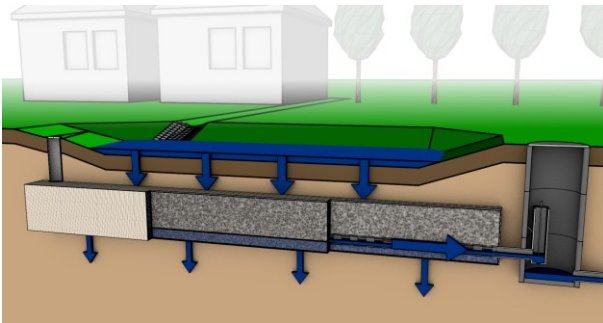


## Steckbrief 8: kombinierte Versickerungssysteme

Kombinierte Versickerungssysteme: Mulden-Rigolen-System, Mulden-Rigolen-Tiefbeet, Baum-Rigolen	
Beschreibung	Sammlung von Niederschlagswasser von Dachflächen und Straßen zur Versickerung über kombinierte Systeme, z.B. Mulden mit unterhalb liegender Rigole (Mulden-Rigolen-System) oder Mulden-Rigolen-Tiefbeete
Anwendungsebene	Grundstück, Quartier
Primäre Ziele	Reduzierung der hydraulischen und stofflichen Belastungen von Kanalnetzen und Vorflutern, Anreicherung des Grundwassers, Verbesserung des Stadtklimas

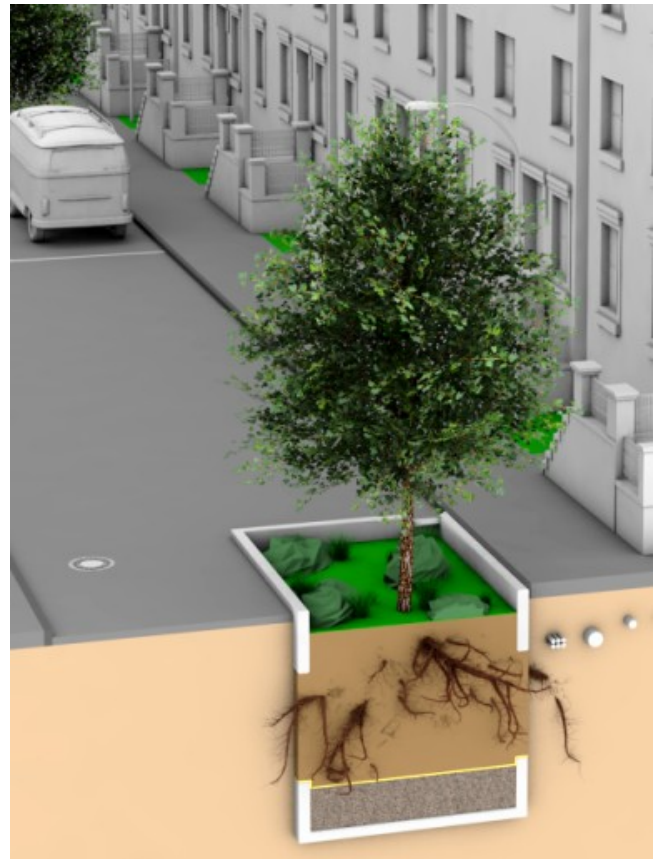
### Umsetzungsbeispiele und Systemskizze



Schema des Mulden-Rigolen-Systems mit gedrosselter Ableitung (Quelle: Sieker)



Mulden-Rigolen-Tiefbeet in Birkenstein, Brandenburg (Foto: Sieker)



Schema einer Baum-Rigole (Quelle: Sieker)

### Funktionsbeschreibung und Aufbau

Kombinierte Versickerungssysteme kommen vor allem dann zum Einsatz, wenn die Flächenverfügbarkeit und/oder das Versickerungspotential der Böden gering ist. Die Kombination verschiedener Maßnahmen erlaubt es, die Prozesse der Versickerung durch den Oberboden und die nachgeschaltete Zwischenspeicherung von Regenwasser in einer technischen Anlage nachzubilden. Kombinierte Systeme

zeichnen sich teilweise auch durch alternative Bepflanzungen aus (Sträucher, Bäume), die zu einer höheren Verdunstungsleistung der Anlage führen.

Beim *Mulden-Rigolen-System* bietet sowohl die oberirdische Mulde als auch die unterirdischen Rigole Speicherraum. In der Regel ermöglicht ein Notüberlauf von der Mulde in die Rigole die Entlastung des oberirdischen Muldenspeichers bei hydraulischer Spitzenlast. Am Ende des Dränrohres der Rigole sorgt ein Drosselorgan für eine gedrosselte Ableitung des nicht versickerten Regenwassers in die Kanalisation. Die Drosselspende wird gemäß der lokalen Gegebenheiten (z.B. natürliche Abflussspende des Vorfluters) festgelegt. Mulden-Rigolen-Systeme haben mit ca. 10% der angeschlossenen Fläche einen geringeren Platzbedarf als reine Flächen- oder Muldenversickerungen und werden typischerweise bei schlecht sickerfähigen Oberböden eingesetzt ( $k_f$ -Wert  $< 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$ , z.B. Lehmböden). In der Regel werden Versickerungsanteile von etwa 50% erreicht, während ca. 10% verdunsten und ca. 40% gedrosselt in den Kanal abgeleitet werden. Der Muldenkörper sorgt für eine weitgehende Reinigung des Niederschlagswassers. Nach unten gedichtete Ausführungen des Mulden-Rigolen-Systems ermöglichen den Einsatz bei kontaminierten Böden oder bei stärker verschmutzten Niederschlagsabflüssen, wobei der Niederschlagsabfluss gedrosselt fast vollständig in den Kanal abgeleitet wird.

Eine weitere Ausführung eines kombinierten Systems ist das *Mulden-Rigolen-Tiefbeet*. Es besteht aus bepflanzten Tiefbeeten mit belebter Bodenzone, integrierter Rigole, Dränrohr und einem Drosselablauf. Somit wird die Versickerungsfähigkeit des Bodens ausgenutzt, gleichfalls werden aber durch die gedrosselte Ableitung Vernässungsschäden verhindert sowie Abflussspitzen reduziert. Durch die Bepflanzung wird der Verdunstungsanteil gezielt erhöht. Den Tiefbeeten wird ein Absetzraum (z.B. normaler Straßenablauf) vorgeschaltet, um Feststoffe fernzuhalten. Mulden-Rigolen-Tiefbeete zeichnen sich im Vergleich zu Mulden-Rigolen-Systemen durch eine höhere Flächenbelastung aus, die bei ca. 4-5% der angeschlossenen Fläche liegt. Durch die Bauweise mit Betonrahmenelementen entfallen Bankett- und Böschungsbereiche. Mulden-Rigolen-Tiefbeete eignen sich daher besonders bei engen Platzverhältnissen, z.B. in Straßenräumen. Der Zulauf kann über oberflächige Zuläufe oder gefasst über Quelltöpfe erfolgen.

Bei der *Baum-Rigole*, einer Kombination aus Rigole und Baumpflanzung, wird durch die temporäre Speicherung von Wasser im System die Wasserverfügbarkeit für den Baum erhöht. Über den Bewuchs mit Baumvegetation wird der Verdunstungsanteil gegenüber anderen Systemen erhöht. Wesentlich für die Baum-Rigole ist das Bodensubstrat. Dieses muss eine gute hydraulische Leitfähigkeit besitzen, um die Entleerung der oberflächen nahen Bodenschichten zu gewährleisten. Gleichzeitig muss es einen hohen Humusgehalt aufweisen, um die stoffliche Retentionswirkung zu gewährleisten. Für eine ausreichende Belüftung des Bodens muss ein hoher Anteil an Grobporen vorhanden sein. Zusätzlich sind technische Belüftungen wie bei normalen Baumstandorten vorzunehmen. Wie bei Mulden-Rigolen kann auch die Baum-Rigole über einen Drosselablauf entleert werden. Die Drosselspende richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten des Vorfluters. Die Integration der Bäume in die Versickerungssysteme ermöglicht es, auch in schmalen Straßenzügen sowohl Baumreihen als auch begleitende Mulden unterzubringen.

## Hinweise zu Planung, Bemessung und rechtlichen Aspekten

*Mulden-Rigolen-Systeme* können mit einfachen Verfahren in Anlehnung an DWA A138 (2005) bzw. DWA A117 (2014) vordimensioniert werden. Der Aufbau eines Mulden-Rigolen-Systems beinhaltet folgende Bauteile:

- Mutterbodenschicht (30 cm) und Kiesschicht (5 cm) zwischen Mulde und Rigole,
- Rigole als mit Kies (Körnung 16/32) gefüllter Speicherkörper und Dränrohr oder Füllkörperrigole mit Kunststoffblöcken,
- Drosselschacht mit Anstau-/Drosselorgan am Ende des Dränrohres,
- Überlauf.

Bei der Planung ist zu beachten, dass Mulden und Rigolen gemäß der Randbedingungen und Vorgaben dimensioniert werden und nicht zwangsweise den gleichen Grundriss einnehmen müssen.

Auch *Mulden-Rigolen-Tiefbeete* werden nach dem vereinfachten Verfahren DWA-A 138 (2005) oder über Langzeitsimulationen dimensioniert. Der Aufbau eine Mulden-Rigolen-Tiefbeets beinhaltet folgende Bauteile:

- Mulden-Tiefbeet (Hartverschalung) mit humosen Oberboden (30 cm) und Vegetationsbedeckung (Kraut- und Strauchvegetation),
- Rigole als mit Kies (Körnung 16/32) gefüllter Speicherkörper und Dränrohr oder Füllkörperrigole mit Kunststoffblöcken,

- Drosselschacht mit Anstau-/Drosselorgan am Ende des Dränrohres,
- Überlauf,
- Ggf. Zulaufkonstruktion (Quelltopf).

*Baum-Rigolen* können nach einem vereinfachten Verfahren aufbauend auf der DWA-A 138 (2005) bemessen werden. Gleichzeitig sind die Ansprüche an Baumstandorte der FLL (2010, 2015) zu berücksichtigen. Dies betrifft vor allem das Bodensubstrat. Bei der Planung ist darauf zu achten, dass auch im Überstauffall ein ausreichendes Volumen des Wurzelraums ungesättigt ist.

Kenndaten zur Bemessung	
Parameter	Werte
Überstauhäufigkeit	Mulden-Rigolen-System: 0,2/a, wobei Teil Mulde: 1,0/a Mulden-Rigolen-Tiefbeet: 0,2/a, wobei Teil Mulde: 1,0/a Baum-Rigole: 0,2/a (Gesamtsystem)
Flächenbedarf	Oberflächenbedarf für Mulden-Rigolen-Systeme liegt bei ca. 10% der angeschlossenen, versiegelten Fläche. Oberflächenbedarf von Mulden-Rigolen-Tiefbeeten und Baum-Rigolen liegt bei ca. 5 % der angeschlossenen, versiegelten Fläche
Sonstige Anforderungen	Nur außerhalb von Wasserschutzgebieten erlaubnisfrei möglich (NWFreiwV 2001)
Richtlinien und Leitfäden	DWA A138 (2005), DWA A117 (2014) FLL-Broschüre „Versickerung und Wasserrückhaltung“ (FLL 2005) FLL- Empfehlung für Baumpflanzungen (2010, 2015) Richtlinie für die Anlage von Straßen - Teil: Entwässerung (FGSV 2005)

## Unterhaltung und Pflege

Für kombinierte Systeme mit einer gras- oder staudenbewachsenen Oberfläche (Mulden-Rigolen-Systeme und Mulden-Rigolen-Tiefbeete) verhält sich die Vegetationspflege entsprechend des sonst üblichen Aufwandes. Wichtig ist das Freihalten der Versickerungsfläche und des Einlaufbereiches von Laub, Sediment und ähnlichen Materialien. Bei Nachlassen der Versickerungsleistung sollte der Rasen vertikutiert werden. Bei Baum-Rigolen kommen baumpflegerische Maßnahmen zum Unterhaltungsaufwand dazu, welche dem optimalen Wuchs des Baums aber auch der Gewährleistung der Verkehrssicherheit dienen. Die Unterhaltung der Rigolen ist bei ausreichender Vorreinigung (Bodenpassage oder technische Anlage) weitgehend wartungsfrei. Eine Kontrolle der Schächte auf Verunreinigung/Verstopfung ebenso wie eine Entfernung der Schmutzstoffe aus dem System sollte in regelmäßigen Abständen (mind. 1 mal pro Jahr) erfolgen. Gegebenenfalls sind die Schächte zu reinigen und das Drainrohrsystem zu spülen. Vor diesem Hintergrund sollte bei Drainrohren ein Rohrdurchmesser von mindestens DN 150 eingehalten werden.

## Maßnahmenwirkung

Die Bewertung der Maßnahmenwirkung erfolgte in KURAS auf Grundlage von Literaturstudien („n“ - Anzahl zugrundeliegender Datensätze). Zur Erhebung von Kostendaten wurden ergänzend Umfragen durchgeführt. In ausgewählten Fällen wurde zudem auf Simulationen zurückgegriffen (Stadtklima). Für die Klassifizierung (geringer / moderater / hoher Effekt) wurde der Wertebereich jedes Indikators in der Regel in drei gleich große Klassen aufgeteilt (siehe Matzinger et al., 2017). Alle Werte beziehen sich auf die Umsetzung der Maßnahme im Bestand. Die Bewertungstabelle ist auf der nachfolgenden Seite zu finden.

**Kurzbewertung:** *Mulden-Rigolen-Systeme* und *Mulden-Rigolen-Tiefbeete* erhöhen die Freiraumqualität, verbessern das Stadtklima und können die biologische Vielfalt erhöhen. Beide Maßnahmen führen zu einer hydraulischen und stofflichen Entlastung der Oberflächengewässer und einer Erhöhung des Versickerungs- und Verdunstungsanteils. Qualitative Daten zur Wirkung auf Grundwasser und Boden lagen nur in geringem Umfang vor. Für beide Maßnahmen kann dennoch von einem guten Rückhalt gegenüber Zink und keinem Rückhalt gegenüber Chlorid ausgegangen werden. In jedem Fall ist mit einem zusätzlichen Stoffeintrag ins Grundwasser zu rechnen. Der Ressourcenverbrauch liegt für beide Maßnahmen im mittleren Bereich. Die Investitionen sind für Mulden-Rigolen-Systeme gering, für Mulden-Rigolen-Tiefbeete liegen sie etwa fünfmal höher.

Die Bewertung für *Baum-Rigolen* konnte aufgrund der bisher wenigen Umsetzungsbeispiele nur für ausgewählte Bereiche (Stadtklima, Ressourcennutzung, z.T. auch Oberflächengewässer) und nur vorläufig vorgenommen werden. Eine besonders positive Wirkung wurde für das Stadtklima festgestellt. Durch die Schattenwirkung der Baumkronen kann je nach Standort eine deutliche Reduzierung des Hitzestresses am Tag erreicht werden (Median: -70 h/a, Min: -300 h/a, Max: 0 h/a). Die Anzahl an Tropennächten wird nur leicht verändert (Median: 0 d/a, Min: -1 d/a, Max: 1 d/a). Der Ressourcenverbrauch ist mit dem der Mulden-Rigolen-Tiefbeete vergleichbar (THG-Potential<sub>100 a</sub>: 0,26 kg CO<sub>2</sub>-eq/(m<sup>2</sup>-a), n = 1; Bedarf fossiler Energien: 2,25 MJ/(m<sup>2</sup>-a), n = 1). Bezüglich des Stoffrückhaltes aus Oberflächengewässern wurde bezüglich AFS ein sehr hoher Wirkungsgrad festgestellt (900 kg/(ha-a), n = 1). Allerdings lässt die geringe Anzahl an Datensätzen derzeit keine abschließende Bewertung der Effekte zu.

## Referenzen und weiterführende Literatur

- BBodSchG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG).
- DWA-A 138 (2005): Arbeitsblatt DWA-A 138 - Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- FGSV (2005): Richtlinien für die Anlage von Straßen - Teil: Entwässerung (RAS-Ew). Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e.V.; Köln.
- FLL (2010, 2015): Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 1 und 2. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V.
- GrwV (2010): Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung - GrwV). DWA A117 (2006): Arbeitsblatt DWA-A 117 - Bemessung von Regenrückhalteräumen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- Herzer (2004): Einflüsse einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung auf den Städtebau – Räumliche, ökonomische und ökologische Aspekte, Fraunhofer IRB, Stuttgart.
- Matzinger et al. (2017): Multiple effects of measures for stormwater management in urban areas. *Urban Water Journal* (eingereicht).
- MLUR (2001): Leitfaden zur umweltverträglichen und kostengünstigen Regenwasserbewirtschaftung in Brandenburg, Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg.
- NWFreiV (2001): Berliner Verordnung über die Erlaubnisfreiheit für das schadloze Versickern von Niederschlagswasser (Niederschlagswasserfreistellungsverordnung), geändert im April 2016.



Effekte	Mulden-Rigolen-System					Mulden-Rigolen-Tiefbeet				
	Median	Min	Max	n	+/-	Median	Min	Max	n	+/-
Nutzen auf Gebäudeebene										
Einsparung Trink-/Abwasser (Regen) [%]	nicht quantifiziert					nicht quantifiziert				
Energieeinsparpotenzial Gebäudekühlung [%]	nicht quantifiziert					nicht quantifiziert				
Freiraumqualität										
Mittelwert aus vier Einzelindikatoren <sup>1</sup> [-]	2,3	1,8	3,1	3	🟢	2,5	2,3	2,7	3	🟢
Stadtklima										
Änderung Tropennächte <sup>2</sup> [d/a]	0	-1	0	Sim.	🟡	0	-1	0	Sim.	🟡
Änderung Hitzestress (UTCI) <sup>2</sup> [h/a]	-20	-80	0	Sim.	🟢	-20	-80	0	Sim.	🟢
Biodiversität										
α-Diversität (Flora) [-]	23,4 <sup>3</sup>	1,3 <sup>3</sup>	34 <sup>3</sup>	27 <sup>3</sup>	🟢	23,4 <sup>3</sup>	1,3 <sup>3</sup>	34 <sup>3</sup>	27 <sup>3</sup>	🟢
α-Diversität (Fauna) [-]	64,5 <sup>3</sup>	-	-	1 <sup>3</sup>	🟢	64,5 <sup>3</sup>	-	-	1 <sup>3</sup>	🟢
β-Diversität (Flora) [-]	2,8 <sup>3</sup>	1,9 <sup>3</sup>	5,1 <sup>3</sup>	26 <sup>3</sup>	🟢	2,8 <sup>3</sup>	1,9 <sup>3</sup>	5,1 <sup>3</sup>	26 <sup>3</sup>	🟢
Grundwasser / Bodenpassage										
Änderung des Versickerungsanteils <sup>4</sup> [%]	+200	-	-	2	-	+494			1	-
Änderung der Zinkkonzentration <sup>5</sup> [%]	-89	-100	-67	4	🔴	nicht quantifiziert				
Änderung der Chloridkonzentration <sup>5</sup> [%]	+140	-15	+245	4	🔴	nicht quantifiziert				
Oberflächengewässer										
Reduktion des Regenabflusses [%]	56	-	-	1	🟢	99	-	-	1	🟢
Reduktion der Abflussspitze [%]	nicht quantifiziert					100	-	-	1	🟢
AFS-Rückhalt [kg/(ha·a)]	578	452	704	2	🟢	790	-	-	1	🟢
Phosphor-Rückhalt [kg/(ha·a)]	2,3	-	-	1	🟢	3,9	-	-	1	🟢
Ressourcennutzung <sup>6</sup>										
THG-Potential <sub>100 a</sub> [kg CO <sub>2</sub> -eq/(m <sup>2</sup> ·a)]	0,12	0,10	0,14	2	🔴	0,23	-	-	1	🔴
Bedarf fossiler Energien [MJ/(m <sup>2</sup> ·a)]	1,83	1,55	2,12	2	🔴	2,67	-	-	1	🔴
Direkte Kosten										
Investitionen <sup>7</sup> [€/m <sup>2</sup> ·a]	0,30	0,15	1,19	3	🔴	1,51	1,08	2,41	3	🔴
Betriebs- / Instandhaltungskosten [€/m <sup>2</sup> ·a]	nicht quantifiziert					nicht quantifiziert				

**Erläuterungen zur Tabelle:**

- Einzelindikatoren: Komplexität, Kohärenz/Verständlichkeit, Lesbarkeit und Involution. Skala von 0 (niedrig) bis 5 (hoch).
- Effekt wurde durch Simulation in Modellgebieten auf 2 m über Grund für je eine rasterzellengroße Maßnahme (8 x 8 m) quantifiziert. Min und Max repräsentieren 5%- und 95%-Quantile über alle (~50000) Rasterzellen.
- Bewertung von Muldenversickerung übernommen.
- bezieht sich auf Änderung ggü. Situation ohne Maßnahme, d.h. Straßenfläche inkl. Gehwegen mit 12% Versickerungsanteil; Berechnung:  $(V_{\text{ohne Maßnahme}} - V_{\text{mit Maßnahme}}) / V_{\text{mit Maßnahme}}$ . Ob Effekt als positiv/negativ wahrgenommen wird, hängt von lokalen Randbedingungen und Zielstellungen ab.
- Median, Min und Max beziehen sich auf Vergleich zwischen Zufluss und Ablauf (Versickerungsanteil) der Maßnahme; Berechnung:  $(C_{\text{Zufluss}} - C_{\text{Abfluss}}) / C_{\text{Zufluss}}$ . Bewertung (+/-) impliziert Einhaltung des Verschlechterungsverbots.
- Lebenszyklusbewertung von Material- und Energieverbrauch; angenommene Nutzungsdauer: 40 Jahre; Flächenbezug über angeschlossene versiegelte Fläche.
- Investitionen pro m<sup>2</sup> angeschl. vers. Fläche; angenommene Nutzungsdauer: 40 Jahre; Diskontierungszinssatz: 3 %.

**Bedeutung der verwendeten Symbole:**

- |   |                            |   |                            |   |             |
|---|----------------------------|---|----------------------------|---|-------------|
| 🟡 | geringer positiver Effekt  | 🔴 | geringer negativer Effekt  | 🟡 | kein Effekt |
| 🟢 | moderater positiver Effekt | 🔴 | moderater negativer Effekt |   |             |
| 🟢 | hoher positiver Effekt     | 🔴 | hoher negativer Effekt     |   |             |