürlich) - Schilf; = 1 m ²	6	1	7	6,6	1188	4	3
	Fassadenbegrünung bodengebunden = 20 m ²	3	12	72	3,6	12960	3	5
	Fassadenbegrünung wandgebunden = 20 m ²	3	12	72	3,6	12960	3	5
	Pergolen; = 5 m ²	2	2	12	2,4	2160	2	4
	Grüne Wände - Lärmschutzwände / Verdunstungswände; = 20 m ²	2	8	48	2,4	8640	2	5
	Versickerungsmulde; = 1 m ²	4,7	1	6	5,6	1015	4	2
	Versickerungsmulde mit Rigole; = 1 m ²	4,7	1	6	5,6	1015	4	2
	Versickerungsmulde mit Baum; = 1 m ² + Baum 1,5 m ²	7	2	13	8,8	2378	5	4
	Versickerungsmulde mit Baum; = 26	4	17	102	4,2	18351	3	5
	Tiefbeet; =1 m ²	4,7	1	6	5,6	1015	4	2
	Tiefbeet mit Rigole; = 1 m ²	4,7	1	6	5,6	1015	4	2
	Wasserdurchlässige Bodenbeläge/Pflaster; = 1 m ²	1,2	0	1	1,4	259	1	1
	Filterbeet; = 1 m ²	4,7	1	6	5,6	1015	4	2

ET incl. Interzeption mittel versorgt Gesamt ET/d	l/m ² / Blattfläche Gesamt ET l/d	Vegetations- periode 01.04. - 30.09. Gesamt l/VG	Bewertung mittlere Wasser- versorgung l/m ² Blattfläche	Bewertung mittlere Wasserversorgung l/m ² *Grundfläche
56	2,3	10008	2	5
6	3,8	1021	3	3
68	2,8	12182	2	5
8	5,3	947	3	3
70	2,9	12614	2	5
7	4,6	1237	3	3
70	2,9	12614	2	5
5	5,1	918	3	2
5	5,1	918	3	2
36	1,8	6480	2	5
36	1,8	6480	2	5
8	1,6	1440	2	3
32	1,6	5760	2	5
4	4,0	727	3	2
4	4,0	727	3	2
9	6,1	1103	4	3
87	3,6	18956	3	5
4	4,0	727	3	2
4	4,0	727	3	2
1	0,7	133	0	0
4	4,0	727	3	2

Coole Ziele	Elemente	
	Zisterne	keine Bewertung
	Notwasserwege: gelenkter Starkregenabfluss	keine Bewertung
	Rückhaltung im Freiraum	keine Bewertung

Tab. 14 - Annahmen, Modellergebnisse und Bewertung zur Veränderung der Wärmebelastung am Tage und zur Veränderung der Lufttemperatur in der Nacht

Cool	Elemente	Variationen			
		Verdunstungsleistung der Elemente unter verschiedenen Wasserverfügbarkeiten <i>(Quelle: Annahmen der Bewertung zur Verdunstung im Ziel Cool exkl. Interzeption)</i>	Gestaltung der Randbebauung der Modellstraße	Ausrichtung der Modellstraße	Elementanzahl im Straßenraum (prozentualer Anteil am Straßenraum bzw. an der Fassadenfläche)
	Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestandsbaum und Neubau), Baumrigole mit Speicherelement <i>Während des Arbeitsprozesses wurden die unterschiedlichen Verdunstungsleistungen der verschiedenen Bauelemente berücksichtigt. Da sich im Laufe des Arbeitsprozesses jedoch herausgestellt hat, dass die Auswirkungen in der Modellrechnung vernachlässigbar gering sind, wurden die verschiedenen Bauelemente in der Modellrechnung nicht differenziert betrachtet. Sie werden am Beispiel eines hydrologisch optimierten Bestandsbaumes analysiert.</i>	gute Wasserversorgung: 50 l/d mittlere Wasserversorgung: 46 l/d			<i>wenig</i> = niedrige Elementdichte: 15 % <i>mittel</i> = mittlere Elementdichte: 30 % <i>viel</i> = hohe Elementdichte: 67 %
	Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst), gedichtetes Verdunstungsbeet, Versickerungsmulde (mit Rigole), Tiefbeet (mit Rigole) <i>Während des Arbeitsprozesses wurden die unterschiedlichen Verdunstungsleistungen der verschiedenen Bodenelemente berücksichtigt. Da sich im Laufe des Arbeitsprozesses jedoch herausgestellt hat, dass die Auswirkungen in der Modellrechnung vernachlässigbar gering sind, wurden die verschiedenen Bodenelemente in der Modellrechnung nicht differenziert betrachtet. Sie werden am Beispiel eines gedichteten Verdunstungsbeckens analysiert.</i>	gute Wasserversorgung: 6 l/m ² mittlere Wasserversorgung: 4 l/m ²			<i>wenig</i> = niedrige Elementdichte: 5 % <i>mittel</i> = mittlere Elementdichte: 10 % hohe Elementdichte: 22 %
	Wasserdurchlässige Bodenbeläge	gute Wasserversorgung: 1,2 l/m ² mittlere Wasserversorgung: 0,5 l/m ²	offene Randbebauung: 20 m breite Gebäude mit 10 m Baulücke Gebäudehöhe: 8 m	Ost-West Nord-Süd	<i>wenig</i> = niedrige Elementdichte: 5 % <i>mittel</i> = mittlere Elementdichte: 10 % <i>viel</i> = hohe Elementdichte: 22 %
	Grüne Wände	gute Wasserversorgung: 2 l/m ² mittlere Wasserversorgung: 1,2 l/m ²	geschlossene Randbebauung: keine Baulücken Gebäudehöhe: 18 m		<i>wenig</i> = niedrige Elementdichte: 5 % <i>mittel</i> = mittlere Elementdichte: 10 % <i>viel</i> = hohe Elementdichte: 22 %
	Pergolen	gute Wasserversorgung: 2 l/m ² mittlere Wasserversorgung: 1,2 l/m ²			<i>wenig</i> = niedrige Elementdichte: 5 % <i>mittel</i> = mittlere Elementdichte: 10 % auf die Betrachtung einer hohen Elementdichte wurde verzichtet, da planerisch nicht relevant
	Fassadenbegrünung (wand- und bodengebunden)	gute Wasserversorgung: 3 l/m ² mittlere Wasserversorgung: 1,2 l/m ²			<i>wenig</i> = niedrige Elementdichte: 26 % (geschlossene Randb.), 30 % (offene Randb.) <i>mittel</i> = mittlere Elementdichte: 54 % (geschlossene Randb.), 50 % (offene Randb.) auf die Betrachtung einer hohen Elementdichte wurde verzichtet, da planerisch nicht relevant

Aufbau und Platzierung der Elemente in der Modellstraße		Modellergebnisse Veränderung der Wärmebelastung am Tage in K					Bewertung Veränderung der Wärmebelastung am Tage	Modellergebnisse Veränderung der Lufttemperatur in der Nacht in K					Bewertung Veränderung der Lufttemperatur in der Nacht
		0,1 % Quantil	25 % Quantil	50 % Quantil	75 % Quantil	99,9 % Quantil		0,1 % Quantil	25 % Quantil	50 % Quantil	75 % Quantil	99,9 % Quantil	
Strukturhöhe: 12 m Lichte Höhe: 4 m projizierte Kronenfläche: 24 m ² Standort: Auf dem Parkstreifen entlang der Straße, auf beiden Straßenseiten, in regelmäßigen Abständen	niedrige Elementdichte	-12,5	-3,7	-1,6	-1,2	0,7	0 bis 5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	-3 bis 0
	mittlere Elementdichte	-15,6	-10,3	-5,3	-3,4	0,8		0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	
	hohe Elementdichte	-20,5	-15,7	-12,6	-6,2	0,4		0,1	0,1	0,4	0,5	0,7	
Strukturhöhe: 0 m Maße pro Beet: 2 m x 4 m Standort: Auf dem Parkstreifen entlang der Straße, auf beiden Straßenseiten, in regelmäßigen Abständen	niedrige Elementdichte	-1,5	-0,1	-0,1	0	0	0 bis 2	-0,2	0	0	0	0	0 bis 1
	mittlere Elementdichte	-2,4	-0,4	-0,2	-0,1	0		-0,2	-0,1	-0,1	0	0	
	hohe Elementdichte	-2,8	-0,8	-0,5	-0,2	0		-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Strukturhöhe: 0 m Maße pro Abschnitt: 2 m x 4 m Standort: Auf dem Parkstreifen entlang der Straße, auf beiden Straßenseiten, in regelmäßigen Abständen	niedrige Elementdichte	-0,2	0	0	0	0,2	-1 bis 1	-0,1	0	0	0	0	0 bis 1
	mittlere Elementdichte	-0,7	-0,1	0	0	0,6		-0,1	0	0	0	0	
	hohe Elementdichte	-1,7	-0,3	0	0,1	1,3		-0,2	-0,1	-0,1	0	0	
Strukturhöhe: 4 m Maße pro Wandelement: 2 m x 4 m Standort: Auf dem Parkstreifen entlang der Straße, auf beiden Straßenseiten, in regelmäßigen Abständen	niedrige Elementdichte	-5,6	-1,1	-0,6	-0,4	0,1	-1 bis 4	-0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	-1 bis 2
	mittlere Elementdichte	-7,7	-2,7	-1,7	-1,1	0,7		-0,3	0	0,1	0,1	0,2	
	hohe Elementdichte	-9,3	-5,3	-3,2	-1,5	1,2		-0,4	-0,2	-0,1	0,1	0,2	
Strukturhöhe: 4 m Lichte Höhe: 2 m Grundfläche: 2 m x 4 m Begrünung der Dachfläche Standort: Über dem Bürgersteig zwischen Randbebauung und Straße, auf beiden Straßenseiten, in regelmäßigen Abständen	niedrige Elementdichte	-3,1	-0,3	-0,2	-0,1	0,2	0 bis 3	0	0,1	0,2	0,2	0,3	-1
	mittlere Elementdichte	-5,2	-0,7	-0,4	-0,3	0,8		0	0,1	0,2	0,2	0,3	
	hohe Elementdichte	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	
Standort: an der Gebäudefassade in Richtung Straße, auf beiden Straßenseiten Begrünung über die gesamte Gebäudehöhe Fenster sind nicht berücksichtigt	niedrige Elementdichte	-3,6	-1	-0,7	-0,5	0,4	0 bis 2	-0,1	0	0	0	0	0 bis 1
	mittlere Elementdichte	-5,1	-1,8	-1,2	-0,9	0,8		-0,2	-0,1	0	0	0	
	hohe Elementdichte	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	

3

PRAXISBEISPIELE

PRAKTISCHE HINWEISE ZU VERANTWORTLICHKEITEN UND
FINAZIERUNG BEI PLANUNG UND UNTERHALTUNG
AUS BERLIN UND HAMBURG

3 PRAXISBEISPIELE BLAU-GRÜNER MASSNAHMEN

3.1 STRASSENBEGLEITENDE MULDEN UND MULDENRIGOLEN

Berlin

In Berlin gibt es bereits langjährige Erfahrungen zur Anlage und Unterhaltung von straßenbegleitenden Mulden und Muldenrigolen. Eine Erfassung und Auswertung betrieblicher Erfahrungen und Kosten in den Jahren 2017/2018 ergaben einen Bestand von insgesamt 124.000 m² Muldenfläche. Sie sind verschiedenartig bepflanzt, wobei überwiegende Anteile (ca. 95 %) eine Bepflanzung nur mit Rasen aufweisen. Die Aufgabenverteilung sowie pflege- und betriebsrelevante Regelungen werden von der Regenwasseragentur und den Berliner Wasserbetrieben (BWB) wie folgt zusammengefasst:

Tab. 15 - Aufgabenverteilung sowie pflege- und betriebsrelevante Regelungen für straßenbegleitende Mulden¹

Berliner Wasserbetriebe	Bezirk	Berliner Stadtreinigung
Rasen mähen	ggf. Baumwahl, Baumpflege, Baumersatz	Müllberäumung
Fallauberäumung	ggf. alternative Pflanzwahl	Straßenreinigung

ggf. alternative Pflanzwahl	ggf. Mahd von funktional getrennten Baum-podesten	
Rückschnitt Pflanzen	Verkehrssicherheit	
Reinigung Bord-durchlässe & Rinnen		
Behebung von Wühl-, Tritt- und Überfahrtschäden		
Bodenaustausch		

Hamburg

Straßenbegleitende Mulden werden in Hamburg als Gräben bezeichnet und unterliegen überwiegend der Verantwortung der Straßenbaulastträger oder der verantwortlichen wasserwirtschaftlichen Behörde. Sofern sie die Entwässerung mehrerer Grundstücke übernehmen werden sie als Gewässer eingestuft. Wenn nur Verkehrswege angeschlossen sind, unterliegen sie dem Straßenbau. Für die Pflege der Gewässer sind, je nach Einstufung, die BUKEA oder die Wasserwirtschaft in den Bezirken verantwortlich. Für Straßen, Plätze, Grünanlagen oder Spielplätze, die für eine Niederschlagswasserableitung im Sinne einer temporären Sekundärnutzung mitbenutzt werden, gibt es im Fall des Regenspielplatzes in Neugraben Fischbek für den erhöhten

Pflegeaufwand durch die Niederschlagswasserableitung eine vertragliche Vereinbarung.

3.2 EINSATZ VON TIEFBEETEN ZUR STRASSENENTWÄSSERUNG

Berlin

Für Straßen ohne beengte Platzverhältnisse und Wohngebiete sieht das Maßnahmenportfolio der BWB vor allem Mulden und Mulden-Rigolen vor (i.d.R. Rasenmulden). Darüber hinaus sind Tiefbeete in Planung, die als Versickerungsanlage besonders platzsparend sind und daher besonders im urbanen Raum infrage kommen. Merkmale von Tiefbeeten sind eine bauliche Einfassung bzw. klare Abgrenzung, meist eine hochwertige Ausführung der Einfassung und ansprechende Bepflanzungen.

Für die Zuständigkeit von Planung, Bau und Betrieb von Tiefbeeten gibt es in Berlin bislang noch keine Erfahrungen. Zur Verteilung der Aufgaben haben die BWB einen Vorschlag zu Diskussion vorgelegt, wonach:

- die Planung, der Bau, Betrieb und die Erneuerung von Tiefbeeten als Anlage der Straßentwässerung bei den BWB liegt (*Rahmenvertrag*),

¹ Dazugehörige Regelwerke: BWB Regelblattserie 600: Oberbodenzusammensetzung, Regelquerschnitte, Zulauf, Pflanzenarten, Kontrollschächte, Überführungsschutz, etc.; SenUVK, Wasserbehörde: Hinweisblatt 2 zur Antragstellung: Versickerung von Niederschlagswasser: regelt auch Bepflanzung von Versickerungsanlagen mit Bäumen.

- Straßenbaulastträger und BWB gemeinsam über den Einsatz von Tiefbeeten entscheiden,
- analog zu Mulden auch hier eine Planung aus einer Hand anzustreben ist; insbesondere bei der Verortung,
- für die Bepflanzung eine standortgerechte Auswahl durch die Landschaftsplanung der BWB unter Einbeziehung des Grünflächenamtes vorgesehen ist (Rasen, Gräser, Stauden, Sträucher, Bodendecker, etc.),
- die Instandhaltung:
 - bei *Rahmenelementen* (Fertigteilen) durch die BWB erfolgt (analog Straßenabläufe, Rinnen),
 - bei separaten Bordenkanten inkl. Fundament als Teil der Fahrbahnbegrenzung analog dem Muldenzulauf in der Verantwortung des Straßenbaulastträgers liegt,
- die Verkehrssicherheit grundsätzlich dem Straßenbaulastträger obliegt (in den überwiegenden Fällen den für den Straßenbau zuständigen bezirklichen Tiefbauämtern),
- die BWB haft- und schadensersatzpflichtig gemacht werden können, für den Fall, dass durch das Vorhandensein und den Betrieb von Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung Sach-und/oder Personenschäden entstehen.

Derzeit erarbeiten die BWB, Straßenbaulastträger und die AG *Neuausrichtung Straßenentwässerung* anhand von aktuellen, in der Planung befindlichen

Beispielen Standards für die Verkehrssicherung. Die Finanzierung von Planung und Bau erfolgt durch das Land Berlin, vertreten durch die Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz (SenUVK). In Erschließungsgebieten übernehmen Wohnungsbauträger:innen oder Investor:innen die investiven Kosten. Die Pflege öffentlicher Anlagen erfolgt dann durch die BWB über das Niederschlagswasserentgelt.

Hamburg

In Hamburg gibt es Einzelbeispiele für Tiefbeete im Straßenraum im Bezirk Bergedorf. Der Betrieb liegt aber nicht in der Zuständigkeit von Hamburg Wasser¹, sondern beim Bezirk. Zusätzlich sind weitere Tiefbeete in Neugraben Fischbek geplant.

3.3 BAUMRIGOLEN

Berlin

Mit der Veröffentlichung des überarbeiteten SenUVK-Hinweisblattes 2 zur Antragstellung: Versickerung von Niederschlagswasser ist in Berlin seit 2021 die Anpflanzung von Bäumen in Versickerungsmulden zulässig (SenUVK 2021).

Das Hinweisblatt sieht aktuell sechs Festlegungen zur Verwendung von Bäumen in Versickerungsanlagen im Land Berlin vor:

1. Bei einem einfachen Bemessungsverfahren

beträgt der Zuschlagsfaktor des erforderlichen Muldenvolumens 1,2.

2. Die Mindestmuldengröße für eine Bepflanzung mit einem Baum beträgt 20 m²
3. In schmalen Muldensystemen (0,8 m bis 1,5 m Muldensohle) darf der Stammdurchmesser nach 70 Jahren (in 1 m Höhe) maximal 50 % der Breite der Muldensohle betragen. Baumpflanzungen in Mulden mit einer Muldensohle schmaler als 0,8 cm sind grundsätzlich nicht zulässig.
4. Der Abstand zwischen den Bäumen darf die Hälfte des maximal möglichen Kronendurchmessers, gemessen am jeweiligen äußeren Rand des maximal möglichen Kronendurchmessers der Bäume, nicht unterschreiten. Der Mindestabstand zwischen den Kronen benachbarter Bäume beträgt 5 m.
5. Zwischen Mulden-Rigolen oder Mulden-Rigolen-Systemen und Baum ist ein Abstand eines halben maximalen Kronendurchmessers einzuhalten, jedoch mindestens 2,50 m.
6. Bei Mulden, bei denen im Einzugsgebiet mit Streusalzeinsatz zur rechnen ist, ist eine Bepflanzung mit Bäumen nicht zulässig.

Hamburg

Hinweisblätter oder vertiefende Regelungen wie in Berlin existieren zum Bau von Baumrigolen in

¹ Kommunaler Trinkwasserver- und Abwasserentsorger in Hamburg

Hamburg bisher nicht. Baumrigolen werden soweit bekannt ausschließlich im Rahmen des BGS-Forschungsprojekts gebaut, sehr unterschiedlich planerisch und technisch ausdifferenziert, z.B. mit oder ohne Notüberlauf in den Kanal, oder dem Anschluss von Niederschlagswasser aus privaten oder öffentlichen Flächen oder der Art der Gestaltung der Baumscheiben (technisch oder begrünt). Hiervon abhängig ist auch die Ausgestaltung von Verantwortlichkeiten für Betrieb und Unterhaltung.

Die Baumrigole in der Hölertwiete in Harburg wurde in 2019/2020 gemeinsam durch die HCU und das Bezirksamt (BA) Harburg entwickelt und im Rahmen einer Komplettsanierung des Straßenraums (Fußgängerzone) gebaut. Eine erste konkrete

Vereinbarung zur Unterhaltung der Anlage wurden im Rahmen von BlueGreenStreets zwischen dem Bezirk und Hamburg Wasser erarbeitet. Es wurde die folgende Anlage gebaut:

- zwei Baumrigolen mit jeweils einer ca. 12 m³ großen Pflanzgrube, hier auch Einbau von Messtechnik,
- Schacht zur Aufnahme, Sedimentation und Weitergabe des Niederschlagswassers in die zwei Baumrigolen, hier auch Einbau von Messtechnik,
- Notüberlauf aus dem Schacht in die Kanalisation,
- Anschluss einer ca. 200 m² großen Dachfläche und damit des Niederschlagsabflusses eines privaten Gebäudes an die zwei Baumrigolen.

Die Nutzungsvereinbarung zwischen Hamburg Wasser und dem Bezirksamt beinhaltet folgende Regelungen:

- Gestattung des Einbaus eines Schachtes in die Regenentwässerung zwischen Fallrohr und Kanalisation durch Hamburg Wasser,
- Die sielabgabenrechtlichen Grundlagen zur Erhebung von Niederschlagswassergebühren durch die Hamburger Stadtentwässerung (HSE) gegenüber den Grundstückseigentümer:innen werden durch die Vereinbarung nicht berührt,
- Kündigungsfristen,
- Aufteilung der Unterhaltungszuständigkeiten (s. Abb. 81 & 82):
 - Das BA-Harburg übernimmt die Reinigung und Unterhaltung für die im Plan grün markierten Nutzungsteile. Diesbezüglich hält das BA-Harburg die HSE von Schadensersatzansprüchen Dritter für Schäden, die aus dieser Nutzung entstehen, frei. Das BA-Harburg ist darüber hinaus für die Grundinstandsetzung des Revisionschachtes verantwortlich, im Plan gelb markiert.
 - Die HSE übernimmt die Reinigung und Unterhaltung für diejenigen Nutzungsteile, die Bestandteile der öffentlichen Abwasseranlagen der HSE sind (s. blau markierte Elemente in Abb. 82). Sie übernimmt weiterhin die Reinigung und Unterhaltung des in Abb. 82 gelb markierten Revisionschachtes.

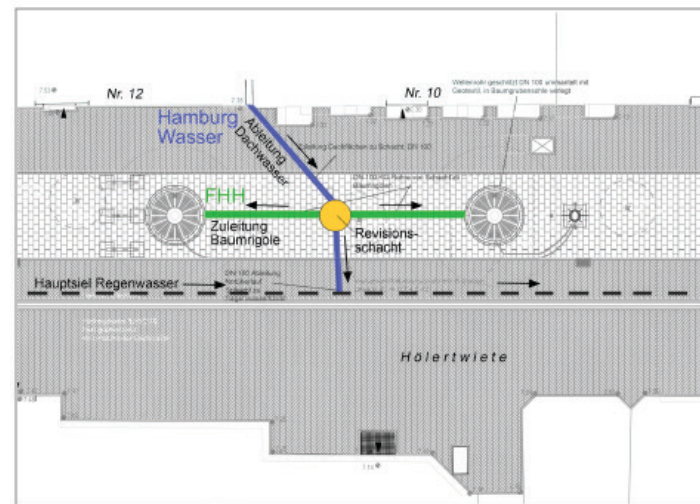
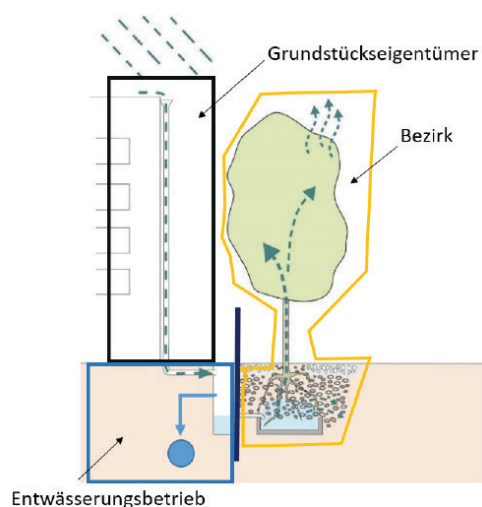


Abb. 81 - Schnitt der Baumrigole Hölertwiete in Harburg, Zuständigkeiten (li.) [2]

Abb. 82 - Aufteilung der Verantwortlichkeiten für die Unterhaltung (re.) [13]

3.4 NUTZUNG ÖFFENTLICHER GRÜNFLÄCHEN ZUR REGENWASSERVERSICKERUNG UND STARK-REGENVORSORGE

In Berlin und Hamburg existieren erste Erfahrungen und Vereinbarungen zur Mitbenutzung von Grünflächen für die Regenwasserbewirtschaftung auf Straßen und die Starkregenvorsorge.

Es sind Einzelfalllösungen, die beispielgebend für die Entwicklung übertragbarer Ansätze und Verfahren sein können. Einzelne Aspekte, wie zum Beispiel die einheitliche Organisation der Pflege und Unterhaltung sowie die Zuständigkeit für die Unterhaltung und Wiederherstellung im Starkregenfall, werfen Fragen auf, die noch nicht oder nur für den Einzelfall geklärt sind.

Berlin – Praxisbeispiel Buckower Felder

Das neue Stadtquartier *Buckower Felder* entsteht im Süden Berlins auf bisher unbebauten Flächen. Aufgrund der Geologie bestehen ungünstige Versickerungsbedingungen. Eine natürliche Vorflut ist nicht vorhanden und bei einer konventionellen Entwässerung wäre aufgrund der Gefälleverhältnisse ein Niederschlagswasserpumpwerk erforderlich. Daher wird auf der Grundlage eines Regenwasserbewirtschaftungskonzeptes in den öffentlichen Straßen die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

sowie Mitbenutzung der zentralen öffentlichen Grünflächen als semizentrale Versickerungsfläche verfolgt.

Flächensicherung:

Planungsrechtlich erfolgt die Sicherung über zeichnerische und textliche Festsetzungen im Bebauungsplan: Auf der Fläche der öffentlichen naturnahen Parkanlage sind 9.600 m² Fläche zur Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser vorzusehen.

Zusätzlich regelt ein Vertrag zwischen Bezirksamt und BWB die Unterhaltung, Nutzung, Verwaltung und Finanzierung der Pflege der Versickerungsanlage in der Grünfläche. Außerdem werden die Anlagen dem Anlagevermögen der BWB als wirtschaftliches Eigentum zugeordnet.

Für die Sicherung der Versickerungsanlage in der Grünfläche erfolgt die Eintragung einer beschränkten persönlichen Dienstbarkeit (Geh-, Fahr- und Leitungsrecht) im Grundbuch.

Gestaltung und Bepflanzung:

Die mitbenutzte Grünfläche gliedert sich in drei Bereiche:

- Bereich A – regelmäßiger Einstau: Bepflanzung mit Bodendeckern, Sträuchern, Stauden und Schilf; intensive Nutzung soll verhindert werden,

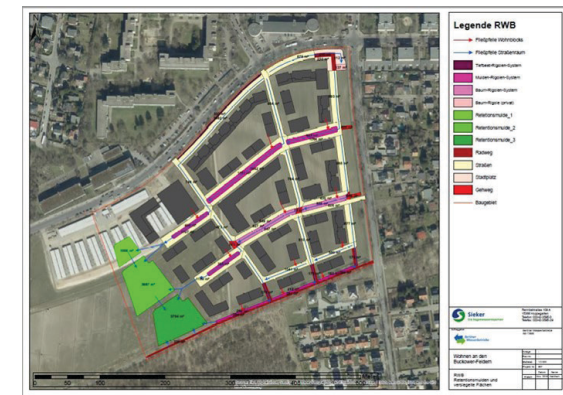
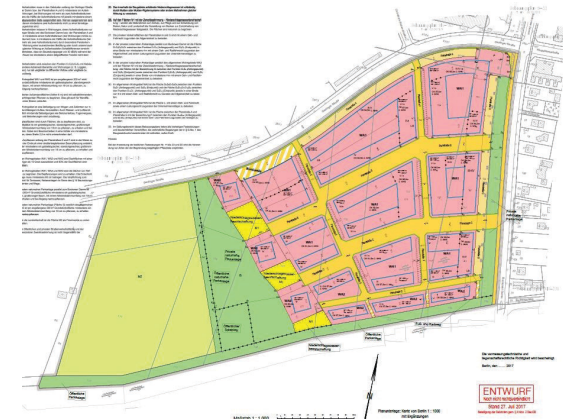


Abb. 83 - Bebauungsplan-Entwurf 8-66 *Buckower Felder* Berlin (o), Regenwasserbewirtschaftungskonzept (u.) [14]

- Bereich B – seltenerer Einstau bis $T=5$: naturnahe Wiese; regelmäßige Nutzung unproblematisch,
- Bereich C – Einstau $T= >5-30$: Gestaltung und Nutzung als Aufenthaltsfläche; intensive Nutzung möglich.

Bereich A und B bilden den Versickerungsbereich, Bereich C ist der zusätzliche Retentionsraum im Falle seltener Starkregenereignisse. Wegen der maximalen Einstautiefe von 30 cm in der Versickerungsfläche für T=5 sind keine zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Die Versickerungsfläche ist frei zugänglich.

Die Unterhaltung und Pflege der Grünfläche und der Überflutungsfläche unterliegt dem Straßen- und Grünflächenamt (SGA). Für die Pflege und Unterhaltung der Versickerungsfläche für die öffentliche

Straßenentwässerung (T=5) in der Grünfläche sind die BWB verantwortlich.

Es wird eine Pflege der gesamten Grünfläche aus einer Hand angestrebt, wobei der Pflegeplan für den Versickerungsbereich vom BWB erstellt wird. Wie die Pflege aus einer Hand umgesetzt werden kann, ist noch nicht abschließend geklärt.

Zur Diskussion stehen zwei Optionen:

Option 1 – Pflege der gesamten Grünfläche durch das SGA

- Landschaftspflegefirma wird durch SGA mit Pflege beauftragt,
- Versickerungsfläche wird gemäß Pflegeplan der BWB gepflegt,
- jährliche Rechnungslegung für Leistungen an der Versickerungsfläche durch SGA an BWB,
- Bezahlung aus Niederschlagswasserentgelt für öffentliche Straßen und Plätze.

Gemäß Mitteilung des Finanzamtes ist jedoch für die Abrechnung an die BWB durch SGA ein Betrieb gewerblicher Art zu gründen und eine Umsatzsteuererklärung einzureichen. Diese Anforderung erschwert die Umsetzung der Vorzugsoption 1 und wird vom SGA abgelehnt.

Option 2 – Getrennte Beauftragung einer Firma

Bei dieser Option würde das SGA eine Landschaftspflegefirma für die Grünfläche inklusive Überflutungsfläche beauftragen und die BWB dieselbe Landschaftspflegefirma für die Versickerungsfläche.

- Umsetzbarkeit wird zeitnah BWB-intern geprüft und mit SGA abgestimmt,
- Vergaberichtlinien sind zu beachten!

Die Müllentsorgung in den Berliner Grünflächen ist im Regelfall Aufgabe des Bezirkes. Nur für ausgewählte Grünflächen wird aktuell die Reinigung durch die Berliner Stadtreinigung erprobt. Der Bezirk Pankow führt dazu aktuell ein Pilotprojekt durch, um den Maschineneinsatz, Zeit und Kosten



Abb. 84 - Bauentwurf Niederschlagswasser, Lageplan / Zonierung Versickerungsbereiche und Retentionsraum Buckower Felder [15]

zu ermitteln. Etwa 95 % der Reinigung läuft über die Grünflächenämter.

Nutzungsvereinbarung:

Für die Nutzung öffentlicher Grünflächen zur Regewasserversickerung existiert eine Vereinbarung zwischen dem Land Berlin und den Berliner Wasserbetrieben als Entwurf (Stand Mai 2021). Der Entwurf umfasst u.a. die folgenden Aspekte: Zweck, Flächen- und Begriffsdefinitionen, Zuständigkeiten, Rechte und Pflichten, Vergütung, Laufzeit / Kündigung / Anpassung, dingliche Sicherung der Anlagen sowie Verkehrssicherungspflicht.

BGS-Pilotprojekt Mitbenutzung des Rudolfplatzes für die Starkregenvorsorge

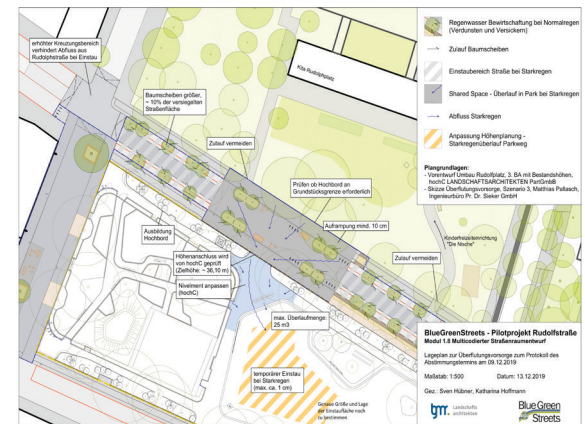
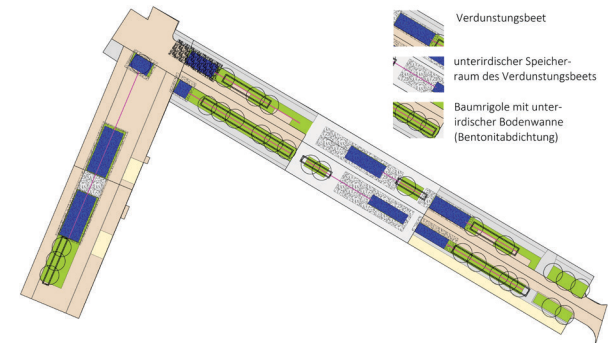
Die Konzeptstudie sieht die Abkopplung der beiden Abschnitte der Rudolf- und Danneckerstraße von der Kanalisation vor. Hierzu soll das Niederschlagswasser vollständig im Straßenraum über Vegetationsflächen bewirtschaftet werden. Weitere Ziele sind die Verbesserung der Aufenthalts- und Nutzungsqualität, eine stadtklimatische Entlastung (Kühlung durch Beschattung und Verdunstung) sowie der schadhafte Rückhalt von Starkregen in Grün- und Straßenflächen. Hintergrund sind die aktuellen Überlastungen der Mischwasserkanalisation, der Gewässerschutz (Niederschlagswassereinleitung in die Spree) und die angestrebte hitzesensible Stadtentwicklung in dem dicht bebauten Rudolfkiez.

Gestaltung und Maßnahmen:

Auf der Grundlage des BGS-Konzepts sieht die Vorplanung blau-grüne Korridore in den Straßenräumen vor (so genannte BGS-Korridore), in denen Verdunstungsbeete und Baumrigolen Elemente als kaskadiertes System zusammenwirken.

Für den Starkregenfall (ab T= 20-30 a) wurden in der Konzeptstudie verschiedene Varianten der temporären Rückhaltung von Starkregen im Straßenraum höhenteknisch und hydraulisch geprüft. Die Vorplanung sieht im Mittelbereich der Rudolfstraße eine Shared Space-Zone auf Gehwegniveau vor. Links und rechts dieser Zone wird der Niederschlag in der Fahrbahn temporär eingestaut und sukzessive über die BGS-Elemente bewirtschaftet. Niederschlag der Shared Space-Zone, der nicht zurückgehalten werden kann, wird oberirdisch in die Grünfläche des Parks abgeleitet (maximaler Überlauf 25 m³).

Abb.85 - Multicodierter Straßenraumentwurf für die Rudolfstraße und Dannecker Straße [16] (o.), über den als Notwasserweg modellierten Parkweg wird im Starkregenfall überschüssiges Niederschlagswasser der Shared-Space-Zone dem Wiesental zugeführt [1] (m.), Lageplan zur Überflutungsvorsorge [16] (u.).



Hierfür wurden die Planungen für die Straßen und Grünflächen aufeinander abgestimmt und die Planungshöhen in der Ausführungsplanung zum zweiten Bauabschnitt (Platzumgestaltung) am Übergabepunkt des Überstauwassers zwischen Grünfläche und Straßen im Bereich des zentralen Platzzugangs angepasst. Zusätzlich wurde der Asphaltbelag in der Grünfläche im Bereich des Platzzugangs als Notwasserweg so modelliert, dass der Abfluss auf direktem Weg zu einem abgesenkten Zulauf am Rand des Wiesentals den Rasenflächen zur Verdunstung und Versickerung geführt wird. Im Rahmen der Fortführung der Straßenumgestal-



lung muss nun noch vereinbart werden, wie der Betrieb des Notwasserweges und die ggf. notwendige Kontrolle und Wiederherstellung der Grünfläche nach einem Starkregenereignis geregelt wird.

Praxisbeispiele zur Mitbenutzung von Grünflächen für die Starkregenvorsorge in Hamburg

In Hamburg sind die Verantwortlichkeiten für die Starkregenvorsorge wie folgt vorgesehen:

Für die Regenentwässerung bis ca. T=5 liegt die Zuständigkeit für das Entwässerungssystem und den gezielten Objektschutz für die Sammler, Siele und Nebeneinrichtungen bei Hamburg Wasser



(über Regenwassergebühren finanziert) und der bei einer offenen Entwässerung, d.h. über Gräben oder Mulden, bei den Bezirken.

Für Starkregen gilt die *temporäre Nutzung* von Verkehrs- und Freiflächen als Gemeinschaftsaufgabe (nach RISA – *RegenInfraStrukturAnpassung*). Für extreme Starkregen greift zusätzlich die Gefahrenabwehr durch Katastrophenschutz und Private.

Regenspielplatz Haferacker – Multifunktionale Nutzung eines Spielplatzes zur Starkregenvorsorge

Maßnahmen: Herstellung einer Flutmulde und Einbau von Rigolen in den erweiterten Sickergraben

Eine Nutzungsvereinbarung zwischen Hamburg Wasser und dem BA-Harburg, Abteilung Stadtgrün, regelt die Verantwortlichkeiten:

- Gegenseitige Gestattung der Nutzung von Flächen,
- Regelungen zu Haftung, Verkehrssicherungspflicht, Reinigung und Unterhaltung,
- Pflege und Unterhaltungstätigkeiten von Hamburg Wasser, z.T. nach Bedarf:
 - Sichtprüfung (4/a),
 - Reinigung der Rinne,
 - Reinigung der Rigole (bislang nicht notwendig),
 - Baumprüfung und ggf. Beauftragung Baumschnitt.

Abb. 86 - Einbau von Rigolen in den erweiterten Sickergraben (li.), Spielplatz mit Flutmulde (re.) [17]

Multifunktionale Flächennutzung Ohlendorfs Park

Die Maßnahme wurde im Zuge von RISA auf den Weg gebracht. Unweit von Ohlendorfs Park wurde das Straßenprofil der Wiesenhöfen vom Dachprofil zum Querprofil umgewandelt. Im Falle eines Starkregens wird der Abfluss über einen Notwasserzulauf und Notwasserweg in den Park geleitet (s. Fotos). Die Reinigung und der Betrieb von Straße, Notwasserweg und Park erfolgt durch das Bezirksamt. Im Starkregenfall leistet Hamburg Wasser *Amtshilfe* in Form von Reinigungs-, Aufräum- und Instandsetzungsmaßnahmen.

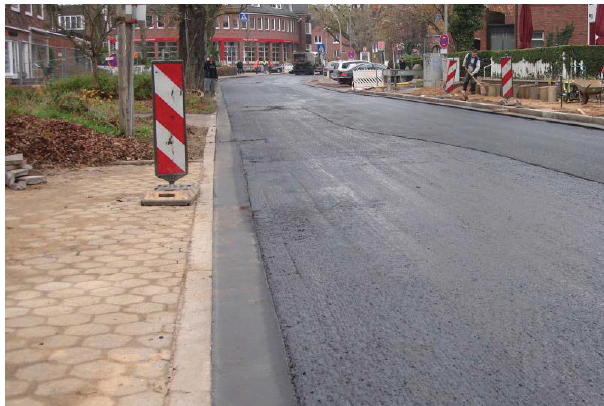


Abb. 87 - Änderung des Straßenprofils vom Dachprofil zum Querprofil (li.); Abfluss in Notwasserüberlauf / Notwasserweg (re.) [17]

Sportplatz Möllner Landstraße

Der vorhandene Sportplatz Möllner Landstraße liegt in einem Entstehungsgebiet von Starkregen und hier an einem Fließweg, der von einer Senke, in der kein ausreichender temporärer Retentionsraum geschaffen werden kann, zum Schleemer Bach läuft.

Maßnahmen: Beschickung der Rigolen (ca. 500 m³) ca. zweimal pro Jahr bei Starkregenereignissen; Entleerung durch Versickerung; Herstellung eines weiteren Retentionsvolumens an der Oberfläche; Vorbehandlung des Niederschlagswassers in Sedimentationsschacht mit Grobstoff- und Schwimmstoffrückhalt.

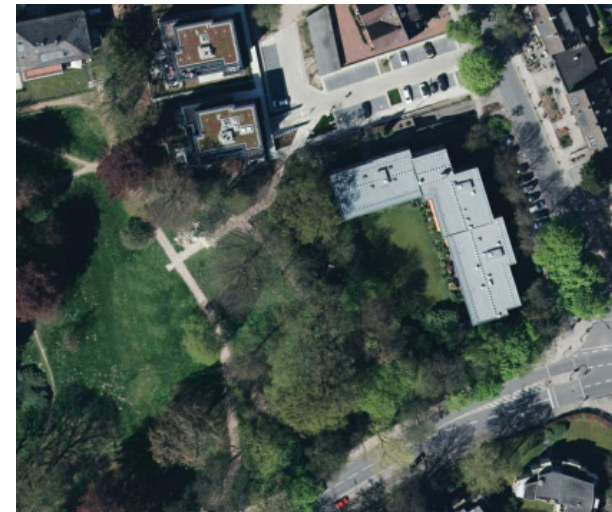


Abb. 88 - Nach Fertigstellung [17] (o.), [18] (u.)

Grundlagen für die *Mitbenutzung* des Sportplatzes zur Starkregenvorsorge sind Regelungen zwischen Bezirksamt und Hamburg Wasser zum Bau und Betrieb der Anlage:

- Rahmenvereinbarung *Abwasseranlagen in Grünanlagen* von 2005 (gilt generell für alle öffentlichen Abwasseranlagen in Grünanlagen),
- Einzelvereinbarung zur Sportanlage Möllner Landstraße.

Da die Anlage aus der Regelentwässerung entstanden ist, erfolgt der Regel-Betrieb des Sedimentationsschachts und der Rigole durch Hamburg Wasser. Die Unterhaltung der Sportanlage selbst erfolgt durch das Bezirksamt.

Der zukünftige Betrieb wurde bereits bei der Planung berücksichtigt (Revisierbarkeit und Zufahrbarkeit der Anlagenteile als wichtige Punkte).

Aufgaben im Betrieb sind:

- Monitoring der Füllung der Rigole über einen Sensor,
- Sichtprüfung der Rigole nach Regenereignis bzw. nach Zulauf zur Rigole,
- Ggf. Kamerabefahrung und Reinigung der Rigole sowie
- Regelmäßige Kontrolle und ggf. Reinigung des Sedimentationsschachts.

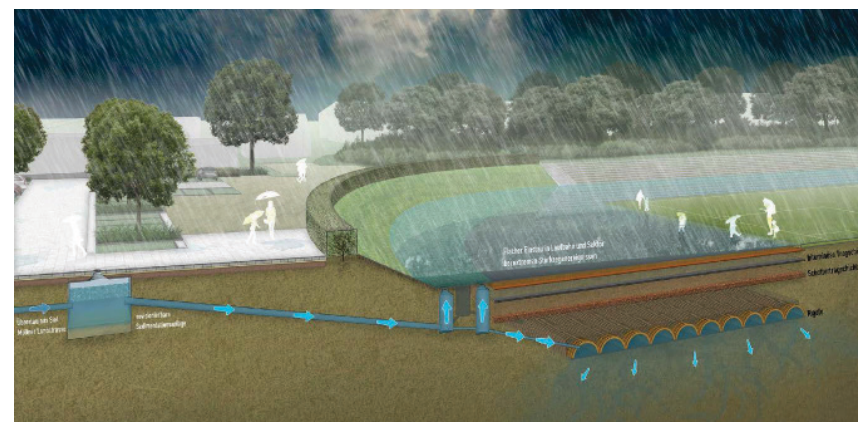
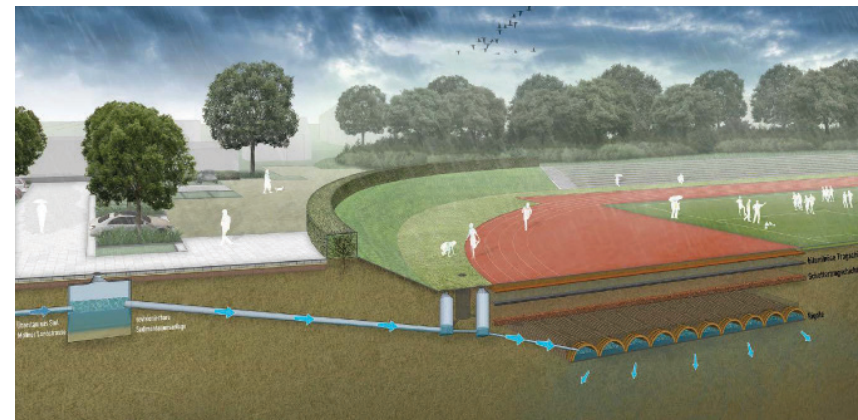


Abb. 89 - Nutzbare Sportfläche (oben) [19]

Abb. 90 - Funktionsprinzip Überlauf Siel in Rigole (Mitte) / Überlauf Rigole bei Starkregen (unten) [20]

LITERATURVERZEICHNIS

- Balder, H.; Goll, L.; Nickel, D.; Rehfeld-Klein, M. (2018): Befunde zur Verwendung von Bäumen in Muldensystemen im Rahmen der Regenwasserbewirtschaftung. ProBaum 4.
- Ballard, WB.; Wilson, S.; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; Kellagher, R. (2015): The SuDS Manual. C753. CIRIA, London.
- Bamberger, I.; Mair, L. (1976): Die Delphi-Methode in der Praxis: Ergebnisse einer exploratorischen Untersuchung zu Einsatzbereichen und Anwendererfahrungen. Management International Review, Vol. 16, No. 2, S. 81-91.
- Benden, J.; Broesi, R.; Illgen, M.; Leinweber, U.; Lennartz, G.; Scheid, C.; Schmitt, T. G. (2017): Multifunktionale Retentionsflächen. Teil 3: Arbeitshilfe für Planung, Umsetzung und Betrieb. MURIEL Publikation.
- BUKEA - Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (2020): Handbuch Grüne Wände.
- BWB - Berliner Wasserbetriebe, SenUVK – Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (Hrsg.) (2018): Planungshilfe für eine dezentrale Straßenentwässerung.
- Deutsches Institut für Normung (2016): DIN 18916: Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Pflanzen und Pflanzarbeiten. Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung (2012): DIN 1989-1: Regenwassernutzungsanlagen - Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung. Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung (2010): DIN 18040: Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen. Teil 1 – 3.
- Dickhaut, W., Doobe, G., Eschenbach, A., Fellmer, M., Gerstner, J., Gröngröft, A., Jensen, K., Lauer, J., Reisdorff, C., Titel, S. (2019): Entwicklungskonzept Stadtbäume. HafenCity Universität Hamburg. <http://edoc.sub.uni-hamburg.de/hcu/volltexte/2019/492/>
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2005): DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2013a): DWA-A 117 - Bemessung von Regenrückhalteräumen.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2013b): Merkblatt DWA-M 162 - Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2013c): Arbeitsblatt DWA-A 166 - Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung.

- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2013d): Merkblatt DWA-M 176 - Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2019): Arbeitsblatt DWA-A 178 – Retentionsbodenfilteranlagen.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2020a): Entwurf Merkblatt DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 - Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers.
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2020b): DWA-A 138, Gelbdruck: Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - Teil 1: Planung, Bau, Betrieb - Entwur.
- DWD - Deutscher Wetterdienst (2015): Urbane Räume nachhaltig gestalten, Entscheidungshilfe für klimagerechte Stadtentwicklung.
- Edge (2020): Livable Streets - A Handbook of Bluegreengrey Systems. Version 2.0.
- Embren, B.; Alvern, B.-M.; Stal, Ö.; Orvesten, A. (2009): Pflanzgruben in der Stadt Stockholm - ein Handbuch.
- Eppel-Hotz, A. (2016): Farbe für Stadt und Land – Ansaaten für öffentliches und privates Grün. In: Landespflege aktuell. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Abteilung Landespflege.
- Fbr - Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e. V. (2016): Hinweisblatt H 101: Kombination der Regenwassernutzung mit der Regenwasserversickerung.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2006): Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06). FGSV-Nr.: 200. FGSV-Verlag.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2015): Richtlinien für die Anlage von Straßen Teil: Entwässerung mit RAS-Ew-Bemessungshilfen zum kostenfreien Download. FGSV-Nr.: 539. FGSV-Verlag.
- 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.).
- 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.).
- FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (Hrsg.) (2018): Fassadenbegrünungsrichtlinien: Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen. Bonn

- FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (Hrsg.) (2015): Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege, 2. Ausgabe.
- FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (Hrsg.) (2010): Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate, 2. Ausgabe.
- FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (ed) (2005): Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung. Bonn.
- 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.
- Green City e.V. (2015): Praxisratgeber Gebäudebegrünung – Empfehlungskatalog für Eigentümer und Interessierte in München.
- Gross, G. (2012): Effects of different vegetation on temperature in an urban building environment. Micro-scale numerical experiments, Meteorologische Zeitschrift Vol. 21 (4): 399-412.
- Grüngleis Netzwerk (Hrsg.) (2014): Handbuch Gleisbegrünung – Planung - Ausführung - Pflege. ISBN 978-3-96245-045-8
- Heinz, H. (2014): Schöne Straßen und Plätze: Funktion, Sicherheit, Gestaltung. Kirschbaum, Bonn.
- König, P. (2011): Verkehrssicherungspflicht. in Hentschel, P.; König, P.; Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. S. 925-945. München.
- LWG - Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2004): Mit Pflanzen versickern. Versickerungsmulden standortgerecht bepflanzt.
- LWG - Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2012): Grüner Schmuck im Straßenraum. Bewährte Pflanzen für Lärmschutzsysteme.
- LWG - Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2014): Begrünung von Mittelstreifen an 2-bahnigen Bundesfernstraßen.
- LWG - Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (Hrsg.)(2019): Pflanzen für Versickerung und Retention.
- 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.
- MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2015): Retentionsbodenfilter -

- Handbuch für Planung, Bau und Betrieb.
- Pfoser, N.; Jenner, N.; Henrich, J.; Heusinger, J.; Weber, S. (2014): Gebäude Begrünung Energie. Potenziale und Wechselwirkungen.: Abschlussbericht. FLL-Schriftenreihe Forschungsvorhaben.
- Scheurer, M.; Heß, S.; Lüddecke, F.; Sacher, F.; Güde, H.; Löffler, H.; Gallert, C. (2015): Removal of micropollutants, facultative pathogenic and antibiotic resistant bacteria in a full-scale retention soil filter receiving combined sewer overflow. *Environmental Science: Processes & Impacts* 17 [1], 186-196.
- SenStadtUm - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (Hrsg.) (2016): Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET.
- SenUVK - Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (2018): Leistungsfähigkeit von praxis-erprobten Formen der dezentralen und zentralen Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Kontext, Monographie, Berlin
- SenUVK – Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (2021): Hinweisblatt 2 zur Antragstellung: Versickerung von Niederschlagswasser.
- SLG – Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (2014): Bestimmung des „Solar Reflectance Index“ von verschiedenen Betonsteinproben, Bericht. Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg.
- Staab, U. (2003): Der Straßenzustand und die Verkehrssicherungspflicht der öffentlichen Hand im Straßenverkehr. *Zeitschrift für Versicherungsrecht, Haftungs- und Schadensrecht*. Heft 16, S. 689 ff. Karlsruhe
- 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 – Umweltbundesamt (2017): Straßen und Plätze neu denken.
- 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>.
- Werner, U. (2012): Stellungnahme der Abteilung Verkehrsrecht, Verkehrsgewerbeaufsicht (RV) der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation der Freien und Hansestadt Hamburg zur rechtlichen Einschätzung der Verkehrssicherheit von Mitbenutzungsmaßnahmen; Anfrage per e-mails vom 25.12.2011 und vom 16.03.2012; in Benden 2014: Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen.
- Wessolek, G.; Kluge, B. (2021): Predicting Water Supply and Evapotranspiration of Street Trees Using Hydro-Pedo-Transfer Functions (HPTFs). *Forests*, 12(8): 1010.

ABBILDUNGSNACHWEISE

- 1 BGS, bgmr Landschaftsarchitekten GmbH
- 2 BGS, HafenCity Universität Hamburg
- 3 Björn Kluge
- 4 Jochen Eckart
- 5 Wolfgang Dickhaut
- 6 BGS, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
- 7 Michael Richter
- 8 Sven Hübner
- 9 Matthias Pallasch
- 10 Nicolas Neidhart
- 11 BGS, GEO-NET Umweltconsulting GmbH
- 12 hochC Landschaftsarchitekten PartGmbH
- 13 FHH Hamburg, Bezirksamt Harburg
- 14 Ingenieurbüro Prof. Dr. Sieker mbH, Berliner Wasserbetriebe
- 15 STADT UND LAND Wohnbauten-Gesellschaft mbH, Ingenieurbüro Prof. Dr. Sieker mbH, Berliner Wasserbetriebe
- 16 BGS, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, bgmr Landschaftsarchitekten GmbH
- 17 Hamburg Wasser
- 18 FHH Hamburg, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung
- 19 Franziska Meinzinger
- 20 Kolja & Sharon Naumann Landschaftsarchitektur GbR
- 21 SenStadtUm/bgmr 2016

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AFS63	abfiltrierbare Stoffe <63 µm
ASMUS_green	Ausbreitungs- und Strömungs-Modell für Urbane Strukturen und Begrünung
BGS	BlueGreenStreets
BVM	Behörde für Verkehr und Mobilitätswende, Hamburg
BWB	Berliner Wasserbetriebe
DIN	Deutsches Institut für Normung
DTV	Durchschnittlicher Täglicher Verkehr
DTVw	Durchschnittlicher Täglicher Verkehr werktags
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EFA	Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen
EMS-HH	Erhaltungsmanagement für Hamburgs Straßen
ERA	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
GIS	Geoinformationssystem
H BVA	Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen
HmbAbwG	Hamburgisches Abwassergesetz
HWaG	Hamburgisches Wassergesetz
LSA	Lichtsignalanlagen
LSBG	Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer, Hamburg
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NBS	Nature Based Solutions
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PET	physiologisch äquivalente Temperatur
RASt	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen
SenUVK	Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz, Berlin
SRI	Starkregenindex

WHG	Wasserhaushaltsgesetz
ZEB	Zustandserfassung und -bewertung
ZuGaBe	„Zukunftschancen ganzheitlich bewerten“ - STORM-Modul zur Unterstützung kooperativer Planungsprozesse