

Leitfaden Regenwasserbewirtschaftung

Entwicklung flexibler Adaptierungskonzepte für die Siedlungsentwässerung
der Zukunft – Praxisleitfaden aus dem Projekt Flexadapt



Leitfaden

Regenwasserbewirtschaftung

Entwicklung flexibler Adaptierungskonzepte für die
Siedlungsentwässerung der Zukunft – Praxisleitfaden aus dem Projekt
Flexadapt

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Stubenring 1, 1010 Wien

Autorinnen und Autoren: Manfred Kleidorfer (UIBK), Peter Zeisl (UIBK), Thomas Ertl (BOKU), Lena Simperler (BOKU), Florian Kretschmer (BOKU), Gernot Stöglehner (BOKU), Paul Himmelbauer (BOKU), Dirk Muschalla (TUG), Gerald Krebs (TUG), Johannes Leimgruber (TUG)

Gesamtumsetzung: Manfred Kleidorfer, Universität Innsbruck

Fotonachweis: die Autoren, wenn nicht anders angegeben

Wien, 2019. Stand: 18. Juni 2019

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundeskanzleramtes und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtssprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgeifen.

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| 1 Einführung | 6 |
| 2 Herausforderungen in der Siedlungswasserwirtschaft | 7 |
| 3 Anforderungen an die Planung | 12 |
| 3.1 Ziele der Planung | 12 |
| 3.1.1 Schutz vor Überflutung - Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit (ÖNORM EN 752, ÖWAV-RB 11) | 12 |
| 3.1.2 Gewässerschutz - Nachweis der Einhaltung der Richtlinien für Mischwasserentlastungen (ÖWAV-RB 19) | 13 |
| 3.1.3 Annäherung an die natürliche Wasserbilanz | 13 |
| 3.1.4 Robustheit | 17 |
| 3.1.5 Kosteneffizienz | 19 |
| 3.2 Rechtliche und technische Randbedingungen | 21 |
| 3.3 Einzugsgebietsbezogene Randbedingungen | 28 |
| 3.3.1 Klimatische und meteorologische Randbedingungen | 29 |
| 3.3.2 Geologische Randbedingungen | 30 |
| 3.3.3 Strukturelle und städtebauliche Randbedingungen | 32 |
| 3.3.4 Wasserwirtschaftliche Randbedingungen | 38 |
| 3.3.5 Topographische Randbedingungen | 41 |
| 3.4 Soziologische Randbedingungen | 42 |
| 4 Lösungsansätze | 43 |
| 4.1 Innovative Ansätze | 43 |
| 4.2 Spezifische Technologien | 46 |
| 4.2.1 Mischwasserkanal | 46 |
| 4.2.2 Regenwasserkanal | 48 |
| 4.2.3 Transportmulden und Gräben | 50 |
| 4.2.4 Speicherkanal | 52 |
| 4.2.5 Fassadenbegrünung | 53 |
| 4.2.6 Flächenversickerung | 55 |
| 4.2.7 Muldenversickerung | 58 |

| | |
|--|------------|
| 4.2.8 Beckenversickerung | 60 |
| 4.2.9 Rigolen- oder Rohrversickerung..... | 61 |
| 4.2.10 Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung | 64 |
| 4.2.11 Schachtversickerung | 65 |
| 4.2.12 Retentionsraumversickerung (Versickerungsteiche) | 67 |
| 4.2.13 Dachbegrünung..... | 69 |
| 4.2.14 Regenwassernutzung | 70 |
| 4.2.15 Zusammenfassung der Methoden der Niederschlagswasserbewirtschaftung..... | 72 |
| 5 Empfehlungen zu Planung und Betrieb..... | 73 |
| 5.1 Werkzeuge, Daten und Modellierung | 73 |
| 5.2 Einflüsse unterschiedlicher Siedlungsstrukturtypen | 75 |
| 5.3 Umgang mit sich ändernden Randbedingungen..... | 79 |
| Umgang mit Entwicklungen im Einzugsgebiet..... | 80 |
| Umgang mit Klimaänderungen..... | 81 |
| Umgang mit sich ändernden Anforderungen and Behandlung und Einleitung..... | 83 |
| 5.4 Erhaltung der Wasserbilanz | 84 |
| 5.5 Betrieb und Erhalt von Anlagen zur Niederschlagswasserbewirtschaftung | 86 |
| 5.6 Vorgehen bei der Entscheidungsfindung | 89 |
| 6 Schlussfolgerungen | 94 |
| Tabellenverzeichnis..... | 96 |
| Abbildungsverzeichnis | 99 |
| Literaturverzeichnis | 100 |

1 Einführung

Der vorliegende Leitfaden hat das Ziel bestehendes Wissen der Regenwasserbewirtschaftung (auch Niederschlagswasserbewirtschaftung -NWB) zu bündeln und soll besonderes kleinen und mittleren Gemeinden mit 15.000 – 20. 000 Einwohnern und besonders bei kleineren Gemeinden oft mit beschränkter personeller Ausstattung und unter Umständen fehlendem Fachwissen als Informationsquelle zu dienen. Im Zusammenhang mit der Siedlungswasserwirtschaft wird sehr oft der Begriff „urbaner Raum“ verwendet, unter dem jedoch nicht nur große Städte, sondern jede Art von Besiedelung zu verstehen, ebenso in ländlichen Gegenden zu verstehen ist. Der Begriff dient als Abgrenzung zur von Menschen unbeeinflussten Hydrologie natürlicher Einzugsgebiete.

Der Leitfaden ist das Ergebnis eines kooperativen Projektes der Universität Innsbruck, der Universität für Bodenkultur Wien sowie der Technischen Universität Graz und ergänzt dabei den ebenfalls erhältlichen Projektendbericht (Kleidorfer, et al. 2019b) bzw. kondensiert die praxisrelevanten Ergebnisse des Projektes. Für weiterführende Informationen zu den theoretischen Grundlagen, detaillierte Informationen zu Annahmen und Methoden der Bearbeitung wird auf den Endbericht verwiesen.

Kapitel 2 fasst zukünftige Herausforderungen für die Regenwasserbewirtschaftung zusammen, die vor allem in zu erwartenden Steigerungen in Niederschlagsintensitäten und fortschreitender Flächenversiegelung bestehen. Kapitel 3 fasst Anforderungen an die Planung zusammen, wozu Planungsziele (Überflutungsschutz, Gewässerschutz, Erhaltung der natürlichen Wasserbilanz, Kosteneffizienz) aber auch rechtliche, technische und gebietsbezogene Randbedingungen. Kapitel 4 beschreibt verschiedene Lösungsansätze und verschiedene Bewirtschaftungsmaßnahmen mit ihren individuellen Randbedingungen und Wirkung auf Retention, Versickerung, Reinigung und Abfluss. Letztendlich folgen in Kapitel 5 Hinweise zum Planungsablauf, Entscheidungsfindung und Anlagenbetrieb.

Dieser Leitfaden soll dazu beitragen aufzuzeigen, dass es eine Vielfalt von Möglichkeiten zur Bewirtschaftung von Regenwasser gibt. Dabei sind dezentrale Lösungen der traditionellen Ableitung im Misch- oder Regenwasserkanal vielfach überlegen. Zwar wird der Planungsablauf durch die Involvierung verschiedener Entscheidungsträger komplexer, jedoch kann steigern solche Anlagen den Zusatznutzen (Wirkung auf die Wasserbilanz und das Stadtmikroklima). Zudem sind dezentrale Lösungen eine geeignete Vorgangsweise um flexible, leichter anpassbare Strukturen zu schaffen, und somit mit den hohen Unsicherheiten der klimatischen und räumlichen Entwicklung umzugehen.

2 Herausforderungen in der Siedlungswasserwirtschaft

Die kommunale Siedlungswasserwirtschaft steht vor vielfältigen Herausforderungen. Alternde Infrastruktursysteme mit steigendem Sanierungsbedarf, potentielle Klimawandeleinflüsse, Herausforderungen durch demographische Veränderungen oder steigende Bedenken gegenüber der Belastung durch (Mikro)schadstoffe treffen auf immer angespanntere Gemeindebudgets. Steht eine Gemeinde vor solchen Herausforderungen, bietet das aber auch die Möglichkeit das Entwässerungskonzept an nachhaltige, flexible Gesichtspunkte anzupassen und nach dem aktuellen Stand der Technik zu gestalten.

Eine der Kernaufgaben der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruktur besteht in der sicheren Ableitung und unter Umständen Reinigung von Niederschlagswasserabflüssen. Hierfür stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Eine leitungsgebundene Entwässerung galt lange Zeit als Mittel der Wahl, ist aber aufgrund der langen Lebensdauer unflexibel und teuer in der Anpassung. In Zeiten unsicherer zukünftiger Entwicklungen werden daher vermehrt dezentrale Lösungen als nachhaltige Verfahren für die Zukunft vorgeschlagen. Die Kernidee besteht darin, auf Investitionen in teure leitungsgebundene Infrastruktur zu verzichten und damit flexibler auf unterschiedliche zukünftige Bedingungen reagieren zu können. Ein weiterer Vorteil wird darin gesehen, dass dezentrale Verfahren wie beispielsweise die Versickerung vor Ort den urbanen Wasserkreislauf in Richtung einer natürlichen Wasserbilanz verschieben und diese Verfahren somit auch ökologische Vorteile wie eine gesteigerte Grundwasserneubildung, eine Verbesserung des Mikroklimas oder eine Reduzierung des schnellen Oberflächenabflusses haben.

In Österreich hat sich ein flächendeckender Einsatz der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung bzw. von integrierten Ansätzen aufgrund der vorhandenen und über Jahrzehnte gewachsenen leitungsgebundenen Infrastruktur noch nicht etabliert. Der Einsatz beschränkt sich derzeit noch auf Einzelmaßnahmen und lokal begrenzte Projekte. Bei Neubauten und Sanierungen bzw. der Rehabilitation von Kanalsystemen wird allerdings zunehmend das Ziel verfolgt, nicht oder gering verunreinigtes Regenwasser z.B. von Dachflächen wieder dem natürlichen Abflussgeschehen zuzuführen und direkt zu versickern. Der Straßenabfluss hingegen wird meist in die Kanalisation eingeleitet und einer Abwasserreinigung zugeführt, da Vorbehalte für dezentrale Lösungen aufgrund der Belastungen durch Schmutzstoffe und im Winter durch Streusalz bestehen.

Der Anpassungsbedarf der Siedlungsentwässerung der Zukunft hat verschiedenste Ursachen wie Veränderungen in der Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur, klimatische Veränderungen, ökologische Anforderungen, technische Entwicklungen, Anforderungen der Gesellschaft, ökonomische Veränderungen, gesetzliche Bestimmungen oder Umstrukturierungen in der Organisation. So unterschiedlich die Ursachen auch sind, die Auswirkungen können durch zwei grundlegende Faktoren beschrieben werden. Einerseits werden rein hydrologisch/technische Randbedingungen verändert wodurch die Funktionalität beeinträchtigt werden kann und andererseits haben die zukünftigen Entwicklungen Einfluss auf die Kosten und Lebensdauer einer Anlage und die finanzielle Situation der Verwaltungseinheit. Während technische Anpassungen immer auch mit einem finanziellen Aufwand einhergehen, sind strukturelle/organisatorische Veränderungen unabhängig von den rein funktionalen Aspekten. Ziel muss es sein flexibel auf die zukünftigen Entwicklungen mit Blick auf Funktionalität und Kosten reagieren zu können.

Durch die in der Regel lange Lebensdauer von siedlungswasserwirtschaftlichen Anlagen spielen Zukunftsprognosen und die damit einhergehenden Unsicherheiten in der Konzeptionierung und Planung eine wichtige Rolle. Deshalb ist es wichtig, dass die vielseitigen Entwicklungsmöglichkeiten für jede Gemeinde individuell ausgearbeitet, angepasst und bewertet werden. Dieser Prozess erfordert die Zusammenarbeit von Entscheidungsträgern, Fachleuten und Interessensgruppen um die Situation der Siedlungsentwässerung vielseitig zu betrachten. Dabei müssen die technischen Aspekte und die Organisation der Siedlungsentwässerung betrachtet, aber auch die Wünsche / Bedürfnisse / Forderungen der Bevölkerung berücksichtigt werden. Aus den Zukunftsprognosen der verschiedenen Teilgebiete und deren Auswirkungen auf die Siedlungswasserinfrastruktur sowie den gesellschaftlichen Gesichtspunkten können Szenarien entwickelt und Konzepte für die Siedlungsentwässerungen erarbeitet werden.

Flächenbezogene Entwicklungen

Jedes Siedlungsgebiet verändert sich mit der Zeit. Anzahl und Alter der Einwohner, die Bedürfnisse der Bevölkerung (Wohnraum, Freiraum, Versorgung, Bildung, Mobilität) und die Nutzung und Gestaltung des vorhandenen Raumes sind einem ständigen Wandel unterlegen. Örtliche Entwicklungskonzepte und Bevölkerungsprognosen geben Aufschluss darüber, wie sich der Siedlungsraum in einer Gemeinde zukünftig verändern wird.

Bevölkerungsprognosen werden in Österreich von der Statistik Austria veröffentlicht. Die aktuellste Prognose (Stand November 2017) zeigt einen Anstieg der Bevölkerung für Gesamtösterreich (ausgehend von 2016) um 6,8 % bis 2030, 11,0 % bis 2050 und 13,6 % bis 2075. Regional kann dieser Wert allerdings deutlich variieren bis hin zu rückläufigen

Bevölkerungszahlen. Die kleinräumige Bevölkerungsprognose der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) zeigt die lokalen Entwicklungen für 122 Prognoseregionen (politische Bezirke bzw. NUTS III Regionen) bis 2030 und bietet einen Ausblick bis 2075.

In größeren Städten werden oft eigene Bevölkerungsprognosen bereitgestellt, die direkt verwendet werden können. Alle anderen Gemeinden, denen eine maßgeschneiderte Bevölkerungsprognose nicht zur Verfügung steht, müssen die Informationen aus den gröber skalierten Prognosen auf ihr Gebiet herunterbrechen. Die Daten sind frei verfügbar und können einfach auf einzelne Gemeinden umgelegt werden. Eine Auswertung der Bevölkerungsstatistiken auf Gemeindeebene kann jedoch immer nur ein Richtwert sein, der von lokalen Experten und Entscheidungsträgern bewertet werden muss. In weiterer Folge müssen diese Bevölkerungszahlen in versiegelte Fläche umgelegt werden. Das kann anhand von lokalen Entwicklungskonzepten geschehen. Damit wird die Verteilung der Bevölkerung auf der vorhandenen Fläche, die angestrebte Siedlungsstruktur und Freiraumflächen vorgegeben und damit auch ein Rahmen für die möglichen Entwässerungsmaßnahmen definiert.

Klimatische Entwicklungen

Das Klima verändert sich und alpine Regionen können besonders sensibel darauf reagieren. Selbst bei Verlangsamung dieses Prozesses werden Veränderungen auftreten, weshalb die Klimawandelanpassung mittlerweile neben der Reduktion von Treibhausgasen als zweite wichtige Säule in der Klimapolitik gesehen wird. Damit sollen unausweichliche Folgen der klimatischen Veränderungen abgefedert und die Robustheit der Systeme erhöht werden. In Österreich wurde dazu vom Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus „Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ ausgearbeitet (erste Version 2012, Überarbeitung 2017) (BMNT, 2017). Darin werden 14 Aktivitätsfelder beleuchtet, wobei der Umgang mit Niederschlagswasser direkt oder indirekt in mehreren Bereichen eine Rolle spielt.

Eine Grundlage für die Klimawandelanpassung sind aussagekräftige Prognosen. Die Bandbreite bei Klimaprognosen ist allerdings sehr groß und kann kleinräumig stark von statistischen Mittelwerten abweichen. Für Gemeinden ist es deshalb umso wichtiger, lokale Gegebenheiten in die Klimaprognosen miteinzubeziehen und so anzupassen.

Die hier in weiterer Folge verwendeten Klimaprognosen wurden dem Bericht „ÖKS15 - Klimaszenarien für Österreich“ des Climate Change Centre AUSTRIA (CCCA) entnommen. Die Prognosen sind jeweils für die nahe (2021 bis 2050) und ferne Zukunft (2071 bis 2100) sowie zwei Treibhausgasszenarien (Klimaschutz Szenario RCP4.5 / „Business-as-usual“

RCP8.5) unterteilt. Eine gesonderte Aufbereitung der Ergebnisse für die Bundesländer ist in Form von „Factsheets“ erhältlich. Auf Anfrage können Prognosen für Gemeinden bereitgestellt werden. Die Studie, Factsheets und Ansprechpartner können über das CCCA-Datenportal (data.ccca.ac.at/) gefunden werden. Für Forschungszwecke werden die hochauflösenden Ergebnisse (1x1 km) der Klimaszenarien über das CCCA-Klimadatenzentrum zur Verfügung gestellt.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft wurde in der Studie „Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft“ von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und der Technischen Universität Wien im Auftrag des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus und den Bundesländern 2011 untersucht (Blöschl et al. 2011) und 2017 aktualisiert (Blöschl et al. 2017). Die Untersuchungsgebiete gliedern sich in Auswirkungen auf Hochwasser, Niederwasser, Gletscher, Grundwassermenge, Geschiebepotential, Wassertemperatur, Oberflächenwassergüte, Grundwassergüte, Wasserkraft und Nutzungs- und Bedarfsaspekte. Der Einfluss auf die Regenwasserbewirtschaftung wird nicht explizit betrachtet, lässt sich aber zum Teil aus den betrachteten Themenfeldern bzw. Einflussfaktoren ableiten (z.B. Erhöhung der Niederschlagsintensitäten, Veränderung der Trockenzeiten).

Die Studien zeigen, dass für Österreich bis zu Zeitraum 2021-2050 im Vergleich zu 1971-2000 der Sommerniederschlag um 3% zunimmt, der Winterniederschlag um 14%. Dabei können jedoch die Intensitäten bei Starkniederschlägen überdurchschnittlich zunehmen. Großräumige Starkniederschläge nehmen demnach bis zur Periode 2071 – 2100 im Sommer um +10% bis +25% und im Winter um +15% bis zu +30% zu. Besonders für die für die Siedlungswasserwirtschaft relevanten kleinräumigen und kurzen (<3h) Ereignisse sind dabei jedoch Prognosen mit hohen Unsicherheiten behaftet. Quantifizierende Aussagen über zukünftige Änderungen von konvektiven Starkniederschlägen werden als „spekulativ“ bezeichnet, wenn auch Konsens darüber besteht, dass in einem wärmeren Klima eine Zunahme zu erwarten ist.

Relevant für die Bemessung von Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung sind konvektive Starkniederschläge, welche sich als kurze kleinräumige Ereignisse zeigen. Aufgrund der schnellen Reaktionszeit auf befestigten Oberflächen ist zudem noch eine zeitlich sehr hoch aufgelöste Darstellung der Niederschlagsinformation notwendig. Mikovits et al. (2017) haben beispielsweise für eine Fallstudie in Österreich gezeigt, dass für die für die Planung von Regenwasserbehandlungsanlagen relevante Wiederkehrzeit von 5 Jahren und kurze Dauerstufen eine Erhöhung der Niederschlagsintensität von bis zu 30% möglich ist. Jedoch auch hier bleiben die Unsicherheiten in der Bewertung hoch.

Tabelle 1 Datenquellen zu Bevölkerungs- und Klimaänderungen für Österreich

| Daten | Datenquelle |
|----------------------------------|---|
| Bevölkerung | |
| Statistik Austria | www.statistik.at - Bevölkerung (für Österreich, Bundesländer) |
| ÖROK | www.oerok.gv.at - ÖROK Prognosen (für 122 Prognoseregionen) |
| | |
| Geoinformationen | |
| ÖROK | www.oerok.gv.at |
| Geodatendienste der Bundesländer | www.geoland.at |
| Geoinformationsdaten des BMNT | www.bmnt.gv.at/service/geo-informationen.html (z.B. Bodenkarte, Altlasten, Hochwasser, Grundwasser, Hydrographischer Dienst) |
| Gefahrenzonenplan | Liegt bei Land, Bezirk, Gemeinde oder Gebietsbauleitung der Wildbach und Lawinenverbauung auf |
| Copernicus Land | land.copernicus.eu – EU-Programm für Erdbeobachtungsdaten |
| | |
| Klima | |
| Climate Change Centre Austria | www.ccca.ac.at |
| ÖKS15 Klimabericht | www.bmnt.gv.at/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/anpassungsstrategie/klimaszenarien.html - Klimaszenarien als Bericht und Factsheets für die Bundesländer |
| CCCA Datenportal | data.ccca.ac.at/ - Klimadaten zu den Szenarien |
| Verwundbarkeit von Gemeinden | http://www.ccact.anpassung.at/ |
| Offenes Datenportal | www.data.gv.at - frei verfügbare Daten für Österreich aus den verschiedensten Bereiche |

3 Anforderungen an die Planung

3.1 Ziele der Planung

Die generellen Ziele und Funktionalanforderungen von Entwässerungssystemen sind in der ÖNORM EN 752 (ON, 2017) festgehalten. Diesen Anforderungen haben auch zukünftige Entwässerungssysteme gerecht zu werden. Für den Umgang mit Regenwasser und dessen Bewirtschaftung sind insbesondere die Überflutungssicherheit und der Gewässerschutz von Belang. In Österreich sind hierbei die ÖWAV-Regelblätter 11 und 19 relevant (ÖWAV, 2007; 2009). Im Folgenden sind die Prinzipien der beiden Regelwerke kurz zusammengefasst. Weiterführende Informationen, insbesondere zur Nachweisführung mit hydrodynamischen Modellen und einer möglichen kombinierten Nachweisführung, finden sich im Endbericht des Projekts „DATMOD – Auf effizientem Wege von den Daten zum Modell, Sanierungs- und Anpassungsplanung von kleinen und mittleren Kanalnetzen“ (Muschalla et al., 2015b).

Neben den genannten Zielen, rückt auch die Wasserbilanz immer weiter in den Fokus der Regenwasserbewirtschaftung. Durch den gezielten Einsatz von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen kann eine Annäherung an natürliche hydrologische Verhältnisse erreicht werden. Somit werden die nachteiligen Auswirkungen der immer weiter fortschreitenden Urbanisierung abgemildert.

Neben der Robustheit gegenüber sich zukünftig möglicherweise ändernder Randbedingungen, ist auch die Kosteneffizienz in den Planungsprozess mit einzubeziehen.

3.1.1 Schutz vor Überflutung - Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit (ÖNORM EN 752, ÖWAV-RB 11)

Für den rechnerischen Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit wurde die Überstauhäufigkeit als Zielgröße eingeführt. Dabei ist der Überstau definiert als das Überschreiten eines bestimmten Bezugsniveaus (Rückstauenebene) durch den rechnerischen Maximalwasserstand (ON, 2017CEN, 2008). Aufgrund des unterschiedlichen Schutzbedürfnisses bzw. Schadenspotenzials wurde bei den empfohlenen Überstauhäufigkeiten in verschiedene Gebiete untergliedert (z.B. „Ländliche Gebiete“, „Stadtzentren“).

Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen können zu einer Reduktion der Überstauhäufigkeiten führen. Dies erfolgt einerseits dadurch, dass

Niederschlagswasserabflüsse vor Ort verdunsten und/oder versickern und nicht in das Entwässerungssystem geleitet werden. Andererseits können Abflüsse zwischengespeichert und zeitlich verzögert dem Entwässerungssystem zugeführt werden, wodurch sich die Abflussspitzen abdämpfen lassen. Gerade diese Reduktion der Abflussspitzen kann sich sehr positiv auf das Überstauverhalten auswirken.

3.1.2 Gewässerschutz - Nachweis der Einhaltung der Richtlinien für Mischwasserentlastungen (ÖWAV-RB 19)

Die aus in Mischwasserkanalisationen angeordneten Entlastungsbauwerken in Gewässer eingeleiteten Schmutzfrachten können zu einer Belastung dieser Gewässer führen. Im ÖWAV-Regelblatt 19 „Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen“ (ÖWAV, 2007a) wird die zentrale Zielvorgabe definiert, dass von den Inhaltsstoffen im Mischwasser ein bestimmter Anteil im Jahresmittel zur biologischen Stufe der Abwasserreinigungsanlage geleitet werden muss. Es sind also die im Regelblatt festgelegten Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung einzuhalten. Diese gelten dabei für das gesamte Einzugsgebiet einer Mischkanalisation, unabhängig davon, ob die Emissionen in einen oder mehrere Vorfluter geleitet werden. Die Mindestwirkungsgrade sind getrennt für gelöste Stoffe und für abfiltrierbare Stoffe angegeben. Je nach Entlastungsbauwerk kann beim Wirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe ein Sedimentationswirkungsgrad berücksichtigt werden

Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen können positive Auswirkungen auf den Gewässerschutz haben, wenn durch das verminderte oder verzögerte Einleiten von Niederschlagswasserabflüssen die Summe der entlasteten Mischwassermengen reduziert und der Wirkungsgrad der Weiterleitung zur Abwasserreinigungsanlage somit erhöht werden kann.

3.1.3 Annäherung an die natürliche Wasserbilanz

Neben den in der ÖNORM EN 752 festgehaltenen Zielen und Funktionalanforderungen von Entwässerungssystemen, sollten auch darüber hinaus gehende Ziele verfolgt werden. Ein zentraler Punkt ist hierbei die Berücksichtigung der Wasserbilanz und die Annäherung an natürliche Verhältnisse.

3.1.3.1 Die Wasserbilanz

Die Komponenten der Wasserbilanz (schematische Darstellung in Abbildung 1) lassen sich je nach Fragestellung in unterschiedlicher Form und Nomenklatur darstellen. Für die weiteren Ausführungen werden die folgenden Bezeichnungen verwendet:

$$P = R + ET + \Delta S + GR$$

mit:

P - Niederschlag (precipitation),

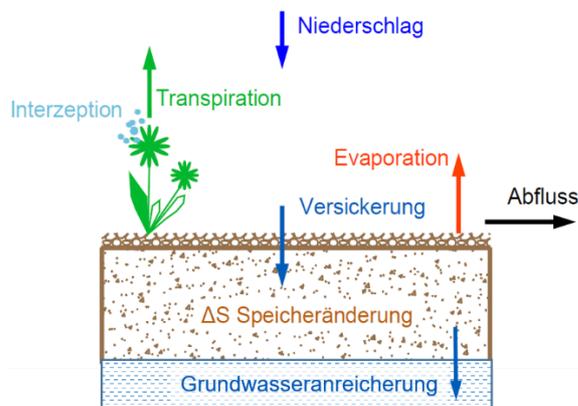
R - Abfluss (runoff),

ET - Evapotranspiration ,

ΔS - Speicheränderung (storage change),

GR - Grundwasseranreicherung (Groundwater Recharge)

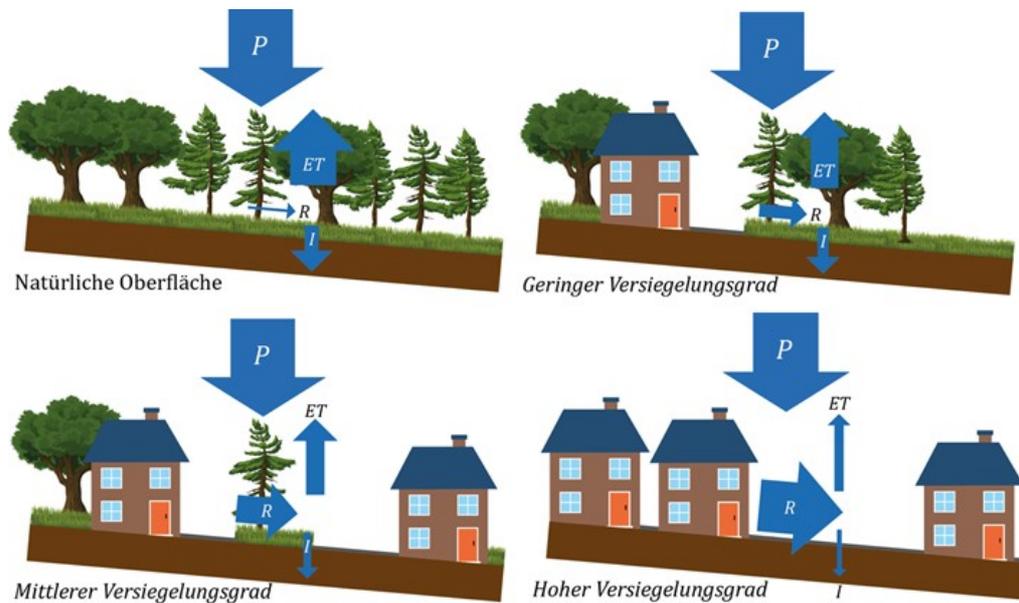
Abbildung 1 Schematische Darstellung der Wasserbilanzkomponenten



3.1.3.2 Wasserbilanz in natürlichen und urbanen Gebieten

Natürliche Einzugsgebiete weisen in der Regel einen sehr geringen Anteil an Abfluss (Oberflächenabfluss) auf. Durch natürliche Böden und die Vegetation können große Wassermengen verdunsten. Die Anteile an Evapotranspiration, Versickerung bzw. Speicheränderung schwanken je nach Bewuchs, Topographie, Untergrund und klimatischen Verhältnissen. Im Vergleich dazu sind die Anteile an Abfluss in urbanen Gebieten mit vielfach versiegelten Flächen deutlich erhöht. Die Anteile an Evapotranspiration sowie Grundwasserneubildung sind reduziert. In Abbildung 2 werden die beschriebenen Unterschiede hinsichtlich der Wasserbilanzkomponenten bei natürlichem Boden und versiegelten Flächen bzw. je nach Versiegelungs- und Urbanisierungsgrad ersichtlich.

Abbildung 2 Wasserbilanzkomponenten abhängig vom Versiegelungsgrad



3.1.3.3 Urbane Hitzeinseln

Unter urbanen Hitzeinseln / Urban Heat Islands (UHI) versteht man das Phänomen der Temperaturunterschiede zwischen städtischen Gebieten und dem ländlichen Umland aufgrund anthropogener Einflüsse. Die Hauptursache für diesen Effekt sind Veränderungen an der Oberflächenbeschaffenheit durch den Menschen (z. B. Versiegelungen – v.a. mit dunklen Oberflächen wie Asphalt). Die Verdunstungskühle wird dadurch in bebauten Gebieten reduziert, wohingegen sich nicht verbaute Flächen durch Beschattung und Verdunstung weniger stark aufheizen. Die wärmeabsorbierenden Oberflächen werden in bebauten Gebieten zudem durch die Geometrie der Gebäude vergrößert. Ebenso ist die Luftzirkulation durch die Bebauung behindert. Zusätzliche Faktoren für den UHI-Effekt sind Abwärme aus industriellen Prozessen, Klimaanlage und Kraftfahrzeugen. All diese Randbedingungen führen dazu, dass die Temperatur im Umland deutlich niedriger als in der Stadt. Zudem können auch Temperaturunterschiede im Querschnitt durch die Stadt auftreten.

Methoden der Niederschlagswasserbewirtschaftung können dem UHI-Effekt entgegenwirken. Hierbei wird die kühlende Wirkung des Verdunstungsprozesses, welche durch den Energiebedarf beim Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand hervorgerufen wird, genutzt. Besonders geeignet sind somit bewachsene, bepflanzte Maßnahmen wie Gründächer.

Um den negativen Auswirkungen der fortschreitenden Urbanisierung entgegenzuwirken, ist eine Annäherung an die natürliche Wasserbilanz anzustreben. Darauf wird im Folgenden näher eingegangen.

3.1.3.4 Beurteilung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zur Annäherung an die natürliche Wasserbilanz

Die Urbanisierung führt wie bereits beschrieben zu einer erhöhten Versiegelung von vormals natürlichen Oberflächen. Dies beeinflusst die Wasserbilanz wie vorhin beschrieben deutlich (siehe auch Abbildung 2): Der Abfluss nimmt zu, während Evapotranspiration und Grundwasseranreicherung abnehmen. Daraus resultieren verschiedene negative Auswirkungen wie hohe Abflussvolumina und Abflussspitzen, erhöhte Gefahr von Überflutungen, urbane „heat islands“, usw..

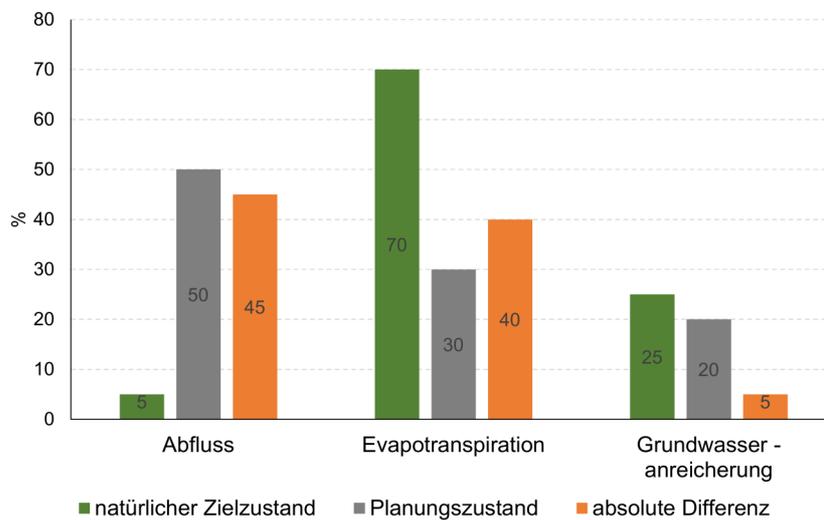
Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen können die negativen Auswirkungen der Urbanisierung abmildern. Es ist hierbei das Ziel, das natürliche hydrologische Regime möglichst wiederherzustellen oder sich diesem zumindest anzunähern (natürlicher Zielzustand). Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen wie z. B. Gründächer, Versickerungsmulden oder Rigolen nutzen hierbei hydrologische Funktionen nach dem Vorbild natürlicher Einzugsgebiete wie beispielsweise Infiltration, Evapotranspiration und (Zwischen-)Speicherung.

Hydrologische Simulationen (siehe auch Kapitel 5.1) sind ein adäquates Mittel um die Leistungsfähigkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen hinsichtlich der Wasserbilanz zu beurteilen. Um eine angestrebte Annäherung an die natürliche Wasserbilanz zu beurteilen, sind die hydrologischen Verhältnisse im natürlichen und im bebauten Zustand zu analysieren. Meist wird hierbei nur die Abflusskomponente der Wasserbilanz berücksichtigt (z. B. Vorgehensweise nach (Coffman, 2000)). Evapotranspiration und Grundwasseranreicherung (bzw. Speicheränderung) werden oftmals vernachlässigt, obwohl sie eine bedeutende Rolle beispielsweise bezüglich des UHI-Effekts spielen und der Grundwasserstand verändert werden kann (Fletcher et al., 2013; Goebel et al., 2007).

Es sollte ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt werden (wie z. B. auch bei (Henrichs et al., 2016)), welcher alle Komponenten der Wasserbilanz berücksichtigt, um die Leistungsfähigkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zu beurteilen. Zudem wird auf Simulationen mit gemessenen Niederschlagskontinua anstelle von durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen oder künstlichen Modellregen zurückgegriffen. Dadurch werden insbesondere die hydrologischen Verhältnisse zum Start eines Regenereignisses berücksichtigt.

Der natürliche Zustand kann ebenso hydrologisch simuliert werden oder von Entscheidungsträgern vorgegeben sein (z. B. kein Abfluss in Kanal erlaubt). Die Wasserbilanzkomponenten basierend auf Langzeitsimulationen (z. B. 10 Jahre) sind für jedes Planungsszenario mit dem natürlichen Zustand zu vergleichen. Dafür werden absoluten Differenzen herangezogen, um sicherzustellen, dass eine Abweichung von der natürlichen Wasserbilanz unabhängig davon behandelt wird, ob es sich um einen Anstieg oder einen Rückgang handelt (Abbildung 3).

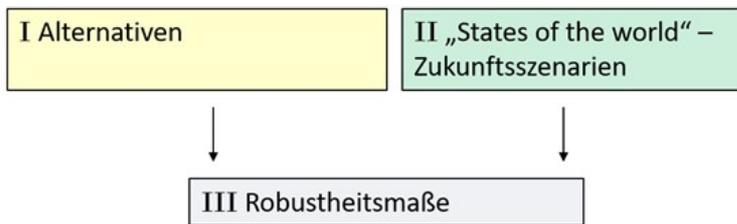
Abbildung 3 Ermittlung der Absolutabweichungen zwischen bebautem Zustand und natürlichem Zielzustand



3.1.4 Robustheit

Entscheidungsträger sind daran interessiert, verschiedene definierte Ziele für prognostizierte Zukunftsszenarien zu erreichen und dabei robust gegenüber Abweichungen von diesen Prognosen zu bleiben. Unter Robustheit versteht man somit die Insensitivität des Systemdesigns (beispielsweise die Auswahl der Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen-Kombinationen) gegenüber Fehlern, seien es zufällige oder andere, in der Bestimmung der Parameter, welche das Systemdesign (NWB-Auswahl) beeinflussen. Auch für (Ab-)Wassersysteme existiert eine Systematik für Robustheitsbetrachtungen (Herman et al., 2015) (Abbildung 4).

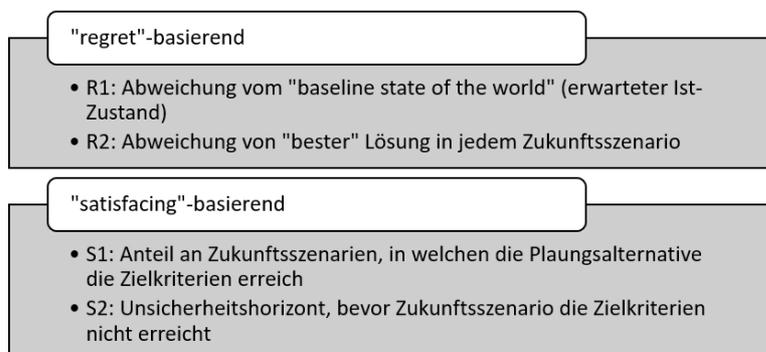
Abbildung 4 Systematik für Robustheitsbetrachtungen - adaptiert nach (Herman et al., 2015)



Zu Beginn werden Planungsalternativen erarbeitet. Dies sind im Falle von Entwässerungssystemen z. B. unterschiedliche Kombinationen von zentralen oder dezentralen Systemen oder auch unterschiedliche Kombinationen von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Üblicherweise werden die Planungsalternativen bewertet, indem sie unter unterschiedlichen unsicheren Zukunftsszenarien betrachtet werden. Hierzu werden die unsicheren Faktoren identifiziert (z. B. Regenbelastung, Temperatur, Demographie usw.) und daraus Kombinationen generiert.

Bei den Robustheitsmaßen erfolgt eine Hauptunterscheidung in „regret-basierte“ und „satisficing“ Maße (Abbildung 5). „Regret“ bezeichnet hierbei die Kosten, nicht unbedingt in monetärer Form, wenn die falsche Wahl getroffen wird. Es kann sich hierbei um die Abweichung von der „baseline“ (erwartete) Performance der Planungsalternative handeln oder aber um die Abweichung von der besten Planungsalternative im jeweiligen Zukunftsszenario. „Satisficing“ setzt sich aus dem Englischen „satisfying“ (=befriedigend) und suffice (=genügen) zusammen. Es beschreibt hierbei das Verhalten, in einer Entscheidungssituation die erstbeste Alternative zu wählen, welche ein zuvor definiertes Ziel bzw. Anspruchsniveau erfüllt.

Abbildung 5 Mögliche Robustheitsmaße, adaptiert nach (Herman et al., 2015)



Aus diesen Möglichkeiten wird das Robustheitsmaß R2 empfohlen. Damit soll gewährleistet werden, dass die gewählte Planungsalternative (Kombination von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen) in keinem der betrachteten Zukunftsszenarien allzu weit von der jeweils „besten“ Lösung abweicht und somit auch unter unsicheren zukünftigen Bedingungen eine akzeptable Leistung bietet. Die Berechnung erfolgt hierbei folgendermaßen:

$$R2 = \max_i [D_{i,90} \cdot P(D_i \leq D_{i,90}) = 0.90]$$

$$D_{i,j} = \frac{|F(x)_{i,j} - \min_s F(x_s)_{i,j}|}{F(x)_i^*}$$

$F(x)_{i,j}$ beschreibt den Wert des Zieles i im Zukunftsszenario j. Der jeweils beste Wert jedes Zieles i wird unter den Planungsalternativen s gesucht. Die Normierung erfolgt durch den Wert des Zieles selbst, da der beste Wert oftmals Null ist und somit keine Division zulässt. Die 90. Perzentile der Abweichungen D wird herangezogen, um einerseits das „schlechte“ Ende der Abweichungen abzubilden, jedoch Ausreißer nicht zu stark zu bewerten.

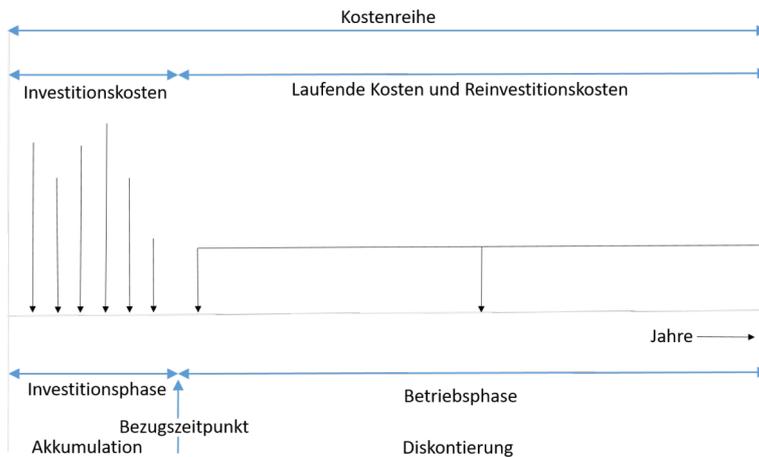
3.1.5 Kosteneffizienz

3.1.5.1 Life-Cycle-Costs

Bei der Auswahl der geeigneten Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen spielen natürlich auch wirtschaftliche Überlegungen eine entscheidende Rolle. Hierbei sollten sowohl die Herstellungs- als auch die Betriebskosten und Reinvestitionskosten berücksichtigt werden. Zusammen mit der Nutzungsdauer der jeweiligen NWB-Maßnahme gehen diese in eine dynamische Kostenvergleichsrechnung ein (z. B. nach (DWA, 2012)).

Die Kosten bei unterschiedlichen Planungsalternativen können zu unterschiedlichen Zeiten auftreten (siehe Abbildung 6). Zudem kann es deutliche Unterschiede geben bezüglich des Verhältnisses von Investitionskosten und laufenden Kosten. Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, müssen die konkreten Kosten zeitlich gewichtet werden. Dies erfolgt durch Auf- bzw. Abzinsen auf einen bestimmten Bezugszeitpunkt.

Abbildung 6 Auftreten von verschiedenen Kostenarten und zeitlicher Bezug; nach (DWA, 2012)



Kostenansätze können je nach Land oder sogar Region und der aktuellen Marktlage deutliche Unterschiede aufweisen. Daher können generelle Ansätze kaum geliefert werden. Kosten für eine fundierte Wirtschaftlichkeitsuntersuchung sind daher je Fallbeispiel gesondert zu eruieren.

Anhaltspunkte zu Kosten liefern Projektberichte wie beispielsweise ECOSTORMA (Muschalla et al., 2014) oder KURAS (A. Matzinger et al., 2017). Einen Leitfaden zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen liefert beispielsweise die Stadt Berlin (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011). Auch hier finden sich Kostenansätze sowie Ansätze zu Nutzungsdauern.

3.1.5.2 Anreizsystem: Getrennte Kanalbenutzungsgebühren

Gerade bei der Umsetzung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen im Bestand können Anreizsysteme ein wichtiges Mittel zur Steigerung der Umsetzungsbereitschaft sein. Ein mögliches Anreizsystem ist die Einführung getrennter Kanalbenutzungsgebühren („Abwassergebührensplitting“) für Schmutz- und Niederschlagswasser.

Um die Abwassergebühren verursachergerecht zu ermitteln, sollte also eine Einteilung erfolgen in:

- Eine Schmutzwassergebühr (nach Frischwasserverbrauch berechnet)
- Eine Niederschlagswassergebühr (berechnet nach dem Anteil an versiegelten und an die Kanalisation angeschlossenen Flächen)

Somit werden dem Verursacherprinzip folgend Bürger, auf deren Grundstück Niederschlagswasserabfluss anfällt, welches über die Kanalisation abgeleitet wird, mit einer eigenen Gebühr belastet. Somit wird ein Anreiz gesetzt, Flächen zu entsiegeln und Niederschlagswasser beispielsweise zu speichern oder zu versickern.

Für die Aufteilung der Gesamtkosten auf die Kostenträger Schmutz- und Niederschlagswasser bei der Mischwasserkanalisation gibt es unterschiedliche Ansätze, wie die Verteilungsschlüssel ermittelt werden können. Auch bei der Festlegung eines flächenbezogenen Maßstabes und der eigentlichen Flächenermittlung können unterschiedliche Vorgehensweise herangezogen werden.

Schlussendlich lassen sich die Abwassergebühren berechnen:

$$\text{Schmutzwassergebühr} \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^3} \right] = \frac{\text{Jährliche Kosten SW} \left[\frac{\text{€}}{\text{a}} \right]}{\text{Jährlicher Trinkwasserverbrauch} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right]}$$

$$\text{Niederschlagswassergebühr} \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2 * \text{a}} \right] = \frac{\text{Jährliche Kosten NW} \left[\frac{\text{€}}{\text{a}} \right]}{\text{Gebührenrelevante Flächen} \left[\text{m}^2 \right]}$$

Weiterführende Informationen zum Abwassergebührensplitting finden sich u.a. in (Muschalla et al., 2014) und (Scheucher, 2006).

Für Grundlagen und den Aufbau einer Kosten- und Leistungsrechnung in der Abwasserentsorgung wird auf den ÖWAV-Arbeitsbehelf 41 „Grundlagen und Aufbau der Kosten- und Leistungsrechnung in der Abwasserentsorgung“ (ÖWAV, 2013) sowie den ÖWAV-Arbeitsbehelf 48 „Grundlagen und Aufbau einer Gebührenkalkulation in der Abwasserentsorgung“ (ÖWAV, 2016) verwiesen.

3.2 Rechtliche und technische Randbedingungen

Niederschlagswasserbewirtschaftung ist aus rechtlicher Sicht eine Querschnittsmaterie. Unterschiedliche Gesetze und Richtlinien auf Bundes-, Landes- und Gemeindeebene haben Einfluss auf die Umsetzbarkeit von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Auf Grund der Vielzahl an Bestimmungen kann hier nur ein Überblick über die rechtliche Situation gegeben werden. Die genauen Rahmenbedingungen müssen in den einzelnen Fällen geprüft werden.

(Kroiss und Waitz, 2011) bieten eine ausführliche Zusammenstellung der rechtlichen Grundlagen für die Niederschlagswasserbewirtschaftung. Auf Bundesebene sind vor allem die Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (AAEV) und das Wasserrechtsgesetz (WRG) von Bedeutung. In der AAEV (§ 1 Abs 3 Z 3) findet sich die Definition von Niederschlagswasser.

„Wasser, das zufolge natürlicher oder künstlicher hydrologischer Vorgänge als Regen, Tau, Hagel, Schnee oder ähnliches auf ein bestimmtes Einzugsgebiet fällt und an der Landoberfläche dieses Einzugsgebietes zu einem Gewässer abfließt oder durch technische Maßnahmen abgeleitet wird.“

Das WRG regelt unter anderem die Bewilligungspflicht von Maßnahmen, welche einen Einfluss auf die Gewässerbeschaffenheit haben (WRG §32). Um die QZV Chemie GW, die QZV Chemie OG aber auch die QZV Ökologie OG einzuhalten, spielt das Ausmaß der Verunreinigung des Niederschlagswassers eine wesentliche Rolle. Als Grundlage hierfür dient die Flächentypeneinteilung des (ÖWAV-Regelblatt 45, 2014), welches die Behandlung von Niederschlagswässern beinhaltet. Zusätzlich bietet das Regelblatt eine Übersicht über Anforderungen bei Versickerung und bei Einleitung in Oberflächengewässer je Flächentyp.

Auf Landesebene ist die Niederschlagswasserbewirtschaftung vorrangig über die Bauordnung sowie über Bestimmungen zur Einleitung von Niederschlagswasser in den Kanal in Gesetzen inkludiert. Hierzu zählen das Bgld. Kanalanschlußgesetz, das Ktn. Gemeindekanalisationsgesetz, das NÖ Kanalgesetz, das Oö. Abwasserentsorgungsgesetz, das Steiermärkische Kanalgesetz, das Benützungsgebührengesetz (Salzburg), das Tiroler Kanalisationsgesetz, das Vorarlberger Kanalisationsgesetz sowie das Kanalanlagen- und Einmündungsgebührengesetz (Wien).

Die Landesgesetze überlassen den Gemeinden einen unterschiedlichen Grad an Selbstbestimmung in Bezug auf Niederschlagswasserbewirtschaftung. Während eine oberösterreichische Gemeinde eine eigene Kanalordnung erlassen muss und damit die Einleitungsbedingungen definieren kann, können niederösterreichische Gemeinden nur Gebühren für Niederschlagswassereinleitung festlegen, wobei auch diese vom Landesgesetz beschränkt sind (Kroiss und Waitz, 2011).

Die **Raumordnungsgesetze der Bundesländer** enthalten unterschiedliche Möglichkeiten, das Thema Niederschlagswasser in den Planungsinstrumenten der örtlichen Raumplanung aufzugreifen. Für die Berücksichtigung des Themas in mittelfristigen Entwicklungsstrategien von Gemeinde und die vorausschauende Sicherung von Flächen (z.B. für die Versickerung von

Regenwasser) ist es notwendig, das Thema Oberflächenentwässerung nicht erst im Bauverfahren, sondern bereits im Rahmen der örtlichen Raumplanung zu berücksichtigen. Aus diesem Grund wurde eine Übersicht der jeweiligen Bestimmungen der Raumordnungsgesetze erstellt.

Allgemein stehen in Österreich folgende Instrumente auf örtlicher Ebene zur Verfügung:

Das **Örtliche Entwicklungskonzept** als mittelfristige (10-25 Jahre) Entwicklungsstrategie einer Gemeinde (nicht parzellenscharf).

Der **Flächenwidmungsplan** (Maßstab 1:5000) als zentrales Instrument der örtlichen Raumplanung mit einer parzellenscharfen räumlichen Gliederung mit verbindlichen Nutzungskategorien (Widmungen) und Kenntlichmachung übergeordneter Planungsinhalte.

Der **Bebauungsplan** (Maßstab 1:1000) kann detaillierte Regelungen für Bebauung, Verkehrserschließung und Grünflächen enthalten und für eine gesamte Gemeinde oder Teilgebiete erlassen werden.

Einen Überblick über ausgewählte Grundsätze und Ziele, Planungsinstrumente, Rahmenbedingungen für die Eignung als Bauland sowie Möglichkeiten der Bebauungsplanung der unterschiedlichen Bundesländer bietet Kapitel 11.1.

Die **Grundsätze und Ziele** der jeweiligen Gesetze bieten unterschiedliche Ansatzpunkte zur Berücksichtigung von Niederschlagswasser im Bereich der örtlichen Raumplanung. Diese umfassen beispielsweise:

- den umfassenden Schutz der Umwelt vor schädlichen Einwirkungen sowie die Sicherung oder Wiederherstellung eines ausgewogenen Naturhaushaltes;
- eine verstärkte Berücksichtigung der Umweltschutzbelange und entsprechende Wahrnehmung der Klimaschutzbelange bei der Abwägung ökologischer und ökonomischer Ansprüche an den Raum
- die möglichst sparsame Verwendung von Grund und Boden
- die Begrenzung und räumliche Verdichtung von Siedlungsbereichen
- die Entwicklung der Siedlungsstruktur in Bereichen, die bereits mit Infrastruktur erschlossen sind, oder mit vertretbarem wirtschaftlichem Aufwand erschlossen werden können
- die Sicherstellung der ordnungsgemäßen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung

Planungsinstrumente: Für die oben angeführten Instrumente der örtlichen Raumplanung variieren die gesetzlichen Bestimmungen in den Bundesländern, dementsprechend sind sie unterschiedlich etabliert, auch Zusammenhänge zwischen den Instrumenten unterscheiden sich. Das Instrument des Flächenwidmungsplans ist jenes, welches in allen Bundesländern vorhanden ist. Entwicklungskonzepte und Bebauungspläne sind je nach Bundesland entweder verpflichtend zu erstellen, oder Instrumente, die weitere Möglichkeiten zur Steuerung der räumlichen Entwicklung und Bebauung in den Gemeinden bereitstellen. Auf Ebene der Widmung besteht die Möglichkeit, **Flächen**, die im Zusammenhang der Behandlung von Niederschlagswasser stehen zu **sichern bzw. von einer Bebauung freizuhalten**.

Einer der Ansatzpunkte im Kontext der Flächenwidmung ist der Aspekt der **Bauland-Eignung**: Hier wird in den jeweiligen Gesetzen definiert, welche Flächen sich grundsätzlich als Bauland eignen. In manchen Bundesländern findet sich hier ein Verweis auf die wirtschaftlichen Kosten, die mit der infrastrukturellen Ver- und Entsorgung (Wasser, Abwasser, ...) verbunden sind.

Die räumlich detaillierteste Möglichkeit auf die Ausgestaltung von Bebauung, Verkehrsflächen und Grünflächen Einfluss zu nehmen, bietet der **Bebauungsplan**. Die Regelungen der Bundesländer bieten u.a. Möglichkeiten das bauliche Ausmaß einzuschränken (Mindest- bzw. Höchstausmaße), konkrete Vorgaben für die äußere Gestaltung (Firstrichtung, Dachform, Dachneigung) zu machen, die Versickerung bzw. Ableitung von Niederschlagswässern einzuschränken, Bestimmungen über Maßnahmen der Dach- und Gebäudebegrünung, den Erhalt oder die Schaffung von Grünflächen zu treffen sowie den Ausbau und die Ausgestaltung von öffentlichen und privaten Verkehrsflächen (Straßen, Parkplätze) zu bestimmen.

Zusätzlich wurde in vielen Bundesländern (Amt der Tiroler Landesregierung - Abteilung Wasserwirtschaft Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft, 2016; Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2007; Ankowitsch et al., 2012; Buchgeher et al., 2008; Grimm und Achleitner, 2010a) Leitfäden für den Einsatz von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen herausgegeben (siehe Tabelle 2). Neben einer Zusammenfassung der rechtlichen Grundlagen beinhalten die Leitfäden Grundlagen zu unterschiedlichen Maßnahmen. Fast alle bauen auf den im ÖWAV-Regelblatt 35 bzw. 45 (ÖWAV, 2003, 2015a) definierten Flächentypen auf. Einzig im niederösterreichischen Leitfaden findet sich die Einteilung nicht wieder. Hier wird jedoch ein genauerer Planungsprozess als in den anderen beschrieben (Grimm und Achleitner, 2010a). Die Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Niederschlagswasser im Rahmen der örtlichen

Raumplanung werden in den Leitfäden in unterschiedlichem Ausmaß dargestellt bzw. aufgegriffen.

Tabelle 2 Leitfäden der Bundesländer zum Umgang mit Niederschlagswasser (Stand März 2018)

| Bundesland | Titel des Leitfadens | Jahr | Raumplanung thematisiert |
|------------------|--|---------|--------------------------|
| Niederösterreich | Naturnahe Oberflächenentwässerung für Siedlungsgebiete – Leitfaden für die Planung | 02/2010 | Ja |
| | Naturnahe Oberflächenentwässerung für Siedlungsgebiete - Leitfaden für Gemeinden | | |
| | Maßnahmenkatalog für einen Nachhaltigen Umgang mit Wasser und Boden in NÖ Gemeinden | 03/2010 | Ja |
| Oberösterreich | Beseitigung von Dach-, Parkplatz- und Straßenwässern Grundsätze aus wasserrechtlicher und wasserwirtschaftlicher Sicht – Leitfaden | 09/2008 | Nein |
| Salzburg | Handbuch Raumordnung Salzburg (Kapitel 7.2) | 2012 | Ja |
| Steiermark | Leitfaden für Oberflächenentwässerung | 08/2017 | Ja |
| Kärnten | Leitfaden zur Verbringung von Oberflächenwässern für das Bundesland Kärnten | 10/2016 | Nein |
| Tirol | Leitfaden Entsorgung von Oberflächenwässern | 10/2016 | Nein |
| Vorarlberg | Oberflächenentwässerung - Leitfaden zum Umgang mit Niederschlagswässern aus Gewerbe-, Industrie- und Verkehrsflächen | 07/2007 | Nein |
| | Entsiegeln und Versickern - Leitfaden für den Wohnbau | 07/2008 | (Ja) |

Weiters gibt es eine Reihe an technischen Normen und Regelwerken, welche für die Regenwasserbewirtschaftung relevant sind. Diese umfassen unterschiedliche Aspekte der, von generellen Zielen der Entwässerung (z.B.: EN 752, DWA A 100) über die Wahl des Entwässerungssystems (z.B.: ÖWAV-RB 9, ATV A 105) bis zur detaillierten Ausführung (z.B.: ÖWAV-RB 11, ÖWAV-RB 19, ÖNORM B 2506-1). Eine Zusammenstellung relevanter Regelwerke und Normen ist in Tabelle 3 zu finden.

Tabelle 3 Relevante Regelwerke und Normen der Regenwasserbewirtschaftung

| ÖWAV-Regelwerke | |
|--|---|
| ÖWAV-Regelblatt 9 | Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren.. |
| ÖWAV-Regelblatt 11 | Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen |
| ÖWAV-Regelblatt 19 | Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen |
| ÖWAV-Regelblatt 35 | Behandlung von Niederschlagswässern |
| ÖWAV-Regelblatt 45 | Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund |
| Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) | |
| RVS 03.08.65 | Straßenentwässerung |
| RVS 04.04.11 | Gewässerschutz an Straßen |
| DWA-Regelwerke | |
| ATV A 105 | Wahl des Entwässerungssystems |
| ATV A 111 | Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Regenwasser-Entlastungsanlagen in Abwasserkanälen und -leitungen |
| ATV A 121 | Niederschlag – Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer, Niederschlagsmessungen, Auswertung |
| ATV A 128 | Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen |
| ATV A 200 | Grundsätze für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten |
| ATV-DVWK M 176 | Hinweise und Beispiele zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung |
| ATV-DVWK-A 157 | Bauwerke der Kanalisation |
| ATV-DVWK-M 165 | Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Stadtentwässerung |
| ATV-DVWK-M 177 | Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen – Erläuterungen und Beispiele |
| ATV-M 101 | Planung von Entwässerungsanlagen – Neubau-, Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen |
| DWA A 100 | Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE) |
| DWA A102 | Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer (Entwurf) |
| DWA A 110 | Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen |

| | |
|-----------------------|---|
| DWA A 112 | Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserleitungen und -kanälen |
| DWA A 117 | Bemessung von Regenrückhalteräumen |
| DWA A 118 | Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen |
| DWA A 133 | Wertermittlung von Abwasseranlagen – Systematische Erfassung, Bewertung und Fortschreibung |
| DWA A 138 | Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser |
| DWA A 166 | Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung, Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung |
| DWA A 178 | Retentionsbodenfilteranlagen (Entwurf) |
| DWA M 153 | Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser |
| DWA M 178 | Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem |
| Normen | |
| ÖNORM B 2400 | Hydrologie – Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen |
| ÖNORM B 2500 | Abwassertechnik – Entstehung und Entsorgung von Abwasser - Benennungen und ihre Definitionen sowie Zeichen |
| ÖNORM B 2503 | Kanalanlagen - Planung, Ausführung, Prüfung, Betrieb - Ergänzende Bestimmungen zu ÖNORM EN 476, ÖNORM EN 752 und ÖNORM EN 1610 |
| ÖNORM B 2506-1 | Regenwässer-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb |
| ÖNORM B 2506-2 | Regenwässer-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Teil 2: Qualitative Anforderungen an das zu versickernde Regenwasser, sowie Anforderungen an Bemessung, Bau und Betrieb von Reinigungsanlagen |
| ÖNORM B 2506-3 | Regenwasser - Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Teil 3: Filtermaterialien (Anforderungen und Prüfmethode) |
| ÖNORM B 2572 | Grundsätze der Regenwassernutzung |
| ÖNORM B 2607 | Spielplätze – Planungsrichtlinien |
| ÖNORM B 4422-1 | Erd- und Grundbau – Untersuchung von Bodenproben Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit – Laborprüfungen |
| ÖNORM B 4422-2 | Erd- und Grundbau – Untersuchung von Böden Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit – Feldmethoden für oberflächennahe Schichten |
| ÖNORM B 5101 | Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten (z.B. Öl und Benzin) – Ergänzende Anforderungen zu den ÖNORMEN EN 858-1 und –2, Kennzeichnung der Normkonformität |
| ÖNORM B 5102 | Reinigungsanlagen für Regenwasser von Verkehrs- und Abstellflächen (Verkehrsflächen – Sicherungsschächte) |

| | |
|--|---|
| ÖNORM EN 1433 | Entwässerungsrinnen für Verkehrsflächen |
| ÖNORM EN 16192 | Charakterisierung von Abfällen – Analyse von Eluaten |
| ÖNORM EN 752 | Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden |
| ÖNORM EN 858-1 | Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten (z.B. Öl und Benzin), Teil 1: Bau-, Funktions- und Prüfgrundsätze, Kennzeichnung und Güteüberwachung |
| ÖNORM EN 858-2 | Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten (z.B. Öl und Benzin), Teil 2: Wahl der Nenngröße, Einbau, Betrieb und Wartung |
| ÖNORM EN ISO 22475-1 | Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung |
| ÖNORM L 1050 | Boden als Pflanzenstandort – Begriffe und Untersuchungsverfahren |
| ÖNORM L 1066 | Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Versickerungsintensität mit dem Doppelring- Infiltrimeter (Feldmethode) |
| ÖNORM L 1080 | Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch trockene Verbrennung mit und ohne Berücksichtigung von Carbonaten |
| ÖNORM L 1081 | Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch Nassoxydation |
| ONR 121131 | Qualitätssicherung im Grünraum. Gründach – Richtlinien für die Planung, Ausführung und Erhaltung |
| Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. (FLL) | |
| | Richtlinie für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen |
| | Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen |
| | Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung |

3.3 Einzugsgebietsbezogene Randbedingungen

Die Möglichkeiten des Einsatzes unterschiedlicher Maßnahmen werden unter anderem durch natürliche Randbedingungen bestimmt. Bei bestimmten vorherrschenden Randbedingungen bedarf es einer genauen Prüfung der Einsetzbarkeit bestimmter Maßnahmen. Im Folgenden werden unterschiedliche Randbedingungen und deren Einfluss auf die Anwendbarkeit mehrerer Maßnahmen beschrieben. Die Wirkung der Randbedingungen auf die Maßnahmen wird qualitativ dargestellt und nach Möglichkeit um konkrete Zahlen aus der Literatur ergänzt. Der Einfluss der Grundbedingungen auf die Anwendbarkeit einzelner Maßnahmen oder Maßnahmengruppen ist in Tabellenform zusammengefasst und farblich gekennzeichnet. Grüne Zellen stellen eine generell gute Anwendbarkeit unter den gegebenen Bedingungen dar und orangene Zellen signalisieren, dass eine Umsetzung der

Maßnahme schwierig oder eine genauere Prüfung notwendig ist. Die untersuchten Maßnahmen entsprechen den Maßnahmen aus Kapitel 4.2, welche zum Teil nach den vorherrschenden Prozessen (Ableitung, Retention, Versickerung) zusammengefasst sind.

3.3.1 Klimatische und meteorologische Randbedingungen

3.3.1.1 Niederschlag

Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen sind auf eine Bemessungsregenspende auszulegen, welche charakteristisch für das geografische Gebiet ist (Ankowitz et al., 2012). Sie ist über die Wiederkehrzeit und Dauer eines Niederschlagsereignisses definiert (Grimm und Achleitner, 2010b). Die zu wählende Wiederkehrzeiten, für welche keine Überflutung auftritt, sind in Tabelle 4 dargestellt und abhängig vom Schadens- oder Gefährdungspotential. Die zu wählende Wiederkehrzeit, für welche keine Überlastung auftritt, ist abhängig von der Landnutzung und in Tabelle 5 angeführt.

Die Bemessungsregenspende hat somit Einfluss auf die Größe der Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen und bei oberirdischen Maßnahmen somit auch auf den Flächenbedarf.

Tabelle 4 Wiederkehrzeit für Bemessungsregenspende nach ÖRNORM EN 752 (Überflutung)

| Auswirkung | Beispielhafte Orte | Wiederkehrzeit (1 mal in „n“ Jahren) |
|--------------------------|---|---|
| Sehr gering | Straßen, offene Flächen abseits von Gebäuden | 1 in 1 |
| Gering | Agrarland | 1 in 2 |
| Gering bis mittel | Für öffentliche Einrichtungen genutzte offene Flächen | 1 in 3 |
| Mittel | An Gebäude angrenzende Straßen oder offene Flächen | 1 in 5 |
| Mittel bis stark | Überflutung in genutzten Gebäuden (exkl. Kellerräume) | 1 in 10 |
| Stark | Hohe Überflutung in genutzten Kellerräumen oder Straßenunterführungen | 1 in 30 |
| Sehr Stark | Kritische Infrastruktur | 1 in 50 |

Tabelle 5 Wiederkehrzeit für Bemessungsregenspende nach ÖNORM EN 752 (Überlastung)

| Flächennutzung | Wiederkehrzeit (1 mal in „n“ Jahren) |
|---|---|
| Ländliche Gebiete | 1 in 1 |
| Wohngebiete | 1 in 2 |
| Stadtzentren, Industrie und Gewerbegebiete | 1 in 5 |
| Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen | 1 in 10 |

3.3.1.2 Temperatur

Beim Einsatz von Regentonnen und Regenzysternen für die Regenwassernutzung ist auf die Umgebungstemperatur zu achten. Um eine Nutzung bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt zu ermöglichen, müssen diese unterirdisch oder in Gebäuden untergebracht sein. Im Außenbereich können Regentonnen nur saisonal Verwendung finden (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010).

3.3.2 Geologische Randbedingungen

3.3.2.1 Bodendurchlässigkeit

Die Durchlässigkeit des Bodens hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Wahl des Entwässerungsverfahrens, da sie vor allem die Anwendbarkeit von Versickerungsmaßnahmen beeinflusst. Die Wasserdurchlässigkeit des Bodens ist abhängig von dessen Zusammensetzung. Während feinsandige bis kiesige Böden eine gute Sickerfähigkeit aufweisen, ist diese bei schluffigen und tonigen Böden geringer (Grimm und Achleitner, 2010b). Die Sickerfähigkeit variiert stark innerhalb der Bodenarten und kann vom Untergrund, der Bodenstruktur und auch Bauarbeiten beeinflusst werden. Daher werden Sickerversuche zur genauen Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes empfohlen (Woods Ballard et al., 2015a). Ein geringer Durchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert) des Bodens bewirkt, dass eine Retention vor der Versickerung notwendig ist (Grimm und Achleitner, 2010b). Die Mächtigkeit und räumliche Verteilung von Schichten mit geringem kf-Wert sollte ermittelt werden (Ankowitz et al., 2012). Ist der Durchlässigkeitsbeiwert jedoch zu groß, kann auch das Grundwasser gefährdet sein, da die Filterwirkung des Bodens nicht gegeben ist (Woods Ballard et al., 2015a). Daher sind in der Literatur für Versickerungsmaßnahmen sowohl maximale als auch minimale Durchlässigkeitsbeiwerte für den Einsatz zu finden.

Im Allgemeinen wird für Versickerungsanlagen ein kf-Wert zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ und $1 \cdot 10^{-5}$ m/s empfohlen. Bei größeren kf-Werten (bis $2 \cdot 10^{-4}$ m/s) kann bei genauerer Betrachtung auch der Abfluss von wenig verschmutzten Flächen versickert werden (Amt der Tiroler Landesregierung - Abteilung Wasserwirtschaft Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft, 2016). Bei kleineren kf-Werten wird ein Einsatz von Versickerungsanlagen primär im dezentralen Raum empfohlen (KURAS, 2016). In Tabelle 6 ist der Einfluss des kf-Werts auf den Einsatz unterschiedlicher Maßnahmen zu sehen.

Tabelle 6 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit des Durchlässigkeitsbeiwerts

| Kf-Wert (m/s) | $1 \cdot 10^{-7}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ | $1 \cdot 10^{-5}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Ableitung über Mischwasserkanal | + | + | + | + | + |
| Ableitung über Regenwasserkanal | + | + | + | + | + |
| Ableitung über Transportmulden und Gräben | + | + | + | + | + |
| Retention in Speicherkanälen | + | + | + | + | + |
| Fassadenbegrünung | + | + | + | + | + |
| Gründach | + | + | + | + | + |
| Regentonne, Regenzisterne | + | + | + | + | + |
| Flächenversickerung | - | + | + | + | - |
| Muldenversickerung | - | + | + | + | - |
| Beckenversickerung | - | - | + | + | - |
| Rigolen- oder Rohrversickerung | - | - | + | + | - |
| Schachtversickerung | - | - | + | + | - |
| Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung | - | - | + | + | - |
| Retentionsraumversickerung (Teich) | - | - | + | + | - |

3.3.2.2 Untergrund

Neben der Sickerfähigkeit des Bodens gibt es auch andere Eigenschaften des Untergrunds, welche vor allem bei Versickerungsmaßnahmen betrachtet werden müssen. Zum einen ist die Möglichkeit der Elution wasserlöslicher Substanzen, welche einen negativen Einfluss auf das Grundwasser haben könnten, zu prüfen. Zum anderen ist die Veränderbarkeit des Untergrundes auf Grund von Veränderungen der Bodensättigung, des Wasserdrucks oder der Durchströmung zu beachten (Ankowitzsch et al., 2012). Besonders in Hanglagen ist die Erhaltung der Stabilität des Hangs bei Versickerung wichtig (Woods Ballard et al., 2015a).

3.3.3 Strukturelle und städtebauliche Randbedingungen

Art und Dichte der Bebauung haben einen Einfluss auf den Einsatz von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Zum einen ist die Flächenverfügbarkeit in einem Siedlungsgebiet von Bedeutung für Maßnahmen, welche an der Oberfläche gesetzt werden und zum anderen kann die Bebauung selbst Einfluss auf die Machbarkeit einzelner Maßnahmen haben. Weiters ist die Einsatzmöglichkeit mancher Maßnahmen von der Oberflächenbeschaffenheit der abflusswirksamen Flächen abhängig. Diese Aspekte werden in den folgenden Unterkapiteln behandelt.

3.3.3.1 Siedlungsstruktur und Flächenverfügbarkeit

Die Dichte der Bebauung ist ein Indikator für die Flächenverfügbarkeit in einer Siedlung. Zusätzlich sind Informationen über die Bevölkerungsdichte ableitbar. Die Bevölkerungsdichte hat einen Einfluss auf die Notwendigkeit von weitergehender Behandlung des Niederschlagswassers, da diese bei einem Verhältnis von Personen in einem Einzugsgebiet zum mittlern Gewässerabfluss (l/s) größer als 10 zu prüfen ist (ÖWAV, 2003). Bei der Flächenverfügbarkeit spielen je nach Maßnahme die Größe, Breite und Länge der verfügbaren Fläche, die Entfernung zu Gebäuden bzw. die Gestaltung der Gebäude eine Rolle.

Die Gestaltung von Gebäuden stellt eine Randbedingung für den Einsatz von Gründächern und Fassadenbegrünungen dar. Bei denkmalgeschützten Gebäuden kann der Einsatz dieser Maßnahmen beschränkt sein, weshalb eine genaue Prüfung der Anwendbarkeit notwendig ist (KURAS, 2016). Für die Anwendung von Gründächern spielen zum einen die Dachform und zum anderen statische Anforderungen eine wichtige Rolle. Gründächer werden meist als Flachdächer mit geringem Gefälle ausgeführt. Extensive Aufbauten können auch bei größeren Neigungen eingesetzt werden, jedoch sind ab etwa 30 % zusätzlich Schubschwellen einzubauen. Der Aufbau des Gründaches ist ausschlaggebend für die Traglast, welche das Dach aufnehmen können muss. Während bei extensiver Begrünung eine Last von 50 bis 170

kg/ m² aufgebracht wird, liegen intensive Begrünungen im Mittel bei 200 bis 300 kg/m². Die Last ergibt sich unter anderem durch das im Substrat speicherbare NW, welches einen wesentlichen Anteil des Gewichts ausmacht (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, 2010). Die Randbedingungen für intensive und extensive Gründächer sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7 Gebäudespezifische Randbedingungen für den Einsatz von Gründächern (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, 2010)

| | Neigung | | | Traglast | |
|----------------------------|---------|-----------|-------|------------------------|------------------------|
| | < 10° | 10° - 45° | > 45° | <170 kg/m ² | >170 kg/m ² |
| Extensives Gründach | + | + | - | + | + |
| Intensives Gründach | + | - | - | - | + |

Die Verfügbarkeit an Freifläche im Verhältnis zur entwässerten Fläche ist eine Randbedingung beim Einsatz von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen an der Oberfläche. Zum einen sind Freiflächen für die Versickerung notwendig und zum anderen für die oberflächige Ableitung von NW. Zur Evaluierung des verfügbaren Platzes für kann der Versiegelungsgrad an einem Standort herangezogen werden (Kruse et al., 2014). Die notwendige Maßnahmenfläche reicht von 10 % der entwässerten Fläche bei Retentionsraumversickerung bis zu mehr als 50% bei Flächenversickerung (KURAS, 2016). Desto größer das vorhandene Retentionsvolumen und der Sickerbeiwert sind desto geringer ist der Flächenbedarf. Die genauen Randbedingungen des Flächenverbrauchs sind in Tabelle 8 gegeben.

Tabelle 8 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit der Flächenverfügbarkeit für die Maßnahmen im Verhältnis zur entwässerten Fläche

| Flächenverfügbarkeit (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | >50 |
|--|---|----|----|----|----|-----|
| Ableitung über Mischwasserkanal | + | + | + | + | + | + |
| Ableitung über Regenwasserkanal | + | + | + | + | + | + |
| Ableitung über Transportmulden und Gräben | - | + | + | + | + | + |

| Flächenverfügbarkeit (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | >50 |
|------------------------------------|---|----|----|----|----|-----|
| Retention in Speicherkanälen | + | + | + | + | + | + |
| Fassadenbegrünung | + | + | + | + | + | + |
| Gründach | + | + | + | + | + | + |
| Regentonne, Regenzisterne | + | + | + | + | + | + |
| Flächenversickerung | - | - | - | - | - | + |
| Muldenversickerung | - | - | + | + | + | + |
| Beckenversickerung | - | - | + | + | + | + |
| Rigolen- oder Rohrversickerung | - | + | + | + | + | + |
| Schachtversickerung | - | + | + | + | + | + |
| Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung | - | + | + | + | + | + |
| Retentionsraumversickerung (Teich) | - | + | + | + | + | + |

Die Entfernung von Versickerungsmaßnahmen zu Gebäuden muss in der Beurteilung der verfügbaren Freiflächen mitberücksichtigt werden. Ein minimaler Abstand von vier bis fünf Meter wird empfohlen (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010). Als weitere Grenze ist ein minimaler Abstand, welcher der 1,5-fachen Kellertiefe entspricht, in der Literatur zu finden (Grimm und Achleitner, 2010b).

Weiters wird für straßenbegleitende Retentionsmulden idealerweise eine minimale Breite von 1 m empfohlen, um ausreichend Retentionsvolumen bei flacher Böschung zu gewährleisten (Grimm und Achleitner, 2010b). Eine weitere Einschränkung stellt der maximale Fließweg über versiegelte Flächen vor Flächenversickerungsmaßnahmen dar, da es ab einem Fließweg von mehr als 25 m zu einer Konzentration des Abflusses kommt und die flächige Verteilung des Abflusses somit nicht gegeben ist (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010).

3.3.3.2 Oberflächenbeschaffenheit

Zu den städtebaulichen Randbedingungen zählt auch die Art bzw. Nutzung der entwässerten Fläche (ÖWAV, 2008). Je nach Beschaffenheit der Oberfläche ist mit einem unterschiedlich

starken Austrag von organischen und anorganischen Stoffen zu rechnen (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010). In den ÖWAV-Regelblättern 35 (2003) und 45 (ÖWAV, 2015a) ist eine Einteilung der Verunreinigung von NW-Abflüssen in Abhängigkeit der abflusswirksamen Fläche zu finden. Die Flächentypen des Regelblattes sind in Tabelle 9 wiederzufinden und beeinflussen den Einsatz unterschiedlicher Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Bei dem Nutzen von NW zur Bewässerung ist zusätzlich das Vorkommen von mit Biozid behafteten abflusswirksamen Flächen zu prüfen (KURAS, 2016).

Abbildung 7 : Einteilung der Niederschlagsabflüsse nach Herkunftsfläche (ÖWAV Regelblatt 45, 2015a)

| Flächentyp | Art der Fläche |
|------------|---|
| F1 | <ul style="list-style-type: none"> • Dachflächen (Glas-, Grün-, Kies- und Tondächer, zementgebundene und kunststoffbeschichtete Deckungen), gering verschmutzt. • Alle anderen Dachflächenmaterialien und Terrassen (gering verschmutzt) mit einem Gesamtflächenanteil nicht größer als 200 m² projizierter Fläche. • Rad- und Gehwege. • Nicht befahrene Vorplätze und Zufahrten für Einsatzfahrzeuge. |
| F2 | <ul style="list-style-type: none"> • Dachflächen und Terrassen, gering verschmutzt, die nicht dem Flächentyp F1 zugeordnet werden können. • Parkflächen für Pkw nicht größer als 20 Parkplätze bzw. 400 m² (Abstellflächen inkl. Zufahrt). • Parkflächen für Pkw größer als 20 Parkplätze und nicht größer als 75 Parkplätze bzw. 2.000 m² (Abstellflächen inkl. Zufahrt) mit nicht häufigem Fahrzeugwechsel (Wohnhausanlagen, Mitarbeiterparkplätze bei Betrieben, Park-and-Ride-Anlagen und Parkplätze mit ähnlich geringem Fahrzeugwechsel). • Fahrflächen mit einer JDTV bis 500 Kfz/24 h bzw. Gleisanlagen bis 5.000 Bto mit Ausnahme der freien Strecke. |
| F3 | <ul style="list-style-type: none"> • Parkflächen für Pkw größer als 20 Parkplätze und nicht größer als 75 Parkplätze bzw. 2.000 m² (Abstellflächen inkl. Zufahrt) mit häufigem Fahrzeugwechsel (z. B. Kundenparkplätze von Handelsbetrieben, wie z. B. Einkaufsmärkte). • Parkflächen für Pkw größer 75 Parkplätze und nicht größer als 1.000 Parkplätze. • Fahrflächen mit einer JDTV von 500 bis 15.000 Kfz/24 h bzw. Gleisanlagen größer 5.000 Bto mit Ausnahme der freien Strecke. • Park- und Stellflächen für Lkw, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Emissionen aus den Fahrzeugen (z. B. Verluste von Kraft- und Schmierstoffen, Frostschutzmitteln, Flüssigkeiten aus Brems- oder Klimatisierungssystemen etc.) mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. • Lager- und Manipulationsflächen sowie Umschlagplätze (Terminals), sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Ladegutverlust oder Manipulation (Tätigkeiten auf diesen Flächen) mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. |
| F4 | <ul style="list-style-type: none"> • Parkflächen für Pkw größer 1.000 Parkplätze (z. B. Einkaufszentren). • Betriebliche Fahrflächen mit einer JDTV über 15.000 Kfz/24 h (Straßen mit in der Regel mehr als zwei Fahrstreifen). • Betriebliche Fahrflächen, Plätze und Flächen mit starker Verschmutzung z. B. durch Landwirtschaft, Fuhrunternehmen und Märkte. |
| F5 | <ul style="list-style-type: none"> • Park- und Stellflächen, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Emissionen aus den Fahrzeugen nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. • Lager- und Manipulationsflächen sowie Umschlagplätze (Terminals), sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Ladegutverlust oder Manipulation (Tätigkeiten auf diesen Flächen) nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. • Dachflächen, stark verschmutzt (z. B. in Industriezonen mit hohen Emissionen). • Sonstige Flächen, stark verschmutzt. |

Abbildung 8 Herkunftsflächen und damit verbundene Entwässerungsanlagen (ÖWAV Regelblatt 45, 2015a)

| FLÄCHENTYP gemäß Tab. 2 | Systeme mit mineralischem Filter | | Systeme mit Rasen | | | Systeme mit Bodenfilter | | Systeme mit technischem Filter | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|---|-------------------|------------|-------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|
| | Sickerschacht | Unterirdischer Sickerkörper (Rigolenversickerung) | Rasenfläche | Rasenmulde | Rasenbecken | Bodenfilter in Mulden-/Rinnenform | Bodenfilter in Beckenform | Sickerschacht mit technischem Filter | Technischer Filter in Mulden-/Rinnenform | Technischer Filter in Beckenform |
| F1 | M | M | x | x | x | x | x | x | x | x |
| F2 | – | – | x | x | x | x | x | M | x | x |
| F3 | – | – | M ²⁾ | – | – | x | x | i. B. | M | M |
| F4 | – | – | – | – | – | x | x | i. B. | M | M |
| F5 | – | – | – | – | – | i. B. | i. B. | i. B. | i. B. | i. B. |

Empfohlen (x):

Die Anwendung dieser Entwässerungssysteme ist für den jeweiligen Flächentyp aus Sicht des Grundwasserschutzes anzustreben.

Zulässig (M):

Diese Entwässerungssysteme stellen aus Sicht des Grundwasserschutzes die Mindestanforderung dar und können für den jeweiligen Flächentyp zur Anwendung kommen.

Zulässig nach individueller Beurteilung (i. B.):

Diese Entwässerungssysteme können für den jeweiligen Flächentyp nur dann zur Anwendung kommen, wenn ein gesonderter Nachweis der erforderlichen Reinigungsleistung vorliegt.

Nicht zulässig (–):

Diese Entwässerungssysteme dürfen für den jeweiligen Flächentyp nicht zur Anwendung kommen.

Tabelle 9 Anwendbarkeit von NBW-Maßnahmen in Abhängigkeit des Flächentyps

| Flächentyp nach ÖWAV Regelblatt 35 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
|---|----|----|----|----|----|
| Ableitung über Mischwasserkanal | + | + | + | + | + |
| Ableitung über Regenwasserkanal | + | + | + | - | - |
| Ableitung über Transportmulden und Gräben | + | + | + | - | - |
| Retention in Speicherkanälen | + | + | + | + | + |
| Fassadenbegrünung | + | + | + | + | + |
| Gründach | + | + | + | + | + |
| Regentonne, Regenzisterne | + | + | + | + | + |
| Flächenversickerung | + | + | - | - | - |
| Muldenversickerung | + | + | + | - | - |
| Beckenversickerung | + | + | + | - | - |
| Rigolen- oder Rohrversickerung | + | - | - | - | - |
| Schachtversickerung | + | - | - | - | - |
| Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung | + | + | + | - | - |
| Retentionsraumversickerung (Teich) | + | + | + | - | - |

Bei den in Tabelle 9 dargestellten Farben steht grün für eine generelle Einsetzbarkeit. Bei orangenen Zellen müssen die Bedingungen näher geprüft werden oder eine Vorreinigung ist notwendig.

3.3.3.3 Altlasten

Altlasten im Untergrund können Problem beim Einsatz von Versickerungsmaßnahmen verursachen, da eine Kontamination des Grundwassers ausgeschlossen werden muss. Daher ist das flächige und vertikale Ausmaß von Altlasten in der Umgebung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zu untersuchen und mögliche Auswirkungen in der Planung zu berücksichtigen (Woods Ballard et al., 2015a). Der Einfluss von Altlasten auf die Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen ist in Tabelle 10 abgebildet.

Tabelle 10 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von Altlasten

| Altlasten | Ja | Nein |
|--------------|----|------|
| Ableitung | + | + |
| Retention | + | + |
| Verdunstung | + | + |
| Versickerung | - | + |

3.3.4 Wasserwirtschaftliche Randbedingungen

3.3.4.1 Grundwasser – Flurabstand

Der Grundwasserflurabstand stellt den Höhenunterschied zwischen Geländeoberfläche und Grundwasseroberfläche dar. Bei Versickerungsanlagen sollte der minimale Abstand 1 bis 1,5 Meter betragen (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010; Grimm und Achleitner, 2010b; ÖWAV, 2003). Der Einfluss auf die Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen ist in Tabelle 11 dargestellt. Bei der Bewertung des vorhandenen Grundwasserflurabstandes sind hohe Grundwasserstände sowie Grundwasserschwankungsbereiche zu betrachten (Ankowitz et al., 2012). Weiters ist die Möglichkeit einer lokalen Anhebung des Grundwasserspiegels durch großflächige Versickerung zu prüfen sowie die Folgen dieser zu bewerten. Besondere Aufmerksamkeit sollte hierbei auf Rückstaugefahren bei unterschiedlichen Geländeformen wie zum Beispiel Hanglage gelegt werden (Grimm und Achleitner, 2010b).

Tabelle 11 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit des Flurabstandes

| Flurabstand (m) | <1 | >1 |
|-----------------|----|----|
| Ableitung | + | + |
| Retention | + | + |
| Verdunstung | + | + |
| Versickerung | - | + |

3.3.4.2 Grundwassernutzung

Grundwassernutzung hat einen Einfluss auf die Anwendbarkeit von bestimmten Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Durch Versickerungsmaßnahmen kann es zur Beeinträchtigung der Wasserqualität des Grundwassers kommen, weshalb die Menge an Grundwassernutzungen im Einsatzgebiet geprüft werden sollte (Tabelle 12). Die Art des vorherrschenden Grundwassers sollte beim Einsatz von Versickerungsmaßnahmen berücksichtigt werden (Ankowitz et al., 2012). Eine weitergehende Reinigung vor der Versickerung kann zum Schutz des Grundwassers notwendig sein. Der Einsatz von Schachtversickerungen ist im Einzugsbereich von Brunnen nicht gestattet (Grimm und Achleitner, 2010b).

Tabelle 12 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von vorhandenen Grundwassernutzungen

| Grundwassernutzung | Ja | Nein |
|--------------------|----|------|
| Ableitung | + | + |
| Retention | + | + |
| Verdunstung | + | + |
| Versickerung | - | + |

3.3.4.3 Grundwasserschutz und -schongebiete

In Grundwasserschutz- und -schongebieten kann der Eintrag bestimmter Stoffe ins Grundwasser verboten werden. Dies kann die Anwendbarkeit von Versickerungsanlagen beeinträchtigen (ÖWAV, 2015a). In Grundwasserschutzgebieten gibt es unter anderem Verbote für die Versickerung von Abflüssen von Verkehrs-, Abstell-, Manipulations- und Lagerflächen. In Grundwasserschongebieten ist eine Bewilligung für die Versickerung von Abflüssen dieser Flächen notwendig (Ankowitz et al., 2012). In internationaler Literatur ist unter anderem die Empfehlung einer minimalen Fließzeit von 2 Jahren von Versickerungsanlagen von Straßen und Parkplätzen bis zu Brunnen zu finden (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010). Der Einsatz von Rigolen, Mulden-Rigolen-Systemen und Schachtversickerung bedarf in Schutzgebieten einer Bewilligung (KURAS, 2016). Die Anwendung von Versickerungsmaßnahmen ist daher in Tabelle 13 mit einer notwendigen Prüfung der Gegebenheiten gekennzeichnet.

Tabelle 13 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von Grundwasserschutz- und -schongebieten

| Grundwasserschutz- und -schongebiete | Ja | Nein |
|--------------------------------------|----|------|
| Ableitung | + | + |
| Retention | + | + |
| Verdunstung | + | + |
| Versickerung | - | + |

3.3.4.4 Fließgewässer

Bei Einsatz von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen sind sowohl qualitative als auch quantitative Aspekte des Vorfluters zu betrachten. Die ökologische Funktionsfähigkeit des Oberflächengewässers darf durch Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen nicht maßgeblich beeinflusst werden. Dies betrifft sowohl die Gewässergüte als auch die Hydraulik des Gewässers (ÖWAV, 2008). Bei einer Verdoppelung der Gesamtzahl an Geschiebetriebereignissen auf Grund der NWB ist laut Untersuchungen aus der Schweiz von einer Beeinträchtigung der ökologischen Funktionsfähigkeit auszugehen (ÖWAV, 2003). Die in den Vorfluter einleitbaren Mengen sind weiter begrenzt durch die hydraulische Kapazität des Gewässers. Sowohl bei Problemen mit Hochwasser- als auch Niedrigwasserabfluss ist, wie Tabelle 14 zeigt, die direkte Einleitung von Regenwasser ins Gewässer genau zu prüfen (Grimm und Achleitner, 2010b; ÖWAV, 2008).

Tabelle 14 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von Hochwasser- und Niedrigwasserabflussproblemen

| Probleme mit Hochwasser- oder Niedrigwasserabfluss | Ja | Nein |
|--|----|------|
| Ableitung | - | + |
| Retention | + | + |
| Verdunstung | + | + |
| Versickerung | + | + |

3.3.5 Topographische Randbedingungen

Zu den Topographischen Randbedingungen zählen die Lage des Gewässers, die Charakteristik und Lage der Außeneinzugsgebiete sowie die Geländeneigung (ÖWAV, 2008). Die Geländeneigung des kann Aufschluss über passende Orte für den Einsatz bestimmter Maßnahmen geben. So eignen sich beispielsweise flache Bereiche als Retentionsräume. Bei der Errichtung von Maßnahmen in flachen Bereichen oder Senken ist zu beachten, ob eine Ableitung des Abflusses in freiem Gefälle möglich ist, da sonst ein Hebewerk eingesetzt werden muss (Grimm und Achleitner, 2010b). Auch steile Hänge stellen eine Begrenzung für den Einsatz diverser Maßnahmen dar. Optimal geeignet sind Flächen mit einer Neigung von bis zu 5 % für die meisten Maßnahmen. Bei einer Neigung von 3 % wird eine Ausführung als Kaskade empfohlen, um Erosion zu verhindern. Auch die direkte Ableitung ist für steile Hänge nicht geeignet und sollte daher parallel zum Hang erfolgen. In Tabelle 15 sind die Begrenzungen für die einzelnen Maßnahmen zusammengefasst.

Tabelle 15 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit der Geländeneigung

| Hangneigung (%) | 0 | 1-5 | 6 | 10-15 | >20 |
|---|---|-----|---|-------|-----|
| Ableitung über Mischwasserkanal | + | + | - | - | - |
| Ableitung über Regenwasserkanal | + | + | - | - | - |
| Ableitung über Transportmulden und Gräben | + | + | - | - | - |
| Retention in Speicherkanälen | + | + | - | - | - |
| Fassadenbegrünung | + | + | + | + | + |
| Gründach | + | + | + | + | + |
| Regentonne, Regenzisterne | + | + | + | + | + |
| Flächenversickerung | - | + | - | - | - |
| Muldenversickerung | - | + | + | - | - |
| Beckenversickerung | - | + | - | - | - |
| Rigolen- oder Rohrversickerung | - | + | + | + | - |
| Schachtversickerung | - | + | + | + | - |
| Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung | - | + | + | - | - |
| Retentionsraumversickerung (Teich) | - | + | - | - | - |

3.4 Soziologische Randbedingungen

Die Einbindung der Öffentlichkeit erhöht die Akzeptanz gegenüber Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen (Woods Ballard et al., 2015a). Sie stellt keine technische Randbedingung für den Einsatz von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen dar, ist jedoch wichtig für die Umsetzung von Maßnahmen, besonders im privaten Raum. Daher ist die Beteiligung der Öffentlichkeit in den allgemeinen Planungsprozess integriert.

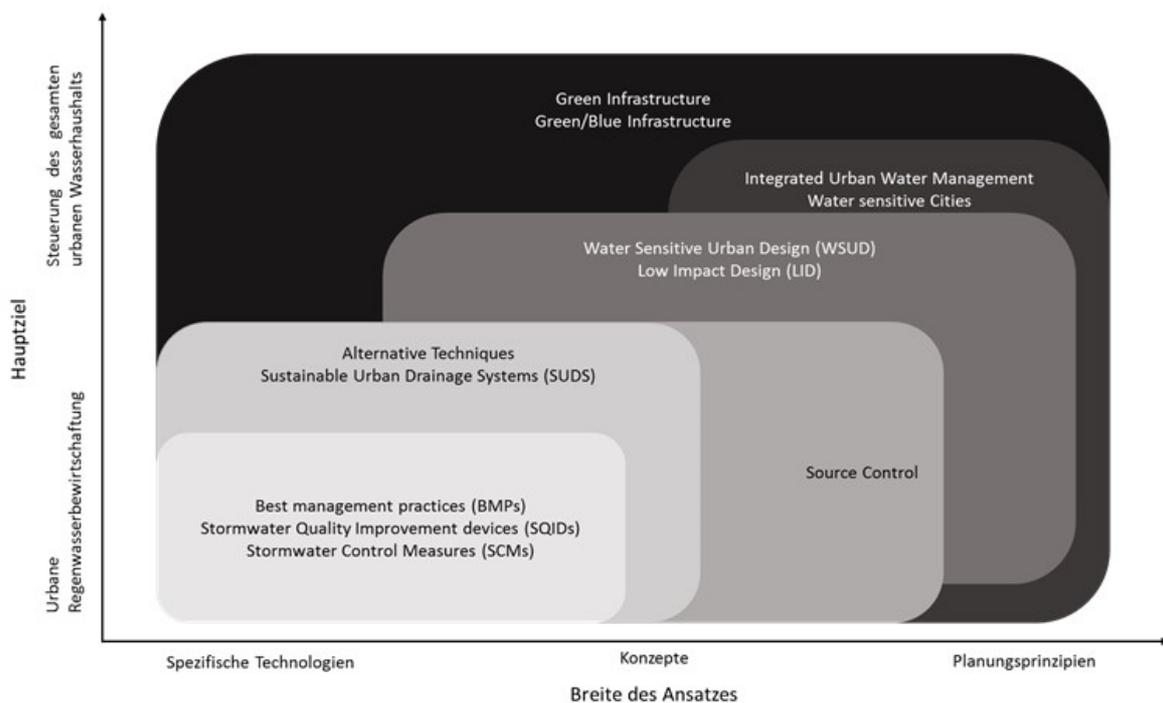
Eine weitere Randbedingung stellen die institutionellen Strukturen dar. Die Verantwortlichkeit für den Betrieb der Anlagen sollte in der Planung mitberücksichtigt werden. Auch diese Randbedingung ist nicht auf eine einzelne Maßnahme beschränkt, sondern bei jeder Maßnahme differenziert zu betrachten.

4 Lösungsansätze

4.1 Innovative Ansätze

Eine Möglichkeit den zukünftigen Herausforderungen in der Siedlungsentwässerung zu begegnen ist die Nutzung von Alternativen zur herkömmlichen Regenwasserableitung z.B. naturnahe, alternative bzw. dezentrale Regenwasserbewirtschaftung. Diese im deutschsprachigen Raum üblichen Begriffen können sich auf spezielle Maßnahmen aber auch auf Gesamtkonzepte beziehen. International haben sich dafür verschiedenste Begriffe entwickelt, welche für ähnliche Methoden in diesem Bereich verwendet werden. Bei der Erläuterung dieser Begriffe folgen wir den Definitionen und Klassifizierungen (siehe Abbildung 9) von (Fletcher et al., 2015). Dieser Überblick über internationale Praktiken soll einen Einblick in die Welt der alternativen Regenwasserbewirtschaftung geben und die zugrundeliegenden Überlegungen der Konzepte klarer verständlich machen.

Abbildung 9 Klassifizierung der verschiedenen Regenwasserbewirtschaftungsansätze (adaptiert aus Fletcher et al. 2014)



Green/Blue Infrastructure

Green bzw. Green/Blue Infrastructure (GI) ist der breiteste Ansatz für die Regenwasserbewirtschaftung. Es umfasst untereinander verbundene Cluster von multifunktionellen, zumeist Grünflächen, welche ökologische und soziale Interaktion und Betätigung fördern und ermöglichen (Kambites und Owen, 2006). Der Grundansatz ist daher mehr ein landschafts- und raumplanerischer bzw. ökologischer als ein rein siedlungswasserwirtschaftlicher. Das Ziel ist die Maximierung ökologischer Grünflächen in der Stadtplanung, um auch einen maximalen Nutzen, betreffend Umwelt und Nachhaltigkeit, für die Lebensqualität im urbanen Raum zu erzielen (Foster et al., 2011). Im Kontext mit siedlungswasserwirtschaftlichen Fragestellungen zielt der Ansatz hauptsächlich auf die Nutzung von begrünten Regenwasseranlagen (z.B. Gründächer, etc.) für Oberflächenwasserbehandlung ab, welche gleichzeitig auch noch andere ökologische Funktionen erfüllen können, wie z.B. Verbesserung der Luftqualität, Biodiversität, Lebensqualität und so weiter. Mit der Erweiterung als Green/Blue Infrastructure kann auch noch die Nutzung von Teichen bzw. Biotopen implementiert werden. Die Benennung als „Green“ bzw. „Green/Blue“ sollte als Kontrast zur sogenannten „grey infrastructure“ bestehend aus Rohren und Bauwerken verstanden werden.

Integrated Urban Water Management

Ein auf Wasser, ob natürlich oder durch menschlichen Einfluss verändertes, beschränkter Ansatz ist das „Integrated Urban Water Management“ (IUWM). Es fußt auf dem Ansatz eines integrierten Wasserhaushalts, welcher auf das urbane Anwendungsgebiet heruntergebrochen wird und Wasserversorgung, Grundwasser sowie Schmutz- und Regenwasserableitung bzw. –behandlung beinhaltet sowie die Interaktionen bzw. Verbindungen zwischen den handelnden Akteuren in diesen Bereichen (Fletcher und Deletic, 2008).

Water Sensitive Urban Design

Die Idee des „Water sensitive urban design“ (WSUD) stammt ursprünglich aus Australien und wird oft in Zusammenhang mit „Water Sensitive Cities“ benutzt wobei WSUD den Prozess und die „Water sensitive city“ das Ziel beschreibt. Es ist ein breiterer Stadtplanungsansatz, bei dem das Regenwassermanagement nur einen Teil ausmacht. Die Hauptziele sind die Regelung des urbanen Wasserhaushalts, die Bewahrung bzw. Verbesserung der Wasserqualität der Vorfluter, die Förderung der Wasserverbrauchsreduktion durch Sammlung von Regenwassern bzw. Recycling von gering verschmutztem Abwasser und die Erhaltung bzw. Verbesserung der Erholungs- und Naturschutzfunktion der Gewässer durch

Bewahrung der Gewässerqualität. WSUD umfasst also alle Aspekte des urbanen Wasserhaushalts und zielt daher auf eine gesamtheitliche Betrachtungsweise ab. Für das Regenwassermanagement, als Sub-Disziplin von WSUD, bedeutet das hauptsächlich die Verminderung von Überflutungen, Steuerung und Kontrolle von Durchflussmengen, Verbesserung der Wasserqualität und die Möglichkeit Trinkwasser durch Regenwasser zu ersetzen für die Nutzung in Bereichen welche nicht zwingend Trinkwasserqualität erfordern (Lloyd et al., 2002).

Low Impact Development

Unter „Low impact development“ (LID) und „low impact urban design and development“ (LIUDD) versteht man die Vor-Ort-Behandlung von Regenwasser, um den Einfluss von versiegelten Flächen auf den urbanen hydrologischen Kreislauf zu minimieren, im Gegensatz zu einer Behandlung am Ende der Ableitung (=Kläranlage). Der Name LID (= Entwicklung mit geringerem Einfluss), welcher zumeist in Nordamerika und Neuseeland verwendet wird, weist allerdings auf einen geringeren Einfluss hin als es etwa eine normale Behandlung hätte. Es ist durch kleinere Behandlungsbauwerke wie z.B. Bioretentionsbecken, Gründächer, Versickerungsmulden etc., welche an der Quelle des Abflusses angebracht werden, definiert.

Source Control

Der Terminus „source control“ beschreibt die Nutzung von Methoden an der Quelle der Regenabflussgenerierung. Es kann beides beschreiben: eine Vor-Ort-Behandlung des Regenwassers als auch die Minimierung des Abflusses durch Entsiegelung.

Alternative Technologie

Alternative Technologie („Alternative Techniques“) wurden hauptsächlich in Frankreich definiert, um als Kompensation der Urbanisierung zu wirken, indem die Landnutzung optimiert und die Investitionskosten minimiert werden sollten. Die Hauptziele beschränkten sich dabei hauptsächlich auf Vorteile für die Bevölkerung, durch reduzierte Überflutungsrisiken, während die ökologischen Faktoren weniger Gewicht hatten. Das Ziel sollte durch den Ansatz des Erhalts derselben Abflussmenge, welche auch unter natürlichen Bedingungen auftreten würde, erreicht werden. Oft wird der Terminus aber auch für jedwede bauliche Maßnahme in der Regenwasserbehandlung bzw. –bewirtschaftung genutzt, was aber nicht dem ursprünglichen Gedanken entspricht.

Sustainable Urban Drainage Systems

Eine weitere Einschränkung auf Regenwassersysteme sind die „Sustainable Urban Drainage Systems“ (SUDS) oder „Sustainable Drainage Systems“ (SuDS), welche hauptsächlich aus Großbritannien stammen (Woods, Ballard et al., 2015a). Die Begriffe bedeuten im Wesentlichen dasselbe, nur wird bei einem der Akzent mehr auf urbanes Gebiet gelegt. Das Hauptziel hier ist die Steuerung des Abflusses sowie des Oberflächenabflussvolumens um das Überflutungsrisiko zu minimieren.

Best management practice, Stormwater control measures, Stormwater quality improvement devices

„Best management practices“ (BMPs) wird in den USA als Ansatz zur Vermeidung bzw. Verringerung von Umweltverschmutzung verstanden. Das bedeutet, dass sowohl organisatorische Prozesse, bauliche Maßnahmen und Verbesserung von bestehenden Abläufen darunter subsummiert werden können. Im Bezug mit Regenwasser behandeln BMPs Probleme, welche aufgrund der Quantität und/oder der Qualität des Oberflächenabflusses auftreten. Dazu werden nicht-bauliche Maßnahmen (z.B. Straßenreinigung, Instandhaltung, etc.) mit baulichen Anlagen (z.B. Bioretentionsanlagen) zu einem Gesamtkonzept verbunden. Ein Problem der BMPs ist die fehlende objektive Definition, ob wirklich die „beste“ Methode angewandt wird bzw. was die „beste“ bedeutet. Um dieses Definitionsproblem mit der Wertung widerzuspiegeln, wurde für die Regenwasserbewirtschaftung der allgemeinere und wertfreie Begriff der „stormwater control measure“ (SCM) vorgeschlagen (National Research Council (U.S.), 2009). Ein weiterer verwendeter Begriff (hauptsächlich in Australien) mit derselben Bedeutung ist „Stormwater quality improvement devices“ (SQIDs).

4.2 Spezifische Technologien

4.2.1 Mischwasserkanal

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Ein **Mischsystem** ist ein Entwässerungssystem zur gemeinsamen Ableitung von Schmutz- und Niederschlagswasser im gleichen Leitungs-/Kanalsystem (ÖNORM EN 752). Das **modifizierte Mischsystem** ist eine Variante des Mischsystems, bei der nur Schmutzwasser sowie behandlungsbedürftiges Regenwasser dem Mischwasserkanal zugeführt werden. Nicht

behandlungsbedürftiges Regenwasser wird unmittelbar am Entstehungsort versickert oder in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet (ÖWAV-Regelblatt 9).

Für Mischsysteme sind die Kriterien der Mischwasserbewirtschaftung nach dem ÖWAV-Regelblatt 19 zu beachten. Ziel ist es, die bei Niederschlagsereignissen im Mischwasserkanal transportierten Schmutzfrachten weitgehend zur Kläranlage abzuleiten. Im Entlastungsfall wird verdünntes Schmutzwasser in die Gewässer eingeleitet. Dadurch kommt es zu einer Belastung durch stark sauerstoffzehrende und akut toxische Substanzen (z.B. Ammonium) sowie pathogene Keime. In kleinen oder gestauten Gewässern können eingeleitete Mischwässer zu Immissionsproblemen führen (ÖWAV-Regelblatt 9).

Behandlungsbedürftiges Regenwasser soll, wenn die Randbedingungen es zulassen, vor Ort einer Vorbehandlung unterzogen werden. Die Vorbehandlung erfolgt in Abscheideanlagen (Sand- und Schlammfängen, Fettabscheider (EN 1825), Mineralölabscheider (EN 858)) sowie in Absetzbecken (ÖNORM EN 752). Um die hydraulische Belastung im Mischwasserkanal zu reduzieren, soll behandlungsbedürftiger als auch nicht behandlungsbedürftiger Regenwasserabfluss vor Einleitung in einen Mischwasserkanal zwischengespeichert und gedrosselt eingeleitet werden (ÖWAV-Regelblatt 9).

Tabelle 16 fasst die bei Mischsystemen ablaufenden hydrologischen Prozesse und die Reinigungsfähigkeit zusammen.

Tabelle 16 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------|-------------------|
| nein | nein | ja ⁽¹⁾ | ja | ja ⁽²⁾ |

(1) bei Ausführung von Sonderbauwerken (Retentionsbecken, Abflusssrosseln)

(2) nicht direkt, Vorbehandlung durch Abscheideanlagen oder in der Kläranlage

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Die Berechnung und Dimensionierung von Mischwasserkanälen ist im ÖWAV-Regelblatt 11 beschrieben. Für die Berechnung von einfachen Systemen kann das Fließzeitverfahren verwendet werden. Bei größeren, komplexeren Systemen wird empfohlen, eine Dimensionierung mit dem Fließzeitverfahren durch eine hydrodynamische Nachweisrechnung abzusichern. Der für die Bemessung maßgebende Abfluss eines kanalisierten Einzugsgebietes AE_k setzt sich aus Niederschlags- und Trockenwetterabfluss,

bestehend aus häuslichen und betrieblichen Schmutzwasser sowie Fremdwasser, zusammen. Die Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen sind im ÖWAV-Regelblatt 19 festgelegt.

Bewertung

Tabelle 17 Vor- und Nachteile des Mischwassersystems (adaptiert nach ÖWAV Regelblatt 9)

| Vorteile | Nachteile |
|------------------------------|--|
| Geringer Platzbedarf vor Ort | Investitionskosten durch Leitungsbau |
| Schnelle Ableitung | Risiko von Ablagerungen durch größere Dimensionen im Mischwasserkanal |
| | Wartungsaufwand der Mischwasserüberlaufbauwerke, Retentionsbauwerke, Speicherkanäle, Messeinrichtungen, Steuerungstechnik u.a. |
| | Im Entlastungsfall Einleitung von Schmutzwasser in die Gewässer |
| | Höhere Kapazität der Kläranlage erforderlich |

4.2.2 Regenwasserkanal

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Regenwasserkanäle dienen der unterirdischen Ableitung von Niederschlagsabflüssen in Trennsystemen und modifizierten Entwässerungssystemen. In Abbildung 10 ist das Schema eines modifizierten Trennsystems dargestellt. Je nach Verschmutzungsgrad des Niederschlagsabflusses bzw. der abflusswirksamen Fläche sind vor Einleitung in ein oberirdisches Gewässer oder vor Versickerung Reinigungsmaßnahmen notwendig.

Abbildung 10 Schema modifiziertes Trennsystem (ÖWAV Regelblatt 9, 2008)

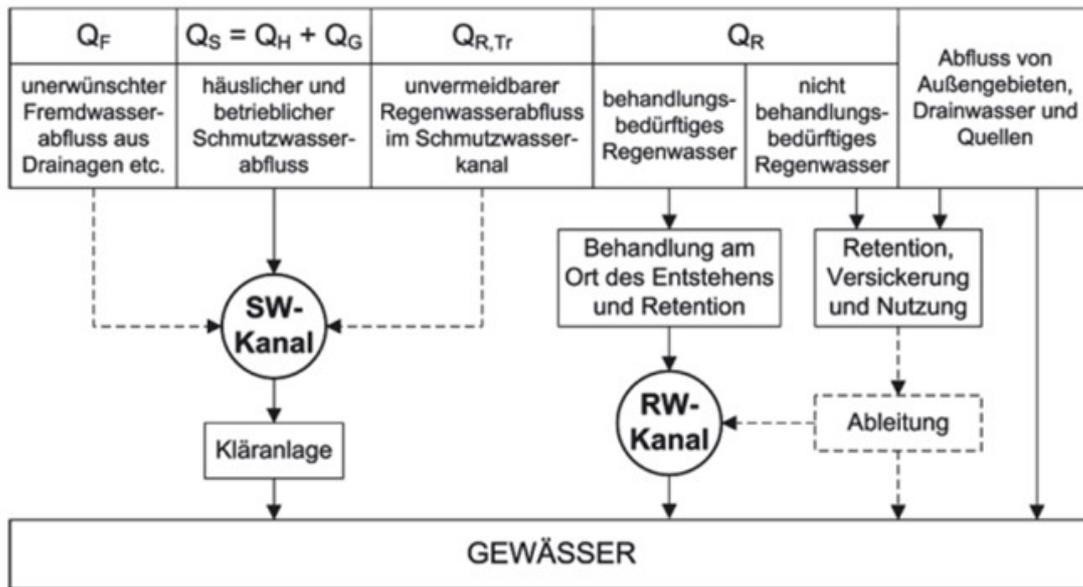


Tabelle 18 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit von Regenwasserkanälen

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------|-----------|
| nein | nein | nein | ja | nein |

Um eine Verschmutzung des Oberflächenwassers durch die Ableitung von Niederschlagsabflüssen im Regenkanal zu vermeiden, bestehen eine Reihe an Maßnahmen zur Niederschlagsabflussbehandlung. Hierzu zählen nach ÖWAV Regelblatt 35 (2003):

- Sedimentationsanlagen
- Filteranlagen
- Regenrückhalteanlagen

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Die Dimensionierung von Regenwasserkanälen ist im ÖWAV-Regelblatt 11 definiert, welches unter anderem auf der ÖNORM EN 752 beruht. Ein Mindestdurchmesser von 300 mm wird empfohlen. Zur Berechnung des Durchflusses in einem Kanal wird die allgemeine Fließformel nach Prandtl-Colebrook verwendet (ÖWAV Regelblatt 11, 2008).

Die Größe des Regenwasserkanals ist darauf ausgelegt, eine Bemessungswassermenge ohne Probleme abzuleiten, welche dem maßgeblichen Regenabfluss mit einer gewissen

Wiederkehrzeit entspricht. Es darf innerhalb der Wiederkehrzeit zu keiner Überschreitung des Abflussvermögens kommen. Die Wiederkehrzeit ist abhängig von potenziellen Schäden in der Umgebung des Regenwasserkanals. Eine detaillierte Beschreibung der Verfahren ist im ÖWAV-Regelblatt 11 zu finden.

Bewertung

Tabelle 19 Vor- und Nachteile von Regenwasserkanälen

| Vorteile | Nachteile |
|------------------------------|--|
| Geringer Flächenbedarf | Fehlanschlüsse möglich |
| Rasche Ableitung | Kurzfristige Strömungsveränderung in kleinen Gewässern |
| Ableitung großer Regenmengen | Zusätzliche Reinigung notwendig |

4.2.3 Transportmulden und Gräben

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Transportmulden und Gräben stellen bei der Ableitung von Niederschlagsabflüssen eine Alternative zu Regenwasserkanälen dar. Eine schematische Darstellung dieser ist in Abbildung 11 zu finden. Die Gräben oder Transportmulden können in Oberflächengewässer, Retentionsbecken oder Versickerungsmulden einleiten (Hoyer et al. 2011). Je nach Versickerungstauglichkeit des Untergrundes kann der Boden durchlässig oder undurchlässig gestaltet sein. Bewachsene Gräben und Transportmulden reduzieren durch ihre Oberflächenrauigkeit die Abflussspitzen und erhöhen den Stoffrückhalt. Bei einer gedrosselten Einleitung wird zusätzlich die Verdunstungs- und Versickerungsrate erhöht. Durch die Einsehbarkeit sind sie gut kontrollierbar und Verunreinigungsquellen können einfach ausgemacht werden (Grimm und Achleitner, 2010; ÖWAV-RB 35, 2003).

Abbildung 11 Schematische Darstellung eines V-Grabens, eines U-Grabens und einer bepflanzten Transportmulde

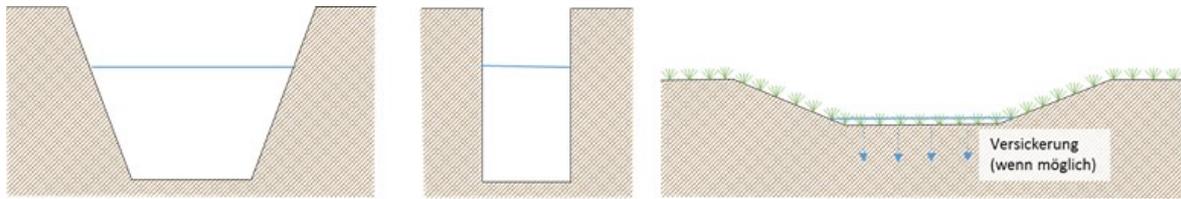


Tabelle 20 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit von Transportmulden und Gräben

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------|--------------------|
| ja | ja | ja | ja | je nach Ausführung |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Der Abfluss in offenen Gerinnen kann mit der der Fließformel nach Manning-Strickler berechnet werden. Die Berechnung ist im ÖWAV-Regelblatt 11 (2008) beschrieben. Die Größe des Gerinnes ist abhängig von der maßgebenden Regenspende und der hydraulischen Aufnahmefähigkeit des Vorfluters (Grimm und Achleitner, 2010). Zusätzlich sollte bei angedachter Versickerung die Versickerungsrate in die Dimensionierung miteinfließen (The SuDS Manual).

Bewertung

Tabelle 21 Vor- und Nachteile von Transportmulden und Gräben

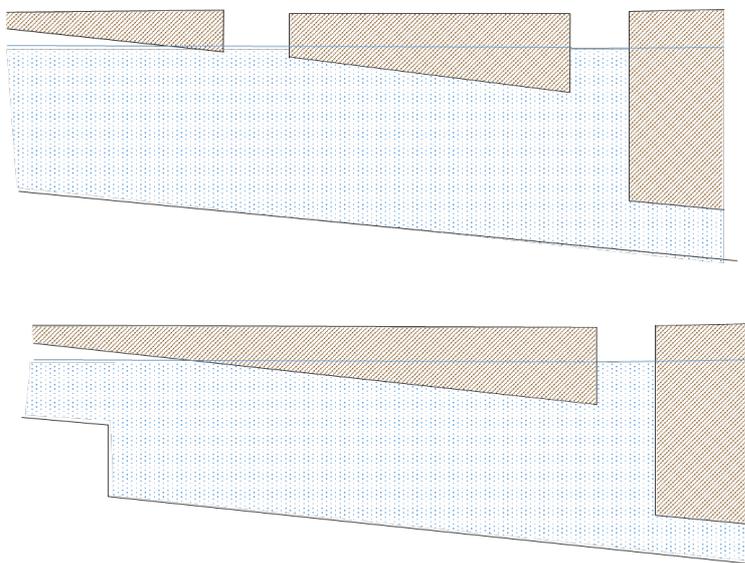
| Vorteile | Nachteile |
|---------------------------------------|---------------|
| Geringe Verringerung der Abflussmenge | Flächenbedarf |
| Einfache Wartung | |

4.2.4 Speicherkanal

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Speicherkanäle sind Rohre mit überdimensionierten Durchmessern und einem gedrosselten Abfluss. Je nach Anordnung der Entlastung können sie die Funktion eines Fang- oder Durchlaufbeckens erfüllen (siehe Abbildung 12). Zur Anwendung kommen sie vorrangig, wenn auf Grund von beengten Platzverhältnissen keine Becken möglich sind (Gujer, 2007).

Abbildung 12 Stauraumkanal als Fangbecken (oben) oder Durchlaufbecken (unten)



Die Reinigungswirkung des Speicherkanals entsteht vor allem durch den Rückhalt des häufig stark verschmutzten ersten Teils des Niederschlagsabflusses und durch Sedimentation (Gujer, 2007).

Tabelle 22 fasst die in einem Speicherkanal ablaufenden hydrologischen Prozesse und die Reinigungsfähigkeit zusammen.

Tabelle 22 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit von Speicherkanälen

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------|-----------|
| nein | nein | ja | nein | ja |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Die Bemessung von Speicherkanälen ist im Arbeitsblatt ATV-A 128 (1992) detailliert beschrieben und unterscheidet zwischen Kanälen mit obenliegender Entlastung und Kanälen mit untenliegender Entlastung. Speicherkanäle mit obenliegender Entlastung werden im Normalfall wie Fangbecken bemessen, außer die Bedingungen für Fangbecken können nicht eingehalten werden. In diesem Fall erfolgt eine Bemessung wie bei Speicherkanälen mit untenliegender Entlastung. Deren Volumen wird über ein spezifisches Speichervolumen, die undurchlässige Fläche des zugehörigen Teileinzugsgebietes sowie einem Zuschlag für die schlechtere Absetzwirkung berechnet. Dem ÖWAV-Regelblatt 19 (2007) sind Vorgaben zum Wirkungsgrad von Speicherkanälen in Mischwasserkanälen zu entnehmen.

Bewertung

Tabelle 23 Vor- und Nachteile von Speicherkanälen

| Vorteile | Nachteile |
|---|--|
| Flächenbedarf | Keine Reduzierung des Abflusses |
| Speicherung großer Wassermengen möglich | Kein Beitrag zum natürlichen Wasserkreislauf |
| Reduktion der entlasteten Schmutzfracht | |

4.2.5 Fassadenbegrünung

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Die Wirkung von Fassadenbegrünung als Maßnahme zur Niederschlagswasserbewirtschaftung ist abhängig von ihrem Aufbau und der Bewässerung der Pflanzen. Je nach verwendetem Trägermaterial ergibt sich ein unterschiedliches Wasserrückhaltepotenzial, da die Wasserspeicherkapazität der Substrate variiert (Pitha, 2004). Der Rückhalt von Niederschlagswasser während des Regenereignisses ist bei der Fassadenbegrünung gering, ihr Beitrag zur Niederschlagswasserbewirtschaftung kann durch die notwendige Bewässerung erzielt werden, welche in der Regel notwendig ist. Ein Beitrag zur NWB kann daher nur über eine entsprechende Speicherung des Regenwassers (z.B. in Zisternen) für die Bewässerung erzielt werden (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2011). Hierbei ist ganz besonders auf die Qualität des Niederschlagswassers zu achten, da toxische Stoffe das Pflanzenwachstum negativ beeinflussen können (Senatsverwaltung

für Stadtentwicklung Berlin, 2010). Eine schematische Darstellung einer Fassadenbegrünung findet sich in Abbildung 13.

Neben der Regenwasserbewirtschaftung werden Fassadenbegrünungen vor allem zur Verbesserung des Stadt- und Gebäudeklimas eingesetzt. Die Evapotranspiration der Pflanzen und die Verdunstung aus dem Substrat führen zu einer Kühlung der Umgebungsluft. Diese senkt den Kühlbedarf in Gebäuden und hilft den natürlichen Wasserkreislauf in der Stadt zu schließen (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2010).

Abbildung 13 Hydrologische Prozesse einer Fassadenbegrünung

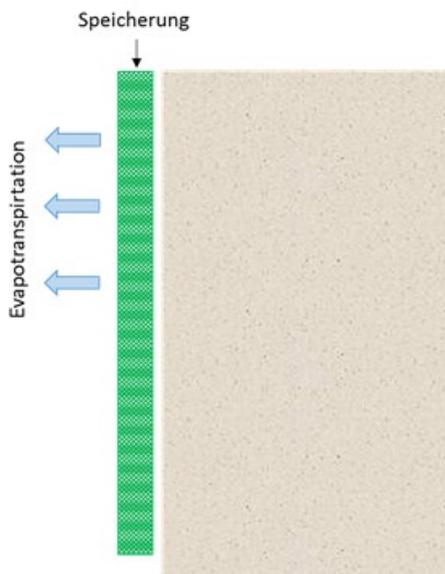


Tabelle 24 fasst die in einer Fassadenbegrünung ablaufenden hydrologischen Prozesse und die Reinigungsfähigkeit zusammen.

Tabelle 24 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit von Fassadenbegrünung

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------|-----------|
| nein | ja | ja | nein | gering |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Die deutsche „Richtlinie zur Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen“ beinhaltet den Stand der Technik zur Umsetzung von Fassadenbegrünungen (FLL, 2000). Es wurden jedoch Leitfäden entwickelt, welche die wichtigsten Aspekte zusammenfassen. Einer dieser ist der Leitfaden Fassadenbegrünung von „ÖkoKauf Wien“. Er gibt einen Überblick über bautechnische und vegetationstechnische Grundlagen, nutzbare Pflanzenarten und deren Anforderungen sowie Praxisbeispiele (Pitha et al., 2013).

Bewertung

Tabelle 25 Vor- und Nachteile von Fassadenbegrünung

| Vorteile | Nachteile |
|---|---|
| Verbesserung des Stadt- und Gebäudeklimas | Zusätzliche Wasserspeicherung für Bewässerung |
| Kein zusätzlicher Flächenverbrauch | Hohe Investitions- und Betriebskosten |
| Verbesserung der Freiraumqualität | |

4.2.6 Flächenversickerung

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Bei Flächenversickerungen (schematische Darstellung in Abbildung 14, hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit in Tabelle 26) handelt es sich um Entsiegelungen von vormals versiegelten Flächen durch den Einbau von teilversiegeltem Oberflächenmaterial. Dabei kann die Fläche selbst wasserdurchlässig ausgeführt werden, so dass sie ihre Nutzung beibehält und die Versickerung des auf sie fallenden Niederschlagswassers bewältigen kann oder es wird das auf eine undurchlässige Fläche fallende Niederschlagswasser in unmittelbarer Nähe flächig zur Versickerung gebracht.

Flächenversickerungen haben keinen Speicherraum zur Verfügung und müssen eine Versickerung somit ohne wesentlichen Anstau von Niederschlagswasser auf der Oberfläche gewährleisten. Flächenversickerungen weisen daher einen hohen Flächenbedarf auf, welcher je nach Oberflächenbeschaffenheit (z. B. Fugenanteil) variieren kann.

Die wesentlichen Einsatzbereiche von Flächenversickerungen sind Flächen, welche ohne jede Nutzungsbeschränkung wasserdurchlässig befestigt werden können (z. B. Grundstückseinfahrten) (Sieker et al., 1996).

Mögliche Befestigungen sind: Grasnarbe, Schotterrassen, Rasengittersteine bzw. -platten, Rasenfugenpflaster, Drainasphalt, etc.

Abbildung 14 Schematische Darstellung der Funktionsweise einer Flächenversickerung (Johnscher, 2016)

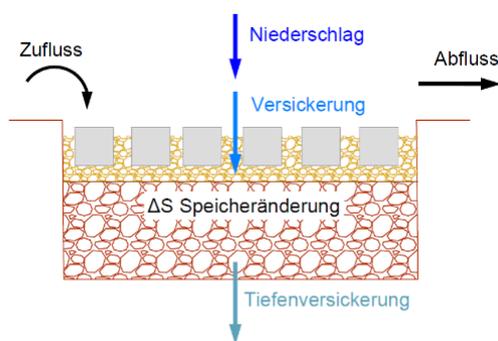


Tabelle 26 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit der Flächenversickerung

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-----------|
| ja | ja | eingeschränkt | nur als Entlastung | ja |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Ansätze zur Dimensionierung und baulichen Ausführung von Sickeranlagen ohne Speichervolumen (Flächenversickerung) sind in ÖNORM B 2506-1 (ON, 2013) zu finden. Die Sickerleistung muss aufgrund des allgemein fehlenden Speichervolumens zumindest dem Zufluss aus dem gewählten Regenereignis entsprechen.

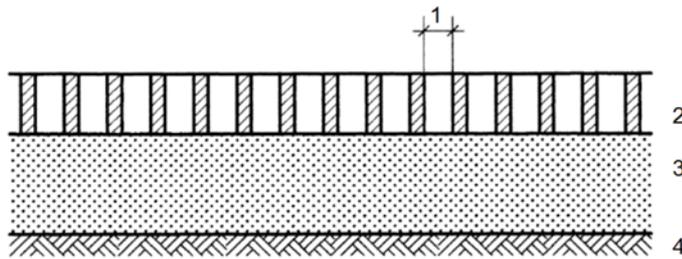
Bei der Dimensionierung ist die erforderlichen Sickerfläche zu bestimmen (Schema z. B. für einer mittels Rasengittersteinen befestigten Fläche in Abbildung 15). Zu beachten ist, dass die ermittelte tatsächliche Sickerfläche A_S im Bereich der Rasengittersteine nur dem durchlässigen Flächenanteil entspricht.

Abbildung 15 Ermittlung der erforderlichen Sickerfläche und Schema einer mittels Rasengittersteinen befestigten Fläche (ON, 2013)

$$A_s > \frac{i \cdot A_{ent}}{v_f \cdot \beta}$$

Es bedeutet:

- A_s wirksame Sickerfläche, in m^2
- i maßgebliche Regenintensität, in mm/min
- A_{ent} abflusswirksame berechnete Gesamtfläche, in m^2
- v_f Sickergeschwindigkeit, in m/s
- β Sicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung einer Verschlämmung



Es bedeutet:

- 1 Durchtrittsöffnung (entspricht A_s)
- 2 Rasengittersteine
- 3 Tragschicht
- 4 anstehender Boden

Bewertung

Tabelle 27 Vor- und Nachteile der Flächenversickerung (adaptiert nach Assinger, 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011)

| Vorteile | Nachteile |
|--|--|
| Geringer technischer Aufwand | Großer Flächenbedarf |
| Hohes Verdunstungspotenzial | Eingeschränkte Nutzbarkeit der Flächen |
| Mechanische und biologische Reinigung | Geringe Speicherwirkung |
| Geringer Wartungsaufwand | Verschlämmungsgefahr der Fugen |
| Gestaltungspotenzial im Freiflächenbereich | |

4.2.7 Muldenversickerung

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Bei einer Mulde handelt es sich um „eine längs gestreckte Bodensenke mit Retentionsvolumen“ (ÖWAV, 2015), welche in der Regel mit Rasen begrünt ist. Eine Versickerungsmulde (Schema in Abbildung 16, hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit in Tabelle 28) stellt also einen oberflächlich angeordneten Regenwasserspeicher dar. Die Wasserzuführung sollte möglichst oberirdisch oder zumindest oberflächennah erfolgen.

Voraussetzung für den Einsatz einer Versickerungsmulde ist das Vorhandensein einer Versickerungsfläche von ca. 5 bis 15% A_{red} in unmittelbarer Nähe einer abflusswirksamen Fläche (Sieker et al., 1996). Zudem müssen die vorhandenen Bodenverhältnisse eine ausschließliche Versickerung in den Untergrund erlauben. Versickerungsmulden lassen einen kurzzeitigen Einstau zu. Somit können Oberflächenabflüsse zwischengespeichert werden und erst allmählich in den Untergrund versickern. Die Versickerungsrate des anstehenden Bodens kann somit kleiner als der Zufluss zur Versickerungsmulde sein.

Abbildung 16 Funktionsweise einer Versickerungsmulde (Johnscher, 2016)



Tabelle 28 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit der Versickerungsmulde

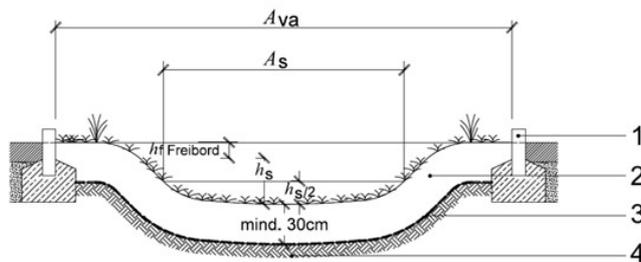
| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-----------|
| ja | ja | ja | nur als Entlastung | ja |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Ansätze zur Dimensionierung und baulichen Ausführung von Versickerungsmulden finden sich in der ÖNORM B 2506-1 (ON, 2013) (Schema in Abbildung 17).

Die Dimensionierung basiert auf der Bestimmung eines erforderlichen Speichervolumens V_s . Dieses hängt vom Bemessungsniederschlag, der ermittelten abflusswirksamen Gesamtfläche, der ermittelten Sickerfähigkeit des Untergrundes und der zur Verfügung stehenden bzw. gewählten Sickerfläche ab. Das Speichervolumen ergibt sich schließlich aus der Differenz der über die Dauer des maßgeblichen Regenereignisses zur Versickerungsmulde zufließenden und in der Mulde versickernden Wassermenge. Zu bestimmen ist zudem die Stauhöhe h_s .

Abbildung 17 Schema einer Versickerungsmulde ohne Drainagerohr (ON, 2013)



Es bedeutet:

- 1 Bordstein
- 2 belebte Bodenzone
- 3 Trennschicht (falls erforderlich): zB Geotextil-Trenngewebe, Trennlage Sand
- 4 gewachsener Boden
- h_f Sicherheitsabstand (Freibord), in m
- h_s Stauhöhe, in m

Bewertung

Tabelle 29 Vor und Nachteile der Muldenversickerung (adaptiert nach Assinger, 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011)

| Vorteile | Nachteile |
|---|--|
| Geringer bis mittlerer technischer Aufwand | Mittlerer bis hoher Flächenbedarf |
| Hohes Verdunstungspotenzial | Nicht einsetzbar bei hohem Grundwasserstand und Altlastenflächen |
| Reinigungsleistung durch Versickerung über Oberbodenpassage (mechanische und biologische Reinigung) | Keine intensive Nutzung z. B. als Spielfläche möglich |
| Geringer Wartungsaufwand | |
| Gestaltungspotenzial im Freiflächenbereich | |

4.2.8 Beckenversickerung

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Beckenversickerungen (hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit in Tabelle 30) unterscheiden sich von Versickerungsmulden in erster Linie durch das Verhältnis der angeschlossenen Fläche (A_{red}) zur versickerungswirksamen Fläche (A_S). Bei Versickerungsbecken liegt dieses in der Regel bei Werten größer 15:1. Daher sind sie allgemein hydraulisch wesentlich höher belastete Anlagen (Sieker et al., 1996) und kommen eher als zentrale Maßnahme zur Anwendung. Die Funktionsweise entspricht jener einer Versickerungsmulde (siehe Abbildung 16).

Tabelle 30 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit von Versickerungsbecken

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-----------|
| ja | ja | ja | nur als Entlastung | ja |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Ansätze zur Dimensionierung und baulichen Ausführung von Versickerungsbecken finden sich in der ÖNORM B 2506-1 (ON, 2013). Wie bei der Versickerungsmulde gilt der Grundsatz: „Erforderliches Speichervolumen ist gleich der Differenz aus zufließender Niederschlagsmenge zur Versickerungsmenge beim maßgebenden Regenereignis.“

Bewertung

Tabelle 31 Vor- und Nachteile von Versickerungsbecken (adaptiert nach Assinger, 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011)

| Vorteile | Nachteile |
|--|--|
| Gute Wartungsmöglichkeit | Großer Flächenbedarf |
| Hohes Verdunstungspotenzial | Eingeschränkte Nutzbarkeit der Fläche |
| Gute Reinigungsleistung | Verschlammungsgefahr der Sohle |
| Gestaltungspotenzial im Freiflächenbereich | Beeinträchtigung des Landschaftsbildes |

4.2.9 Rigolen- oder Rohrversickerung

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Versickerungsanlagen mit Rigolen bestehen aus einem künstlich in den Boden eingebrachten Raum, der mit geeigneten Wabenkunststoff-, Kieskörpern oder Lavapackungen gefüllt ist (Geiger et al., 2009). Das nutzbare Retentionsvolumen hängt vom Porenvolumen des eingesetzten Materials ab. Das Einschwemmen von Feinteilen wird mit einem Geotextil verhindert.

Bei der Rohrversickerung wird in ein Rigolenelement zusätzlich ein Sickerrohr eingebaut, um eine bessere und schnellere Verteilung des eingeleiteten Wassers zu erreichen. Die Systeme können oberflächennah oder unterirdisch eingebaut werden.

Rigol- und Rohrversickerungen (Schema in Abbildung 18, hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit in Tabelle 32) werden insbesondere dann verwendet, wenn eine unter einer gering mächtigen, bindigen Deckschicht liegende durchlässige Schicht erreicht werden soll. Dabei weisen die Systeme einen geringen oberirdischen Flächenbedarf auf und sind somit auch für den Einsatz in dicht besiedelten Gebieten geeignet.

Abbildung 18 Prinzipielle Funktionsweise eines Rigolen-Rohr-Systems (Johnscher, 2016)

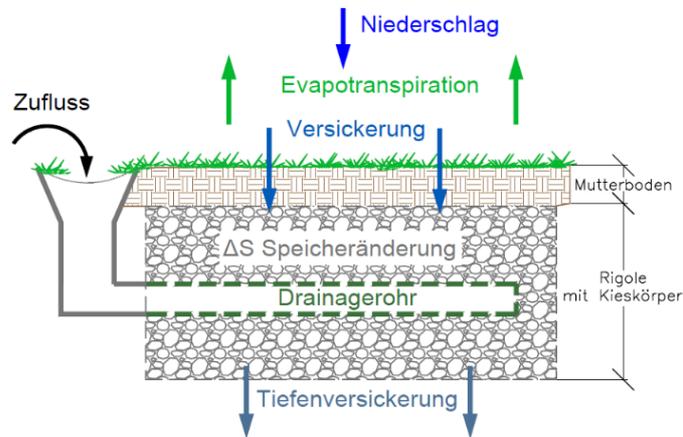


Tabelle 32 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit des Rigolen-Rohr-Systems

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|---------------|
| ja | Nein | ja | bei Anschluss an Kanalsystem | eingeschränkt |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

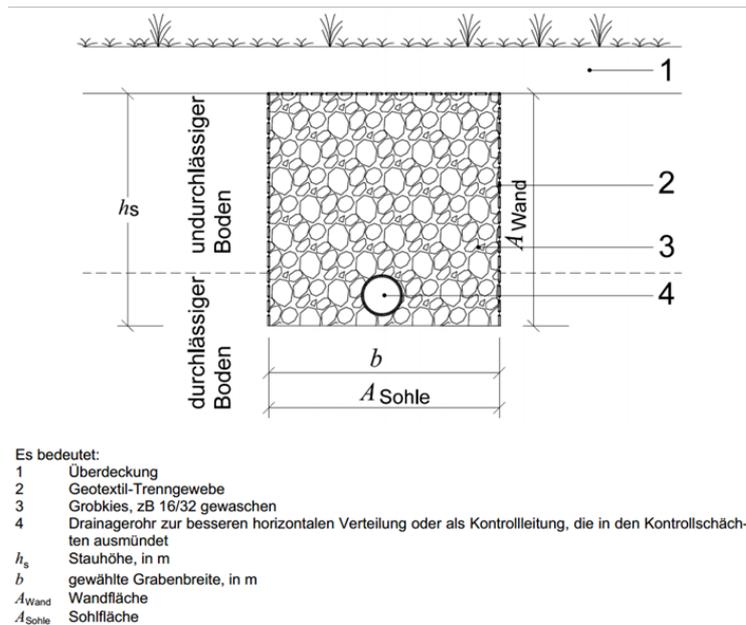
Ansätze zur Dimensionierung und baulichen Ausführung von Rigolen-Rohr-Versickerungen finden sich in der ÖNORM B 2506-1 (ON, 2013) (Abbildung 19).

Abbildung 19 Dimensionierung eines Rigolen-Rohr-Versickerungssystems (ON, 2013)

$$V_s = A_{\text{Sohle}} \cdot h_s \cdot p$$

Es bedeutet:

- A_{Sohle} Sohlfläche
- h_s Stauhöhe, in m
- p nutzbarer Porenanteil des Füllmaterials (zB 0,3 für Drainageschotter), Hohlraumgehalt von Boxensystemen oder ähnliches (zB 0,95 für Sickerboxen)



Bewertung

Tabelle 33 Vor- und Nachteile der Rigolen-Rohr-Versickerung (adaptiert nach Assinger 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011)

| Vorteile | Nachteile |
|---|-----------------------------------|
| Überbauung der Versickerungsanlage mit leichten Bauwerken möglich | Aufwendig in Herstellung |
| Versickerung in frostfreier Tiefe | Kaum Wartungsmöglichkeiten |
| Geringer Flächenbedarf | Nur für schwebstofffreie Zuflüsse |
| Retentionsvermögen, gedrosselter Ablauf | Kein Verdunstungsanteil |
| | Kaum Reinigungsleistung |

4.2.10 Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Bei einem Mulden-Rigolen/Rohr-System (hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit in Tabelle 34) handelt es sich um eine Kombination aus den bereits vorgestellten Systemen Muldenversickerung und Rigolen-Rohr-Versickerung. Dabei werden die positiven Aspekte kombiniert:

- Retention des anfallenden Niederschlags in Mulde und in Retentionsraum des Rigolen-/Rohr-Systems
- Vorreinigung durch Versickerung über belebte Bodenschicht
- Umgehung von oberflächennahen, undurchlässigen Schichten

Durch die Kombination der beiden Systeme ergibt sich ein geringerer Flächenbedarf.

Tabelle 34 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit (Mulden-Rigolen/Rohr-System)

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|-----------|
| ja | ja | ja | bei Anschluss an Kanalsystem | ja |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Ansätze zur Dimensionierung und baulichen Ausführung von Mulden-Rigolen/Rohr-Systemen finden sich in der ÖNORM B 2506-1 (ON, 2013). Wie bei der Versickerungsmulde gilt der Grundsatz: „Erforderliches Speichervolumen ist gleich der Differenz aus zufließender Niederschlagsmenge zur Versickerungsmenge beim maßgebenden Regenereignis.“

Bewertung

Tabelle 35 Vor- und Nachteile der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung (adaptiert nach Assinger 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011)

| Vorteile | Nachteile |
|---|--------------------------------------|
| Geringerer Flächenbedarf im Vergleich zu einzelnen Systemen | Eingeschränkte Nutzung der Flächen |
| Verbesserung des Retentionsvermögens im Vergleich zu einzelnen Systemen | Eingeschränkte Wartungsmöglichkeiten |
| Reinigungsleistung | |
| Anwendung auch bei schlecht versickerungsfähigen Oberbodenschichten | |

4.2.11 Schachtversickerung

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Die Funktionsweise einer Schachtversickerung (hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit in Tabelle 36) ist ähnlich jener einer Rigolenversickerung. Auch hier kann eine bindige Deckschicht umgangen werden. Das Niederschlagswasser wird unterirdisch zwischengespeichert und zur Versickerung gebracht.

Durch die limitierte Speicherwirkung wird diese Maßnahme vorwiegend bei kleinen Privatgrundstücken angewendet (Geiger et al., 2009). Zudem können Schachtversickerungen bei beengten Platzverhältnissen angewandt werden.

Tabelle 36 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit der Schachtversickerung

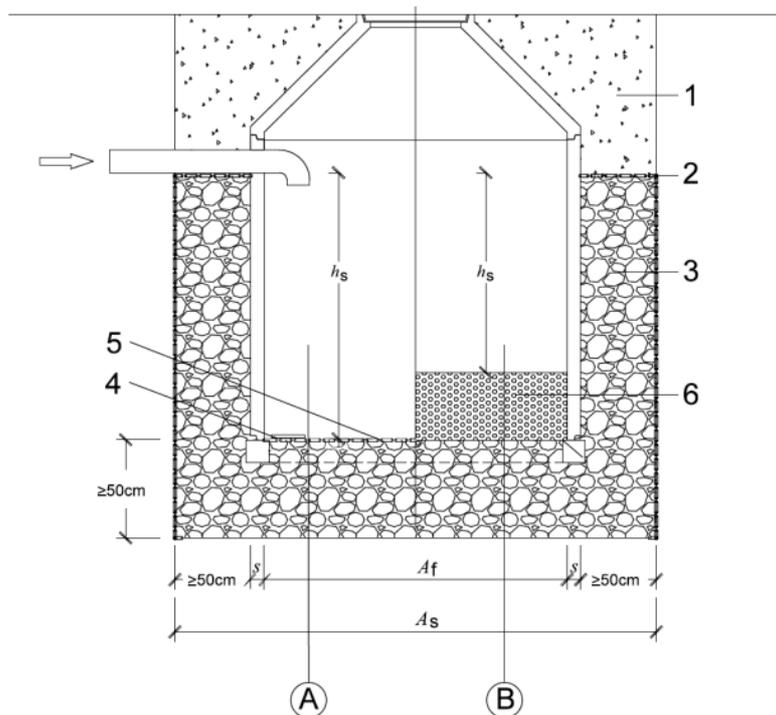
| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------|---------------|
| ja | nein | ja | nein | eingeschränkt |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Ansätze zur Dimensionierung und baulichen Ausführung von Schachtversickerungen (Schema in Abbildung 20) finden sich in der ÖNORM B 2506-1 (ON, 2013). Wie bei der Versickerungsmulde gilt der Grundsatz: „Erforderliches Speichervolumen ist gleich der Differenz aus zufließender Niederschlagsmenge zur Versickerungsmenge beim maßgebenden Regenereignis.“

Als wirksame Sickerflächen sind die Sohlfläche des Sickerschachtes A_f und die Fläche der Baugrubensohle für den Sickerschacht A_s zu betrachten.

Abbildung 20 Schema Sickerschacht mit Kiesfilter (ON, 2013)



Es bedeutet:

- 1 Hinterfüllung
- 2 Geotextil-Trenngewebe (falls erforderlich)
- 3 Kiesfilter: Grobkies, zB 16/32 gewaschen
- 4 Prallplatte
- 5 Geotextil-Filtergewebe
- 6 Stufenfilter gemäß Filterregeln
- A Ausführungsvariante mit Geotextil-Filtergewebe und Spannband
- B Ausführungsvariante mit Stufenfilter
- A_f wirksame Filterfläche an der Sickerschachtsohle (= Filteroberfläche)
- A_s wirksame Sickerfläche an der Baugrubensohle (= Übergang zum gewachsenen Boden)
- h_s Stauhöhe in m, gemessen von der Sickerschachtsohle (=Filteroberfläche) bis zur Unterkante des Zulaufrohres (sofern dieses nicht eingestaut wird)
- s Wandstärke, in m

Bewertung

Tabelle 37 Vor- und Nachteile der Schachtversickerung (adaptiert nach Assinger 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011)

| Vorteile | Nachteile |
|---|--|
| Einfache Herstellung | Retentionsraumvolumen aufgrund Schachtringgrößen begrenzt |
| Geringer Flächenbedarf | Eingeschränkte Wartungsmöglichkeiten |
| Geringe Nutzungseinschränkungen des Grundstückes | Gefahr der Verschlickung oder Verstopfung |
| Anwendung auch bei schlecht versickerungsfähigen Oberbodenschichten | Gefahr der Grundwasserverschmutzung durch geringen Abstand zu Grundwasserspiegel |

4.2.12 Retentionsraumversickerung (Versickerungsteiche)

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Die Retentionsraumversickerung (Prinzip in Abbildung 21, hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit in Tabelle 38) ist ein oberflächlich angeordnetes System, welches Reinigung, Speicherung und Versickerung vereint. Niederschlagswasser wird in einen Speicherteich geleitet, welcher zum Untergrund hin abgedichtet ist. Bei Überschreiten eines bestimmten Wasserpegels (Dauerstaulinie) versickert das Wasser in der angeschlossenen Mulde bzw. über den „offenen“ Böschungsbereich in den Untergrund. Durch Bepflanzung und Sedimentation finden Abbauprozesse statt. Anwendung findet die Retentionsraumversickerung insbesondere als gestalterisches Element in Siedlungsgebieten. Der Flächenbedarf liegt zwischen 1% und 10% des Einzugsgebietes.

Abbildung 21 Prinzip der Retentionsraumversickerung (Geiger et al., 2009)

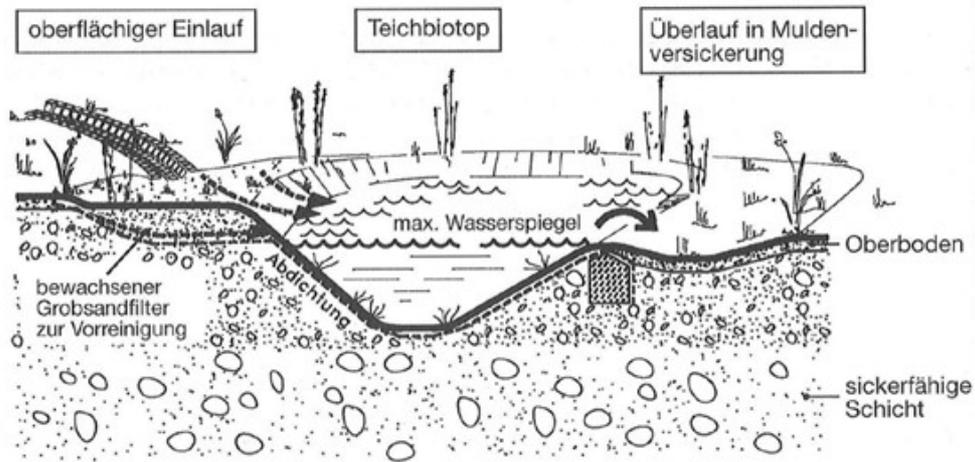


Tabelle 38 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit der Retentionsraumversickerung)

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-----------|
| ja | ja | ja | nur zur Entlastung | ja |

Bewertung

Tabelle 39 Vor- und Nachteile der Retentionsraumversickerung (adaptiert nach Assinger 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011)

| Vorteile | Nachteile |
|--|---|
| Verbesserung des Kleinklimas durch Dauerstau des Teiches | Relativ hoher Flächenbedarf |
| Gestaltungselement in Siedlungsgebieten | Eingeschränkte Nutzung des Retentionsraumes (Umzäunung) |
| Gute Reinigungsleistung | Regelmäßige Wartung |
| Retentionsvermögen | |

4.2.13 Dachbegrünung

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Dachbegrünungen (Abbildung 22, hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit in Tabelle 40) werden eingesetzt, um einen Teil des Niederschlagswassers durch gezielte Retention nicht oder verzögert zum Abfluss zu bringen und den Anteil der Verdunstung an der Wasserbilanz zu erhöhen (Riechel et al., 2017). Grundsätzlich erfolgt eine Unterscheidung in intensive und extensive Dachbegrünungen. Extensive Dachbegrünungen weisen eine dünnere Substratschicht auf und eine Bepflanzung, welche kaum bzw. keine Pflege erfordert. Bei intensiven Dachbegrünungen mit entsprechend größeren Aufbauhöhen (> 15 cm) kann die Bepflanzung bis zur kompletten Gartenlandschaft mit Bäumen, Wegen, Teichen usw. reichen. Die statischen Voraussetzungen, die Lastannahmen, sind ein entscheidendes Auswahlkriterium für die einsetzbaren Begrünungsarten (FLL, 2008). Hierbei haben extensive Begrünungen (Leichtdachbegrünung) aufgrund der geringeren Aufbauhöhe und somit geringeren Last Vorteile besonders beim Einsatz einer Dachbegrünung im Bestand. Gründächer lassen sich sowohl bei Neubauten als auch im Bestand bis ca. 45° Dachneigung realisieren (Riechel et al., 2017). Dabei müssen die statischen Verhältnisse des Daches geprüft werden.

Abbildung 22 Aufbau und Funktionsweise eines Gründaches (Johnscher, 2016)



Tabelle 40 fasst die bei einem Gründach ablaufenden hydrologischen Prozesse und dessen Reinigungsfähigkeit zusammen.

Tabelle 40 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit des Gründachs

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------|-----------|
| nein | ja | ja | ja | ja |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Zur Dimensionierung und baulichen Ausführung gibt es unterschiedliche Leitfäden. Zu nennen ist hierbei z. B. die deutsche Dachbegrünungsrichtlinie (FLL, 2008). Daneben existieren vielfältige Leitfäden auf Länder- bzw. Städteebene.

Bewertung

Tabelle 41 Vor- und Nachteile der Dachbegrünung (adaptiert nach Assinger, 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011)

| Vorteile | Nachteile |
|---|---|
| Anwendung in dicht bebautem Stadtgebiet | Höhere Dachlasten |
| Steigerung der Verdunstungsrate | Hoher Pflegebedarf bei intensiven Begrünungen |
| Positive Beeinflussung des Mikroklimas | Hohe Anforderung an Abdichtungsausführung |
| Erhöhung der Biodiversität | |
| Isolationseffekt des Daches | |
| Reduktion der Schadstoffe | |

4.2.14 Regenwassernutzung

Funktionsweise und Einsatzbedingungen

Regenwasserabflüsse können aufgefangen und u.a. für folgende Anwendungen herangezogen werden:

- Grünflächenbewässerung
- Toilettenspülung, Waschmaschine
- Gebäudekühlung
- Betriebswasser in Gewerbe und Industrie

Anlagen zur Regenwassernutzung (hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit in Tabelle 42) reichen von großen Dimensionen für Gewerbe und Industrie bis zur einfachen Regentonnen (Abbildung 23) für den privaten Bereich.

Der Flächenbedarf für Regenzisternen zur Nutzung des Regenwassers als Betriebswasser beläuft sich auf 0,5 – 1 m² Grundfläche für 100 m² Dachfläche. Dies entspricht einem Speichervolumen von 2-6% des Jahresniederschlags (Riechel et al., 2017).

Abbildung 23 Schematische Funktionsweise einer Regentonne (Johnscher, 2016)

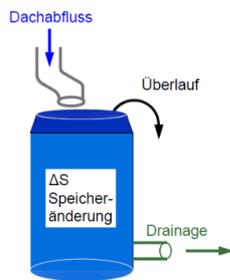


Tabelle 42 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit der Regenwassernutzung)

| Versickerung | Evapotranspiration | (Zwischen-) Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|---|---|-------------------------|---------|-----------|
| eingeschränkt (bei Nutzung zur Bewässerung) | eingeschränkt (bei Nutzung zur Bewässerung) | ja | ja | nein |

Dimensionierung und bauliche Ausführung

Die Grundsätze der Regenwassernutzung finden sich in ÖNORM B2572 (ON, 2005).

Bewertung

Tabelle 43 Vor- und Nachteile der Regenwassernutzung (adaptiert nach Assinger, 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011)

| Vorteile | Nachteile |
|--|--|
| Bei Neubauten einfach umzusetzen | Im Bestand (Stadtgebiet) schwer nachzurüsten |
| Geringer Flächenbedarf | Geringes Retentionsvolumen |
| Nutzung der Fläche über Bewirtschaftungsanlage eingeschränkt möglich | Evtl. zweites Leitungssystem notwendig |

4.2.15 Zusammenfassung der Methoden der Niederschlagswasserbewirtschaftung

Tabelle 44 Übersichtstabelle der Methoden mit Funktion

| | Versickerung | Evapotr. | Speicherung | Abfluss | Reinigung |
|---|---|---|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Mischwasserkanal | nein | nein | ja (durch Sonderbauwerke) | ja | ja (Vorbehandlung, Kläranlage) |
| Regenwasserkanal | nein | nein | nein | ja | nein |
| Transportmulden und Gräben | ja | ja | ja | ja | Je nach Ausführung |
| Speicherkanäle | nein | nein | Ja | nein | ja |
| Fassadenbegrünung | nein | ja | ja | nein | gering |
| Flächenversickerung | ja | ja | eingeschränkt | Nur als Entlastung | ja |
| Muldenversickerung | ja | ja | ja | Nur als Entlastung | ja |
| Beckenversickerung | ja | ja | ja | Nur als Entlastung | ja |
| Rigolen- oder Rohrversickerung | ja | nein | ja | Bei Anschluss an Kanalsystem | eingeschränkt |
| Mulden-Rigolen / Rohr-Versickerung | ja | ja | ja | Bei Anschluss an Kanalsystem | ja |
| Schachtversickerung | ja | nein | ja | nein | eingeschränkt |
| Retentionsraumversickerung (Teich) | ja | ja | ja | Nur zur Entlastung | ja |
| Dachbegrünung | nein | ja | ja | ja | ja |
| Regenwassernutzung | Eingeschränkt (bei Nutzung zur Bewässerung) | Eingeschränkt (bei Nutzung zur Bewässerung) | ja | ja | nein |

5 Empfehlungen zu Planung und Betrieb

5.1 Werkzeuge, Daten und Modellierung

Hydrologische Simulationen sind ein adäquates Mittel um die Leistungsfähigkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zu ermitteln. Verschiedene frei oder kommerziell verfügbare Modellierungs-Softwarelösungen bieten die Möglichkeit, Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zu modellieren bzw. in ein Niederschlags-Abfluss-Modell zu integrieren. Das US EPA Storm Water Management Model (SWMM) ist dabei eines der derzeit am meisten verbreiteten Modellen zur Simulation von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen (Jayasooriya und Ng, 2014), zudem steht es kostenlos zur Verfügung und wird kontinuierlich weiterentwickelt.

Umfassende Erläuterungen und Hinweise zum Datenbedarf für die Modellierung finden sich im Leitfaden bzw. Endbericht des Projektes „Datmod“ (Muschalla et al, 2015b). Ebenso enthalten sind darin Hinweise zu möglichen Bezugsquellen der Daten.

Um entscheiden zu können, welche Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen an welcher Stelle umgesetzt werden können, sind die Randbedingungen (siehe Kapitel 3.3) zu berücksichtigen. Hierzu sind die entsprechenden Daten für das jeweilige Projektgebiet erforderlich, Hierzu zählen:

- Niederschlag (z. B. Niederschlagsserien aus (ÖWAV, 2007b))
- Siedlungsfaktoren:
- Flächentyp/-nutzung (z. B. werden im ÖWAV-Regelblatt 45 (ÖWAV, 2015a) Niederschlagsabflüsse in Abhängigkeit der Herkunftsfläche eingeteilt und hierfür zulässige Versickerungssysteme definiert)
- Flächenverfügbarkeit
- Wasserwirtschaftliche Faktoren
- Grundwasserschutzzonen
- Grundwasserflurabstand
- Geogene Faktoren
- Altlastenverdachtsfälle
- Hangneigung
- Bodendurchlässigkeit, Unterkante der bindigen Deckschicht

Zum Großteil sollten die entsprechenden Daten in GIS-Systemen vorhanden sein oder müssen je nach Projektgebiet ermittelt werden. Näheres zu Datenquellen findet sich unter (Muschalla et al., 2015b). Für die Modellierung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen werden Daten bezüglich der Geometrie und der Materialien und ihrer hydrologischen Eigenschaften (z. B. Porosität, hydraulische Konduktivität) benötigt. Die genau erforderlichen Daten können je nach verwendeter Modellierungsumgebung variieren. Tabelle 45 zeigt beispielhaft die notwendigen Daten für ein Gründach.

Tabelle 45 Benötigte Daten für die Modellierung eines Gründachs in SWMM

| Parameter | Einheit |
|--------------------------|--------------------|
| Freibord | mm |
| Vegetationsvolumen | % |
| Oberflächenrauigkeit | s/m ^{1/3} |
| Oberflächengefälle | % |
| Bodendicke | mm |
| Porosität | Volumenanteil |
| Feldkapazität | Volumenanteil |
| Welkpunkt | Volumenanteil |
| Konduktivität | mm/h |
| Konduktivitätsgefälle | - |
| Saugspannung | mm |
| Dränagemattendicke | mm |
| Dränagemattenporenanteil | Anteil |
| Dränagemattenrauigkeit | s/m ^{1/3} |

Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zielen unter anderem auch darauf ab, die Evapotranspiration zu erhöhen. Um diese modellieren zu können, werden Daten zur potenziellen Evapotranspiration benötigt. Zu deren Ermittlung stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung, welche unterschiedliche Eingangsdaten benötigen. Die Methode nach (Hargreaves und Samani, 1985) benötigt beispielsweise tägliche min.-max. Temperaturen. Diese können beispielsweise aus (ZAMG, 1996) entnommen werden. Weitere Methoden sind beispielsweise jene von Penman, Penman-Monteith oder Haude (für einen Überblick siehe (Dyck & Peschke, 1995)).

5.2 Einflüsse unterschiedlicher Siedlungsstrukturtypen

Die räumlichen Strukturen von Städten und Dörfern unterscheiden sich in ihrer Bebauung (Gebäudetypen, Geschossflächenzahl, Bebauungsdichte, Einwohnerdichte), ihrer Nutzung sowie Eigentümerstruktur. Baublöcke mit ähnlichen Merkmalen können zu Strukturtypen zusammengefasst werden, welche als Grundlage für eine räumliche Analyse zur Adaptierung der NWB genutzt werden können. Für die Bestimmung des Umsetzungspotenzials von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen sind besonders vier Merkmale, welche mehr oder weniger über das gesamte Gemeindegebiet ermittelt werden können, relevant. Hierzu zählen die Versiegelung des Grundstücks, die Geschossflächenzahl, die Verschmutzung der Oberfläche sowie die EigentümerInnenverhältnisse.

Der Grad der Versiegelung der Baublöcke ist besonders für Maßnahmen, welche an der Oberfläche umgesetzt werden, ein wichtiger Indikator für das Umsetzungspotenzial. Allgemein kann bei der Versiegelung unterschieden werden zwischen der Versiegelung durch Gebäude und durch Gebäudenebenflächen (Grimm und Achleitner, 2010). Da Nebenflächen häufig nicht detailliert erfasst sind, kann die Geschossflächenzahl als Indikator für die Versiegelung durch Stellplätze und Flächen zur inneren Erschließung herangezogen werden (Hegger et al., 2012). Die Daten für beide Merkmale können aus dem Gebäude- und Wohnungsregisters (GWR) in Kombination mit der digitalen Katastralmappe (DKM) gewonnen werden.

Der Verschmutzungsgrad der Oberfläche stellt ein wichtiges Merkmal dar, da die Einsatzmöglichkeit unterschiedlicher Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen von diesem abhängt (ÖWAV, 2003, 2015a). Der Verschmutzungsgrad steht meist in direktem Zusammenhang mit der Nutzung der Flächen bzw. mit der Größe von Oberflächen wie Dach- oder Parkplätzen. Die Nutzung kann indirekt über die DKM, die Flächenwidmung des GWR sowie Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem (INVEKOS) Daten bestimmt werden.

Bei der Bestimmung des Umsetzungspotenzials von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen auf Grundstücksebene sind die Eigentümerverhältnisse relevant, da es Unterschiede in der Wirkmächtigkeit sowie dem individuellen Handlungsspielraum der EigentümerInnen gibt. Auf Basis des GWR kann flächendeckend zwischen privaten und öffentlichen EigentümerInnen unterschieden werden.

Anhand der zuvor beschriebenen Merkmale können neun unterschiedliche Strukturtypen in Städten und Dörfern abgeleitet werden, welche sich in Versiegelung (durch Gebäude), Geschossflächenzahl, Siedlungsdichte, Nutzung und Eigentümerverhältnissen unterscheiden:

Gebiete mit geringer Versiegelung und Dichte: Die Bebauung in diesen Gebieten besteht überwiegend aus freistehenden Einfamilienhäusern mit 1-2 Geschossen. Auf Basis der Flächenwidmung bzw. GWR Daten kann eine weitere Unterscheidung in überwiegende Wohngebiete sowie Gebiete mit zum Teil gemischter Nutzung (Kerngebiet, Mischgebiet) getroffen werden. In diesen ist der Anteil der befestigten Flächen, vor allem durch Stellplätze höher als in reinen Wohngebieten. Eine Sonderform dieses Typs stellen Kleingarten-Anlagen dar, welche oft über einen zentralen Parkplatz und ein engmaschiges Wegenetz verfügen.

Gebiete mit mittlerer Versiegelung und Dichte: In reinen Wohngebieten sind dichtere Einfamilienhäuser, Doppelhäuser, Reihenhäuser als Ein- und Mehrfamilienhäuser mit 1-2 Geschossen charakteristische Bauformen. Teilweise finden sich auch betriebliche Gebäude sowie Handels- oder Dienstleistungsgebäude mit den dazugehörigen Stellplätzen in diesen Gebieten.

Gebiete mit mehrgeschossiger Bebauung mit mittlerer Versiegelung und hoher Dichte: Bauformen in diesen Gebieten umfassen mehrheitlich mehrgeschossige Wohngebäude, Zeilenbauten, Wohnhausanlagen, offene Blockrandstrukturen sowie geschlossene Bebauung im Bereich von Innenstädten. In Kern- bzw. Mischgebieten finden sich auch betriebliche Gebäude, Handels- oder Dienstleistungsgebäude sowie öffentliche Einrichtungen mit den dazugehörigen Stellplätzen.

Mehrgeschossige Wohngebiete mit hoher Versiegelung und Dichte: Charakteristische Bauformen dieses Strukturtyps umfassen offene sowie geschlossene Blockrandstrukturen, dichte Mehrfamilienhäuser mit einem geringen Freiflächenanteil und dicht bebaute Strukturen in Wohngebieten.

Bebauung mit hoher Versiegelung, Dichte und Mischnutzung: In diesem Strukturtyp findet sich eine sehr dichte, geschlossene Bebauung entlang der Straßen im Bereich von

Stadtzentren, Innenstädten und Stadterweiterungsgebieten. Nutzungen umfassen neben dem Wohnen auch Handel, Gewerbe, Gastronomie sowie öffentliche Einrichtungen.

Öffentliche Einrichtungen und Sondergebiete: In diesem Typ sind Sondernutzungen und öffentliche Einrichtungen zusammengefasst, deren Standorte über die Flächenwidmung einem bestimmten Zweck zugewiesen sind. Hierzu zählen unter anderem Schulen, Kindergärten, kulturelle Einrichtungen, Behörden und Ämter, soziale Einrichtungen, Veranstaltungszentren, Kasernen oder Sportanlagen.

Büro, Verwaltung, Handel und Gewerbe: In diesem Strukturtyp gibt es keine Wohnnutzung. Die Bauformen variieren je nach konkreter Nutzung, charakteristisch ist jedoch der zumeist hohe Bedarf an Stellplätzen.

Betriebsgebiete und Industrie: Dieser Strukturtyp umfasst Flächen, die als Betriebsgebiet und Industriegebiet gewidmet und genutzt sind. Auch Betriebsflächen aus der DKM können diesem Typ zugeordnet werden, diese beinhalten beispielsweise die befestigten bzw. versiegelten Nebenflächen von Gewerbebetrieben oder Bauernhöfen.

Dörfliche Gebiete mit landwirtschaftlichen Betrieben: Darunter fallen jene dörflichen Bereiche, in welchen sich landwirtschaftliche Hofstellen befinden. Diese Flächen sind als Agrargebiete bzw. Dorfgebiete gewidmet, aktuelle Informationen über bestehende landwirtschaftliche Betriebe können über INVEKOS Daten ergänzt werden.

Für alle Strukturtypen hat das Projektteam das Umsetzungspotenzial unterschiedlicher Maßnahmen beurteilt. Hierfür wird zum einen das Potenzial sowie Restriktionen für Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen auf Grund von Flächenverfügbarkeit und Verschmutzung des Abflusses analysiert und zum anderen die Potenziale und Herausforderungen bezüglich der Eigentümerstruktur betrachtet. Je dichter die Verbauung eines Gebietes ist desto geringer ist das Potenzial für Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen mit einem großen Flächenbedarf. Bei der Flächennutzung stellen vor allem der Stellplatzbedarf und produzierende Betriebe eine Herausforderung für den Einsatz bestimmter NBW-Maßnahmen dar. Die Eigentümerverhältnisse stellen im Gegensatz zu den anderen Merkmalen keine technische Randbedingung dar. Sie haben jedoch Einfluss auf das Umsetzungspotenzial und die daraus entstehende Wirkung auf das Entwässerungssystem. Es können drei Gruppen unterschieden werden. Die öffentliche Hand, welche auf eigenen Flächen eine hohe Wirkmächtigkeit hat und die Umsetzung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen auf ihrem Grund als Vorbild fungieren kann. EigentümerInnen mit hohem individuellem Handlungsspielraum und hoher Wirkmächtigkeit, wie gemeinnützige Bauvereinigungen oder EigentümerInnen großer

zusammenhängender Flächen, bei welchen Bewusstseinsbildung und Anreize wichtig sind, da hier bei Adaptierungen ein großer Effekt für die NWB erzielt werden kann. Die dritte Gruppe stellen EigentümerInnen mit geringer Wirkmächtigkeit oder geringem individuellem Handlungsspielraum, wie Privatpersonen in Mehrparteien- oder Einfamilienhäusern, dar. In dieser Gruppe ist es besonders schwierig, großräumige Veränderungen herbeizuführen, da eine Vielzahl an Ansprechpersonen vorhanden ist. Jedoch können auch hier Bewusstseinsbildung und Anreizsysteme das Potenzial für die Umsetzung steigern (Simperler et al., 2018).

In Tabelle 46 wird der Einsatz unterschiedlicher Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen je unterschiedlicher Strukturen aus Sicht des Projektteams bewertet. In die Beurteilung fließen nicht nur die zuvor beschriebenen Kriterien ein, sondern auch eine Bewertung der Maßnahmen im Sinne einer integrativen NBW. Der Einfluss zeigt sich vor allem bei der Unterscheidung zwischen empfohlenen und zulässigen Maßnahmen. Daher ist die Beurteilung auf Basis der Einschätzung lokaler Gegebenheiten in konkreten Projekten bei Bedarf zu adaptieren.

Tabelle 46 Empfohlene Niederschlagswasserbewirtschaftung in Abhängigkeit der Strukturtypen

| Strukturtyp | Retention und | | | Versickerung | | | Ableitung | | |
|--|---------------|--------------------|---------|--------------------------|-----------|-----------------|------------------------|-------------|--------------|
| | Ableitung | Evapotranspiration | Nutzung | Mit mineralischem Filter | Mit Rasen | Mit Bodenfilter | Mit technischem Filter | Oberirdisch | Unterirdisch |
| Wohngebiet mit geringer Versiegelung und Dichte | 0 | + | + | 0 | + | + | + | 0 | 0 |
| Kerngebiet mit geringer Versiegelung und Dichte | 0 | + | + | i.B. | 0 | + | 0 | 0 | 0 |
| Wohngebiet mit mittlerer Versiegelung und Dichte | 0 | + | + | 0 | + | + | + | 0 | 0 |
| Kerngebiet mit mittlerer Versiegelung und Dichte | 0 | + | + | i.B. | 0 | + | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|------|---|------|---|---|------|------|------|
| Wohngebiet mit mehrgeschossiger Bebauung mit mittlerer Versiegelung und hoher Dichte | o | + | + | o | + | + | + | o | o |
| Kerngebiete mit mehrgeschossiger Bebauung mit mittlerer Versiegelung und hoher Dichte | o | + | + | i.B. | o | + | o | o | o |
| Mehrgeschossige Wohngebiete mit hoher Versiegelung und Dichte | o | + | + | i.B. | + | + | + | o | o |
| Bebauung mit hoher Versiegelung, Dichte und Mischnutzung | o | i.B. | + | - | - | + | o | i.B. | o |
| Öffentliche Einrichtungen und Sondergebiete | o | + | + | i.B. | o | + | o | o | o |
| Büro, Verwaltung, Handel und Gewerbe | o | + | + | - | o | + | o | i.B. | o |
| Betriebsgebiete und Industrie | o | i.B. | + | - | - | o | i.B. | i.B. | i.B. |
| Dörfliche Gebiete mit landwirtschaftlichen Betrieben | o | + | + | - | - | + | i.B. | i.B. | i.B. |

Legende: + empfohlen, o zulässig, - nicht empfohlen, i.B. individuelle Beurteilung erforderlich

5.3 Umgang mit sich ändernden Randbedingungen

Die Herausforderung in der Planung von nachhaltigen Niederschlagswasserbewirtschaftungsanlagen besteht darin, sich eventuell ändernde Randbedingungen, welche allerdings wiederum mit hohen Unsicherheiten behaftet sind, in den Planungsprozess einzubeziehen. Solche Änderungen können daraus bestehen, dass sich das Einzugsgebiet ändert (Bevölkerungsab- oder zunahme, Flächenversiegelung oder -abkoppelung), die Niederschlagscharakteristik aufgrund des Klimawandel ändert, oder auch dass sich die gesetzlichen Randbedingungen ändern (z.B. höhere Anforderungen an Reinigungsleistung). Zudem ist auch noch die bestehende Infrastruktur samt ihrem Zustand (ihrer Restlebensdauer) zu berücksichtigen.

Als erster Schritt wird dafür empfohlen eine möglichst umfassende Erhebung der Daten und Einflussfaktoren für das zu untersuchende Gebiet inklusive möglicher Entwicklungen durchzuführen. Die Gemeindeentwicklung sollte ohnehin anhand er jeweiligen örtlichem Raumordnungskonzepte diskutiert werden können, darüberhinausgehende Prognosen z.B. zur Bevölkerungsentwicklung kann anhand verfügbarer Daten abgeschätzt werden. Auch Hinweise zur Tendenz der klimatischen Entwicklung sind verfügbar und sollten verwendet werden (siehe Kapitel 2).

Basierend auf den Rahmenbedingungen und Prognosen für Bevölkerungs- und Klimaentwicklung können Szenarien für die Niederschlagswasserbewirtschaftung entwickelt werden. Die Auswirkungen der Szenarien können in Modellparameter / Eingangsdaten (Niederschlag) umgewandelt werden und so in einem Modell des Entwässerungsnetzes und weiterführenden Planungen berücksichtigt werden.

Umgang mit Entwicklungen im Einzugsgebiet

Um realistische Szenarien zu entwerfen, können Einzelprognosen und die dazugehörigen Szenarien bzw. Maßnahmen kombiniert werden. Beispielsweise kann eine Bevölkerungszunahme zur Hälfte durch Verdichtung des bestehenden Siedlungsgebietes und zur anderen Hälfte durch Neubauten gedeckt werden. Zusätzliche Versiegelung ergibt sich durch die Ansiedelung von einem flächenintensiven Betrieb. In Tabelle 47 wird schematisch gezeigt, wie eine Szenarienzusammenstellung aussehen kann.

Tabelle 47 Einflüsse auf bebaute Fläche bzw. Flächenversiegelung

| Einzelprognose | Annahmen | Maßnahmen | Auswirkung bis | | |
|--------------------|---|--------------------|----------------|------|------|
| | | | 2030 | 2050 | 2075 |
| Bevölkerung | Hauptszenario | Neubau | + | + | + |
| | | Verdichtung | + | + | + |
| | Wachstumsszenario | Neubau | + | + | + |
| | | Verdichtung | + | + | + |
| Alterungsszenario | Bebauung bleibt | o | o | o | |
| | Abkoppelung | - | - | - | |
| Wirtschaft | Lokale Planung | Ansiedelung | + | + | + |
| | | Absiedelung | - | - | - |
| Technologie | Dezentrale Reinigung von Straßenwässern | Straßenabkoppelung | - | | |

Es wird empfohlen eine derartige Szenarientwicklung in der Gemeinde unter Einbeziehung verschiedener Entscheidungsträger (z.B. Wasserwirtschaft, Mobilität, Raumplanung, Wirtschaft) durchzuführen. Darin können die aktuelle und angestrebte Siedlungsstruktur sowie die lokalen Bedingungen definiert werden.

Kleidorfer et al 2014 beschreiben eine Methodik Flächenänderung vereinfacht in der Modellierung zu berücksichtigen und als geänderte Bemessungsjährlichkeiten auszudrücken. Zwar ist diese Vorgangsweise auf kleine, einfache Einzugsgebiete begrenzt, jedoch gerade für dezentral behandelte Gebiete durchaus anwendbar. Danach kann mittels der Formel $T_z = T \cdot (1 + f_z)^2$ eine Bemessungsjährlichkeit T_z , welche zukünftige Flächenversiegelung berücksichtigt aus der aktuellen Bemessungsjährlichkeit T und der angenommenen Flächenänderung (ausgedrückt als Zuschlagfaktor f_z) ermittelt werden. Tabelle 48 zeigt beispielhaft die Umrechnung für eine Zunahme der Versiegelten Fläche um 30% bzw. 60%

Tabelle 48 Umrechnung von Flächenversiegelung in Bemessungsjährlichkeit

| Aktuelle Bemessungsjährlichkeit | Zunahme versiegelte Fläche um 30% | Zunahme versiegelte Fläche um 60% |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 1,7 | 2,6 |
| 2 | 3,4 | 5,1 |
| 3 | 5,1 | 7,7 |
| 5 | 8,5 | 12,8 |
| 10 | 16,9 | 25,6 |

Umgang mit Klimaänderungen

Relevant für die Bemessung von Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung sind konvektive Starkniederschläge, welche sich als kurze kleinräumige Ereignisse zeigen. Aufgrund der schnellen Reaktionszeit auf befestigten Oberflächen ist zudem noch eine zeitlich sehr hoch aufgelöste Darstellung der Niederschlagsinformation notwendig. Mikovits et al. (2017) haben beispielsweise für ein Beispiel in Österreich gezeigt, dass für die für die Planung von Regenwasserbehandlungsanlagen relevante Wiederkehrzeit von 5 Jahren und kurze Dauerstufen eine Erhöhung der Niederschlagsintensität von bis zu 30% zu erwarten ist. Dabei ist jedoch zu erwähnen, dass dies sehr stark von den jeweiligen Klimaszenarien und auch den Klimamodellen abhängt. Konkrete Quantifizierungen sind daher mit hohen Unsicherheiten behaftet, wenn auch Konsens darüber besteht, dass Starkregenereignisse in einem wärmeren Klima intensiver werden.

Dementsprechend können erhöhte Niederschlagsintensitäten oder erhöhte Bemessungsjährlichkeiten gewählt werden um die Robustheit der Wirkung der geplanten Anlagen unter stärkeren Niederschlagsintensitäten zu testen. Natürlich führt dies auch zu einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit (also einer Verringerung der Überflutungsgefährdung)

bereits für die derzeitige Situation. Andere Klimaeinflüsse (z.B. verringerte Infiltrationsleistung nach langer Trockenzeit) können entsprechend durch Wahl der Modellparameter gewählt werden.

Folgende Szenarien stellen praxisnahe Annahmen dar, die dafür verwendeten Zahlen sind der Fachliteratur entnommen. Dies sind typische Szenarien für das Gebiet von Österreich, sollen dabei aber weniger konkrete Prognosen darstellen, sondern können als Szenarien verwendet werden um die Robustheit von Anlagen zu überprüfen indem die Eingangsdaten und Modellparameter entsprechend geändert werden.

- Frühlingsszenario:
Klima: Höhere Regenintensitäten und längere Niederschlagsperioden
Funktion: Die Retentionswirkung ist voll gegeben, die Versickerungsleistung kann aufgrund eines kompakteren Untergrundes nach dem Winter und den allgemein nasserem Verhältnissen reduziert sein, die Verdunstung ist im Vergleich zum Sommer noch relativ gering (kaum Vegetation), der Abfluss in den Kanal ist uneingeschränkt möglich
- Sommerszenario:
Klima: Zunahme der Niederschlagsintensität (geringer), jedoch treten hier die Jahresspitzenwerte auf, längere Trockenperioden
Funktion: Retention, Versickerung und Verdunstung sowie der Abfluss im Kanal sind voll einsatzfähig (in Gebieten mit ausgeprägten Trockenperioden geringere Versickerungsleistung)
- Herbstszenario:
Klima: Zunahme der Niederschlagsintensität (geringer), längere Trockenperioden
Funktion: Retentionswirkung und Verdunstung ist voll gegeben, die Versickerungsleistung ist durch längere Trockenperioden vermindert und der Abfluss ist durch verstopfte Abflüsse (Laub) vermindert.
- Winterszenario:
Klima: im Verhältnis zu den anderen Jahreszeiten die größten Zunahmen der Niederschlagsintensität, höhere Temperaturen (Frost-Tau-Wechsel) führen zu mehr Schmelzwasser
Funktion: Das Retentionsvolumen ist durch abgelagerten Schnee kleiner und die Versickerungsleistung durch Ablagerungen und den gefrorenen Boden vermindert. Durch Schnee kann die Speicherwirkung von Gründächern verringert sein und der Abfluss zum Kanal blockiert werden. („Worst-Case“ Szenario: alle dezentralen

Anlagen fallen komplett aus und die Ableitung kann nur mehr über den Kanal erfolgen)

Tabelle 49 Beispiel der jahreszeitlichen Parametrisierung zur Durchführung von Robustheitsanalysen

| | Parameter 1 Retention | Parameter 2 Kf-Wert | Parameter 3 Kanalabfluss | Parameter 4 Gründach |
|-----------------|--------------------------|---|-----------------------------|---|
| Frühling | unbeeinflusst | verringert | unbeeinflusst | verringerte Evaporation |
| Sommer | unbeeinflusst | Unbeeinflusst, verringert in Gebieten mit ausgeprägten Trockenperioden | unbeeinflusst | unbeeinflusst |
| Herbst | unbeeinflusst | verringert | verringert | unbeeinflusst |
| Winter | verringert | verringert | verringert | verringerte Evaporation (Schnee, Temperatur) |

Umgang mit sich ändernden Anforderungen and Behandlung und Einleitung

In den letzten Jahren kam es zu einer zunehmenden Verschärfung der Einleitbedingungen in qualitativer und quantitativer Hinsicht von Regenwasserabflüssen in Oberflächengewässer oder das Grundwasser. Dies geschah zum Zweck des Gewässerschutzes aber auch zur Beschränkung der Hochwassergefährdung. 2015 wurde dazu das überarbeitete ÖWAV Regelblatt 45 „Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund“ und 2019 das ÖWAV Regelblatt 35 „Einleitung von Niederschlagswasser in Oberflächengewässer“ herausgegeben. In Deutschland wird wurde/wird die Regenwasserbewirtschaftung gerade im Arbeitsblatt DWA-A102/BWK-A3 „Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer“ neu geregelt (zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Leitfadens als Gelbdruck d.h. Entwurf vorliegend). Darin wird für die Beurteilung der Behandlungsbedürftigkeit die Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe kleiner 63µm (AFS63) als Leitparameter herangezogen. Darüber hinaus wird die Erhaltung der natürlichen Wasserbilanz angestrebt.

Die Empfehlung die Wasserbilanz für ein Einzugsgebiet nahe dem natürlichen Zustand (d.h. gleichbleibender Oberflächenabfluss, Versickerung und Verdunstung) zu erhalten bringt dabei auch automatisch mit sich, dass die Hochwassergefährdung und Grundwasserbeeinflussung beschränkt wird. Somit ist eine derartige Vorgangsweise eine Empfehlung für eine zukunftssträchtige nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung. Dabei

sollten Regenwasserabflüsse mit stark unterschiedlichen Verschmutzungen möglichst getrennt behandelt werden. Dies ermöglicht eine effektive Reinigung stark verschmutzter Abflüsse ohne vorherige Verdünnung durch nicht behandlungsbedürftige Abflüsse. Die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung und Vermeidung der Einleitung in eine Misch- oder Regenwasserkanalisation stelle eine derartige Trennung dar. Eine dazu nötige Flächenabkoppelung von bestehenden Entwässerungssystemen sollte dabei in einer Gemeinde / in einem Abwasserverband kontinuierlich verfolgt werden da eine plötzliche Systemänderung kaum möglich ist. Möglich sind Anreizsysteme zur Abkoppelung im Bestand (z.B. getrennte Gebühren für Abwasser und Regenwasser, Förderung von dezentralen Anlagen) oder zwanghafte Abkoppelung sobald die rechtlichen Möglichkeiten bestehen wie im Zuge der Baugenehmigung im Neubau.

5.4 Erhaltung der Wasserbilanz

Die fortschreitende Urbanisierung und der damit verbundene Anstieg der Oberflächenversiegelung bringt verschiedene negative Auswirkungen auf die Wasserbilanz mit sich. Während sich der Abfluss erhöht, gehen die Evapotranspiration und Grundwasseranreicherung zurück. Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung, wie Gründächer oder begrünte Versickerungsmulden, können auch dazu eingesetzt werden, diese negativen Aspekte der Urbanisierung zumindest abzuschwächen.

Neben der Erreichung „klassischer“ Ziele wie Überflutungssicherheit und Gewässerschutz sind Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen nämlich auch in der Lage, die Wasserbilanz positiv zu beeinflussen. Hierbei sollte das Ziel verfolgt werden, sich möglichst einem natürlichen hydrologischen Zustand anzunähern. Damit werden mehrere negative Auswirkungen der fortschreitenden Urbanisierung abgefangen bzw. abgemildert. Hierzu gehören erhöhte Abflussvolumina und Abflussspitzen oder urbane Hitzeinseln, welche beispielsweise durch eine Erhöhung der Verdunstung verhindert werden können. Werden natürliche hydrologische Zustände verfolgt, wird auch der Grundwasserstand in Betracht gezogen, der nicht durch übermäßiges Versickern von Niederschlagswasser erhöht werden sollte. Der natürliche Zielzustand kann mit hydrologischen Simulationen ermittelt werden (Ansatz z. B. in (Henrichs et al., 2019)) oder von Entscheidungsträgern vorgegeben werden. Beispielsweise kann bei bereits auftretenden Kapazitätsproblemen bei der Misch- oder Regenwasserkanalisation auch ein Abflussvolumen von Null gefordert sein.

Hydrologische Simulationen sind ein geeignetes Werkzeug, um die Leistungsfähigkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen bezüglich einer Annäherung an die natürliche Wasserbilanz einzuschätzen. Es lassen sich hierbei verschiedene Planungsszenarien mit dem

Einsatz unterschiedlicher Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen simulieren, um eine geeignete Maßnahmenkombination zu finden.

Bei den Simulationen ist auf gemessene Regenserien und kontinuierliche Langzeitsimulationen zu setzen. Die Simulation von Einzelereignissen kann die Einschätzung der Leistungsfähigkeit der NWB-Maßnahme deutlich verfälschen. Das noch vorhandene Retentionsvolumen der NWB-Maßnahme am Start eines Regenereignisses hat nämlich einen entscheidenden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit. Ist beispielsweise die Bodenschicht einer Versickerungsmulde aufgrund vorhergehender Regenereignisse bereits teilgesättigt, ist die Aufnahmefähigkeit zusätzlicher Niederschlagswässer im Gegensatz zu einem trockenen Boden deutlich verändert. Mit kontinuierlichen Langzeitsimulationen werden die hydrologischen Verhältnisse am Start eines jeden Regenereignisses mitberücksichtigt.

Mit den Ergebnissen der Langzeitsimulationen lassen sich die einzelnen Wasserbilanzkomponenten berechnen und dem gewünschten Zielzustand gegenüberstellen. Dabei sollte auf absolute Abweichungen zurückgegriffen werden, da sowohl ein Über- oder Unterschreiten des Zielwertes negativ zu bewerten ist. Nähere Informationen zur Vorgehensweise zur Bewertung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen mithilfe hydrologischer Simulationen hinsichtlich der Annäherung an eine natürliche Wasserbilanz finden sich im Kapitel 3.1.3.

Die Anwendung der Methodik zur Annäherung an eine natürliche Wasserbilanz zeigt, dass es mehrere mögliche Maßnahmenpakete gibt, mit welchen sich dem gewünschten Zielzustand angenähert werden kann. Bei der schlussendlichen Entscheidung sind auch die ökonomischen Aspekte wie die Lebenszykluskosten und der Flächenbedarf mit zu berücksichtigen.

Untersuchungen mithilfe von hydrologischen Langzeitsimulationen zeigen zudem, dass auch die Kombination von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Form einer Kaskade zielführend sein können. Beispielsweise kann ein Gründach den Abfluss abschwächen und die Evapotranspiration erhöhen, während eine nachgeschaltete Rigole die noch auftretenden Abflüsse zur Versickerung bringen kann.

5.5 Betrieb und Erhalt von Anlagen zur Niederschlagswasserbewirtschaftung

Um eine lange Lebensdauer der Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zu erreichen, sind regelmäßige Wartungsarbeiten sowie von Zeit zu Zeit auch weitergehende Wartungsmaßnahmen und Sanierungen durchzuführen (Hoyer et al., 2011b; Woods Ballard). Die für den Betrieb von Kanalisationsanlagen notwendigen Tätigkeiten sind im ÖWAV-Regelblatt 22 zusammengefasst sind (OEWAV, 2015b). Daher wird im Folgenden vor allem auf den Betrieb dezentraler Anlagen eingegangen.

Ein wichtiger Aspekt des Betriebs betrifft die Zuständigkeit. Während diese für den Betrieb von Kanalisationsanlagen meist klar ist, können alternative Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen von unterschiedlichen Akteuren betrieben werden. Die Zuständigkeit und Finanzierung des Betriebs sollte schon während der Planung über die vorhersehbare Lebensdauer der Anlagen festgelegt werden (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010). Prinzipiell kann bei der Zuständigkeit zwischen Privatpersonen, Kanalbetreiber, Gemeinde und Privatunternehmen unterschieden werden (Campell, 2015). Die Zuständigkeit der einzelnen Akteure kann sowohl über die Lebensdauer als auch in Bezug auf die Aufgabe variieren. So ist es möglich, dass beispielsweise die Zuständigkeit für die Inspektion von der Grünraumpflege getrennt wird. Wichtig ist es, die unterschiedlichen Zuständigkeiten möglichst früh festzulegen und in einem Pflegeplan zu dokumentieren (Campell, 2015; Hoyer et al., 2011b; Woods Ballard et al., 2015b). Die Zuständigkeiten können auch vertraglich festgelegt werden, um den langfristigen Betrieb und die Wartung sicherzustellen (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010).

Information bezüglich Betrieb und die Wartung für Anlagen ist sowohl für die zuständigen Akteure als auch für Besitzer oder Mieter des betreffenden Grundstücks wichtig. Die Informationsverbreitung kann unter anderem über das Verteilen von Handbüchern oder die Abhaltung von Workshops geschehen. Wichtig ist jedoch, dass auch wenn der Nutzer einer Anlage nicht für deren Wartung zuständig ist, sollte er erkennen können, wann diese nicht funktioniert, um den Schaden melden zu können und wissen, wer bei einer Fehlfunktion zu kontaktieren ist (Woods Ballard et al., 2015b).

Zu den regelmäßigen Tätigkeiten zählen zum einen die Inspektion der Anlagen und zum anderen die Grünraumpflege (Woods Ballard et al., 2015b). Die unterschiedlichen Tätigkeiten und ihrer Intervalle findet sich in Tabelle 50. Eine regelmäßige Inspektion und/oder Überwachung der Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen ist essentiell, um mögliche

Schäden frühzeitig zu erkennen und somit eine lange Nutzungszeit erreichen zu können. Bei der Routineinspektion sollten folgende Punkte überprüft werden: Durchlässe und Abläufe auf Verstopfungen, Dichtheit von Anlagenteilen, Gesundheit der Vegetation, Verkehrssicherheit, Sedimentablagerungen, bauliche Schäden, Erosion, Pfützenbildung bei Versickerungsanlagen und ungeplantes Austreten von Wasser aus Becken. Die letzteren beiden Punkte können vor allem nach großen Regenereignissen überprüft werden (Grimm and Achleitner, 2010c; Woods Ballard et al., 2015b).

Um den Pflegeaufwand der bepflanzten Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen möglichst gering zu halten, sollte schon in der Planung auf Pflanzen, welche eine extensive Pflege benötigen, gesetzt werden (Grimm and Achleitner, 2010c; Woods Ballard et al., 2015b). Besonders bei Versickerungsanlagen ist darauf zu achten, dass die Grünraumpflege nicht die Sickerleistung der Anlage durch Nachverdichtung beeinträchtigt (Grimm and Achleitner, 2010c). Bei vielen Tätigkeiten der Grünraumpflege von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen ist es möglich, diese in ein bestehendes Landschaftspflegekonzept einzubetten. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass die für die Landschaftspflege verantwortlichen Personen über die Funktionalität der Anlage aufgeklärt werden und über mögliche Einschränkungen in der Pflege informiert sind (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010; Woods Ballard et al., 2015b).

Tabelle 50 Regelmäßige Tätigkeiten im Betrieb Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010; Woods Ballard et al., 2015b)

| Tätigkeit | Maßnahmen | Intervall |
|-------------------------------------|---|---|
| Inspektion und Dokumentation | Alle Maßnahmen | Monatlich bis Jährlich, nach großen Regenereignissen |
| Entfernung von Abfällen | Bei allen Maßnahmen, besonders bei Verstopfungsgefahr | Je nach Bedarf, besonders im Herbst nach Laubfall zweimal jährlich |
| Mähen | Transportmulden und Gräben Flächenversickerung Muldenversickerung Beckenversickerung Mulden-Rigolenversickerung | Mindestens zweimal jährlich häufiger möglich aus ästhetischen Gründen |
| Entfernung von Unkraut | Transportmulden und Gräben Flächenversickerung Muldenversickerung Beckenversickerung Mulden-Rigolenversickerung Gründach | Zweimal jährlich |

| | | |
|---|---|--|
| Stauden- und Heckenschnitt | Muldenversickerung Beckenversickerung Mulden-Rigolenversickerung Retentionsraumversickerung | Einmal jährlich |
| Management der Uferbepflanzung | Teich | Einmal jährlich |
| Management der Wasserpflanzen | Teich | Einmal jährlich |
| Kehren von durchlässigen Oberflächen | Flächenversickerung | Einmal jährlich |
| Bewässerung | Transportmulden und Gräben Flächenversickerung Muldenversickerung Beckenversickerung Mulden-Rigolenversickerung Gründach | Nach Bedarf in den ersten beiden Jahren nach Fertigstellung der Anlage |

Weiters müssen bei dezentralen Anlagen gelegentlich Sedimentablagerungen entfernt werden oder die Bepflanzung erneuert werden (Woods Ballard et al., 2015b). Zu große Sedimentablagerungen können sowohl die Funktionalität als auch die Ästhetik der Anlage einschränken, weshalb diese bei Bedarf entfernt werden müssen (CVC and Toronto and Region Conservation Authority, 2010). Die Geschwindigkeit, mit welcher sich Sedimente in Anlagen ablagern, hängt vom Entwässerungssystem zur Anlage, der Größe sowie Charakteristik des Einzugsgebiets ab (Woods Ballard et al., 2015b). Der Austausch von Teilen der Vegetation bzw. einzelner Pflanzen kann besonders im ersten Jahr nach Inbetriebnahme der Anlage oder nach großen Regenereignissen kann es notwendig sein. Bei der Nachpflanzung sollte darauf geachtet werden, dass dieselbe Anzahl an Pflanzen wiederhergestellt wird (Woods Ballard et al., 2015b).

Zu den Sanierungsmaßnahmen zählt die Sanierung baulicher Schäden als auch die Wiederherstellung der Sickerleistung von Versickerungsflächen. Diese kann durch das Auflockern des Bodens mittels Maschinen in einer Tiefe von rund 50 mm, Druckbelüftung des Untergrundes oder die Entfernung und anschließender Wiederaufbau des Sickerkörpers wieder hergestellt werden (Grimm and Achleitner, 2010c; Woods Ballard et al., 2015b). Um die unterschiedlichen Tätigkeiten durchführen zu können, sollte schon in der Planung die Zugänglichkeit der Anlagen für notwendige Maschinen berücksichtigt werden und eine Durchgängigkeit

5.6 Vorgehen bei der Entscheidungsfindung

Die Entwicklung integraler Lösungen für die Niederschlagswasserbewirtschaftung (NWB) ist ein wichtiges Ziel, um zukunftssichere Entwässerungssysteme zu planen (ON, 2017). Die Entscheidungsfindung, welche konkreten Maßnahmen für ein Gebiet gewählt werden sollen, um eine integrale Lösung zu erreichen, ist komplex, da sowohl mehrere Ziele berücksichtigt werden müssen als auch unterschiedliche Akteure in den Prozess eingebunden werden (Kuller et al., 2017). Um möglichst viele unterschiedliche Aspekte der NWB in der Entscheidung zu berücksichtigen, können strukturierte Planungsprozesse angewandt werden. Bei der Adaptierung bestehender Systeme stellen besonders vorhandene Strukturen und deren Anpassungsfähigkeit eine wichtige Rolle dar, da eine Vielzahl dezentraler Maßnahmen an der Oberfläche ausgeführt wird. Aus diesem Grund basiert der in diesem Projekt entwickelte Planungsprozess auf einem strukturierten Planungsablauf der örtlichen Raumplanung (Stöglehner und Wegerer, 2004). Der Planungsprozess setzt sich aus mehreren aufeinander folgenden Phasen zusammen. Die Arbeitsschritte innerhalb der vier Phasen sind in Abbildung 24.

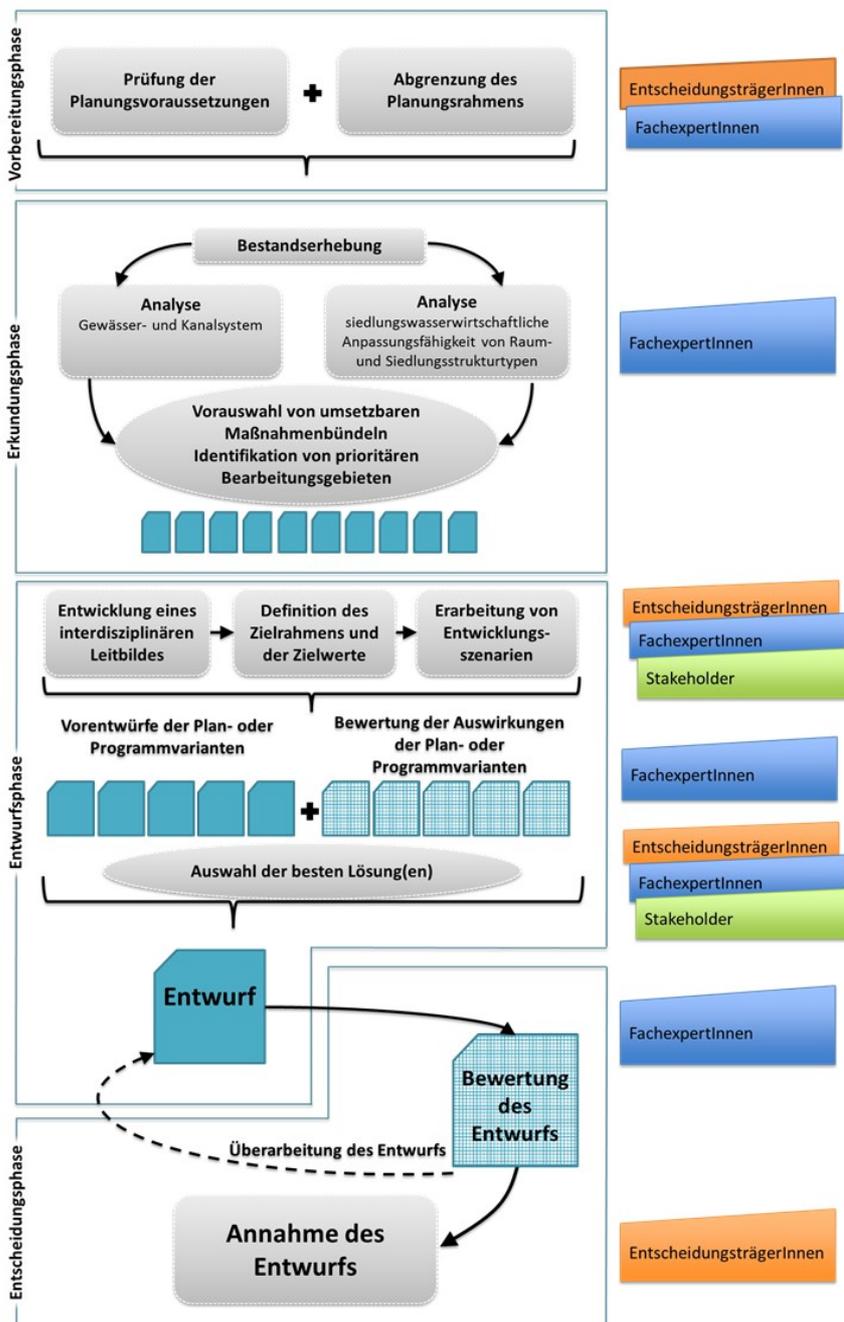
Für eine erfolgreiche Umsetzung von NWB-Projekten ist die Einbindung unterschiedlicher Akteure in den Entscheidungsprozess von großer Bedeutung. Die Vorstellungen relevanter Akteursgruppen werden schon in der Planung integriert und mögliches Konfliktpotenzial kann früh erkannt werden (Beierle und Konisky, 2000). Im Planungsprozess wird zwischen drei Akteursgruppen unterschieden: EntscheidungsträgerInnen, ExpertInnen und Stakeholder.

Die wichtigsten EntscheidungsträgerInnen stellen der/die BürgermeisterIn einer Gemeinde als Baubehörde 1. Instanz, die Planungsabteilung einer Gemeinde und der/die KanalbetreiberIn dar. Bei kleine und mittlere Gemeinden kann die Anzahl der relevanten Personen deutlich kleiner sein als in großen Städten. Zusätzlich können je nach Projekt noch InvestorInnen, Grundstücks- bzw. GebäudeeigentümerInnen, Bauträgergesellschaften oder unterschiedliche Abteilungen der Gemeindeverwaltung (Grünraumpflege, Naturschutz, Straßenbau, ...) zu den EntscheidungsträgerInnen gezählt werden (Matzinger et al., 2017). Die Zuordnung dieser zu den EntscheidungsträgerInnen oder den Stakeholdern ist abhängig von Ihrem Einfluss auf das gesamte Konzept der NWB.

Die ExpertInnen kommen vor allem aus dem Bereich der Entwässerungsplanung und der Raumplanung. Zusätzlich können je nach Projekt und Problemstellung beispielsweise ExpertInnen aus den Bereichen Geologie, Gewässerökologie, Wasserwirtschaft, Landschaftsplanung, Architektur und Ingenieurbiologie beteiligt werden.

Zu den Stakeholdern werden Akteure gezählt, welche ein direktes Interesse an der NWB haben bzw. direkt von der Adaptierung betroffen sind. Neben schon zuvor genannten können bei großen Projekten auch die WissenschaftlerInnen, Interessensvertretungen wie Fach- und Umweltverbände oder lokale Initiativen und die allgemeine Bevölkerung beteiligt werden (Matzinger et al., 2017). Die Anzahl an beteiligten Stakeholdern ist auf das jeweilige Projekt abzustimmen.

Abbildung 24 Ablaufschema des Strukturierten Planungsprozesses



Die Beschreibung des Handlungsanlasses, auf Grund welchem die bestehende Niederschlagswasserbewirtschaftung (NWB) analysiert und überarbeitet werden soll, steht am Anfang des Planungsprozesses. Der Ausgangspunkt für eine Veränderung der aktuellen NWB kann zum Beispiel eine geplante Sanierung des Kanalsystems, eine Siedlungserweiterung oder eine Überlastung des Kanalsystems sein. Die Analyse der Planungsvoraussetzungen stellt die Möglichkeit dar, zugrundeliegende Probleme für eine notwendige Adaptierung in der NWB zu diskutieren und darauf aufbauend Grobziele für die Planung abzustecken (Stöglehner und Wegerer, 2004). Nach der Definition der Voraussetzungen wird der Untersuchungsrahmen festgelegt. Die Abgrenzung umfasst räumliche, zeitliche, inhaltliche und methodische Aspekte.

Bei der Zusammenstellung des Bearbeitungsteams sollte schon zu Beginn auf Interdisziplinarität gesetzt werden, weil die NWB eine Querschnittsmaterie ist. Auch ist die behördenübergreifende Zusammenarbeit wichtig, da die Umsetzung von Maßnahmen nicht nur den Siedlungswasserbau, sondern unter anderem auch die Raumplanung und die Wasserwirtschaft betrifft (Kruse et al., 2014).

Zu Beginn der Erkundungsphase erfolgt eine Bestandserhebung der relevanten Grundlagendaten, welche die Randbedingungen für die Planung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen abbilden, durch die jeweiligen FachexpertInnen. Die gesammelten Daten umfassen neben klassischen entwässerungsrelevanten Daten wie Niederschlags- und Abflussmengen und angeschlossenen Flächen auch wasserwirtschaftliche, geologische, meteorologische, topografische und soziokulturelle Aspekte. Zusätzlich sind Daten zu bestehenden Entwässerungssystemen, Raum- und Siedlungsstrukturen (z.B.: Einfamilienhaussiedlung, mehrgeschossiger Wohnbau, Dorfzentrum, ...) sowie je nach Handlungsanlass zu Straßenraum, Verkehr und anderen Leitungsträgern zu erheben. Die vorherrschenden Randbedingungen haben einen Einfluss auf die Auswahl der Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. So können zum Beispiel geringe Versickerungsfähigkeit (Geologie), Hangneigung (Topographie) oder der Grundwasserstand (Wasserwirtschaft) die Anwendbarkeit bestimmter Maßnahmen beeinflussen.

Anschließend erfolgt eine erste Analyse des Untersuchungsgebietes basierend auf den erhobenen Grundlagendaten. Die Analyse des Untersuchungsgebiets zur Priorisierung relevanter Teileinzugsgebiete ist in zwei Teile getrennt, welche parallel oder auch nacheinander ablaufen können. Zum einen wird das Entwässerungssystem auf Engpässe geprüft. Zum anderen werden die räumlichen Randbedingungen anhand von unterschiedlichen Raumstrukturtypen analysiert.

Am Ende der Untersuchungsphase erfolgt die Überlagerung der unterschiedlichen Analyseschichten zur Identifikation von prioritären Bearbeitungsgebieten und zur Vorauswahl umsetzbarer Maßnahmenbündel. Die Identifikation der prioritären Bearbeitungsgebiete setzt sich aus der zuvor beschriebenen Analyse des Kanalnetzes sowie der Raum- und Siedlungsstrukturtypen zusammen. Die Beurteilung der technischen Machbarkeit unterschiedlicher Maßnahmenbündel erfolgt auf Grund der vorherrschenden natürlichen Randbedingungen (z.B.: Geologie, Bebauung, Grünstruktur, Gewässersystem, Topographie).

Die vorausgewählten Maßnahmenbündel werden in der Entwurfsphase weiter untersucht. Zu Beginn der Entwurfsphase steht zuerst die Entwicklung eines interdisziplinären regenwasserbezogenen räumlichen Leitbilds mit Einbindung aller beteiligten Akteursgruppen (Deister et al., 2016b; Kruse et al., 2014). Je nach Planungsrahmen bzw. prioritären Bearbeitungsgebieten sind dies neben lokalen EntscheidungsträgerInnen (Bürgermeister, Gemeinderäte) und Stakeholdern auch private GrundeigentümerInnen, wenn diese von möglichen Maßnahmen betroffen sind. Das Leitbild stellt die Vision für die zukünftige Entwicklung dar und wird für das gesamte Untersuchungsgebiet entwickelt. Es bildet die Grundlage für die Ziele der Planung.

Um die Umsetzung des Leitbilds bei der Auswahl von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen beurteilen zu können, wird ein Zielrahmen entworfen. Dieser umfasst die Definition aller maßgeblichen Ziele als Grundlage für die Entscheidungsfindung. Der Zielrahmen kann neben normativen (z.B.: Gewässerschutz, Grundwasserschutz, ...) auch optionale Ziele (z.B.: lokale Klimaverbesserung durch Verdunstung, Regenwasserrückhalt, Bodenschutz) beinhalten. Für eine konsequente Operationalisierung der (mess- bzw. abschätzbaren) Kriterien ist die Definition von konkreten Zielwerten erforderlich. Wenn die Erreichung der Ziele nicht von gleicher Relevanz ist, kann eine Reihung oder Gewichtung der einzelnen Ziele durchgeführt werden, welche im Weiteren einen Einfluss auf die Beurteilung der Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen hat. Die Gewichtung der Ziele (z.B.: monetäre / nicht-monetäre Ziele) wird in enger Abstimmung zwischen EntscheidungsträgerInnen, Stakeholdern und FachexpertInnen festgelegt.

Um die Adaptierung der NWB möglichst robust für die Zukunft zu gestalten, werden in einem nächsten Schritt mehrere Szenarien des Wandels durch FachexpertInnen in Zusammenarbeit mit den EntscheidungsträgerInnen und Stakeholdern erarbeitet. Diese können beispielsweise unterschiedliche Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung, den Auswirkungen von Klimawandel und Energiewende sowie zur räumlichen Entwicklung des Untersuchungsgebiets aufgreifen (Kruse et al., 2014).

Basierend auf dem Leitbild und den vorausgewählten Maßnahmenbündeln werden anschließend von FachexpertInnen erste Vorentwürfe der Plan- oder Programmvarianten für die prioritären Bearbeitungsgebiete entwickelt. Die Auswirkungen der Planvarianten werden in Hinblick auf die definierten Ziele und auf deren Robustheit gegenüber den ausgewählten Szenarien des Wandels untersucht. Die Planvarianten werden zusätzlich einer ersten ökonomischen Bewertung auf Basis genereller Indikatoren unterzogen.

Die Auswahl der besten Lösungen im Hinblick auf das Leitbild, die Erfüllung des Zielsystems und die Robustheit erfolgt vom Auftraggeber bzw. den verantwortlichen EntscheidungsträgerInnen (ggf. unter Einbindung von Stakeholdern) auf Vorschlag der FachexpertInnen. Zur Bestimmung der besten Planvariante werden die zuvor festgelegte Reihung bzw. Gewichtung der einzelnen Ziele herangezogen. Anschließend erstellen die FachexpertInnen einen detaillierten Entwurf bzw. Entwurfsvarianten für das/die prioritäre(n) Handlungsgebiet(e).

In der letzten Phase des Planungsprozesses erfolgt eine vertiefte Bewertung des detaillierten Entwurfs bzw. der Entwurfsvarianten auf Basis der zuvor beschriebenen Indikatoren. Dieser Schritt dient dazu festzustellen, ob es während der Entwurfsentwicklung zu Änderungen gegenüber der zuvor gewählten Lösung gekommen ist oder erhöhte Detailschärfe zu neuen Erkenntnissen führt. Bei der Detailbearbeitung sollten auch Konzepte für Betrieb und Wartung der Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen erstellt werden.

Darauf aufbauend erfolgt entweder eine Annahme des Entwurfs seitens des Auftraggebers bzw. der EntscheidungsträgerInnen oder dessen Überarbeitung mit einer darauffolgenden Annahme.

Die Entscheidungsfindung ist an diesem Punkt abgeschlossen und es folgt die Umsetzung des Projektes. Schon bei der Umsetzung sollte ein späteres Monitoring mitgeplant werden, um eine Evaluierung der umgesetzten Maßnahmen möglich zu machen. Da Adaptierungen des Entwässerungssystems oft über einen längeren Zeitraum erfolgen, müssen auch Übergangsmaßnahmen mit eingeplant werden.

6 Schlussfolgerungen

Anhand unterschiedlicher Fallbeispiele mit unterschiedlichen Randbedingungen konnten für den gegenständlichen Leitfaden zur Regenwasserbewirtschaftung unterschiedliche Aspekte der Auswahl passender Behandlungsmethoden erarbeitet und daraus Erkenntnisse für die Entscheidungsfindung abgeleitet werden. Besondere Bedeutung hatte dabei die Ableitung von Empfehlungen für die strategische Planung basierend auf technischen (bzw. klimatischen, geologischen, städtebaulichen, wasserwirtschaftlichen und topographischen) sowie soziologischen Randbedingungen unter Berücksichtigung von klimatischen und flächenbezogenen Änderungen zur Erreichung der Planungsziele. Neben traditionellen Zielen wie dem Überflutungsschutz und Gewässerschutz wurden auch Aspekte wie der Erhalt einer natürlichen Wasserbilanz, Kosteneffizienz oder ein möglicher Zusatznutzen (z.B. als Beitrag für das Stadt-Mikroklima) berücksichtigt.

Einerseits wurden die jeweiligen Randbedingungen und Einsatzmöglichkeiten auf konkrete spezifische Technologien heruntergebrochen, andererseits wurden Werkzeuge der strategischen Planung entwickelt (räumliche Sensitivitätskarten der Wirkung, Ableitung Eignung von Verfahren in Abhängigkeit von Siedlungsstrukturtypen) um großräumige Entscheidungsgrundlagen zu erhalten und diese mit vorhandenen raumplanerischen Werkzeugen zu kombinieren.

Der Planungsprozess, welcher innerhalb dieses Projektes entwickelt wurde, ist relevant für Projekte mit Adaptierungsbedarf. Da davon ausgegangen wird, dass eine Adaptierung der bestehenden Regenwasserbewirtschaftung stattfinden wird, ist ein Ausstieg aus dem Prozess und damit eine Beibehaltung des Status-quo nicht vorgesehen. Die Anwendung des Planungsprozesses wird in Zukunft besonders relevant auf Grund des steigenden Bewusstseins für die Potenziale dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Da die Implementierung dieser besonders im Bestand über die Zuständigkeit des Siedlungswasserbaus hinausgeht, bietet der Planungsprozess eine Grundlage, wie und wann unterschiedliche Akteure in die Entscheidungsfindung einbezogen werden können. Der Planungsablauf ist zu einem gewissen Grad flexibel und die Analysemethoden können an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden.

Der vorliegende Leitfaden bündelt vorhandenes Wissen der Regenwasserbewirtschaftung und gibt darüber hinaus Hinweise, wie Werkzeuge der strategischen Planung von Behandlungsmethoden für die jeweilige Gemeinde erstellt werden können. Durch die Einbeziehung und den Verweis auf vorhandene Daten zu Klima- und Raumentwicklung sollen

im Besonderen Hilfestellungen zur nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung für kleine und mittlere Gemeinden gegeben werden. Eine besondere Rolle dabei spielen dezentrale Behandlungsmethoden bei denen Niederschlagswasser vor Ort versickert und verdunstet anstatt in Misch- oder Trennsystemen abgeleitet zu werden. Dies hat den Vorteil, dass neben den traditionellen siedlungswasserwirtschaftlichen Zielen wie Überflutungs- und Gewässerschutz auch die natürliche Wasserbilanz erhalten wird. Am ökonomisch sinnvollsten ist für diesen Zweck eine Bewirtschaftungskaskade bestehend aus unterschiedlichen Systemen. Beispielsweise kann zuerst in einem Gründach die Verdunstungskomponente erhöht und anschließend der überschüssige Abfluss unterirdisch versickert werden.

Die ganzheitliche Betrachtung des gesamten Einzugsgebietes inklusive Berücksichtigung möglicher zukünftiger Änderungen ermöglicht eine nachhaltige Planung. Dies erfordert jedoch die Einbeziehung unterschiedlicher Entscheidungsträgergruppen, wodurch wiederum den Planungs- und Entscheidungsfindungsprozess in der Gemeinde durchaus komplex werden kann. Auch hier soll der Leitfaden seinen Beitrag leisten und die Kommunikation zwischen den unterschiedlichen Gruppen fördern.

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1 Datenquellen zu Bevölkerungs- und Klimaänderungen für Österreich | 11 |
| Tabelle 2 Leitfäden der Bundesländer zum Umgang mit Niederschlagswasser (Stand März 2018) | 25 |
| Tabelle 3 Relevante Regelwerke und Normen der Regenwasserbewirtschaftung | 26 |
| Tabelle 4 Wiederkehrzeit für Bemessungsregenspende nach ÖRNORM EN 752 (Überflutung) | 29 |
| Tabelle 5 Wiederkehrzeit für Bemessungsregenspende nach ÖNORM EN 752 (Überlastung) | 30 |
| Tabelle 6 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit des Durchlässigkeitsbeiwerts | 31 |
| Tabelle 7 Gebäudespezifische Randbedingungen für den Einsatz von Gründächern (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, 2010) | 33 |
| Tabelle 8 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit der Flächenverfügbarkeit für die Maßnahmen im Verhältnis zur entwässerten Fläche | 33 |
| Tabelle 9 Anwendbarkeit von NBW-Maßnahmen in Abhängigkeit des Flächentyps | 37 |
| Tabelle 10 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von Altlasten | 38 |
| Tabelle 11 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit des Flurabstandes | 38 |
| Tabelle 12 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von vorhandenen Grundwassernutzungen | 39 |
| Tabelle 13 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von Grundwasserschutz- und -schongebieten | 40 |
| Tabelle 14 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von Hochwasser- und Niedrigwasserabflussproblemen | 40 |
| Tabelle 15 Anwendbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit der Geländeneigung | 41 |
| Tabelle 16 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit | 47 |
| Tabelle 17 Vor- und Nachteile des Mischwassersystems (adaptiert nach ÖWAV Regelblatt 9) | 48 |
| Tabelle 18 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit von Regenwasserkanälen | 49 |
| Tabelle 19 Vor- und Nachteile von Regenwasserkanälen | 50 |
| Tabelle 20 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit von Transportmulden und Gräben | 51 |
| Tabelle 21 Vor- und Nachteile von Transportmulden und Gräben | 51 |
| Tabelle 22 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit von Speicherkanälen | 52 |
| Tabelle 23 Vor- und Nachteile von Speicherkanälen | 53 |

| | |
|--|----|
| Tabelle 24 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit von Fassadenbegrünung | 54 |
| Tabelle 25 Vor- und Nachteile von Fassadenbegrünung | 55 |
| Tabelle 26 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit der Flächenversickerung | 56 |
| Tabelle 27 Vor- und Nachteile der Flächenversickerung (adaptiert nach Assinger, 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011) | 57 |
| Tabelle 28 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit der Versickerungsmulde | 58 |
| Tabelle 29 Vor- und Nachteile der Muldenversickerung (adaptiert nach Assinger, 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011) | 60 |
| Tabelle 30 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit von Versickerungsbecken | 60 |
| Tabelle 31 Vor- und Nachteile von Versickerungsbecken (adaptiert nach Assinger, 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011) | 61 |
| Tabelle 32 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit des Rigolen-Rohr-Systems | 62 |
| Tabelle 33 Vor- und Nachteile der Rigolen-Rohr-Versickerung (adaptiert nach Assinger 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011) | 63 |
| Tabelle 34 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit (Mulden-Rigolen/Rohr- System) | 64 |
| Tabelle 35 Vor- und Nachteile der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung (adaptiert nach Assinger 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011) | 65 |
| Tabelle 36 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit der Schachtversickerung | 65 |
| Tabelle 37 Vor- und Nachteile der Schachtversickerung (adaptiert nach Assinger 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011) | 67 |
| Tabelle 38 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit der Retentionsraumversickerung) | 68 |
| Tabelle 39 Vor- und Nachteile der Retentionsraumversickerung (adaptiert nach Assinger 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011) | 68 |
| Tabelle 40 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit des Gründachs | 69 |
| Tabelle 41 Vor- und Nachteile der Dachbegrünung (adaptiert nach Assinger, 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011) | 70 |
| Tabelle 42 Hydrologische Prozesse und Reinigungsfähigkeit der Regenwassernutzung) | 71 |
| Tabelle 43 Vor- und Nachteile der Regenwassernutzung (adaptiert nach Assinger, 2012 und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011) | 71 |
| Tabelle 44 Übersichtstabelle der Methoden mit Funktion | 72 |
| Tabelle 45 Benötigte Daten für die Modellierung eines Gründachs in SWMM | 74 |
| Tabelle 46 Empfohlene Niederschlagswasserbewirtschaftung in Abhängigkeit der Strukturtypen | 78 |
| Tabelle 47 Einflüsse auf bebaute Fläche bzw. Flächenversiegelung | 80 |
| Tabelle 48 Umrechnung von Flächenversiegelung in Bemessungsjährlichkeit | 81 |
| Tabelle 49 Beispiel der jahreszeitlichen Parametrisierung zur Durchführung von Robustheitsanalysen | 83 |

Tabelle 50 Regelmäßige Tätigkeiten im Betrieb
Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen (CVC and Toronto and Region Conservation
Authority, 2010; Woods Bellard et al., 2015b)

87

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1 Schematische Darstellung der Wasserbilanzkomponenten | 14 |
| Abbildung 2 Wasserbilanzkomponenten abhängig vom Versiegelungsgrad | 15 |
| Abbildung 3 Ermittlung der Absolutabweichungen zwischen bebautem Zustand und natürlichem Zielzustand | 17 |
| Abbildung 4 Systematik für Robustheitsbetrachtungen - adaptiert nach (Herman et al., 2015) | 18 |
| Abbildung 5 Mögliche Robustheitsmaße, adaptiert nach (Herman et al., 2015) | 18 |
| Abbildung 6 Auftreten von verschiedenen Kostenarten und zeitlicher Bezug; nach (DWA, 2012) | 20 |
| Abbildung 7 : Einteilung der Niederschlagsabflüsse nach Herkunftsfläche (ÖWAV Regelblatt 45, 2015a) | 35 |
| Abbildung 8 Herkunftsflächen und damit verbundene Entwässerungsanlagen (ÖWAV Regelblatt 45, 2015a) | 36 |
| Abbildung 9 Klassifizierung der verschiedenen Regenwasserbewirtschaftungsansätze (adaptiert aus Fletcher et al. 2014) | 43 |
| Abbildung 10 Schema modifiziertes Trennsystem (ÖWAV Regelblatt 9, 2008) | 49 |
| Abbildung 11 Schematische Darstellung eines V-Grabens, eines U-Grabens und einer bepflanzten Transportmulde | 51 |
| Abbildung 12 Stauraumkanal als Fangbecken (oben) oder Durchlaufbecken (unten) | 52 |
| Abbildung 13 Hydrologische Prozesse einer Fassadenbegrünung | 54 |
| Abbildung 14 Schematische Darstellung der Funktionsweise einer Flächenversickerung (Johnscher, 2016) | 56 |
| Abbildung 15 Ermittlung der erforderlichen Sickerfläche und Schema einer mittels Rasengittersteinen befestigten Fläche (ON, 2013) | 57 |
| Abbildung 16 Funktionsweise einer Versickerungsmulde (Johnscher, 2016) | 58 |
| Abbildung 17 Schema einer Versickerungsmulde ohne Drainagerohr (ON, 2013) | 59 |
| Abbildung 18 Prinzipielle Funktionsweise eines Rigolen-Rohr-Systems (Johnscher, 2016) | 62 |
| Abbildung 19 Dimensionierung eines Rigolen-Rohr-Versickerungssystems (ON, 2013) | 63 |
| Abbildung 20 Schema Sickerschacht mit Kiesfilter (ON, 2013) | 66 |
| Abbildung 21 Prinzip der Retentionsraumversickerung (Geiger et al., 2009) | 68 |
| Abbildung 22 Aufbau und Funktionsweise eines Gründaches (Johnscher, 2016) | 69 |
| Abbildung 23 Schematische Funktionsweise einer Regentonne (Johnscher, 2016) | 71 |
| Abbildung 24 Ablaufschema des Strukturierten Planungsprozesses | 90 |

Literaturverzeichnis

AAEV, Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (Allgemeine Abwasseremissionsverordnung AAEV).

Amt der Tiroler Landesregierung - Abteilung Wasserwirtschaft Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft, 2016, Leitfaden Entsorgung von Oberflächenwässern. 4. Auflage, Amt der Tiroler Landesregierung - Abteilung Wasserwirtschaft Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft, Innsbruck

Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2007, Oberflächenentwässerung – Leitfaden zum Umgang mit Niederschlagswässern aus Gewerbe-, Industrie- und Verkehrsflächen, Amt der Vorarlberger Landesregierung

Ankowitsch, A., Bilek, A., Diebold, W., Döhrn, V., Hofer, D., Luidolt, U., Maurer, G., Neubauer, E., Neuhold, G., PIRKNER, W., Rauch, P., Rauchlatner, P., Schober, M., Schwarzbeck, H., Schwarzl, H., Teschinegg, A., Topf, G., 2012, Leitfaden für Oberflächenentwässerung, Amt der Stmk. Landesregierung Fachabteilung 19A Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Fachabteilung 13B Bau- und Raumordnung, Fachabteilung 17B Technischer Amtssachverständigendienst, Graz.

Assinger, C., 2012, Niederschlagswasserbewirtschaftung - Analyse, Möglichkeiten und Empfehlungen für Graz, Master Thesis, Graz University of Technology, Graz, Austria

Beierle, T.C., Konisky, D.M., 2000, Values, conflict, and trust in participatory environmental planning, *J. Policy Anal. Manage.*,19, 587–602

Blöschl, G., W. Schöner, H. Kroiß, A. Blaschke, R. Böhm, K. Haslinger, N. Kreuzinger, R. Merz, J. Parajka and J. Salinas (2011). "Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft–Ziele und Schlussfolgerungen der Studie für Bund und Länder." *Österreichische Wasser-und Abfallwirtschaft* 63(1-2): 1-10.

Blöschl, G., J. Parajka, A. Blaschke, M. Hofstätter, K. Haslinger, W. Schöner, 2017 Klimawandel in der Wasserwirtschaft - Follow up zur ZAMG/TU-Wien Studie (2011) Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft im Auftrag von Bund und Ländern, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

BMNT 2017, Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

Buchgeher, M., Leitner, C., Panhofer, E., Penninger, E., 2008, Beseitigung von Dach-, Parkplatz- und Straßenwässern Grundsätze aus wasserrechtlicher und wasserwirtschaftlicher Sicht Leitfaden, Amt der Oö. Landesregierung Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft Abteilung Grund- und Trinkwasserwirtschaft, Linz

Campell, R., 2015, Sustainable Drainage Systems (SuDS) maintenance and adoption options (England) (Fact Sheet), susDrain,

Coffman, L., 2000, Low-Impact Development Design Strategies, An Integrated Design Approach (No, EPA 841-B-00-003), Department of Environmental Resources, Programs and Planning Division, Prince George's County, Maryland

CVC, Toronto and Region Conservation Authority, 2010, Low impact development stormwater management planning and design guide

Deister, L., Brenne, F., Stokman, A., Henrichs, M., Jeskulke, M., Hoppe, H., Uhl, M., 2016, Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung - Handlungsstrategien und Maßnahmenkonzepte zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetter (SAMUWA - Publikation), Universität Stuttgart, Stuttgart

DWA, 2012, Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenrechnung (KVR-Leitlinie)

Dyck, S., Peschke, G., 1995, Grundlagen der Hydrologie, 3., stark bearb. Aufl., Verlag für Bauwesen, Berlin

Fletcher, T., Deletic, A., 2008, Data Requirements for Integrated Urban Water Management: Urban Water Series-UNESCO-IHP, CRC Press

Fletcher, T.D., Andrieu, H., Hamel, P., 2013, Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art, Adv. Water Resour., 51, 261–279

Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., 2015, SUDS, LID, BMPs, WSUD and more–The evolution and application of terminology surrounding urban drainage, Urban Water J., 12, 525–542

FLL, 2008, Dachbegrünungsrichtlinie – Richtlinie für die Planung Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V., Bonn

Foster, J., Lowe, A., Winkelman, S., 2011, The value of green infrastructure for urban climate adaptation, Cent, Clean Air Policy 750

Geiger, W.F., Dreiseitl, H., Stemplewski, J., 2009, Neue Wege für das Regenwasser - Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten, Oldenbourg Industrieverlag GmbH, München

Goebel, P., Coldewey, W.G., Dierkes, C., Kories, H., Meßer, J., Meißner, E., 2007, Impacts of green roofs and rain water use on the water balance and groundwater levels in urban areas, Grundwasser 12, 189–200

Grimm, K., Achleitner, M., 2010, Naturnahe Oberflächenentwässerung für Siedlungsgebiete - Leitfaden für Gemeinden, Amt der NÖ Landesregierung Gruppe Wasser

Hargreaves, G.H., Samani, Z.A., 1985, Reference Crop Evapotranspiration from Temperature, Appl. Eng. Agric., 1, 96–99

Hegger, M., Dettmar, J., Martin, A., Meinberg, T., Boczek, B., Drebes, C., Greiner, M., Hesse, U., Kern, T., Mahlke, D., Al Najjar, A., Schoch, C., Schulze, J., Sieber, S., Stute, V., Sylla, O., Wurzbacher, S., Zelmer, A., 2012. UrbanReNet I - Vernetzte regenerative Energiekonzepte im Siedlungs- und Landschaftsraum.

Henrichs, M., Langner, J., Uhl, M., 2016, Development of a simplified urban water balance model (WABILA), Water Sci. Technol, 73, 1785–1795,

Herman Jonathan D., Reed Patrick M., Zeff Harrison B., Characklis Gregory W., 2015, How Should Robustness Be Defined for Water Systems Planning under Change? J, Water Resour. Plan. Manag. 141, 04015012

Hoyer, J., Dickhaut, W., Kronawitter, L., Weber, B., 2011, Water Sensitive Urban Design: Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future

Jayasooriya, V.M., Ng, A.W.M., 2014, Tools for Modeling of Stormwater Management and Economics of Green Infrastructure Practices: a Review, Water, Air, Soil Pollut, 225, 2055,

Johnscher, L., 2016, Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung - Auswirkungen auf den urbanen Wasserhaushalt, Master Thesis, Graz University of Technology, Graz

Kambites, C., Owen, S., 2006, Renewed prospects for green infrastructure planning in the UK 1, *Plan. Pract. Res*, 21, 483–496,

Kleidorfer, M., J. Leimgruber, L. Simperler, P. Zeisl, F. Kretschmer, P. Himmelbauer, G. Krebs, T. Ertl, G. Stöglehner and D. Muschalla (2019). Endbericht Projekt Flexadapt - Entwicklung flexibler Adaptierungskonzepte für die Siedlungsentwässerung der Zukunft, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.

Kroiss, F., Waitz, W., 2011, Regenwassermanagement: Rechtliche Grundlagen, Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung - MA 22

Kruse, E., Zimmermann, T., Kittel, A., Dickhaut, W., Knieling, J., Sörensen, C., 2014, Stadtentwicklung und Klimaanpassung - Klimafolgen, Anpassungskonzepte und Bewusstseinsbildung beispielhaft dargestellt am Einzugsgebiet der WANDSE

Kuller, M., Bach, P.M., Ramirez-Lovering, D., Deletic, A., 2017, Framing water sensitive urban design as part of the urban form: A critical review of tools for best planning practice, *Environ. Model. Softw.*, 96, 265–282

KURAS, 2016, Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur – LEITFADEN zum methodischen Vorgehen, Projekt KURAS, Berlin

Lloyd, S.D., Wong, T.H., Chesterfield, C.J., 2002, Water sensitive urban design: a stormwater management perspective

Matzinger, A, Riechel, M., Remy, C., Schwarzmüller, H., Rouault, P., Schmidt, M., Offermann, M., Strehl, C., Nickel, D., Sieker, H., Pallasch, M., Köhler, D., Möller, C., Büter, B., Leßmann, D., von Tils, R., Säumel, I., Pille, L., Winkler, A., Bartel, H., Heise, S., Heinzmann, B., Jowig, K., Rehfeld-Klein, M., Reichmann, B., 2017, Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS, Berlin

McEvoy, S., van de Ven, F.H.M., Blind, M.W., Slinger, J.H., 2018, Planning support tools and their effects in participatory urban adaptation workshops, *J, Environ, Manage*, 207, 319–333,

Mikovits, C., Tscheikner-Gratl, F., Jasper-Tönnies, A., Einfalt, T., Huttenlau, M., Schöpf, M., Kinzel, H., Rauch, W., Kleidorfer, M., 2017, Decision Support for Adaptation Planning of Urban Drainage Systems, J, Water Resour. Plan, Manag, 143, 04017069,

Muschalla, D., Gruber, G., Scheucher, R., 2014, ECOSTORMA - Handbuch - Ökologische und ökonomische Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung,

Muschalla, D., Sulzbacher, R.M., Leimgruber, J., Maier, R., Ertl, T., Neunteufel, R., Kretschmer, F., Kleidorfer, M., Tscheikner-Gratl, F., 2015, Auf effizientem Wege von den Daten zum Modell (DATMOD) - Sanierungs- und Anpassungsplanung von kleinen und mittleren Kanalnetzen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, Österreich,

National Research Council (U.S.), 2009, Urban stormwater management in the United States, National Academies Press, Washington, D.C.

ON, 2005, ÖNORM B 2572 - Grundsätze der Regenwassernutzung, Austrian Standards Institute, Wien

ON, 2013, ÖNORM B 2506-1: Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen - Teil 1: Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb, Austrian Standards Institute, Wien

ON, 2017, ÖNORM EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden - Kanalmanagement, Austrian Standards Institute, Wien.

ÖWAV, 2003, ÖWAV Regelblatt 35- Behandlung von Niederschlagswässern, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband

ÖWAV, 2007a. ÖWAV-Regelblatt 19: Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Vienna, Austria.

ÖWAV, 2007b, ÖWAV - Leitfaden - Niederschlagsdaten zur Anwendung der ÖWAV-Regelblätter 11 und 19, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Vienna, Austria

ÖWAV, 2008, ÖWAV Regelblatt 9 - Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband

ÖWAV, 2009, ÖWAV-Regelblatt 11: Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen.

ÖWAV, 2013, ÖWAV-Arbeitsbehelf 41: Grundlagen und Aufbau der Kosten- und Leistungsrechnung in der Abwasserentsorgung, Vienna, Austria

ÖEWAV, 2015a, ÖWAV Regelblatt 45 - Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband

ÖWAV, 2015b, ÖWAV-Regelblatt 22 - Betrieb von Kanalisationsanlagen, 2., vollständig überarbeitete Auflage, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband

ÖWAV, 2016, ÖWAV-Arbeitsbehelf 48 - Grundlagen und Aufbau einer Gebührenkalkulation in der Abwasserentsorgung, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband

Riechel, M., Remy, C., Matzinger, A., Schwarzmüller, H., Rouault, P., Schmidt, M., Offermann, M., Strehl, C., Nickel, D., Sieker, H., Pallasch, M., Köhler, M., Kaiser, D., Möller, C., Büter, B., Leßmann, D., von Tils, R., Säumel, I., Pille, L., Winkler, A., Bartel, H., Heise, S., Heinzmann, B., Joswig, K., Reichmann, B., Rehfeld-Klein, M., 2017, Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS, Berlin,

Scheucher, R., 2006, ABWASSERGEBÜHRENSPLITTING Erfahrungen bei der Einführung und Umsetzung in Deutschland und Umsetzung auf steirische Verhältnisse anhand von Fallbeispielen

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011, Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur Bewertung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung, Berlin, Deutschland

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, 2010, Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung, Grueneliga-BerlinDe 73

Sieker, F., Adams, R., Huhn, V., Stecker, A., 1996, Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten - Grundlagen, Leitfaden und Anwendungsbeispiele, expert verlag, Renningen-Malmsheim

Simperler, L., Himmelbauer, P., Stöglehner, G., Ertl, T., 2018.

Siedlungswasserwirtschaftliche Strukturtypen und ihre Potenziale für die dezentrale Bewirtschaftung von Niederschlagswasser. Österr. Wasser- Abfallwirtsch. 595–603.

Stöglehner, G., Wegerer, G., 2004, Die Strategische Umweltprüfung—Ein Planungsinstrument zur Qualitätssicherung in der Raumordnung? 52–59,

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R., 2015, The SuDS Manual, CIRIA, C753, London, UK

WRG, idgF. Wasserrechtsgesetz 1959

ZAMG, 1996, Jahrbuch — Zentralanstalt Für Meteorologie und Geodynamik
URL <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch>

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus

Stubenring 1. 1010 Wien

[bmnt.gv.at](https://www.bmnt.gv.at)