

Projekt: Klimaangepasste (-resiliente), integrierte Verkehrsraum- und Quartiersentwicklung am Beispiel der Moselweißer Straße im Stadtteil Koblenz-Rauental

Baumpflanzungen in urbanen Räumen: Auswahl klassischer dezentraler Bewirtschaftungsmaßnahmen und Übersicht vitaler Baumstandorte




KOOPERATIONSPARTNER

KOBLENZ
VERBINDET.

uk universität
koblenz
weiter:denken

GEFÖRDERT VOM

IM RAHMEN DES BUNDESFÖRDERPROGRAMMS

 Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen

 Anpassung
urbaner Räume
an den
Klimawandel

Einleitung

Im Rahmen des Projekts „Klimaresiliente Verkehrsraum- und Quartiersentwicklung“ ist die Pflanzung von acht Bäumen geplant, die durch sogenannte Baumrigolen unterstützt werden sollen. Baumpflanzungen an Standorten mit erschwerenden Bedingungen, wie begrenztem Wurzelraum oder ungünstigen Bodenverhältnissen, erfordern gezielte Maßnahmen, um den Bäumen adäquate Entwicklungsmöglichkeiten zu bieten. Dies ist insbesondere in urbanen Räumen der Fall. Häufig finden sich solche Standorte in versiegelten Bereichen, beispielsweise entlang von Verkehrsflächen. Das richtige Anlegen der Baumgruben kann die Bedingungen für (Stadt-)Bäume signifikant verbessern. Dieses Dokument bietet eine Übersicht über mögliche Methoden Baumstandorte zu gestalten, um ein vitales Wachstum zu unterstützen. Zusätzlich werden die klassischen dezentralen Bewirtschaftungsmaßnahmen Muldenversickerung, Rigolenversickerung, Mulden-Rigolen Element / System und Tiefbeet zusätzlich erläutert, da die Baumrigolen teilweise auf diese Grundprinzipien aufbauen.

Muldenversickerung

Die Funktionsweise der Muldenversickerung ist ähnlich zur Flächenversickerung. Der größte Unterschied besteht darin, dass die Oberfläche als Mulde gestaltet wird. Dadurch entsteht ein Speicherraum, in dem das Oberflächenwasser kurzfristig zwischengespeichert werden kann. Als Einstauhöhe wird bei der Bemessung aus Sicherheitsgründen maximal eine Höhe von 30 [cm] angesetzt. Durch den entstandenen Rückhalteraum wird eine geringere Fläche gegenüber der Flächenversickerung benötigt. Durch zwei Aspekte erfolgt im Einstaufall die Entleerung, welche kleiner als 24 Stunden sein sollte. Zum einen findet über die Verdunstung eine Reduzierung statt. Die Hauptentleerung erfolgt jedoch über die Versickerung. Dabei durchläuft das Wasser zuerst die belebte Bodenzone, bei der neben der Infiltration auch ein Stoffrückhalt stattfindet. Danach durchläuft das Wasser die angrenzende Bodenschicht in Richtung Untergrund. Um die hydraulische Leistungsfähigkeit zu gewährleisten, muss der Boden eine gute Versickerungsfähigkeit aufweisen. Ist dies nicht der Fall, müssen entweder andere Anlagentypen eingesetzt oder ein Bodenaustausch durchgeführt werden. Bei dieser Anlagenart kann sowohl der Abfluss reduziert, die Verdunstung gefördert und das Grundwasser angereichert werden (Matzinger, A. *et al.*, 2017, pp. 12, 102–105; DWA, 2020, pp. 53–54).

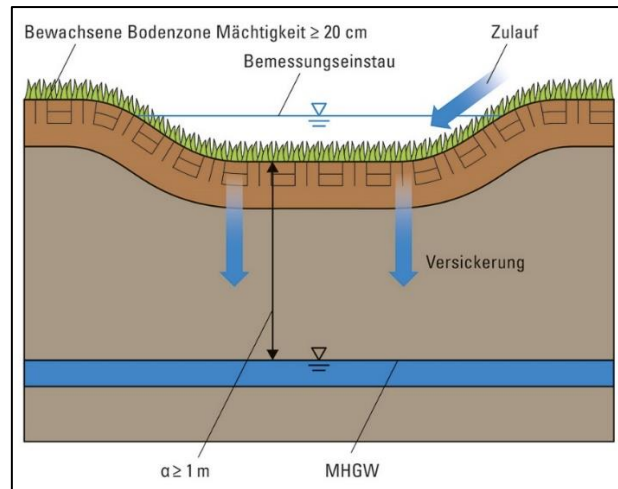


Abbildung 1: Systemaufbau von einer Versickerungsmulde (LFU Bayern, o. J.)

Generell ist dieses Anlagenprinzip auf Grundstücks- und auf Quartiersebene anzuwenden. Vor allem auch im außerörtlichen Straßenbau werden häufig Mulden- und Grabenversickerungen angewendet. In Abbildung 1 ist ein beispielhafter Aufbau dargestellt. Bei der Dimensionierung ist darauf zu achten, dass die Beschickung in die Mulde möglichst gleichmäßig und breitflächig erfolgt, sodass keine unsymmetrische Füllung entsteht, welche zu Erosionen und unvorteilhaften Ablagerungen führen könnte. Aus diesem Hintergrund ist auch die Sohle möglichst horizontal zu gestalten. Der Zulauf kann dabei oberirdisch oder unterirdisch erfolgen. Aus betrieblichen Aspekten ist dabei eine offene Zuleitung besser. Generell muss die Zuleitung so gestaltet und befestigt sein, dass Auskolkungen oder andere Erosionsformen vermieden werden. Die Böschungen sind von den Verhältnissen eher flach zu dimensionieren. Empfohlen wird dabei ein Verhältnis von 1:2,5 bis 1,5. Die Anlagenmaße ergeben sich hauptsächlich aus den Standortbedingungen und Boden- und Niederschlagseigenschaften. Die hydraulische Dimensionierung erfolgt üblicherweise für ein 5-jähriges Ereignis (Matzinger, A. *et al.*, 2017, pp. 102–105; DWA, 2020, pp. 53–54; Hörschemeyer *et al.*, 2023, pp. 70–76).

Die Böschungen und Sohle der Anlage bestehen aus einer geschlossenen Vegetationsdecke. Als Vegetation können dabei beispielsweise Sträucher, Kräuter oder Gräser angepflanzt werden. Für eine stoffliche Entlastung ist im Wesentlichen die belebte Bodenzone verantwortlich. Aufgrund von verschiedenen mechanischen, biologischen und chemischen Prozessen findet dort eine Reinigung statt. Als Substrat in der Anlage bietet sich dabei ein humoser Oberboden an (Matzinger, A. *et al.*, 2017, pp. 102–105; BlueGreenStreets, 2022b, pp. 52–54)

Im Falle von langen oder großflächigen Anlagen (z.B. entlang von Straßen) oder im Falle von hohen Längsgefällen können deshalb auch Querswellen eingebaut werden. Dadurch wird die Anlage in eine Art Kaskadenform unterteilt, wodurch viele kleine Speicher entsteht. Das Prinzip dahinter ist, dass im Falle der Vollenfüllung eines Speichers die Schwelle überflutet und nachfolgend der dahinterliegende Speicher aktiviert wird und vollläuft. Dies bietet mehrere Vorteile. So kann das Gefälle geringgehalten werden und Erosionserscheinungen werden minimiert, wodurch die Dauerhaftigkeit gewährleistet werden kann. Auch eine gleichmäßige Verteilung in den jeweiligen Speichern ist so zu erreichen. Die Höhe der Stauschwellen sollte mindestens 20 [cm] betragen, wobei darauf zu achten ist, dass die Höhe bis zur Böschungsoberkante größer als 10 [cm] ist. Dadurch soll eine Überflutung ausgeschlossen werden. Anhand vom vorliegenden Gefälle und den

bereitzustellenden Rückhaltevolumen ist die Anzahl und die Größe der Speicher zu bestimmen (MKULNV NRW, 2014, pp. 19–21; DWA, 2020, pp. 53–54; FGSV, 2021, pp. 59–60).

Bei der Unterhaltung müssen verschiedene Punkte geprüft werden. Zum einen muss die entwässerungstechnische Komponente dauerhaft leistungsfähig sein. Deshalb sind Zuläufe und auch mögliche Sedimentablagerungen zu kontrollieren und gegebenenfalls zu reinigen. Auch mögliche Verdichtungen durch oberflächige Belastungen müssen dabei berücksichtigt werden. Je nach Bepflanzung kommen vegetationsbedingte Unterhaltungsmaßnahmen wie z.B. Schnitt oder Mahd auf. Im Falle von langen Dürrephasen muss auch eine zusätzliche Bewässerung der Vegetation stattfinden. Die Pflegekosten können mit ca. 0,2 €/m² bis 0,9 €/m² pro Muldenfläche kalkuliert werden. Die generellen Kosten sind mit 35 € bis 60€ pro vorhandener Muldenfläche im Mittel anzusetzen. Generell können solche Anlagen auch als verkehrsberuhigende Gestaltungsmaßnahmen eingesetzt werden (Matzinger, A. *et al.*, 2017, pp. 102–105; BlueGreenStreets, 2022b, pp. 52–54).

Rigolenversickerung

Die Rigolenversickerung stellt eine weitere Möglichkeit als Versickerungsanlage dar und bietet sich vor allem dann an, wenn aufgrund von Platzproblemen eine Versickerungsmulde nicht realisierbar ist. Dies kann durch die unterirdische Lage der Rigolen erreicht werden. Die Rigolen werden dabei nicht direkt unter der Geländeoberkante, sondern in einer gewissen Tiefe angeordnet. Anders als bei der Versickerungsmulde läuft die Zuleitung des Niederschlags nicht über die belebte Bodenzone. Stattdessen wird eine Schachtanlage benötigt. Da durch das Fehlen der Bodenschicht keine Wasserreinigung vorliegt, sollte eine Behandlungsanlage in der Zuleitung im Schacht integriert werden, wodurch ein Stoffrückhalt ermöglicht wird. Alternativ dürfte man nur nicht bzw. gering belastetes Wasser einleiten. Die Rigolen selbst können in zwei verschiedenen Materialvarianten gebaut werden. Dabei ist zum einen die Variante mittels Fertigteile (z.B. aus Kunststoff) und zum anderen ein Schichtaufbau aus Schüttmaterial zu nennen. Bei der Schüttmaterialvariante ist darauf zu achten, dass das Material ein großes Porenvolumen besitzt, damit eine hohe Speicherkapazität erreicht werden kann. Deshalb bietet sich Kies an (DWA, 2020, pp. 56–59; Hörschemeyer *et al.*, 2023, pp. 83–88).

Um eine gleichmäßige Verteilung und Versickerung zu erreichen, muss ebenfalls ein Sickerrohr in dem System integriert werden. Als Eigenschaften sollte dieses Rohr eine perforierte Außenfläche und über die gesamte Länge kontinuierlich Öffnungen besitzen, die für den Wasseraustritt aus dem Rohr maßgebend sind. Der Einbau sollte über die komplette Rigole erfolgen. Zusätzlich muss im Rigolensystem ein Vlies oder ein Geotextil eingebaut werden. Der Einbau erfolgt als Ummantelung der Rigolenkörper. Der daraus resultierende Zweck besteht in der Gewährleistung einer Filterstabilität. Dadurch sollen Verschlämmungen und Materialeintrag in der Rigole vermieden werden. Alternativ ist zur Erreichung der Filterstabilität zwischen Rigolenkörper und Auffüllungsboden eine abgestufte Körnung einzubringen. Vorteilhaft ist auch, dass die Rigole zudem auch in Bereichen mit schlechter Wasserdurchlässigkeit einsetzbar ist. Die Speicherung erfolgt ausschließlich in den Rigolenkörpern, wodurch als Einstauhöhe die Oberkante des Körpers zu nennen ist. Auch kann dieses Versickerungssystem mit einer Drossel ausgestattet werden, welche im Falle der Aktivierung in den anstehenden Kanal entwässert. Dies kann sich beispielsweise aufgrund einer schlechten Versickerungsfähigkeit des anstehenden

Bodens ergeben (Matzinger, A. *et al.*, 2017, pp. 106–109; DWA, 2020, pp. 56–57; Hörnschemeyer *et al.*, 2023, pp. 83–88).

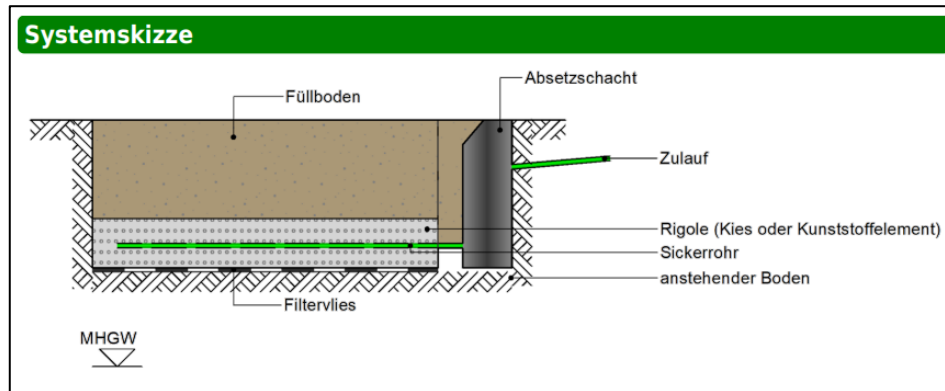


Abbildung 2: Systemaufbau von einer Rigolenversickerung (Hörnschemeyer *et al.*, 2023, p. 85)

Generell kann oberhalb der Rigole eine Bebauung stattfinden. Dabei muss ein statischer Nachweis unbedingt erbracht werden. Im Falle einer Überbauung muss mit Bedacht auf die Anlagenkontrolle eine leichte Zugänglichkeit mit eingeplant werden. Die Unterhaltung fällt durch die Behandlungsanlage gering aus. Generell sind die zu- / abführenden Leitungen und die Schächte zu kontrollieren. Als Intervall wird dabei mindestens 1-mal im Jahr empfohlen. Eventuell sind ablagernde Schmutzstoffe zu entfernen. Für den Bau sind im Durchschnittskosten von 0,65 €/m²·a zu kalkulieren (Matzinger, A. *et al.*, 2017, pp. 106–109; DWA, 2020, pp. 56–57).

Mulden-Rigolen-Element/System

Als kombinierte Versickerungsanlage ist als erstes das Mulden-Rigolen-Element zu nennen. Dieses besteht aus zwei Anlagentypen und kombiniert dabei die Prinzipien der Versickerungsmulde und der Rigolenversickerung. Anwendung findet dieses System bei schlechten Versickerungsverhältnissen im Boden oder wenn ein Platzmangel vorliegt und somit eine reine Versickerungsmulde nicht realisiert werden kann. Diese Variante kann auf Grundstücks- und Quartiersebene Anwendung finden. Die Variante hat zudem positive Einflüsse auf den Wasserhaushalt in urbanen Gebieten. Das Stadtklima kann durch Verdunstungsprozesse in der Mulde verbessert und eine Grundwasserneubildung durch Versickerung in den Bodenschichten angeregt werden. Auch eine hydraulische und stoffliche Entlastung des Kanalnetzes und Vorfluters wird erreicht (Matzinger, A. *et al.*, 2017, pp. 110–114; DWA, 2020, pp. 59–60; Sieker and Bandermann, o.J.).

Der Stoffrückhalt erfolgt überwiegend im Bereich der belebten Bodenzone. Da im Überstaufall der Mulde das Wasser über den Überlauf in die Rigole geleitet wird, kann ein Stoffrückhalt über den Boden nicht erreicht werden. Aufgrund der Seltenheit solcher Überstauereignisse wird seitens der DWA die direkte Einleitung über den Überlauf in die Rigole als unbedenklich eingestuft. Gestalterisch wird empfohlen die Distanz zwischen Zulauf in die Mulde und Überlauf möglichst groß zu wählen. Dies hat den Vorteil, dass die Mulde wie ein Sedimentationsbecken wirkt. Stoffliche Partikel können sich auf dem Weg zum Überlauf auf der Sohle absetzen. Auch kann durch bestimmte Überlaufkonstruktionen der Stoffeintrag minimiert werden (DWA, 2020, pp. 59–61; Sieker and Bandermann, o.J.).

Falls die Durchlässigkeit des Untergrundes (k_f -Wert $< 10^{-6}$ m/s) zu schlecht für eine Versickerung sein sollte, kann ein Mulden-Rigolen-System gebaut werden. Anwendung findet das System auch bei Böden, die eine hohe Gefahr von Staunässe besitzen. Das System eignet sich vor allem bei lehmigen und tonigen Böden. Der Aufbau ist identisch zu den oben beschriebenen Mulden-Rigolen Elementen. Der Unterschied besteht darin, dass zusätzlich ein Drosselabfluss inklusive Drosselschacht mitintegriert wird und verschiedene Mulden-Rigolen-Elemente miteinander vernetzt werden können (DWA, 2020, pp. 61–63; Jakobs, o.J.).

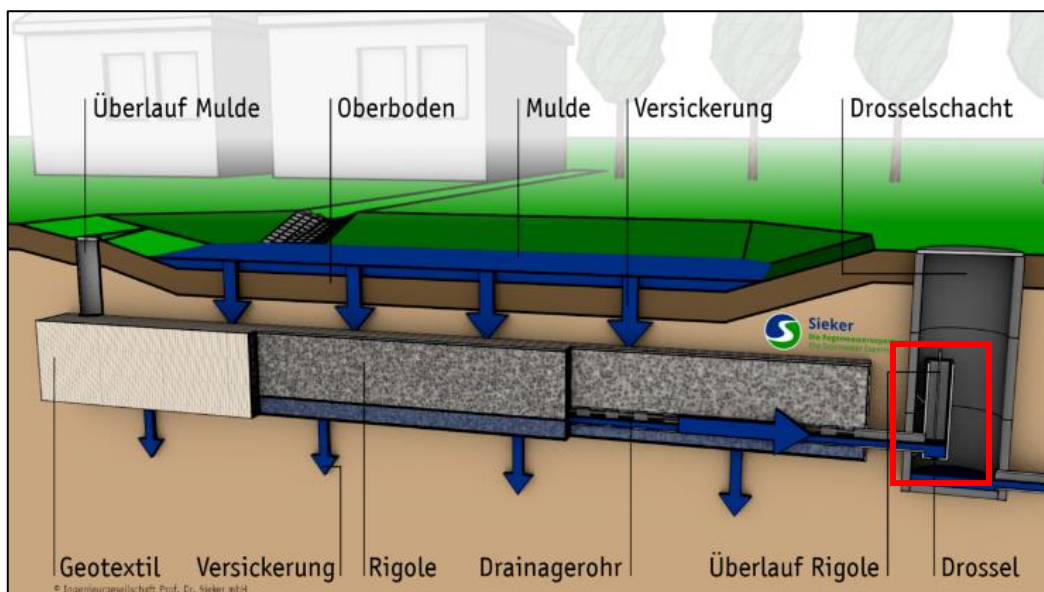


Abbildung 4: Systemaufbau von einem Mulden-Rigolen-System (Jakobs, o.J.)

Die Funktionsweise kann man in Abbildung 4 erkennen. Wie auf dem Bild erkennbar, wird ein Drainagerohr in die Rigole horizontal eingebracht. Dieses besitzt Löcher, wodurch das Wasser in den Drosselschacht weitergeleitet werden kann. Ein Überlauf in den Drosselschacht beginnt, sobald die Oberkante der Rigole (max. Einstauhöhe) mit Wasser eingestaut ist. Hydraulisch kann dies durch ein vertikales Überlaufrohr (rote Markierung) gestalterisch umgesetzt werden. Die Überlauföffnung im Drosselschacht muss dabei auf der gleichen Höhe wie die maximale Einstauhöhe in der Rigole liegen. Dabei greift das Prinzip der kommunizierenden Röhren. Dieses besagt, dass wenn Gefäße miteinander verbunden sind, die Höhe der Wasserspiegel aufgrund gleicher hydrostatischer Bedingungen gleich hoch sind. Wenn folglich die maximale Höhe in der Rigole erreicht wird, wird automatisch die Drossel aktiviert. Durch den Einbau einer Drossel kann nicht versickerungsfähiges Wasser schadenfrei über die Drossel in der Kanalisation abgeleitet werden (Freimann, 2014, pp. 16–21; Jakobs, o.J.).

Die Nutzungsdauer dieser Anlagenart beträgt 15 – 30 Jahre. Die Muldenoberfläche besteht aus einer geschlossenen Vegetationsdecke. Als Bepflanzung eignen sich beispielsweise Gräser, Sträucher und mehrjährige Kräuter. Neben der Kontrolle der Anlage und Zuleitungen besteht die Unterhaltung im Wesentlichen aus der Pflege der Vegetation (z.B. Schnitt, Mahd) und Reinigung der Anlage. Anfallendes Laub beispielsweise muss zur Vermeidung von Verstopfungen entfernt werden. Über vertikutieren der Rasenflächen kann außerdem die hydraulische Leistungsfähigkeit wieder erhöht werden. Die Kosten für Mulden-Rigolen-Systeme belaufen sich auf ca. 0,30 €/m²·a (Matzinger, A. *et al.*, 2017, pp. 110–114; BlueGreenStreets, 2022b, pp. 55–57; Sieker and Bandermann, o.J.).

Tiefbeet

Ein weiterer Anlagentyp ist das Tiefbeet. Es kann mit oder ohne Rigole gebaut werden. Das Tiefbeet ohne Rigole ist vergleichbar mit der Muldenversickerung. Das Wasser fließt dabei über einen Zulauf in den Speicherraum hinein, wird kurz zwischengespeichert und versickert anschließend über den Boden, wodurch eine Grundwasserneubildung angeregt wird. Neben der Verbesserung des Stadtklimas durch Verdunstungsprozesse findet auch eine hydraulische Entlastung der Kanalisation statt. Wie auch bei den anderen Versickerungsanlagen findet die Versickerung über die belebte Bodenzone in den Untergrund statt. Als Substrat eignet sich dabei besonders humoser Boden. Der große Unterschied zur Muldenversickerung besteht darin, dass ein Tiefbeet nicht als Mulde gebaut wird. Dadurch fehlen die Böschungen. Um den Rückhalteraum zu erzeugen, wird die Anlage mit einer Beton- oder Natursteinfassung eingerahmt (Siehe Abbildung 5). Um einen gleichmäßigen Zulauf zu gewährleisten, befinden sich Löcher in der Einfassung. Als Einstauhöhe sind wie bei der Muldenversickerung maximal 30 [cm] anzusetzen. Der große Vorteil bei dem System ist der geringere Platzbedarf, welcher durch das Fehlen der Böschungen erreicht werden kann. Dadurch kann das System auch an engen Stellen zum Einsatz kommen. Als Flächenbedarf sind bei der Planung ca. 5 – 10% einzuplanen. Grundvoraussetzung ist wieder eine gute Versickerungsleistung im Boden (kf-Wert > 10⁻⁶ m/s). Die Oberfläche des Tiefbeetes besteht aus einer vollständig bepflanzten Vegetationsschicht. Als Bepflanzung eignen sich Gehölzer, Gräser, Kräuter oder Sträucher. Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Anlage wird für ein 5-jähriges Niederschlagsereignis bemessen (BlueGreenStreets, 2022b, pp. 58–60).

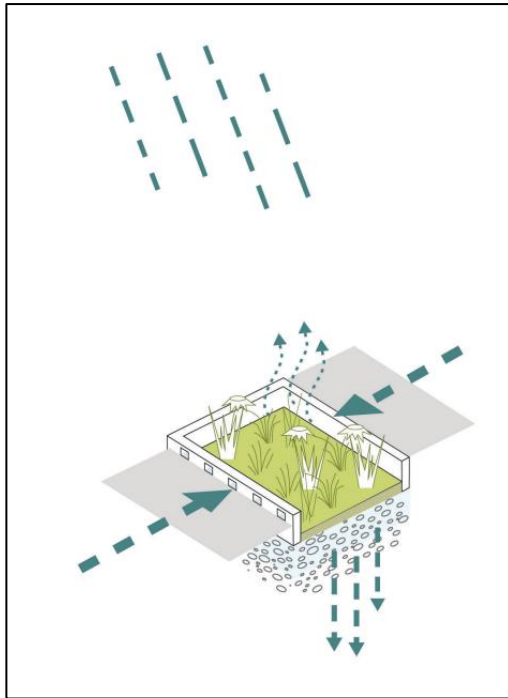


Abbildung 5: Systemaufbau von einem Tiefbeet (BlueGreenStreets and bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 2022, p. 58)

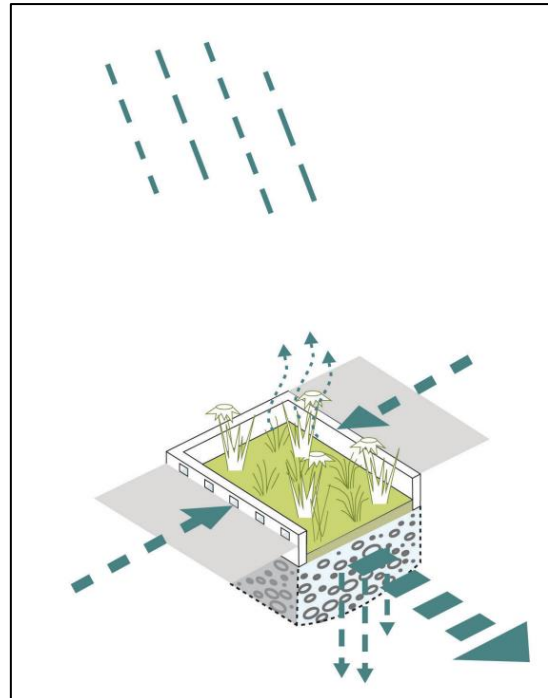


Abbildung 6: Systemaufbau von einem Tiefbeet mit Rigole (BlueGreenStreets and bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 2022, p. 61)

Die Tiefbeetvariante mit Rigole hingegen ist vergleichbar mit einem Mulden-Rigolen-System. Angeordnet werden sie bei Platzmangel oder schlechten Infiltrationsraten des Bodens. Die Funktionsweise ist analog wie bei der Variante ohne Rigole. Der Hauptunterschied besteht darin, dass im Untergrund zusätzlich eine Rigole eingebaut wird, wodurch ein zusätzlicher Rückhalteraum entsteht. Das Wasser wird demnach zuerst an der Oberfläche im Tiefbeet zwischen der Einrahmung gespeichert, versickert anschließend über die belebte Bodenzone in die Rigole hinein, wird erneut kurzzeitig zurückgehalten und versickert letztlich in den umliegenden Untergrund. Auch eine Integration von einer Drossel ist möglich. Gerade bei schlechten Bodenverhältnissen kann demnach überschüssiges Wasser darüber in den Kanal eingeleitet und abgeleitet werden, wodurch eine Überflutung der Anlage vermieden wird. Die allgemeine Gestaltung orientiert sich ansonsten stark an die des Mulden-Rigolen-System. Demnach ist auch hier ein Notüberlauf von dem Tiefbeet in die Rigole anzuordnen. Auch die Materialien der Rigole können aus Kiesschichten oder Kunststoffkörpern bestehen. Die gesamte Anlage wird ebenfalls für ein 5-jährliches Ereignis dimensioniert. Dabei darf wie im vorherigen Kapitel beschrieben das Tiefbeet häufiger überflutet werden, um Fläche zu sparen. Tiefbeet-Rigolen benötigen 3 – 5 % der angeschlossenen befestigten Fläche als Platz (BlueGreenStreets, 2022b, pp. 61–63; Sieker, o.J.).

Bei beiden Ausführungsvarianten findet der Stoffrückhalt über verschiedene Prozesse, wie in den vorherigen Kapiteln ausführlich beschrieben, hauptsächlich in der belebten Bodenzone statt. Bei der Gestaltung des Überlaufes werden Varianten verwendet, wodurch Schwimmstoffe zurückgehalten werden können. In Fällen, bei denen das Wasser über den Überlauf direkt in die Rigole geleitet wird, findet ein höherer Schadstoffeintrag aufgrund der fehlenden Reinigungsprozesse durch den Boden statt. Aufgrund der Seltenheit solcher Ereignisse ist das jedoch tolerierbar. Auch eine Anlage zum Stoffrückhalt bietet sich im Zulauf an (Hörnschemeyer *et al.*, 2023, pp. 96–102; Sieker, o.J.).

Bei der Gestaltung ist auf die Barrierefreiheit zu achten. Bei langförmigen Anlagen muss dabei eine gute Querungsmöglichkeit mitberücksichtigt werden, die mindestens eine lichte Weite von einem Meter aufweisen muss. Gestalterisch sind in der Anlage auch ein Anfahrschutz und gegebenenfalls Absturzsicherungen vorzusehen. Der Anfahrschutz kann beispielsweise über die Tiefbeeteinrahmungen gelöst werden, die dabei jedoch eine Höhe von mindestens 10 [cm] aufweisen muss. Bei den Zuläufen in den Einrahmungen soll kein Unterlaufen der Öffnungen mit dem Langsock möglich sein. Tiefbeete können zudem als verkehrsberuhigende Maßnahme im Straßenquerschnitt zum Einsatz kommen (BlueGreenStreets, 2022b, pp. 58–63).

Die Unterhaltungsmaßnahmen sind analog zu den Mulden-Rigolen-Systemen. Diese werden an der Stelle nicht nochmals beschrieben und können aus den obigen Kapiteln entnommen werden. Die reinen Herstellungskosten sind im Vergleich zu anderen Anlagen höher. Bei Tiefbeeten ohne Rigole sind dabei ca. 15 – 25 €/m² und bei Tiefbeeten mit Rigolen ca. 20 – 40 €/m² zu kalkulieren. Auf der anderen Seite können Kosten beim Flächenerwerb gespart werden. Die Nutzungsdauer beträgt zwischen 15 und 30 Jahren (BlueGreenStreets, 2022b, pp. 58–63; Hörnschemeyer *et al.*, 2023, pp. 96–102; Sieker, o.J.).

Vitale Baumstandorte

Neben den gängigen Baumpflanzungen nach FLL-Richtlinie Empfehlung für *Baumpflanzungen* sind in den vergangenen Jahren vermehrt sogenannte vitale Baumstandorte geplant und gebaut worden. Diese sollen im Vergleich zu den vorgegebenen Bedingungen eine verbesserte Ausgangslage für den Baum schaffen. Auch die Forschung beschäftigt sich in den letzten Jahren vermehrt mit solchen Anlagentypen. International kommen solche Varianten bisher vor allem in Nordamerika, Asien oder Australien zum Einsatz und sind unter den Ausdrücken *treebox filters*, *raingarden treepits* und *tree trenches* bekannt. Im Europäischen Raum ist vor allem die Stadt Stockholm Vorreiter. Die Stadt hat durch die Entwicklung des Stockholmer Modells und den Einsatz von Skelettböden eine ähnliche Variante im Einsatz. Erfahrungen, Richtlinien und Bemessungsgrundsätze liegen aufgrund der erst kürzlich intensivierten Forschung und dem Einsatz solcher Anlagen noch nicht vor, da es bisher kaum Referenzprojekte in Deutschland gibt (BlueGreenStreets, 2022, pp. 10–11). Jedoch gibt es bereits einige Referenzprojekte in Zürich, Wien und auch Hamburg welche zur Orientierung dienen.

Nachfolgend werden potenzielle Ausführungsvarianten von vitalen Baumstandorten vorgestellt. Dabei sind zum einen der hydrologisch optimierte Baumstandort im Neubau und Bestand, zum anderen die Baumrigole ohne Speicher und die Baumrigole mit Speicher zu nennen. Auf die jeweiligen Varianten wird kurz eingegangen und das Prinzip dahinter vorgestellt. Zusätzlich wird das Stockholmer Modell und eine potenzielle zukünftige Weiterentwicklung erläutert.

Allgemeines

Die Sinnhaftigkeit solcher neugedachten Baumstandorte ist vielseitig. Die Flächenkonkurrenz kann zwischen Baumstandorten und Entwässerungsanlagen reduziert werden. Diese resultiert aktuell aus einem Mangel an verfügbaren freien Flächen in urbanen Gebieten. Dadurch waren bisher immer Abwägungsprozesse und eine Prioritäteneinstufung in den Städten erforderlich. Durch die Kombination der Nutzungen können demnach Flächen effizienter genutzt werden (BlueGreenStreets, 2022, p. 10).

Im Zuge der gezielten Einleitung von Wasser in die Anlage, wird zudem eine bessere Bewässerung und Belüftung des Baumes gewährleistet. Der Effekt kann durch die Einrichtung eines Wasserspeichers (z.B. Baumrigole mit Speicher) erhöht werden. Die Folge sind positive Auswirkungen auf die Vitalität der Bäume, wodurch beispielsweise die Wurzelbildung oder Wachstumsprozesse gefördert werden. Auch in der Folge langer Dürreperioden im Sommer steht dem Baum somit für eine längere Zeit Wasser zur Verfügung und Trockenschäden können minimiert oder sogar vermieden werden (BlueGreenStreets, 2022, p. 10).

Der Einsatz von geeigneten Baumsubstraten hat positive Auswirkungen. Aus entwässerungstechnischer Sicht können durch das gegebene Porenvolumen die Infiltrationseigenschaften im Boden verbessert und ein Rückhalteraum für das Wasser geschaffen werden. Die Poreneigenschaften haben somit auch in Bezug auf die Wasser- und Luftkapazitätsbedürfnisse der Bäume einen positiven Effekt. Durch die Struktur der Substrate erhalten die Bäume zudem Platz für das Wurzelwachstum, da Böden mit hohen Verdichtungseigenschaften im Wurzelraum ersetzt werden. Der Einsatz von speziellen Substraten kommt jedoch in erster Linie bei Neupflanzungen zum Einsatz. Weitere

Informationen zu Baumsubstraten sind dem Bericht *Baumsubstrate zur Pflanzgrubenverfüllung* der Hochschule zu entnehmen.

Vitale Baumstandorte tragen zudem zum Überflutungsschutz bei, da diese Wasser von befestigten Flächen aufnehmen können, wodurch eine hydraulische Entlastung der Kanalisation stattfindet, und das Überflutungsrisiko minimiert wird. Durch die Versickerung wird zudem die Grundwasserneubildung angeregt. Die Baumvegetation hat zudem positive Effekte auf das Stadtklima. Hierbei wird die Verdunstungsleistung und die daraus resultierenden Kühleffekte gesteigert. Die Verdunstung entsteht durch Transpirations- und Evaporationsprozesse der Vegetation. Durch die Bäume findet auch eine Verschattung der Oberflächen statt, wodurch der Hitzestress in den Gebieten reduziert werden kann. Auch können schädliche Luftbelastungen durch den Baum reduziert werden. Eingesetzt werden können diese Anlagen auf Grundstücks- oder Quartiersebene. (BlueGreenStreets, 2022, p. 10; Grüning, Siering and Schulte, 2023; Hörnschemeyer *et al.*, 2023, pp. 103–109).

Bei der Planung solcher Anlagen müssen, wie bei reinen Versickerungsanlagen eine Vielzahl von Entscheidungsträger frühzeitig mit involviert werden. Das resultiert aus dem Einsatzgebiet der Baumrigole. Da es sich um eine Versickerungsanlage mit Vegetation handelt sind die Wasser-, Boden-, Grünflächen- und Freiraumgestaltungsbehörden in der Planung mit einzubeziehen. Da als Standort häufig Bereiche neben Straßen gewählt werden, sind auch die Straßen- und Verkehrsbehörden zu involvieren. Generell sind die Genehmigungsbehörden frühzeitig zu kontaktieren, um spätere Probleme bei der Planung um Umsetzung zu vermeiden. Neben der generellen Planung müssen zwischen den Entscheidungsträgern auch die Finanzierungen der anfallenden Kosten während der Bauzeit und der Nutzungsdauer, sowie die Zuständigkeit im Bereich Unterhaltung, Pflege und Kontrolle definiert werden (Grüning, Siering and Schulte, 2023).

Hydrologisch optimierter Baumstandort

Neben den Baumrigolen, welche in den nachfolgenden Textpassagen erläutert werden, können die Baumstandorte auch hydrologisch optimiert gestaltet werden, was als Vorstufe zur Rigolenvariante gilt. Der Vorteil ist, dass neben dem Neubau solcher Standorte auch Bäume im Bestand nachhaltig profitieren und umgestaltet werden können. Bei der Bestandsvariante findet ein nachträglicher Anschluss von versiegelten Oberflächen statt. Dadurch entsteht eine Abkopplung der Kanalisation, was eine hydraulische Entlastung zur Folge hat. Da in diesen Fällen die Bäume schon gepflanzt sind und sich somit eine elementare Verbesserung des Bodens schwierig gestaltet, sind lediglich oberflächennahe Arbeiten durchzuführen. Dabei wird unter anderem versucht, die Verdichtung zu reduzieren und die Versickerungsleistung des Bodens zu steigern. Ein spezielles Substrat wird bei den

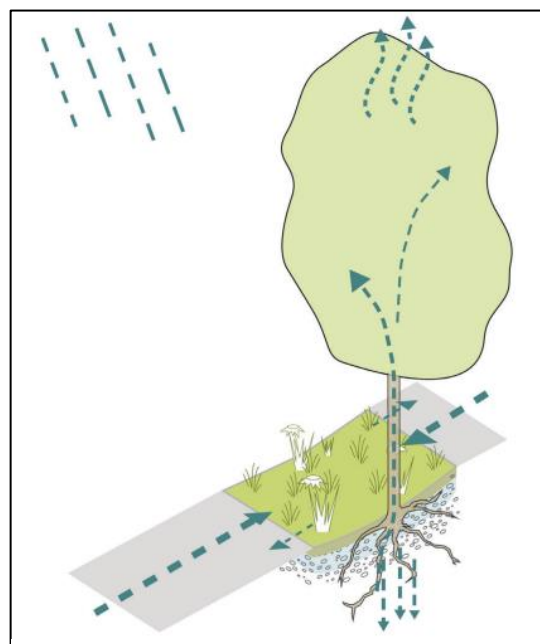


Abbildung 7: Systemaufbau eines hydrologisch optimierten Baumstandortes (BlueGreenStreets and bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 2022, p. 12)

hydrologisch optimierten Standorten nicht eingesetzt. Stattdessen wird mit dem vorhandenen Boden gearbeitet (BlueGreenStreets, 2022, pp. 12–14).

Um die Bodeneigenschaften zu verbessern, können verschiedene Geräte wie Druckluftpflanzen oder Sauggeräte mit Vakuumpfunktion Anwendung finden. Der Vorteil ist, dass durch solche Gerätschaften die vorhandenen Wurzelsysteme des Baums nicht beschädigt werden. Es findet eine Auflockerung und Freilegung statt. Eine Sicherstellung der Zuleitung in die Baumgrube ist das Resultat. Da sich für die Bäume eine neue Funktion einstellt, muss im Vorfeld untersucht werden, ob eine Eignung für solche Anlagen vorliegt oder ob vitale Schädigungen die Folge sind. Grundsätzlich sollten jedoch nur geringe Niederschlagsmengen eingeleitet werden. Bei stark belasteten Böden können Behandlungsanlagen vorgeschaltet werden. Die Anlage wird so konzipiert, dass durch den Baum Verdunstungsprozesse entstehen, das Niederschlagswasser in den Untergrund versickern kann und das durch die Einleitung im Porenvolumen des Bodens Wasser zurückgehalten wird, wodurch der Baum bewirtschaftet werden kann (Siehe Abbildung 7) (BlueGreenStreets, 2022, pp. 12–14).

Bei hydrologisch optimierten Baumstandorten im Neubau ist das Prinzip und die Funktionsweise ähnlich zum Bestand und kann analog wie oben beschrieben umgesetzt werden. Der Unterschied besteht in der Tatsache, dass hier der komplette Baumstandort neu gebaut wird. Eine Auswahl von geeigneten Bäumen ist daher möglich. Auch die Zuleitungen und Versickerung in den Boden kann optimal angepasst werden. Auch bei dieser Variante kann mit dem vorhandenen Boden gearbeitet werden. Ein Mindestvolumen von 12 m³ für die Pflanzgrube ist vorzusehen, wobei je nach Baumart deutlich mehr Platz vorhanden sein muss. Der Boden muss ausreichend versickerungsfähig sein, damit ein Staunässerisiko vermieden wird. Generell sind beide Varianten vor Verdichtung zu schützen (BlueGreenStreets, 2022, pp. 12–17).

Baumrigole mit Speicher

Eine weitere Variante ist die Baumrigole mit Speicher. Vom Grundprinzip funktioniert diese Entwässerungseinrichtung wie ein Mulden-Rigolen-Element. Die Niederschläge fließen demnach, wie im linken Bild von Abbildung 8 erkennbar von den befestigten Flächen über einen Zulauf in einen Oberflächenspeicher. Dabei können je nach erlaubten Stoffbelastungen verschiedene Arten von versiegelten Flächen, wie beispielsweise Straßen-, Dach- oder Gehwegflächen angeschlossen werden. Die Besonderheit gegenüber dem Mulden-Rigolen-Element ist die eingesetzte Vegetation. Demnach kommen hierbei Bäume als Bepflanzung zum Einsatz, wodurch neben entwässerungstechnischen Aspekten auch spezielle vegetationstechnische Anforderungen zu berücksichtigen sind. Der Oberflächenspeicher kann, wie in der Abbildung dargestellt, als eine Art Tiefbeet oder wie bei der Muldenversickerung über eine Mulde mit Böschungen gestaltet werden. Hier wird das Wasser temporär gespeichert und versickert anschließend über die belebte Bodenzone in den Rigolenkörper hinein. Dieser ist von besonderer Bedeutung und hat im Wesentlichen zwei Grundaufgaben. Zum einen dient er über sein Porenvolumen zur kurzfristigen Wasserspeicherung, wodurch auch der Baum schon Wasser aufnehmen kann. Neben einer daraus resultierenden hydraulischen Entlastung wird auch die Vitalität des Baumes erhöht. Außerdem dient der Rigolenbereich als Wurzelraum, wodurch der Baum den Boden besser durchwurzeln kann (Sieker, 2019, p. 4; BlueGreenStreets, 2022, pp. 22–27; Pallasch, o.J.).

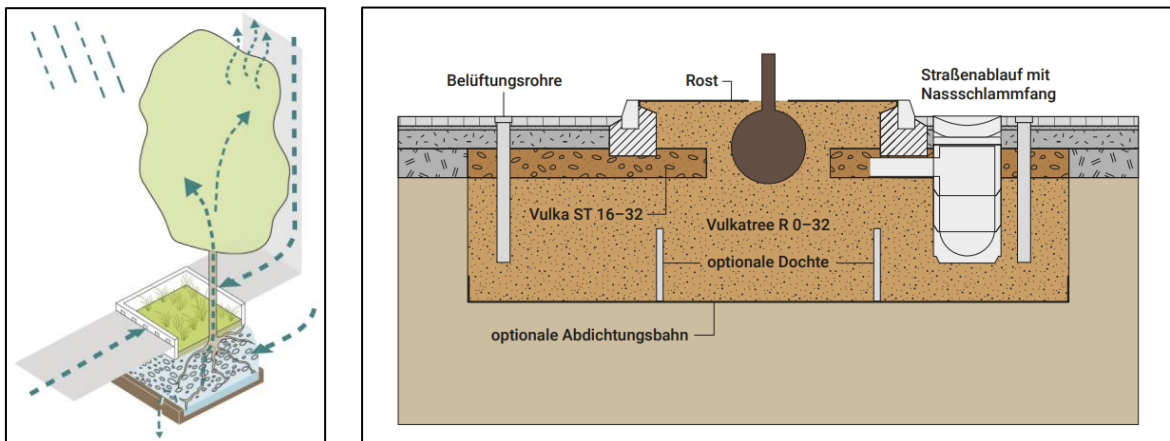


Abbildung 8: Links: Systemaufbau von einer Baumrigole mit Speicher (BlueGreenStreets and bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 2022, p. 22); Rechts: Beispiel einer Baumrigolenumsetzung von der Firma VulkaTec (VulkaTec Riebensahm GmbH, o.J., p. 11)

Daher spielt das Material in der Rigole eine entscheidende Rolle. Um die optimalen Bodeneigenschaften zu erhalten, werden Substrate eingesetzt. Als Materialien können dabei Kiese, Zell- und Wurzelkammersysteme oder speziell für den Baum geeignete Substrate Anwendung finden. Unterhalb der Rigole wird zusätzlich ein durchwurzelbarer Rückhalteraum angeordnet, welcher als langfristiger Bewässerungsspeicher für den Baum dient. Gefüllt wird dieser Raum, nachdem das Wasser die Rigol- bzw. Substratschicht infiltriert hat. Die Bodenwanne wird so gestaltet, dass vor allem in Dürreperioden das Wasser zur Bewässerung für den Baum verwendet werden kann. Um die Speicherwirkung dieses Speichers zu gestalten, wird dieser an der Sohle abgedichtet. Dabei können natürliche mineralische Materialien wie beispielsweise Lehm oder Ton, Kunststoffe wie Folien oder Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (kurz: EPDM) oder aber kombinierte Materialien wie Bentonitmatten zum Einsatz kommen. Um die Bewässerung zusätzlich zu fördern, bietet es sich an, einen Kapillarblock in die Bodenwanne mit einzuplanen. Über die Kapillarkräfte kann so das Wasser den Wurzeln besser zugänglich gemacht werden. Im rechten Bild von Abbildung 8 wird über den Einsatz von Dochten eine vergleichbare Wirkung erzeugt. Gerade Jungbäume, welche noch kein ausgeprägtes Wurzelnetz haben profitieren davon. Wenn der Speicher seinen maximalen Füllstand erreicht hat, kann das überschüssige Wasser wie in den Abbildungen oben erkennbar über die Seiten in den Untergrund versickern. Bei schlechten Bodenverhältnissen können auch im Umfeld der Anlage weitere Kiesschüttungen integriert werden, um die Versickerung in den Untergrund zu verbessern. Bei schlechten Versickerungseigenschaften der Böden können Drosseln gebaut werden. Hierbei wird überschüssiges Wasser aus der Anlage meistens über die Kanalisation schadenfrei abgeleitet. Dadurch kann eine potenzielle Staunässegefahr minimiert werden. Beim Bau von mehreren Baumrigolen können diese miteinander verbunden und vernetzt werden, wodurch eine Systemcharakteristik entsteht (Sieker, 2019, pp. 3–5, 2022, pp. 4–11; BlueGreenStreets, 2022, pp. 22–27; Pallasch, o.J.).

Die Zuleitung in die Baumrigole hängt unter anderem von den Gefällebedingungen am Standort ab und ist im Wesentlichen zwischen einer punktuellen und offenen Einleitung zu unterscheiden. Die punktuelle erfolgt dabei meistens an einer Stelle über Rohrleitungen. Die offene Einleitung hingegen kann entweder durch Lücken in den Randeinfassungen (Siehe Abbildung 8), Dränrinnen oder über die Böschungskante wie bei der Muldenbauweise realisiert werden. Auch bei der Gestaltung der Baumscheibe kann man

grundsätzlich zwischen zwei Gestaltungen unterscheiden. Dabei sind die offen gestaltete und überbaute Variante zu nennen. Der Unterschied zwischen den Varianten ist die Einleitung. Bei der offenen Baumscheibe wird das Wasser direkt über die Baumscheibe eingeleitet. Hierdurch wird das Wasser durch die belebte Bodenzone versickert und es findet eine stoffliche Reinigung des Wassers statt, was als großer Vorteil gegenüber der überbauten Variante gilt. Da Baumrigolen sowohl auf Grundstücks- als auch Quartiersebene zum Einsatz kommen können und daher ein möglicher Platzmangel vorliegt, kann über eine überbaute Baumscheibe die Flächeninanspruchnahme minimiert werden. Bei der Dimensionierung ist der stofflichen Belastung und der potenziellen Notwendigkeit von Behandlungsanlagen Aufmerksamkeit zu schenken. Aufgrund der geringen freien Oberfläche und Einleitungssituation dieser Baumscheibenvariante, bietet sich bei der Funktionalität ein Vergleich mit der Rigolenversickerung an. Um eine Verdichtung zu vermeiden sind gegebenenfalls Sicherungsmaßnahmen wie Gitter einzubauen (Sieker, 2019, pp. 3–5, 2022, pp. 4–11; BlueGreenStreets, 2022, pp. 22–27; Pallasch, o.J.).

Bei der Bemessung und Gestaltung werden Seitens der DWA und FLL einige Empfehlungen gegeben. Nach FLL-Merkblättern ist demnach ein Bodenvolumen von mindestens 12 m³ und eine Mindestdiefe des Wurzelraums von 1,5 m einzuplanen. Je nach Baumauswahl ist dieses Volumen jedoch an die Bedürfnisse des Baums anzupassen. Die Baumrigole soll nach DWA grundsätzlich, wie das Mulden-Rigolen-Element, für eine 5-jährige Überstauhäufigkeit dimensioniert werden, wobei die Mulde bzw. Oberfläche der Baumrigole häufiger überfluten darf und deshalb aus hydraulischen Aspekten lediglich ein 1-jähriges Niederschlagsereignis aufnehmen muss. Als oberirdischen Flächenbedarf für die Anlage sind ca. 5 – 15% von der angeschlossenen versiegelten Fläche einzukalkulieren. Bei der Dimensionierung und Wahl der Substrate ist darauf zu achten, dass auf der einen Seite viel Wasser für die Bewässerung des Baumes zur Verfügung steht, aber auf der anderen Seite eine funktionale Entwässerung gewährleistet und Staunässe aufgrund von schlechten Infiltrationsraten vermieden wird (DWA, 2005, p. 23; FLL, 2010, p. 33; BlueGreenStreets, 2022, pp. 22–27; Pallasch, o.J.).

Bei hochbelasteten Wassermassen, bei denen eine Versickerung seitens der Genehmigungsbehörden trotz Reinigungswirkung des Bodens verboten wird, ist das überschüssige Wasser über eine Drossel abzuleiten. Um eine Versickerung zu vermeiden, ist die Anlage vom angrenzenden Boden durch bauliche Maßnahmen abzudichten. Neben der belebten Bodenzone findet ein Stoffrückhalt im Rigolenbereich durch die eingesetzten Substrate statt. Auch zusätzliche Behandlungsanlagen können in die Anlage mit integriert werden. Bezüglich der Einleitung von verschiedenen Stoffbelastungen gibt es in der Forschung aktuell unterschiedliche Meinungen. Als potenzielle Belastungen sind dabei beispielsweise Streusalz, Hundeurin, partikuläre Stoffe, Abgase oder auch Havarie Unfälle zu nennen (Sieker, 2019, pp. 3–5, 2022, pp. 4–11; BlueGreenStreets, 2022, pp. 22–27; Pallasch, o.J.).

Baumrigole ohne Speicher

Diese Variante der vitalen Baumstandorte ist analog zu der zuvor beschriebenen Ausführung. Die dort beschriebenen Grundsätze sind auch hierbei größtenteils anwendbar. Der Unterschied entsteht durch den fehlenden Speicher unterhalb der Rigole. Anders als bei der Baumrigole mit Speicher findet hier eine vollständige Versickerung aus dem Rigolenkörper in den Untergrund statt. Dadurch wird lediglich das Wasser im Wurzelraum für die Bewässerung des Baums zurückgehalten. Die restliche Funktionsweise ist identisch und kann aus obigem Kapitel entnommen werden. Der Unterschied zu den hydrologisch optimierten Baumstandorten besteht in der Verwendung von geeigneten Substraten und der Gestaltung eines Rigolenkörpers (BlueGreenStreets, 2022, pp. 18–21).

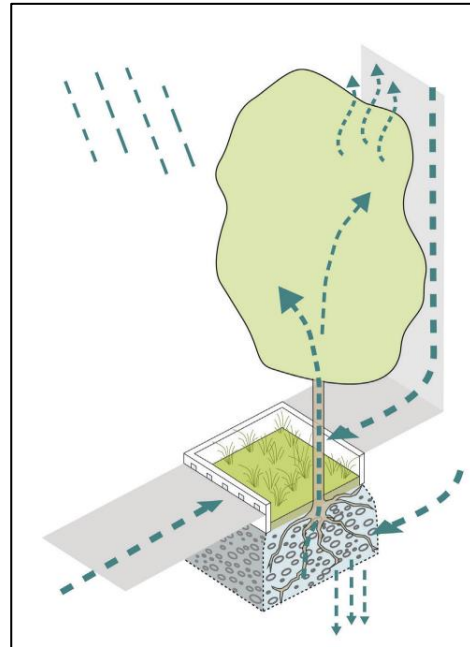


Abbildung 9: Systemaufbau von einer Baumrigole ohne Speicher (BlueGreenStreets and bgmr Landschaftsarchitekten GmBH, 2022, p. 18)

Barrierefreiheit und Unterhaltung von vitalen Baumstandorten

Generell fallen bei den vitalen Baumstandorten unabhängig von der Bauvariante ähnliche Anforderungen an die Unterhaltung und die Barrierefreiheit an. Auch die Kosten können zwischen den Anlagenarten gut verglichen werden.

Bei der Barrierefreiheit ist darauf zu achten, dass ein Anfahrtschutz und gegebenenfalls eine Absturzsicherung vorgesehen wird, damit das Verletzungsrisiko und das Schadenspotenzial reduziert wird. Bei Varianten, die beispielsweise eine Einfassung haben, können die darin verlegten Bordsteine ab einer Höhe von mehr als 10 cm als Anfahrtschutz dienen. Generell muss die Baumscheibe so konzipiert sein, dass Unfälle vermieden und eine Unterlaufung der Umrandung und somit eine Irritation für Menschen mit einem Langstock verhindert wird. Anlagentechnik, welche an der Oberfläche liegt, ist so zu positionieren und zu kennzeichnen, dass potenzielle Stolpergefahren auszuschließen sind. Ebenso sollte die Anlage von der Gestaltung so gewählt werden, dass ein guter Kontrast zur umliegenden Bebauung entsteht. Dies beinhaltet auch eine entsprechende Beleuchtung. Bei hydrologisch optimierten Baumstandorten im Bestand, bei denen im Ist-Zustand Einschränkungen in der Barrierefreiheit vorliegen, ist zu prüfen, ob eine nachträgliche Optimierung stattfinden kann. Vitale Baumstandorte können zudem als verkehrsberuhigende Maßnahmen im Straßenraum zum Einsatz kommen (BlueGreenStreets, 2022, pp. 14, 17, 21, 26).

Als Unterhaltungsmaßnahmen müssen für die Bäume Fertigstellungs- und Entwicklungspflegearbeiten eingeplant werden. Generelle Kontrollgänge sind notwendig. Diese umfassen die entwässerungstechnischen Einrichtungen wie beispielsweise Leitungen, Schächte, Zu- und Abläufe. Auch die Baumscheiben sind dabei zu kontrollieren. In extremen Dürreperioden, welche über die Bemessungsannahmen hinausgehen und

daraus resultierend auch die Speicher der Baumrigolen leer laufen, ist möglicherweise eine zusätzliche Bewässerung notwendig. Um die Funktionalität der Anlage zu kontrollieren und einen langfristigen Erfolg zu sichern, können auch Monitoring-Programme Anwendung finden. Bei Baumrigolen mit Speicher kann dabei beispielsweise über Messtechnik die Wassergehalts-, Kohlenstoffdioxid- und die Sauerstoffbedingungen in der Baugrube erfasst und analysiert werden. Bei Ablagerungen, wodurch die Versickerungsleistung verschlechtert wird, ist eine Reinigung durchzuführen (BlueGreenStreets, 2022, pp. 12–27).

Stockholmer Pflanzgruben

Wie anfangs erläutert, ist die Stadt Stockholm in Europa Vorreiter, was Pflanzgruben im urbanen Raum betrifft. Die Stadt hat dabei eine eigene Bauweise entwickelt, wo als Hauptbestandteil Skelettböden zum Einsatz kommen. Hierdurch sollen häufige Probleme von Stadtbäumen verhindert werden. Zu den Problemen zählen unter anderem Sauerstoffmangel, Staunässe, Wasserknappheit, vitale Schäden aufgrund Stoffeinträge oder schlechte Entwicklungsmöglichkeiten aufgrund von hohen Flächenversiegelungen, Verdichtungen oder zu kleinen Pflanzgruben (Stadt Stockholm, Embrén and Alvem, 2024, pp. 2, 6–7).

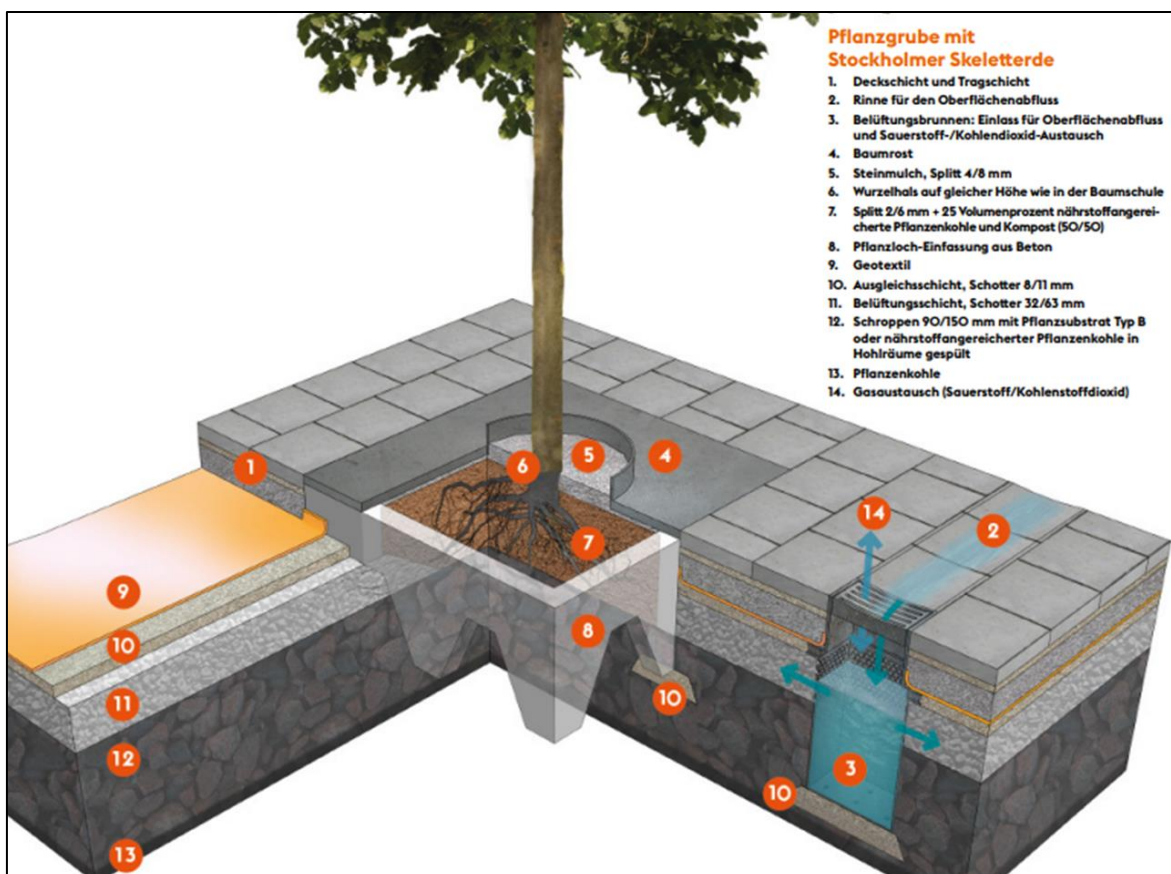


Abbildung 10: Systemaufbau Stockholmer System - Einsatz von Skeletterden (Stadt Stockholm, Embrén and Alvem, 2024, p. 8)

In der Abbildung 10 ist der Systemaufbau des Systems dargestellt. Die Pflanzgruben sollen dabei ein Mindestvolumen von 15 m³ pro Baum aufweisen. Ziel der Skeletterden ist es, dass ein hohes Porenvolumen geschaffen wird, wodurch ein verbesserter Wasser- und Luftaushalt vorliegt. Um das zu erreichen, besteht der Hauptteil der Pflanzgrube aus Schroppen mit einer gleichmäßigen Größe von 90/150 [mm]. Die Schroppen werden verdichtet und lagenweise eingebaut. Zusätzlich kann durch diese große Gesteinskörnung auch die Tragfähigkeit bei bestimmten Überbauungen gewährleistet werden. Um dem Baum optimale Entwicklungsmöglichkeiten zu geben, wird zusätzlich Pflanzsubstrat mit in die Schroppen eingeschlämmt (Abbildung 11). Dazu wird bei jeder Lage nach dem Verdichten der Schroppen eine dünne Schicht Pflanzsubstrat aufgetragen und mit Hilfe eines harten Wasserstrahls in die Schroppenschicht eingeschlämmt. Es ist ebenfalls möglich den groben Schroppen vorab mit dem feineren Substrat zu mischen und zusammen einzubauen (ZHAW Zürich, S. Stevanovic, 2024). Im Bereich des Wurzelballens wird ein auf den Baum angepasstes Pflanzsubstrat verwendet. Dieses sollte zum einen aus Splitt mit einer Korngröße von 2/6 mm und zum anderen zu 15 – 25 % aus einem nährstoffreichen Material (z.B. Kombinationen von Pflanzenkohle und Kompost) bestehen (Stadt Stockholm, Embrén and Alvem, 2024, pp. 8, 12, 14, 17).

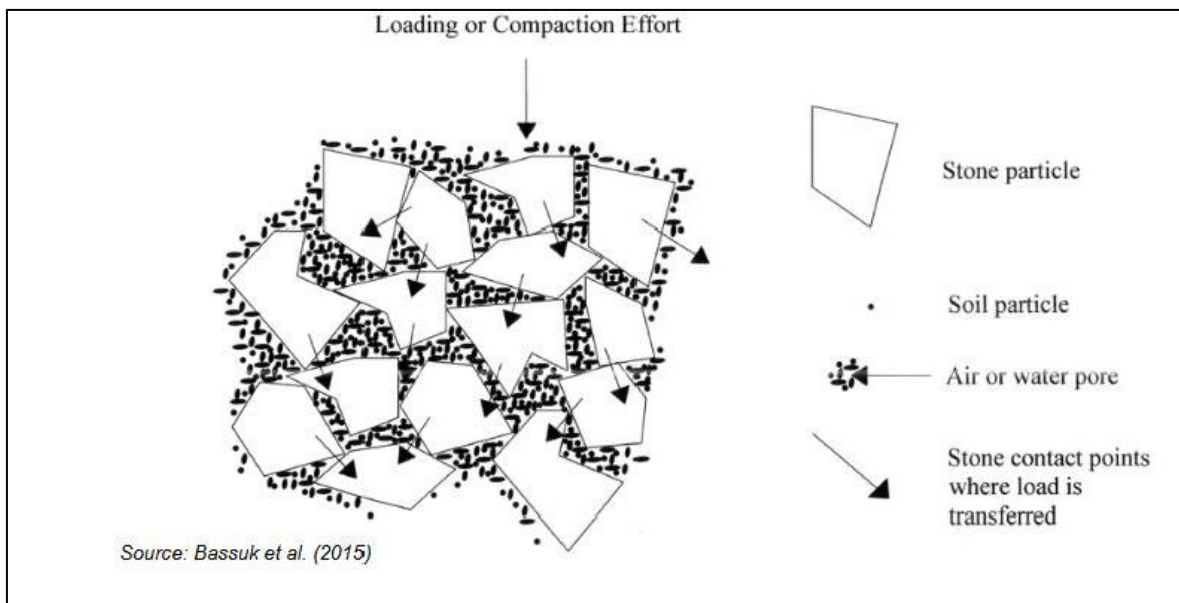


Abbildung 11: Aufbau des Substrats nach Stockholmer Modell (Bassuk, N. et al. 2015)

In der Anwendung des Stockholmer Prinzips unterscheiden sich die Praxisbeispiele teilweise. Wie aus der Abbildung 10 ersichtlich, sind noch weitere Schichten in der Pflanzgrube möglich. Um eine Behandlung des infiltrierenden Wassers zu ermöglichen, wird im Bereich des anstehenden Bodens eine ungedüngte Pflanzenkohleschicht integriert. Damit dem Baum für die Entwicklung ausreichend Luft zur Verfügung steht kann zudem eine Belüftungsschicht und ein Belüchtungsbrunnen eingebaut werden. Der Brunnen mit einem Fassungsvermögen von 60 l hat dabei zwei Aufgaben. Zum einen soll dieser anfallendes Niederschlagswasser in Richtung der Baumgrube leiten, damit dem Baum genügend Wasser zur Verfügung steht. Dazu sollte sich der Belüchtungsbrunnen an einem Tiefpunkt befinden. Hierdurch kann das Wasser über das Gefälle der Pflanzgrube zu fließen. Zum anderen soll der Brunnen einen Austausch von Sauerstoff und Kohlendioxid gewährleisten. Über die Belüftungsschicht, welche eine Körnung von 32/63 Schotter [mm] besitzt, ist der Brunnen mit dem Baum verbunden. Durch perforierte Stellen im Brunnen

kann ein Austausch in die Belüftungsschicht erfolgen. Die Schicht befindet sich über der Schroppenschicht (Stadt Stockholm, Embrén and Alvem, 2024, pp. 8, 10, 17).

Die oberste Schicht in dem System bildet die Trag- und Deckschicht. Darunter folgt ein Geotextil. Dieses wird eingebaut damit keine Feinanteile in die unteren Schichten gelangen können. Ziel dabei ist es Verdichtungen in den unteren Schichten zu vermeiden. Durch eine Ausgleichsschicht unterhalb des Geotextils und oberhalb der Belüftungsschicht soll die Funktionsfähigkeit des Geotextils gewährleistet bleiben, da hierdurch das Reißrisiko des Textils reduziert wird. Die Ausgleichsschicht sollte eine Körnung von 8/11 mm Schotter besitzen (Stadt Stockholm, Embrén and Alvem, 2024, pp. 8, 15, 17).

Um den Wurzelballen herum wird eine rechteckige Einfassung aus Beton eingebaut. Hierdurch resultieren Trenn- und Stabilitätseffekte in der Pflanzgrube. Zudem erhält der Baum Platz zur Entwicklung. Innerhalb der Einfassung wird Pflanzsubstrat eingebaut. Als Bettung dient die Schroppenschicht. (Stadt Stockholm, Embrén and Alvem, 2024, p. 10).

Abbildung 12 zeigt eine weitere mögliche Aufstellung der Pflanzgrube wie es in der Stadt Zürich getestet wird. Ein Speichersubstrat aus 60-70% Skelettmischung und 40-30% Feinmaterial wird vorgemischt eingebaut und durch eine Foundationsschicht (ca. 45 cm, wenn möglich weniger) nach Anforderungen ergänzt. Ein mineralisches Baums substrat umgibt den Wurzelballen, welcher ebenfalls von einer Betonfassung umrahmt wird. Die Baumscheibe sollte mit Mulch und Unterpflanzung besetzt werden (ZHAW Zürich, 2024).

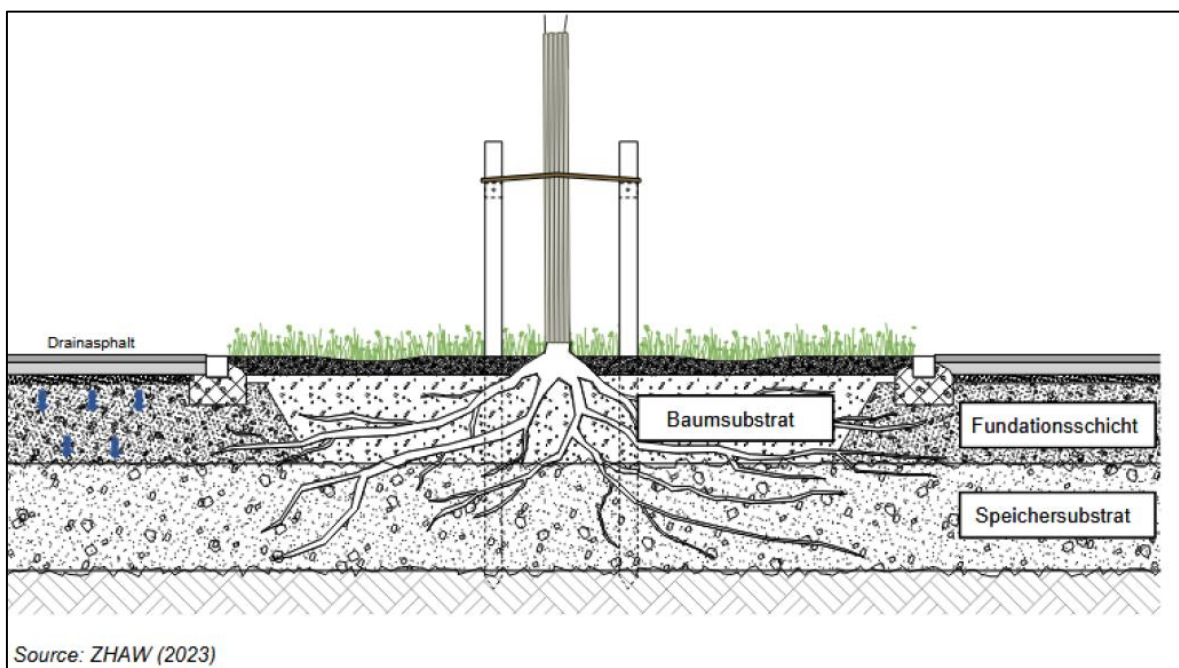


Abbildung 12: Aufstellung einer Pflanzgrube in der Stadt Zürich, welche getestet wird (ZHAW, 2023, zitiert nach ZHAW Zürich, 2024)

Neben der Bauweise mit Skeletterden werden in Stockholm auch Bauweisen mit Pflanzenkohle-Schotter aktuell erforscht. Der Aufbau ist dabei ähnlich. Anstatt der Schroppenschicht wird hierbei eine Pflanzenkohle-Schotterschicht mit einer Körnung von 32/90 mm eingebaut (Stadt Stockholm, Embrén and Alvem, 2024, p. 9).

Zukünfte Weiterentwicklung

In Zukunft können auch gezielte Speichersteuerungen, wie man sie beispielsweise aus der Zisternen- oder Talsperrenbewirtschaftung kennt zum Einsatz kommen. Das Prinzip dahinter ist, dass bei Niederschlagsereignissen die Speicher im Vorfeld gezielt beispielsweise über die Kanalisation entleert werden. Dadurch kann das Wasser im Vorfeld schadenfrei und ohne Überstau abgeleitet werden. Wenn daraufhin der vom Wetterbericht gemeldete Niederschlag einsetzt, findet eine Vollenkung der Speicher statt. Durch die vorzeitige Entleerung steht somit ein höherer Wasserrückhalt zur Verfügung. Infolgedessen können bei Niederschlägen seltener Jährlichkeit Überflutungen reduziert oder minimiert werden. Dafür muss jedoch eine technische Ausstattung der Anlagen erfolgen. Neben z.B. Bewirtschaftungsprogrammen, Messeinrichtungen, Steuerungselementen, müssen vor allem die Vorhersagemodelle eine möglichst hohe Genauigkeit aufweisen. Aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung kann diese Methode in Zukunft Anwendung finden. Ein weiterer Vorteil einer gezielten Speichersteuerung von Baumrigolen ist die Vermeidung von Staunässen. Die Steuerung kann dabei durch den Einsatz von Sensortechnik und der Überwachung der Bodenfeuchte erfolgen (Sieker, 2019, p. 19).

Literaturverzeichnis

- Bassuk, N. et al. (2015): *CU-Structural Soil®. A Comprehensive Guide*. Department of Landscape Architecture, Cornell University, verfügbar als PDF. Available at: <https://nysufc.org/new-guide-to-cu-structural-soil/2016/02/15/> (Accessed: 19.09.2023).
- BlueGreenStreets (2022b): *BlueGreenStreets Toolbox - Teil B Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere*. Hamburg, erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahmen 'Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft', verfügbar als PDF. Available at: <https://doi.org/10.34712/142.27>.
- BlueGreenStreets and bgmr Landschaftsarchitekten GmbH (2022): *BlueGreenStreets Toolbox - Teil A und B - Grafiken*. In der BlueGreenStreets Publikation Teil A und B unter der Markierung [1] erstellten Grafiken.
- DWA (2005): *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser*. 2., red. korr. Aufl., Hennef, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA-Regelwerk Arbeitsblatt, DWA-A 138).
- DWA (2020): *Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - Teil 1: Planung, Bau, Betrieb*. Entwurf (Gelbdruck) aus November 2020, 1. Auflage, Hennef, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 138-1).
- Freimann, R. (2014): *Hydraulik für Bauingenieure - Grundlagen und Anwendungen*. 3. aktualisierte und erw. Aufl., München, fv, Fachbuchverl. Leipzig im Hanser-Verl (Lehrbücher des Bauingenieurwesens).
- FGSV (2021): *Richtlinien für die Entwässerung von Straßen (REwS)*. Ausgabe 2021, Köln, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (FGSV Kat. R1, Nr. 539).
- FLL (2010): *Empfehlungen für Baumpflanzungen. Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen: Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate*. 2. Ausg., Ausg. 2012, Bonn, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL).
- Grüning, H., Siering, N. and Schulte, A. (2023a): *Baumrigolen als Be- und Entwässerungssysteme*. Münster, wissenschaftlicher Artikel veröffentlicht auf der Webseite der Fachzeitschrift B_I galabau. Available at: <https://bi-medien.de/fachzeitschriften/galabau/regenwasser/bewaesserungstechnik-baumrigolen-als-be-und-entwaesserungssysteme-in-urbanen-raeumen-g15861> (Accessed: 8 December 2023).
- Hörnschemeyer, B. et al. (2023): *Leitfaden RessourcenPlan – Teil 3.3: Maßnahmen des Quartiersmanagements: Maßnahmensteckbriefe. Ergebnisse des Projekts R2Q RessourcenPlan im Quartier*, Münster, FH Münster - University of Applied Sciences, IWARU Institut für Infrastruktur Wasser Ressourcen Umwelt, verfügbar als PDF. Available at: <https://www.hb.fh-muenster.de/opus4/15760> (Accessed: 26 November 2023).
- Jakobs, F. (o. J.): *Mulden-Rigolen-System (MRS)*. Hoppegarten, auf der Webseite Sieker. Available at: <https://www.sieker.de/fachinformationen/article/mulden-rigolen-system-mrs-9.html> (Accessed: 5 December 2023).

- LFU Bayern (o. J.): *Versickerung von gesammeltem Niederschlagswasser*. Augsburg, Bayrisches Landesamt für Umwelt (LFU Bayern). Webseite. Available at: https://www.lfu.bayern.de/wasser/umgang_mit_niederschlagswasser/versickerung/index.htm (Accessed: 30 November 2023).
- Matzinger, A. et al. (2017): *Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS*. Berlin.
- MKULNV NRW (2014): *Niederschlagsentwässerung von Verkehrsflächen*. Verantwortlich für den Inhalt: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, verfügbar als PDF. Available at: https://www.umwelt.nrw.de/mediathek/broschueren/detailseite-broschueren?backId=147&broschueren_id=4607&cHash=e158efb525ceb3bca6ded0dbadc8b727 (Accessed: 26 November 2023).
- Pallasch, M. (o. J.): *Baumrigolen*. Hoppegarten, auf der Webseite Sieker. Available at: <https://www.sieker.de/fachinformationen/regenwasserbewirtschaftung/article/baumrigolen-381.html> (Accessed: 11 December 2023).
- Sieker (2019): *Baum-Rigole - TreeDrain®*. Hoppegarten, als PDF verfügbar auf der Webseite von Sieker. Available at: <https://www.sieker.de/fachinformationen/regenwasserbewirtschaftung/article/baumrigolen-381.html> (Accessed: 8 December 2023).
- Sieker (2022): *Baumrigolen - Tree Trenches*. Hoppegarten, als PDF verfügbar auf der Webseite von Sieker. Available at: <https://www.sieker.de/fachinformationen/regenwasserbewirtschaftung/article/baumrigolen-381.html> (Accessed: 8 December 2023).
- Sieker, H. (o. J.): *Tiefbeet-Rigolen*. Hoppegarten, auf der Webseite Sieker. Available at: <https://www.sieker.de/fachinformationen/regenwasserbewirtschaftung/article/tiefbeet-rigolen-462.html> (Accessed: 5 December 2023).
- Sieker, H. and Bandermann, S. (o. J.): *Mulden-Rigolen-Elemente*. Hoppegarten, auf der Webseite Sieker. Available at: <https://www.sieker.de/fachinformationen/regenwasserbewirtschaftung/versickerung/article/mulden-rigolen-elemente-168.html> (Accessed: 5 December 2023).
- Stadt Stockholm, Embrén, B. and Alvem, B.-M. (2024) *Pflanzgruben in der Stadt Stockholm - ein Handbuch 2017 (Deutsch: 2024)*. Herausgeber der schwedischen Fassung: Stadt Stockholm, Björn Embrén, Britt-Marie Alvem, deutsche Übersetzung des Handbuches von der Carbuna AG im Rahmen des DBU-Projektes, verfügbar als PDF auf der Webseite. Available at: <https://carbuna.com/pages/handbuch-stockholm> (Accessed: 20 April 2024).
- VulkaTec Riebensahm GmbH (o. J.): *Baumrigolen - Nachhaltige Lösungen für die innerstädtische Baumpflanzung*. Kretz, als PDF verfügbar auf der Webseite von VulkaTec. Available at: <https://www.vulkatec.de/home/produktwelt/baum/> (Accessed: 8 December 2023).
- ZAHW Zürich (2024), Gespräch mit Stefan Stevanovic (Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschungsgruppe Pflanzenverwendung), März 2024