



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuw.gv.at

**ECOSTORMA - HANDBUCH
ÖKOLOGISCHE UND ÖKONO-
MISCHE MASSNAHMEN DER
NIEDERSCHLAGSWASSER-
BEWIRTSCHAFTUNG**

IMPRESSUM



Medieninhaber und Herausgeber:
BUNDESMINISTERIUM
FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT,
UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT
Stubenring 1, 1010 Wien

Text und Redaktion: Dirk Muschalla, Günter Gruber und Robert Scheucher

Bildquellen: die Autoren (falls nicht anders angegeben)

Konzept und Gestaltung: Dirk Muschalla

Lektorat: Dirk Muschalla, Günter Gruber und Robert Scheucher

Druck: Zentrale Kopierstelle des BMLFUW, UW-Nr. 907

Gedruckt nach der Richtlinie „Druckerzeugnisse“ des Österreichischen Umweltzeichens.

Alle Rechte vorbehalten.

Wien, November 2014





**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuw.gv.at

FÜR EIN LEBENSWERTES ÖSTERREICH.

UNSER ZIEL ist ein lebenswertes Österreich in einem starken Europa: mit reiner Luft, sauberem Wasser, einer vielfältigen Natur sowie sicheren, qualitativ hochwertigen und leistbaren Lebensmitteln. Dafür schaffen wir die bestmöglichen Voraussetzungen.

WIR ARBEITEN für sichere Lebensgrundlagen, eine nachhaltige Lebensart und verlässlichen Lebensschutz.



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuw.gv.at

ECOSTORMA – HANDBUCH

Ökologische und ökonomische Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung

(GZ B102493)

Autoren:

Dirk Muschalla, Günter Gruber und Robert Scheucher (2014). Handbuch – Ökologische und ökonomische Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, Österreich.

INHALT

Projektpartner	1
1 Einleitung	2
2 Naturnahe Niederschlagswasserbewirtschaftung.....	3
2.1 Mögliche Maßnahmen der naturnahen Niederschlagswasserbewirtschaftung (NWB)	3
2.1.1 Verringerung des Oberflächenabflusses	3
2.1.2 Vorbehandlung von Niederschlagswasserabflüssen.....	5
2.1.3 Regenwassernutzung.....	5
2.1.4 Versickerung von Niederschlagswasser	6
2.1.5 Retention und Ableitung von Niederschlagswasserabflüssen	11
2.2 Methodik für die Auswahl von NWB-Maßnahmen.....	13
2.2.1 Einflussfaktoren auf die Auswahl von NWB-Maßnahmen.....	13
2.2.1.1 Siedlungsstrukturelle Faktoren	13
2.2.1.2 Wasserwirtschaftliche Faktoren.....	14
2.2.1.3 Geogene Faktoren.....	16
2.2.2 Entscheidungsmatrix	18
2.2.3 Bewirtschaftungsmaßnahmenkarte / Maßnahmenkatalog.....	20
2.3 Kosten von NWB-Maßnahmen	21
3 Strategien für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen	23
3.1 Neubaugebiete.....	23
3.2 Bestandsgebiete	23
3.2.1 Methodik für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen	23
3.2.1.1 Defizitanalyse	24
3.2.1.2 Bestandsanalyse	24
3.2.1.3 Realisierbarkeit.....	24
3.2.1.4 Kosten-Nutzen-Analysen.....	24
4 Danksagung.....	26
5 Verzeichnisse.....	27
5.1 Referenzen	27
5.2 Abbildungen	29
5.3 Tabellen	29

Projektpartner



Holding Graz Services
Wasserwirtschaft
Wasserwerksgasse 5
8045 Graz
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Werner Pirkner



Linz AG Services
Linz Service GmbH für Infrastruktur und kommunale Dienste
Wiener Straße 151
4021 Linz
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Martin Heindl



Stadtgemeinde Weiz
Abteilung Wasserversorgung
Alfons-Petzold-Gasse 5
8160 Weiz
Ansprechpartner: Ing. Walter Ederer



Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung A 14
Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft
Wartingergasse 43
8010 Graz
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Peter Rauchlatner



Technische Universität Graz
Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau
Stremayrgasse 10/I
8010 Graz
Ansprechpartner: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Muschalla,
Ass.-Prof. DI Dr.techn. Günter Gruber und
Dipl.-Ing. Robert Scheucher

1 Einleitung

Durch die zunehmende Urbanisierung werden die bestehenden Misch- und Regenwasserkanäle bei Starkniederschlägen immer häufiger bis an die Grenzen ihrer hydraulischen Leistungsfähigkeit belastet. Dies kann zu Überstauereignissen in der Kanalisation oder auch zu Überflutungen führen. Auch wird das verunreinigte Niederschlags- bzw. Mischwasser bei stärkeren Regenereignissen über Entlastungsbauwerke (Mischwasserüberläufe) direkt in die Vorfluter abgeschlagen.

Bei abflussschwachen Fließgewässern kann es durch den hydraulischen Stress zur Beeinträchtigung der Biozönose, zu kritischen Sauerstoffdefiziten, akut toxisch wirkenden Ammoniakkonzentrationen und zur Beeinträchtigung der Nutzung durch den Menschen, führen (ÖWAV-RB 19, 2007).

Aufgabe einer Mischwasserbehandlung ist es entsprechend ÖWAV-RB 19 (2007), den Mischwasserabfluss zur Kläranlage hydraulisch zu begrenzen und gleichzeitig die stoßweisen Belastungen der Gewässer durch Mischwasserentlastungen zu limitieren. Daher sollte nach Möglichkeit nicht oder nur gering verunreinigtes Niederschlagswasser vor Ort dem natürlichen ober- oder unterirdischen Abflussgeschehen überlassen werden (§3 Abs. 3 AAEV).

Das ÖWAV Regelblatt 9 (2008) empfiehlt, dass gemäß ÖWAV Regelblatt 35 (2003) bei geeigneten Untergrundverhältnissen nicht behandlungsbedürftiges Niederschlagswasser nach Möglichkeit über eine humose Oberbodenpassage vor Ort in den Untergrund versickert oder retentiert in Oberflächengewässer eingeleitet werden soll. Dies um das Entwässerungssystem hydraulisch zu entlasten, das behandlungsbedürftige Niederschlagswasser zu reinigen, sowie das natürliche Grundwasser anzureichern.

Die Forcierung einer Niederschlagswasserbewirtschaftung (NWB) wird, unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte zur effizienten Nutzung bestehender Entwässerungssysteme (Ersparnis an Neubaumaßnahmen bzw. Erweiterungen), zur Minimierung des Hochwasserrisikos und zur Erhaltung bzw. Verbesserung der Grund- und Oberflächengewässergüte, zukünftig verstärkt erforderlich werden.

Aus der Literatur (z. B. ÖWAV Regelblatt 35 (2003), DWA-A 138 (2005)) sind zwar die verschiedensten Bewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit verschiedenster Einflussfaktoren (z. B. Verschmutzungsgrad, Bodenbeschaffenheit, Grundwasserstand, Platzverhältnisse etc.) sowie deren Bemessung bekannt, eine Methodik für eine ganzheitliche Bewertung der angeführten Maßnahmen fehlte aber bis dato.

In diesem Handbuch sind die möglichen Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung (NWB-Maßnahmen) und eine im Rahmen des Forschungsprojekts ECOSTORMA entwickelte Methodik für die Auswahl und Umsetzung von NWB-Maßnahmen zusammenfassend beschrieben.

2 Naturnahe Niederschlagswasserbewirtschaftung

Gemäß dem DWA Merkblatt 153 (2007) ist die Planung eines naturnahen Umgangs mit Regenwasser dadurch gekennzeichnet, dass das Gleichgewicht des natürlichen Wasserkreislaufs trotz Bebauung aufrechterhalten bleibt.

Wasserwirtschaftliches Ziel sollte daher immer sein, dass das nicht oder nur gering verunreinigte Regenwasser nach Möglichkeit direkt am Ort des Anfalls dem natürlichen ober- und unterirdischen Abflussgeschehen zurückgeführt wird (ÖWAV-RB 9, 2008).

2.1 Mögliche Maßnahmen der naturnahen Niederschlagswasserbewirtschaftung (NWB)

Es ist wesentlich, die natürliche Wasserbilanz aus Verdunstung, Versickerung und Abfluss durch die Bebauung bzw. ihrer Entwässerung nur gering zu beeinflussen. Oberste Priorität ist die ortsnahe Versickerung von Regenwasser mit einer Reinigung über eine Bodenpassage. Erst wenn eine Versickerung bzw. vorangehende Retention aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht zulässig oder der anstehende Boden nicht geeignet ist, sollte eine gedrosselte Einleitung in ein Oberflächengewässer oder in die Kanalisation in Betracht gezogen werden (Geiger et al., 2009). In der nachfolgenden Tabelle 1 ist die Reihung der möglichen Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen (NWB-Maßnahmen) dargestellt:

Tabelle 1: Priorisierung der NWB-Maßnahmen, in Anlehnung an ÖWAV-RB 35 (2003)

Priorisierung der Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen -	
1. Vermeidung	Verringern der Direktabflüsse <ul style="list-style-type: none"> • Retention: Dachbegrünung, auf Straßen und Plätzen • Entsiegelung: durchlässige Oberflächenbefestigung
2. Nutzung	Brauchwasserzwecke: z. B. Gartenbewässerung (Evt. Vorbehandlung erforderlich)
3. Versickerung	Rückführen in den natürlichen Wasserhaushalt (Evt. Vorbehandlung erforderlich) <ul style="list-style-type: none"> • Oberirdische Maßnahmen: Flächen-, Mulden-, Becken-, Retentionsraumversickerung • Unterirdische Maßnahmen: Mulden-Rigolen-, Rohr-Rigolen-, Schachtversickerung, Kombinationen
4. Retention + Ableitung	Gedrosselte Einleitung in Gewässer oder Kanalisation (Evt. Vorbehandlung erforderlich)

2.1.1 Verringerung des Oberflächenabflusses

Minimierung versiegelter Flächen

Ziel sollte immer sein, dass sich der Oberflächenabfluss eines erschlossenen Gebietes gegenüber dem vorher bestehenden natürlichem Gebiet nicht erhöht. Bereits bei der Erstellung von Flächenwidmungsplänen und bei der Ausweisung von Baulandgebieten sollte dieser Grundsatz berücksichtigt werden (Bettmann, 1998).

Zunehmende Versiegelung erhöht den Oberflächenabfluss und die Abflussgeschwindigkeit, was letztendlich zur Bildung von Hochwasserwellen führen kann (Herzer, 2004). In der nachfolgenden Abbildung 1 ist die Ausbildung einer Hochwasserwelle in Abhängigkeit des Versiegelungsgrades dargestellt.

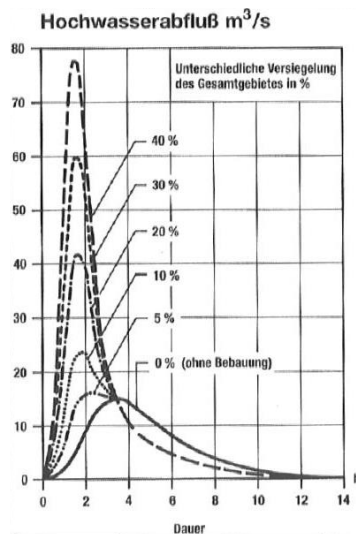


Abbildung 1: Hochwasserabflusswelle abhängig vom Versiegelungsgrad (Geiger, et al., 2009)

Durch die Minimierung von Verkehrsflächen, Verwendung von wasserdurchlässigen Befestigungsarten und der Ausführung von Dachbegrünungen kann der Oberflächenabfluss und die Abflussgeschwindigkeit wesentlich reduziert werden.

Zur Verringerung des Versiegelungsgrades von Verkehrsflächen sollten nach Herzer (2004) folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Kompakte Verkehrserschließung
- Keine Doppelterschließung von Grundstücken
- Versickerungsfähige Ausführung von Geh- und Radwegen
- Versickerungsfähige Ausführung von Parkflächen und Nebenstraßen

In der Vergangenheit wurden untergeordnete Verkehrsflächen, Wege und Plätze zumeist vollversiegelt errichtet, daher sind Potenziale von Entsiegelungsmaßnahmen im Bestand zu überprüfen.

Dachbegrünungen

Bei einer Dachbegrünung findet eine Verdunstung von 40 – 90 % (siehe Tabelle 2) und eine Abflussverzögerung des Regenwassers statt. Die Effektivität von Gründächern ist abhängig von der Dachneigung, von der Substratschichtstärke und von dem Schichtaufbau (RP Karlsruhe, 2003).

Tabelle 2: Retention auf Dachflächen (AUE, 1998; Reichmann et al., 2010)

Dachbegrünung					
Begrünungsart	Schematischer Aufbau	Aufbaudicke (cm)	Vegetation	Wasserrückhalt im Jahresmittel (%)	Jahresabflussbeiwert ψ_a
Extensivbegrünung		2-4	Moos-Kraut-Gras-Begrünung	40	0,60
		> 4-6		45	0,55
		> 6-10		50	0,50
		> 10-15		55	0,45
		> 15-20		60	0,40
Intensivbegrünung		15-25	Rasen, Stauden, Sträucher oder Bäume (ab 50 cm)	60	0,40
		> 25-50		70	0,30
		> 50		> 90	0,10

Gründächer werden mit einer Substratschichtstärke von > 20 cm als Intensivbegrünung, ansonsten als Extensivbegrünung bezeichnet. Extensive Begrünungen können bei einer Substratschichtstärke von 2 – 12 cm aufgrund ihres geringen Eigengewichtes auch nachträglich eingebaut werden. Bis zu einer Dachneigung von 30 Grad sind keine zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen erforderlich (Geiger et al., 2009). In der Stadt Zürich wird die Begrünung von Flachdächern bereits seit 1991 gesetzlich vorgeschrieben. Die Vor- und Nachteile von Dachbegrünungen sind in der Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Zusammenfassende Bewertung von Dachbegrünungen

Bewertung von Dachbegrünungen	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Schaffung von Lebensräume für Tiere und Pflanzen (Geiger et al., 2009) • Regenwasserspeicherung/-abflussverzögerung (Geiger et al., 2009) • Reduzierung der Schadstoffbelastung der Luft (Geiger et al., 2009) • Erhöhter Schallschutz (Geiger et al., 2009) • Optische Aufwertung des Stadtbildes (Geiger et al., 2009) • Anwendung in dicht bebautem Stadtgebiet möglich (VSA, 2002) 	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Dachlasten (Geiger et al., 2009) • Hoher Wartungsaufwand bei Intensivbegrünung (Geiger et al., 2009) • Hohe Anforderung an technische Ausführung der Abdichtung • In der Regel höhere Kosten der Ausführung (VSA, 2002)

2.1.2 Vorbehandlung von Niederschlagswasserabflüssen

Gemäß den Bestimmungen des ÖWAV Regelblatts 35 (2003) wird eine Vorbehandlung je nach Nutzung der entwässerten Fläche erforderlich. Die Vorbehandlung von Regenwasserabflüssen ist aus nachfolgenden Gründen erforderlich (Geiger et al., 2009):

- Nutzung von Regenwasser erfordert chemische Reinheit des Wassers
- Bei unterirdischer Versickerung ist der Schutz des Grundwassers zu gewährleisten
- Schutz vor Kolmation (Verstopfung von Hohlräumen)

Zur Vorbehandlung werden folgende Anlagen verwendet:

- Grobstoffabscheideanlagen
- Absetzanlagen
- Leicht- und Schwebstoffabscheider
- Filteranlagen (Bodenpassage, Sand- und Kiesfilter, Geotextilfilter, etc.)
- Biochemischer Abbau (Teichanlagen mit Bepflanzung und Vegetationspassagen)

2.1.3 Regenwassernutzung

Ohne aufwendige Aufbereitung können nicht verschmutzte Regenwasserabflüsse aufgefangen und für folgende Anwendungen herangezogen werden:

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

Wenn die Möglichkeit einer Sammlung von Niederschlagswasser auf Dachflächen nicht möglich ist, können andere Regenwassernutzungsmaßnahmen herangezogen werden. Dabei besteht jedoch ein Widerspruch zwischen der Nutzung und der Retention von Niederschlagswasserabflüssen. Zur Nutzung sollte der Speicher möglichst voll sein und zur Reduktion des Abflusses möglichst leer. Nach Geiger et al. (2009) ist ein Rückhalteeffekt erst ab einem Volumen von etwa 100 m³/ha zu erwarten. Die Dimensionierung erweist sich als sinnvoll,

wenn in einer Trockenperioden von 3 Wochen bis zu einem Monat der Wasservorrat ohne Trinkwassernachspeisung überbrückt werden kann. Kleinere Speicher sind kaum wirtschaftlich zu betreiben und im Sinne des Retentionsvermögens wenig effektiv, weshalb eine Kombination mit anderen Bewirtschaftungsmethoden angestrebt wird. Eine größere Dimensionierung erhöht die Kosten und wirkt sich durch lange Verweildauern negativ auf die Qualität des Wassers aus. Aufgrund der enthaltenen Stoffe müssen je nach Brauchwassernutzung hygienische und technische Grundsätze der ÖNORM B 2572 (2005) eingehalten werden. Die Vor- und Nachteile von Regenwassernutzungsanlagen sind in der Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Zusammenfassende Bewertung von Regenwassernutzungsanlagen

Bewertung von Regenwassernutzungsanlagen	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Einsparung der Kosten von Trinkwasser und in Kombination von Abwassergebühr • Bei Neubauten einfach umzusetzen • Geringer Flächenbedarf an der Oberfläche (Geiger et al., 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> • Im verdichteten Stadtgebiet kaum nachrüstbar • In bestehenden Gebäuden nur bei Renovierung effizient (doppelte Leitungen bei Nutzung im Haus) • Geringes Retentionsvolumen (Geiger et al., 2009) • Hoher Wartungsaufwand (VSA, 2002) • Nutzbarkeit der Fläche über der Bewirtschaftungsanlage eingeschränkt möglich

2.1.4 Versickerung von Niederschlagswasser

Die Versickerungsanlagen ermöglichen eine naturnahe Rückführung in den Wasserkreislauf und unterscheiden sich im Wesentlichen nach dem Flächenbedarf und der Speicherfähigkeit (DWA-A 138, 2005).

Flächenversickerung

Bei dieser Methode werden durchlässige, bewachsene Oberflächen herangezogen, bei denen die Versickerungsleistung größer ist als der anfallende Regenabfluss. Mit Einhaltung dieses Grundprinzips kann ein Einstau der Versickerungsfläche verhindert werden. Die Sohle des Versickerungskörpers ist unabhängig von der Geländeneigung waagrecht auszubilden, damit bei Regenereignissen ein zusätzliches Retentionsvolumen erzeugt wird (Sieker, 2014). Um eine hohe Versickerung zu gewährleisten und Schäden durch Frost vorzubeugen ist auch der Unterbau der Straße durchgängig durchlässig zu errichten. Zum Schutz des Grundwassers ist darauf zu achten, dass im Winter keine Streusalze oder Herbizide auf diesen Flächen verwendet werden (Herzer, 2004).

Die Anwendung selbst erfolgt nach Sieker (2014) ab mäßig durchlässigem Boden mit einem kf-Wert von $> 10^{-5}$ m/s.

Die Versickerungsflächen werden mit durchlässigen, befestigten Oberflächen ausgeführt, die in der nachfolgenden Tabelle 5 mit deren Versickerungsleistung angegeben werden:

Tabelle 5: Merkmale von durchlässigen, befestigten Oberflächen (RP Karlsruhe, 2003)

Flächenbefestigungsart		Gehweg	Fahrbereich	Platzbereich	Kfz-Stellplatz	Vegetationstrennfählich	Versickerungsleistung	Kosten (€/m²)
1.	Grasnarbe Gras 10 - 20 cm Mutterboden	o	-	o	-	+	80 - 100 %	2,5 - 10
2.	Schotterrassen 5 - 15 cm Mutterboden mit Steinen 10 cm Schotter 15 - 20 cm Kiessand	+	+	o	+	+	70-80 %	2,5 - 10
3.	Rasengittersteine bzw. - platten Rasengittersteine mit Mutterboden verfüllt 5 cm Splitt 5 cm Feinkies 15 - 20 cm Schotter	o	+	-	+	o	50 - 90 %	50 - 100
4.	Rasenfugenpflaster Pflastersteine sandverfugt 5 cm Splitt / Sand 10 - 20 cm Schotter	+	+	+	+	o	30 - 50 %	50 - 60

+ empfehlenswert o bedingt zu empfehlen - nicht zu empfehlen

Die Vor- und Nachteile einer Flächenversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Zusammenfassende Bewertung der Flächenversickerung

Bewertung der Flächenversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> Einfache Wartung und Kontrolle (Geiger et al., 2009) Geringer technischer Aufwand bei der Herstellung Vielseitige Nutzung möglich Hoher Verdunstungsfaktor (ca. 33 %) Reinigungsleistung bzw. gute Grundwasseranreicherung, je nach anstehenden Boden ($k_f > 10^{-6}$ m/s) (VSA, 2002) Retentionsvolumen bei Schotterrassen durch die Mächtigkeit des darunter liegenden Kieskörpers (VSA, 2002) 	<ul style="list-style-type: none"> Großer Flächenbedarf Eingeschränkte Nutzbarkeit Geringe Speicherwirkung (Geiger, et al., 2009) Reinigung einer befestigten, durchlässigen Oberfläche mit einer konventionellen Reinigungsmaschine nicht möglich (Herzer, 2004) Verschlämmung der Fugen mit Feinteilen bei Anwendung von Porenbetonpflaster Hoher Flächenbedarf (VSA, 2002)

Muldenversickerung

Die Versickerung bzw. Speicherung dieser Bewirtschaftungsmethode erfolgt über eine begrünte Mulde. Dabei kann ein kurzzeitiger Einstau entstehen, der gemäß dem Arbeitsblatt der DWA-A 138 (2005) max. 24 Stunden andauern darf, wodurch eine Verschlickung bzw. Verdichtung der Oberfläche vermieden wird. Bei Erreichen des vorhandenen Speichervolumens werden mehrere Versickerungsmulden hintereinander errichtet. Die Ausführungstiefe beträgt in der Regel weniger als 0,3 m (Geiger et al., 2009). Die Vor- und Nachteile einer Muldenversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Zusammenfassende Bewertung der Muldenversickerung

Bewertung der Muldenversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Reinigungsleistung durch Versickerung über Oberbodenpassage • Geringer technischer Aufwand • Nutzung der Grünflächen durch mögliche Bepflanzung • Wartung und das Erkennen von Gefährdungen für das Grundwasser wegen oberirdischer Speicherung leicht möglich (Geiger et al., 2009) • Gute Retentionswirkung je nach Ausführung und Längsgefälle; nicht bei lang anhaltenden Niederschlagsereignissen 	<ul style="list-style-type: none"> • Im verdichteten Stadtgebiet kaum möglich • Keine intensive Nutzung z. B. als Spielfläche möglich, wegen Verdichtung der obersten Bodenschicht • Großer Flächenbedarf, wenn keine multifunktionale Nutzung eingeplant ist

Beckenversickerung

Die Versickerung erfolgt bei dieser Methode flächig über eine belebte Bodenzone oder direkt über eine versickerungsfähige Schicht. In der Regel ist eine Retention mit längerem Einstau zur Nutzung des größeren Speichervolumens zulässig. Auf Grund der Gefahr des Ertrinkens ist das Becken zu umzäunen. Im Falle einer Störung wird ein Notüberlauf in die Kanalisation oder in ein Gewässer empfohlen.

Durch das große Retentionsvolumen kommt nach Geiger et al. (2009) eine Beckenversickerung bei großen Flächen bzw. als zentrale Maßnahme zur Anwendung. Der Flächenbedarf beträgt ca. 5 - 15 % der angeschlossenen Fläche. Die Sickerleistung sollte einen Wert von mehr als $> 5 \cdot 10^{-6}$ m/s aufweisen. Die Vor- und Nachteile einer Beckenversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Zusammenfassende Bewertung der Beckenversickerung

Bewertung der Beckenversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Gute Retentionswirkung • Gute Reinigungsleistung bei Versickerung durch belebte Oberbodenzone • Gute Wartungsmöglichkeiten durch einfache Kontrollen • Gute Integration in die Landschaft durch Ausführungsmöglichkeit als Biotop (Geiger et al., 2009) • Ausgleich von Schwankungen der Inhaltsstoffe in verschmutzten Abflüssen 	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung des Landschaftsbildes • Verdichtung und Verschlammung der Sohle bei fehlender oder unsachgemäßer Wartung • Standsicherheit des Bodens und Eignung der Topografie ist nachzuweisen (Geiger et al., 2009) • Herstellung des Überlaufs nur mit hohem technischem Aufwand möglich • Hoher Flächenbedarf (VSA, 2002) • Einschränkung der Nutzungsmöglichkeit der Fläche (ausgenommen als Gestaltungselement)

Rigolen- oder Rohrversickerung

Versickerungsanlagen mit Rigolen bestehen aus einem künstlich in den Boden eingebrachten Raum, der mit geeigneten Wabenkunststoff-, Kieskörpern oder Lavapackungen gefüllt ist. Je nach Porenvolumen des eingesetzten Materials liegt das nutzbare Rückhaltevolumen zwischen 20 und 35 %. Bei Kunststoffelementen kann das Nutzvolumen auf bis zu 95 % gesteigert werden. Um das Einschwemmen von Feinteilen zu verhindern, muss der Retentionsraum mit einem Geotextil eingepackt werden (Herzer, 2004).

Bei der Rohrversickerung wird in ein Rigolen-Element ein zusätzliches Sickerrohr eingelegt, um eine schnellere Verteilung des eingeleiteten Wassers zu erreichen. Das perforierte Rohr bildet mit der Kiesummantelung den Retentionsraum. Die beiden Systeme können, je nach Erfordernis, oberflächennah oder unterirdisch eingebaut werden.

Die Rigolen- und Rohrversickerungen kommen insbesondere bei gering mächtigen, bindigen Deckschichten zur Anwendung, um eine darunter liegende durchlässige Schicht zu erreichen. Die Durchlässigkeit muss eine ausreichende Versickerungsleistung von mehr als $1 \cdot 10^{-6}$ m/s betragen (Geiger et al., 2009). Durch den geringen oberirdischen Flächenbedarf eignen sich diese Systeme auch für dicht besiedelte Gebiete. Die Vor- und Nachteile einer Beckenversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Zusammenfassende Bewertung der Rigolen- oder Rohrversickerung

Bewertung der Rigolen –oder Rohrversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Überbauung der Versickerungsanlage mit leichten Bauwerken (Garage, Gartenhäuser) möglich • Versickerung in frostfreier Tiefe • Bei gedrosselter Ableitung, von Durchlässigkeit des anstehenden Bodens unabhängig • Geringer Flächenbedarf der Oberfläche • Nutzbarkeit der Oberfläche wenig bis gar nicht eingeschränkt (Geiger et al., 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwendige Herstellung • Aufgrund der fehlenden Reinigungsleistung ist die unterirdische Einleitung nur mit schwebstofffreien Abflüssen oder nach Vorbehandlung möglich (Geiger et al., 2009) • Durch erschwerte Zugänglichkeit muss bei einer Verstopfung die Anlage ausgegraben bzw. bei einer Rohrversickerung gespült werden. Alle 50 m sollten Revisionschächte vorgesehen werden. • Anwendung in der Nähe von Bäumen ist aufgrund der Störanfälligkeit durch Wurzeln nicht sinnvoll (Herzer, 2004)

Schachtversickerung

Das DWA-Arbeitsblatt 138 (2005) unterscheidet zwischen zwei Schachttypen, die durch Versickerungsfläche und Anordnung der Filterebene gegliedert sind. Beim Typ A durchläuft das eingeleitete Niederschlagswasser einen Filtersack, wodurch absetzbare und filtrierbare Stoffe zurückgehalten werden. Demgegenüber wird bei Typ B eine Filterschicht im Sohlbereich angeordnet, wobei die Schwebstoffe schon vor der Einleitung zurückgehalten werden müssen. Hier stellt eine mögliche Verschlickung bzw. Verstopfung der verhältnismäßig kleinen Versickerungsfläche im Schachtring ein besonderes Problem dar (Herzer, 2004).

Aufgrund der limitierten Speicherwirkung wird diese Maßnahme vorwiegend für kleine Privatgrundstücke angewandt (Geiger et al., 2009). Nach Herzer (2004) werden Sickerschächte vor allem bei beengten Verhältnissen angewandt. Durch eine Reihenschaltung mehrerer Schächte können auch größere Flächen leicht entwässert werden. Um eine ausreichende Versickerung zu gewährleisten ist ein Durchlässigkeitsbeiwert von mind. 10^{-5} m/s (Sieker et al., 2003) erforderlich. Die Vor- und Nachteile einer Schachtversickerung sind in der nachfolgenden zusammengefasst.

Tabelle 10: Zusammenfassende Bewertung der Schachtversickerung

Bewertung der Schachtversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Herstellung der Bewirtschaftungsanlage • Geringer Flächenbedarf • Geringe Nutzungseinschränkungen des Grundstückes • Anwendung bei anstehenden undurchlässigen Oberbodenschichten (Geiger et al., 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> • Retentionsraumvolumen aufgrund der Schachtringgrößen begrenzt • Schlechte Wartungsmöglichkeit • Durch geringe Reinigungsleistung ist ein großer Grundwasserflurabstand (mind. 1,5 m zu Grundwasserhöchstständen) notwendig (Geiger et al., 2009) • Gefahr der Verschlickung oder Verstopfung durch schlechte Wartungsmöglichkeit und daraus entstehend hohe Sanierungskosten (Herzer, 2004)

Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung

Bei der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung (Mulden-Rigol-Element, Mulden-Rigol-System) werden die Vorteile der einzelnen Komponenten kombiniert:

- Die Retention des anfallenden Regenwassers erfolgt in der Mulde und dem Rückhalteraum des Rigol-Systems.
- Die Vorreinigung wird bei Versickerung über die belebte Bodenschicht erreicht.
- Die Versickerungsleistung in den Untergrund ist aufgrund der unterirdischen Anwendung sehr hoch.
- Wasserundurchlässige, oberflächennahe Schichten können durch die Rigole umgangen werden (Herzer, 2004).

Das Mulden-Rigolen-System ergibt sich aus mehreren, nacheinander geschalteten Mulden-Rigol-Elementen, wodurch ein Aufbau von durchgängigen Versickerungsnetzen möglich ist.

Durch die Kombination zweier Systeme ist für die Versickerung ein wesentlich geringerer Flächenbedarf notwendig als bei der jeweiligen Methode alleine. Bei schlecht durchlässigen Böden kann langes Speichern und eine verzögerte Abgabe zusätzlich zur gezielten Erhöhung des Grundwasserspiegels in Bächen erfolgen. Nach Sieker et al. (2003) kommt dieses System auch bei k_f -Wert $< 5 \cdot 10^{-5}$ m/s zur Anwendung. Die Vor- und Nachteile einer Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 11 zusammengefasst.

Tabelle 11: Zusammenfassende Bewertung der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung

Bewertung der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Flächenbedarf im Vergleich zu den einzelnen Systemen durch die Kombination geringer • Verbesserung des Retentions- und Ableitungsvermögens im Vergleich zu einzelnen Methoden (Geiger et al., 2009) • Anwendung auch bei schlecht versickerungsfähigen Oberbodenschichten (k_f-Wert $< 10^{-6}$ m/s), wenn Versickerung angestrebt wird (Sieker et al., 2003) • Reinigungsleistung über belebte Oberbodenpassage 	<ul style="list-style-type: none"> • Eingeschränkte Wartungsmöglichkeit (Geiger et al., 2009) • Eingeschränkte Nutzung der oberirdischen Flächen • Ableitung über freies Gefälle, da ein Einstau der Mulde/Rigole nicht erfolgen darf (VSA, 2002)

Retentionsraumversickerung

Die Retentionsraumversickerung ist ein oberflächlich angeordnetes System, das Reinigung, Speicherung und Versickerung vereint. Niederschlagswasser werden in einen, zum Untergrund abgedichteten, Speicherteich oder Graben eingeleitet. Überschreitet der Wasserpegel die Dauerstaulinie versickert das Wasser in der abgeschlossenen Mulde in den Untergrund. Bei Einleitung in das Becken kann eine Vorreinigung des Abflusses durch einen horizontal durchflossenen Sandfilter erfolgen. Im Retentionsraum findet durch die Bepflanzung ein Abbauprozess der gelösten und ungelösten Stoffe statt. Die Oberfläche und die Bepflanzung tragen dazu bei, einen zusätzlichen Teil des Wassers zu verdunsten, was sich positiv auf das Kleinklima auswirkt (Geiger et al., 2009).

Diese Methode wird vor allem bei stärker belastetem Regenwasser mit erhöhtem Störfallrisiko angewandt. Insbesondere findet die Retentionsraumversickerung als gestalterisches Element in Siedlungsgebieten seine Anwendung. Der Flächenbedarf ergibt sich je nach definierter Einstautiefe des Retentionsraumes und anteiliger Fläche der Versickerungsmulde.

Voraussetzung für die Ableitung über Versickerungsmulden ist ein gut versickerungsfähiger Untergrund (kf-Wert $> 1 \cdot 10^{-5}$ m/s). Anderenfalls kann die Ableitung auch kontrolliert über einen Schacht in ein geeignetes Gewässer oder in die Kanalisation erfolgen (Geiger et al., 2009). Die Vor- und Nachteile einer Retentionsraumversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Zusammenfassende Bewertung der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung

Bewertung der Retentionsraumversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Kleinklimas durch Dauerstau des Teiches • Relativ geringer Flächenbedarf • Gestaltungselement in Siedlungsgebieten • Gute Reinigungsleistung • Gutes Retentionsvermögen (Geiger et al., 2009) • Ausgleich des anfallenden Schadstoffgehalts in den Zuflüssen (Herzer, 2004) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Grundwasserflurabstand unter der Teichsohle wegen baulicher Ausführung und anschließender Versickerung • Keine großen Hangneigungen möglich • Regelmäßige Wartung (Geiger et al., 2009) • Eingeschränkte Nutzung des Retentionsraumes (Umzäunung notwendig)

2.1.5 Retention und Ableitung von Niederschlagswasserabflüssen

Retention in Speicherkanälen

Durch eine Vergrößerung des Kanalquerschnittes werden Retentionsvolumina bei Kapazitätsengpässen des darunterliegenden Querschnitts erreicht. Speicherkanäle und Speicherbecken können zur Vermeidung von hydraulischen Überlastungen von Niederschlags- und Mischwassersystemen genutzt werden, wobei zusätzlich eine Erhöhung des Weiterleitungswirkungsgrades nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) erreicht wird.

Retention auf Straßen und Plätzen

Die Retentionsmaßnahmen werden durch Gräben, die seitlich neben undurchlässigen Flächen angeordnet sind, oder durch vorübergehenden Einstau und geeigneter Ausbildung des Gefälles der Flächen selbst erreicht. Ab einer Einstautiefe von 30 cm sind diese Bereiche durch geeignete Maßnahmen (z. B. Einzäunungen) abzugrenzen, um Kinder vor der Gefahr des Ertrinkens zu schützen.

Ein Teil des gesammelten Wassers versickert bei geeignetem Untergrund vor Ort, wobei der restliche Anteil über einen Überlauf abgeleitet wird. Die Mulde oder der Graben können in Teilabschnitte aufgeteilt werden, die eine gedrosselte Weiterleitung ermöglichen. Querrippen werden in der Regel als befahrbare Übergänge genutzt. Der Unterbau von Straßenkörpern sollte nicht zur Speicherung dienen, da Probleme mit der Frostsicherheit des Unterbaus möglich sind. Bei einer Retentionsmaßnahme auf Parkplatzflächen wird das anfallende Wasser in einen Kontrollschacht geleitet, der im Notfall Schadstoffe auffängt (VSA, 2002).

Ableitung in ein Oberflächengewässer

Bei einer Einleitung von Niederschlagsabflüssen in ein Fließgewässer sind Anforderungen bezüglich der Gewässerbelastung in hydraulischer und stofflicher Hinsicht einzuhalten. Eine Einleitung von Niederschlagsabflüssen sollte immer verzögert stattfinden (ÖWAV-RB 35, 2003). Zur Einhaltung der Ziele einer naturnahen Niederschlagsbewirtschaftung wird eine Ableitung in ein Fließgewässer mit oberirdischen, offenen Gerinnen empfohlen. Dadurch kann, neben zusätzlichem Retentionsvolumen, eine Verbesserung des Kleinklimas erreicht und zur Gestaltung einer entwässerten Siedlung herangezogen werden. Anforderungen an die Vorbehandlung des Niederschlagsabflusses hängen vorwiegend vom entwässerten Flächentyp ab, die in der folgenden Tabelle 13 aufgezeigt sind.

Tabelle 13: Anforderungen bei Fließgewässereinleitung (ÖWAV-RB 35, 2003)

Flächentyp	Anforderungen
F1 – F3	In der Regel ist keine Behandlung der Niederschlagsabflüsse dieser Flächen vor der Einleitung in ein Fließgewässer erforderlich. Immissionsseitig ist die Notwendigkeit von Maßnahmen zu prüfen, wenn der mittlere Gewässerabfluss geringer ist als der Richtwert, der sich nach den Prüfkriterien dieses Regelblattes errechnet.
F4, F5	Die Niederschlagsabflüsse dieser Flächen sind nach Möglichkeit getrennt zu erfassen und vorzureinigen, bevor sie in ein Fließgewässer eingeleitet werden. Als Mindestanforderung gilt eine mechanische Reinigung (Absetzbecken mit Tauchwand), nach Möglichkeit ist eine Filterpassage vorzusehen. Immissionsseitig ist die Notwendigkeit von weitergehenden Maßnahmen zu prüfen, wenn der mittlere Gewässerabfluss geringer ist als der Richtwert, der sich nach den Prüfkriterien dieses Regelblattes errechnet.

Als einfaches Prüfverhältnis für Siedlungsgebiete wird die Immissionssituation mit dem Verhältnis zwischen den Personen (P), die in dem entwässerten Gebiet leben oder arbeiten, und dem mittleren Gewässerabfluss (MQ (l/s)) ermittelt.

$$\frac{P}{MQ} \geq 10 \text{ (Personen/(l/s))}$$

Bei einem Verhältnis größer als zehn ist eine (weitergehende) Behandlung zu prüfen.

Bei Freilandstraßen ist die Fläche der undurchlässigen, entwässerten Fläche als Kriterium maßgebend. Bei überregionalen Straßenabflüssen ist eine Behandlung unabhängig von der Verkehrsdichte zu prüfen, wenn das Verhältnis der undurchlässigen Fläche (Au (ha)) und dem mittleren Gewässerabfluss (MQ (l/s)) größer als 0,1 ist.

$$\frac{Au}{MQ} \geq 0,1 \text{ (ha/(l/s))}$$

Bei kleineren Werten kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der stofflichen Belastung des Niederschlagsabflusses keine wesentlichen Auswirkungen auf die Biozönose zu erwarten sind (ÖWAV-RB 35, 2003).

Gemäß dem ÖWAV Regelblatt 35 (2003) ist die Anwendung einer Retentionsmaßnahme zu prüfen, wenn die Menge des einjährigen Abflusses von Regenwasserkanälen oder Mischwasserüberläufen 10 bis 50 % vom einjährigen Hochwasserabfluss des betroffenen Vorfluters erreicht.

$$\frac{Q_{e,1}}{HQ1} \geq 0,1 \text{ bis } 0,5$$

Q_{e,1} ... maximaler Niederschlagsabfluss mit einem einjährigen Bemessungsregen

HQ1 ... einjähriger Hochwasserabfluss des Gewässers

Die Höhe des Vergleichswertes ist je nach Wiederbesiedlungspotenzial, Gewässersediment und Breitenvariabilität anzusetzen.

Ableitung in die Kanalisation

Die Ableitung von Niederschlagswässern über das Kanalsystem ist im Stadtgebiet die vorherrschende Bewirtschaftungsmaßnahme.

Vor der Ableitung des Niederschlagswassers in eine bestehende Kanalisation ist deren hydraulische Leistungsfähigkeit nach ÖWAV-RB 11 (2009) bzw. ÖNORM EN 752 (2005) zu überprüfen.

2.2 Methodik für die Auswahl von NWB-Maßnahmen

Die Auswahl von Bewirtschaftungsmaßnahmen hängt vorwiegend von naturräumlichen und nutzungsbezogenen Einflussfaktoren wie den Siedlungsfaktoren, wasserwirtschaftlichen Faktoren und den geogenen Faktoren des jeweiligen Standortes ab (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14: Einflussfaktoren der Niederschlagswasserbewirtschaftung (modifiziert nach Sieker et al., 2003)

Einflussfaktoren auf NWB-Maßnahmen	
Siedlungsfaktoren	Flächentyp/-nutzung (ÖWAV-RB 35 und 45) Flächenverfügbarkeit
Wasserwirtschaftliche Faktoren	Grundwasserschutzzonen Grundwasserflurabstand
Geogene Faktoren	Altlastenverdachtsfälle Hangneigung Durchlässigkeit des anstehenden Bodens Unterkante der bindigen Deckschicht

2.2.1 Einflussfaktoren auf die Auswahl von NWB-Maßnahmen

2.2.1.1 Siedlungsstrukturelle Faktoren

Flächentyp/-nutzung

Die Anforderungen für Versickerungsmaßnahmen in Abhängigkeit der Niederschlagswasserqualität (Flächentyp) sind im ÖWAV-RB 35 (2003) bzw. ÖWAV-RB 45 (Entwurf 2014) geregelt.

Flächenverfügbarkeit

Die Ermittlung der erforderlichen Versickerungsfläche, bzw. des erforderlichen Flächenbedarfs, erfolgt gemäß ÖNORM B 2506-1 (2013) bzw. DWA-A 138 (2005).

In Neubaugebieten können bereits im Planungsprozess Flächen für mögliche NWB-Maßnahmen freigehalten werden. In Bestandsgebieten hingegen ist deren Umsetzung aufgrund der eingeschränkten Flächenverfügbarkeit, je nach Bebauungsstruktur, zumeist relativ schwierig.

In Abhängigkeit der Bebauungsstruktur werden, in Anlehnung an Bente (2001), folgende NWB-Maßnahmen vorgeschlagen (siehe Tabelle 15):

Tabelle 15: Mögliche NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Bebauungsstruktur (in Anlehnung an Bente, 2001)

Bebauungsstruktur			
Strukturtyp	Beschreibung	NWB-Maßnahmen	VG
Stadtzentrum	Stark verdichteter Kernstadtbereich, meist mehrstöckige geschlossene Blockrandbebauung.	Dachbegrünungen oder zentrale unterirdische Rückhaltemaßnahmen können zur Retention beitragen. Nutzung oder Versickerung in Innenbereichen der Blockrandbauten dienen als Flächen mit multipler Nutzung.	0,9-1,0
Innerstädtische Wohn- und Mischbebauung	Nahe dem Stadtzentrum gelegene geschlossene Blockrandbebauungen, teilweise Gewerbenutzung, großräumige Parkflächen in den Innenhöfen.	Beengte Platzverhältnisse der Innenhöfe erschweren die Anwendung von Retentions- oder Versickerungsmaßnahmen; kleinere Einzelmaßnahmen durch Dachbegrünungen oder Entsiegelung von Flächen sind möglich.	0,7-1,0

Bebauungsstruktur			
Strukturtyp	Beschreibung	NWB-Maßnahmen	VG
Innerstädtische Wohngebiete	In offener (Zeilenbauweise) oder geschlossener Bebauung, Innenhöfe werden meist zur Gartennutzung herangezogen.	Örtliche Einzelmaßnahmen können je nach Beschaffenheit des Untergrundes durchgeführt werden. Durch Entsiegelungsmaßnahmen kann ein hohes Potenzial an Freiflächen gewonnen werden.	0,5-0,8
Reihenhausgebiete	Durch offene oder halboffene Blockrandbauten mit ausschließlicher Wohnnutzung gekennzeichnet. Die Wohngebäude besitzen große Gartenanteile und Freiflächen.	Es können dezentrale Bewirtschaftungsmaßnahmen durch Versickerungs- und Entsiegelungsanlagen durchgeführt werden. Auch die Regenwassernutzung durch Zisternen oder Tonnen kommt zur Anwendung.	0,2-0,4
Geschoßwohnungsbau	Charakterisiert durch freistehende Großgebäude mit hoher Bewohnerdichte und einem hohen Anteil an ungenutzten Grünflächen.	Versickerungs- und Retentionsräume können durch Freiraumgestaltung in die Wohnbauanlage eingegliedert werden. Bei schlechter Bodenbeschaffenheit können auch grundstückübergreifende Lösungen herangezogen werden.	0,2-0,3
Freistehende Einfamilienhäuser	Offene Bauweise mit großzügigen Freiflächen und hohem Gartenanteilen.	Geeignet für alle Arten der Regenwasserbewirtschaftung bei geeigneten Bodenverhältnissen.	0,1-0,2
Sondernutzungen	Flächen für ruhenden und Anlagen für öffentlichen Verkehr, Freianlagen, Krankenhäuser oder Sondernutzungen sind durch großvolumige Einzelbauten mit meist großem Anteil an Freiflächen gekennzeichnet.	Durch Entsiegelungsmaßnahmen der Freiflächen können Versickerungs- bzw. Retentionsmaßnahmen ausgeführt werden. Die Qualität der entwässerten Flächen regelt eine notwendige Vorbehandlung.	< 0,6
Gewerbegebiete	Große versiegelte Flächen mit Nutzung als Lagerfläche, Parkplatz.	Bei Gefahr einer Verunreinigung ist eine gezielte Sammlung mit anschließender Vorbehandlung einzuplanen.	0,8-0,9
Neubaugebiete	Je nach Lage und Nutzung des Baugebiets kommen meist großzügige Freiflächen vor.	Die Bewirtschaftungsmaßnahmen sind schon früh in die Planung mit einzubeziehen und dienen des Weiteren als Gestaltungselement.	-

VG ... Versiegelungsgrad

2.2.1.2 Wasserwirtschaftliche Faktoren

Grundwasserschutzgebiete

Grundwasserschutzgebiete werden in die Schutzzonen I und II gegliedert:

- Schutzzone I umfasst das unmittelbare Einzugsgebiet der Wasserfassung
- Schutzzone II das Mindestschutzgebiet, welches vor anthropogenem Einfluss und mikrobieller Verunreinigung zu schützen ist. Diese Schutzzone wird durch einen Bereich definiert, der eine Zuströmdauer von 60 Tagen umfasst.

Innerhalb dieser Gebiete sind bestimmte Maßnahmen verboten, die auch mittels Bescheiden im Wasserbuch eingetragen werden, wie z. B.:

- Verbot der Grabungen über bestimmte Tiefen
- Verbot der Versickerung und Verrieselung (oberflächennahe Verbringung von Niederschlagswässern) von Oberflächenwasser aus Verkehrs-, Abstell-, Manipulations- und Lagerflächen
- Verbot der Versickerung von Dachwässern über Sickerschächte

In Grundwasserschongebieten (Schutzzone III), welche in engere (III A) und weitere (III B) Schongebiete geteilt werden, ist ein Schutz vor schwer oder nicht abbaubaren Schadstoffen zu gewährleisten. Innerhalb dieser Bereiche ist eine Versickerung möglich, aber es können Bewilligungs- und Anzeigepflichten bestehen, die z. B. für Grabungen tiefer als 3 m oder die Errichtung von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswässern von Verkehrsflächen betreffen.

Des Weiteren ist durch Versickerungsmaßnahmen eine Beeinträchtigung der Wasserqualität von Hausbrunnen und Quellen zu vermeiden.

Zusammenfassend sind die Auflagen für Versickerungsmaßnahmen in Wasserschutzzonen in der nachfolgenden Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Auflagen für Versickerungsmaßnahmen in Wasserschutzzonen

Wasserschutzzonen		
Zone	Definition	Versickerung
Schutzzone I	Direkter Fassungsbereich	Verboten
Schutzzone II	Bereich mit Fließzeit von 60 Tagen bis zur Fassung	Verboten
Schutzzone III A	Engeres Schongebiet	Mit wasserrechtlicher Bewilligung zulässig
Schutzzone III B	Weiteres Schongebiet	Mit wasserrechtlicher Bewilligung zulässig
Außerhalb der Schutzzonen	-	Je nach Nutzung der entwässerten Fläche mit Vorreinigung zulässig
	Nicht bewilligungspflichtiger Hausbrunnen	Eine Beeinflussung der Qualität darf nicht erfolgen

Grundwasserflurabstand

Um eine ausreichende Sickerstrecke und damit verbundene Reinigungsleistung zu gewährleisten, ist der Abstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem Grundwasserspiegel entscheidend (DWA-A 138, 2005).

Die Anforderungen an die Mächtigkeit des Grundwasserflurabstands sind je nach Regelwerk unterschiedlich geregelt:

- Gemäß ÖWAV Regelblatt 35 (2003) muss die Mächtigkeit des Sickerraums zwischen der Sohle des Versickerungsbauwerks und dem Grundwasserspiegel mind. 1,5 m betragen, ausgenommen sind dabei seltene Extremereignisse.
- Nach ÖNORM B 2506-1 (2013) muss die Mächtigkeit von natürlich gewachsenem Boden vom tiefsten Punkt der Sickeranlage bis zum höchsten maßgebenden Grundwasserspiegel (von Behörde oder Planer festgelegt – meist höchstmöglicher GW-Stand) mind. 1,0 m betragen. Dieser ist von der Sickergeschwindigkeit und Anforderung an den Grundwasserschutz abhängig. Kann dieser Abstand nicht eingehalten werden, ist die Zulässigkeit bzw. die Art der Versickerung bei der Behörde zu erfragen.
- Nach DWA-A 138 (2005) sollte die Sickerstrecke bis zum mittleren höchsten Grundwasserstand mind. 1,0 m betragen. Jedoch kann bei unbedenklichen Niederschlagsabflüssen der Sickerraum verringert werden.
- In DWA-A 138 (2005) ist zusätzlich vermerkt, dass speziell bei Schachtversickerungen die Mächtigkeit der Sickerstrecke bis zum mittleren höchsten Grundwasserspiegel mind. 1,5 m betragen muss.

2.2.1.3 Geogene Faktoren

Altlasten

Zum Schutz des Grundwassers ist eine Versickerungsmaßnahme im Bereich von kontaminierten Standorten nicht zulässig. Wegen der Gefahr einer Remobilisierung der Schadstoffe oberhalb des Grundwasserspiegels muss die Bewirtschaftungsmethode durch konstruktive Maßnahmen zum anstehenden Untergrund abgedichtet werden (Sieker, et al., 2003).

Hangneigung

Bei ungünstigen Bodenverhältnissen können eingeleitete Sickerwässer Hangvernässungen, Rutschungen oder auch Quellaustritte durch Schichtenwasser verursachen (Dachroth, 2002).

Bei der Anwendung von oberirdischen NWB-Maßnahmen ist folgendes zu berücksichtigen:

- Mit zunehmender Hangneigung nimmt das Speichervolumen ab, was durch konstruktive Grenzen von Muldentiefen und Böschungswinkel vorgegeben ist.
- Mit zunehmender Hangneigung nehmen die bautechnischen Anforderungen (Kaskadenausbildung) und damit verbundenen Kosten zu.
- Bei starker Hangneigung ist eine kaskadenförmige oder hangparallele Anordnung erforderlich, um die Sohlspannungen und daraus resultierenden Erosionen zu reduzieren.
- Für Überläufe oder Drosselabflüsse kann vorhandenes freies Gefälle ausgenutzt werden.

Die Anwendung von unterirdischen Bewirtschaftungen bleibt von der Hangneigung, unter Voraussetzung der konstruktiven Durchführbarkeit, unbeeinflusst. Hingegen erfordern oberirdische Niederschlagsbewirtschaftungsmaßnahmen (siehe Tabelle 17) eine Gliederung lt. Stecker et al., (1996) in folgende Hangneigungsklassen:

Tabelle 17: Ausführungshinweise für oberirdische Versickerungsanlagen in Hanglage (in Anlehnung an Stecker et al., 1996)

Klassifikation der Hangneigung		
Bereich	Bezeichnung	Auswirkung auf NWB-Maßnahme
0 – 2 %	flach geneigt	Bau der Anlage ohne Einschränkungen
2 – 8 %	mäßig geneigt	Länge der Anlage in Richtung der Hangneigung mit 3 und 10 m begrenzt
8 – 14 %	stark geneigt	Bau der Anlage nur noch hangparallel möglich
> 14 %	steil geneigt	Bau der Anlagen nur mit besonderen Maßnahmen

Bodenbeschaffenheit

Die Beschaffenheit des Untergrundes beeinflusst maßgeblich die Anwendbarkeit der Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen und den notwendigen Flächenbedarf der Anlagen. Je nach Kornzusammensetzung von Sand, Schluff oder Ton variiert die Versickerungsfähigkeit des Bodens.

Bei Durchlässigkeitsbeiwerten größer als $1 \cdot 10^{-3}$ m/s ist die Reinigung durch chemische und biologische Vorgänge aufgrund der geringen Aufenthaltszeit im Boden nicht gegeben. Hingegen können Niederschlagswässer bei kleineren kf-Werten als $1 \cdot 10^{-6}$ m/s schwer versickern, was einen langen Einstau von Versickerungsanlagen zur Folge hat. Dadurch können anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Zone entstehen, die das Umwandlungsvermögen ungünstig beeinflussen (DWA-A 138, 2005). In Tabelle 18 werden mögliche NWB-Maßnahmen unter Berücksichtigung der Versickerungsfähigkeit des Bodens vorgeschlagen.

Tabelle 18: Mögliche NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Bodendurchlässigkeit

Klassifizierung der Versickerungsfähigkeit			
Bezeichnung nach (Sieker et al., 2003)	Definition der Durchlässigkeit nach DIN 18130-1 (Prinz und Strauß, 2011)	Durchlässigkeit von Lockergesteinen (Prinz und Strauß, 2011)	Entwässerungsstrategie
-	Sehr stark durchlässig	$> 10^{-2}$ m/s	Für Versickerung nicht geeignet - Grundwasserschutz
Hohe Infiltrationsrate	Stark durchlässig	$10^{-4} - 10^{-2}$ m/s	V
Mittlere Infiltrationsrate	Durchlässig	$10^{-6} - 10^{-4}$ m/s	V+R
Geringe Infiltrationsrate	Schwach durchlässig	$10^{-8} - 10^{-6}$ m/s	V+R+(A)
Sehr geringe Infiltrationsrate	Sehr schwach durchlässig	$< 1 \cdot 10^{-8}$ m/s	R+A (Versickerung aufgrund der langen Einstauzeit nicht möglich)
Legende: V – Versickerung und Vermeidung des Abflusses; R – Retention; A – Ableitung			

Mächtigkeit der bindigen Deckschichten

Die bindigen Deckschichten bilden aufgrund ihrer starken Undurchlässigkeit eine natürliche Schutzschicht für das Grundwasser, welche Fremdstoffe des Niederschlagswassers beim Versickerungsprozess herausfiltert. Je nach örtlichen Gegebenheiten variiert die Mächtigkeit zwischen einem Meter und mehreren Zehnermetern, wodurch die Auswahl von Bewirtschaftungsmethoden eingeschränkt wird.

Die Einteilung der folgenden Tabelle 19 wurde in Anlehnung an die Kartenerstellung für natürliche Versickerungsmöglichkeiten für die Stadt Dresden erstellt (Fuhrmann, 2001):

Tabelle 19: Einsatzbereiche von NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Deckschichtenstärke (in Anlehnung an Fuhrmann 2001)

Stärke der bindigen Deckschicht		
Bindige Deckschicht über quartärem Grundwasserleiter	Systeme	Bemerkung
< 1,0 m	Flächenversickerung, Muldenversickerung	Ein Bodenaustausch kann bei sehr schwach durchlässigen Schichten durchgeführt werden
1,0 - 2,0 m	Mulden-Rigolversickerung, Retentionsraumversickerung, Rigolen	Geringe Ausführungstiefe der Sickergräben begrenzen die Anwendungsmöglichkeit
2,0 - 4,0 m	Beckenversickerung, Rigol-Rohrversickerungen	Aufgrund der großen Ausführungstiefe kann ein lokaler Bodenaustausch stattfinden
> 4,0 m	Schachtversickerung	Ein lokales Durchteufen der undurchlässigen Schicht kann auch bei großer Mächtigkeit sinnvoll sein (Vorreinigung ist evt. erforderlich)
Unabhängig bzw. Bereiche außerhalb des quartären Grundwasserleiters	Retentionsanlagen mit anschließender Ableitung (z. B. Mulden-Rigolen-Systeme)	Bindige Bedeckung auf Festgestein, lokale versickerungsfähige Einschaltungen

2.2.2 Entscheidungsmatrix

Die Auswahl möglicher NWB-Maßnahmen kann unter Zuhilfenahme einer Entscheidungsmatrix, in welcher die möglichen Einflussfaktoren d.h. die siedlungsstrukturellen, wasserwirtschaftlichen und geogenen Faktoren aufgelistet werden, erfolgen. Als erster Schritt sind die standortbezogenen Faktoren zu erheben und beispielsweise abzuklären welchen Verschmutzungsgrad die betrachten Niederschlagswässer aufweisen, ob Altlasten vorhanden sind oder wie groß der Grundwasserflurabstand ist. Im nächsten Schritt wird festgehalten, welche NWB-Maßnahmen bei den gegebenen standortbezogenen Faktoren zulässig sind. Dabei werden alle Faktoren, welche die Umsetzung von NWB-Maßnahmen beeinflussen einzeln betrachtet und bewertet. Schließt auch nur ein Einflussfaktor die Umsetzung einer NWB-Maßnahme aus, ist diese Maßnahme nicht anwendbar (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Entscheidungsmatrix für die Auswahl von NWB-Maßnahmen (reduzierte Darstellung – nur Versickerung betrachtet). In der linken Spalte sind die generellen Einflussfaktoren aufgelistet. In der nächsten Spalte werden die standortbezogenen Faktoren eingetragen. In den Spalten NWB-Maßnahmen – Versickerung werden die Faktoren, welche die Umsetzung von NWB-Maßnahmen beeinflussen einzeln betrachtet und bewertet.

Einflussfaktoren		NWB-Maßnahmen - Versickerung				
Generelle	Standortbezogene	FV	MV	RV	SV	MR
Flächentyp lt. ÖWAV-RB 35 / 45						
Altlasten						
Grundwasserschutzzonen						
Hangrutschgefährdung						
Durchlässigkeit des anstehenden Bodens						
Geländeneigung [%]						
Grundwasserflurabstand bis GOK [m]						
Mächtigkeit der bindigen Deckschicht						
Vorhandene Versickerungsfläche ≥ erforderliche Versickerungsfläche						
Mögliche Bewirtschaftungsmaßnahme						
FV ... Flächenversickerung, MV ... Muldenversickerung, RV ... Rigolen- oder Rohrversickerung, SV ... Schachtversickerung MR ... Muldenrigolenversickerung						

Um die praktische Anwendung der Entscheidungsmatrix darzustellen wird diese im Folgenden anhand eines Fallbeispiels, es soll das Niederschlagswasser von normal verschmutzten Dachflächen zur Versickerung gelangen, erläutert (siehe Tabelle 21).

Im Projektgebiet sind keine Altlasten vorhanden, es befindet sich außerhalb der Grundwasserschutzzone, es ist ein ebenes Gelände, die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens beträgt $k_f = 1,0 \times 10^{-5}$, der Grundwasserflurabstand beträgt mehr als 5 m und die bindige Deckschicht beträgt 1,5 m. Es handelt sich um ein dicht besiedeltes Gebiet mit geringen Freiflächen.

Diese Gegebenheiten werden nun in der Entscheidungsmatrix den geplanten NWB-Maßnahmen gegenübergestellt und folgendermaßen bewertet.

- 0 – Die Maßnahme ist aufgrund der vorhandenen Randbedingungen nicht geeignet – die Maßnahme ist daher auszuschließen.
- 1 – Die Maßnahme wird als geeignet eingestuft.

Im konkreten Beispiel zeigte sich, dass die Umsetzung einer Rigolen- Rohrversickerung, Schachtversickerung oder Muldenrigolenversickerung möglich wäre. Eine Flächen- und Muldenversickerung ist hingegen auszuschließen.

Tabelle 21: Anwendungsbeispiel der Entscheidungsmatrix. In der linken Spalte sind die generellen Einflussfaktoren aufgelistet. In der nächsten Spalte sind die standortbezogenen Faktoren eingetragen. In den Spalten NWB-Maßnahmen – Versickerung werden die Faktoren, welche die Umsetzung von NWB-Maßnahmen beeinflussen einzeln betrachtet und mit 0 - Maßnahme ist nicht geeignet oder 1 - Maßnahme ist geeignet, bewertet. In der vorletzten Zeile sind die möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen ausgewiesen.

Einflussfaktoren		NWB-Maßnahmen - Versickerung				
Generelle	Standortbezogene	FV	MV	RV	SV	MR
Flächentyp lt. ÖWAV-RB 35 / 45	F1	1	1	1	1	1
Altlasten	nein	1	1	1	1	1
Grundwasserschutzzonen	Außerhalb Schutzzone	1	1	1	1	1
Hangrutschgefährdung	Keine bis mäßige	1	1	1	1	1
Durchlässigkeit des anstehenden Bodens	1×10^{-6} m/s	0	1	1	1	1
Geländeneigung [%]	0 – 2 %	1	1	1	1	1
Grundwasserflurabstand bis GOK [m]	> 3,0 m	1	1	1	1	1
Mächtigkeit der bindigen Deckschicht	1,0 – 2,0 m	0	0	1	1	1
Vorhandene Versickerungsfläche ≥ erforderliche Versickerungsfläche		0	0	1	1	1
Mögliche Bewirtschaftungsmaßnahme		NEIN	NEIN	JA	JA	JA
FV ... Flächenversickerung, MV ... Muldenversickerung, RV ... Rigolen- oder Rohrversickerung, SV ... Schachtversickerung MR ... Muldenrigolenversickerung						

2.2.3 Bewirtschaftungsmaßnahmenkarte / Maßnahmenkatalog

Werden die standortbezogenen Ergebnisse der Matrix georeferenziert in eine Karte übertragen, kann eine Bewirtschaftungsmaßnahmenkarte (Abbildung 2) erstellt werden. Diese ermöglicht eine Beurteilung, in welchen Bereichen welche Maßnahmen sinnvoll umgesetzt werden können. In der Detailplanung sollte für die Auswahl der geeigneten NWB-Maßnahme(n) ein Kostenvergleich unter Einbeziehung der Investitions-, Betriebskosten und der Nutzungsdauer erfolgen.

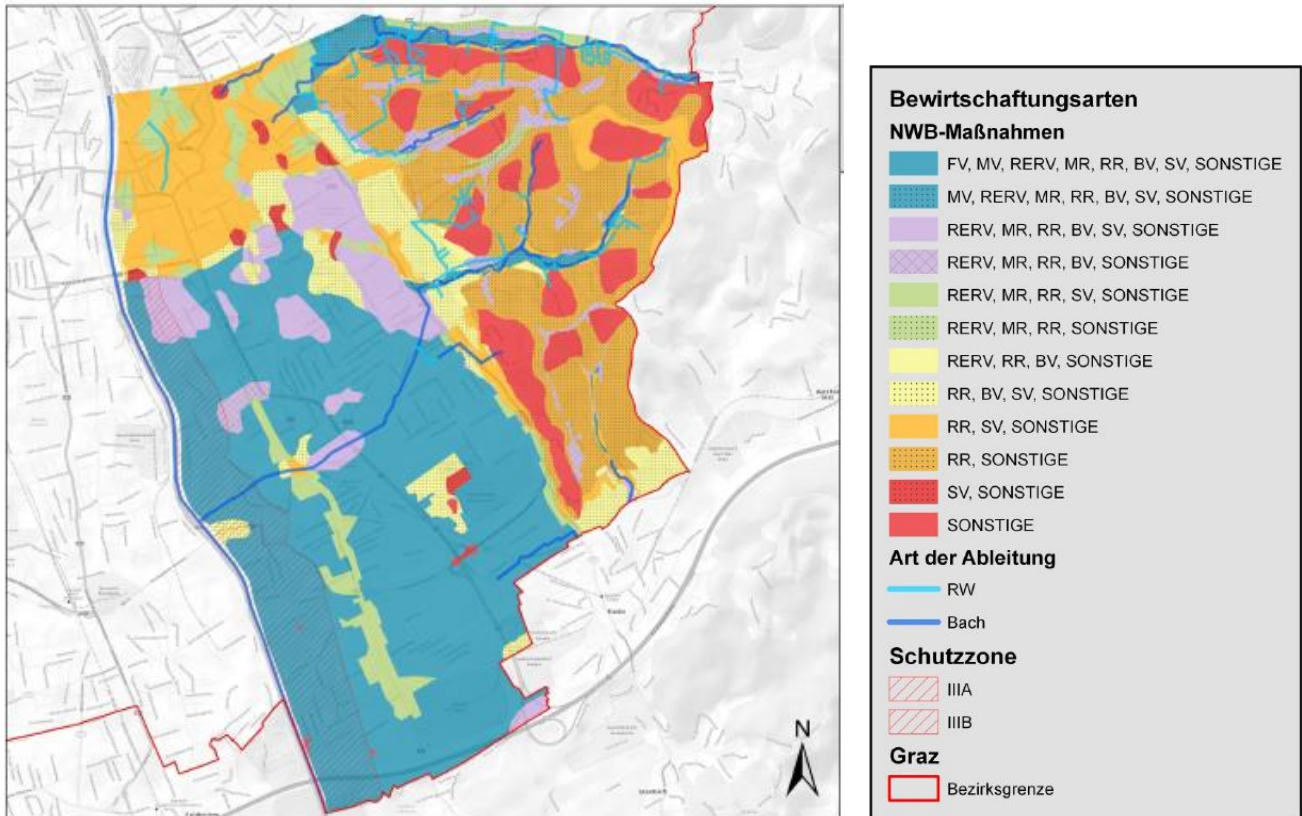


Abbildung 2: Beispielhafte Darstellung einer NWB-Maßnahmenkarte für ein Teilgebiet in Graz

2.3 Kosten von NWB-Maßnahmen

In der Tabelle 22 sind die Herstellungs- Betriebskosten und Nutzungsdauern von NWB-Maßnahmen aus der Fachliteratur zusammengefasst. So führte beispielsweise Hamacher (2000) im Auftrag der ATV (Abwassertechnische Vereinigung) in der Bundesrepublik Deutschland eine Befragung in 180 Städten und Gemeinden über Herstellungs- und Betriebskosten unterschiedlicher Versickerungssysteme durch.

Die Herstellungskosten für oberirdische NWB-Maßnahmen sind generell kostengünstiger als unterirdische NWB-Maßnahmen, wobei die nachträgliche Herstellung kostenintensiver ist. Die Herstellungskosten schwanken zudem aufgrund des verwendeten Herstellungsmaterials.

Die Betriebskosten setzen sich aus der Wartung und Instandhaltung der NWB-Maßnahmen zusammen. Dazu zählen beispielsweise die Mahd, die gärtnerische Pflege, das Spülen von Rigolen, die Inspektion sowie die Entfernung von Laub und Störstoffen.

Die Nutzungsdauern der verschiedenen NWB-Maßnahmen weisen in der Fachliteratur große Schwankungsbreiten auf. Laut DWA (2012) sollte für die durchschnittliche Nutzungsdauer von Versickerungssystemen zwischen 20 und 30 Jahren angesetzt werden.

Tabelle 22: Zusammenstellung der in der Literatur angegebenen Herstellungs- und Betriebskosten sowie der Nutzungsdauern von NWB-Maßnahmen modifiziert nach Gantner (2002)

Herstellungs- Betriebskosten und Nutzungsdauern von NWB-Maßnahmen			
NWB-Maßnahme	Herstellungskosten	Betriebskosten	Nutzungsdauer
Flächenversickerung	2,50 bis 37 €/m ² A _{red} (A _{red} = abflusswirksame Fläche) bzw. 15 bis 25 €/m ²	0,05 bis 0,15 €/(m ² A _{red} ·a) bzw. 0,25 bis 1,75 €/(m ² ·a)	20 bis 80 Jahre
Muldenversickerung	1,30 bis 7,50 €/m ² A _{red} bzw. 19 bis 45 €/m ²		
Rigolen-/Rohr-Rigolenversickerung	1,25 bis 12 €/m ² A _{red} bzw. 80 bis 240 €/m ³ bzw. 27 bis 200 €/lfd.m	10 bis 25 €/(lfd.m·a)	20 bis 40 Jahre
Mulden-Rigolen-Versickerung unvernetzt vernetzt	12,50 bis 17,50 €/m ² A _{red} 12,50 bis 27,50 €/m ² A _{red} bzw. 211 bis 250 €/m ³ bzw. 150 bis 250 €/lfd.m	15 €/(lfd.m·a) (Rigole) + 0,50 €/(m·a) (Mulde)	15 bis 40 Jahre
Versickerungsschacht	200 bis 1.250 €/aufst.m bzw. 10 bis 20 €/m ² A _{red} bzw. 1.000 bis 2.000 €/Stück	0,50 bis 0,75 €/(m·a)	bis 60 Jahre
Dachbegrünung Intensiv, extensiv	95 €/m ² , 12,50 bis 50 €/m ²	0,50 bis 5,00 €/(m·a)	bis 40 Jahre
Regenwassernutzungsanlage	400 bis 900 €/m ³ Speicher bzw. 4.000 bis 5.000 € (4- Personen-Standardhaus) bzw. 23 bis 50 €/m ² A _{red}	75 bis 150 €/a (Standardhaus) bzw. 0,75 €/(m ² A _{red} ·a)	20 bis 75 Jahre

Für die Retentionsmaßnahmen variieren die Herstellungskosten in Abhängigkeit deren baulichen Ausführung und des erforderlichen Nutzungsvolumens. Mit zunehmenden Nutzungsvolumen verringern sich die spezifischen Herstellungskosten €/m³ (siehe Abbildung 3).

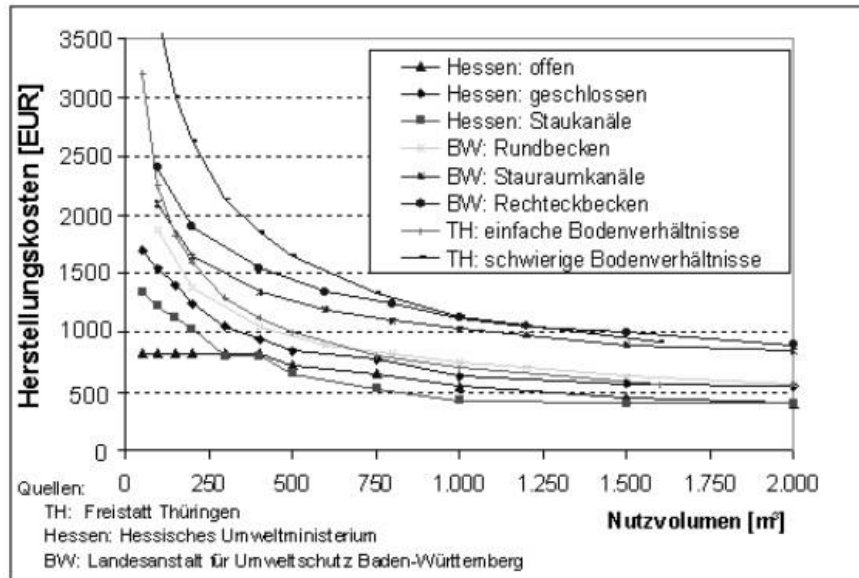


Abbildung 3: Kosten für Mischwasserbecken und Stauraumkanäle nach verschiedenen Quellen: HMU, 1995, LFU BW 1998, Freistaat Thüringen 1996, (www.Sieker.de)

3 Strategien für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen

3.1 Neubaugebiete

In Neubaugebieten können von Behördenseite im Rahmen der Erteilung von Baugenehmigungen NWB-Maßnahmen vorgeschrieben werden, sodass eine effiziente Umsetzung in Bezug auf Kosten und Akzeptanz möglich ist. In Bestandsgebieten bedarf es anderer Strategien. Als Hilfestellung für die Auswahl geeigneter NWB-Maßnahmen können die Betrachtung der Vor- und Nachteile der einzelnen Maßnahmen (siehe Kapitel 2.1) und die Entscheidungsmatrix (siehe Kapitel 2.2) herangezogen werden.

3.2 Bestandsgebiete

3.2.1 Methodik für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen

Anlass für die Anwendung von NWB-Maßnahmen im Bestand sind zumeist Defizite im Entwässerungssystem (Überstauereignisse, hydraulische Engpässe, Nichteinhaltung des erforderlichen Weiterleitungswirkungsgrad). Vor der Umsetzung von NWB-Maßnahmen ist es sinnvoll, zunächst mögliche Abkoppelungspotenziale mittels einer Bestandsanalyse festzustellen. Die Effektivität der Maßnahmen sollte unter Berücksichtigung der Umsetzungsbereitschaft der Grundstückseigentümer überprüft werden. Hierfür können Simulationswerkzeuge einen wertvollen Beitrag leisten. Im Rahmen der Simulationsstudie kann darüber hinaus geklärt werden, ob NWB-Maßnahmen alleine ausreichen oder Maßnahmenpakete erforderlich sind. Abschließend sollten die identifizierten Maßnahmen bzw. Maßnahmenpakete auf Basis einer Kosten-Nutzen-Analyse bewertet werden. In Abbildung 4 ist der vorgeschlagene Planungsablauf bestehend aus der Defizit-, Bestandsanalyse, der Analyse der Realisierbarkeit und der Kosten-Nutzen-Analysen dargestellt. Auf die einzelnen Schritte wird im Folgenden noch detailliert eingegangen.

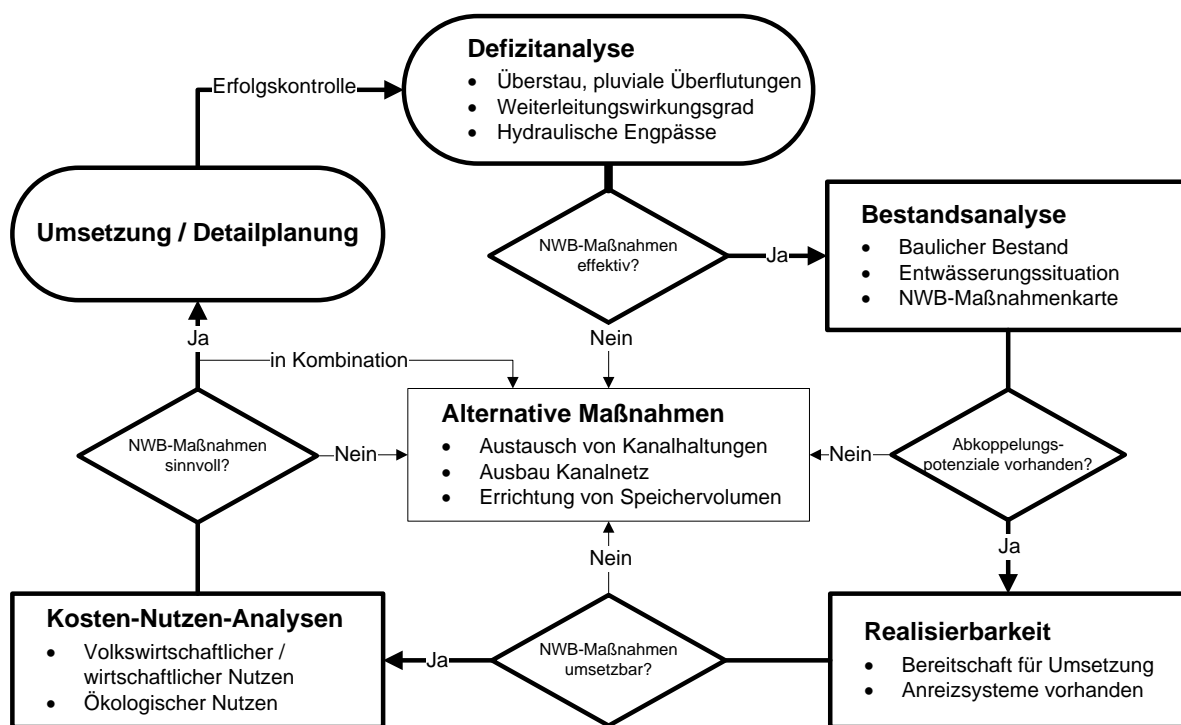


Abbildung 4: Schematischer Ablauf bei der Planung/Umsetzung von NWB-Maßnahmen im Bestand. Beginnend mit der Defizitanalyse gestaltet sich der Planungsablauf je nach Beantwortung der in den Rauten angeführten Fragestellungen.

3.2.1.1 Defizitanalyse

Zu Beginn sollte überprüft werden, ob mit dezentralen NWB-Maßnahmen alleine oder in Kombination mit alternativen Maßnahmen (z. B. Vergrößerung der Kanalquerschnitte, Errichtung von Speichervolumen) dem vorherrschenden Defizit im Entwässerungssystem überhaupt entgegengewirkt werden kann. Defizite im Entwässerungssystem können z. B. pluviale Überflutungen, hydraulische Engpässe, zu hohe Entlastungsmengen(frachten) bzw. die Nichteinhaltung des Weiterleitungswirkungsgrades nach ÖWAV-RB 19 (2007) sein.

3.2.1.2 Bestandsanalyse

Werden in der Defizitanalyse NWB-Maßnahmen als zielführend identifiziert, sollte eine Bestandsanalyse folgen. Ziel der Bestandsanalyse ist es, das mögliche Abkoppelungspotenzial zu eruieren. Dazu muss im Projektgebiet die Entwässerung der befestigten Flächen bekannt sein. Eine Erhebung der IST-Situation kann beispielsweise mittels einer Bürgerbefragung oder Ortsbegehung erfolgen. Unter Berücksichtigung von siedlungsstrukturellen, wasserwirtschaftlichen und geogenen Faktoren und den erhobenen Daten kann schließlich das Abkoppelungspotenzial abgeschätzt werden.

3.2.1.3 Realisierbarkeit

In Bestandsgebieten ist die Realisierbarkeit der identifizierten dezentralen NWB-Maßnahmen und Maßnahmenpakete von der Umsetzungsbereitschaft der Bewohner/innen abhängig, denn ein nachträglicher behördlicher Eingriff (Vorschreibung zur Abkoppelung) gestaltet sich schwierig. Um die Umsetzungsbereitschaft zu erhöhen, sind Anreizsysteme wie getrennte Kanalbenützungsgebühren oder Förderungen sinnvoll.

3.2.1.4 Kosten-Nutzen-Analysen

Mittels Simulationsstudie können mögliche Maßnahmen/Maßnahmenpakete oder alternative Maßnahmen identifiziert und deren Nutzen analysiert werden. In einer anschließenden Kostenanalyse z. B. mittels dynamischer Kostenvergleichsrechnungen nach den Leitlinien der DWA (2012) können diese über einen längeren Betrachtungszeitraum miteinander verglichen und **ökonomisch** bewertet werden.

Um die Entscheidung über die Auswahl einzelner NWB-Maßnahmen, alternativer Maßnahmen (z. B.: Vergrößerung des Kanalquerschnitts, Errichtung von Speichervolumen) bzw. Maßnahmenpakete zu erleichtern, können neben ökonomischen Kriterien auch zusätzliche **ökologische** Kriterien wie z. B. die:

- Grundwasseranreicherung,
- Reduktion der Entlastungsmengen bzw. Zulaufmengen zur Kläranlage,
- Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung,
- Steigerung der Verdunstungsraten (Verbesserung des Mikroklimas, Vermeidung von städtischen Hitzeinseln im Sommer) und die
- allgemeine optische Aufwertung des Stadtbildes

herangezogen und je nach ökologischen Zielen untereinander noch gewichtet werden.

Die ökonomischen und ökologischen Kriterien können zum Beispiel mit jeweils 50 % gewichtet werden. Bei der ökologischen Bewertung z.B. die Kriterien Steigerung der Verdunstungsrate, Reduktion des Trinkwasserverbrauchs und allgemeine optische Aufwertung des Stadtbildes jeweils mit 5 %, die Grundwasseranreicherung mit 15 % und die Reduktion der Entlastungsmengen bzw. der Zuflussmengen zur Kläranlage mit 20 % (siehe Tabelle 23).

Die Bewertung der Varianten erfolgte im Rahmen einer Kriterien-Matrix im Schulnotensystem. Bei der ökonomischen Bewertung erhält die kostengünstigste einen und die teuerste Variante (bzw. mit dem größten Kos-

tenunterschied) fünf Punkte. Bei der ökologischen Betrachtung wurde eine mögliche ökologische Verbesserung der Ist-Situation durch die Umsetzung der identifizierten Maßnahmen bewertet. Jene Maßnahme bzw. Variante mit der geringsten Gesamtpunkteanzahl wäre unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Aspekte letztendlich zu bevorzugen.

Tabelle 23: Beispielhafte Kriterien-Matrix für die ökologische und ökonomische Gesamtbewertung von NWB-Maßnahmen mit Gewichtung der einzelnen Kriterien.

Bewertungskriterien		Bewertungsmaßstab	Gewichtung [%]	
ökonomische Bewertung	Projektkostenbarwerte	1 = günstigste Variante, 2 = geringer, 3 = mittlerer, 4 = hoher, 5 = sehr hoher Kostenunterschied	50%	
ökologische Bewertung	Steigerung der Verdunstungsrate (Verbesserung des Kleinklimas)	1 = sehr hohe, 2 = hohe, 3 = mittlere, 4 = geringe, 5 = keine Verbesserung gegenüber dem Bestand	5%	50%
	Grundwasseranreicherung (Schließen des natürlichen Wasserkreislaufs)		15%	
	Reduktion der Entlastungsmengen bzw. Zulaufmengen Kläranlage		20%	
	Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung		5%	
	Optische Aufwertung des Stadtbildes		5%	

4 Danksagung

Das Projekt-Team des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau dankt den Förder- und Projektpartner Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMFL-FUW), der Holding Graz Services – Wasserwirtschaft, der LINZ AG – Services, der Stadtgemeinde Weiz und der Steiermärkische Landesregierung – Abteilung 14 für die Ermöglichung des Projektes und für deren Unterstützung.

5 Verzeichnisse

5.1 Referenzen

- AAEV (1996). Allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentlichen Kanalisationen; aktuelle Fassung vom 19.04.1996. s.l. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 1996. BGBl. Nr. 186/1996.
- AUE 1998. Richtlinie zur Versickerung von Meteor- und Sauberwasser - Auszug aus dem Ordner "Abwasserbewirtschaftung in der Gemeinde, Teil 1". Liestal : Amt für Umweltschutz und Energie - Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft, 1998.
- Bente, Stefan (2001). Eine Software-gestützte Methodik zur Voreinschätzung der wasserwirtschaftlichen Auswirkungen von Maßnahmen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Technische Universität Darmstadt. Darmstadt : Eigenverlag, 2001. Mitteilungen Heft 119.
- Bettmann, Thomas (1998). Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung und deren Auswirkungen auf die Regenwasserbehandlung in urbanen Gewässereinzugsgebieten. Technische Universität Darmstadt – Heft 104. ISSN-Nr.: 1430-3434.
- Dachroth, Wolfgang R. (2002). Handbuch der Baugeologie und Geotechnik. Berlin, Heidelberg, New York : Springer Verlag, 2002. ISBN 3-540-41353-7.
- DWA-A 138 (2005). Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft. Abwasser und Abfall e.V. DWA. Hennef : Eigenverlag, 2005.
- DWA-M 153 (2007). Handlungsempfehlung zum Umgang mit Regenwasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft. Abwasser und Abfall e.V. DWA. Hennef : Eigenverlag, 2007.
- DWA (2012). Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien) 8. überarbeitete Auflage.(1. – 7. Auflage LAWA). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft. Abwasser und Abfall e.V. DWA. Hennef : Eigenverlag, 2012.
- Fuhrmann, Lothar (2001). Umweltatlas Dresden 2001 - Versickerungsmöglichkeiten von Niederschlagswasser - Schematische Übersichtskarte. Dresden : Amt für Umweltschutz Dresden, 2001.
- Gantner, Kathrin (2002). Nachhaltigkeit urbaner Regenwasserbewirtschaftungsmethoden. Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. W. Hegemann, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität Berlin. Eigenverlag, 2002. ISBN 3-936812-20-9
- Geiger, W., Dreiseitl, H. und Stemplewski, J. (2009). Neue Wege für das Regenwasser, Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. Emschergenossenschaft. München : Oldenbourg Industrieverlag GmbH, 2009.
- Herzer, Patrick (2004). Diplomarbeit: Einflüsse einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung auf den Städtebau; Räumliche, ökonomische und ökologische Aspekte. Fakultät Architektur und Stadtplanung Universität Stuttgart . Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2004. ISBN 978-3-8167-6440-3.
- ÖNORM B 2506-1 (2013). Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen - Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb. ÖN Österreichisches Normungsinstitut. Wien : Eigenverlag, 2013.
- ÖNORM B 2572 (2005). Grundsätze der Regenwassernutzung. ÖN Österreichisches Normungsinstitut. Wien: Eigenverlag, 2005.

- ÖWAV-RB 9 (2008). Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren. ÖWAV Österreichischer Wasser- und Abwasserverband. Wien : Eigenverlag, 2008. Bd. 2. Auflage.
- ÖWAV-RB 19 (2007). Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen. Österreichischer Wasser- und Abwasserverband ÖWAV. Wien : Eigenverlag, 2007. Bd. 2. Auflage.
- ÖWAV-RB 35 (2003). Behandlung von Niederschlagswässern. Österreichischer Wasser- und Abwasserverband ÖWAV. Wien : Eigenverlag, 2003.
- Prinz, Helmut und Strauß, Roland (2011). Ingenieurgeologie. Heidelberg : Spektrum Verlag, 2011. S. 10-18; 97-99. ISBN 978-3-8274-2472-3.
- Reichmann, Brigitte, et al. 2010. Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung - Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Berlin : allprint GmbH, 2010. ISBN 9783889611406.
- RP Karlsruhe (2003). Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung- Hinweise für Gemeinden, Planer und Grundstücksbesitzer; URL: <http://www.rp-karlsruhe.de/servlet/PB/menu/1037097/index.html>; letzter Zugriff am 09.01.2012. Karlsruhe : Regierungspräsidium Karlsruhe, 2003.
- Sieker (2014). Homepage - Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH; Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Berlin : URL: <http://www.sieker.de/>; letzter Zugriff am 17.09., 2014.
- Sieker, Friedhelm, et al., (2003). Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten; Grundlagen und Anwendungsbeispiele - Neue Entwicklungen. Dr. Ing. Mettner Michael und technische Akademie Esslingen. Renningen : Expert Verlag, 2003. Bde. 508, 3.Auflage. ISBN-10: 3816922791.
- Stecker, Armin und Bander mann, Stephan (1996). Auswahl und Klassifizierung relevanter Einflussfaktoren auf die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung und Anwendung des Geographischen Informationssystems IDRISI als Planungshilfe. Zeitschrift für Stadtentwässerung und Gewässerschutz. SuG. 1996, 37/1996.
- VSA (2002). Regenwasserentsorgung, Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute. Zürich : Eigenverlag, 2002. S. 120.

5.2 Abbildungen

Abbildung 1:	Beispielhafte Darstellung einer NWB-Maßnahmenkarte für ein Teilgebiet in Graz.....	20
Abbildung 2:	Kosten für Mischwasserbecken und Stauraumkanäle nach verschiedenen Quellen: HMU, 1995, LFU BW 1998, Freistaat Thüringen 1996, (www.Sieker.de)	22
Abbildung 3:	Schematischer Ablauf bei der Planung/Umsetzung von NWB-Maßnahmen im Bestand. Beginnend mit der Defizitanalyse gestaltet sich der Planungsablauf je nach Beantwortung der in den Rauten angeführten Fragestellungen.	23

5.3 Tabellen

Tabelle 1:	Priorisierung der NWB-Maßnahmen, in Anlehnung an ÖWAV-RB 35 (2003)	3
Tabelle 2:	Retention auf Dachflächen (AUE, 1998); (Reichmann et al., 2010)	4
Tabelle 3:	Zusammenfassende Bewertung von Dachbegrünungen.....	5
Tabelle 4:	Zusammenfassende Bewertung von Regenwassernutzungsanlagen.....	6
Tabelle 5:	Merkmale von durchlässigen, befestigten Oberflächen (RP Karlsruhe, 2003).....	7
Tabelle 6:	Zusammenfassende Bewertung der Flächenversickerung	7
Tabelle 7:	Zusammenfassende Bewertung der Muldenversickerung	8
Tabelle 8:	Zusammenfassende Bewertung der Beckenversickerung	8
Tabelle 9:	Zusammenfassende Bewertung der Rigolen- oder Rohrversickerung.....	9
Tabelle 10:	Zusammenfassende Bewertung der Schachtversickerung	9
Tabelle 11:	Zusammenfassende Bewertung der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung	10
Tabelle 12:	Zusammenfassende Bewertung der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung	11
Tabelle 13:	Anforderungen bei Fließgewässereinleitung (ÖWAV-RB 35, 2003).....	12
Tabelle 14:	Einflussfaktoren der Niederschlagswasserbewirtschaftung (modifiziert nach Sieker et al., 2003)	13
Tabelle 15:	Mögliche NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Bebauungsstruktur (in Anlehnung an Bente, 2001).....	13
Tabelle 16:	Auflagen für Versickerungsmaßnahmen in Wasserschutzzonen	15
Tabelle 17:	Ausführungshinweise für oberirdische Versickerungsanlagen in Hanglage (in Anlehnung an Stecker et al., 1996)	16
Tabelle 18:	Mögliche NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Bodendurchlässigkeit	17
Tabelle 19:	Einsatzbereiche von NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Deckschichtenstärke (in Anlehnung an Fuhrmann 2001)	17
Tabelle 20:	Entscheidungsmatrix für die Auswahl von NWB-Maßnahmen (reduzierte Darstellung – nur Versickerung betrachtet). In der linken Spalte sind die generellen Einflussfaktoren aufgelistet. In der nächsten Spalte werden die standortbezogenen Faktoren eingetragen. In den Spalten NWB-Maßnahmen – Versickerung werden die Faktoren, welche die Umsetzung von NWB-Maßnahmen beeinflussen einzeln betrachtet und bewertet.	18
Tabelle 21:	Anwendungsbeispiel der Entscheidungsmatrix. In der linken Spalte sind die generellen Einflussfaktoren aufgelistet. In der nächsten Spalte sind die standortbezogenen Faktoren eingetragen. In den Spalten NWB-Maßnahmen – Versickerung werden die Faktoren,	

welche die Umsetzung von NWB-Maßnahmen beeinflussen einzeln betrachtet und mit 0 - Maßnahme ist nicht geeignet oder 1 - Maßnahme ist geeignet, bewertet. In der vorletzten Zeile sind die möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen ausgewiesen..... 19

Tabelle 22: Zusammenstellung der in der Literatur angegebenen Herstellungs- und Betriebskosten sowie der Nutzungsdauern von NWB-Maßnahmen modifiziert nach Gantner (2002) 21

Tabelle 23: Beispielhafte Kriterien-Matrix für die ökologische und ökonomische Gesamtbewertung von NWB-Maßnahmen mit Gewichtung der einzelnen Kriterien. 25