



Multifunktionale Versickerungsmulden

Handlungsempfehlung zu
Planung, Bau und Betrieb



wasser



Auf einen Blick ...

Titel:	Multifunktionale Versickerungsmulden – Handlungsempfehlungen zu Planung, Bau und Betrieb
Themenbereich:	Niederschlagswasser: Behandlung und Versickerung, wassersensible Siedlungsentwicklung: grüne und blaue Infrastruktur stärken
Stand:	September 2024
Herausgeber:	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Redaktion:	LfU, Referat 67
Ausgabe:	1. Auflage
Shop-Link:	https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00356.htm

Für wen die Publikation interessant ist

- Kommunen (Gemeinde-/ Stadtentwässerung, Gartenbauamt, Tiefbauamt)
- Planer von Versickerungsanlagen
- Wasserwirtschaftsämter

Warum sie relevant ist

- Es werden Empfehlungen für eine klimaangepasste Gestaltung von Versickerungsmulden unter Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher sowie wasserrechtlicher Anforderungen gegeben.
- Änderungen im technischen Regelwerk für Abwasseranlagen ermöglichen neue Bauweisen.
- Beispiele zeigen, welche Varianten bereits erfolgreich umgesetzt wurden.

Hier gibt es mehr zum Thema ...

- Bayerisches Landesamt für Umwelt:
www.lfu.bayern.de > Wasser > Abwasser: Niederschlagswasser
- Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung (ZSK) an der TU München:
www.zsk.tum.de > Die Teilprojekte des ZSK > abgeschlossene Projekte des ZSK: Teilprojekt 14
- Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz:
www.stmuv.bayern.de > Themen > Wasser > Abwasserentsorgung > Wassersensible Siedlungsentwicklung
- StadtKlimaNatur – Initiative des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz:
www.stadtklimanatur.bayern.de > Klimaanpassung > Wassersensible Stadt
- siehe auch Literaturverzeichnis und Anlage 1



Multifunktionale Versickerungsmulden

Handlungsempfehlung zu
Planung, Bau und Betrieb



Impressum

Leitfaden „Multifunktionale Versickerungsmulden“

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Konzept/Text:

Philipp Stinshoff, Brigitte Helmreich, Technische Universität München, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Am Coulombwall 3, 85748 Garching
Patrizia Eben, Swantje Duthweiler, Christoph Moning, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Institut für Ökologie und Landschaft, Am Hofgarten 4, 85354 Freising
Sebastian Knoll, Johannes Prügl, Bodeninstitut Johannes Prügl, Moosburger Straße 5, 84072 Au in der Hallertau

Redaktion:

LfU, Referat 67

Bildnachweis:

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Gewässerschutz – Hamburg: Abb. 1;
LfU: Abb. 5, 20-24;
MUST Städtebau: Abb. 19;
Technische Universität München: alle anderen Abbildungen

Stand:

September 2024

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5
2	Zusammenfassung	6
3	Versickerungsmulden	8
4	Errichtung von multifunktionalen Versickerungsmulden	9
4.1	Vorbereitung der Umsetzung	9
4.1.1	Welche rechtlichen und fachlichen Vorgaben sind zu berücksichtigen?	9
4.1.2	Ist eine Versickerungsmulde umsetzbar?	9
4.2	Planung und Bau	10
4.2.1	Wie ist eine Versickerungsmulde zu bemessen?	10
4.2.2	Welche Eigenschaften muss der Boden haben?	11
4.2.3	Wie sieht ein optimaler Bodenaufbau aus?	12
4.2.3.1	Unterboden	12
4.2.3.2	Bewachsene Bodenzone	13
4.2.3.3	Mineralische Mulchschicht	13
4.2.4	Welche Grundsätze sind bei der Bepflanzung zu berücksichtigen?	14
4.2.5	Welche Pflanzen sind geeignet?	16
4.2.6	Wie soll gepflanzt werden?	18
4.3	Pflege und Wartung	19
5	Herstellungs- und Unterhaltungskosten	21
6	Versickerungsmulden mit Gehölzen und Baumstandorte zur multifunktionalen Nutzung	22
7	Literatur	23
	Anlagen	25

1 Einführung

Die zunehmende Bodenversiegelung und Verringerung von Grünflächen im Siedlungsraum führen zu einem starken Eingriff in den lokalen Wasserhaushalt und einer Abnahme der Biodiversität. Durch Klimaveränderungen nehmen Extremereignisse wie Starkregen und Dürreperioden zu. Negative Effekte wie urbane Wärmeinseln werden verstärkt. Klimaangepasstes und biodiversitätsfreundliches Planen und Bauen wird daher immer wichtiger.

Durch ein breites Spektrum an Maßnahmen, wie z. B. die wasserdurchlässige Gestaltung von Flächen oder eine Gebäudebegrünung, kann im Rahmen der wassersensiblen Siedlungsentwicklung den Folgen des Klimawandels begegnet werden. Begrünte Versickerungsmulden sind dabei ein wichtiger Baustein [24].



Abb. 1: Versickerungsmulde mit konventioneller Rasenbegrünung



Abb. 2: Versickerungsmulde mit Stauden artenreich gestaltet

Versickerungsmulden dienen der ortsnahen Reinigung und Versickerung von Niederschlagswasser und sind daher Abwasseranlagen. Sie ersetzen i. d. R. den Anschluss der Flächen an eine Kanalisation.

Zur Begrünung von Versickerungsmulden hat sich Rasenansaat (Abb. 1) etabliert. Im Rahmen eines Forschungsprojektes „Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum“ wurde untersucht, ob unter Beibehaltung der wasserwirtschaftlichen Funktionen mit einer artenreichen Bepflanzung (Abb. 2) gleichzeitig eine Reihe weiterer Funktionen, wie die Förderung der Insektenvielfalt und Erhöhung der Attraktivität, erreicht werden können. Das Projekt wurde erfolgreich von der Technischen Universität München mit der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und dem Bodeninstitut Johannes Prügl im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt durchgeführt.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt sind in dieser Handlungsempfehlung für die praktische Umsetzung aufbereitet und zusammengefasst. Ergänzend wurde auf die Schaffung von zusätzlichem Rückhalteraum zur Vorsorge gegen Starkregen eingegangen.

2 Zusammenfassung

Als Abwasseranlagen müssen Versickerungsmulden wasserwirtschaftliche Anforderungen erfüllen. Bei Planung, Bau und Betrieb sind die Vorgaben der allgemein anerkannten Regeln der Technik (a. a. R. d. T.) umzusetzen (siehe Kap. 4). Unter Beachtung der vorliegenden Handlungsempfehlungen können Versickerungsmulden so gestaltet werden, dass sie vielfältige zusätzliche Funktionen erfüllen (siehe Abb. 3 und Abb. 4), u. a.

- unser Wohnumfeld durch robuste und attraktive Pflanzflächen mit heimischen Arten aufwerten,
- mit Arten- und Blütenreichtum einen Beitrag zur Biodiversität leisten, d. h. Pollen, Nektar und Lebensraum für Insekten (u. a. Wildbienen) bereitstellen,
- einen guten Schadstoffrückhalt über die bewachsene Bodenzone mit Staudenbepflanzungen erreichen,
- die hydraulische Funktion (Entwässerungssicherheit) und Betriebsstabilität angemessen gewährleisten,
- den Auswirkungen der Klimaänderung, wie Starkregen, Hitze und Trockenheit, im Sinne eines klimaangepassten Bauens entgegenwirken (u. a. Wasserspeicherung und Evapotranspiration).

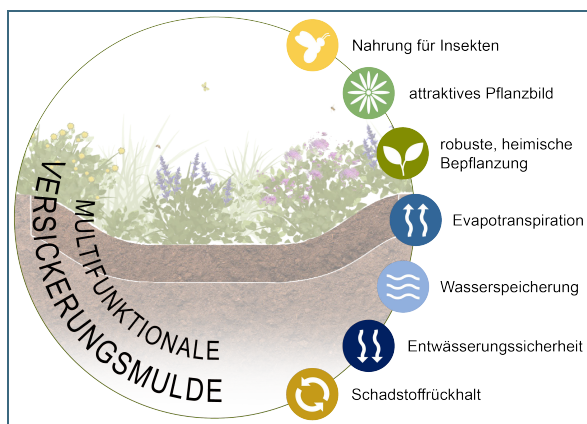


Abb. 3: Funktionen einer multifunktionalen Versickerungsmulde

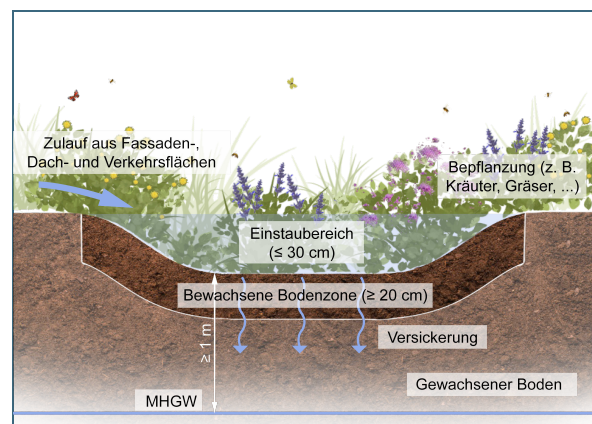


Abb. 4: Querschnitt einer multifunktionalen Versickerungsmulde (Schemaskizze)

Folgende wesentliche Hinweise können für die Gestaltung von Versickerungsmulden gegeben werden:

Vorbereitung

Vor einer Planung sind jeweils die Standortvoraussetzungen zu klären. Dazu zählen u. a. ein ausreichender Abstand zum Grundwasserspiegel (i. d. R. mehr als 1 m), ein versickerungsfähiger Untergrund (hydraulische Durchlässigkeit 1×10^{-3} m/s bis 1×10^{-6} m/s) sowie Lage außerhalb einer altlastenverdächtigen Fläche oder schädlichen Bodenveränderung (siehe Kap. 4.1). Bei der Planung von Versickerungsmulden ist zu empfehlen, Metalldach- und Verkehrsflächen nicht gemeinsam zu entwässern, wenn dort im Winterdienst Tausalze verwendet werden. Durch die getrennte Entwässerung von versiegelten Flächen mit unterschiedlichen Schadstoff-Gefährdungen kann oftmals eine Verringerung der Mindestmuldenfläche erreicht werden.

Bewachsene Bodenzone

Die bewachsene Bodenzone (siehe Kap. 4.2.3.2) dient dem Rückhalt von Schadstoffen bei der Versickerung sowie als Pflanzsubstrat. Folgende Eigenschaften werden empfohlen:

- Hydraulische Durchlässigkeit k_f : zwischen 1×10^{-4} und 1×10^{-5} m/s
- Feinkorngesamt: 10 – 20 Masse-%
- Humusgehalt: 1 – 3 Masse-%
- pH-Wert: zwischen 6 – 8
- Wasserspeicherfähigkeit: ≥ 30 Vol.-%
- Mächtigkeit (Schichtdicke): ≥ 30 cm

Beim Bau sollte bevorzugt der anfallende Aushub für die bewachsene Bodenzone verwendet werden. Die empfohlenen Bodeneigenschaften können ggf. mit Zuschlagstoffen erreicht werden. Ohne angemessene Vorverdichtung ist beim Neueinbau mit Setzungen von bis zu 20 % zu rechnen.

Bepflanzung

Versickerungsmulden sind Extremstandorte, die von temporärem Einstau, Trockenheit und Hitze sowie Salz- und Schadstoffeintrag geprägt sind. Bei der Artenauswahl sind bevorzugt trockenheitsverträgliche Arten zu wählen, die je nach Standort zudem tolerant gegenüber Staunässe und Salzeintrag sein müssen (siehe Kap. 4.2.4 und 4.2.5). Weitere zu berücksichtigende Aspekte sind ästhetische und ökologische Anforderungen sowie Wuchshöhe, Giftigkeit etc. Durch eine abwechslungsreiche Artenzusammensetzung (verschiedene Pflanzenfamilien, ganzjährige Blühaspekte, angepasstes Pflegekonzept) kann ein wesentlicher Beitrag zur Förderung der Insektenvielfalt geleistet werden.

Bau

Besonders beim Bau, aber auch während des Betriebes muss die Versickerungsfähigkeit der bewachsenen Bodenzone und des Unterbodens erhalten bleiben. Eine Inbetriebnahme von Versickerungsmulden soll grundsätzlich erst nach der Anwuchsphase erfolgen [8].

Betrieb

Im Betrieb (siehe Kap. 4.3) sind eine angepasste Pflege (u. a. Mahd, manuelle Unkrautregulierung, kein Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln) sowie Überwachung zum Erhalt der Funktion als Abwasseranlage erforderlich.

3 Versickerungsmulden

Versickerungsmulden sind flache Mulden, denen Niederschlagswasser von versiegelten Flächen zugeleitet wird. Das Wasser wird oberirdisch zwischengespeichert (Bemessung auf Einstau ≤ 30 cm), kann verdunsten und versickern (Abb. 5). Versickerungsmulden erfüllen die Zielsetzung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) [4], Niederschlagswasser ortsnah zu versickern gemäß § 55 WHG. Durch Rückhaltung und Versickerung des Niederschlagswassers statt Ableitung zu Kläranlagen und Oberflächengewässern wird der natürliche Wasserkreislauf gestützt.

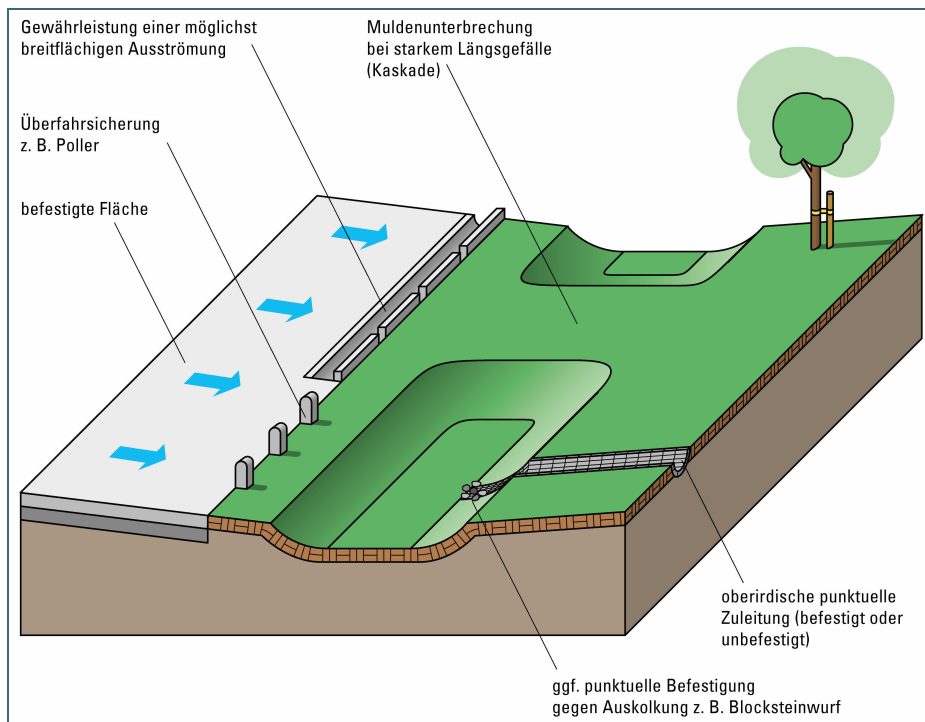


Abb. 5:
Aufbau einer Versickerungsmulde
(als Abwasseranlage)

Als Abwasseranlagen dienen Versickerungsmulden außerdem der ortsnahen Reinigung des Niederschlagswassers. Abflüsse von Verkehrs- und Dachflächen sind mit gewässerschädlichen Stoffen wie Schwermetallen und organischen Verbindungen (z. B. Biozide, Reifenabrieb) verunreinigt. Der zum Grundwasserschutz erforderliche Schadstoffrückhalt erfolgt über die bewachsene Bodenzone (siehe Kap. 4.2.1 und 4.2.3.2).

Um eine angemessene Entwässerungssicherheit zu erzielen, müssen die Wasseraufnahmefähigkeit der Versickerungsmulde und die Sickerleistung des Bodens ausreichend gewährleistet sein (vgl. Beispiel in Anlage 2). Bewuchs in Versickerungsmulden verhindert Erosion und sorgt dafür, dass die bewachsene Bodenzone im Betrieb durch den Wechsel von Einstau- und Trockenzeiten nicht kolmatiert, d. h. die Wasserdurchlässigkeit durch eingetragene Sedimente nicht verringert wird (siehe Kap. 4.2.4 und 4.3).

In der Regel werden Versickerungsmulden für Regeneignisse mit einer statistischen Wiederkehrzeit von einmal in fünf Jahren dimensioniert und bisher mit Rasensaat begrünt (Regelsaatgutmischungen, pflegereduziert).

Um eine multifunktionale Nutzung von Versickerungsmulden zu ermöglichen (Abb. 3 und Abb. 4), kann die Bepflanzung gemäß folgenden Empfehlungen abweichend gestaltet werden.

4 Errichtung von multifunktionalen Versickerungsmulden

4.1 Vorbereitung der Umsetzung

4.1.1 Welche rechtlichen und fachlichen Vorgaben sind zu berücksichtigen?

Im Planungsprozess sind rechtliche Grundlagen auf Bundes- und Landesebene sowie kommunaler Ebene zu beachten, insbesondere das Wasserhaushaltsgesetz [27], das Bayerische Wassergesetz (BayWG) sowie die jeweils gültige kommunale Entwässerungssatzung (EWS).

Bei gesammeltem Niederschlagswasser von befestigten oder bebauten Flächen handelt es sich um Abwasser gemäß § 54 WHG. Dieses soll gemäß § 55 Abs. 2 WHG bevorzugt ortsnah versickert, verrieselt oder direkt beziehungsweise über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden. Versickerungsmulden sind daher abwassertechnische Anlagen und müssen nach a. a. R. d. T. geplant, eingebaut und betrieben werden (§ 60 WHG).

Grundsätzlich ist für die gezielte Versickerung von gesammeltem Niederschlagswasser eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich. Dazu sind entsprechende Antragsunterlagen (Erläuterungen, technische Nachweise, Pläne) bei der zuständigen Behörde (i. d. R. Landratsamt oder Stadtverwaltung bei kreisfreien Städten) vorzulegen und genehmigen zu lassen. Auf eine wasserrechtliche Erlaubnis kann verzichtet werden, wenn die Vorgaben der Niederschlagswasserfreistellungsverordnung – NWFreiV [22] und der Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser – TRENGW [26] erfüllt werden.

Die wichtigsten fachlichen Vorgaben zu Planung, Bau und Betrieb von Versickerungsmulden finden sich in den Regelwerken Arbeitsblatt DWA-A 138 (Überarbeitung derzeit als Gelbdruck DWA-A 138-1 [8] verfügbar) und Merkblatt DWA-M 153 [9].

Für erlaubnisfreie Versickerungen können weitere fachliche Vorgaben relevant sein, u. a.:

- maximal anschließbare Fläche von 1.000 m²
- Mindestmächtigkeit der bewachsenen Bodenzone
- maximal zulässiges Verhältnis von angeschlossener Fläche zu Sickerfläche (Au:As)

Wichtige Standortgegebenheiten sind im Kapitel 4.1.2 und Anlage 1 beschrieben. In Gebieten mit besonderen Anforderungen an den Grundwasserschutz (u. a. Schutzgebiete oder Gebiete mit Karst und klüftigem Untergrund) gelten im Allgemeinen weitergehende Anforderungen [14].

4.1.2 Ist eine Versickerungsmulde umsetzbar?

Bereits in der Vorplanung muss eine Ersteinschätzung der standörtlichen Gegebenheiten erfolgen, um die Durchführbarkeit der Versickerung zu prüfen. Wesentlich sind Informationen über Grundwasserstände (der Abstand zwischen Versickerungsanlage und dem mittleren höchsten Grundwasserstand sollte i. d. R. ≥ 1 m betragen), verlegte Sparten, eventuell vorhandene Bodenbelastungen oder Wasserschutzgebiete. Idealerweise liegen hierfür schon Informationen und Vorgaben im Bebauungsplan vor. Die wichtigsten Kriterien sind in Anlage 1 dargestellt und müssen spätestens für die Planung in ausreichender Detaillierung vorliegen.

Hilfreiche Informationen zur Hydrogeologie, Geologie oder Natur- und Wasserschutzgebieten können aus dem [Umweltatlas](#) oder [Bayernatlas](#) bezogen werden. Insbesondere die Ermittlung von

Grundwasserständen sowie der Sickerfähigkeit des Untergrunds erweist sich immer wieder als kritischer Aspekt in der Planung, daher sollten hierzu Angaben im Baugrundgutachten angefordert werden.

Bei Altlastenverdacht können weitere Informationen über das [Altlastenkataster](#) bei der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde angefragt werden. Vorgaben in Bauleitplänen (Flächennutzungsplan und Bebauungsplan) sind - sofern vorhanden - zu beachten. In seltenen Fällen können allgemeine Einschränkungen für den Bau von Versickerungsmulden bestehen. Sind im Zuge der weiteren Entwässerungsplanung Notüberläufe der Mulden ins Kanalnetz erforderlich, müssen diese mit dem Kanalnetzbetreiber abgestimmt werden. Ist die Versickerung möglich, kann mit der Planung der Versickerungsmulde begonnen werden.

4.2 Planung und Bau

Für Mulden in kommunaler Verantwortung wird empfohlen, Zuständigkeiten und Kostenverteilung für Planung und Bau sowie Pflege und Wartung (siehe Kap. 4.3) bereits im Vorfeld zwischen den verantwortlichen Organisationseinheiten, z. B. für Gartenbau und Entwässerung, abzustimmen.

4.2.1 Wie ist eine Versickerungsmulde zu bemessen?

Die **hydraulische bzw. quantitative Bemessung** (Zielsetzung: Entwässerungssicherheit) erfolgt derzeit nach Arbeitsblatt DWA-A 138 und künftig nach Arbeitsblatt DWA-A 138-1 [8]. Wesentliche Empfehlungen für Nachweis- und Eingangsgrößen abgeleitet aus dem Arbeitsblatt sind in Tab. 1 dargestellt.

Nachweis-/Eingangsgröße	Einheit	Empfohlene Werte
k_f -Wert Untergrund	m/s	$\geq 5 \times 10^{-6}$
k_f -Wert bewachsene Bodenzone	m/s	ca. 1×10^{-5}
Bemessungs-Einstauhöhe	cm	i. d. R. ≤ 30
Empfohlene Häufigkeit zur Bemessung *	1/a	1/5
Entleerungszeit für Ereignisse $n = 1/a$	h	≤ 48 h

Tab. 1:
Empfehlungen für die hydraulische Bemessung von multifunktionalen Versickerungsmulden (Hinweise in den Regelwerken sind zu beachten)

* Zur Vorsorge gegen Starkregen und Sturzfluten können multifunktionale Versickerungsmulden über die genannten Werte hinaus auch für Regenereignisse mit seltenerer statistischer Wiederkehrhäufigkeit (z. B. 1/30 a oder 1/100 a) bemessen werden. Wasserrechtlich sowie im Kontext erlaubnisfreier Einleitungen ist üblicherweise nur die Bemessung der Versickerungsanlage für die Bemessungshäufigkeit 1/5 a nach Arbeitsblatt DWA-A138-1, Tab. 3 relevant.

Die stoffliche bzw. qualitative Bemessung (Zielsetzung: (Schad-)Stoffrückhalt) erfolgt derzeit nach Merkblatt DWA-M 153 [9], künftig auch Arbeitsblatt DWA-A 138-1 [8]. Bei erlaubnisfreien Einleitungen erfolgt sie in Kombination mit NWFreiV [22] und TRENGW [26]. Wesentliche Nachweis- und Eingangsgrößen sind in Tab. 2 dargestellt.

Ergänzend sind auch Eigenschaften und Zusammensetzung des Bodens für den Stoffrückhalt relevant (siehe Kap. 4.2.2 mit Tab. 3). In Anlage 2 ist eine Beispielberechnung für innerörtliche Straßenentwässerung (häufiger Anwendungsfall) nach DWA-A 138 dargestellt.

Nachweis-/Eingangsgröße	Einheit	Empfohlene Werte
Abstand Sohle der Versickerungsmulde zum Grundwasser (mittlerer höchster Grundwasserstand (MHGW))	m	i. d. R. ≥ 1
Verhältnis von angeschlossener abflusswirksamer Fläche zu Sickerfläche (Au:As)	-	1:5 – 1:20
Mächtigkeit bewachsene Bodenzone	cm	≥ 30

Tab. 2:
Empfehlungen für die stoffliche Bemessung von multifunktionalen Versickerungsmulden (Hinweise in den Regelwerken sind zu beachten)

Wegen des großen Risikos einer erneuten Freisetzung von bereits zurückgehaltenen Schwermetallen aus dem Bodensubstrat (Remobilisierung) [1] wird empfohlen, Abflüsse von Flächen mit

Tausalzeinsatz im Winterdienst nicht auf Versickerungsmulden für Abflüsse von Flächen mit hohem Gehalt an gelösten Schwermetallen, wie z. B. bei Metalldachabflüssen, zu leiten. Alternativ können im Winterdienst ggf. abstumpfende Streumittel (z. B. Splitt) eingesetzt werden.

Flächen mit geringer Belastung (z. B. Kfz-Stellplatz) benötigen weniger Filtrationsfläche bei der Behandlung als Flächen mit starker Belastung (z. B. Hauptverkehrsstraße). Dies wird durch das Verhältnis der angeschlossenen abflusswirksamen Fläche A_u zur Sickerfläche A_s ausgedrückt ($A_u:A_s$). Eine Vermischung von Abflüssen aus unterschiedlich belasteten Flächen sollte daher schon in der Vorplanung vermieden werden. Ansonsten muss die gesamte Versickerungsmulde entsprechend den Anforderungen für die Fläche mit der stärksten Belastung ausgelegt werden.

4.2.2 Welche Eigenschaften muss der Boden haben?

Für die Versickerung müssen der vor Ort anstehende Boden und die eingebrachte bewachsene Bodenzone eine ausreichende Versickerungsfähigkeit haben, atlastenfrei sein und einen ausreichenden Rückhalt gewässerschädlicher Substanzen erlauben (vgl. Kap. 4.2.1).

Zur fachlich fundierten Bewertung der Sickerfähigkeit werden Versickerungsversuche in Schürfen, Bohrungen oder mit einem Doppel-Ring-Infiltrometer (Abb. 6) durchgeführt. Eine einfache, auch für Laien geeignete Durchführung ist in [16] beschrieben. Bei multifunktionalen Versickerungsmulden sind mitunter an ein und derselben Stelle mehrfach Versickerungsversuche erforderlich:

- zu Planungszwecken für den Unterboden und
- später als Kontrolluntersuchung auf der Baustelle
 - für den Unterboden vor Aufbringung der bewachsenen Bodenzone
 - für die bewachsene Bodenzone, nach Setzungs- und Anwachsphase der Pflanzen



Abb. 6: Überprüfung der Sickerfähigkeit mittels Doppel-Ring-Infiltrometerversuch (hier: bewachsene Bodenzone)

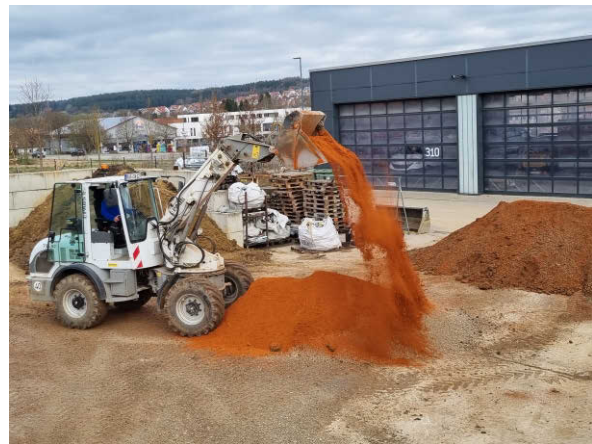


Abb. 7: Herstellung der bewachsenen Bodenzone aus dem am Standort gewonnenen Oberboden und weiteren Zuschlagstoffen

Hinweis: Ist eine Versickerungsmulde wegen schlechter Sickerfähigkeit des Untergrundes ($k_f \leq 5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$) oder geringem Platzangebot nicht möglich, können sogenannte Mulden-Rigolen-Elemente oder Mulden-Rigolen-Systeme eine Alternative sein. Ein Mulden-Rigolen-Element besteht aus einer Versickerungsmulde und einem darunterliegenden Speicherraum (Rigole). Ein Mulden-Rigolen-System enthält ergänzend eine begrenzte Ableitung, z. B. in die Kanalisation (Abstimmung mit dem Kanalnetzbetreiber erforderlich). Ein Durchteufen undurchlässiger Deckschichten wird nach Arbeitsblatt DWA- A 138-1 in Abstimmung mit der zuständigen Behörde eröffnet. Bei ungenügender Sickerfähigkeit ($< 5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$) bestehen damit grundsätzlich umfangreichere Planungsanforderungen für Versickerungsanlagen.

Die Leistungsfähigkeit der bewachsenen Bodenzone hinsichtlich des Rückhalts gewässerschädlicher Substanzen wird durch physikalisch-chemische und biologische Prozesse bestimmt. Diese Prozesse

haben auch Einfluss auf die Eignung der bewachsenen Bodenzone als Pflanzsubstrat. Die Anforderungen können durch Zumischungen von Zuschlagsstoffen wie Sand oder Kompost erreicht werden (siehe Abb. 7 und Kapitel 4.2.3.2).

In Tab. 3 sind wesentliche Anforderungen an den Boden für Versickerungsmulden dargestellt.

Nachweis-/Eingangsgröße	Einheit	Empfohlene Werte
k_f -Wert Untergrund bzw. Unterboden	m/s	$1 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-6}$
k_f -Wert bewachsene Bodenzone	m/s	$1 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-6}$
Feinkorngehalt bewachsene Bodenzone	Masse-%	10 – 20
Humusgehalt bewachsene Bodenzone	Masse-%	1 – 3
pH-Wert bewachsene Bodenzone	-	6 – 8
Wasserspeicherfähigkeit bewachsene Bodenzone	Vol.-%	≥ 30

Tab. 3:
Empfehlungen für den Boden bei multifunktionalen Versickerungsmulden (Hinweise in den Regelwerken sind zu beachten)

Eine Versickerungsmulde ist auch bei k_f -Werten des Untergrunds bzw. Unterbodens außerhalb des empfohlenen Bereichs möglich. Für k_f -Werte größer als $1 \cdot 10^{-3}$ m/s muss jedoch das Erfordernis zusätzlicher Maßnahmen zum Stoffrückhalt im Einzelfall mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt werden. Mit den empfohlenen Werten für die bewachsene Bodenzone kann erfahrungsgemäß auch im langjährigen Betrieb eine stabile Sickerfähigkeit von ca. $1 - 5 \times 10^{-5}$ m/s sowie eine für Staudenbepflanzung ausreichende Wasserspeicherkapazität der bewachsenen Bodenzone erreicht werden.

Sind die Bodeneigenschaften bekannt, können auch spätere Kosten für Abtransport und gegebenenfalls Entsorgung sowie Beschaffung von Zuschlagssubstraten oder fertigen Bodensubstraten kalkuliert werden.

4.2.3 Wie sieht ein optimaler Bodenaufbau aus?

4.2.3.1 Unterboden

Der anstehende Boden stellt das wichtige Bindeglied in der ungesättigten Zone zwischen der bewachsenen Bodenzone von Versickerungsmulden und dem Grundwasser dar. Auf erforderliche Bodeneigenschaften wird in Kap. 4.2.2 eingegangen.



Abb. 8: Aushub für eine straßenbegleitende Versickerungsmulde (im Bestand)



Abb. 9: Modellierung des Unterbodens für die geplante Versickerungsmulde

Der Aufbau der Versickerungsmulde beginnt mit der Ausmodellierung des Unterbodens (Abb. 8). Dabei müssen optionale Ergänzungen wie Notüberläufe oder das spätere Aufbringen einer mineralischen Muldschicht (siehe Kap. 4.2.3.3 und Abb. 11) und mögliche Setzungen (typischerweise $< 10\%$) berücksichtigt werden.

Um die erforderliche Durchlässigkeit der Versickerungsmulde zu erhalten, ist eine Verdichtung des Unterbodens, z. B. durch schwere Fahrzeuge, sowohl in der Bauphase als auch im späteren Betrieb unbedingt zu vermeiden.

4.2.3.2 Bewachsene Bodenzone

Für die Herstellung der bewachsenen Bodenzone sollte möglichst der am Standort gewonnene Oberboden verwendet werden. Dafür sind Informationen zur Sieblinie mit Schlämmskorngelalt, pH-Wert, Humusgehalt, Durchlässigkeit und Vorbelastung durch Schadstoffe notwendig, welche in Laboruntersuchungen zu bestimmen sind. Aus diesen Parametern kann abgeleitet werden, ob der bauseitig anfallende Boden für die Herstellung der bewachsenen Bodenzone geeignet ist oder ob die erforderlichen Bodeneigenschaften (siehe Kap. 4.2.1 und 4.2.2) durch Zuschlagssubstrate wie Sand oder Kompost erreicht werden können (Abb. 7). Empfehlungen für einige Zuschlagssubstrate mit Vor- und Nachteilen sind der Anlage 3 zu entnehmen. Auf die Herstellung von geeigneten Bodensubstraten wird in Anlage 4 eingegangen.

Sofern die angestrebten Materialeigenschaften mit dem vorhandenen Aushub nicht erreicht werden können, ist der ausgebaute Boden abzufahren und geeignetes Bodensubstrat zu beschaffen.

Beim Einbau (Abb. 10 und Abb. 13) ist zu beachten, dass entweder eine leichte Verdichtung der bewachsenen Bodenzone mit Kleingeräten erfolgt oder eine geringe Überhöhung vorgesehen wird, um zu erwartenden Setzungen zu begegnen. Eine Böschungsneigung von $\leq 1:3$ ist aus bautechnischer und betrieblicher Sicht zu empfehlen. Die Beschickung von Versickerungsmulden sollte möglichst flächig und in offenen Zulaufrienen erfolgen, eventuell müssen befestigte Einlaufrienen oder andere Maßnahmen zur Verteilung des Zulaufs eingebaut werden.



Abb. 10:
Einbau der bewachsenen
Bodenzone einer
Versickerungsmulde.

4.2.3.3 Mineralische Mulchschicht

Eine mineralische Mulchschicht wird im Gartenbau häufig zur Verringerung des Pflegeaufwands und zum Schutz vor schneller Bodenaustrocknung eingesetzt. Auch beim Bau von multifunktionalen Sickermulden kann optional eine mineralische Mulchschicht aufgebracht werden (vgl. Unterhaltskosten, Kap. 5).

Eine mineralische Mulchschicht ist unter Berücksichtigung der Art der Begrünung (Pflanzung oder Ansaat) nach Fertigstellung der bewachsenen Bodenzone aufzubringen (vgl. Abb. 11, Kap. 4.2.6 und Anlage 6), die Pflanzen werden dann in die Mulchschicht gesetzt.

Die Mulchschicht darf zwar nicht bei der Mächtigkeit der bewachsenen Bodenzone zur stofflichen bzw. qualitativen Bemessung berücksichtigt werden, sie ist jedoch beim Aufbau der Versickerungsmulde einzubeziehen, um eine störungsfreie Beschickung sowie ein ausreichendes Speichervolumen zu gewährleisten.



Abb. 11:
Aufbringung der mineralischen Mulchschicht.

Für die mineralische Mulchschicht bei multifunktionalen Versickerungsmulden können folgende Empfehlungen gegeben werden:

- Mittelfeines Material, z. B. Splitt 5/11 oder 8/16 (gröberes Material erschwert die Pflege, feineres Material führt zu stärkerer Versamung), vorzugsweise regionalen Ursprungs; Recycling-Material kann nur nach gesonderter Bewertung und Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde verwendet werden.
- Mächtigkeit der Mulchschicht ca. 8 cm (mit größerer Mächtigkeit sinkt der Unkrautdruck, jedoch steigt die Wahrscheinlichkeit für Ausfälle flachwurzelter Arten).

4.2.4 Welche Grundsätze sind bei der Bepflanzung zu berücksichtigen?

Aufgrund der Standortbedingungen einer Versickerungsmulde ergeben sich vielfältige Stresseinflüsse für die Bepflanzung (vgl. Abb. 12 und Tab. 4).

Die Pflanzplanung und Entwicklung des Pflegekonzepts sollten vorzugsweise durch qualifizierte Fachplaner erfolgen. Dabei muss stets die Funktion der Abwasseranlage im Fokus stehen. Beispielsweise ist zu gewährleisten, dass nach den Pflanzarbeiten die erforderliche Sickerfähigkeit des Bodens und das erforderliche Rückhaltevolumen vorhanden sind (vgl. Abb. 13 und Abb. 6 sowie Kap. 4.2.2 und 4.3).



Abb. 12: Standortbedingungen von Versickerungsmulden










Abb. 13: Pflanzung von vorgezogenen Stauden (erkennbar ist die überhöhte Mächtigkeit des Substrats zum Zeitpunkt der Pflanzung, da noch eine Setzung des Bodenaufbaus von 10 – 20 % erwartet wird)

Ziel ist es, eine robuste, langlebige und wenig pflegeintensive Bepflanzung zu etablieren. Daher werden Vorüberlegungen zu Standort und Ansprüchen nach Anlage 1 empfohlen.

Beispielsweise variieren die klimatischen Bedingungen in Bayern über eine größere Bandbreite. Regional können langanhaltende Hitze- und Trockenperioden häufiger auftreten oder winterliche

Bedingungen mit Tausalzeinsatz intensiver und anhaltender ausfallen. Diese regionalspezifischen Aspekte sind bei der Zusammenstellung der Bepflanzung zu berücksichtigen. Ähnliches gilt für flächen- und nutzungsspezifische Belastungen der Niederschlagsabflüsse mit (Schad-)Stoffen, etwa bei Metalldächern oder Straßen mit sehr unterschiedlicher Frequentierung.

Tab. 4: Wichtige Vorüberlegungen zum Standort und zu Ansprüchen an die Bepflanzung

Kriterium	Symbol(e)	Wichtige Vorüberlegungen
Lichtverhältnisse		<ul style="list-style-type: none"> Ist (fast) ganztägig mit Sonneneinstrahlung zu rechnen? (sonnig) Stellt sich nur vormittags und nachmittags oder über die Mittagszeit Sonneneinstrahlung ein? (halbschattig) Gibt es keine oder nur wenig Sonneneinstrahlung? (schattig)
Wasserverfügbarkeit und -bedarf		<ul style="list-style-type: none"> Handelt es sich um eine extrem trockene (z. B. Unterfranken) oder niederschlagsreichere (z. B. Alpenvorland) Region? Ist mit einer schnellen Bodenaustrocknung zu rechnen (z. B. innerstädtisch oder bei hohem Versiegelungsgrad)?
Salzeintrag		<ul style="list-style-type: none"> Werden Niederschlagsabflüsse aus Verkehrsflächen mit Tausalanzwendung eingeleitet?
Wuchshöhe		<ul style="list-style-type: none"> Gibt es Vorgaben zur maximalen Wuchshöhe (z. B. an Straßeneinmündungen)?
Gefährdung		<ul style="list-style-type: none"> Wird der Standort häufig von Kindern besucht (z. B. Nähe Spielplatz, Kindergarten, Schule) und ist gut zugänglich? Sollten giftige oder anderweitig gefährliche (z. B. phototoxische) Pflanzen vermieden werden?
Ästhetische Ansprüche		<ul style="list-style-type: none"> Gibt es gestalterische Ansprüche hinsichtlich Blütenfarben, Blattformen, Charakter der Pflanzung (Wiesen- oder Beetstaudencharakter), Bepflanzungstyp etc.? Ist eine dynamische Entwicklung der Pflanzung gewünscht?
Ökologische Ansprüche		<ul style="list-style-type: none"> Sollen bestimmte Zielarten durch die Bereitstellung von Pollen und Nektar besonders gefördert werden? Befinden sich in näherer Umgebung geeignete Nistplätze für die Zielarten?

Bei starken oder langanhaltenden Niederschlagsereignissen müssen die Arten zudem tolerant gegenüber temporären Überstauungen sein. Einmal pro Jahr (statistischer Wiederkehrhäufigkeit) werden Entleerungszeiten von Versickerungsmulden bis zu 84 Stunden als vegetationstechnisch unbedenklich angesehen – siehe Arbeitsblatt DWA-A 138-1 [8]. Da in Versickerungsmulden im vorliegenden Kontext vor allem trockenheitsverträgliche Stauden-Arten eingesetzt werden, wird eine Anpassung für kürzere Entleerungszeiten von ≤ 48 Stunden empfohlen.

Neben den Standortfaktoren sind weitere Anforderungen wie zum Beispiel ökonomische Vorgaben, Pflegeressourcen oder Dauerhaftigkeit zu berücksichtigen.

4.2.5 Welche Pflanzen sind geeignet?

Gemäß dem bisher geltenden Arbeitsblatt DWA-A 138 sollte die Begrünung von Versickerungsmulden durch Rasensaat favorisiert werden. Nach DWA-A 138-1 [8] kann künftig die Pflanzenwahl an Standortbedingungen und gestalterischen Absichten ausgerichtet werden. Es können Gräser, Stauden, Sträucher und Gehölze zum Einsatz kommen. Die Bepflanzung ist so zu gestalten, dass sie die qualitative und quantitative Leistungsfähigkeit der Mulde nicht negativ beeinflusst. Die Auswahl geeigneter Arten für multifunktionale Versickerungsmulden sollte daher anhand der Vorüberlegungen zu Standort und Ansprüchen an die Bepflanzung (siehe Kap. 4.2.4) erfolgen. Folgende Aspekte sind zu beachten:

- Aufgrund der extremen Standortbedingungen werden Arten mit weniger ausgeprägten Ansprüchen an einen speziellen Lebensraum (breiter Standortamplitude) empfohlen.
- Es sollten vorrangig trockenheitsverträgliche Arten verwendet werden.
- Versickerungsmulden mit hohen Tausalzeinträgen sollten mit salzverträglichen Arten bepflanzt werden.
- Im Sohlbereich der Versickerungsmulden sollten Arten vermieden werden, die empfindlich auf Staunässe reagieren. Kurze Überstauungen werden von den meisten Arten toleriert, in extrem niederschlagsreichen Regionen und wenn mit längeren Überstauungen zu rechnen ist, sollten besonders staunässeverträgliche Arten gepflanzt werden.
- Auf giftige oder anderweitig gefährliche Arten sollte gegebenenfalls verzichtet werden.
- Aus ästhetischen Gründen sind ganzjährig blühende Anpflanzungen mit abwechslungsreichen Wuchs- und Blattformen zu bevorzugen.
- Die Anordnung der Arten ist an die jeweiligen Konkurrenzverhältnisse anzupassen, damit wuchsschwache Arten nicht von konkurrenzstärkeren Arten verdrängt werden.
- Für eine schnelle Begrünung ist eine Zwischensaat kurzlebiger Arten möglich.

Bei der Pflanzplanung kann es hilfreich sein, die ökologischen Strategietypen nach Grime [12] zu berücksichtigen. Diese geben Hinweise zu Lebensdauer, Reproduktion und Wuchsverhalten und können daher helfen, eine dauerhafte Pflanzung zu kreieren.

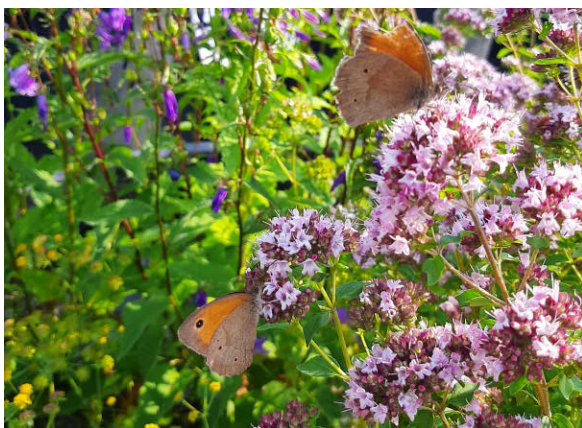


Abb. 14: Großes Ochsenauge an *Origanum vulgare* (Gewöhnlicher Dost)

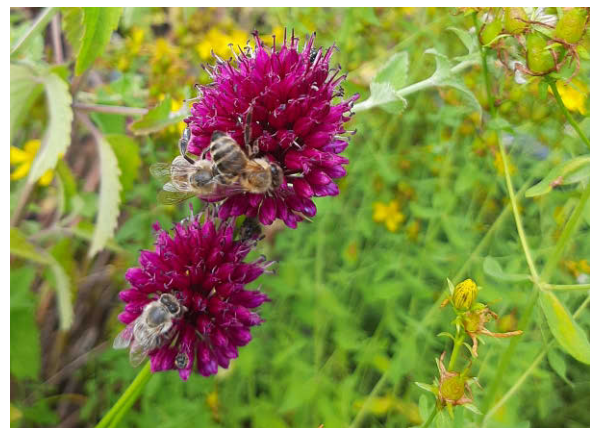


Abb. 15: Zahlreiche Bienen an *Allium sphaerocephalon* (Kugelköpfiger Lauch)

Zur Förderung der Insektenvielfalt in der Stadt können artenreiche Pflanzungen aus verschiedenen Pflanzenfamilien, mit ganzjährigen Blühaspekten und geeigneten Nistplätzen bei angepasster Pflege einen wertvollen Beitrag leisten (Abb. 14 und Abb. 15).

Bei Versickerungsmulden in der freien Natur dürfen nur gebietseigene Arten verwendet werden (siehe § 40 BNatSchG und [10]).

Tab. 5: Beispiele für standortangepasste Bepflanzungskombinationen

Bepflanzung, Beispielbild	Standort und mögliche Arten
	sonniger Standort <ul style="list-style-type: none"> • <i>Scabiosa columbaria</i> (Tauben-Skabiose) • <i>Stipa pennata</i> (Grauscheidiges Federgras) • <i>Euphorbia cyparissias</i> (Zypressen-Wolfsmilch) • <i>Salvia pratensis</i> (Wiesen-Salbei) • <i>Galatella linosyris</i> (Gold-Steppenaster) • <i>Stachys recta</i> (Aufrechter Ziest)
	halb-schattiger Standort (auch Schattenwurf durch Baum) <ul style="list-style-type: none"> • <i>Calamagrostis varia</i> (Berg-Reitgras) • <i>Campanula trachelium</i> (Nesselblättrige Glockenblume) • <i>Tanacetum corymbosum</i> (Straußblütige Wucherblume) • <i>Geranium sanguineum</i> (Blutroter Storchschnabel)
	sonniger bis halb-schattiger Standort (hier anfangs überwiegend sonnig, mit zunehmendem Kronenwachstum der Gehölze immer schattiger, vgl. Kap. 6) <ul style="list-style-type: none"> • <i>Scabiosa columbaria</i> (Tauben-Skabiose) • <i>Euphorbia cyparissias</i> (Zypressen-Wolfsmilch) • <i>Hypericum perforatum</i> (Echtes Johanniskraut) • <i>Betonica officinalis</i> (Heil-Ziest) • <i>Cota tinctoria</i> (Fäber-Hundskamille) • <i>Melica ciliata</i> (Wimper-Perlgras) • <i>Anthericum ramosum</i> (Rispige Graslilie) • <i>Linaria vulgaris</i> (Gewöhnliches Leinkraut) • <i>Geranium sanguineum</i> (Blutroter Storchschnabel) • <i>Petrorhagia saxifraga</i> (Steinbrech-Felsennelke) • <i>Veronica teucrium</i> (Großer Ehrenpreis)

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum“ haben sich heimische Arten bewährt (siehe Anlage 5), die robuste und ganzjährig attraktive Pflanzbilder ermöglichen. Diese Pflanzen können standortangepasst kombiniert werden (Beispiele in Tab. 5).

4.2.6 Wie soll gepflanzt werden?

Je nach gewünschtem Charakter der Bepflanzung sollte ein geeigneter Bepflanzungstyp gewählt werden:

- Soll eine statische Pflanzung entstehen, die sich im Laufe der Jahre nicht verändert, eignen sich Drift- oder Mosaikpflanzungen. In Abhängigkeit der verwendeten Arten und der ästhetischen Ansprüche ist mit einem hohen Pflegeaufwand zu rechnen, um die geplante Anordnung der Pflanzen dauerhaft zu erhalten.
- Dynamische Bepflanzungstypen ändern mit Entwicklung der Pflanzen stetig das Pflanzbild, wirken naturnäher und gestatten einen deutlich reduzierten Pflegeaufwand. Zur Festlegung von Pflegemaßnahmen sollten gestalterische Ansprüche vorher abgestimmt werden. Lücken durch Ausfälle einzelner Arten werden schnell durch die Ansiedlung anderer Arten geschlossen, das Gesamtbild der Pflanzung steht im Vordergrund. Hierfür eignen sich Misch- oder Leitstaudenpflanzungen nach Hansen und Stahl (siehe auch Abb. 16).

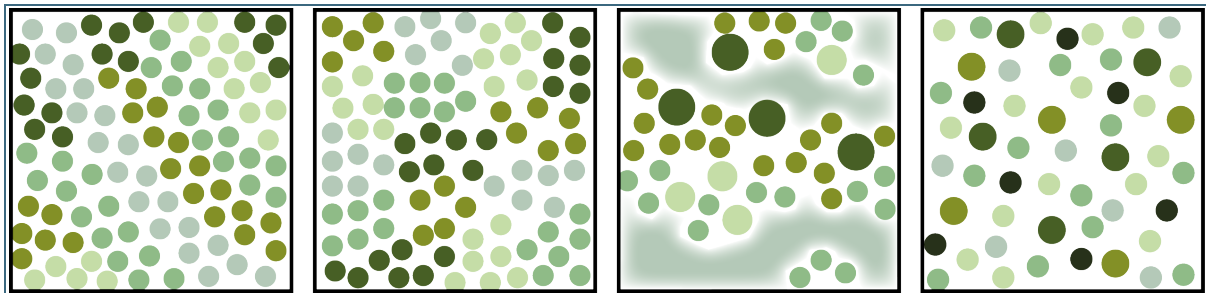


Abb. 16: Beispielhafte Darstellung verschiedener Bepflanzungstypen, von links: Driftpflanzung, Mosaikpflanzung, Leitstaudenpflanzung nach Hansen und Stahl, Mischpflanzung (verändert nach Bouillon [11])

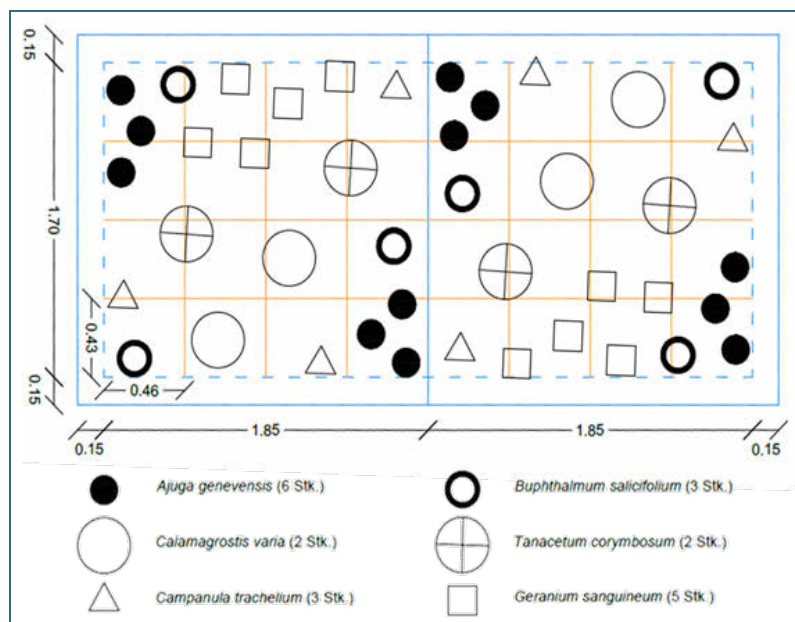


Abb. 17: Beispiel eines Pflanzplans



Abb. 18: Praktische Umsetzung des Pflanzplans (Foto kurz nach Pflanzung)

Die Geselligkeiten und Stückzahlen der Pflanzenarten je Quadratmeter sind entsprechender Fachliteratur zu entnehmen (siehe auch Abb. 17).

Für Pflanz- und Saatarbeiten sind die Anforderungen der DIN 18916 [5] für Pflanzen und Pflanzarbeiten im Landschaftsbau und DIN 18917 [6] für Rasenbegrünungen oder andere Ansaaten im Landschaftsbau zu beachten. Pflanzungen sollten möglichst im Frühjahr oder Herbst erfolgen und bei Bedarf in der Anwuchsphase bewässert werden (Abb. 18).

Um Böschungserosion und eine Verringerung der Durchlässigkeit (Kolmationen) im Sohlbereich zu vermeiden, sollte den Pflanzen Zeit zum Anwachsen gelassen werden. Eine Inbetriebnahme der Versickerungsmulden sollte erst dann erfolgen, wenn sich die Begrünung etablieren konnte. Bei Ansaaten wird eine Vorlaufzeit von etwa zwei Monaten empfohlen.

4.3 Pflege und Wartung

Um die Funktion einer Versickerungsmulde als Abwasseranlage dauerhaft zu erhalten, ist sie mindestens zweimal jährlich zu warten. Im Zuge der Wartung ist grundsätzlich auch eine gärtnerische Pflege vorzusehen. Je nach Bedarf sind entsprechende Instandsetzungsmaßnahmen durchzuführen, um beispielsweise Kolmation zu beseitigen oder Schäden durch Befahren (oder Begehen) zu reparieren. Es sollte generell vermieden werden, Versickerungsmulden zu befahren, ein Betreten sollte allenfalls vorsichtig erfolgen.

Eine Übersicht notwendiger Pflege- und Wartungsarbeiten ist in Tab. 6 zusammengestellt.

Tab. 6: Pflege- und Wartungsarbeiten an Versickerungsmulden

Kriterium	Empfohlene Pflege- und Wartungsarbeiten
Funktionsüberwachung gemäß DWA-A 138-1 [5]	<ul style="list-style-type: none"> • Überprüfung auf Ablagerungen, Laubansammlungen, Verdichtungen, Pfützenbildung, Dauerstau und Schäden, die das Muldenvolumen verringern (mind. zweimal jährlich) • Kontrolle der Zuläufe und Vegetationsdeckung (mind. zweimal jährlich) • Prüfung der Versickerungsfähigkeit beziehungsweise Einstauzeit (nach Bedarf) • gegebenenfalls tiefenorientierte Probenahme zur Feststellung der verbliebenen Kapazität zum Rückhalt von relevanten gewässerschädigenden Stoffen (z. B. bei Versickerungsmulden mit Abflüssen von Metalldächern ca. alle 10 Jahre)
Reinigung gemäß DWA-A 138-1 [5]	<ul style="list-style-type: none"> • Beseitigung von Schmutz, Müll, Laub, Ablagerungen etc. mit Kleingeräten • Reinigung der Zuläufe, Freihaltung von Bewuchs
Mahd	<ul style="list-style-type: none"> • Mahdzeitpunkt und -häufigkeit von der Art der Begrünung abhängig • Stauden nur zurückschneiden, nicht tief mähen • Wiesenartige Flächen ökologisch durch ein- bis zweischürige Mahd pflegen, erster Schnitt nicht vor Mitte Juni • Vegetationsabschnitte (ca. 10 %) als Refugien für Insekten bei jeder Mahd – auch über den Winter – stehen lassen • Abräumen des Schnittguts, kein Mulchen
Bewässerung	<ul style="list-style-type: none"> • Bewässerung in der Anwuchsphase nach Bedarf • danach Vermeidung von Bewässerungsmaßnahmen durch Auswahl trockenheitsverträglicher Arten

Kriterium	Empfohlene Pflege- und Wartungsarbeiten
Dünger und Pflanzenschutzmittel	<ul style="list-style-type: none">• kein Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln zum Schutz des Grundwassers
Unkrautregulierung	<ul style="list-style-type: none">• in der Etablierungsphase Ansiedlung von gebietsfremden Arten (Neophyten) und Gehölzen verhindern• Unkrautregulierung je nach Anforderung an das Pflanzbild und Pflegekonzept, gegebenenfalls dynamische Entwicklung zulassen• Einsatz von fachkundigem Personal

5 Herstellungs- und Unterhaltungskosten

Die Kosten für die Erstellung von multifunktionalen Versickerungsmulden variieren in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten. Wesentlich für den erforderlichen Flächenbedarf sind vor allem die Sickerfähigkeit des örtlich anstehenden Untergrunds sowie die stoffliche Belastung der angeschlossenen Flächen.

Die Kosten setzen sich im Wesentlichen aus den folgenden Positionen zusammen:


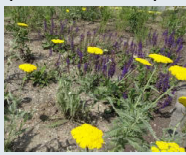

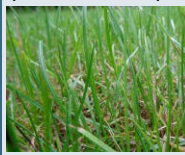
- Herstellung Erdbau
- Herstellung und Begrünung bewachsene Bodenzone (ggf. Mulchschicht)
- Fertigstellungspflege
- Entwicklungs- und Unterhaltungspflege (je Jahr)

Weitere Kosten können insbesondere für Spartenverlegungen, Entwässerungsarbeiten und die Deponierung von Aushub anfallen.

Eine Beispielkalkulation für Versickerungsmulden in vier Begrünungsvarianten (Stauden mit Mulch, Stauden ohne Mulch, Wiese, Rasen) ist in Anlage 6 dargestellt.

Für identische Randbedingungen kann davon ausgegangen werden, dass sich höhere Herstellungskosten für Sickermulden mit Stauden durch die kostengünstigere Entwicklungs- und Unterhaltungspflege im Vergleich zu den bislang üblichen Rasenmulden nach einigen Jahren amortisieren (Tab. 7).

Tab. 7: Kosten verschiedener Begrünungsvarianten von Versickerungsmulden

		Stauden (mit Mulch)	Stauden (ohne Mulch)	Wiese (ohne Mulch)	Rasen (ohne Mulch)
Häufigkeit	Position				
einmalig	Herstellung Erdbau	variantenunabhängig			
	Herstellung und Begrünung	hoch	mittel	gering bis mittel	
	Fertigstellungspflege	gering	mittel	hoch	
jährlich	Entwicklungs- und Unterhaltungspflege	gering	gering bis mittel	mittel	hoch
Bilanz nach fünf Betriebsjahren		gering	gering bis mittel	mittel bis hoch	hoch

Nach schätzungsweise 15 bis 20 Betriebsjahren wird eine vollständige Erneuerung der Pflanzflächen notwendig und es ist mit entsprechenden Wiederherstellungskosten zu rechnen.

6 Versickerungsmulden mit Gehölzen und Baumstandorte zur multifunktionalen Nutzung

Im Zusammenhang mit Bestrebungen zu einer wassersensiblen Siedlungsentwicklung besteht vielfach der Wunsch, Bäume und andere Gehölze in Versickerungsmulden zu pflanzen. Das technische Regelwerk (u. a. Arbeitsblatt DWA-A 138-1) lässt zunehmend Spielräume für entsprechende Bauweisen, betont aber gleichzeitig, dass die qualitative und quantitative Leistungsfähigkeit der jeweiligen Abwasseranlage nicht beeinträchtigt werden darf [8]. Daher ist es grundsätzlich erforderlich, die Versickerungsfläche bzw. das Muldenvolumen bei Bepflanzungen mit Gehölzen zu vergrößern. Da konkrete Festlegungen in den Bemessungsansätzen bislang fehlen, ist die vorgesehene Umsetzung im Einzelfall zu beurteilen.

Auch unabhängig von Versickerungsmulden wird immer häufiger bei Baumstandorten eine multifunktionale Nutzung mit gezielter Zuleitung und Speicherung von Regenwasser zur Bewässerung in Trockenphasen angestrebt. In diesem Zusammenhang wird häufig der Begriff „Baumrigole“ verwendet. Eine einheitliche Definition dieses Begriffs bzw. der Bauform fehlt bisher; insbesondere die Verwendung des definierten Begriffs „Rigole“ (Versickerungsanlage mit unterirdischem Stauraum nach DWA-A 138-1) ist jedoch irreführend und sollte vermieden werden. Nach Beschreibungen in der Fachliteratur ist eine Vorbehandlung des eingeleiteten Niederschlagswassers häufig nicht vorgesehen, aus wasserwirtschaftlicher Sicht ergibt sich daher ein sehr eingeschränkter Anwendungsbereich.

Um innovative und multifunktional nutzbare Lösungen mit Bäumen im Siedlungsbereich unter Berücksichtigung eines angemessenen Grundwasserschutzes zu ermöglichen, wird für Bayern empfohlen:

- Gesammeltes Niederschlagswasser von Flächen mit geringer Belastung kann über bewachsenen Oberboden in Baumstandorte eingeleitet werden. Ist das einzuleitende Wasser mäßig oder stark belastet, muss eine entsprechende technische Behandlungsanlage vorgeschaltet werden.
- Zur Behandlung von Niederschlagswasser über bewachsenen Oberboden sind die Vorgaben der einschlägigen technischen Regelwerke für die Zusammensetzung und Mächtigkeit des Oberbodens zu beachten.
- Die hydraulische Bemessung liegt in der Verantwortung des Bauherren und seines Planers, da im Regelwerk bislang Bemessungsansätze hierzu fehlen.

Diese Bau- und Funktionsweise wird in Abb. 19 schematisch dargestellt.

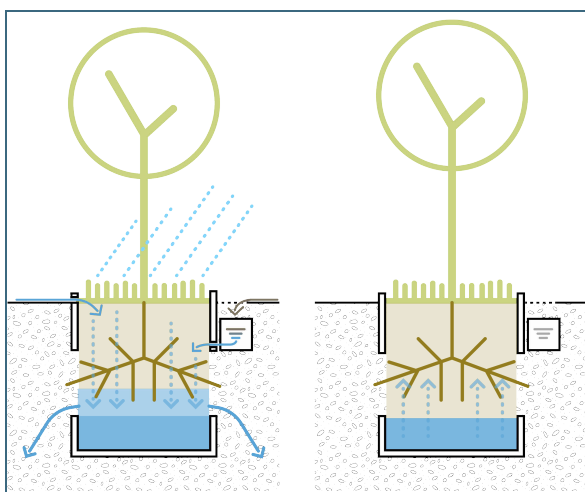


Abb. 19:
Beispiel für die Gestaltung bei Baumstandorten im Siedlungsbereich zur multifunktionalen Nutzung;
schematische Darstellung des Funktionsprinzips:

Bei Regen oberirdische Beschickung mit vorbehandeltem Niederschlagsabfluss, Durchsickerung des bewachsenen Oberbodens sowie Wasserspeicherung (links)

Bei Trockenheit bessere Wasserversorgung (rechts)

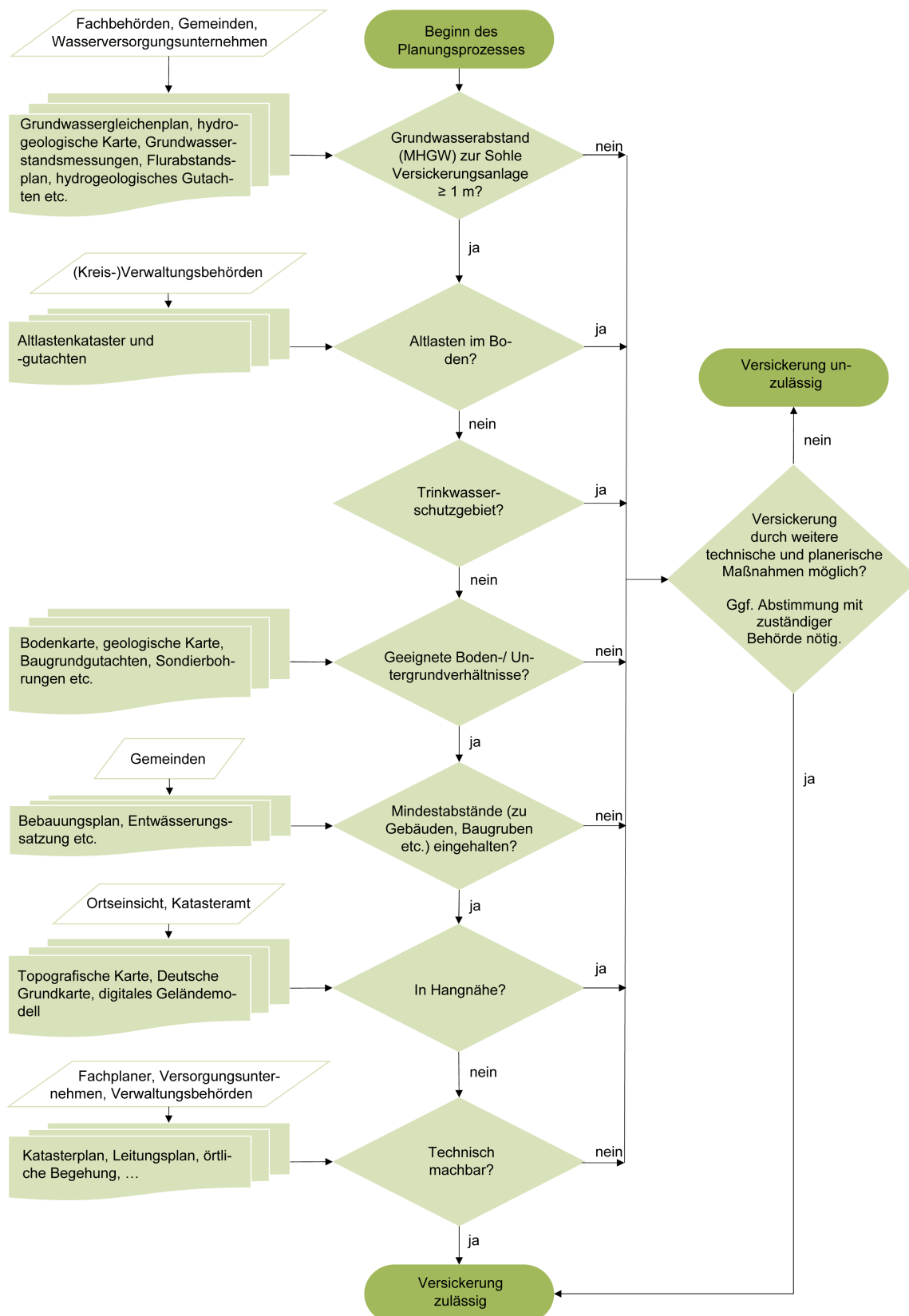
7 Literatur

- [1] Bäckström M, Karlsson S, Allard B. Metal Leachability and Anthropogenic Signal in Roadside Soils Estimated from Sequential Extraction and Stable Lead Isotopes. *Environ Monit Assess.* 1. Januar 2004;90(1–3):135–60.
- [2] BKI, Herausgeber. BKI Baukosten 2023 Neubau Teil 3, Statistische Kostenkennwerte für Positionen. Stuttgart: Baukosteninformationszentrum; 2023.
- [3] Bouillon JM. Handbuch der Staudenverwendung: Empfehlungen für Planung, Anlage und Management von Staudenpflanzungen. Stuttgart: Ulmer; 2013. 285 S. (Fachbibliothek grün).
- [4] Dickhaut W. BlueGreenStreets Toolbox - Teil A & B. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere [Internet]. HafenCity Universität Hamburg; 2022 [zitiert 1. August 2023]. Verfügbar unter: <https://repos.hcu-hamburg.de/handle/hcu/638>
- [5] DIN 18916:2016-06, Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Pflanzen und Pflanzarbeiten [Internet]. Beuth Verlag GmbH; [zitiert 21. Dezember 2023]. Verfügbar unter: www.beuth.de/de/-/-/252103828
- [6] DIN 18917:2018-07, Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Rasen und Saatarbeiten [Internet]. Beuth Verlag GmbH; [zitiert 21. Dezember 2023]. Verfügbar unter: www.beuth.de/de/-/-/290509432
- [7] DWA. Arbeitsblatt DWA-A 100 - Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE). Dezember 2006: fachlich auf Aktualität geprüft 2017. Hennef; 43 S. (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall).
- [8] DWA. DWA-A 138-1: Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb - Gelbdruck. November 2020. Hennef; 2020. (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.).
- [9] DWA. Merkblatt DWA-M 153 - Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. [Stand]: August 2007, korr. Fassung Dezember 2020. Hennef: DWA, Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall; 2007. 37 S. (DWA-Regelwerk Merkblatt DWA-M).
- [10] FLL. Empfehlungen für Begrünungen mit gebietseigenem Saatgut. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau; 2014. 123 S.
- [11] FLL. Empfehlungen für Planung, Bau und Instandhaltung von Versickerungsanlagen im Landschaftsbau: Gelbdruck. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.; 2021.
- [12] Grime JP. Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. 2. Aufl. Chichester: Wiley; 2006. 417 S.
- [13] LAWA. Auf dem Weg zur wassersensiblen Stadtentwicklung - Erfordernisse aus Sicht der Wasserwirtschaft. Berlin: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser; 2021. (Positionspapier); [zitiert 21. Dezember 2023]. Verfügbar unter: www.lawa.de/documents/lawa-positionspapier-wassersensible-stadtentwicklung-barrierefrei_1689856479.pdf
- [14] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2023): Merkblatt 4.4/22, Anforderungen an die Einleitungen von Schmutz-, Misch- und Niederschlagswasser. Augsburg, Kap. 5. (Sammlung von Schriftstücken (Merkblätter, Schreiben, Hinweise) der Bayerischen Wasserwirtschaft (Slg Wasser)); [zitiert 21. Dezember 2023]. Verfügbar unter: www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00207.htm

- [15] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2016) Naturnaher Umgang mit Regenwasser – Verdunstung und Versickerung statt Ableitung. Augsburg, S. 4. überarbeitete Auflage. (UmweltWissen – Wasser); [zitiert 21. Dezember 2023].
Verfügbar unter: www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_88_umgang_mit_regenwasser.pdf
- [16] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2015) Regenwasserversickerung - Gestaltung von Wegen und Plätzen - Praxisratgeber für den Grundstückseigentümer. Augsburg, S. 4. überarbeitete Auflage. (UmweltThema - Regenwasserversickerung); [zitiert 21. Dezember 2023].
Verfügbar unter: www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfw_was_00157.htm
- [17] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2007) Versickerung des Niederschlagswassers von befestigten Verkehrsflächen. Augsburg, S. 4. überarbeitete Auflage. (UmweltSpezial); [zitiert 21. Dezember 2023].
Verfügbar unter: www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00027.htm
- [18] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2005): Naturnahe Entwässerung von Verkehrsflächen in Siedlungen-Erlaubnisfrei in Bayern. München; [zitiert 21. Dezember 2023].
Verfügbar unter: www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfw_was_00288.htm
- [19] Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2010): Mit Pflanzen versickern - Versickerungsmulden standortgerecht bepflanzt. Veitshöchheim, S. 2. Auflage.
- [20] Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2019): Pflanzen für Versickerung und Retention. Veitshöchheim, S. S. 73-85. (Veitshöchheimer Berichte 186).
- [21] Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2005): Regenwasser versickern - Bau und Betrieb begrünbarer Versickerungsanlagen. Veitshöchheim.
- [22] Niederschlagswasserfreistellungsverordnung (NWFreiV); [zitiert 21. Dezember 2023].
Verfügbar unter: www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayNWFreiV
- [23] Stinshoff P, Helmreich B, Eben P, Duthweiler S, Moning C, Knoll S, u. a. (2023): Kurzdarstellung: Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum [Internet]. Garching: Technische Universität München, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und Bodeninstitut Johannes Prügl; 2023 Sep. Verfügbar unter: www.cee.ed.tum.de/fileadmin/w00cbe/sww/my_direct_uploads/LfU_Kurzdarstellung_2023_Versickerungsmulden.pdf
- [24] Stinshoff P, Helmreich B, Eben P, Duthweiler S, Moning C, Knoll S, u. a. (2023): Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum [Internet]. Garching: Technische Universität München, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und Bodeninstitut Johannes Prügl; 2023 Sep. Verfügbar unter: www.cee.ed.tum.de/fileadmin/w00cbe/sww/my_direct_uploads/LfU_Abschlussbericht_2023_Versickerungsmulden.pdf
- [25] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2020): Wassersensible Siedlungsentwicklung - Empfehlungen für ein zukunftsfähiges und klimaangepasstes Regenwassermanagement in Bayern. München.
Verfügbar unter: www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_wasser_018.htm
- [26] Technischen Regeln (TRENGW); [zitiert 21. Dezember 2023].
Verfügbar unter: www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayVwV154851
- [27] WHG. Wasserhaushaltsgesetz; [zitiert 21. Dezember 2023].
Verfügbar unter: www.gesetze-im-internet.de/whg_2009

Anlagen

Anlage 1: Ablaufschema zur Bewertung der Standorteigenschaften



Anlage 2: Beispielrechnung zur Bemessung einer Versickerungsmulde nach DWA-A 138

Eine innerörtliche Straße mit Gehweg sowie einem Geh- und Radweg soll über eine Versickerungsmulde entwässert werden.

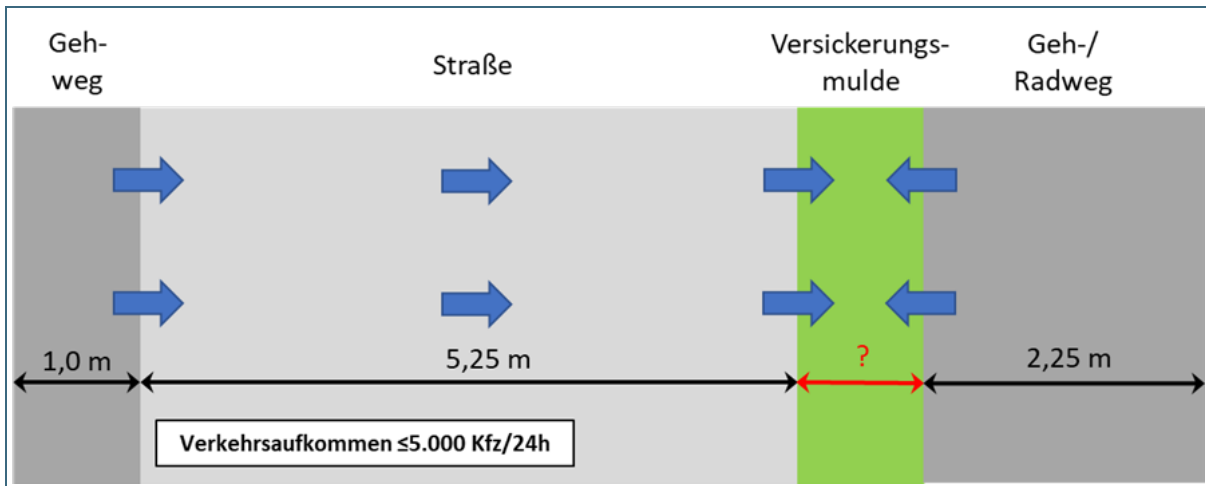


Abb. 20: Skizze zum Bemessungsbeispiel: Eine straßenbegleitende Versickerungsmulde wird mit dem Niederschlagswasser von Gehweg und Straße sowie einem Geh- und Radweg beaufschlagt

Die Rahmenbedingungen zum erlaubnisfreien Einleiten können erfüllt werden, wenn die Versickerungsmulde nach dem derzeit gültigen Arbeitsblatt DWA-A 138 bemessen wird und den Vorgaben von NWFreiV und TRENGW entspricht. Aus dem Verkehrsaufkommen ergibt sich nach TRENGW als qualitative Anforderung, dass die bewachsene Bodenzone mind. 20 cm mächtig sein muss. Die Mindestgröße der ausgewiesenen Versickerungsfläche oder Versickerungsmulde darf nicht kleiner als 1/15 der angeschlossenen befestigten Fläche sein.

In diesem Szenario liegen pro laufenden Meter 8,5 m² angeschlossene befestigte Fläche (mit mittlerem Abflussbeiwert Ψ_m : 0,9 \rightarrow $A_U = 7,65$ m²) vor. Aus dem Baugrundgutachten ist ein k_f von $4,3 \times 10^{-4}$ m/s für den Untergrund bekannt. Die bewachsene Bodenzone wird auf einen k_f von 5×10^{-5} m/s eingestellt. Da die bewachsene Bodenzone die geringere Sickerfähigkeit aufweist, ist diese zur Bemessung der Versickerungsmulde heranzuziehen.

In der Bemessung wird der Zuschlagsfaktor f_z mit dem Standardwert 1,2 verwendet. Die Versickerungsfläche muss mindestens 0,57 m² (= 8,5 m² x 1/15) pro laufenden Meter betragen. Der maximale Bemessungseinstau soll 20 cm betragen. Zur Bemessung werden die aktuellen DWD KOSTRA-2020 Regendaten für Niederschlagsereignisse mit statistischer Wiederkehrhäufigkeit von $1/5_a$ ($n = 0,2/a$) für den Standort herangezogen.

Die Dimensionierung kann in drei Schritte gegliedert werden:

1. Schritt: Bemessung der Versickerungsmulde für 20 cm Einstau anhand Gleichung A.4 aus DWA-A 138 (siehe Abb. 21 und Abb. 22).
2. Schritt: Errechnung der erforderlichen Sohlfläche aus der mittleren Versickerungsfläche unter Berücksichtigung der empfohlenen Böschungsneigung (vgl. Kap. 4.2.3.2)

Ergebnis: Für die gewählten Parameter (Sickerfläche $A_s = 0,9$ m²) ergibt sich pro laufenden Meter eine mittlere Muldenbreite von 0,9 m (d. h. Muldenbreite bei der Hälfte der Einstauhöhe von 20 cm, vgl. Abb. 22).

A_E	8,5	m^2	D	$r_{D(0,2/a)}$	V	z_M
Ψ_m	0,9	-	min	$l/(s \cdot ha)$	m^3	m
A_U	7,65	m^2	5	426,7	0,12	0,14
A_S	0,90	m^2	10	266,7	0,15	0,16
k_f	5,00E-05	m/s	15	201,1	0,16	0,18
f_z	1,2	-	20	164,2	0,17	0,19
$V = \left[(A_U + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_S \cdot \frac{k_f}{2} \right] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$			30	122,8	0,18	0,20
			45	91,5	0,18	0,20
			60	74,2	0,18	0,20
			90	55,2	0,16	0,18

Abb. 21: Bemessungsbeispiel: Berechnung von benötigtem Speichervolumen (V) und Einstauhöhe (z_M) einer straßenbegleitenden Versickerungsmulde; Berechnung pro laufendem Meter, für Regenspenden (r) mit einer statistischen Wiederkehrhäufigkeit von 0,2/a und unterschiedlichen Dauerstufen (D) nach DWA-A 138.

Ergebnis: Das Maximum liegt bei 0,18 m³ bei 20 cm Einstau.

3. Schritt: Errechnung der benötigten Gesamtbreite der Versickerungsmulde

Das gesamte Profil der Versickerungsmulde lässt sich aus den im 2. Schritt ermittelten Werten herleiten (siehe Abb. 22).

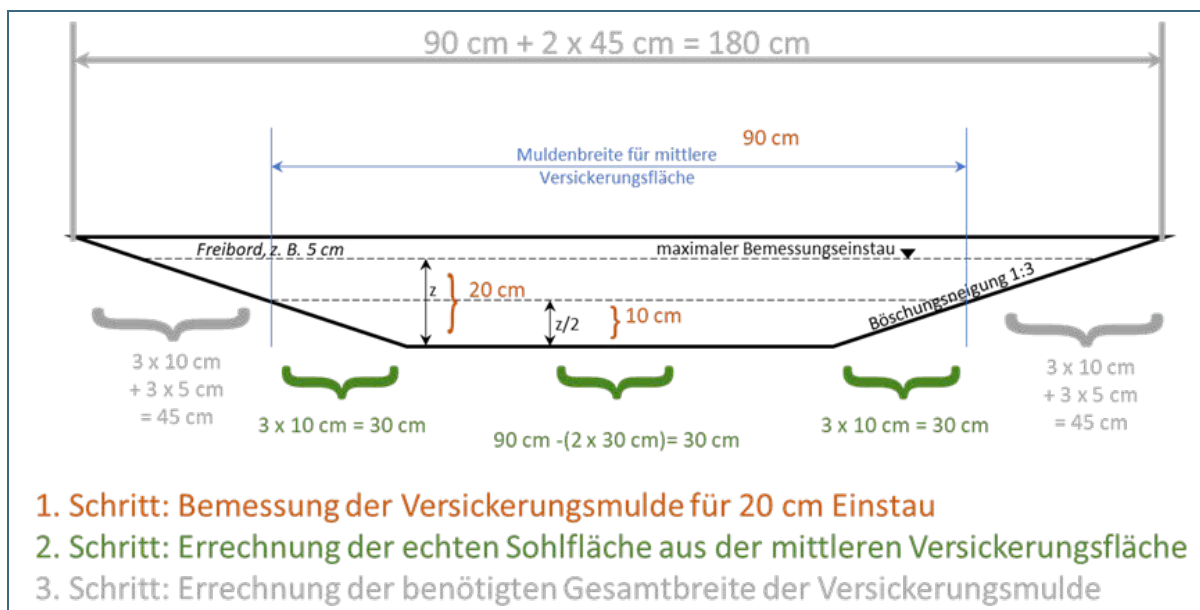


Abb. 22: Bemessungsbeispiel: Skizze zur schrittweisen Ermittlung des Profils der Versickerungsmulde

Die Dimensionierung ergibt eine Gesamtbreite der Versickerungsanlage von 1,8 m. Die Bedingung der TRENGW (Verhältnis zwischen angeschlossener befestigter Fläche und Versickerungsfläche nicht kleiner als 1/15) ist erfüllt.

Außerdem ist die maximale Entleerungszeit t_E für die Bemessungshäufigkeit $n = 1/a$ nachzuweisen, sie soll unter 48 h liegen (vgl. Kap. 4.2.4 und Abb. 23). Sofern die restlichen Rahmenbedingungen (u. a. altlastenfreier Untergrund, Lage nicht im Wasserschutzgebiet) erfüllt werden, könnte diese Versickerungsmulde erlaubnisfrei, d. h. ohne wasserrechtliche Genehmigung, errichtet werden.

Hinweis: Die Bemessung ändert sich künftig nach den Vorgaben von DWA-A 138-1 geringfügig.

A_E	8,5	m ²	D	$r_{D(1/a)}$	V	z_M	t_E
Ψ_m	0,9	-	min	l/(s*ha)	m ³	m	h
A_U	7,65	m ²	5	290	0,08	0,09	1,00
A_S	0,90	m ²	10	181,7	0,10	0,11	1,18
k_f	5,00E-05	m/s	15	136,7	0,10	0,11	1,26
f_z	1,2	-	20	111,7	0,11	0,12	1,30
$V = \left[(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot \frac{k_f}{2} \right] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$ $t_E = z_M / (k_f / 2)$			30	83,3	0,11	0,12	1,30
			45	62,2	0,10	0,11	1,23
			60	50,6	0,09	0,10	1,11

Abb. 23: Bemessungsbeispiel: Berechnung der Entleerungszeit (tE) für Regenspenden (r) mit einer statistischen Wiederkehrhäufigkeit von 1/a und unterschiedlicher Dauerstufen (D) nach DWA-A 138

Ergebnis: Das Maximum der Entleerungszeit liegt bei 1,3 h.

Ergänzend kann überschlägig ermittelt werden, wieviel größer eine Versickerungsmulde an diesem Ort für den schadlosen Rückhalt eines außergewöhnlichen Starkregens mit statistischer Wiederkehrhäufigkeit von 1/100 a (n = 0,01/a) dimensioniert werden müsste (siehe Abb. 24). Dies könnte etwa als vorbeugende Schutzmaßnahme in einem Siedlungsbereich mit erhöhtem Schadenspotential oder spezieller Infrastruktur (unterkellerte Gebäude, Krankenhäuser, ...) relevant sein.

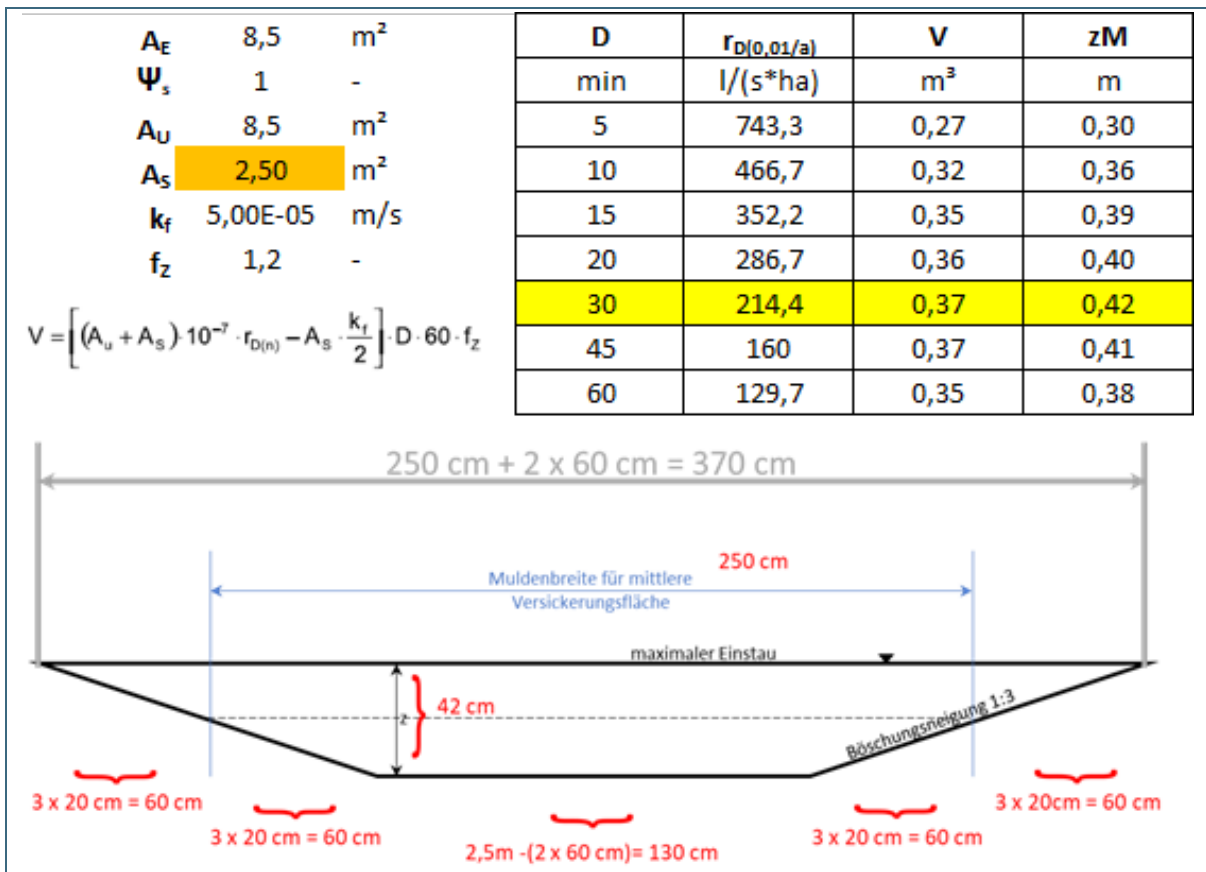


Abb. 24: Bemessungsbeispiel: Berechnung von benötigtem Speichervolumen (V) und Einstauhöhe (z_M) einer straßenbegleitenden Versickerungsmulde, Berechnung pro laufenden Meter, für Regenspenden (r) mit einer statistischen Wiederkehrhäufigkeit von 0,01/a und unterschiedlicher Dauerstufen (D) nach DWA-A 138

Ergebnis: Das Maximum des erforderlichen Speichervolumens liegt bei 0,37 m³ bei 42 cm Einstau.

Ergebnis: Die Versickerungsmulde müsste hierfür mit etwa doppelter Tiefe und mit rund 3,7 m deutlich breiter gebaut werden.

Anlage 3: Empfehlungen für Substratbeimengungen für die bewachsene Bodenzone

Tab. 8: Empfehlungen für Substratbeimengungen für die bewachsene Bodenzone für Versickerungsmulden zur Versickerung von Niederschlagswasser von Verkehrs- und Dachflächen; enthalten sind nur Substrate, die im Forschungsprojekt „Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum“ untersucht wurden.

Substrat	Kosten [€/m³] zzgl. Fracht	Anteil [Vol.- %]	Vorteile	Nachteile	Empfehlung	
					Verkehrsflächen	Dachflächen
Ausgangsubstrate						
<i>Oberboden (natürlich)</i>	0 – 15	möglichst hoch	<ul style="list-style-type: none"> • kostengünstig • hoher Rückhalt von relevanten gewässerschädigenden Stoffen (u. a. Schwermetalle, Biozide) • oft ortsnahe Verwertung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • anfängliches Unkrautpotential • sehr hohe Variabilität in der Zusammensetzung • bindige Böden als Ausgangsmaterial oft nicht praktikabel 	✓	✓
					<ul style="list-style-type: none"> • Schadstofffreiheit bei anthropogen überprägten Böden ist nachzuweisen 	
<i>sandige Unterböden</i>	0 – 15	möglichst hoch	<ul style="list-style-type: none"> • kostengünstig • anfänglich unkrautfrei • Rückhalt von relevanten anorganischen gewässerschädigenden Stoffen (insbesondere Schwermetalle) • oft ortsnahe Verwertung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • geringerer Rückhalt von relevanten organischen gewässerschädigenden Stoffen (insbesondere Biozide) 	✓	✓
					<ul style="list-style-type: none"> • wenn Oberboden nicht verwendet werden kann bzw. vorhanden ist • Schadstofffreiheit bei anthropogen überprägten Böden ist nachzuweisen 	

Substrat	Kosten [€/m³] zzgl. Fracht	Anteil [Vol.- %]	Vorteile	Nachteile	Empfehlung	
					Verkehrsflächen	Dachflächen
Zuschlagssubstrate						
<i>Gewaschene Quarz- oder Carbonatsande</i>	15 – 25	bis 50	<ul style="list-style-type: none"> unkrautfrei gute Eignung um Kornverteilung (k_f-Wert) einzustellen Rückhalt von relevanten anorganischen gewässerschädigenden Stoffen (insbesondere Schwermetalle) bei carbonathaltigen Sanden Entfernung von Schwermetallen durch Fällungsprozesse 	<ul style="list-style-type: none"> geringeres Rückhaltepotential für relevante organische gewässerschädigende Stoffe (insbesondere Biozide) Ausfällung von Schwermetallen nur bei carbonathaltigen Sanden 	✓	✓
					<ul style="list-style-type: none"> nicht zu empfehlen bei org. Stoffen im Zulauf bei gelösten Metallen carbonathaltige Sande verwenden 	
<i>Kompost</i>	10 – 20	< 10	<ul style="list-style-type: none"> kostengünstig, Nährstoffquelle für Pflanzen, anfänglich geringerer Pflegeaufwand durch geringen Unkrautdruck 	<ul style="list-style-type: none"> hoher Huminstoffgehalt, evtl. Auslaugung von gelösten org. Stoffen, die ggf. Metalle komplexieren können 	✓	✓
					<ul style="list-style-type: none"> zur Einstellung für den Humusgehalt Verwendung von feinkörnigem RAL-gütegesicherten Fertig- oder Substratkompost, Rottegrad V, Körnung < 15 mm 	
<i>Zeolith</i>	~ 300	>= 10	<ul style="list-style-type: none"> hohe Kationenaustauschkapazität guter Rückhalt von gelösten Metallen 	<ul style="list-style-type: none"> teuer 	x	✓
					<ul style="list-style-type: none"> nur an Metalldächern, wenn hohe gelöste Konzentrationen von Schwermetallen erwartet werden, kann dort die Standzeit erhöhen 	
<i>Ziegelsand</i>	35 – 50	10 – 20	<ul style="list-style-type: none"> hohe Wasserhaltekapazität* durch hohe Porosität geringerer Pflegeaufwand 	<ul style="list-style-type: none"> fallweise anfängliche Auslaugung von relevanten gewässerschädigenden Stoffen möglich (z. B. Vanadium, Fluorid), Untersuchung vorab empfohlen 	✓	✓
					<ul style="list-style-type: none"> Ja, wenn Wasserversorgung der Bepflanzung verbessert werden soll ausschließlich Verwendung von sortenreinen Körnungen gem. Düngemittelverordnung 	

* Die Wasserspeicherkapazität der bewachsenen Bodenzone soll für die Staudenbepflanzung ausreichend hoch sein. Speziell in trockenen Gebieten ist dies ein wichtiger Parameter, um eine langfristig gute Entwicklung der Staudenbepflanzung zu ermöglichen. Hierbei wird eine Wasserspeicherfähigkeit (maximale Wasserkapazität (WK_{max})) von mindestens 30 Vol.-% empfohlen und sollte bis auf 45 Vol.-% in sehr trockenen Gebieten erhöht werden.

Anlage 4: Berechnungsbeispiele für die Einstellung der bewachsenen Bodenzone

- Schlämmkorn:** Ein bauseitiger Oberboden mit 30 Masse-% Feinkorngehalt kann durch Zumischung von ca. 50 % eines feinkorn-freien Kieses oder Sandes auf ca. 15 Masse-% Feinkorngehalt abgemagert werden.
- Humusgehalt:** Ein bauseitiger Oberboden mit 1 Masse-% Humusgehalt kann durch Zumischung von ca. 10 % eines anmoorigen Bodens (z. B. mit 12 Masse-% Humusgehalt) auf gesamt 2,2 Masse-% Humusgehalt angehoben werden.
- Wasserkapazität:** Ein Sandboden mit nur 25 Vol.-% Wasserspeicherfähigkeit kann durch Zumischung von ca. 30 % Ziegelsand (mit ca. 40 Vol.-% Wasserspeicherfähigkeit) auf gesamt ca. 37 Vol.-% Wasserspeicherfähigkeit verbessert werden.

Anlage 5: Steckbrief der empfohlenen Arten

Erläuterungen zur Tabelle










Lichtbedürfnis:	 sonnig	 halbschattig	 schattig
Blattausdauer:	s sommergrün	w wintergrün	i immergrün
	v vorsommergrün		
Stresstoleranz:	Die Symbole zur Stresstoleranz geben die Vitalität der Arten während  Trockenperioden,  Überstaunungen von > 24 h und  Salzeintrag an. Die jeweilige Stresstoleranz ist durch die Farbgebung definiert:		
	 Hoch, Mortalitätsrate ≤ 15 %	 Mäßig, Mortalitätsrate 15-25 %	 Ohne Symbol Mortalitätsrate von > 25 %
Strategietyp:	C Konkurrenz-Strategen	S Stress-Strategen	R Ruderal-Strategen
	CS Konkurrenz-Stress-Strategen	CR Konkurrenz-Ruderal-Strategen	CSR Intermediäre Typen






















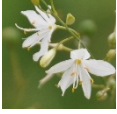

















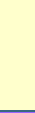



















Foto	Botanischer Name	Deutscher Name	Lichtbedürfnis	Blattausdauer	Wuchshöhe [cm]	Blütezeit [Monat] und Blütenfarbe	Stresstoleranz	Strategietyp	Sonstiges
	<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe		w	40 	VI-VII 	  	C	
	<i>Allium sphaerocephalon</i>	Kugelköpfiger Lauch		s	100 	VII 	  	CSR	
	<i>Alyssum montanum</i>	Berg-Steinkraut		i	25 	IV-V 	  	CSR	
	<i>Anthericum ramosum</i>	Rispige Graslilie	 	s	60 	VI-VIII 	  	CSR	
	<i>Armeria elonga</i>	Strand-Grasnelke		w	20 	V-VII 	  	CSR	
	<i>Artemisia absinthium</i>	Wermut		i	120 	VII-IX 	  	CS	 in großer Menge giftig
	<i>Aster amellus</i>	Kalk-Aster		s	50 	VIII-X 	  	CS	
	<i>Betonica officinalis</i>	Heil-Ziest	 	s	50 	VII-VIII 	  	C	




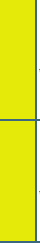










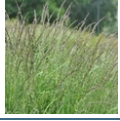


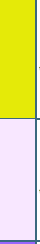






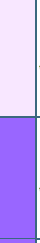





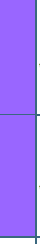






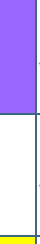



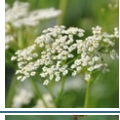






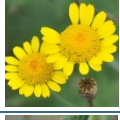


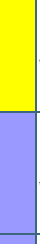



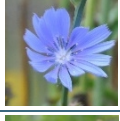


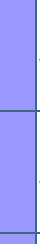



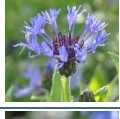


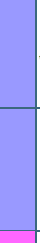



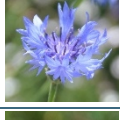


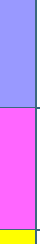
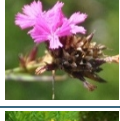











Foto	Botanischer Name	Deutscher Name	Lichtbedürfnis	Blattausdauer	Wuchshöhe [cm]	Blütezeit [Monat] und Blütenfarbe	Stresstoleranz	Strategietyp	Sonstiges
	<i>Briza media</i>	Gewöhnliches Zittergras		s	40 	V-VII 	  	CSR	
	<i>Bupleurum falcatum</i>	Sichelblättriges Hasenohr		s	50 	VII-X 	  	CSR	
	<i>Calamagrostis varia</i>	Berg-Reitgras		s	100 	VII-IX 	  	C	
	<i>Calamintha nepeta</i>	Kleinblütige Bergminze		s	40 	VII-IX 	 	C	
	<i>Campanula rapunculoides</i>	Acker-Glockenblume		s	70 	VI-IX 	  	CSR	
	<i>Campanula trachelium</i>	Nesselblättrige Glockenblume		s	80 	VII-IX 	  	CS	
	<i>Carum carvi</i>	Echter Kümmel		s	70 	V-VI 	  	C	
	<i>Cota tinctoria</i>	Fäber-Hundskamille		s	60 	VII-IX 	  	CS	
	<i>Cichorium intybus</i>	Gemeine Wegwarte		s	90 	VII-IX 	  	C	
	<i>Cyanus montanus</i>	Berg-Flockenblume		s	40 	V-VII 	  	C	
	<i>Cyanus segetum</i>	Kornblume		w	60 	VI-X 	? ? ?	CR	
	<i>Dianthus carthusianorum</i>	Kartäuser-Nelke		w	50 	VI-IX 	? ? ?	CSR	
	<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressen-Wolfsmilch		w	30 	VI-VII 	  	CSR	 giftig






























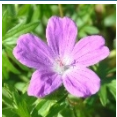



























































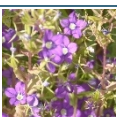



Foto	Botanischer Name	Deutscher Name	Lichtbedürfnis	Blattausdauer	Wuchshöhe [cm]	Blütezeit [Monat] und Blütenfarbe	Stresstoleranz	Strategietyp	Sonstiges
	<i>Festuca ovina</i>	Echter Schaf-Schwengel		s	40 	VI-VII 	  	CSR	
	<i>Galatella linosyris</i>	Gold-Steppenaster		s	50 	VIII-X 	  	CSR	
	<i>Galium verum</i>	Echtes Labkraut	 	w	50 	V-IX 	  	CS	
	<i>Gentiana cruciata</i>	Kreuz-Enzian		w	30 	VII-VIII 	  	CSR	
	<i>Geranium sanguineum</i>	Blutroter Storchschnabel	 	s	30 	V-IX 	  	CSR	
	<i>Glebionis segetum</i>	Saat-Wucherlume		s	60 	VI-X 	  	CR	 leicht giftig
	<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut		s	70 	VI-VII 	  	C	 leicht giftig
	<i>Inula hirta</i>	Rauhaariger Alant		s	40 	VI-VII 	  	CS	
	<i>Iris germanica</i>	Deutsche Schwertlilie		s	60 	V 	  	C	 giftig
	<i>Knutia arvensis</i>	Wiesen-Witwenblume		s	100 	V-VIII 	  	C	
	<i>Koeleria glauca</i>	Blaugrünes Schillergras		s	40 	VI-VII 	  	CS	
	<i>Lactuca perennis</i>	Blauer Lattich		s	50 	V-VII 	  	CS	
	<i>Legousia speculumveneris</i>	Venus-Frauenspiegel		s	20 	V-VIII 	? ? ?	R	











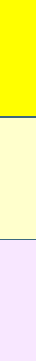






















































































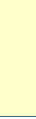



















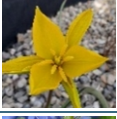














Foto	Botanischer Name	Deutscher Name	Lichtbedürfnis	Blattausdauer	Wuchshöhe [cm]	Blütezeit [Monat] und Blütenfarbe	Stresstoleranz	Strategietyp	Sonstiges
	<i>Linaria vulgaris</i>	Gewöhnliches Leinkraut		s	50 	V-X 	  	CSR	
	<i>Medicago falcata</i>	Sichelklee		w	40 	VI-X 	  	CS	
	<i>Melica ciliata</i>	Wimper-Perlgras		s	50 	V-VI 	  	CS	
	<i>Melittis melissophyllum</i>	Immenblatt	 	s	50 	V-VI 	  	C	
	<i>Muscari comosum</i>	Schopfige Traubenzhyazinthe		v	25 	IV-V 	? ? ?	CSR	 giftig
	<i>Muscari neglectum</i>	Weinbergs-Traubenzhyazinthe	 	v	20 	IV-V 	? ? ?	CSR	 giftig
	<i>Nepeta cataria</i>	Gewöhnliche Katzenminze		w	80 	VII-VIII	? ? ?	C	
	<i>Origanum vulgare</i>	Gewöhnlicher Dost		w	30 	VII-IX 	  	CSR	
	<i>Ornithogalum umbellatum</i>	Dolden-Milchstern	 	v	25 	IV-V	? ? ?	CSR	 giftig
	<i>Papaver rhoeas</i>	Klatschmohn		s	60 	V-VII 	? ? ?	CR	 giftig
	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	Steinbrech-Felsennelke		w	15 	VI-VIII 	  	CS	
	<i>Prunella randiflora</i>	Großblütige Braunelle		w	15 	VI-VIII 	  	CSR	
	<i>Salvia pratensis</i>	Wiesen-Salbei		s	40 	VI-VII 	  	CSR	

Foto	Botanischer Name	Deutscher Name	Lichtbedürfnis	Blattausdauer	Wuchshöhe [cm]	Blütezeit [Monat] und Blütenfarbe	Stresstoleranz	Strategietyp	Sonstiges
	<i>Scabiosa columbaria</i>	Tauben-Skabiose		s	70 	VII-IX 	 	CSR	
	<i>Scilla bifolia</i>	Zweiblättriger Blaustern	  	v	10 	III 	? ? ?	CSR	 giftig
	<i>Stachys recta</i>	Aufrechter Ziest		s	60 	VI-X 	  	CSR	
	<i>Tanacetum corymbosum</i>	Straußblütige Wucherblume	  	s	120 	VI-VII 	  	CS	
	<i>Trifolium rubens</i>	Purpur-Klee		s	50 	VI-VII 	  	C	
	<i>Tulipa sylvestris</i>	Weinbergs-Tulpe			40 	IV-V 	  	CSR	 giftig
	<i>Veronica teucrium</i>	Großer Ehrenpreis		w	35 	V-VII 	  	C	





Hinweis: Unter den genannten Pflanzen befinden sich Arten, die gemäß der Roten Liste Deutschlands als vom Aussterben bedroht (z. B. *Calamintha nepeta*), stark gefährdet (z. B. *Gentiana cruciata* und *Koeleria glauca*) oder gefährdet (z. B. *Trifolium rubens* und *Tulipa sylvestris*) eingestuft sind. In Regionen Bayerns mit Vorkommen dieser Arten (vgl. daten.bayernflora.de), sollte eine Verwendung mit den unteren Naturschutzbehörden an den Landratsämtern abgestimmt werden, damit die Restpopulation nicht durch die Einkreuzung von Pflanzen anderer Herkunft die lokalen Anpassungen verlieren und dadurch erheblich geschwächt werden.

Anlage 6: Beispielkalkulation für Versickerungsmulden

Die dargestellte Kostenübersicht (Tab. 8) soll Kostenunterschieden zwischen Begrünungsvarianten (für alle Varianten identische Randbedingungen und vereinfachte Annahmen).

Positionen und statistische Kostenkennwerte des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern (1), Kostenstand 1. Quartal 2023, wurden im Beispiel auf die Region München (Umland) angewandt. Häufigkeit und Art der Pflegemaßnahmen basieren auf Normen für Pflanz- und Saatarbeiten (DIN 18916, 18917 und 18919). Bei Bedarf wurden Kosten basierend auf Erfahrungswerten des Projektteams ergänzt. Ästhetische Aspekte und Ökosystemleistung können im Beispiel nicht monetarisiert werden. Reale Kosten können nach örtlichen Gegebenheiten abweichen.

Tab. 9: Übersicht der Herstellungs- und Unterhaltungskosten verschiedener Begrünungsvarianten von Versickerungsmulden (netto, gerundet; KG = Kostengruppe nach DIN 276)

KG		Stauden (mit Mulch)	Stauden (ohne Mulch)	Wiese (ohne Mulch)	Rasen (ohne Mulch)
					
510	Herstellung Erdbau	46 € / m ²	46 € / m ²	46 € / m ²	46 € / m ²
573 / 574	Herstellung und Begrünung Vegetationsflächen	35 € / m ²	28 € / m ²	6 € / m ²	6 € / m ²
573 / 574	Fertigstellungspflege	9 € / m ²	14 € / m ²	23 € / m ²	23 € / m ²
579	Entwicklungs- und Unterhaltungspflege (je Jahr)	12 € / m ²	14 € / m ²	21 € / m ²	26 € / m ²

Herstellung Erdbau enthält:

- Aushub inklusive Entsorgung und Verfüllen mit einer geeigneten Substratmischung für die bewachsene Bodenzone unter Wiederverwendung des bauseits vorhandenen Oberbodens.

Herstellung der Vegetationsflächen enthält:

- Feinplanie und Ausformung der Versickerungsmulde, ggf. inkl. mineralischer Mulchschicht
- Begrünung durch Ansaat eines Gebrauchsrasens oder einer Wiesenmischung beziehungsweise durch Pflanzung von Stauden (6 Stck./m², zzgl. Nachpflanzungen) und Blumenzwiebeln (10 Stck./m²)

Fertigstellungspflege enthält:

- acht Bewässerungsgänge
- regelmäßige Mahd bei Rasenflächen bis zur Abnahme
- regelmäßige Mahd bei Wiesenflächen im ersten Jahr
- Maßnahmen zur Unkrautregulierung bei Staudenpflanzungen (reduzierter Aufwand bei Mulchschicht)

Entwicklungs- und Unterhaltungspflege enthält:

- Pflegegang zur Unkrautregulierung sowie zum Rückschnitt für Staudenpflanzungen einmal jährlich (reduzierter Aufwand bei Multschicht)
- zweischürige Mahd bei Wiesen
- regelmäßigen Mahd bei Rasenflächen

Herstellung, Fertigstellungspflege sowie einjährige Entwicklungspflege sind für alle Begrünungsvarianten zunächst sehr ähnlich. Aufgrund der unterschiedlichen Unterhaltskosten ergeben sich mit den Betriebsjahren allerdings deutliche Unterschiede in den Gesamtkosten (siehe Abb. 25).

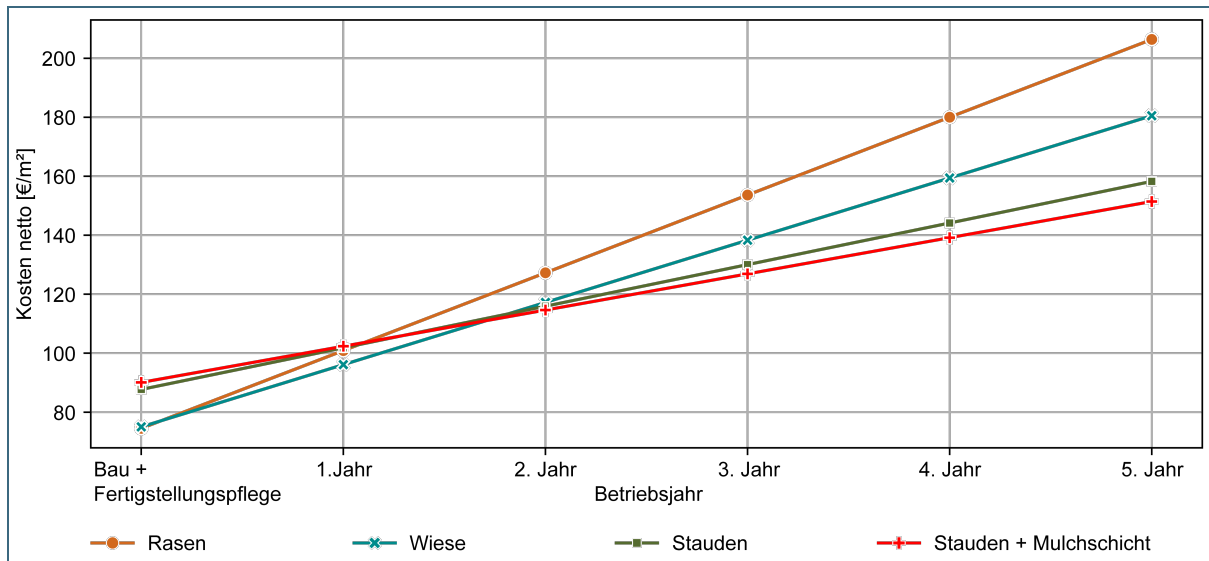


Abb. 25: Kostenentwicklung netto (€/ m²) der Versickerungsmulden mit den betrachteten Begrünungsvarianten über eine Betriebszeit von fünf Jahren

Für identische Randbedingungen kann davon ausgegangen werden, dass sich höhere Herstellungskosten für Sickermulden mit Stauden durch die kostengünstigere Entwicklungs- und Unterhaltungspflege im Vergleich zu den bislang üblichen Rasenmulden nach einigen Jahren amortisieren.



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

