



VERSICKERUNG VON REGENWASSER

Untersuchungen von langjährig genutzten
Mulden-Rigolen-Systemen in Taucha

Ableitung allgemeiner Handlungshinweise





VORWORT

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

immer wieder steht der Arbeitskreis Grüner Ring Leipzig auf Grund seiner erfolgreichen fast 30-jährigen Arbeit im Fokus von wissenschaftlichen Betrachtungen und Forschungsprojekten. Dieses Interesse ehrt uns. Von besonderem Wert ist es dabei, wenn im Rahmen der Forschungsvorhaben Erkenntnisse und Daten zurückbleiben, die über die Region hinaus Wirkung entfalten.

Mit den Umsetzungsprojekten, die im Kontext des Verbundvorhabens „StadtLandNavi – Kulturlandschaft ressourcenschonend managen“ realisiert wurden, ist dies der Fall. Das im Rahmen des Projektes ermöglichte Monitoring der Mulden-Rigolen-Systeme in der Stadt Taucha und die in dieser Broschüre daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen sind hierfür ein hervorragendes Beispiel. Zum einen wird aufgezeigt, wie vorausschauend in der Region bereits seit vielen Jahren mit Blick auf die Herausforderungen, die der Klimawandel mit sich bringt, agiert wird. Zum anderen bieten die Projektergebnisse eine weitreichende Orientierungshilfe für andere Kommunen, die sich mit naturbasierten Lösungen und wassersensiblen Infrastrukturmaßnahmen einer zukunftsweisenden Bewirtschaftung von Niederschlag zuwenden wollen.



Ich wünsche Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, viel Freude beim Lesen der Broschüre und freue mich auf kommende Projekte und einen gemeinsamen Erfahrungsaustausch.

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'H. Rosenthal'.

Ihr Heiko Rosenthal

Sprecher des Grünen Ringes Leipzig

Bürgermeister für Umwelt, Klima, Ordnung und Sport der Stadt Leipzig



Als Bürgermeister der Stadt Taucha bei Leipzig arbeite ich gemeinsam mit dem Team der Stadtverwaltung daran, den Weg zu einer klimaneutralen Kommune weiter zu beschreiten und eine vorausschauende Stadtentwicklung voranzutreiben. Die Herausforderungen des Klimawandels gilt es zu meistern, weshalb wir seit Januar 2024 einen Klimaschutzmanager beschäftigen und unser Fachbereich Bauwesen an der Erstellung dieser Broschüre beteiligt war. Bereits seit über 25 Jahren verfügen wir in Taucha über Mulden-Rigolen-Systeme (MRS) als Planungsinstrumente für einen naturnahen Umgang mit Regenwasser und schaffen somit Planungshilfen für eine dezentrale Stadtentwässerung. Klimaresilienz geht uns alle an, weshalb ich überzeugt davon bin, dass diese Broschüre über unsere Stadtgrenze hinaus Beachtung finden wird. Mein vertrauensvoller Dank gilt den Herausgebern.



Mit freundlichem Gruß

Tobias Meier
Bürgermeister Stadt Taucha



INHALT

Arten von Versickerungsmaßnahmen

Überblick	6
Arten der Versickerungsmaßnahmen	7
Auswirkungen auf den Wasserhaushalt	9

Vorstellung und Beschreibung der Untersuchungsstandorte 10

Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit

Untersuchungsmethoden	12
Boden	13
Messungen an den Untersuchungsstandorten	14

Untersuchungen zur langjährigen Schadstoffbelastung

Schadstoffe	16
Messungen an den Untersuchungsstandorten	18

Handlungshinweise 20

Kosten	23
---------------	----

Versickerungsversuch 24

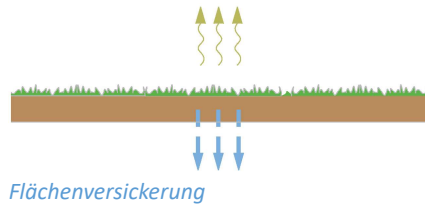
Quellen/Impressum 26

ARTEN VON VERSICKERUNGS- MAßNAHMEN

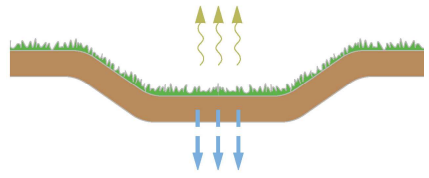
Dezentrale Anlagen zur Bewirtschaftung von Niederschlagswasser haben sich in den letzten Jahren etabliert und bilden dabei Bausteine einer klimaresilienten Stadtgestaltung. Durch die Zunahme von Starkregenereignissen und die Neuord-

nung von Regelwerken rückt der Fokus noch stärker auf einen naturnahen Umgang mit Regenwasser, der den natürlichen Wasserkreislauf möglichst wenig beeinträchtigt und Verdunstung und Versickerung fördert.

Die einfachste und zugleich naturnaheste Form der Versickerung ist die *Flächenversickerung*, als Grünfläche mit 20 - 30 cm Dicke. Durch das Durchlaufen der bewachsenen Bodenzone wird die Reinigung des Niederschlagswassers ermöglicht. Aufgrund des hohen Flächenbedarfs findet diese Art der Niederschlagswasserbewirtschaftung jedoch selten Anwendung.

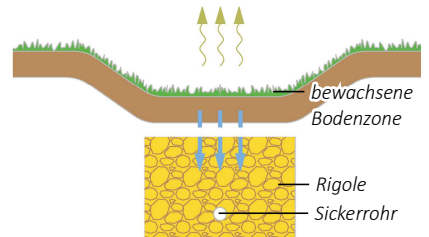


Eine dezentrale Maßnahme mit kurzzeitiger Speicherung ermöglicht die *Muldenversickerung*. Die Mulde wird als dauerhaft begrünte Geländevertiefung ausgeführt, die das Regenwasser sammelt und kurzzeitig speichert. Die Entleerung der Mulde erfolgt durch Versickerung und Verdunstung. Versickerungsmulden eignen sich nur bei ausreichend durchlässigem Boden und hoher Flächenverfügbarkeit.

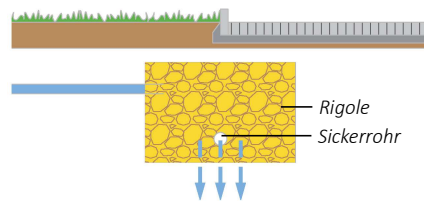


Muldenversickerung

Bei schlechteren Durchlässigkeiten des Untergrundes ($k_f < 5 \cdot 10^{-6}$ m/s) findet die *Mulden-Rigolen-Versickerung* Anwendung. Mulden-Rigolen-Elemente bestehen aus Mulden und Rigolen, die Speicherraum sowohl oberirdisch in der Mulde als auch unterirdisch in der Rigole bieten. Das Wasser sickert durch die Oberbodenschicht in die Rigole, welche aus porenhaltigem Material aus Kies (Porenvolumen 25 - 40 %) oder Fertigteilen (Porenvolumen bis 95 %), so genannten Rigolenfüllkörpern aus Kunststoff bestehen. Die Entleerung der Rigole erfolgt durch Versickerung in den Untergrund. Durch die Verbindung mehrerer Mulden-Rigolen-Elemente entsteht ein vernetztes Mulden-Rigolen-System (MRS), das das nichtversickerte Wasser gedrosselt weitertransportieren kann. Vorteil der Mulden-Rigolen-Versickerung ist der deutlich geringere Flächenbedarf als bei der Mulden- und der Flächenversickerung. Die unterirdischen Speicherräume ermöglichen zudem die Minderung von Abflussspitzen.

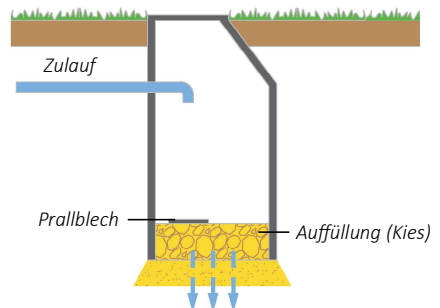


Mulden-Rigolen-Versickerung



Rigolenversickerung

Rigolen- und Schachtversickerung sind unterirdische Versickerungsmöglichkeiten. Die Reinigungsoption über eine bewachsene Bodenschicht ist hierbei nicht gegeben.

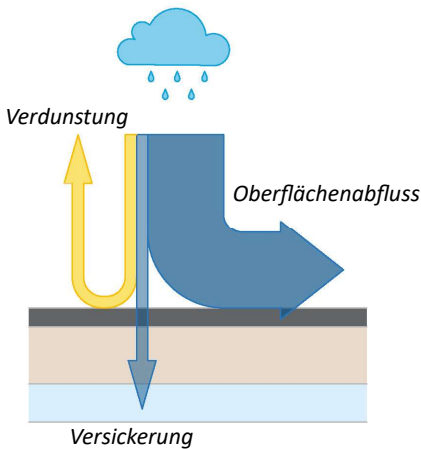


Schachtversickerung

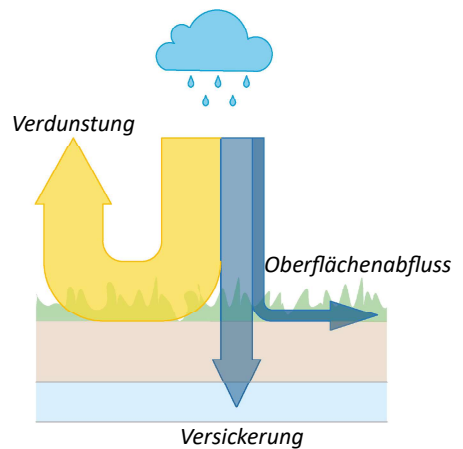
AUSWIRKUNGEN AUF DEN WASSERHAUSHALT

Im Gegensatz zur klassischen Ableitung in Kanalsystemen haben Mulden-Rigolen-Systeme, in Abhängigkeit von dem anstehenden Boden, maßgeblichen Einfluss auf die Wasserhaushaltsbilanz. Urbane Gebiete mit einem hohen Anteil versiegelter Flächen weisen einen sehr großen Anteil an Oberflächenabfluss auf; Verdunstung und Versickerung spielen kaum eine Rolle. Die Urbanisierung beeinflusst damit maßgeblich die Wasserbilanz, deren Folgen erhöhte Abflussspitzen und die Gefahr von

Überflutungen nach Starkregenereignissen sein können. Naturnahe Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung, wie z.B. Versickerungsmulden, können diese negativen Auswirkungen abmildern. Ziel ist daher ein naturnaher Umgang mit Regenwasser durch die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt. Dadurch wird der Anteil an Verdunstung und Versickerung (Grundwasserneubildung) deutlich höher und der Oberflächenabfluss erheblich reduziert.



Aufteilung des Abflusses in bebauten Gebieten

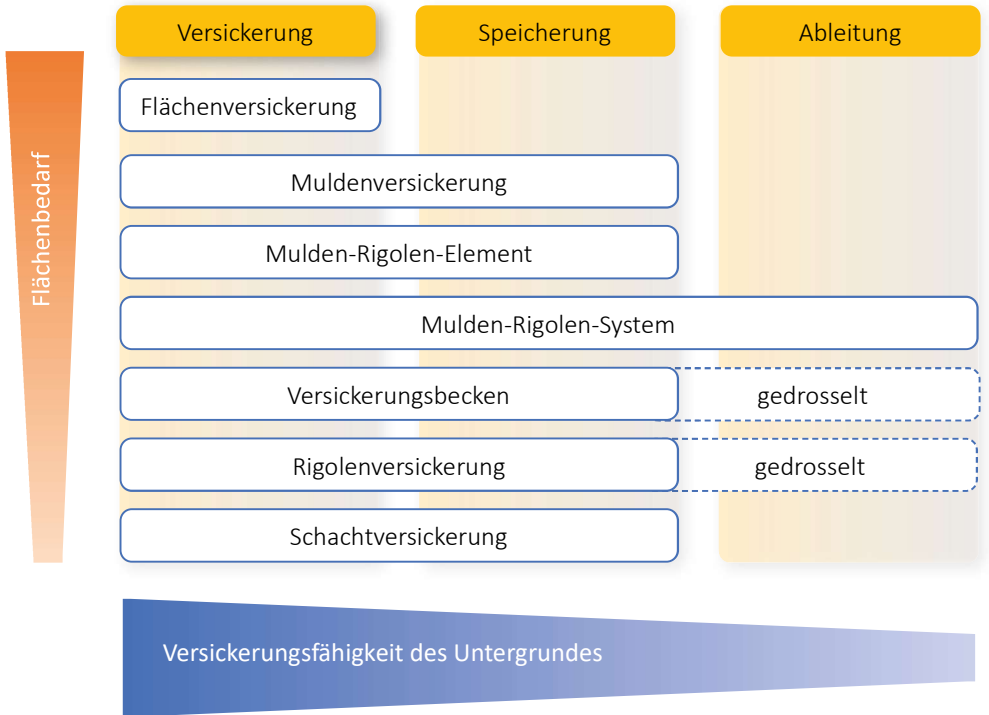


Aufteilung des Abflusses in natürlichen Gebieten

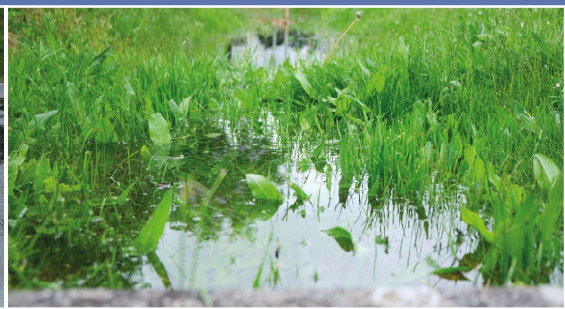
ÜBERBLICK DER VERSICKERUNGSARTEN

Es gibt eine Reihe von technischen Lösungen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Welche Lösung gewählt wird, hängt auch mit den zu erreichenden Zielen für Versickerung und Verdunstung, in Hinblick

auf die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt ab. Die Anforderungen sind im Regelwerk DWA-A 138 (DWA-A 138, 2005) festgelegt.



Eigenschaften der Versickerungsarten (nach DWA-A 138)



VORSTELLUNG UND BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHUNGSSTANDORTE

Im Rahmen eines Projektes zum Mulden-Rigolen-Monitoring in der Stadt Taucha sollte die Funktionstüchtigkeit/ Effektivität bestehender Mulden-Rigolen-Systeme (MRS) hinsichtlich ihrer hydraulischen und stofflichen Leistungsfähigkeit nach langen Standzeiten nachgewiesen werden. Dabei sollten MRS unterschiedlicher Bauzeiten einerseits und verschiedener Nutzungen andererseits überprüft werden.

Untersuchungsstandorte

Untersuchungsstandort 1 befindet sich in einem Wohnpark, dessen Mulden-Rigolen-System seit fast 30 Jahren in Betrieb ist. Hauptanteil des Abflusses in die Mulden-Rigolen ist das Niederschlagswasser von Dachflächen, das in Rinnen und Fallrohren aus Kupfer gesammelt wird. Über oberirdische Pflastermulden entwässern Geh- und Radwege in die Mulden. Die Rigolen bestehen aus Kies mit großem Porenvolumen (30 %) und integriertem Sickerrohr. Das der Mulde-Rigole zugeführte Niederschlagswasser versickert in das Grundwasser. Das verschmutzte Niederschlagswasser der Straße entwässert über die Kanalisation.

Bei den Begehungen konnte festgestellt

werden, dass es gerade bei größeren Distanzen zu Verlusten bis zur Mulde kommt. Dies resultiert aus fehlendem Gefälle der Pflasterrinnen. Durch Laub und Sedimente verstopfte Rinnen behindern ebenfalls den Zufluss zu den Mulden, mit der Konsequenz, dass das Wasser dann über die Grünflächen versickert oder über die Straße der Kanalisation zufließt. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass ein Großteil der Schächte des MRS nicht zugänglich war, weil Bewuchs mit dicken Ästen den Zugang verwehrt. Einige Mulden zeigten Defizite hinsichtlich der Bepflanzung. Zum einen war keine geschlossene Grasnarbe mehr vorhanden, zum anderen wurde ein starker Wurzeleinwuchs in die Mulden registriert. Teils liegen auch bauliche Mängel vor. So liegt beispielsweise der Zulauf zu einer Versickerungsmulde unmittelbar am Überlauf. Bei den untersuchten Rigolen wurden defekte Sickerrohre festgestellt.

An Spielplätze angrenzende Mulden sind durch Splitt- und Sandeintrag sowie Verdichtung der Oberfläche durch spielende Kinder stärker belastet.



Untersuchungsstandort 2 liegt in einem verkehrsberuhigten Bereich einer Reihenhaussiedlung. Das Mulden-Rigolen-System besteht seit ca. 25 Jahren. Der Niederschlagswasserabfluss setzt sich aus Dach-, Hof- und Verkehrsflächen zusammen. Der Zufluss der Dachabwässer erfolgt über Fallrohre und Rinnen, die übrigen Flächen entwässern oberirdisch über die gesamte Muldenlänge von 18 m. Das MRS entwässert ins Grundwasser. Bei diesem Standort fallen unterbrochene Grasnarben und Kies auf der Oberfläche auf. Dies ist auf Baumaßnahmen (Gas, Kabelverlegung) durch die Mulden zurückzuführen. Zudem weisen die Zuleitungen verstopfte Rinnen durch Sedimente und Laub auf.

Untersuchungsstandort 3 befindet sich in einem Einfamilien- und Reihenhausesgebiet. Das ca. 25 Jahre alte MRS befindet sich entlang einer Straße durch das Wohngebiet. Der Hauptabfluss wird durch die Straßenflächen generiert. Die Beschickung der Mulde, durch das Straßenabwasser, erfolgt durch einen punktuellen Zufluss. Die Mulden-Rigolen wurden in der Planung ohne Versickerung angenommen und als Kanal mit Staupotential gewertet. Der Abfluss erfolgt in das Gewässer. Bei der ursprünglichen Planung waren private und öffentliche Mulden vorgesehen. Einige Grundstückseigentümer duldeten die Mulden nicht und entfernten sie. Durch die Reduzierung des Muldenvolumens ist die Funktionstüchtigkeit des gesamten MRS nicht mehr gegeben. Der erhöhte Anschlussgrad befestigter Flächen führt zur hydraulischen Überlastung der öffentlichen Mulde.



UNTERSUCHUNGEN ZUR HYDRAULISCHEN LEISTUNGSFÄHIGKEIT

UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Wichtigster Parameter zur Bemessung von Versickerungsanlagen ist die Infiltrationsrate bzw. der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f). Daher nimmt dessen qualitative Bestimmung einen hohen Stellenwert ein. Grundsätzlich sollten Versickerungsversuche in der Bodenschicht vorgenommen werden, über welche das Wasser infiltriert. Nachfolgend sind verschiedene Methoden und ihre qualitative Bewertung aufgeführt.

Eine überschlägige **Abschätzung mit Bodenansprache**, d.h. durch die Benennung und Beschreibung der Bodenarten, ist mit zu großen Unsicherheiten verbunden und für die Bemessung von Versickerungsanlagen ungeeignet.

Labormethoden (z.B. Permeameter, Stechzylinder, Sieblinienauswertung) können als Planungsgrundlage genutzt werden. Die Qualität der Werte ist als gering bis mittel einzustufen.

Feldmethoden sind den vorher genannten Praktiken vorzuziehen. Je nach Verfahren ist eine mittlere bis hohe Qualität der Ergebnisse gegeben:

Doppelringinfiltrometer ermitteln den Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) punktuell, direkt an der Oberfläche. Dabei werden zwei unterschiedlich große Zylinder in den Boden gedrückt und mit Wasser gefüllt. Im Innenring wird die Infiltrationsrate bestimmt; dies ist die Wassermenge, die pro Oberflächenbereich und Zeiteinheit in den Boden eindringt.

Für größere Tiefen eignet sich die *Bohrlochmethode/Open-End-Test*. In den Boden wird bis zur benötigten Tiefe gebohrt und ein Messrohr eingebracht, welches mit Wasser befüllt wird. Aus der Zeit und der eingefüllten Wassermenge wird die Versickerungsrate bestimmt. Vorteil ist, dass kein aufwendiger Aushub notwendig ist und die Bestimmung in verschiedenen Tiefen stattfinden kann. Allerdings erfolgt die Bestimmung der Infiltrationsrate auf einem kleinen Querschnitt.

Schurfversuche sind grabenartige Aufschlüsse die den späteren Bedingungen am nächsten kommen. Kleine Schürfe ($< 1 \text{ m}^2$) können per Handschachtung, größere mittels Bagger ausgehoben werden. Vorteil größerer Schürfe ist, dass die Heterogenität des Bodens berücksichtigt wird.

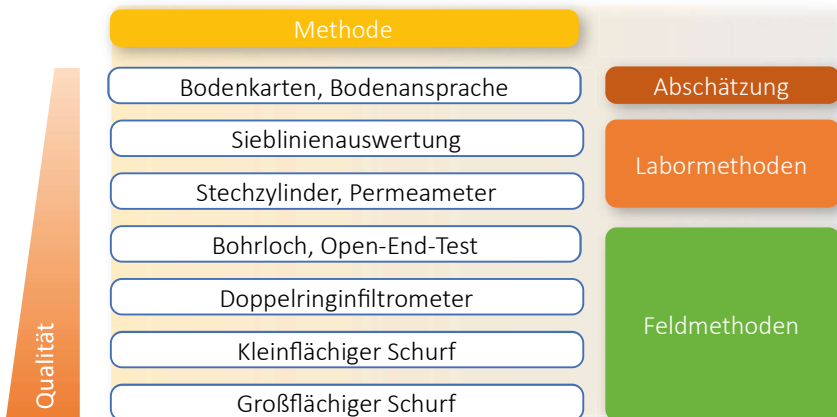


BODEN

Auf den Versickerungsprozess im Boden nehmen verschiedene Faktoren, wie z.B. die Korngrößenverteilung, Lagerungsdichte und die Verteilung des Bodengefüges Einfluss. Böden sind von Poren durchzogen, darunter Fein-, Mittel- und Grobporen sowie Makroporen, die wiederum einen großen Einfluss auf den Wassertransport haben. Makroporen bestehen aus Schwundrissen, Wurzelkanälen und Gängen von Tieren. Sie sind röhrenförmig und verlaufen meist vertikal und stellen dabei Fließwege dar. Makroporen haben Einfluss auf die Funktionsfähigkeit des Systems bei Frost sowie beim Entleerungsvorgang der Mulde.

Damit haben sie eine nicht unbedeutende hydraulische Wirksamkeit im Boden.

Als Oberboden wird die obere Schicht, mit Anteilen an Humus und Bodenorganismen, bezeichnet. Zum Schutz des Bodens vor schädlichen Bodenveränderungen wurden mit der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) Prüfwerte erlassen. Vorsorgewerte bilden den Bereich des Restrisikos bis zum dem Beginn eines unerwünschten Risikos. Ist der Vorsorgewert überschritten, ist mit einem Schadenseintritt bei anhaltender Einwirkung zu rechnen.



Methoden zur Ermittlung der Durchlässigkeit von Böden (nach DWA-A 138-1 (GD))

MESSUNGEN AN DEN UNTERSUCHUNGSSTANDORTEN

Die hydraulische Versickerungsleistung des Bodens wurde zunächst mittels Doppelringinfiltrometer-Verfahren an zwei Standorten je Mulde ermittelt, um Einflüsse von Vegetation und Boden, insbesondere Porenverteilung und Dichte zu berücksichtigen. Die Durchlässigkeitswerte der Böden variieren zum Teil, was auf die Korngrößen- und Porenverteilung im Boden zurückzuführen ist.

Alle gemessenen Durchlässigkeiten bewegen sich in dem vom DWA-A 138 empfohlenen Bereich der Sickerleistungen von $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Bei Werten über $1 \cdot 10^{-3}$ m/s ist die Aufenthaltszeit zu kurz. Dies hat eine ungenügende Reinigungsleistung bzw. einen begrenzten Schadstoffrückhalt zur Folge.

Zu geringe Durchlässigkeiten ($< 1 \cdot 10^{-6}$ m/s) begünstigen zu lange Standzeiten in den Mulden und die Gefahr der Kolmation. Die in der Tabelle aufgeführten Werte sind reine Messwerte ohne Verwendung von Korrekturfaktoren nach DWA-A 138. Die Korrektur soll örtliche Einflüsse und die angewandte Bestimmungsmethode berücksichtigen.

Darüber hinaus wurde jede Mulde mit einer zweiten Methodik zur Bestimmung der Durchlässigkeit untersucht. Während bei der Messung mit Doppelringinfiltrometer nur kleine Teilbereiche einer Mulde

berücksichtigt werden können, gibt die Flutung der gesamten Mulde das tatsächliche Versickerungsverhalten der gesamten Mulde wieder. Die Mulde wurde bis zur Unterkante des Muldenüberlaufes mit Wasser gefüllt. Nach Erreichen des Füllziels wurde die Wasserzufuhr eingestellt und über die Zeit die Infiltrationsrate ermittelt.

Im Ergebnis der Untersuchungen kann festgestellt werden, dass die nach DWA-A 138 geforderte Entleerungszeit der Mulden mit < 24 h eingehalten wurde. Die gemessenen Durchlässigkeiten entsprechen den Empfehlungen des Arbeitsblattes.

Infolge von Baumaßnahmen im Bereich der Anlagen und Wurzeleinwuchs sind allerdings Kurzschlüsse zu beobachten, an denen das Wasser sehr schnell versickert. Hier ist von einer verminderten Reinigungsleistung der bewachsenen Bodenzone auszugehen.

Fazit:

Nach fast 30-jähriger Nutzungsdauer ist eine ausreichende Durchlässigkeit der Versickerungsmulden gegeben. Das Regelwerk DWA-A 138 empfiehlt einen k_f -Wert der bewachsenen Bodenzone von $> 1 \cdot 10^{-5}$ m/s, damit das Wasser zügig in die Rigole versickert und lange Einstauzeiten vermieden werden.



Mess-stelle	k_f -Wert Standort 1 [m/s]	k_f -Wert Standort 2 [m/s]
1-1	$5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$
1-2	$6 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$
2	$2 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$
3	$6 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$

*Gemessene Durchlässigkeiten
Doppelringinfiltrrometer*

Mess-stelle	k_f -Wert Flutung [m/s]
1-1	-
1-2	$1 \cdot 10^{-4}$
2	$5 \cdot 10^{-5}$
3	$1 \cdot 10^{-5}$

*Gemessene Durchlässigkeiten
Flutung*



UNTERSUCHUNGEN ZUR LANGFRISTIGEN SCHADSTOFFBELASTUNG

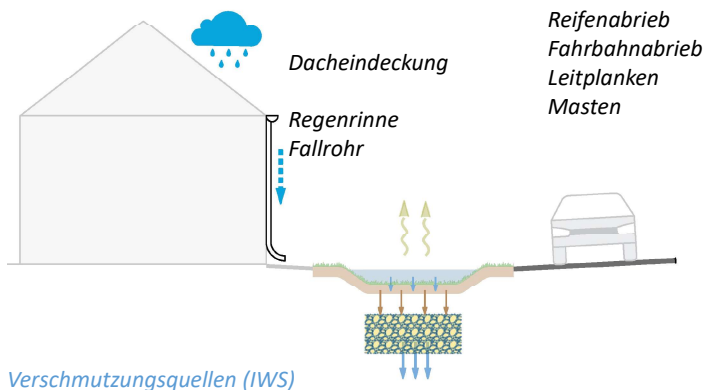
SCHADSTOFFE

Verkehrsflächen können durch eine große Anzahl anorganischer Stoffe verunreinigt sein (Reifen- und Bremsabrieb, Abtropfwasser von Schildern, Leitplanken, etc.). Schwermetalle sind dabei von besonderer Bedeutung, da sie nicht abgebaut werden und ins Grundwasser oder abgrenzende und naheliegende Gewässer gelangen können.

Dachabwässer gelten zwar als unbedenklich, können aber vor allem durch Kupfer und Zink aus Rinnen und Fallrohren verunreinigt sein. Durch die Versickerung über eine aktive Bodenpassage erfolgt die Reinigung des Niederschlagswassers. In der bewachsenen Bodenzone werden

die Schwermetalle, durch Anlagerung an die Feststoffoberfläche, effektiv gebunden. Filtrations- (Filterwirkung des Korngerüstes) und Adsorptionsprozesse (Anlagerung von Stoffen an die Feststoffoberfläche) im Boden sind unter anderem abhängig vom Anteil organischer Substanz, Tongehalt und pH-Wert. Dadurch ist der Stoffrückhalt in der oberen belebten Zone größer als in unteren Schichten.

Durch Akkumulation der Schadstoffe sind Böden an der Einleitstelle oft stärker belastet. Bei dauerhafter Nutzung besteht die Gefahr der Stoffverlagerung in die Tiefe und die Gefahr der Grundwasser-Verunreinigung nimmt zu.



Probenahme

Je Mulde wurden zwei Entnahmestellen für die Bodenproben ausgewählt. Dabei wurde der Bereich punktueller Einleitstellen berücksichtigt. Die Beprobung erfolgte im Sohlbereich, per Handschachtung, bis zur Oberkante der Rigole. An jeder Entnahmestelle wurden wiederum jeweils drei Proben aus verschiedenen Tiefen (0 - 5 cm, 5 - 15 cm, 15 - 25 cm) der Mulde entnommen.

Labor

Zur Ermittlung der Schadstoffbelastung wurden die Bodenproben in einem zertifizierten Labor analysiert. Alle Proben wurden auf Schwermetallgehalte, Phosphor, Stickstoff, effektive Kationenaustauschkapazität KAK_{eff} (Maß für Bindungsvermögen) und den pH-Wert analysiert. Alle Prüfergebnisse beziehen sich auf die Fraktion < 2 mm.

pH-Wert

Der pH-Wert hat einen Einfluss auf das Bindungsverhalten der Schwermetalle. Neutrale bis schwach basische pH-Werte begünstigen die Bindung von Schwermetallen. Durch Tausalze ist jedoch eine kurzfristige pH-Wert-Absenkung möglich. Diese Verminderung kann wiederum eine Desorption (Ablösen von Feststoffoberfläche) der Schwermetalle begünstigen.

Der pH-Wert der untersuchten Bodenproben liegt größtenteils zwischen 6 und 8 und damit im empfohlenen Bereich nach DWA-A 138. Bei einer Probe wurde der pH-Werte von 6 unterschritten.

Um einer Remobilisierung von Schwermetallen vorzubeugen, ist ein Monitoring des pH-Wertes sinnvoll. Durch Zugabe von Kalk kann der angestrebte pH-Wert zwischen 6 - 8 wieder hergestellt werden.



MESSUNGEN AN DEN UNTERSUCHUNGSSTANDORTEN

Messstelle 1

Die untersuchten Bodenproben mit Niederschlagsabflüssen ausschließlich von Dachflächen zeigen erhöhte Konzentrationen von Kupfer, Zink und Blei. Durch die Verwendung von Fallrohren aus Kupfer kommt es zu einem besonders hohen Schwermetallaustrag.

Bei der Differenzierung nach der Tiefe wird deutlich, dass der größte Schwermetallrückhalt in den oberen Schichten des Oberbodens erfolgt und mit zunehmender Tiefe abnimmt. Die Vorsorgewerte der BBodenSchV (Sand) wurden für Kupfer und Zink in allen untersuchten Schichten (0 - 25 cm) überschritten. Blei, Cadmium, Chrom und Nickel überschreiten die Vorsorgewerte in den oberen 0 - 15 cm. Bei Überschreiten der Vorsorgewerte, ist bei anhaltender Einwirkung, mit einem Schadenseintritt zu rechnen.

Es ist anzunehmen, dass das Adsorptionsverhalten an dieser Untersuchungsstelle langsam erschöpft ist, da sich die Schadstoffe vermehrt in die Tiefe verlagern.

Maßnahmen:

Da die Vorsorgewerte der untersuchten Schwermetalle, oberhalb der Rigole, in allen Bodenschichten überschritten werden, wird empfohlen die betroffenen Schichten der Mulde auszutauschen.

Messstelle 2

Die Bodenproben mit Zuflüssen aus Dach-, Hof- und Verkehrsflächen enthalten erhöhte Zinkkonzentrationen.

Es ist eine Überschreitung der Vorsorgewerte der BBodSchV für Zink an beiden Entnahmestellen in den oberen 0 - 15 cm festzustellen.

Maßnahmen:

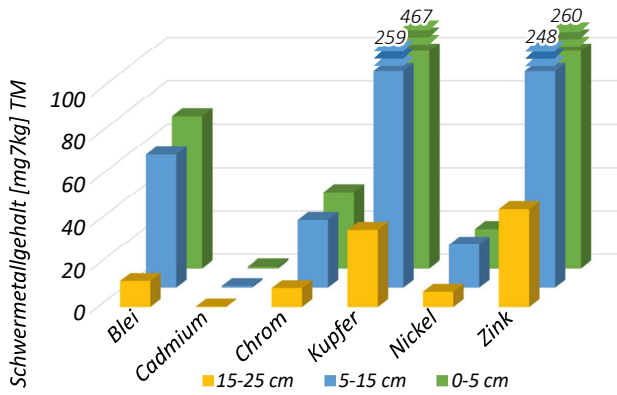
Der Rückhalt der Schadstoffe in den oberen Bodenschichten ist noch gegeben.

Messstelle 3

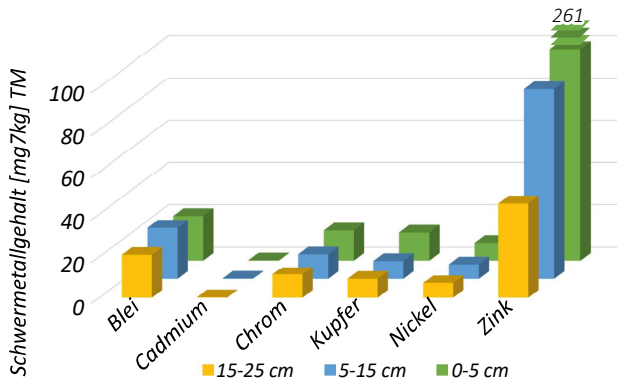
An diesem Untersuchungsstandort sind hauptsächlich Niederschlagsabflüsse von Straßenflächen zu verzeichnen. Im Boden besteht eine erhöhte Zinkkonzentration. Die Schadstoffkonzentration ist an der Einleitstelle höher. Im Bereich des Überlaufes wurden niedrige pH-Werte festgestellt (< 6). Es ist eine Überschreitung der Vorsorgewerte der BBodSchV für Zink an der Einleitstelle (in den oberen 0 - 15 cm) und für Kupfer in den oberen 0 - 5 cm festzustellen.

Maßnahmen:

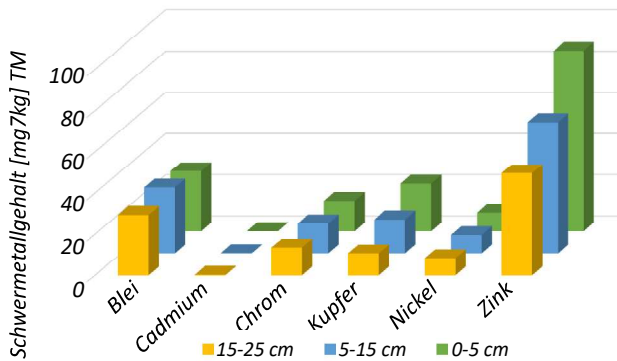
Der Rückhalt der Schadstoffe in den oberen Bodenschichten ist noch gegeben. Aufgrund der pH-Wert-Absenkung sollte ein Monitoring des pH-Wertes stattfinden.



Messstelle 1 - Analyse der Bodenprobe



Messstelle 2 - Analyse der Bodenprobe



Messstelle 3 - Analyse der Bodenprobe



ALLGEMEINE HANDLUNGSHINWEISE

Mulden-Rigolen-Systeme sind wichtige Planungsinstrumente für einen naturnahen Umgang mit Niederschlagswasser, die in Hinblick auf die Erhaltung des Wasserhaushaltes durch Förderung von Verdunstung und Versickerung wesentliche Vorteile gegenüber der konventionellen Ableitung verfügen. Darüber hinaus bieten sie Retentionsmöglichkeiten zur Minderung des Überflutungsrisikos und ermöglichen gleichzeitig die Reinigung durch den Rückhalt von Schwermetallen.

IN DER PLANUNGSPHASE

Eine frühzeitige **Integration in die Bauleitplanung** ist hilfreich, da für die naturnahe Regenbewirtschaftung zusätzliche Flächen in Anspruch genommen werden. Gleichzeitig können Mulden gem. DIN 1986-100 als Rückhalteraum für den Überflutungsschutz dienen.

Mulden entlang von **Spielplätzen** können ihre Durchlässigkeit verlieren, wenn der Boden durch diesen verdichtet wird, beispielsweise beim Eintrag von Sand

Die **Materialwahl** sollte bereits im Planungsprozess überdacht und evtl. auf schädliche Materialien (z.B. Rinnen

aus Kupfer) verzichtet bzw. beschichtete Materialien genutzt werden. Damit wird die Schadstoffanreicherung im Boden minimiert und die Standzeiten der Mulden verlängert.

Die **benötigte Fläche** für die Mulde ist einerseits abhängig von der Wasserdurchlässigkeit des Bodens, andererseits bestimmt der Anschlussgrad den Flächenbedarf. Bei sandigen Böden beträgt dieser ca. 10%, bei schluffigem Untergrund rund 20 % angeschlossener befestigter Fläche. Demnach wären bei 200 m² Dachfläche 20 - 40 m² Muldenfläche nötig.

Weiterhin sollten ausreichende **Abstände** der Mulden zu Gebäuden und Grundstücksgrenzen bedacht werden, um das Vernässen von Kellern zu verhindern. Der Abstand der Versickerungsanlage sollte das 1,5 - fache der Baugrubentiefe nicht unterschreiten.

Wichtigster Aspekt für die Versickerung und die richtige Dimensionierung der Anlage ist die **Durchlässigkeit des Untergrundes**. Im Sohlbereich der Versickerungsanlage sollten Durchlässigkeitsbeiwerte von $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s vorliegen.



Vor der Planung sollte der Boden durch Versickerungsversuche (z.B. Doppelringinfiltrrometer, Open-End-Test, Schürfe) auf die Durchlässigkeit untersucht werden. Die Versickerung von Niederschlagswasser darf keine Verunreinigung des **Grundwassers** zur Folge haben. Daher sollte gemäß Regelwerk DWA-A 138 die Mächtigkeit des Sickerraumes, d. h. der Abstand des mittleren Höchstgrundwasserstandes zur Unterkante der Versickerungsanlage, mindestens 1 m betragen. Informationen zu Grundwasserflurabständen und -schutzzonen können über geologische Karten und Auskünften von Fachämtern bezogen werden.

RICHTLINIEN

DWA-A 138 bzw. DWA-A 138-1
FLL „Versickerung und Wasserrückhaltung“
REWeS

BETRIEB

Es wird empfohlen, ein **Betriebshandbuch** zu führen, welches Plandarstellungen der Anlagen, Wartungs- und Betriebshinweise sowie Genehmigungen und Erlaubnisse zum Inhalt hat.

Nach Baumaßnahmen, die einen Eingriff in das MRS darstellen, sollte eine sachgerechte Kontrolle der Wiederherstellung des Systems erfolgen, um auch weiterhin die Funktionen hinsichtlich hydraulischem und stofflichem Rückhalt zu erhalten.

RECHTLICHES

Bereits bei der Errichtung von MRS sollte eine klare **Benennung des Unterhaltspflichtigen** erfolgen. Eine Trennung privater und öffentlicher Mulden wäre ratsam. Andernfalls sollten vertragliche Regelungen der Unterhaltspflicht oder eine dingliche Sicherung angestrebt werden.

Anwohnern muss das Bewusstsein geschaffen werden, dass es sich um eine Entwässerungsanlage handelt und dass durch das Verfüllen von Mulden Defizite bezüglich der Rückhaltung bei Regenereignissen entstehen können. Eine **Kennzeichnung als wasserwirtschaftliche Anlage** wäre hilfreich. Schautafeln in Wohngebieten, mit Hinweisen zum Entwässerungssystem, können als eine Art der Bildungsfunktion dienlich sein und über die Funktionsweise und den Nutzen der Anlagen informieren.

BEWIRTSCHAFTUNG

Die Unterhaltung von MRS ist mit einem vergleichsweise geringen Aufwand verbunden. Trotzdem ist eine regelmäßige **Überwachung (Eigenkontrolle), Pflege und gegebenenfalls Instandsetzung** unerlässlich, um Verstopfungen und Verschlammungen zu vermeiden. Wichtig ist das Freihalten der Zuläufe zu den Mulden und Rinnen, von Laub und Ablagerungen. Die bewachsene Bodenzone ist durch regelmäßigen Pflanzenschnitt und gegebenenfalls Nachsäen als geschlossene

Vegetationsdecke im Muldenbereich zu erhalten, da sich sonst eine Reduzierung der Filterwirkung (Schadstoffrückhalt) einstellt bzw. die Kolmationsgefahr (Verschlammung) steigt.

Die **Erhöhung der Bindungskapazitäten** von Schwermetallen, kann durch die Anhebung des Tonmineralgehaltes erfolgen. Auch das Steigern des Gehaltes an organischer Substanz sowie die Stabilisierung des pH-Wertes durch Kalkung, können entsprechende Effekte haben.

ÜBERWACHUNG

Das Durchlässigkeitsvermögen des Bodens ist nach gegebener Zeit zu überprüfen, beispielsweise alle 10 Jahre. Diese **Untersuchung der Versickerungsleistung** kann z.B. mittels Doppelring-Infiltrometerverfahren erfolgen.

Bedingt durch langjährigen Schadstoffeintrag kann eine Erschöpfung der Adsorptionsfähigkeit in der obersten Bodenzone eintreten. Die Schadstoffanreicherungen sind durch intervallmäßige Beprobung und Analyse in einem zertifizierten Labor zu überwachen. Dazu sollten regelmäßige **Inspektionen der Anlagen** erfolgen (spätestens nach 20 bis 25 Jahren). Auf Basis der Laboranalysen können die entsprechenden Maßnahmen (z.B. Bodenaustausch) in Erwägung gezogen werden. Vorschläge für Überwachungs- und Bewirtschaftungsintervalle sind im Regelwerk DWA-A 138 enthalten.

KOSTEN

Die Kosten von Versickerungsanlagen hängen vor allem vom gewählten System ab, deren Wahl durch die Verfügbarkeit von Freiflächen, der Durchlässigkeit des Untergrundes und dem Grundwasserflurabstand bestimmt wird. Es ist daher ratsam, frühzeitig Maßnahmen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung bei der Erschließungsplanung zu berücksichtigen.

BAUKOSTEN

Die Herstellkosten werden in Abhängigkeit der angeschlossenen befestigten Fläche (€ pro $m^2 \cdot A_{\text{bef}}$) angegeben. Die in Literaturrecherchen ermittelten Baukosten weisen eine hohe Spreizung auf. Angepasst an den aktuellen Baupreisindex ergibt sich für Mulden-Rigolen ein Orientierungswert von $35 \text{ €/}(m^2 \cdot A_{\text{bef}})$ und Mulden-Rigolen-Systemen von $45 \text{ €/}(m^2 \cdot A_{\text{bef}})$.

$\text{€/}(m^2 \cdot A_{\text{bef}})$	Quelle
6-47,6	Kuras - Steckbrief 8: Kombinierte Versickerungssysteme (2017)
15-20 (MR) 27,5	Hamburg - Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung (2006)

Investitionskosten von MRS

BETRIEBSKOSTEN

Betriebskosten resultieren hauptsächlich aus der Vegetationspflege und Beräumung von Laub und der Wartung der Rigole. Die in der Tabelle angegebenen Werte beziehen sich auf die Betriebskosten je m^2 Mulde und Jahr.

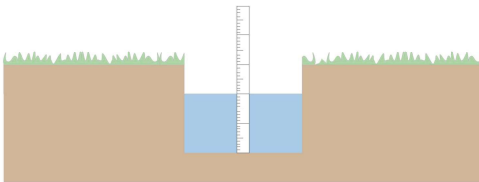
Mit Berücksichtigung des Baupreisindex 2023 belaufen sich die jährlichen Betriebskosten auf ca. $1\text{-}2 \text{ €/}m^2$. Der Austausch von Bodenmaterial ist darin nicht berücksichtigt.

Dem gegenübergestellt sei die Einleitung von Niederschlagswasser in das öffentliche Kanalnetz. Deren Bemessung erfolgt anhand der angeschlossenen befestigten Fläche. Bei $1,21 \text{ €/}m^2 A_{\text{bef}}/\text{Jahr}$ würden sich die Betriebskosten je m^2 Mulde auf rund 20 € pro Jahr belaufen.

Bei Standzeiten der Anlagen von über 30 Jahren verursachen MRS nur geringe Betriebskosten, bei einem hohen Umweltnutzen, in Hinblick auf die Annäherung an natürlichen Wasserhaushalt und Minderung von Überflutungen bei Starkregen sowie multifunktionaler Nutzung der Versickerungsanlagen.

VERSICKERUNGSVERSUCH

Die Versickerung ist abhängig von der Durchlässigkeit des anstehenden Bodens. Der k_f -Wert [in m/s], als Maß für die Durchlässigkeit eines Bodens, wird in der Regel von Fachfirmen bestimmt. Für eine Ersteinschätzung kann man selbst einen Sickerstest durchführen. Generell ist der Versuch im Bereich der potentiellen Versickerungsfläche sowie geplanten Tiefe durchzuführen. In einer Schürfgrube wird nach Wasserzugabe die Wassermenge ermittelt, die in einem bestimmten Zeitraum versickert. Liegen die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s, kann der Untergrund als versickerungsfähig angesehen werden.



Schürfgrube

DUCHFÜHRUNG

1. Ausheben einer Grube:

Dazu wird eine senkrechte Grube (50 x 50 cm) mit einer Tiefe von 0,5-1 m ausgehoben. Zur Ablesung des Wasserstandes wird eine Messlatte auf der Sohle der Grube seitlich befestigt.

2. Vorsättigung:

Vor der eigentlichen Versuchsdurchführung muss der Boden vorgegässt werden. Die Schürfgrube wird vollständig mit Wasser befüllt. Bei größerer Abnahme in der Grube wird das Wasser nachgefüllt. Nach einer Stunde ist der Boden in der Regel gesättigt.

3. Versuchsdurchführung:

Nach erneuter Auffüllung der Grube wird der Anfangswasserstand gemessen. Die folgende Wasserabsenkung wird dokumentiert. Fällt der Wasserstand auf 10 cm, ist die Grube wieder mit Wasser aufzufüllen. Das Versuchsende ist nach 30 - 60 min erreicht. Bei minimaler Absenkung von 2 cm in 10 cm ist eine Versuchsdauer von 120 min anzustreben.

4. Auswertung:

Der k_f -Wert wird vereinfacht aus der Wasserstandsabsenkung und der Zeit angeleitet.

BEISPIEL

Uhrzeit	Dauer [min]	Ableseung [cm]	Differenz [cm]	k_f [m/s]
10:00	0	40		
12:00	60	5,5	$h = 40 - 5,5 = 34,5 \text{ cm}$	$9,6 \cdot 10^{-5}$
$v = 345 \text{ mm}/60\text{min} = 5,75 \text{ mm}/\text{min}$				
$k_f = 5,75 \text{ mm}/\text{min} / (1.000 \cdot 60) = 0,000096 \text{ m}/\text{s} = 9,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}/\text{s}$				

VERSUCH

Uhrzeit	Dauer [min]	Ableseung [cm]	Differenz [cm]	k_f [m/s]



HERAUSGEBER:

Grüner Ring Leipzig
c/o Stadt Leipzig,
Amt für Stadtgrün und Gewässer
Prager Straße 118-136
04317 Leipzig
www.leipzig.de

Grüner Ring Leipzig
Leipziger Straße 6
04451 Borsdorf
<https://gruenerring-leipzig.de>

IN ZUSAMMENARBEIT MIT:

Stadtverwaltung Taucha
Fachbereich Bauwesen
Schloßstraße 13
04425 Taucha
<https://www.taucha.de>

Institut für Wasserbau und
Siedlungswasserwirtschaft GmbH
Lausener Dorfplatz 7A
04207 Leipzig
<https://www.iws-leipzig.de>

Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH
Johannisgasse 7/9
04003 Leipzig
<https://www.l.de/wasserwerke>

QUELLEN

1. DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), April 2005
2. DWA-A 138-1: Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser- Teil 1: Planung, Bau, Betrieb (Gelbdruck), Stand November 2020
3. BBODENSCHV: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, 1999
4. Hamburg: Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, 2006
5. LEIREV: Kluge, B., Sommer, H., & Kaiser, M. (2016). Leistungsfähigkeit und Zustand langjährig betriebener dezentraler Regenwasserversickerungsanlagen (LEIREV) Abschlussbericht. Technische Universität Berlin, Kaiser Ingenieure, Sieker. gefördert durch das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
6. KURAS: Steckbrief 8: kombinierte Versickerungssysteme, http://www.kuras-projekt.de/fileadmin/Dokumente_Verwaltung/pdf/Steckbrief_08_kombinierteVersickerungssysteme.pdf, Februar 2017



FOTOS UND GRAFIKEN:

© IWS - Institut für Wasserbau und
Siedlungswasserwirtschaft GmbH

Die Publikation als pdf sowie weitere Informationen
zum Projekt erhalten Sie unter:
<https://gruenerring-leipzig.de/mulden-rigolen-monitoring-taucha>

Stand: Mai 2024



Im Jahr 2023 wurden in der Stadt Taucha verschiedene Mulden-Rigolen-Systeme (MRS), mit Standzeiten von mehr als 25 Jahren, auf ihre Funktionstüchtigkeit hin untersucht. Im Fokus lag dabei, neben der Überprüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Mulden auch der Nachweis der natürlichen Reinigungsleistung in der bewachsenen Bodenzone nach jahrzehntelanger Nutzungsdauer. Aus den Erkenntnissen wurden allgemeingültige Handlungshinweise zum Umgang mit Mulden-Rigolen-Systemen abgeleitet.

**Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.
Förderkennzeichen 033L202D**