

Niederschlagswasserbewirtschaftung

Analyse, Möglichkeiten und Empfehlungen für Graz

Masterarbeit zum Erwerb des
akademischen Titels Diplomingenieur
der Studienrichtung Bauingenieurwissenschaften

Christian Assinger

Verfasst am Institut für
**Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau
der Technischen Universität Graz**

Betreuer der Masterarbeit:
Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Gruber
Betreuender Assistent:
Dipl.-Ing. Scheucher Robert

Graz, März 2012

Kontakt:

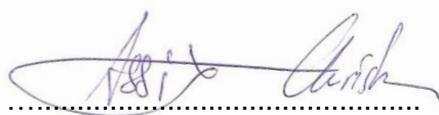
Christian Assinger

christian.assinger@gmx.net

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 22.03.2012

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Assinger Christian', written over a horizontal dotted line.

(Christian Assinger)

Für Opa

Danksagung

Mein Dank gebührt in erster Linie meinem Betreuer und Begutachter Herrn Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Gruber, der mir das von der steiermärkischen Landesregierung (Abt. 19A) initiierte Thema zugetraut und vorgeschlagen hat und mich die Arbeit weitestgehend nach meinen eigenen Vorstellungen verfassen ließ. Er hat mich bei meinen Recherchen ständig unterstützt und ist mir hilfreich zur Seite gestanden, indem er mir auch wichtige Kontakte zur Wirtschaft vermitteln konnte. Ohne ihn wäre diese Arbeit nicht in dieser Professionalität entstanden, weshalb ich mich für seine wertvolle Zeit und aufbauenden Worte recht herzlich bedanke. Ebenso möchte ich mich bei meinem betreuenden Assistenten Herrn Dipl.-Ing. Robert Scheucher für seine hilfreichen Anregungen und Hinweise bedanken.

Ein weiterer Dank geht an all jene Vertreter von Behörden und Ämtern der Stadt Graz und der Holding Graz, die sich für meine Anliegen Zeit genommen und mich ausführlich informiert und beraten haben. Besonderer Dank gilt Frau Dipl.-Ing. Anneliese Kapfenberger-Pock (Stadtvermessungsamt Graz), Herrn Dipl.-Ing. Soleiman Ali (Referatsleiter für Grundstücksentwässerung/ Bau- und Anlagenbehörde Graz), Herrn Dipl.-Ing. Werner Sprung und Herrn Dipl.-Ing. Werner Pirkner (Holding Graz Services – Wasserwirtschaft), die mir zur Erreichung meiner gesetzten Ziele wertvolle Informationen und hilfreiches Datenmaterial zur Verfügung gestellt haben. Ebenso bedanke ich mich beim Team von Garber - Dalmatiner & Partner, insbesondere bei Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Roman Marte und Frau Dipl.-Ing. Barbara Schalle, die mir bei der Datenerhebung von Bodenkennwerten im Stadtgebiet von Graz hilfreich zur Seite standen.

Ein großes Dankschön geht an meine Freundin Julia, die mich während dieser arbeitsintensiven Zeit immer unterstützt und ermutigt hat. Sie half mir zu verstehen, dass es, neben dem angestrebten Studienabschluss und dem Schreiben meiner Masterarbeit, noch andere wesentliche Dinge im Leben gibt, die man nicht aus dem Blickfeld verlieren sollte. Da es sicher nicht einfach mit mir war, danke ich für ihre Geduld und Kraft, die sie mir während meiner gesamten Studienzeit geschenkt hat.

Meinen Eltern, Großeltern und Geschwistern, möchte ich für ihre Unterstützung in jeder Art und Weise, die sie mir während meiner gesamten Ausbildungszeit gegeben haben, herzlich danken. Ohne sie wäre mein Ziel nicht erreichbar gewesen. Insbesondere bin ich für ihr Vertrauen dankbar, denn egal welchen Weg ich einschlagen wollte, standen sie immer hinter mir und bestärkten mich mit Rat und Tat.

Meinen Freunden und Studienkollegen möchte ich auf diesem Weg meinen Dank aussprechen, da sie mir im Laufe meines Studiums eine unvergessliche Zeit bescherten und mir jederzeit in allen Belangen zur Seite standen.

Kurzfassung

Der steigende Versiegelungsgrad durch Bautätigkeiten führt zu einem massiven Eingriff in den natürlichen Wasserkreislauf und zu einem erhöhten Oberflächenabfluss. Fehlende Grundwasseranreicherung und der Anstieg der Hochwasserabflussspitzen wirken sich zudem nachteilig auf die Oberflächengewässer im betroffenen Einzugsgebiet aus. Eine rasche Ableitung der anfallenden Niederschlagswässer wurde historisch bedingt durch die Einleitung in die Kanalisation erreicht. Dies kann zu hydraulischen Überlastungen im Bestand und zu einem erhöhten Speicherbedarf in den Entwässerungsgebieten führen. Aus diesem Grund wird die Niederschlagswasserbewirtschaftung in Zukunft eine noch bedeutendere Rolle spielen. Vor allem dezentrale Versickerungsmaßnahmen ermöglichen eine nachhaltige Siedlungsentwässerung, da sie versuchen, den natürlichen Wasserkreislauf zu erhalten und die Einleitung von nicht verschmutztem Niederschlagswasser in das Kanalsystem vermeiden.

In der vorliegenden Arbeit wird zunächst der aktuelle Stand möglicher Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen zusammengefasst. Dafür können Niederschlagswässer entweder gesammelt, zurückgehalten, genutzt, versickert oder gedrosselt abgeleitet werden. Probleme bei der Errichtung und dem Betrieb werden aufgezeigt und Lösungsansätze vorgeschlagen. Einen besonderen Schwerpunkt bilden dabei die möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen im Bereich von Hanglagen und schlecht versickerungsfähigem Untergrund, wie sie vor allem in den östlichen Grazer Randlagen sehr oft anzutreffen sind.

Die Wahl einer geeigneten Bewirtschaftungsmaßnahme hängt von mehreren Einflussfaktoren ab. Neben siedlungsstrukturellen Faktoren beeinflusst die Beschaffenheit des vorhandenen Untergrunds ganz maßgeblich die Anwendbarkeit der unterschiedlichen Maßnahmen. Für die Auswahl einer geeigneten Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahme wurden auf Basis der aktuell vorhandenen Datengrundlage und einer Entscheidungsmatrix für einen Teil des Grazer Stadtgebietes mögliche Anwendungsbereiche abgeschätzt. Die Ergebnisse dieser Abschätzungen wurden für das betrachtete Untersuchungsgebiet auch grafisch in einer Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmenkarte dargestellt. Diese Bewirtschaftungsartenkarte ermöglicht es auch, Problembereiche, wie in den Grazer Randlagen, schon in der Planungsphase zu erkennen und daraus dann auch entsprechende Empfehlungen für eine geeignete Bewirtschaftungsart abzuleiten.

Schlüsselwörter

Siedlungsentwässerung, Niederschlagswasserbewirtschaftung, Regenwasserbewirtschaftung, Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen, Niederschlagswasserbewirtschaftungsartenkarte, Graz, Problemanalyse, Lösungsansätze, Empfehlungen, Entscheidungsmatrix, Einsatzgrenzen, Versickerung

Abstract

Title of the master thesis:

Stormwater Management – Analysis, Measures and Recommendations for Graz

The increasing degree of soil sealing in urban catchments mainly caused by construction activities leads to a severe impact to the natural water cycle and an increased surface runoff. A lack of groundwater recharge and the raise of flood flow peaks also have a negative impact on surface waters in the affected watershed. A rapid drainage of the incurred stormwater was historically achieved by discharging the stormwater into the municipal sewage system. This can cause hydraulic overloads in the existing system and an increased demand of storage in the urban drainage system. For this reasons, the stormwater management will play a more important role in the future.

In particular decentralized measures enable a sustainable urban drainage, which preserve the natural water cycle and avoid the discharge of non-contaminated stormwater into the sewer system.

In the present master thesis the current status of possible stormwater management measures is summarized. Measures are explained and compared to cope with stormwater runoff by retention, utilisation, infiltration or throttled discharge into receiving waters.

Problems in the construction and operation are identified and solutions are proposed. A special focus is addressed to the possible management measures in areas of steep slopes and inappropriate underground as they can be found in the eastern areas of Graz. The selection of an appropriate stormwater management measure depends on several factors, which are also compiled in this thesis.

Based on currently existing data a decision matrix was generated and suitable stormwater management systems were exemplary estimated for a district of Graz. The results of these assessments and proposals are graphically shown in a stormwater management measure map. This type of maps allows an engineer to identify problem areas during the planning process and gives recommendations for a suitable stormwater management measure.

Keywords

Urban drainage, stormwater management, stormwater management measures, stormwater management measure map, Graz, problem analysis, solutions, recommendations, decision matrix, operation limits, infiltration

Gleichheitsgrundsatz

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Jedoch möchte ich ausdrücklich festhalten, dass die bei Personen verwendeten maskulinen Formen für beide Geschlechter zu verstehen sind.

Inhaltsverzeichnis

1	VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG	1
2	GRUNDLAGEN	4
2.1	Notwendigkeit der Niederschlagsbewirtschaftung	4
2.1.1	Naturnaher Umgang mit Regenwasser	5
2.2	Wasserhaushalt	6
2.3	Regenwasserabfluss	7
2.4	Versickerung im Boden	9
2.4.1	Wasserbewegung im Boden	11
2.5	Entwässerungssysteme	11
2.5.1	Mischsystem	12
2.5.2	Trennsystem.....	13
2.5.3	Modifizierte Systeme.....	14
2.5.4	Vergleich zu deutschen Entwässerungssystemen	15
2.5.5	Bewertung von Regenwasserableitungen	16
2.6	Qualität von Niederschlagswässer	17
2.6.1	Schadstoffanteile aus der Umgebung	17
2.6.2	Einteilung in Flächentypen	18
2.6.3	Eignung der Niederschlagsabflüsse zur Versickerung	18
3	RECHTLICHE GRUNDLAGEN	20
3.1	Gesetzliche Vorgaben	20
3.1.1	Wasserrahmenrichtlinie - EU-WRRL (2000).....	20
3.1.2	Wasserrechtsgesetz (1959)	20
3.1.3	Qualitätszielverordnungen	22
3.1.4	Schutzgebietsverordnung Graz.....	22
3.1.5	Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (1996).....	24
3.1.6	Steiermärkisches Kanalgesetz (KG Stmk, 1988).....	24
3.1.7	Steiermärkisches Baugesetz (Stmk BauG, 1995)	25
3.2	Kommunale Vorschriften	27
3.2.1	Geschäftsbedingungen Holding Graz ABGB (2011).....	27
3.2.2	Stadtentwicklungskonzept	28
3.3	Normen, Regelwerke und Richtlinien	29
3.4	Überblick der rechtlichen Grundlagen	30

4	METHODEN DER NIEDERSCHLAGSWASSERBEWIRTSCHAFTUNG.....	31
4.1	Genereller Umgang mit Niederschlagswasser	31
4.2	Klassifizierung der Niederschlagsbewirtschaftungen	32
4.3	Vermeiden von Niederschlagswasserabflüssen	33
4.3.1	Anlagen zur Zwischenspeicherung	33
4.3.2	Minimierung von versiegelten Flächen.....	37
4.4	Anlagen zur Vorbehandlung von Regenwasserabflüssen.....	39
4.4.1	Grobstoffabscheider	39
4.4.2	Absetzanlagen.....	39
4.4.3	Leicht- und Schwebstoffabscheider	40
4.4.4	Filteranlagen.....	40
4.4.5	Chemisch-physikalische Behandlungsmethode	41
4.4.6	Vorbehandlung durch biochemischen Abbau.....	41
4.5	Anlagen zur Regenwassernutzung.....	41
4.5.1	Anlagen zur Brauchwassernutzung.....	41
4.6	Anlagen zur Versickerung.....	43
4.6.1	Versickerung mit oberirdischer Speicherung.....	43
4.6.2	Versickerung mit unterirdischer Speicherung.....	46
4.6.3	Kombination von Versickerungsmaßnahmen.....	49
4.7	Ableitung in Oberflächengewässer oder in die Kanalisation	52
4.7.1	Ableitung in ein Oberflächengewässer.....	52
4.7.2	Ableitung in konventionelle Kanalsysteme	53
4.8	Gegenüberstellung	54
5	EINSATZGRENZEN VON NWB-MAßNAHMEN.....	56
5.1	Einflussfaktoren.....	56
5.2	Siedlungsstrukturelle Faktoren	57
5.2.1	Flächenverfügbarkeit	57
5.2.2	Entwässerungssystem.....	60
5.3	Biogene Faktoren	61
5.3.1	Wirkung auf das lokale Kleinklima.....	61
5.3.2	Gestaltungspotenzial	61
5.4	Geogene Faktoren	61
5.4.1	Bodenbeschaffenheit	61

5.4.2	Mächtigkeit der Bodenschichten	63
5.4.3	Topografie	64
5.5	Wasserwirtschaftliche Faktoren	66
5.5.1	Grundwasserverhältnisse	66
5.5.2	Beeinflussung von Nachbarrechte	67
5.5.3	Oberflächengewässer	69
5.6	Weitere Einflussfaktoren	69
5.6.1	Altlasten	69
5.6.2	Baurisikobereiche	69
6	AUFTRETENDE PROBLEME UND EMPFEHLUNGEN BEI DER NWB	70
6.1	Beeinflussung des Grundwasserspiegels	70
6.1.1	Kellervernässung	70
6.1.2	Ausschwemmen von Feinteilen	72
6.1.3	Setzungen von Gebäuden	72
6.1.4	Volumenzunahme durch Quellen	73
6.1.5	Auftriebswirkung	74
6.2	Ausführungsfehler	75
6.2.1	Entwässerungsmulden an Verkehrsflächen	75
6.2.2	Rückstau in Zuleitungsgraben	76
6.2.3	Verdichtung des Untergrundes	76
6.3	Betrieb	77
6.3.1	Organisation der Pflege- und Wartungsarbeiten	78
6.3.2	Unsachgemäße Nutzungen	79
6.3.3	Kolmation und Verdichtung	79
6.3.4	Winterbetrieb	81
6.4	Schadstoffeintrag	82
6.4.1	Verunreinigung durch Luft	82
6.4.2	Verunreinigung von Entwässerungsflächen	82
6.4.3	Schadstoffeintrag über kontaminierten Boden	83
6.4.4	Lösungsansätze	83
6.5	Hanglagen mit ungünstigen geologischen Bedingungen	84
6.5.1	Lösungsansätze	86

7	BEWIRTSCHAFTUNGSINFORMATIONSSYSTEM UND MAßNAHMEN-KATALOG	90
7.1	Emschergenossenschaft.....	90
7.1.1	Ausgangslage im der Emscherregion	90
7.1.2	Pilotprojekte	91
7.1.3	Zukunftsvereinbarung	92
7.2	Karte des Abkopplungspotenzials	93
7.3	Karte der Bewirtschaftungsart.....	94
7.4	Bewirtschaftungsinformationssystem Regenwasser (BIS/RW)	95
7.4.1	Auswahl der Maßnahme	96
8	BEISPIEL ZUR ERSTELLUNG EINER NWB-KARTE FÜR GRAZ	97
8.1	Entscheidungsmatrix	97
8.2	Erstellung der Maßnahmenkarte für die Stadt Graz	100
8.3	Aufbereitung und Klassifizierung der Eingangsdaten	101
8.3.1	Flächentyp und Flächenverfügbarkeit	101
8.3.2	Durchlässigkeit des Bodens.....	102
8.3.3	Hangneigungskarte.....	103
8.3.4	Altlasten.....	103
8.3.5	Risikobereiche	104
8.3.6	Unterkante der bindigen Deckschicht.....	104
8.3.7	Grundwasserflurabstand.....	105
8.3.8	Grundwasserschutzgebiete.....	106
8.3.9	Entwässerungssysteme und Oberflächengewässer	106
8.4	Entscheidungsprozess.....	107
8.4.1	FLEXT – GIS unterstützte Entscheidungssoftware	107
8.5	Ausgabe der Ergebnisse	108
8.5.1	Auflagen bei Flächennutzungen.....	110
8.5.2	Auflagen durch Hangneigung.....	110
8.5.3	Auflagen durch Risikobereiche	110
8.5.4	Zusätzliche Auflagen.....	111
8.6	Interpretation der Ergebnisse	111
8.6.1	Lösungsansätze für die Problembereiche am Ruckerlberg	112
9	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	115

ANHANG	119
LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS	131
TABELLENVERZEICHNIS	138
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	140

1 Veranlassung und Zielsetzung

„...Niederschlagswässer... dürfen grundsätzlich nicht in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden“

(Allgemeine Geschäftsbedingung der Holding Graz, 2011)

Nach den gesetzlichen Anforderungen des steiermärkischen Baugesetzes an die Bauplatzeignung ist eine dauerhafte, schadlose Entsorgung von Niederschlagswasser sicherzustellen. Insbesondere in den Grazer Randlagen gibt es jedoch besiedelte Gebiete mit schlecht versickerungsfähigen Böden und problematischen Hanglagen, auf denen nach diesen Vorgaben streng genommen keine Bauplatzeignung erteilt werden dürfte. Eine Versickerung vor Ort kann bei ungünstiger Lagerung des Untergrundes Schichtenwässer oder Hangrutschungen verursachen. Eine Ableitung in diesen Bereichen über die Kanalisation ist aufgrund der oben genannten Vorgaben durch die Holding Graz grundsätzlich nicht erlaubt. Geologische Bodengutachten sind im Ansuchen für eine Bauplatzeignung zwar zu erbringen, jedoch sind darin keine konkreten Vorschläge für eine geeignete Niederschlagswasserbewirtschaftungsform auf den Grundstücken darzustellen.

Des Weiteren führte die Entwicklung der Siedlungsstruktur der Stadt Graz durch ständig steigenden Versiegelungsgrad und zum Teil auch durch Einleitungsverpflichtungen von Niederschlagswasser zu hydraulischen Problemen in der Kanalisation. Daraus resultieren stärkere Oberflächenabflüsse, deren Ableitung eine zunehmende hydraulische Belastung für die bestehende Kanalisation darstellt. Ebenso stellen Hangwässer in den Grazer Randlagen eine besondere Problematik dar, die in den letzten Jahren durch die Zunahme von lokalen Starkregenereignissen zusätzlich verschärft wurde. Hinzu kommt die Ableitung bzw. Durchleitung der Abwässer aus umliegenden Gemeinden, die über das bestehende Kanalsystem der Stadt Graz zur zentralen Abwasserreinigungsanlage nach Graz Gössendorf geleitet werden. Die Abwasserentsorgung der Randlagen in Graz wird zumeist nur durch eine reine Schmutzwasserkanalisation bewerkstelligt. Nur wenige der geologisch bedingten Problembereiche sind im Sinne einer echten Trennkanalisation mit einem parallel errichteten Regenwasserkanal erschlossen. Durch die schlechten Versickerungsbedingungen kommt es speziell in diesen Gebieten durch illegale Fremdwassereinleitungen häufig zu Überlastungen der Schmutzwasserkanäle. All diese Entwicklungen erfordern bei einer vorhandenen hydraulischen Überlastung aufwändige Maßnahmen, um auch in Zukunft die Abwasserabflussmengen aufnehmen und einen entsprechenden Entwässerungskomfort im gesamten Einzugsgebiet gewährleisten zu können.

Durch die Anpassung an den Stand der Technik wird beispielsweise in der Stadt Graz der Bau von zusätzlichen Speichervolumina im Ausmaß von ca. 100.000 m³ im Kanalnetz erforderlich werden, um die Vorgaben des ÖWAV Regelblatt 19 (2007) „Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen“ einhalten zu können. Um diesen neuen

Anforderungen in den Städten gerecht zu werden, setzt die Holding Graz Services – Wasserwirtschaft auf eine Kombination mehrerer Strategien, die kurz- und langfristig zu wirken beginnen. Um so rasch als möglich und für die Umwelt so sicher als möglich eine Verringerung des Schmutzfrachtaustrages in die Oberflächengewässer zu gewährleisten, wurde der Bau eines zentralen Speicherkanals aus einer Variantenuntersuchung als kurzfristige Maßnahme für die Stadt Graz zur Erreichung der Zielvorgaben des ÖWAV Regelblatts 19 ausgewählt. Langfristig kann durch nachhaltige Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung die Ableitung von Niederschlagswasser reduziert werden. Ausgehend von einer detaillierten Problemanalyse in der Stadt Graz werden in der vorliegenden Masterarbeit die generellen Möglichkeiten einer zeitgemäßen Niederschlagswasserbewirtschaftung im urbanen Bereich aufgezeigt. Dies beinhaltet unter anderem auch alternative Lösungen zur Ableitung des Niederschlagswassers in der Kanalisation. Durch Abkopplung bestehender Einleitungen in die Kanalisation und Durchführung einer strategischen Niederschlagswasserbewirtschaftung können die Anforderungen langfristig gewährleistet werden. Kosteneinsparungen können auch bei der Kanalquerschnittsdimensionierung in Neubaugebieten erreicht werden.

Die vorliegende Arbeit weist aber auch auf Probleme hin, die bei der Errichtung und beim Betrieb von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen auftreten können. Bei einer Versickerung in den Untergrund entstehen speziell in Hanglagen Risiken, die schon im Planungsprozess berücksichtigt werden sollten. Es werden deren Auswirkungen und mögliche Lösungsansätze zur Umsetzung von Maßnahmen unter schwierigen Randbedingungen aufgezeigt, die auch in den Grazer Randlagen vorzufinden sind. Die Anreicherung des Grundwasserkörpers mit Niederschlagswasser stellt eine generelle Variante der Bewirtschaftung dar, bei der es aber zu keinen negativen Auswirkungen auf die nähere Umgebung und auf die Qualität des Grundwassers kommen darf. Auch hierfür werden mögliche Risiken aufgezeigt und Empfehlungen zur Vermeidung gegeben. Des Weiteren werden Einsatzgrenzen einzelner Methoden aufgezeigt, die bei der Wahl einer geeigneten Bewirtschaftungsmaßnahme einzuhalten sind. Die recherchierten Anwendungsbereiche der verschiedenen Einflussfaktoren werden klassifiziert und abschließend in einer Entscheidungsmatrix zusammengefasst, um zukünftig ein einfaches Hilfsmittel zur Auswahl möglicher Methoden zur Verfügung zu haben. Damit können unter den vorgegebenen Standortbedingungen einzelne Maßnahmen ausgeschlossen und geeignete Maßnahmen empfohlen werden. Auch für Standorte mit ungünstigen geologischen Randbedingungen, wie z. B. in den Grazer Randlagen, werden Lösungsansätze für Bewirtschaftungsmaßnahmen vorgeschlagen, die ein sicheres und schadloses „Entsorgen“ der anfallenden Niederschlagswässer auf eigenem oder öffentlichem Grundstücken ermöglichen.

Aufbauend auf diesen Überlegungen und Literaturrecherchen wird schließlich nach dem Beispiel der deutschen Emscher Genossenschaft eine digitale Übersichtskarte möglicher Niederschlagswasserbewirtschaftungsarten für ein abgegrenztes Grazer Stadtgebiet entwickelt. Diese Maßnahmenkarte bietet den planenden IngenieurInnen und den EntscheidungsträgerInnen schon in der Planungs- bzw. Einreichphase die Möglichkeit, die lokal vorherrschenden Randbedingungen für eine Niederschlagswasserbewirtschaftung abzuschätzen und generell mögliche Bewirtschaftungsmaßnahmen aufzuzeigen. Daraus können dann grundstücksbezogene Maßnahmen für die anfallenden Niederschlagswässer entwickelt und die optimale Lösung gefunden werden.

2 Grundlagen

2.1 Notwendigkeit der Niederschlagsbewirtschaftung

Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts führten die zunehmenden Bautätigkeiten in Ballungsgebieten und die schnelle Industrialisierung verstärkt zu Überschwemmungen und zusätzlich durch die schlechten sanitären Verhältnisse zum Ausbruch von Epidemien. Um den hygienischen Anforderungen in schnell wachsenden Städten gerecht zu werden, wurde in der Stadtplanung eine systematische Ableitung von häuslichem und gewerblichem Abwasser angestrebt.

Durch den Bau von Kanalisationen und der Entwicklung der Städte bzw. Stadtrandlagen erfolgte, trotz alternativer Lösungen, zumeist ein Anschluss an eine zentrale Kläranlage. Auch die Entwässerung der urbanen Grünflächen erfolgte bei Starkregenereignissen in der Regel durch eine rasche und vollständige Ableitung aller anfallenden Abwässer über das öffentliche Kanalnetz (Geiger, et al., 2009).

Regenwasser gelangt deshalb und aufgrund der fortschreitenden Versiegelung nicht mehr auf natürlichem Weg in den Wasserkreislauf zurück, was langfristige Veränderungen des Boden- und Wasserhaushaltes zur Folge hat. Die verringerte Grundwasserneubildung oder die fehlende Verdunstung sind Beispiele der negativen Auswirkungen auf den Wasserkreislauf, die im folgenden Kapitel näher erläutert werden (DWA-A 138, 2005).

Nach Geiger et al. (2009) belasteten wirtschaftlich dimensionierte Kanalsysteme die Gewässer hydraulisch und stofflich durch toxische Substanzen im Mischwasserabfluss. Darum wurde 1970 bereits eine weitergehende Regenwasserbehandlung in zentralen Kläranlagen zum Schutz der Gewässer mit hohem finanziellem und technischem Aufwand gefordert.

Mit Erlass der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000) hat sich erneut ein Handlungsbedarf zur Reduktion der negativen Auswirkungen von Entlastungssystemen auf die Gewässergüte ergeben. Die Umsetzung im ÖWAV Regelblatt 19 (2007) fordert Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung, wodurch ca. 70 % der enthaltenen biologisch abbaubaren Stoffe der Kläranlage zugeführt werden müssen. Derzeit werden in der Stadt Graz jedoch nur 30 % der anfallenden Stofffrachten zur Kläranlage weitergeleitet (Sprung, 2012). Dadurch wird der Bau großer Regenrückhaltesysteme in den Kanalsystemen von Städten erforderlich, welche die anfallenden Regenwassermengen zwischenspeichern und retendiert zu den Kläranlagen ableiten. Für die Stadt Graz wird zukünftig zum Erreichen dieses Ziels ein zusätzliches Speichervolumen von ca. 100.000 m³ im Kanalsystem erforderlich sein. Neben dem hohen Kostenaufwand für diese Systeme wird dadurch aber das Problem einer negativ beeinflussten Wasserbilanz im Einzugsgebiet nicht verbessert.

Durch weitergehende Stadtentwicklungen müssen Kanalsysteme ständig ausgebaut und bei Bedarf auch neu dimensioniert werden, was in Zukunft zu hohen Investitionskosten führen wird. Eine alternative Lösung zum ständigen Ausbau ist das bestehende Kanalsystem mittels modifizierter Entwässerungsstrategien zu entlasten.

Eine Niederschlagswasserbewirtschaftung nahe am Anfallsort ist durch eine Abkopplung vom Kanalsystem mittels Versickerung oder retendierter Einleitung in dafür geeignete

Oberflächengewässer auch nachträglich noch möglich. Diese Grundsätze entsprechen dem Stand der Technik und sind bei Planung von Entwässerungssystemen einzuhalten (Geiger, et al., 2009).

Gemäß ÖNORM EN 752 (2008) müssen Entwässerungssysteme folgende Ziele unter Beachtung der Investitions- und Betriebskosten anstreben:

- Schutz der menschlichen Gesundheit
- Schutz der Oberflächen- und Grundwässer
- Lokale Anreicherung des Grundwassers
- Sicherstellung des notwendigen Abflussvermögens
- Schutz der Kläranlagen vor hydraulischer Überlastung
- Sicherstellung der Funktionsfähigkeit über die gesamte Nutzungsdauer
- Vermeidung von Geruchsbelästigungen
- Sicherer Betrieb

Bei Einhaltung der wasserwirtschaftlichen Ziele sind nicht oder nur gering verunreinigtes Regenwasser dem natürlichen ober- und unterirdischen Abflussgeschehen, das im folgenden Kapitel beschrieben wird, zuzuführen. Eine Versickerung von Niederschlagswässern führt neben der Anreicherung des Grundwassers auch zu einer hydraulischen Entlastung im Kanalisationssystem und einer Verminderung der Gewässerbeeinträchtigung (ÖWAV-RB 9, 2008).

2.1.1 Naturnaher Umgang mit Regenwasser

Gemäß dem DWA Merkblatt 135 (2007) ist die Planung eines naturnahen Umgangs mit Regenwasser dadurch gekennzeichnet, dass das Gleichgewicht des natürlichen Wasserkreislaufs trotz Bebauung aufrechterhalten bleibt.

Eine Versiegelung ist durch Straßen- und Dachflächen in Siedlungsgebieten immer vorhanden. Eine konzentrierte Sammlung der Abflüsse ist wieder auf größere Flächen zu verteilen. Wenn dies durch beengte Verhältnisse nicht möglich ist, muss mit unterirdischen Methoden oder Rückhaltesystemen bewirtschaftet werden, um eine Versickerung zu ermöglichen. Eine oberirdische Versickerung ist auf eigenem Grundstück anzustreben, sofern die geeigneten, örtlichen Gegebenheiten vorhanden sind. Neben der ober- oder unterirdischen Versickerung können auch gedrosselte Einleitungen in leistungsfähige Oberflächenwässer angestrebt werden, um eine hydraulische Überlastung des Gewässers zu verhindern.

„Jeder Kubikmeter Wasser, der zurückgehalten wird, ist ein Gewinn für die Natur und entschärft die Hochwassersituation“ (DWA-M 153, 2007)

Im Sinne einer möglichst ökologischen und nachhaltigen Siedlungsentwässerung kann ein naturnaher Umgang mit Regenwasser durch verschiedene Maßnahmen erreicht werden.

Einige Beispiele dafür sind:

- Gering verschmutzte Abflüsse von Dächern sind, wenn möglich, an Ort und Stelle über bewachsenen Boden zu versickern.
- Gering verschmutzte Verkehrsflächen mit teildurchlässigen Oberflächen gestalten.
- Niederschlagswasser, welches aufgrund der Bodendurchlässigkeit nicht versickert werden kann, ist zu sammeln und gedrosselt in oberirdische Gewässer abzuleiten.
- Nutzung von Regenwasser für Brauchwasserzwecke.
- In Neubaugebieten können oberirdische Regenwasserbewirtschaftungen als gestalterische Möglichkeiten eingesetzt werden.

2.2 Wasserhaushalt

Regenwasser, das auf die Erde fällt, benetzt zunächst alle Oberflächen, füllt Mulden und wird dann über drei Mechanismen wieder in den Wasserkreislauf zurückgeführt. Auf bewachsenem Boden verdunstet nahezu zwei Drittel des gefallen Niederschlags über den Boden und die Pflanzen. Ein Viertel des gefallen Regens versickert und trägt zur Neubildung des Grundwassers bei. Der kleinste Teil fließt im natürlichen Kreislauf oberflächlich ab (BLFU, 2010).

In der Abbildung 2-1 werden die Auswirkungen der Bodenversiegelung auf diesen drei natürlichen Mechanismen durch schematische Größenverhältnisse der Abflüsse ersichtlich gemacht.

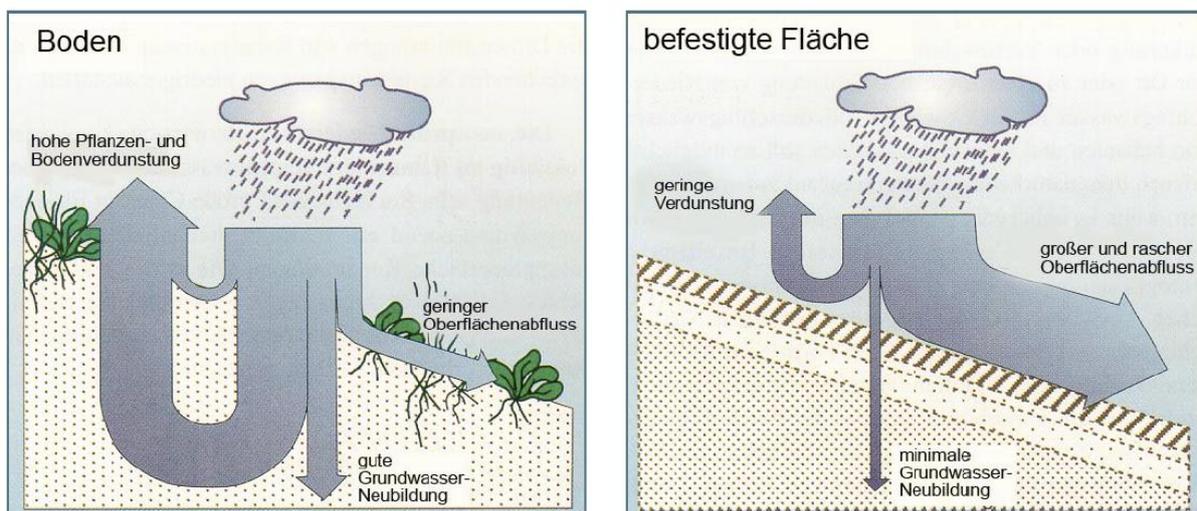
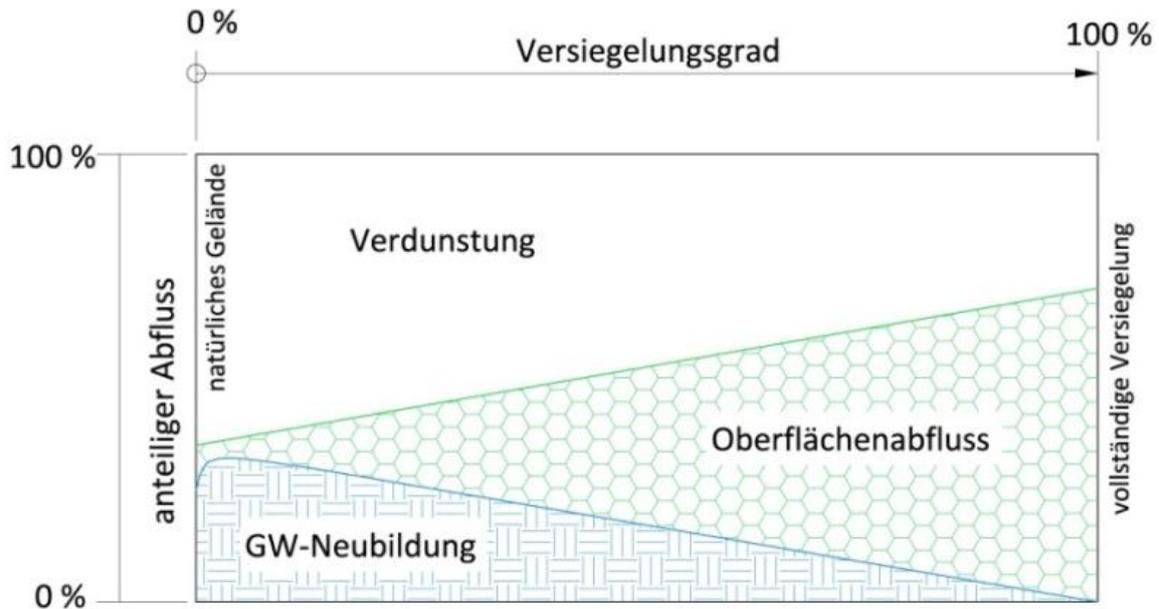


Abbildung 2-1: Wege des Niederschlagswassers (BLFU, 2010)

Im nachfolgend angeführten Diagramm (siehe Abbildung 2-2) werden die Auswirkungen einer zunehmenden Versiegelung in Siedlungen qualitativ dargestellt, von denen Grundaussagen und Zusammenhänge abgeleitet werden können.



**Abbildung 2-2: Wasserbilanz abhängig vom Versiegelungsgrad
(in Anlehnung an DWA-M 153 (2007))**

Durch Bebauung (Gebäude, Umzäunungen der Grundstücke) des bewachsenen Geländes oder Geländekorrekturen wird oftmals der natürliche Lauf des Wassers gestört und von oberirdischen Gewässern abgeschnitten. Somit wird der ursprüngliche Abfluss von diesen Flächen verhindert und kann in flachen Einzugsgebieten nur noch versickern. Dies wirkt sich anfänglich noch positiv auf die Grundwasserneubildung aus. Mit zunehmendem Versiegelungsgrad ist jedoch zu erkennen, dass die Grundwasserneubildung rückläufig wird, was auf undurchlässige Flächen und somit fehlende Versickerung zurückzuführen ist (DWA-M 153, 2007).

Je nach Oberflächenbeschaffenheit variiert nach Herzer (2004) der Anteil der Grundwasserneubildung zwischen 60 % auf der grünen Wiese und 6 % bei einem hohen Versiegelungsgrad von 70 – 90 %. Die Absenkung des Grundwasserspiegels führt zu geringerer Bodenfeuchtigkeit und einer geringeren Verdunstungsrate, wodurch negative Auswirkungen des regionalen Klimas die Folge sind. Ebenso ist ein erhöhter Oberflächenabfluss bei zunehmender Versiegelung zu erwarten.

2.3 Regenwasserabfluss

Als Grundlage für die Menge des Regenwasserabflusses zu Niederschlagsentwässerungssystemen dienen der Bemessungsregen des Entwässerungsortes und die abflusswirksame Gesamtfläche (versiegelte Flächen).

In der ÖN B 2506-1 (2000) wird eine halbgrafische Bemessungsmethode vorgeschlagen, wobei auch ein Verweis auf andere anerkannte Methoden im DWA Arbeitsblatt 138 (2005) enthalten ist, die im Anhang A1 beschrieben werden.

Ein Nachteil der angeführten Bemessungsmethoden besteht darin, dass eine Versickerungsmaßnahme nur bei einem größeren Durchlässigkeitswert von $5 \cdot 10^{-6}$ m/s dimensioniert werden kann. Unter diesem Grenzwert ist ein Nachweis mit Langzeitsimulation zu führen. Ebenso kann ein vernetztes Regenentwässerungssystem mit beispielsweise einem

gedrosselten Abfluss nicht über die vereinfachten Formeln des DWA Arbeitsblatts 138 (2005) berechnet werden.

Der **Bemessungsregen** berücksichtigt die Wiederkehrzeit (Jährlichkeit des Ereignisses), Regendauer und dessen Intensität. Die **Jährlichkeit** ist vom Projektanten entsprechend der Betriebssicherheit gegen Überflutung der Sickeranlage unter Berücksichtigung des Gefahrenpotenzials bei Überflutungen der Sickeranlage vorzunehmen. Dabei ist auf Punkte wie öffentliches Interesse, Schutz der Anrainer und die Gefährdung von Personen und Sachgegenstände Bedacht zu nehmen.

Auf jeden Fall ist ein 5-jährliches Regenereignis ($n=0,2$) der Berechnung zugrunde zu legen. Damit ist ein Regenereignis, das einmal in 5 Jahren zu erwarten ist, ohne Gefahren zu bewerkstelligen. In Fällen mit höheren Schutzanforderungen muss die Jährlichkeit dementsprechend erhöht werden ($n<0,2$) (ÖN B 2506-1, 2000).

In einschlägigen Normen und Regelwerken für Kanalanlagen (EN 752 (2008); ÖWAV Regelblatt 11 (2009); Arbeitsblatt DWA-A 118 (2006)) sind abgestufte Richtwerte der Bemessungshäufigkeiten definiert, die auch bei der Bemessung von Versickerungsanlagen anzuwenden sind (LRG Stmk, 2012).

Dabei beziehen sich die Richtwerte auf jeweils 4 unterschiedliche Nutzungskategorien im Einzugsgebiet, wobei in Anlehnung an das ÖWAV Regelblatt 11 zwischen Bemessung, Überstau und Überflutung unterschieden wird. (siehe Anhang A1). Beispielsweise sind nach dem Leitfaden zur Oberflächenentwässerung (LRG Stmk, 2012) folgende Schäden bei Überflutungsereignisse im jeweiligen Gebiet zu erwarten, wobei eine bestimmte Wahrscheinlichkeit der Überschreitung pro Jahr akzeptiert wird:

- Ländliche Gebiete: Eindringen von Wasser in Einfamilienhäuser, Schäden in einzelnen Kellern
- Wohngebiete: Zusätzliches Eindringen von Wasser in Wohnblöcke, Schäden bei mehreren Hausparteien
- Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete: Beeinträchtigung von Gewerbebetrieben, Produktionsausfall
- Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen mit zentraler Bedeutung: Lebensgefahr für Benutzer der Anlagen, Arbeitszeitausfälle durch Umleitung oder fehlender Verkehrsmöglichkeit

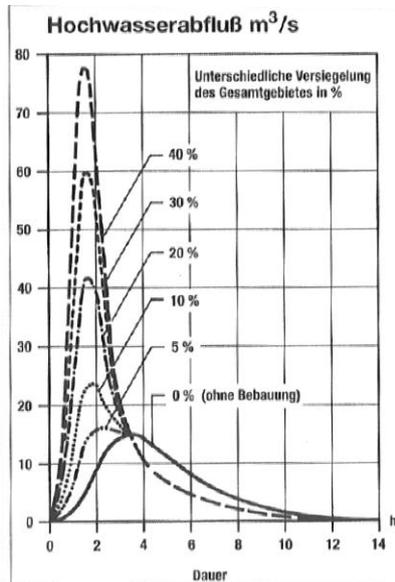
Regenwasserkanäle sind in der Regel auf Extremereignisse zu bemessen, bei denen ein schadfreies Ableiten der angeschlossenen, abflusswirksamen Flächen bzw. der Schmutzwasserabflüsse gewährleistet werden kann. Um die Bemessung wirtschaftlich auszulegen, werden auch Überflutungen oder Vernässungen von Kellerräumen zugelassen.

Hochwasserbildung durch erhöhten Abfluss

Neben Dimensionierung der Anlagen wird der Bemessungsregen auch zur Bestimmung des Oberflächenabflusses herangezogen. Mit zunehmender Versiegelung und raschem Abfluss der Niederschlagswässer entstehen zusätzliche Probleme durch Hochwasserabflussspitzen.

Durch Umsetzung der europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie werden drei Handlungsfelder benannt, die diesen Problemen entgegenwirken (Röttcher , 2011). Die

Betätigungsbereiche umfassen den technischen Hochwasserschutz, die Hochwasservorsorge sowie das Hochwasserflächenmanagement. Letzteres beinhaltet dezentrale Maßnahmen, die auch den Bereich der Regenwasserbewirtschaftung bzw. Retentionsräume inkludieren.



Aus fehlender Versickerung und verringerter Verdunstung resultiert ein hoher Anteil an Oberflächenabflüssen. Die Hochwasserabflüsse werden durch die direkte Zuleitung der Abflüsse von versiegelten Oberflächen stark erhöht. In der Abbildung 2-3 wird das Verhältnis zwischen Hochwasserabflussschwelle und dem Grad der Versiegelung dargestellt.

Abbildung 2-3: Hochwasserabflussschwelle abhängig vom Versiegelungsgrad (Geiger, et al., 2009)

Auswirkungen auf das kleinräumige Klima sind nach Röttchen (2011) bisher noch nicht ausreichend erforscht. Es wird jedoch erwähnt, dass die Hochwassergefahr durch stärkere Niederschläge im Winter und vermehrten Starkregenereignisse im Sommer ansteigt. Dadurch werden zukünftig Maßnahmen, beispielsweise durch Versickerung, die auch den Wasserhaushalt stärken, eine größere Bedeutung zukommen.

Zusammenfassend lassen sich bei einer Bebauung eines bewachsenen Gebietes folgende Auswirkungen ableiten (Geiger, et al., 2009):

- Durch die geringe Grundwasserneubildung sinken die Niedrigwasserstände der Fließgewässer, was große Auswirkungen auf die Morphologie der Fließgewässer hat.
- Hochwasserabflussspitzen werden durch verringerten Speichereffekt im Einzugsgebiet erhöht und der Abfluss beschleunigt.
- Durch die geringe Verdunstung und geringe Bodenfeuchte wird das Kleinklima verändert. Es kommt zu extremen Temperaturschwankungen und zu Staubentwicklungen.

2.4 Versickerung im Boden

Das Porensystem bestimmt die Wasserbewegung im Boden und somit die Versickerungsleistung eines Untergrundes. In Verbindung mit Wasser werden wasserungesättigte und gesättigte Bereiche des Bodens unterschieden.

Im gesättigten Zustand sind alle Poren mit Wasser gefüllt, wohingegen im wasserungesättigten Zustand ein Dreiphasensystem (siehe Abbildung 2-4) vorherrscht, das aus festen Partikeln, Bodenwasser und Bodenluft besteht.

Je nach Bindung des Wassers ist nach folgender Einteilung zu unterscheiden (Geiger, et al., 2009):

- Sickerwasser: Unterirdisches Wasser, das sich durch Schwerkraft abwärts bewegt.
- Haftwasser: Gegen die Schwerkraft gehaltenes Wasser im Boden.
 - Adsorptionswasser: Teil des Haftwassers, das an Bodenpartikel angelagert ist ohne Menisken (eine Wölbung an der Oberfläche einer Flüssigkeit) zu bilden.
 - Kapillarwasser: Teil des Haftwassers, der durch Menisken an den Grenzflächen Wasser-Boden-Luft gehalten wird.

Die Menge an Wasser, die in das Grundwasser versickert bzw. im Bodenspeicher bleibt, hängt primär von folgenden Kennwerten des anstehenden Untergrunds ab:

- Porengröße
- Kontinuität
- Porenform
- Porenanzahl
- Geometrie der Porenkanäle
- Flurabstand zum Grundwasser

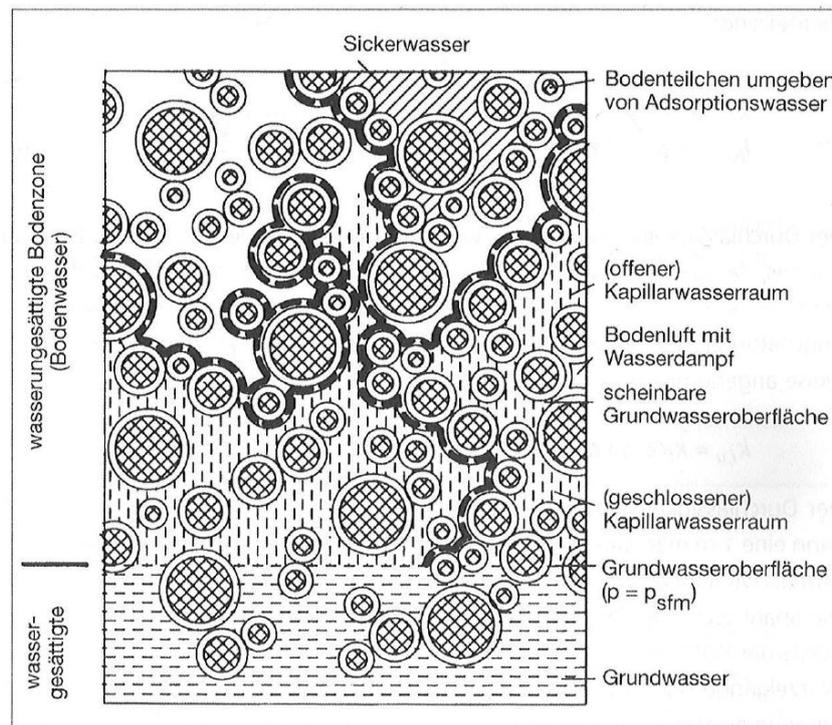


Abbildung 2-4: Dreiphasensystem des Bodens (Geiger, et al., 2009)

2.4.1 Wasserbewegung im Boden

Die Sickergeschwindigkeit in Böden hängt vom hydraulischen Gefälle und der jeweiligen Durchlässigkeit ab. Über die Gleichung von Darcy können stationäre Strömungen in teilweise und voll wassergesättigten Böden bestimmt werden (Geiger, et al., 2009).

$$v_f = k_f \cdot I_{hy} \quad \text{Gleichung 2-1}$$

v_f Filtergeschwindigkeit der gesättigten Zone (m/s)

k_f Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) der gesättigten Zone (m/s)

I_{hy} hydraulisches Gefälle (m/m)

Bei wassergesättigten Böden ist der Durchlässigkeitsbeiwert höher als bei nicht gesättigten Böden, da alle Poren an der Wasserbewegung beteiligt sind. Deshalb kann bei der Bemessung für den ungesättigten Zustand des Bodens ein kleinerer Durchlässigkeitsbeiwert $k_{f,u}$ angenommen werden. Dies ist wesentlich, da die k_f -Werte in der Literatur meist für wassergesättigte Böden angegeben werden (Geiger, et al., 2009).

$$k_{f,u} = k_f/2 \quad \text{Gleichung 2-2}$$

Typische Durchlässigkeitsbeiwerte bzw. Sickergeschwindigkeiten sind für einige Bodenarten in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 2-1: Bodenkennwerte (ÖN B 2506-1, 2000)

Bodenart	k_f (m/s)	v_f (mm/min ¹)
Kies	10^{-1} bis 10^{-3}	6000 bis 60
sandiger Kies	10^{-3} bis 10^{-4}	60 bis 6
Mittelsand	10^{-3} bis 10^{-5}	60 bis 0,6
Humus	10^{-3} bis 10^{-6}	60 bis 0,06
schluffiger Sand	10^{-5} bis 10^{-7}	0,6 bis 0,006
Schluff	10^{-6} bis 10^{-9}	0,06 bis 0,000 06
toniger Schluff	10^{-7} bis 10^{-11}	0,006 bis 0,000 000 6
¹) 1 mm/min entspricht 1l/ (min.m ²)		

Laut Geiger et al. (2009) können Durchlässigkeitsbeiwert nicht nur auf die Körnung des Bodens zurückgeführt werden, sondern sind auch von Sekundärporen (Wurmgänge, Wurzelfänge oder Schrumpfungsrissen) abhängig sein. Dadurch kann der Durchlässigkeitsbeiwert durch eine hohe Anzahl an Sekundärporen von den Richtwerten auch stark abweichen.

2.5 Entwässerungssysteme

Abzuführende Abwässer in konventionellen Entwässerungssystemen setzen sich aus folgenden Anteilen gemäß den Begriffsbestimmungen nach ÖNORM EN 752 (2008) zusammen:

- Schmutzwasser Q_s

ist ein durch Gebrauch verändertes und in ein Entwässerungssystem eingeleitetes Wasser. Die Menge ergibt sich aus der Summe des

- häuslichen Q_H (Schmutzwasser aus Küchen, Wäscheräumen, Waschbecken, Badezimmern, Toiletten und ähnlichen Einrichtungen)
- und betrieblichen Q_G (Schmutzwasser, ganz oder teilweise aus Industrie- oder Gewerbebetrieben) Schmutzwassers.

$$Q_S = Q_H + Q_G$$

Gleichung 2-3

- Fremdwasser Q_F

unerwünschter Abfluss in einem Entwässerungssystem, der sich in folgende Anteile aufteilt:

- Unerwünschter Fremdwasserabfluss bei Trockenwetter Q_F
- Unvermeidbarer Regenwasserabfluss im Schmutzwasserkanal von Trenngebieten $Q_{R,Tr}$

- Regenabfluss (Regenwasserabfluss) Q_R

Niederschlagswasser, das auf einer Oberfläche in ein Entwässerungssystem oder einen Vorfluter abfließt.

Bei Einleitung von Niederschlagswässern in bestehende Kanäle müssen Nachweisrechnungen unter Einhaltung der vorgegebenen Überlastungshäufigkeiten durchgeführt werden. Aufgrund einer „schleichend“ zunehmenden Versiegelung im Einzugsgebiet kann eine Neuauslegung der bestehenden Kanalsysteme bei Bedarf erforderlich sein (Sieker, et al., 2006).

Die folgenden Kapitel beschreiben die unterschiedlichen Entwässerungsstrategien, die im ÖWAV Regelblatt 9 (2008) beschrieben sind und werden durch Abbildungen schematisch dargestellt.

2.5.1 Mischsystem

Bei dieser Entwässerungsstrategie werden alle anfallenden Abwässer gefasst und gemeinsam in einem Kanalquerschnitt abgeleitet. Die hydraulische Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems ist zumeist durch die Kläranlage begrenzt, die in der Regel auf eine hydraulische Belastung mit der 2-fachen maximalen Trockenwettermenge ausgelegt ist.

Bei Starkregen kommt jedoch ein Vielfaches des Trockenwetterabflusses bei der Kläranlage an, was die Anordnung von großen Retentionsbauwerken zur Folge hat. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn kein oder nur ein schwacher Vorfluter im Einzugsgebiet vorhanden ist, der nur geringe Entlastungsmengen aus Mischwasserentlastungen verträgt.

Bei reinen Mischwasserkanälen werden sowohl behandlungsbedürftige als auch nicht behandlungsbedürftige Regenwasserabflüsse mit dem Schmutzwasserabfluss vermischt.

Eine Vorbehandlung des verschmutzten Regenwassers wird am Ort des Entstehens empfohlen. Zur Vermeidung von hydraulischen Überlastungen des Kanalsystems sollte das Regenwasser zwischengespeichert und gedrosselt in die Kanalisation eingeleitet werden (ÖWAV-RB 9, 2008).

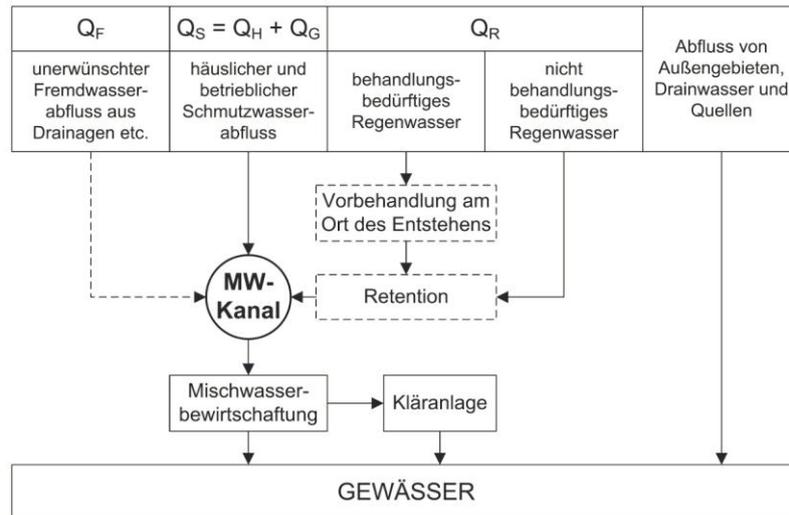


Abbildung 2-5: schematische Darstellung des Mischsystems (ÖWAV-RB 9, 2008)

2.5.2 Trennsystem

Dieses System besteht aus zwei getrennten Abflusssystemen und führt sämtliche Schmutzwässer in einem eigenen Kanal ab. Das Schmutzwasser wird zur Behandlung einer Kläranlage zugeführt, wohingegen der Regenwasserabfluss gedrosselt in ein geeignetes Gewässer eingeleitet wird.

Unverschmutztes Regenwasser darf nicht in den Schmutzwasserkanal eingeleitet werden. Auch verschmutzte Regenwässer sind möglichst vor Ort zu behandeln und über den Regenwasserkanal abzuführen.

Eine Verdünnung des Schmutzwassers ist nur durch unerwünschtes Fremdwasser ($Q_{R,Tr}$ oder auch Q_F) gegeben, was sich negativ auf die Reinigungsleistung von Kläranlagen auswirken kann (ÖWAV-RB 9, 2008).

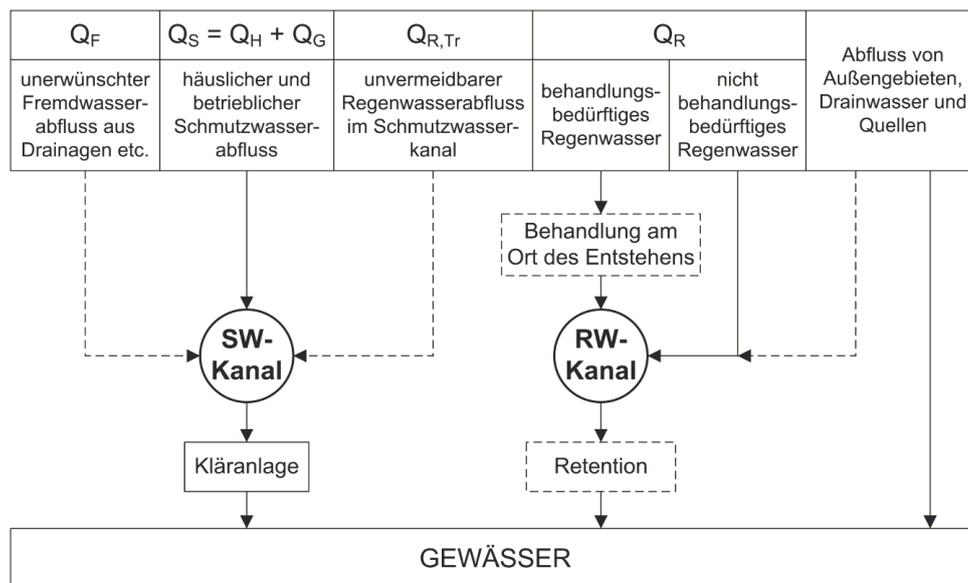


Abbildung 2-6: Trennsystem (ÖWAV-RB 9, 2008)

2.5.3 Modifizierte Systeme

Durch die Versickerung von Regenwasser wird den modifizierten Systemen im ÖWAV Regelblatt 9 (2008) ein positiver Effekt zugeschrieben. Aus Sicht des Gewässerschutzes ist, bei der Planung, diesen Systemen der Vorzug zu geben. Für die Ableitung von Regenwasser enthält das ÖWAV-Regelblatt 35 (2003) Empfehlungen zur mengen- und gütemäßigen Behandlung.

Im Vergleich zu herkömmlichen Systemen besteht der Vorteil vor allem in einem besseren Gewässerschutz. Andererseits verringern sich auch die Kosten für die Herstellung, da in Gebieten mit Versickerung oder Ableitung des Regenwassers in ein oberirdisches Gewässer nur ein Schmutzwasserkanal erforderlich ist.

Modifiziertes Mischsystem

Im modifizierten Mischsystem wird nur das behandlungsbedürftige Regenwasser in den Mischwasserkanal gedrosselt eingeleitet. Nicht verschmutzte Niederschlagswässer werden vor Ort oder nach Ableitung über eine Oberflächenpassage versickert oder zur anderwärtigen Nutzung herangezogen. Durch örtliche Randbedingungen kann als Alternative auch eine gedrosselte Ableitung in ein Gewässer erfolgen.

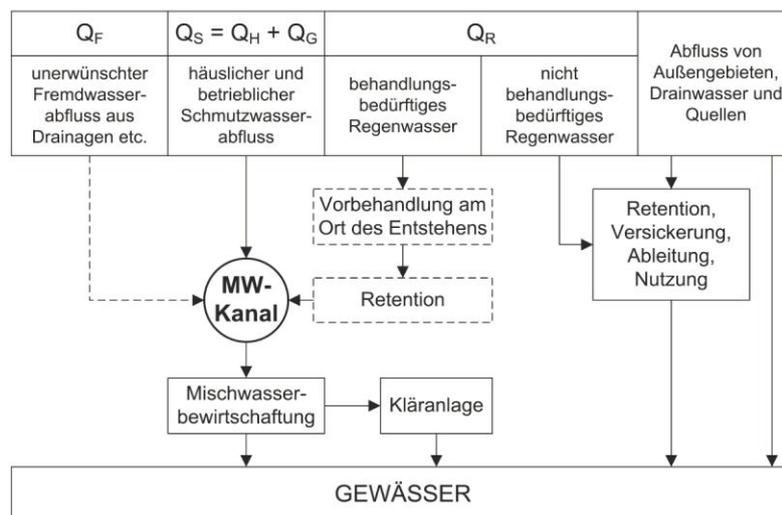


Abbildung 2-7: Modifiziertes Mischsystem (ÖWAV-RB 9, 2008)

Modifiziertes Trennsystem

Hier wird versucht nicht verschmutzte und verschmutzte Niederschlagswässer zu trennen. Nicht behandlungsbedürftige Abflüsse können anschließend versickert, genutzt oder gedrosselt in den Regenwasserkanal bzw. ein Gewässer eingeleitet werden.

Die verschmutzten Niederschlagswässer müssen vor Ort (besser in einer zentralen Vorbehandlung) zurückgehalten und von Schmutzstoffen getrennt werden. Danach kann das Niederschlagswasser in einen geeigneten Vorfluter abgeleitet werden.

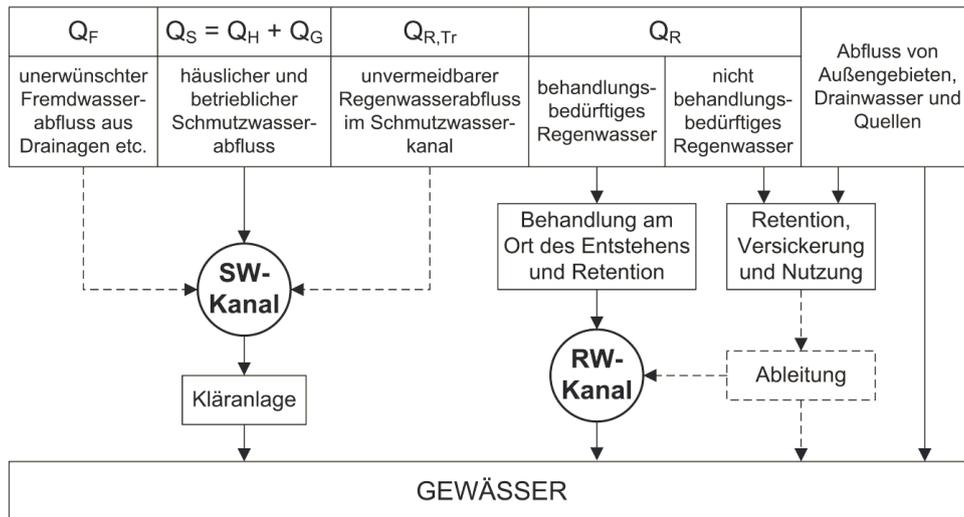


Abbildung 2-8: schematische Darstellung des modifizierten Trennsystems (ÖWAV-RB 9, 2008)

2.5.4 Vergleich zu deutschen Entwässerungssystemen

In der Regel werden in Deutschland dieselben Systeme wie in Österreich verwendet. Dabei können Schmutzwasserkanäle gesondert in Freispiegelabfluss, Druckentwässerung oder Unterdruckentwässerung unterteilt werden, auf die in dieser Arbeit nicht eingegangen wird. Im deutschen Regelwerk ATV-A 200 (1997) wird neben den konventionellen Systemen auf die Verbringung des Niederschlagswassers eingegangen.

Bei der Niederschlagswasserentsorgung wird zwischen nicht – und behandlungsbedürftigen Abflüssen unterschieden, wobei in der Regel gering verschmutzte Regenwasserabflüsse durch geeignete Maßnahmen am Ort des Entstehens zu bewirtschaften sind (ATV-A 200, 1997).

Nicht behandelndürftige Niederschlagswasser

Die Entsorgung setzt sich hierbei aus Rückhaltung, Versickerung und Ableitung zusammen, wobei häufig Kombinationen dieser Methoden zur Anwendung kommen.

Zur Rückhaltung werden natürliche oder künstliche Retentionsmaßnahmen erwähnt, die vor Einleitung in ein Gewässer oder in eine Versickerungsanlage erforderlich sind.

Bei Versickerungsmaßnahmen ist eine ausreichende Reinigungsleistung über belebte Oberbodenpassagen anzustreben. Bei der Versickerung können Einzelmaßnahmen oder Maßnahmen in größeren Einzugsgebieten verstanden werden.

Bei Versickerung auf Privatgrundstücken ist von **dezentralen** Maßnahmen die Rede und ist abhängig von den örtlichen Begebenheiten bzw. der Flächenverfügbarkeit. Die Umsetzbarkeit dieser Maßnahmen hängt in der Regel von der Akzeptanz der Eigentümer ab, da die Pflege und Wartung für die Funktionstüchtigkeit und lange Nutzungsdauer der Anlagen von großer Bedeutung sind.

Sind dezentrale Versickerungsmaßnahmen nicht anwendbar, sind **zentrale** Versickerungsmaßnahmen in Betracht zu ziehen. Niederschlagsabflüsse werden, wenn möglich, über offene Gerinne zu einer zentralen Versickerungsanlage geführt, die ein großes Einzugs-

gebiet erfasst. Lassen vorhandene Untergrundverhältnisse eine Versickerung nicht zu, und ist ein Gewässer in der Nähe, wird eine retendierte Ableitung empfohlen.

2.5.5 Bewertung von Regenwasserableitungen

Trennsystem

Dieses System bietet gegenüber der Ableitung im Mischsystem den großen Vorteil, dass nur behandlungsbedürftige Schmutzwasserabflüsse der Kläranlage zugeführt werden.

Der Nachteil des konventionellen Trennsystems besteht darin, dass zwei Rohrsysteme gebaut und erhalten werden müssen. Die Leitungen werden meist nebeneinander, aber in unterschiedlichen Höhenlagen verlegt. Die Schmutzwasserleitung kann tiefer errichtet werden, um Kellerräume ohne Pumpwerk anzuschließen. Hingegen kann die Regenwasserleitung höher verlegt werden, wodurch die Herstellungskosten verringert und somit Bau- und Betriebskosten von Pumpensystemen eingespart werden (Sieker, et al., 2006).

Mischsystem

Im Vergleich zum Trennsystem werden problematische Fehlanlüsse vermieden. Außerdem können durch Bau von nur einer Trasse enge Straßenverhältnisse leichter überwunden werden.

Generell sind Schmutzwasserabflüsse im Verhältnis zu Bemessungsregenabflüsse mit ca. 1:200 bis 1:100 sehr gering. In Trockenphasen existiert ein relativ schwacher Schmutzwasserabfluss, der bei Kanalisationen mit geringem Gefälle zu Schmutzablagerungen führen kann (Sieker, et al., 2006). Durch geeignete Profilwahl, oft mit eigener Schmutzwasserrinne, glatten Oberflächen und der Tatsache, dass Regenereignisse einen regelmäßigen Spüleffekt haben, wird dieser Problematik entgegengewirkt. Ein weiteres Problem dieses Systems bilden die notwendigen Entlastungsbauwerke, die durch verunreinigte Abflüsse eine Belastung der Gewässer darstellen.

Um Mischwasserüberlaufereignisse zu vermeiden bzw. zu verringern, wurde in Österreich mit dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) die Anforderung eines Wirkungsgrades der Weiterleitung definiert. Dafür kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz, die in den folgenden Punkten zusammengefasst sind (Sieker, et al., 2006):

- Bau und Nachweis von Speichervolumina

Durch die Anwendung des Regelblatts 19 (2007) ist in Mischwasserkanälen ein ausreichender Speicher nachzuweisen. Um diese quantitativen Anforderungen zu erfüllen, werden Stauraumkanäle oder Speicherbecken errichtet.

- Abflusssteuerungsmaßnahmen

Durch Einbau von Schiebern, intermittierend geschalteten Pumpwerke und ähnliche Regeleinrichtungen wird das Netz zeitweise kontrolliert eingestaut, damit das gesamte Volumen der Kanalisation aktiviert und ausgenutzt werden kann. Durch rechtzeitiges Öffnen der Regeleinrichtungen können Überstauungs- und Überflutungsereignisse vermieden werden.

- Erhöhung der Kläranlagenzuflüsse

Die derzeitige Einschränkung des zweifachen Trockenwetterabflusses ist durch den Ausgleich der möglichen Reinigungsschwankungen definiert. Nach Sieker et al. (2006) ist eine temporäre Erhöhung der Regenwetterzuflüsse bis auf das Vierfache des Trockenwetterabflusses möglich.

- Bodenfilterbecken

Diese können zur Reinigung und Speicherung von Mischwasserabflüssen herangezogen werden, wobei jedoch eine Vorreinigung mittels Feinrechen oder Rechen und Sedimentationsbecken erforderlich ist, um grobe, absetzbare Stoffe zu entfernen.

- Reduktion der Mischwasserüberläufe durch dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

Dies kann durch eine weitgehende Entkoppelung der Regen- und Schmutzwasserabflüsse bereits vor ihrer Vereinigung zu Mischwasser erreicht werden. Damit können diese bereits am Ort des Entstehens, also dezentral, getrennt vom Schmutzwasser bewirtschaftet werden.

2.6 Qualität von Niederschlagswässer

Für alle Niederschlagswassermaßnahmen ist es wesentlich, verunreinigte Regenwasserabflüsse je nach vorhandener Qualität vorzubehandeln. Der Grad der Verschmutzung wird nach Flächennutzung im ÖWAV Regelblatt 35 (2003) kategorisiert.

2.6.1 Schadstoffanteile aus der Umgebung

Der Schadstoffanteil befestigter Flächen setzt sich aus mehreren Faktoren zusammen. Eine genaue rechnerische Erfassung der Belastung eines Regenwasserabflusses ist nur mit einem verhältnismäßig großen Aufwand möglich. Deshalb wird im Planungsstadium auf Richtwerte zurückgegriffen, aus denen sich eine erforderliche Niederschlagsbehandlung ableitet. Nach dem Merkblatt DWA-M 153 (2007) sind folgende Einflüsse aus der Umgebung zu berücksichtigen:

- Einstufung der Gewässer

Je nach Vorfluter wirkt sich eine Regenwassereinleitung unterschiedlich auf die stoffliche und hydraulische Belastung aus, wodurch spezifische Untersuchungen der betroffenen Gewässer notwendig werden.

- Einflüsse aus der Luft

Je nach örtlicher Situation können Verschmutzungen in partikulärer Form (Staub, Ruß,...) oder in gelöster („saurer Regen“) Form vorkommen.

- Verschmutzung der Oberflächen

Abhängig von der Art der Nutzung werden im ÖWAV Regelblatt 35 (2003) mittlere Konzentrationen bzw. Schadstoffbelastungen nach unterschiedlicher Herkunft angegeben.

2.6.2 Einteilung in Flächentypen

2.6.2.1 Vergleich zu Deutschland

Im Gegensatz zur österreichischen Klassifizierung werden im DWA Arbeitsblatt-A 138 (2005) die Niederschlagsabflüsse in drei Kategorien eingeteilt, die sich durch Stoffkonzentration und Grundwasserbeeinflussung unterscheiden.

- Unbedenklich

Hier werden die geringen Anteile der Stoffkonzentrationen über die ungesättigten Zonen gefiltert, wodurch keine Beeinträchtigung des Grundwassers zu erwarten ist.

- Tolerierbar

Diese Niederschlagswässer können erst nach geeigneter Vorbehandlung, je nach Aufenthaltszeit im Sickerraum, versickert werden. Beispielsweise kann eine Versickerung durch bewachsene Oberbodenpassagen ausreichend sein.

- Nicht tolerierbar

Diese können aufgrund der Stoffkonzentrationen nur in einen Kanal eingeleitet oder nach einer geeigneten Vorbehandlung versickert werden.

2.6.2.2 Klassifizierung der Flächentypen in Österreich

Abhängig von der Herkunftsfläche und den auftretenden Verschmutzungen werden die Niederschlagsabflüsse gemäß der Gliederung des ÖWAV-Regelblattes 35 (2003) definiert und in der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

2.6.3 Eignung der Niederschlagsabflüsse zur Versickerung

Gemäß dem ÖWAV Regelblatt 35 (2003) sind in Österreich die Anforderungen an Versickerungsmaßnahmen nach dem vorhandenen, zu entwässernden Flächentyp (Kategorisierung siehe Pkt. 2.6.2) definiert. Diese werden in der Tabelle 2-3 dargestellt und berücksichtigen Auswirkungen aus stofflicher Belastung und Beeinflussung des Grundwassers.

Gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005) sind aus Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes die Durchlässigkeit, Mächtigkeit, sowie die chemische, physikalische oder biologische Leistungsfähigkeit des Sickerraumes von großer Bedeutung. Die Leistungsfähigkeit der Reinigung durch einen Sickerraum in Bezug auf Stoffrückhalt wird durch physikalisch-chemische und biologische Abbauprozesse bestimmt. Die Filtrationsprozesse hängen vorwiegend von der Korngröße des Bodens und vom vorhandenen pH-Wert-Bereich (am Effektivsten zwischen 6 und 8) ab.

Tabelle 2-2: Kategorisierung der Flächentypen (ÖWAV-RB 35, 2003)

Flächentyp	Art der Fläche
F1	Dachflächen, normal verschmutzt, mit üblichen Anteilen an unbeschichteten Installationen aus Cu, Zn und Pb (< 5-10 % der Gesamtfläche)
F2	Rad- und Gehwege. Hofflächen und Parkplätze für PKW ohne häufigen Fahrzeugwechsel in Wohngebieten und mit diesen vergleichbaren Gewerbegebieten, saisonal genutzte Parkplätze (z.B. Badeteiche) mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) bis 500 Kfz/24 h. Straßen mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) bis 500 Kfz/24h (Wohnstraßen).
F3	Straßen mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) von 500 bis 15.000 Kfz/24h. Parkplätze für PKW ohne häufigen Fahrzeugwechsel, die nicht dem Typ F2 zugeordnet werden können. Park- und Stellflächen für LKW, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Emissionen aus den Fahrzeugen (zB. Verluste von Treib- und Schmierstoffen, Frostschutzmitteln, Flüssigkeiten aus Brems- oder Klimatisierungssystemen etc.) mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Betriebliche Verkehrsflächen, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Ladegutverlust oder Manipulation (Tätigkeiten auf diesen Flächen) mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.
F4	Dachflächen mit erhöhten Anteilen an unbeschichteten Eindeckungen und Installationen aus Cu, Zn und Pb, wenn bei Versickerungsanlagen $A_{\text{Metall}} > 50 \text{ m}^2$ und bei Einleitungen in Oberflächengewässer $A_{\text{Metall}} > 500 \text{ m}^2$ ist. Parkplätze für PKW mit häufigem Fahrzeugwechsel (zB. Einkaufszentren). Straßen mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) über 15.000 Kfz/24h (Straßen mit in der Regel mehr als zwei Fahrspuren) und überregionale Hauptverkehrsstraßen unabhängig vom Verkehrsaufkommen. Straßen, Plätze und Hofflächen mit starker Verschmutzung z.B. durch Landwirtschaft, Fuhrunternehmen, Reiterhöfe und Märkte.
F5	Park- und Stellplätze für LKW mit häufigem Fahrzeugwechsel, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Emissionen aus den Fahrzeugen nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Betriebliche Verkehrsflächen, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Ladegutverlust oder Manipulation (Tätigkeiten auf diesen Flächen) nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.

Tabelle 2-3: Anforderungen an die Versickerung (ÖWAV-RB 35, 2003)

Flächentyp	Anforderungen
F1	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist anzustreben; die unterirdische Versickerung ohne Oberbodenpassage gilt aber als unbedenklich.
F2	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist anzustreben. Die unterirdische Versickerung ohne Oberbodenpassage kann in Ausnahmefällen toleriert werden, wenn auf Grund der Untergrundverhältnisse eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu erwarten ist und eine geeignete Vorreinigung (z.B. Schlammfänge, Adsorptionsfilter(matten)) ausgeführt wird. Die Flächenversickerung über durchlässige Beläge ist in der Regel zulässig.
F3	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist in der Regel zulässig und anzustreben. Die Flächenversickerung über durchlässige Beläge ist in Ausnahmefällen zulässig, wenn auf Grund der Untergrundverhältnisse eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu erwarten ist.
F4	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist in der Regel zulässig und anzustreben. Eine Vorbehandlung vor der Versickerungsanlage ist in der Regel erforderlich. Die Versickerungsleistung ist unabhängig von der Durchlässigkeit (k_f -Wert) des verwendeten Bodens höchstens mit 10^{-5} m/s (= 0,6 mm/min) anzusetzen.
F5	Die Versickerung ist in der Regel nur mit Vorbehandlung vor der Versickerungsanlage mit anschließender Kontrollmöglichkeit zulässig.

3 Rechtliche Grundlagen

In diesem Kapitel werden die wasserrechtlichen Vorgaben, die bei Errichtung von Niederschlagsbewirtschaftungsanlagen von Bedeutung sind, näher beschrieben. Dabei wird zuerst auf die Rahmenrichtlinien der Europäischen Union eingegangen. In weiterer Folge werden Gesetze und Verordnungen auf Bundes- sowie Landesebene erläutert. Kommunale Vorschriften und Regelungen werden am Beispiel der Stadt Graz beschrieben.

3.1 Gesetzliche Vorgaben

3.1.1 Wasserrahmenrichtlinie - EU-WRRL (2000)

Im Artikel 1 werden die Ziele dieser Richtlinie definiert, die einen Ordnungsrahmen zum Schutz von Oberflächengewässern, Grundwasser einschließlich der Meere definieren.

Nach Artikel 1 Abs. a) ist eine Vermeidung einer Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands von Ökosystemen im Hinblick auf deren Wasserhaushalt anzustreben. Somit ist die Maßnahme einer Versickerung von Regenwasserabflüssen gemäß dem natürlichen Wasserhaushalt anzustreben und der Versiegelung bzw. dem Bau von konventionellen Abflusssystemen vorzuziehen.

Bei der anzustrebenden Anreicherung des Grundwassers ist nach Artikel 1 Abs. d) eine Verschmutzung des Grundwassers zu verhindern.

Als konkretes Umweltziel wird innerhalb von 15 Jahren ein „guter ökologischer und chemischer Zustand“ der Oberflächengewässer und des Grundwassers gefordert.

Im Artikel 4 der EU-WRRL werden Anforderungen an die Mitgliedsstaaten zur Überwachung angeführt, um die Ziele zu verfolgen. Im Anhang V werden die Begrifflichkeiten zur Einhaltung eines „guten chemischen Zustands“ und „mengenmäßigen Zustands“ des Grundwassers bzw. „guten chemischen und ökologischen Zustand von Oberflächengewässern“ mit Parametern definiert.

3.1.2 Wasserrechtsgesetz (1959)

Dieses Bundesgesetz bildet die Grundlage für alle wasserrechtlichen Bewilligungsbescheide und Verordnungen.

Nach dem Wasserrechtsgesetz werden öffentliche und private Gewässer unterschieden, wobei Privatgewässer nach § 3 Abs. 1 (WRG, 1959), wenn nicht andere erworbene Rechte vorliegen, dem Grundeigentümer gehören. Zu diesen zählen auch unterirdische Wasservorkommen (Grundwasser) und aus einem Grundstück zutage quellendes Wasser, aber auch auf einem Grundstück gesammelte Wässer aus atmosphärischen Niederschlägen.

Bauliche Anlagen zur Speicherung oder Ableitung von Niederschlagswässern sind gemäß der Leitlinie zur Oberflächenentwässerung (LRG Stmk, 2012) in der Regel als Schutz- und Regulierungswasserbauten (an Privatgewässern) anzusehen. Daraus abgeleitet unterliegen sie der Bewilligungspflicht nach dem Wasserrechtsgesetz, wenn der Lauf, die Höhe des Wassers oder die Beschaffenheit öffentlicher oder fremder privater Gewässer beeinflusst werden (§ 41 Abs. 2 WRG). Das Ausmaß der wasserrechtlichen Bewilligung ist in Bezug auf die Beeinträchtigung öffentlicher Interessen und Verletzung bestehender Rechte auszulegen

(§ 12 Abs. 1 WRG). Dabei ist besonders auf nicht bewilligungspflichtige Grundwassernutzungen für den eigenen Gebrauch in der näheren Umgebung zu achten.

Laut § 30 Abs. 1 des Wasserrechtsgesetzes (1959) werden Ziele einer nachhaltigen Bewirtschaftung insbesondere durch den Schutz und die Reinhaltung der Gewässer definiert, die eine weitere Verschlechterung vermeidet, sowie das aquatische Ökosystem verbessern soll.

Daraus abgeleitet ist es wesentlich für Versickerungsmaßnahmen, dass die Qualität des Grundwassers ständig Trinkwasserqualität aufweisen soll und somit eine Verschmutzung durch Einleitung von verschmutzten Sickerwässern verhindert werden muss. Bei der Einleitung in ein Oberflächengewässer gilt es ebenso, die vorgegebenen Grenzwerte einzuhalten, um den „guten ökologischen und chemischen Zustand“ zu erhalten bzw. zu erreichen.

Insbesondere bedürfen nach § 30 Abs. 2 (c) Maßnahmen einer Bewilligung, die durch Versickerung von Stoffen das Grundwasser verunreinigen können. Gemäß dem Wasserrechtsgesetz (1959) § 32 Abs. 1 sind Maßnahmen bewilligungspflichtig, sofern Einwirkungen auf Gewässer mittel- oder unmittelbar deren Beschaffenheit beeinträchtigen. Lediglich geringfügige Beeinflussungen, wie der Gemeindegebrauch, gelten bis zum Beweis des Gegenteils nicht als Einwirkung und sind daher nicht bewilligungspflichtig.

Für Einleitungen in die öffentliche Kanalisation sind gemäß § 32 lit. b Wasserrechtsgesetz 1959 Emissionsbegrenzungen der Allgemeinen oder branchenspezifischen Abwasseremissionsverordnungen in der jeweils geltenden Fassung einzuhalten (GB Holding Graz, 2011).

3.1.2.1 Wasserrechtliche Bewilligung (Stadt Graz)

Im Zuge des Baubewilligungsverfahrens ist das Straßenamt Graz (Referat für Wasserrecht) Sachverständiger für die wasserrechtlichen Belange. Dabei erfolgt eine Überprüfung der entwässerungstechnischen Einrichtungen in den eingereichten Unterlagen des Bauwerbers. Die Prüfung umfasst die Kontrolle über den Stand der Technik und über die Beeinflussung von Nachbarrechten der geplanten Entwässerungsanlagen. In der Regel wird vorgeschrieben, dass Niederschlagswasser auf eigenem Grund und Boden zu versickern ist.

In den meisten Fällen wird vom Planer eine Schachtversickerung oder ein Sickerkoffer (oberflächennahe Rigolversickerung) zur Niederschlagsbewirtschaftung vorgeschlagen. Diese Methoden stellen eine einfache und wirtschaftliche Methode der Versickerung mit kombinierter Speicherung dar. Dabei erfolgt die Dimensionierung in der Regel auf Basis von Erfahrungswerten. Je 100 m² abflusswirksamer Flächen wird dabei zumeist ein erforderliches Retentionsvolumen von 3-4 m³ bei gut versickerungsfähigem Boden angenommen. Hingegen wird bei schlecht versickerungsfähigem Boden das doppelte Speichervolumen angesetzt. Die hydraulische Leistungsfähigkeit und die geologischen Randbedingungen sind durch einen Bodengutachter bzw. durch angrenzende Bauvorhaben zu erheben. Bei der Versickerung selbst sind die Anforderungen des Wasserrechtsgesetzes und der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser einzuhalten.

Bei ungünstigen Bedingungen der geologischen Gegebenheiten sind Versickerungssysteme mit einer kombinierten gedrosselten Einleitung in die Kanalisation über Notüberlauf auszustatten, wobei dies nur nach entsprechenden Auflagen erfolgen darf (Zekoll, 2011).

3.1.3 Qualitätszielverordnungen

Zufolge der erforderlichen Implementierung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in nationales Gesetz musste im Jahre 2000 auch das Wasserrechtsgesetz (Bundesgesetz) novelliert werden. Die Anforderungen an die Qualität der Gewässer wurden in entsprechenden Qualitätszielverordnungen für Grundwasser und Oberflächengewässer gemäß § 30 (WRG, 1959) definiert.

3.1.3.1 Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (2010)

In der Anlage 2 der QZV Chemie GW (2010) werden direkt oder indirekt eingebrachte Schadstoffe mit Schwellenwerten festgelegt, ab der eine Versickerung eine Verschlechterung des Zustandes bewirkt. Dabei ist gemäß § 6 Abs. 2 (QZV Chemie GW, 2010) unter direkter Einbringung eine dauernde oder zeitweilige Einbringung von Schadstoffen in das Grundwasser ohne Bodenpassage zu verstehen.

Nach dem Leitfaden für Oberflächenentwässerungen (LRG Stmk, 2012) ist eine indirekte Versickerung, also eine Einbringung angeführter Schadstoffe nach Bodenpassage gemäß § 7 (QZV Chemie GW, 2010) ebenso bewilligungspflichtig. Verbotene Stoffe wie Mineralöle, Kohlenwasserstoffe oder Cadmiumverbindungen können je nach Nutzung auch in Abflüssen von Straßen und Parkflächen auftreten. Die Frachten der Schadstoffe sind bei bewilligungspflichtigen Verfahren auf die Schwellenwerte der Anlage 1 zu begrenzen, um eine Verschmutzung bzw. Verschlechterung des Grundwassers zu verhindern.

3.1.3.2 Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (2006)

In dieser Verordnung werden charakteristische Eigenschaften sowie Grenz- und Richtwerte zur Bestimmung des Zustandes von Oberflächengewässern definiert. Im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot und den geforderten guten chemischen und ökologischen Zustand des WRG 1959 sind Grenzwerte von chemischen Schadstoffen ausgewiesen, die im Gewässer selbst einzuhalten sind.

3.1.4 Schutzgebietsverordnung Graz

Einzugsgebiete von Wasserversorgungsanlagen sind vor Beeinträchtigungen der Ergiebigkeit und Beschaffenheit zu schützen. Diese Bereiche werden gemäß § 34 Abs. 1 und 2 als Schutzgebiete von der zuständigen Wasserrechtsbehörde ausgewiesen und Regelungen bzw. Gebote mittels Bescheid auferlegt.

In der angeführten Abbildung sind die Schutzgebiete der Grundwasserversorger der Stadt Graz dargestellt. Der Bereich um das Wasserwerk wird als Schutzzone bezeichnet. Für das weitere Einzugsgebiet werden zusätzlich Schongebiete ausgewiesen, die sich in ein engeres und weiteres Schongebiet unterteilen.

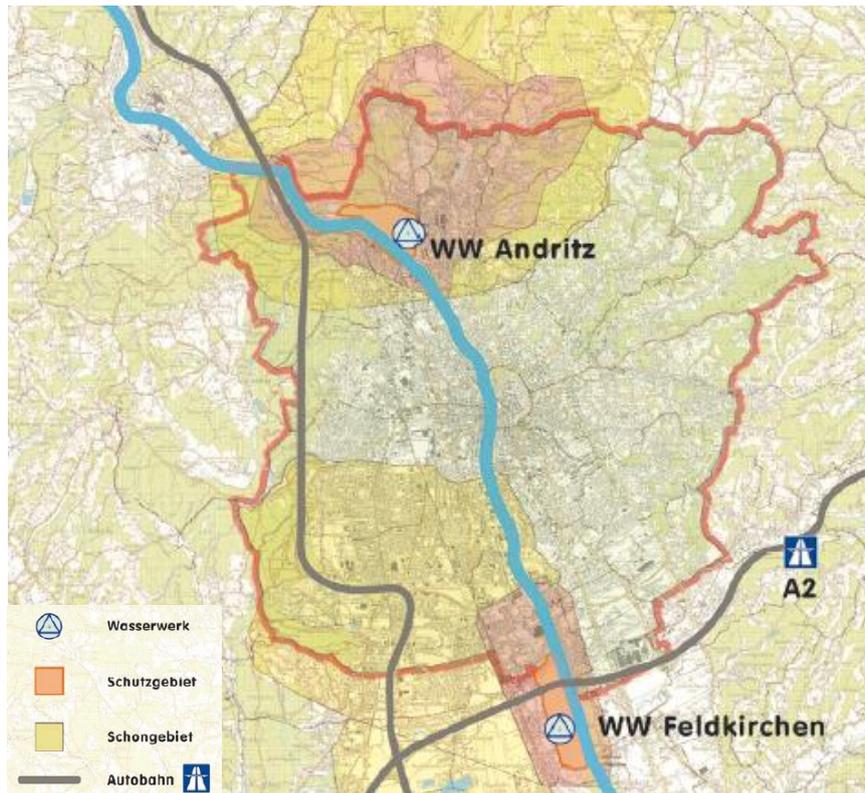


Abbildung 3-1: Wasserschutzgebiete in der Stadt Graz (STEK 4.0, 2011)

In den ausgewiesenen Schutzgebieten sind Mindestanforderungen an die Behandlung von Niederschlagsabflüssen gemäß der QZV Chemie Grundwasser (2010) und dem ÖWAV Regelblatt 35 (2003) einzuhalten. Zusätzlich sind den Bescheiden und Verordnungen folgende wesentliche Einschränkungen des Einzugsgebiets zu entnehmen. In der Stadt Graz ist mit Einschränkungen ausgehend von zwei Wasserversorgern zu rechnen:

- Graz- Feldkirchen (G1 Graz Feldkirchen, 1962)
- Graz-Andritz (G4 Graz-Andritz, 1971)

Daraus werden nachfolgende Einschränkungen, die bei Errichtung einer Niederschlagsbewirtschaftung von Bedeutung sind, angeführt:

- Maßnahmen, die im engeren und weiteren Schutzgebiet durchgeführt werden, bedürfen einer Bewilligung der Wasserrechtsbehörde. Dazu zählen unter anderem die Errichtung, Erweiterung oder Änderung von Anlagen, wenn eine Verunreinigung des Grundwassers oder obertägiger Gewässer mit chemischen oder biologisch nicht oder schwer abbaubaren Stoffen verursacht werden kann.
- Gemäß den Bestimmungen darf das Grundwasservorkommen nicht verunreinigt werden und die Beseitigung der Abwässer muss in hygienisch einwandfreier Weise erfolgen.

3.1.5 Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (1996)

Diese Bundesverordnung regelt die Begrenzung von Abwasseremissionen bei Einleitung in ein Oberflächengewässer. Dabei gelten die Bestimmungen für Abwasser- und Mischwasser-einleitungen als auch für die Einleitung von Niederschlagswässern. Nach § 1 Abs. 1 zählen dazu Schadstoffe der Landoberfläche eines Einzugsgebietes, die in ein Gewässer abschwemmen oder aus menschlicher Tätigkeit (Verbauung, Versiegelung, etc.) entstanden sind. Im Sinne dieser Verordnung wird Niederschlagswasser als Regen, Tau, Hagel und Schnee zufolge künstlicher oder natürlicher Vorgänge definiert und an der Landoberfläche oder durch technische Maßnahmen abgeleitet wird.

Gemäß dem allgemeinen Stand der Rückhalte- und Reinigungstechnik ist gemäß § 3 des AAEV (1996) die Versickerung von Niederschlagswasser am Ort des Anfallens von besonderer Bedeutung.

Um die ökologische Funktionstüchtigkeit eines Fließgewässers zu erhalten werden folgende Grundsätze in § 3 Abs. 3 und 4 (AAEV, 1996) festgelegt:

*„... (3) ... Nicht oder nur gering verunreinigtes **Niederschlagswasser** aus einem Siedlungsgebiet mit Mischkanalisation soll – soweit örtlich möglich – noch **vor dem Eintritt in die Kanalisation dem natürlichen ober- und unterirdischen Abflußgeschehen überlassen werden.***

*(4) Nicht oder nur gering verunreinigtes **Niederschlagswasser** aus einem Siedlungsgebiet mit Trennkanalisation soll gleichfalls – soweit örtlich möglich – noch **vor dem Eintritt in den Regenwasserkanal dem natürlichen ober- und unterirdischen Abflußgeschehen überlassen werden.** Niederschlagswasser mit anthropogenen Verunreinigungen aus Abschwemmungen von Flächen in Siedlungsgebieten mit Trennkanalisation, von stark frequentierten Verkehrsflächen sowie von sonstigen Flächen (§ 1 Abs. 1 Z 3) soll,...*

..., mit Maßnahmen nach dem Stand der Technik sowie unter Berücksichtigung der Forderung der Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit des betroffenen Fließgewässers gereinigt und eingeleitet werden.“

3.1.6 Steiermärkisches Kanalgesetz (KG Stmk, 1988)

Nach § 1 Abs. 1 (KG Stmk, 1988) ist anfallendes Schmutz- und Regenwasser auf bebauten Grundstücken nach den Bestimmungen des Kanalgesetzes in einer nach den Erfahrungen der technischen Wissenschaft, den Erfordernissen des Umweltschutzes und der Hygiene entsprechenden Weise vom Grundstückseigentümer abzuleiten und zu entsorgen.

Gemäß § 4 Abs. 1 (KG Stmk, 1988) sind Eigentümer von bebauten Grundstücken, in Gemeinden mit öffentlichen Kanalanlagen, **verpflichtet, Schmutz und Regenwasser auf eigene Kosten über die öffentliche Kanalanlage abzuleiten.** Dabei ist eine Entfernung des Bauwerks zum Kanalstrang, die nicht mehr als 100 m aufweist, für eine Anschlussverpflichtung entscheidend. Nach Abs. 2 sind Regenwässer abzuleiten, wenn eine Regenwasser- oder Mischwasserkanalisation vorhanden ist.

Die Anschlussverpflichtung an eine öffentliche Kanalanlage entfällt gemäß § 4 Abs. 5a (KG Stmk, 1988), wenn der Anschluss nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten, aufgrund von Rutschterrains, Höhenlage oder dgl., hergestellt werden könnte.

In § 4 Abs. 5 (KG Stmk, 1988) ist eine schadlose Entsorgung der Abwässer, Bewahrung öffentlicher Interessen sowie eine Vermeidung negativen Einwirkungen auf die Nachbarschaft zu gewährleisten. Dies gilt auch für Regenwässer, die auf eigenem Grundstück versickern oder zur Grundwasseranreicherung herangezogen werden.

Widersprüchliche Gesetzeslage

Aus § 4 Abs. 2 des steiermärkischen Kanalgesetzes ist zu erkennen, dass ein **Widerspruch** zu den Bestimmungen der allgemeinen Abwasseremissionsverordnung § 3 Abs. 3 und 4 besteht. Wo in der bundesrechtlichen Verordnung eine naturnahe Verbringung der Niederschlagswässer gefordert wird, ist bei vorhandenem Regen- oder Mischwasserkanal eine Ableitung gemäß dem steiermärkischen Kanalgesetz verpflichtend.

3.1.7 Steiermärkisches Baugesetz (Stmk BauG, 1995)

Dieses Baugesetz regelt in § 5 Abs. 1 die Eignung eines Bauplatzes, die auch zur Errichtung der Bewirtschaftungsanlagen erforderlich sind. Es gilt ein Grundstück für die vorgesehene Bebauung geeignet, wenn eine Bebauung nach steiermärkischen Raumordnungsgesetz zulässig, sowie eine für den Verwendungszweck der geplanten baulichen Anlage entsprechende Wasser- und Energieversorgung bzw. Abwasserentsorgung sichergestellt ist. Außerdem wird darauf hingewiesen, dass keine Gefährdung durch Lawinen, Hochwasser, Grundwasser, Murabgänge, Steinschlag, Rutschungen oder Ähnliches zu erwarten ist.

Gemäß § 8 Abs. 2 sind nach örtlichen Verhältnissen von der Behörde Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung des Kleinklimas vorzuschreiben, was auch in der Folge durch eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung (z. B. Verdunstung) bewerkstelligt werden kann.

Abschnitt V - Baubewilligungsverfahren

Die in § 19 (Stmk BauG, 1995) definierten bewilligungspflichtigen Bauvorhaben erfordern ein Bewilligungsverfahren, das in folgenden Punkten kurz beschrieben wird.

Im Hinblick auf die Niederschlagsbewirtschaftung sind folgende Absätze des § 19 (Stmk BauG, 1995) von Bedeutung:

- (1) Neu-, Zu oder Umbauten von baulichen Anlagen
- (3) Die Errichtung, Änderung oder Erweiterung von Abstellflächen für Kraftfahrzeuge, Garagen und Nebenanlagen
- (5) Veränderungen des natürlichen Geländes von Grundflächen oder angrenzende Grundflächen an das Bebauungsgebiet des Flächenwidmungsplans

Für das **Bewilligungsverfahren** nach steiermärkischen Baugesetz (Stmk BauG, 1995) sind dem schriftlichen Ansuchen gemäß § 23 Projektunterlagen beizulegen, um einen Überblick über die Gestaltung, Konstruktion, als auch auf die Auswirkungen der Umgebung zu erhalten. Hierbei ist auch die Ausführung der Abwasser- und Regenwasserentsorgung zu beschreiben (§ 23 Abs. 1 lit. 7).

Die Anforderungen an bauliche Entsorgungsanlagen für Abwässer und Niederschlagswässer werden gemäß § 57 Abs. 2 (Stmk BauG, 1995) geregelt. Es ist dafür zu sorgen, dass Anlagen zur einwandfreien Entsorgung der anfallenden Abwässer und Beseitigung der Niederschlagswässer auf Dauer sicherzustellen sind, eine betriebssichere Anordnung gewährleistet ist und keine Gefahren oder unzumutbare Belästigungen entstehen.

Nach Prüfung auf Vollständigkeit der eingereichten Unterlagen kommt es zu einer **Bauverhandlung** mit Ortsaugenschein. Eine Kundmachung erfolgt mittels Anschlag an der Amtstafel der Gemeinde und persönlicher Verständigung betroffener Beteiligter. Alle Einwendungen sind in der Folge von der Behörde zu prüfen. Dabei wird im Leitfaden zur Oberflächenentwässerung (LRG Stmk, 2012) auf eine gutachterliche Prüfung durch fachkundigen Sachverständigen einer Versickerungsanlage hingewiesen.

Gemäß § 29 Abs.1 hat die Behörde einem Ansuchen mit schriftlichem Bescheid stattzugeben, wenn die nach dem Baugesetz (Stmk BauG, 1995) für die Bewilligung geforderten Voraussetzungen erfüllt sind.

Es können Amtshaftungsansprüche geltend gemacht werden, wenn beispielsweise eine Versickerung von Niederschlagswässern auf eigenem Grund vorgeschrieben wurde, jedoch die Sickerfähigkeit des Untergrundes nicht im entsprechenden Maße gegeben ist. Darum ist eine Prüfung der Verfahrensunterlagen des Bausachverständigen durchzuführen und wesentliche Mängel mit allfälligen Verbesserungsvorschlägen aufzuzeigen (LRG Stmk, 2012).

Bei der **Kollaudierung** war bis ca. 1999/2000 Jahren auch ein Vertreter des Kanalbauamtes der Stadt Graz eingebunden. Durch Personaleinsparungen erfolgt mittlerweile nur noch eine Verständigung und Mitteilung an das Referat für Grundstücksentwässerung. Durch Bauführerbescheinigung (von der bauausführenden Firma bestätigte fachgerechte Herstellung) ist laut § 38 des Baugesetzes (Stmk BauG, 1995) keine Kontrolle der Leitungen vom Haus bis zum öffentlichen Kanal bzw. der Ausführung der Niederschlagsbewirtschaftung mehr erforderlich. Die Behörde führt jedoch eine stichprobenartige Kontrolle der Anschlüsse durch. Verblieben ist als einzige Vorschreibung für ausführende Firmen eine dichte Ausführung der Anlage (Ali, et al., 2011).

Zu **anzeigepflichtigen Bauvorhaben** nach § 20 (Stmk BauG, 1995) zählt per Definition eine nachträgliche Errichtung, Änderung oder Erweiterung von Hauskanalanlagen und Sammelgruben, wodurch beispielsweise eine nachträgliche Abkopplung eines Niederschlagswasseranschlusses auch anzeigepflichtig ist.

3.1.7.1 Nachweis der Bauplatzeignung

Gemäß der Forderung § 5 (Stmk BauG, 1995) nach Eignung des Bauplatzes werden von der Bau- und Anlagenbehörde der Stadt Graz vorgefertigte Formulare angeboten, die dem Ansuchen beizulegen sind. Unter Punkt 3 wird konkret auf geplante Maßnahmen zur Niederschlagsentwässerung eingegangen.

Für die geplanten baulichen Anlagen ist die Entsorgung der Hausabwässer sowie der Niederschlagswässer von Dächern und Verkehrsflächen sowie von Drainagewässern wie folgt sichergestellt:

- 3.4. Schmutzwässer durch öffentlichen Schmutzwasserkanal
- 3.5. Regenwässer durch öffentlichen Schmutzwasserkanal (Mischsystem)
- 3.6. Regenwässer durch öffentlichen Regenwasserkanal (Trennsystem)

Für die geplanten baulichen Anlagen ist die Entsorgung der Niederschlagswässer von Dächern und Verkehrsflächen sowie von Drainagewässern sichergestellt durch

- 3.9. einen privaten Regenwasserkanal
- 3.10. Versickerung / Verrieselung auf eigenem Grund, aufgrund der ausreichenden Sickerfähigkeit des Bodens mit einer Anlage gemäß Darstellung und Beschreibung in den Einreichungsunterlagen möglich

Gutachten GZ vom
hinsichtlich Sickerfähigkeit

- 3.11 aufgrund der nicht ausreichenden Sickerfähigkeit des Bodens

Abbildung 3-2: Nachweisführung der Bauplatzeignung (Bauplatzeignung, 2011)

Gemäß den Punkten 3.10 und 3.11 ist eine ausreichende Sickerfähigkeit des anstehenden Bodens über ein Bodengutachten zu bestätigen.

Bei nicht versickerungsfähigen Böden (beispielsweise in Waltendorf) kann in Ausnahmefällen mit Zustimmung der Holding Graz / Wasserwirtschaft und bei hydraulischer Leistungsfähigkeit des Kanals eine gedrosselte Einleitung der Niederschlagswässer (mit 5 l/s begrenzt) bewilligt werden (Ali, et al., 2011).

Deshalb sind bei der Prüfung einer **Bauplatzeignung** weitere baubehördliche Prüfungen dem Bauansuchen der Bauwerber anzuschließen (LRG Stmk, 2012). Die Baubehörde ist angehalten, örtliche Gegebenheiten (z. B. Sickerfähigkeit des Untergrundes, etc.) darüber hinaus zu prüfen. Dies umfasst im Grazer Stadtgebiet auch die wasserrechtliche Kontrolle der Grundstücksentwässerung. Im Einzelfall sind ergänzende Nachweise auf Grundlage von § 22 Abs. 3 (Stmk BauG, 1995) nachzufordern.

3.2 Kommunale Vorschriften

3.2.1 Geschäftsbedingungen Holding Graz ABGB (2011)

Indirekteinleiter sind per Definition des WRG (1959) Einleitungen in eine wasserrechtlich bewilligte Kanalisationsanlage und haben die geforderten Emissionsbegrenzungen des Kanalisationsunternehmens einzuhalten. Eine Einleitung bedarf laut § 32 b (WRG, 1959) einer Zustimmung des Kanalisationsunternehmens. Die Zustimmung wird mittels Entsorgungsvertrages zwischen Grundstückseigentümer und Abwasserentsorgungsunternehmen erteilt.

Bei Ansuchen einer Baubewilligung ist seit 01.01.2011 für die Bewilligung immer eine Zustimmung der Holding Graz Services – Wasserwirtschaft (Ali, et al., 2011) erforderlich. Mit dem Abschluss werden auch den Geschäftsbedingungen für Indirekteinleiter in die öffentliche Kanalisation der Landeshauptstadt Graz zugestimmt.

In den Geschäftsbedingungen werden folgende Punkte bezüglich der Verbringung des Niederschlagswassers erwähnt (GB Holding Graz, 2011):

- Es gilt laut § 20 Abs. 1 bei Einleitung in die öffentliche Kanalisationsanlage die Allgemeine Abwasseremissionsverordnung, wodurch eine Einleitung von Regenwasser in Misch- oder Schmutzkanäle zu vermeiden ist.
- Nicht verunreinigtes Kühlwasser sowie Drainage-, Quell- und Grundwasser darf gemäß § 22 (soweit im Einzelfall nicht anders vereinbart) nicht der öffentlichen Kanalisationsanlage zugeführt werden. Ausgenommen davon sind Einleitungen in Regenwasserkanäle.
- Gemäß § 23 Abs. 2 ist Regenwasser, welches in die Kanalisationsanlage eingeleitet wird, entsprechend den Vorgaben der Holding Graz Services – Wasserwirtschaft zu drosseln. Erforderlichenfalls muss ein Regenrückhaltebecken oder Stauraumkanal errichtet werden.

Gemäß § 1 Abs. 4 Kanalgesetz (KG Stmk, 1988) sind den Regenwässern - Quellabflüsse, Drainagewässer und reine Kühlwasser gleichzusetzen.

Konkrete Hinweise auf die Nichteinleitung von Niederschlagswasser in den öffentlichen Kanal befinden sich in den allgemeinen Bedingungen für den Anschluss an den öffentlichen Kanal der Stadt Graz und für die Einleitung von Abwässern in der Zustimmungserklärung des Grundstückseigentümers. In den allgemeinen Bedingungen wird folgendes dezidiert erwähnt:

„... 10.7. Niederschlagswässer, Drainage-, Quell- und Grundwässer dürfen grundsätzlich nicht in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden. Ausnahmen bedürfen der schriftlichen Zustimmung der Holding Graz Services | Wasserwirtschaft...“ (AB Holding Graz, 2011)

Die Änderungen bezüglich der Niederschlagswasserverbringung am Ort des Entstehens entstanden mit Übernahme der Bereichsleitung durch Hr. DI Maurer zwischen den Jahren 1999 und 2000.

3.2.2 Stadtentwicklungskonzept

Im Steirischen **Raumordnungsgesetz** werden Zielsetzungen der Raumordnung, Entwicklungsprogramme sowie Aufgaben des Raumordnungskatasters festgelegt. Daraus abgeleitet werden der Flächenwidmungsplan und in der Folge der Bebauungsplan vom Stadtplanungsamt erarbeitet und im Gemeinderat beschlossen. Das Raumordnungsgesetz dient als Grundlage zur Entwicklung von Gemeindekonzepten. Das Stadtentwicklungskonzept (STEK) Graz ist ein solches Konzept für die Stadt Graz bzw. deren Stadtteile (STEK 3.0, 2002).

Das Stadtentwicklungskonzept wird alle 10 Jahre überarbeitet und befindet sich zurzeit (Jänner 2012) kurz vor dem Abschluss zum STEK 4.0.

Nachfolgend werden in Bezug auf eine Forcierung der Niederschlagsbewirtschaftung in der Stadt Graz einige Punkte des Entwurfs des Entwicklungskonzeptes 4.0 aufgezeigt (STEK 4.0, 2011):

Ziele von Gewässerentwicklungen (Pkt. 2.4 - Gewässer)

- Freihaltung der notwendigen Retentionsräume entlang von Oberflächengewässer bei allen zukünftigen Baumaßnahmen, um Flächen für Retentions- und Versickerungsanlagen zu sichern.
- Fördern von begrünten Dächern zur Wasserretention im Sinne des positiven Kleinklimas und zur Einfügung in das Orts- und Landschaftsbild.

Ziele von Grundwasserentwicklungen (Pkt. 2.4 - Gewässer)

- Die nachhaltige Sicherung der Grundwasservorkommen in quantitativer und qualitativer Hinsicht ist in den allgemeinen Zielen verankert.
- Eine Versickerung von nicht verschmutzten Meteorwässern soll unter Berücksichtigung der geologischen Gegebenheiten forciert werden.
- Zur Beschränkung der Bodenversiegelung in Baugebieten und zur Erhaltung eines ausgeglichenen Wasserhaushaltes sind vorgegebene Richtwerte anzustreben.

Ziele von Abwasserentwicklungen (Pkt. 9.2 - Abwasser)

- Zur Entlastung der Kanalisation und für eine Anreicherung des Grundwasserkörpers (Flächenentsiegelung, wasserdurchlässige Befestigungen, etc.) ist eine Versickerung oder eine Verrieselung der Meteorwässer unter Berücksichtigung der geologischen Gegebenheiten vor Ort vorzusehen.
- Verringerung des Regen- und Fremdwassereintrages in das Kanalnetz:
 - durch Versickerung bzw. Verrieselung vor Ort
 - Rückbau des Misch- in Trennsystem, wo Regenwasserkanal zweckmäßig ist
 - Entsiegelung von befestigten Flächen mit sickerfähigen Belägen, sofern es der Grundwasserschutz zulässt
 - Einführung von Tarifmodellen mit Steuerungseffekt
 - Ausleiten von Bächen aus dem Kanalsystem und Versickerung oder Ableitung dieser bis zur Mauer, wo es zweckmäßig ist

3.3 Normen, Regelwerke und Richtlinien

Nachfolgende Normen, Regelwerke und Richtlinien bilden den Stand der Technik und sind für die Errichtung von Anlagen zur Niederschlagswasserbewirtschaftung von Bedeutung:

- Ö-Normen
 - ÖN EN 752 (2008) - Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden
 - ÖN B 2506 - 1 (2000) – Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen (Teil 1: Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb)

- ÖN B 2506 - 2 (2003) – Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen (Teil 2: Qualitative Anforderungen an das zu versickernde Regenwasser, Bemessung, Bau und Betrieb von Reinigungsanlagen)
- ÖN B 2572 (2005) – Grundsätze zur Regenwassernutzung
- ÖWAV Regelblätter
 - ÖWAV RB 9 (2008) – Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren
 - ÖWAV RB 11 (2009) – Abwassertechnische Dimensionierung und Berechnung von Abwasserkanälen
 - ÖWAV RB 19 (2007) – Richtlinien zur Bemessung von Mischwasserentlastungen
 - ÖWAV RB 35 (2008) – Behandlung von Niederschlagswässern
- DWA Regelblätter (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall)
 - Merkblatt DWA-M 153 (2007) – Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser
 - Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005) – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser

3.4 Überblick der rechtlichen Grundlagen

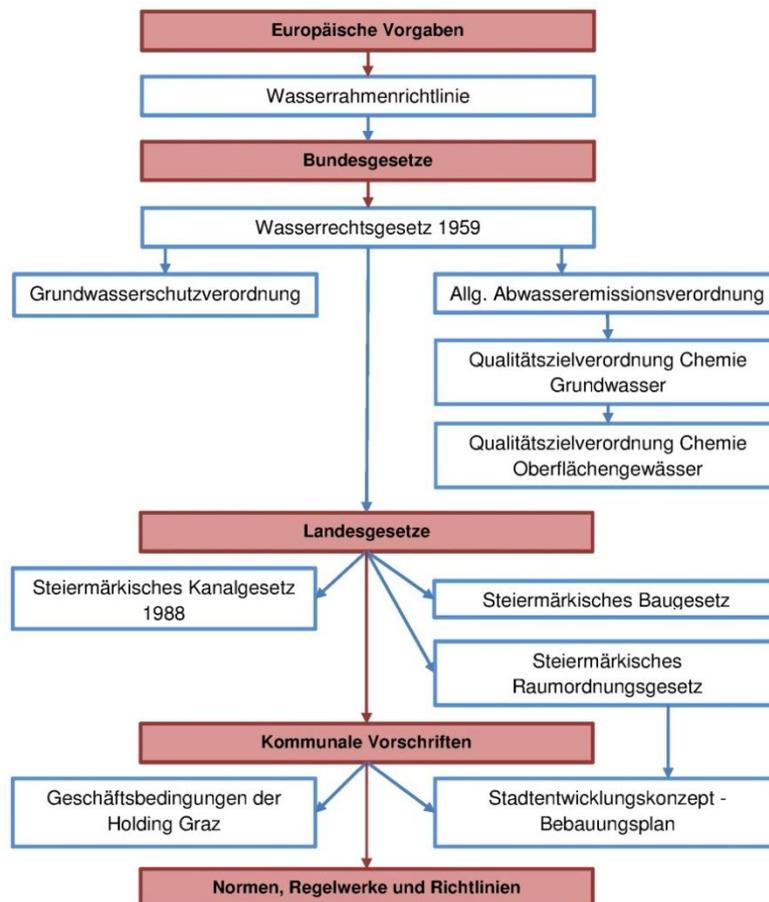


Abbildung 3-3: Überblick der rechtlichen Grundlagen

4 Methoden der Niederschlagswasserbewirtschaftung

Vermeidung, Retention, Nutzung oder Ableitung ins Kanalnetz bzw. Gewässer werden durch verschiedene Methoden der Niederschlagsbewirtschaftung erreicht. Die Grundlagen und ein Überblick über die Ausführungsmöglichkeiten werden in diesem Kapitel behandelt.

4.1 Genereller Umgang mit Niederschlagswasser

In der allgemeinen Abwasseremissionsverordnung wird im § 3 Abs 4 festgelegt, dass nicht oder nur gering verunreinigtes Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten mit Trennkanalisation, soweit es örtlich möglich bzw. zulässig ist, dem natürlichen ober- und unterirdischen Abflussgeschehen zu überlassen sind. Verunreinigtes Niederschlagswasser hingegen ist laut Wasserrechtsgesetz nach dem Stand der Technik zu reinigen und unter Erhalt der ökologischen Funktionsfähigkeit des betroffenen Fließgewässers einzuleiten oder nach einer entsprechenden Bodenpassage zu versickern. (ÖWAV-RB 35, 2003).

Maßnahmen zur Vermeidung von Stoffeinträgen in das Grundwasser oder in Gewässer sind durch folgende Vorschläge definiert (ÖWAV-RB 35, 2003):

- Errichtung von neuen versiegelten Siedlungsflächen vermeiden
- Nachträgliche Entsiegelung
- Gering verschmutzte Flächen (Spielstraßen, private Hof- und Verkehrsflächen) sind möglichst durchlässig zu gestalten (Verwendung von Rasengittersteinen, Schotterrasen, ...)
- Großflächige Versickerungen über bewachsene Bodenschichten
- Regenwasser speichern und für andere Zwecke nutzen

Laut Geiger et al. (2009) wurden zum Erhalt der natürlichen Wasserbilanzen Leitlinien durch die DWA 2006 erstellt. Es ist wesentlich, die natürliche Wasserbilanz aus Verdunstung, Versickerung und Abfluss durch die Bebauung bzw. ihrer Entwässerung nur gering zu beeinflussen. Oberste Priorität nach Geiger et al. (2009) ist die ortsnahe Versickerung von Regenwasser mit einer Reinigung über eine Bodenpassage. Eine ausreichende Leistungsfähigkeit der Oberflächengewässer ist nachzuweisen, da die Abflussspitzen bei kleinen Einzugsgebieten erheblich erhöht werden und somit die Hochwassergefahr in diesem Bereich gesteigert wird (DWA-M 153, 2007).

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 in Betracht gezogen werden.

Bei der grundlegenden Methodenauswahl sind gemäß der Richtlinie zur Regenwasserentsorgung (VSA, 2002) folgende Punkte zu prüfen:

- **Machbarkeit:** technische Machbarkeit, anfallende Wassermenge, Sickerleistung, räumliche Gegebenheiten
- **Zulässigkeit:** Klassifizierung der Niederschlagswässer, Menge der Wässer, Art und Zustand des betroffenen Grundwassers bzw. Oberflächengewässers, Aspekte des Bodenschutzes
- **Verhältnismäßigkeit:** Alle Möglichkeiten sollen in einem Variantenvergleich geprüft werden und die Variante gewählt werden, welche sowohl ökologisch wie auch ökonomisch den größten Vorteil bringt

4.2 Klassifizierung der Niederschlagsbewirtschaftungen

An die Grundsätze des ÖWAV-Regelblattes 35 (2003), Geiger et al. (2010) und Herzer (2004) angelehnt, ist die nachfolgende Reihung der unterschiedlichen Strategien anzustreben.



Abbildung 4-1: Priorisierung der Bewirtschaftungsmethoden

Auch bei Anwendung der Vermeidungsstrategie muss der Ablauf des verbleibenden Niederschlagswassers geregelt werden. Dabei sollte eine Nutzung für Brauchwasserzwecke vor den anderen Verbringungen an erster Stelle stehen. Erst dann sollte eine Versickerung auf eigenem Grundstück zur Erhaltung des natürlichen Wasserhaushaltes als weitere Variante angestrebt werden. In der Regel wird eine Kombination der Nutzung mit anschließender Versickerung aufgrund der wirtschaftlichen Dimensionierung bei geeigneten, geologischen Randbedingungen durchgeführt. Die konventionelle Einleitung in ein Kanalsystem oder Oberflächengewässer regelt den Verbleib des restlichen Niederschlagswassers, wobei hier eine gedrosselte Einleitung anzustreben ist.

In den folgenden Kapiteln werden die Bewirtschaftungsstrategien der oben angeführten Priorisierung beschrieben, wobei auf deren Funktionsweise, Anwendungsgebiete und deren Vor- und Nachteile eingegangen wird. Im Punkt 0 werden die Systeme nach Gesichtspunkten des Flächenbedarfs, der Anwendbarkeit in bebauten Gebieten und der Auswirkung auf den Wasserhaushalt gegenübergestellt und bewertet.

4.3 Vermeiden von Niederschlagswasserabflüssen

4.3.1 Anlagen zur Zwischenspeicherung

In diesem Unterkapitel werden ausschließlich Anlagen zur Retention von Niederschlagsabflüssen vor Ableitung in eine Versickerungsanlage, ein Gewässer oder auch das Kanalnetz angeführt. Diese Anlagen können bei folgenden Voraussetzungen Anwendung finden (Geiger, et al., 2009):

- Vor der Versickerung bei zeitweise großen Zuflüssen
- Bei gezieltem Rückhalt vor Weiterleitung in eine Versickerung oder Einleitung in ein Gewässer, um die Abflussspitzen zu senken
- Zur Rückhaltung in bebauten Gebieten
- Zur Absetzung von Schwebstoffen in verschmutzten Abflüssen
- Zur gedrosselten Ableitung von Regenwasser

Die Ausführung der Systeme variiert je nach Größe der angeschlossenen Flächen, dem Flächenbedarf sowie Art der Reinigungsleistung und Retentionsvolumen.

Gemäß der Richtlinie zur Regenwasserentsorgung (VSA, 2002) unterscheidet sich die Retentionsmaßnahme nach dem Zweck, dem Ort und der Größe des Einzugsgebietes. Die Retentionsanlage besteht aus mehreren typischen Elementen die auch in der Abbildung schematisch dargestellt werden:

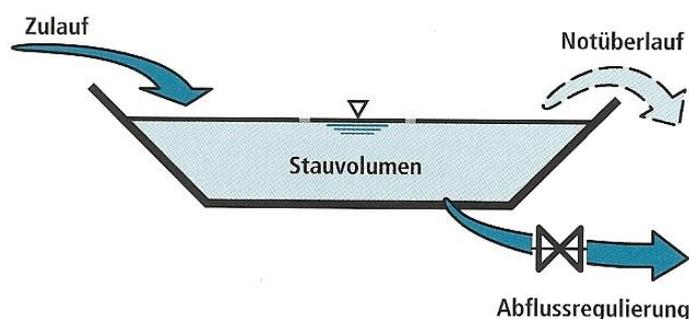


Abbildung 4-2: Elemente einer Retentionsanlage (VSA, 2002)

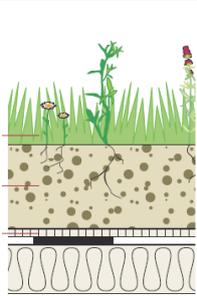
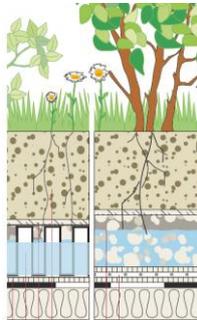
Bei Errichtung dieser Anlage sollte auf die Eingliederung in das Siedlungsbild durch Nutzung vorhandener Flächen geachtet werden. Es können vorhandene Retentionsräume, wie Dächer oder größere Plätze in Siedlungsgebieten genutzt werden, wobei mehrere Randbedingungen, wie Zugänglichkeit, Sicherheits- und Schadensrisiko, aber auch die bauliche Machbarkeit einzuhalten sind. Wesentlich für eine lange Nutzungsdauer einer Retentionsmaßnahme ist die Akzeptanz und Sensibilisierung der Anlagenbesitzer bzw. Anrainer bezüglich die Wartung und Instandhaltung.

4.3.1.1 Retention auf Dachflächen

Funktionsprinzip

Die Errichtung von begrünten Dächern reduziert und verzögert den Niederschlagsabfluss durch Retentions- und Verdunstungsprozesse. Je nach Dachaufbau können unterschiedliche Reinigungsleistungen durch Filterung erzielt werden. Das Retentionsvolumen ist abhängig von Dachneigung, verwendetem Substrat, dem Aufbau der Schichten und den Schichtdicken (RP Karlsruhe, 2003). Der Verdunstungsanteil beträgt, je nach Dachausführung zwischen 40 und 90 % und unterscheidet sich in Abhängigkeit des Dachaufbaus.

Tabelle 4-1: 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

Extensiv begrünte Dächer können relativ große Wassermengen in der unteren Dränschichte speichern und die Qualität durch Reinigungsleistung der Filterwirkung positiv beeinflussen. Die Abflussdrossel muss im Falle einer Verstopfung oder einer hydraulischen Überlastung einen Notüberlauf besitzen (VSA, 2002).

Bei der Konstruktion werden Aufbauten nach der vorhandenen Dachneigung gegliedert:

- Flachdächer

Durch Aufstau des Wassers kann ein zusätzlicher Rückhalt erreicht werden. Das gespeicherte Wasser steht bei Intensivbegrünungen in einer Trockenperiode der Bepflanzung zur Verfügung.

- Dachneigungen von 1 bis 11 Grad
Diese sind für einfache Intensivbegrünungen oder Extensivbegrünungen ohne besondere Vorkehrungen möglich. Ab 3 Grad sollte der schnellere Wasserabfluss durch eine wasserspeichernde Schicht kompensiert werden.
- Dächer bis 20 Grad Neigung
Bis 20 Grad ist eine Dachbegrünung leicht anzulegen, wobei durch aufwendige Sicherungsmaßnahmen auch Dachneigungen bis zu 30 Grad erreicht werden können.

Anwendungsbereich

Die Anwendung eignet sich vor allem in dicht bebauten Stadtgebieten. In der Regel werden Flachdächer bzw. gering geneigte Dächer, die begrünt oder bekiest sind, zu Retentionsmaßnahmen herangezogen (Geiger, et al., 2009). Der Flächenbedarf ist hier nahe Null, da durch Nutzung von Flachdächern keine zusätzlichen Flächen benötigt werden. Vor allem bei unterbauten Flächen (Tiefgaragen) bietet die Anwendung eines intensiven Gründaches großes Potenzial zur gleichzeitigen Regenwasserretention (Sieker, et al., 2003). Eine Kombination mit einer nachgeschalteten Versickerungsanlage ist aufgrund des gedrosselten Abflusses sinnvoll (Geiger, et al., 2009).

Bewertung

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der Schadstoffe • Möglichkeit der Verdunstung führt zur Verbesserung des Kleinklimas (Geiger, et al., 2009) • Anwendung in dicht bebautem Stadtgebiet (VSA, 2002) • Steigerung der Verdunstungsrate • Wärmedämmung im Sommer und Winter • Schaffung von Ersatzlebensräume für Pflanzen und Tiere (Sieker, 2011) 	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Dachlasten und hoher Wartungsaufwand bei intensiver Begrünung (Geiger, et al., 2009) • Hohe Anforderung an technische Ausführung der Abdichtung (VSA, 2002) • In der Regel höhere Kosten der Ausführung

4.3.1.2 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.

Funktionsprinzip

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 Straßenkörper

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).

Anwendungsbereich

Nach der Richtlinie der Regenwasserentsorgung (VSA, 2002) werden diese Speichervolumina am Rand von Plätzen errichtet und dienen zusätzlich als Gestaltungselemente.

In der Schweizer Richtlinie ist auch ein kurzfristiger Einstau von Parkflächen bei Starkregenereignissen für die Parkplatzbenutzer zumutbar. Dadurch lassen sich große befestigte Flächen inmitten von Siedlungsgebieten zur Regenwasserbewirtschaftung nutzen. Die Überflutung muss kontrolliert erfolgen, weshalb die Fläche gegen benachbarte Liegenschaften durch Randabschlüsse abzugrenzen ist.

Bewertung

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Bewuchs und Versickerung möglich, wodurch eine Reinigungsleistung zu erwarten ist (VSA, 2002) • Bei Ableitung in ein Oberflächengewässer oder Kanalisation unabhängig von der Durchlässigkeit des anstehenden Bodens • Nutzung von versiegelten Flächen im Bestand 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche Wartung, damit Rohrdurchlässe nicht verstopfen und der Graben nicht verlegt wird • Keine weitere Nutzungsmöglichkeiten • Kontrollierte Überflutung genutzter Flächen (VSA, 2002)

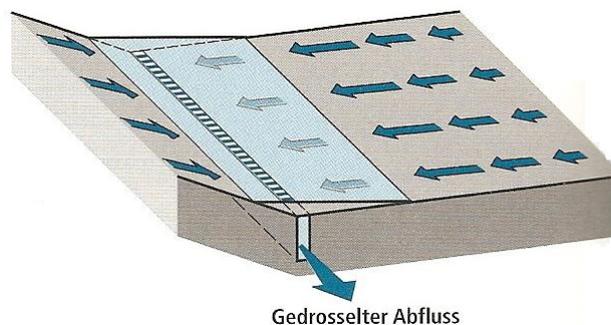


Abbildung 4-3: Retention auf Flächen oder Plätzen (VSA, 2002)

4.3.1.3 Retention in Speicherkanälen

Durch Vergrößerung des Kanaldurchmessers werden Retentionsvolumina bei Kapazitätsengpässen des darunterliegenden Querschnitt erreicht. Speicherkanäle und Speicherbecken können zur Vermeidung von hydraulischen Überlastungen des Mischwassersystems genutzt werden, wobei zusätzlich eine Erhöhung des Weiterleitungsgrades nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) erreicht wird (Sprung, 2012). Diese Maßnahme wird direkt in der Kanalisation angewandt und kann im Falle von Speicherkanälen auch nachträglich noch relativ einfach nachgerüstet werden. Auf diese Maßnahmen wird in dieser Arbeit allerdings nicht näher eingegangen.

4.3.2 Minimierung von versiegelten Flächen

Zur Vermeidung von Regenwasserabflüssen ist ein geringer Anteil an versiegelten Flächen im Bauland anzustreben. Neben möglichst geringem Verkehrsflächenanteil kann durch Wahl der Oberflächenmaterialien auch ein Beitrag zur Reduktion des Abflusses erreicht werden. Die Oberflächenbeschaffenheit der erschlossenen Flächen hängt von der Größe des Gebietes und der topografischen Situation ab. Dennoch können vor allem befestigte Flächen für ruhenden Verkehr oder mit geringen Nutzungsfrequenzen durchlässig errichtet werden, da die Nutzung bzw. Verschmutzung der entwässernden Flächen gering ist.

4.3.2.1 Flächenversickerungsanlagen, durchlässige Befestigungen

Funktionsweise

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, 2011). 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).

Anwendungsbereich

Die Flächenversickerung erfordert einen hohen Flächenbedarf, der je nach Fugenanteil der Oberfläche zwischen 20 und 50 % der entwässerten Fläche beansprucht (Herzer, 2004). Aufgrund des hohen Flächenbedarfs kann eine Flächenversickerung speziell in Stadtgebieten nur eingeschränkt verwendet werden. Nach Sieker et al. (2003) ist bei einer Durchlässigkeit von 1 bis $5 \cdot 10^{-5}$ m/s mit einem Flächenbedarf zwischen 15 und 20 % zu rechnen. Die Anwendung selbst erfolgt nach Sieker (2011) ab mäßig durchlässigem Boden mit einem k_f -Wert von $> 10^{-5}$ m/s.

Diese Ausführung ermöglicht multifunktionale Nutzungen und ist in die Bebauungsstruktur, insbesondere bei Neuplanungen von Wohnsiedlungen, gut zu integrieren. Bei zu geringer Versickerungsleistung kann mit einer angeschlossenen Versickerungsanlage, z. B. einer Rasenmulde, Abhilfe geschaffen werden.

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

Flächenbefestigungsart		Gehweg	Fahrbereich	Platzbereich	Kfz-Stellplatz	Vegetationsfreundlich	Versickerungsleistung	Kosten (€/m ²)
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

Abbildung 4-4: Merkmale von durchlässigen, befestigten Oberflächen (RP Karlsruhe, 2003)

Bewertung

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) (Sieker, 2011) • 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) • Verschlammung der Fugen mit Feinteilen bei Anwendung von Porenbetonpflaster • Hoher Flächenbedarf (Sieker, 2011)

4.4 Anlagen zur Vorbehandlung von Regenwasserabflüssen

Gemäß den Bestimmungen des ÖWAV Regelblatt 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)

4.4.1 Grobstoffabscheider

Zum Schutz von weiteren Reinigungsstufen oder unterirdischen Sickeranlagen können Grobstoffabscheider herangezogen werden. Darunter werden Maßnahmen verstanden, die in eine Wassersammeleinrichtung integriert oder als eigenes Behandlungssystem verwendet werden.

Es kommen Einlaufgitter, Laubfänge, Rechen und Siebe meist in Kombination mit anderen Systemen zur Anwendung und sind die einfachste Art der mechanischen Reinigung. Je nach Anforderung der nachgeschalteten Maßnahme werden Fremdstoffe, die größer als die Spaltweiten sind, zurückgehalten (ÖN B 2506-2, 2003).

4.4.2 Absetzanlagen

Durch Sedimentation werden absetzbare Stoffe, wie Schlamm, Erde, Sand oder Streusplitt zurückgehalten, die eine Verschlammung oder Verlegung der nachgeschalteten Sickeranlage verringern. Zusätzlich werden Belastungen durch Schwermetalle oder organische Bestandteile im Regenwasserabfluss minimiert. Absetzanlagen werden bei unzugängliche, unterirdischen Versickerungsanlagen bzw. hohem Fremdstoffanteilen empfohlen (ÖN B 2506-2, 2003).

4.4.2.1 Sedimentation

Durch ausreichende Aufenthaltszeiten in einem großen Retentionsraum mit geringer Fließgeschwindigkeit kann ein Absinken der Schwebstoffe gewährleistet werden. Durch bauliche Maßnahmen wird verhindert, dass durch Einleitung der Abwässer Turbulenzen entstehen (Geiger, et al., 2009). Gelöste Stoffe können durch Einsatz von chemischen Flockungs- und Fällungsmitteln abgesetzt werden.

Zur Anwendung kommen folgende Systeme:

- Sandfänge werden meist in Kombination mit Leichtstoffabscheidern oder Tauchwänden verwendet und bilden eine Art Regellösung zur Regenwasserbehandlung. Die Reinigungsleistung ist abhängig von der Menge und Art der Beschickung (Sieker, et al., 2003).
- Bei Regenklärbecken ist im Vergleich zu Sandfängen die Oberflächenbeschickung wesentlich geringer, wodurch eine höhere Sedimentationsleistung erwartet werden kann. Nach Sieker et al. (2003) dient diese Maßnahme zur Entlastung der Kläranlage im Regenwasserkanal.

- Wirbelabscheider können mit geringen Druckverlusten Feststoffe aus dem Regenwasserabfluss abscheiden. Durch tangenciales Einleiten des Regenwassers und Ausnutzen von Wirbelbildungen entstehen im inneren des Zylinders geringe horizontale Strömungsgeschwindigkeiten, die ein Absinken der Schmutzstoffe ermöglichen. Der gesammelte Schlamm wird dem Schmutzwasserkanal zugeführt, wodurch eine Reinigung des Wirbelabscheiders hinfällig ist.

4.4.3 Leicht- und Schwebstoffabscheider

Durch diese Prozesse wird ein Rückhalt von leichtflüssigen Substanzen erreicht. Die Vorbehandlung von verschmutzungsgefährdeten Flächen, durch Treibstoff- oder Mineralölprodukten auf Parkplätzen oder stark befahrenen Straßen, werden meist in Kombination mit einem Schlammfang realisiert (Sieker, et al., 2003). Die einfachste Methode bildet die Anordnung einer Tauchwand in kombinierten Systemen.

4.4.4 Filteranlagen

Durch Filtration wird generell ein Rückhalt der partikulären und gelösten Stoffe durch mechanische Prozesse und chemisch-physikalische Vorgänge erreicht. Durch Wechselwirkung der Filteroberfläche und den Partikeln können auch Teilchen zurückgehalten werden, die kleiner als die Filterporen sind (Sieker, et al., 2003).

4.4.4.1 Bodenpassage

Die häufigste Anwendung der Filtration findet bei der Versickerung von leicht verschmutzten Niederschlagsabflüssen durch belebte Oberbodenpassagen statt.

Die optimale Zusammensetzung der Bodenschicht wird mit einem Durchlässigkeitsbeiwert zwischen 10^{-4} und 10^{-5} m/s und einer Mächtigkeit von 30 cm angegeben (ÖWAV-RB 35, 2003).

Auch Schwermetalle werden durch Sorption in belebten Bodenschichten angelagert. Durch organische Bindung oder chemische Fällungsprozesse werden die Teilchen gefiltert (Sieker, et al., 2003). Entscheidend für einen hohen Ionenaustausch sind der Humus- und der Tongehalt im Boden bzw. ein stabiler pH-Wert (ÖWAV-RB 35, 2003).

4.4.4.2 Sand- oder Kiesfilter

Diese werden zum Rückhalt von Grob- und Feinstoffen verwendet, wobei sich Körnung und Schichtdicke nach Art und Menge der zu erwartenden Schmutzstoffe bzw. erforderlicher Filterwirkung richten (ÖN B 2506-2, 2003).

Es werden Langsam- und Schnellfilter, die mit Druck und höheren Geschwindigkeiten arbeiten, unterschieden. Mit der Zeit wird die Durchlässigkeit durch zurückgehaltene Partikel vermindert, wodurch ein Austausch oder bei Schnellfiltersystemen eine Rückspülung erforderlich wird (Sieker, et al., 2003).

4.4.4.3 Geotextile

Zum Schutz der unterirdischen Versickerungsanlagen werden Geotextile als mechanische Reinigungsstufe vorgesehen, die einen Rückhalt von Sink- und Schwebstoffen in Sickerschächten gewährleisten. Die Wirkung ist von der Porenöffnungsweite und Dicke des Flieses abhängig. (ÖN B 2506-2, 2003).

4.4.5 Chemisch-physikalische Behandlungsmethode

Der Wirkungsgrad der Sedimentation und Filtration kann durch chemische Fällungsmittel erhöht werden. Durch chemische Reaktion kommt es zur Umwandlung von gelösten zu ungelösten Stoffen, die ein Absinken ermöglichen. Der Einsatz von chemischen Mittel führt jedoch zur Aufsalzung des Abflusses und erhöhten Kosten. Durch Konzentrationschwankungen der Schmutzstoffe im Niederschlagsabfluss ist ebenso eine gesteuerte Chemikaliendosierung erforderlich (Sieker, et al., 2003).

4.4.6 Vorbehandlung durch biochemischen Abbau

Aerober und anaerober Abbau von gelösten Stoffen kann in Teichanlagen mit Bepflanzung und Vegetationspassagen erreicht werden. Diese Prozesse erfolgen meist in Anlagen, die zum Untergrund hin abgedichtet sind und in Kombination mit anderen Bewirtschaftungsstrategien kombiniert sind (siehe Retentionsraumversickerung) (Geiger, et al., 2009).

4.5 Anlagen zur Regenwassernutzung

Ohne aufwendige Aufbereitung werden nicht verschmutzte Regenwasserabflüsse aufgefangen und können für folgende Anwendungen herangezogen werden (Geiger, et al., 2009):

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

Aus Erfahrungen mit der Regenwassernutzung sind Fehlan Schlüsse und eine daraus resultierende Verkeimung des Trinkwassernetzes nach Sprung (2012) schwer zu lokalisieren, Dadurch wird dieses System von der Holding Graz Services – Wasserwirtschaft als zweites Leitungsnetz im häuslichen Bereich abgelehnt.

Bei dieser Methode wird zwischen privater und gewerblicher Nutzung unterschieden, die sich aufgrund der Größe der Auffangvolumen differenzieren lassen.

4.5.1 Anlagen zur Brauchwassernutzung

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 Niederschlagsabflüssen. 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 ÖN B 2572 (2005) eingehalten werden. Durch Ablagerungen (z. B. Vogelkot) können auch Krankheitserreger abgeschwemmt werden. Darüber hinaus kann es im gespeicherten Wasser zur Vermehrung von Bakterien kommen. Andere Stoffe, wie Abschwemmungen von Eindeckmaterialien (Bitumen) oder Laub können zur Verfärbung bzw. Trübung des Wassers oder zu Geruchsbelästigung führen (ÖN B 2572, 2005).

4.5.1.1 Anlagen im privaten Bereich

Funktionsprinzip

Die einfachste Variante zur Speicherung von Brauchwasser erfolgt in Fertigmodul-Anlagen, die direkt in der Baugrube versetzt werden. Es gibt viele Systeme am Markt, wobei sich die Funktionen nur unwesentlich unterscheiden. Die vorgefertigten Behälter bestehen üblicherweise aus Kunststoff oder Beton. Das abgeleitete Niederschlagswasser wird über integrierte Rohrdurchführungen in einen Retentionsraum geführt. Die Entnahme zur Nutzung im Garten oder Haus findet mittels Pumpe, selten im freien Gefälle, statt. Bei Wassermangel wird über einen Trinkwasseranschluss die Versorgung sichergestellt. Bei Vollerfüllung springt ein Notüberlauf an, der das Wasser in eine nachgeschaltete Bewirtschaftungsanlage ableitet (Geiger, et al., 2009).

Anwendungsbereich

Nach Sieker et al. (2003) ist der benötigte Flächenbedarf mit 4 % der angeschlossenen Fläche bei unterirdischem Einbau einer Zisterne sehr gering. Unabhängig vom Untergrund kann das Wasser, bei anschließender Ableitung, in Behältern gesammelt und genutzt werden. In Innenstadtbereichen kommt es bei nachträglicher Anordnung jedoch oft zu Schwierigkeiten bei der technischen Ausführung.

Bewertung

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) • Nutzbarkeit der Fläche über der Bewirtschaftungsanlage eingeschränkt möglich 	<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 (ÖN B 2572, 2005)

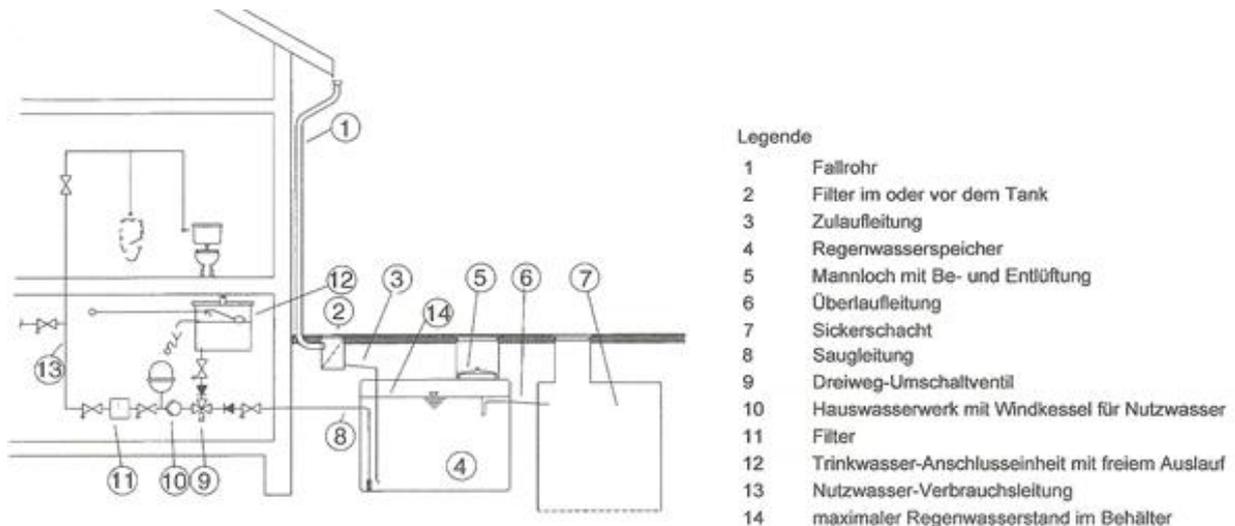


Abbildung 4-5: Elemente einer Regenwassernutzungsanlage (ÖN B 2572, 2005)

4.5.1.2 Regenwassernutzung im großem Maßstab

Nach Geiger et al. (2009) wurde die Regenwassernutzung bei einigen Großprojekten umgesetzt. Beispielsweise wird der gesamte Regenwasserabfluss der Dachflächen einer Sportarena in Japan (Tokyo-Dom) gesammelt und für Toilettenspülungen bzw. als Löschwasservorrat herangezogen. Je nach Anwendung kann das Wasser auch in Sandfiltern oder anderen Aufbereitungsanlagen von Schmutzstoffen gesäubert werden.

4.6 Anlagen zur Versickerung

Die Versickerungsanlagen ermöglichen eine naturnahe Rückführung in den Wasserkreislauf und unterscheiden sich im Wesentlichen nach folgenden Punkten (DWA-A 138, 2005):

- Flächenbedarf

Der Flächenbedarf ergibt sich durch die Art der Ausführung, da oberirdische Versickerungsanlagen eine wesentlich höhere Fläche beanspruchen, als unterirdische Systeme.

- Speicherkapazität

Bei schwach durchlässigen Böden können Niederschlagswasserabflüsse bis zur Versickerung zwischengespeichert werden.

4.6.1 Versickerung mit oberirdischer Speicherung

Bei dieser Bewirtschaftungsstrategie wird das Regenwasser nach einer Zwischenspeicherung durch eine belebte Oberbodenpassage oder Sedimentationsschicht vorgereinigt und anschließend in den Untergrund versickert.

4.6.1.1 Muldenversickerung

Funktionsweise

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).

Anwendungsbereich

Durch die gestalterische Einbindung in Grünbereiche oder Straßenseitenräume und möglicher Bepflanzung kann diese Versickerungsmaßnahme auch auf kleinen Grundstücken zur Anwendung kommen. Die Fläche kann in Trockenzeiten betreten, jedoch nicht intensiv genutzt werden. Nach Herzer (2004) ist je nach Versickerungsfähigkeit des Bodens und der Ausbildung der Mulde ein Flächenbedarf von 5-25 % zu erwarten.

Nach Sieker et al. (2003) werden erforderliche Durchlässigkeit des anstehenden Bodens je nach Geländeneigung und Ausführung zwischen 10^{-6} und 10^{-3} m/s angegeben.

Bewertung

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 (Geiger, et al., 2009) 	<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

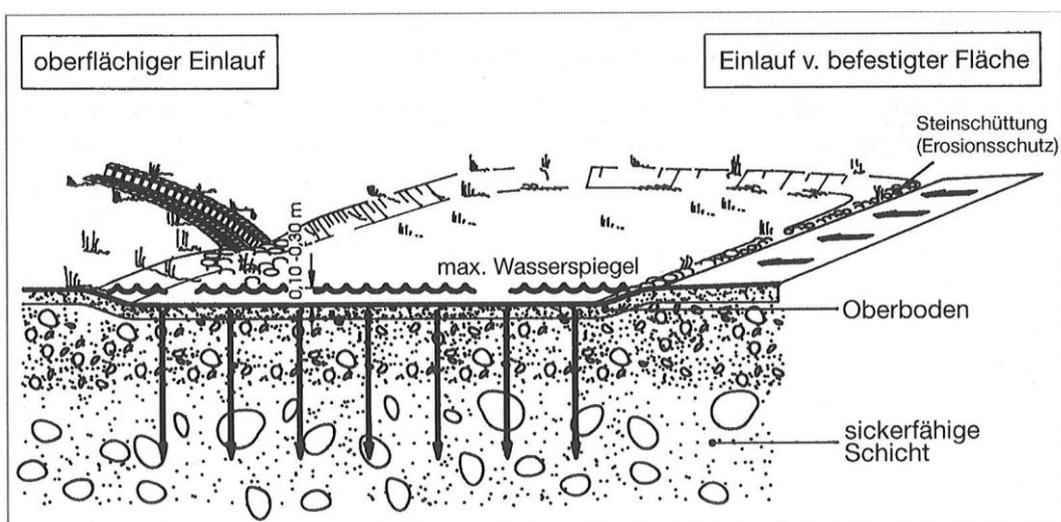


Abbildung 4-6: Prinzip einer Versickerungsmulde (Geiger, et al., 2009)

4.6.1.2 Beckenversickerung

Funktionsweise

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 entstehenden Gefahren ist das Becken zu umzäunen. (Geiger, et al., 2009) Im Falle einer Störung wird ein Notüberlauf in die Kanalisation oder in ein Gewässer angeordnet.

Anwendungsbereich

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.

Bewertung

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)

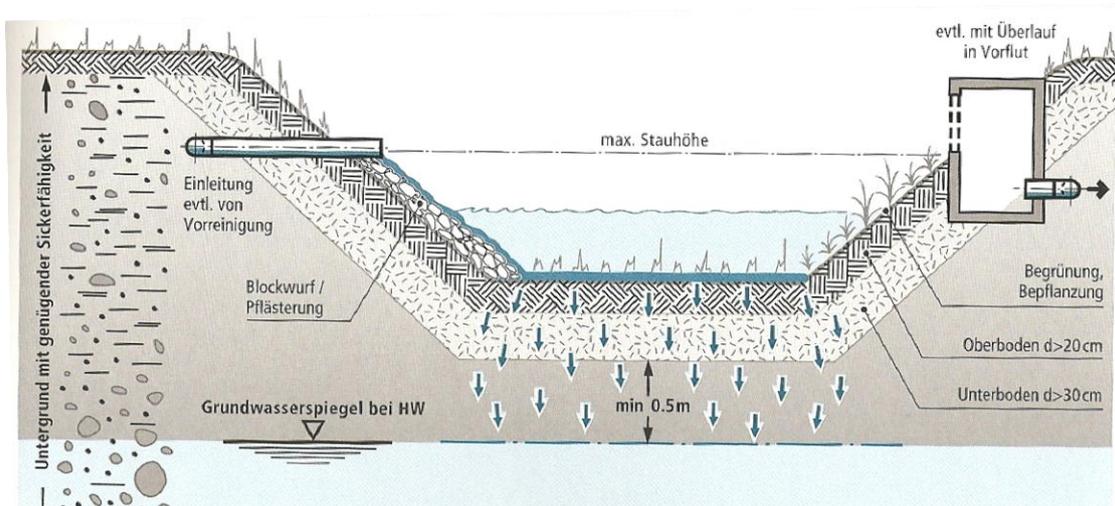


Abbildung 4-7: Prinzip der Beckenversickerung (VSA, 2002)

4.6.2 Versickerung mit unterirdischer Speicherung

Wenn z. B. im Innenstadtgebiet keine geeigneten, oberirdischen Flächen zur Verfügung stehen, wird das Niederschlagswasser über unterirdische Anlagen gespeichert und versickert. Aufgrund der direkten Einleitung muss bei Versickerungsanlagen mit unterirdischer Speicherung gegebenenfalls eine Vorreinigung erfolgen (Geiger, et al., 2009).

4.6.2.1 Rigolen- oder Rohrversickerung

Funktionsweise

Nach Geiger et al. (2009) bestehen Versickerungsanlagen mit Rigolen 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 (Geiger, et al., 2009).

Bei einem Versickerungsstrang (Versickerungsgalerie) werden Rohr-Rigolen-Elemente zu einem System zwischen zwei Schächten zusammengeschlossen (VSA, 2002). Durch diese Ausführungsvariante wird das eingeleitete Wasser besser auf umliegende Bereiche verteilt.

Anwendungsbereich

Die Rigol- 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 diese Systeme auch für dicht besiedelte Gebiete. Die erforderliche Fläche ergibt sich aus den Einlaufschächten und einer eingeschränkten Nutzbarkeit der oberirdischen Fläche. Bei der Berechnung des Flächenbedarfs variieren die Werte, je nach Durchlässigkeit des anstehenden Bodens und des vorhandenen Rückhaltevolumens zwischen 1,6 und 12 %.

Bewertung

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) • Der Versickerungsstrang besitzt eine hohe Versickerungsleistung, jedoch ein geringes Retentionsvolumen, wodurch eine Kombination eines solchen empfehlenswert ist. (VSA, 2002) 	<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)

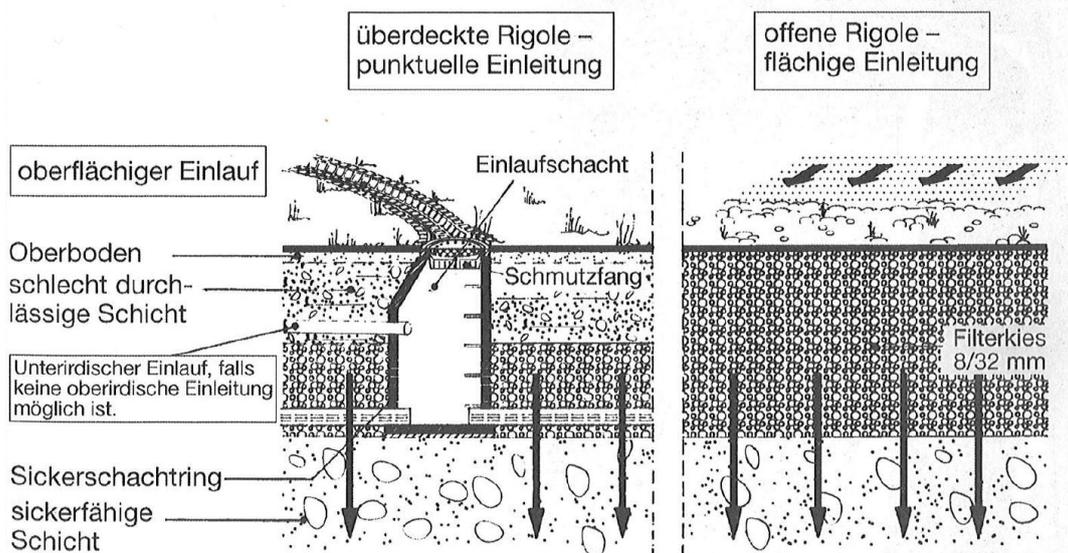


Abbildung 4-8: Prinzip der Rigolen-Versickerung (Geiger, et al., 2009)

4.6.2.2 Schachtversickerung

Funktionsweise

Bei der Schachtversickerung wird das anfallende Regenwasser in einen Schacht geleitet, wobei die Wände und der Boden durchlässig sind. Das Wasser wird im Schacht kurzfristig gespeichert und in der Regel in durchlässige Bodenschichten eingeleitet (Geiger, et al., 2009).

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).

Anwendungsbereich

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. Der Flächenbedarf beschränkt sich an der Oberfläche auf einen Kanaldeckel je Schacht und entspricht ca. 1 % der angeschlossenen Flächen.

Um eine ausreichende Versickerung zu gewährleisten ist ein Durchlässigkeitsbeiwert von mind. 10^{-5} m/s (Sieker, et al., 2003) erforderlich.

Bewertung

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)

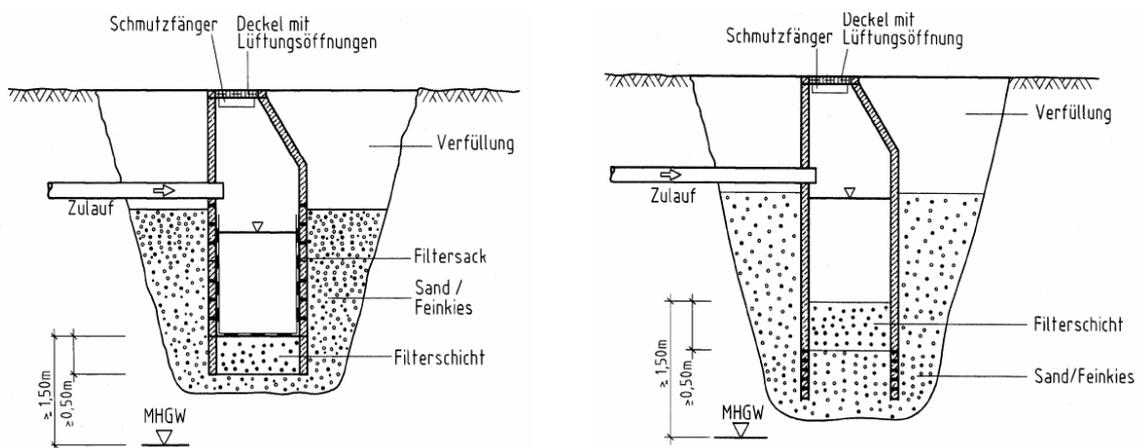


Abbildung 4-9: Versickerungsschachttypen (DWA-A 138, 2005)

4.6.3 Kombination von Versickerungsmaßnahmen

Die oben genannten Methoden können je nach Randbedingungen mit anderen Entwässerungsstrategien, wie Nutzung und Retention, kombiniert werden. Nachfolgend sind zwei wesentliche Kombinationsmöglichkeiten exemplarisch angeführt.

4.6.3.1 Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung

Funktionsweise

Bei der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung (Mulden-Rigol-Element, Mulden-Rigol-System) werden die Vorteile der einzelnen Komponenten kombiniert (Geiger, et al., 2009):

- Die Retention des anfallenden Regenwassers erfolgt in der Mulde und dem Rückhalteraum des Rigolsystems.
- 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 (Geiger, et al., 2009).

Anwendungsbereich

Durch die Kombination zweier Systeme ist für die Versickerung ein wesentlich geringerer Flächenbedarf notwendig als bei der jeweiligen Methode alleine. Nach Herzer (2004) beträgt dieser Kennwert 5 bis 13,3 % der angeschlossenen Fläche.

Bei schlecht durchlässigen Böden kann langes Speichern und eine verzögerte Abgabe zusätzlich zur gezielten Erhöhung des Grundwassers in Bächen erfolgen. Nach Sieker et al. (2003) kommt dieses System auch bei k_f -Wert $< 5 \cdot 10^{-5}$ m/s zur Anwendung.

Bei Bedarf ist vor Einleitung ein Absetz- bzw. Kontrollschacht anzuordnen, um Kolmation des Porenraumes zu vermeiden.

Bei Ableitung kann eine Beeinflussung der Grundwasserstände oder auch Vermeidung von Kontaminationen des Bodens, durch Abdichtung der Rigolen verhindert werden (Geiger, et al., 2009). Ebenso wird diese Maßnahme zur Längsentwässerung von Straßen verwendet und verhindert ein unkontrolliertes Versickern bei Unfällen mit auslaufenden Stoffen (z. B. Öl, ...). Das abfließende Wasser wird kontrolliert in einen Kontrollschacht eingeleitet und in einer angeschlossenen Versickerungsanlage versickert (VSA, 2002).

Bewertung

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 einzelne 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)

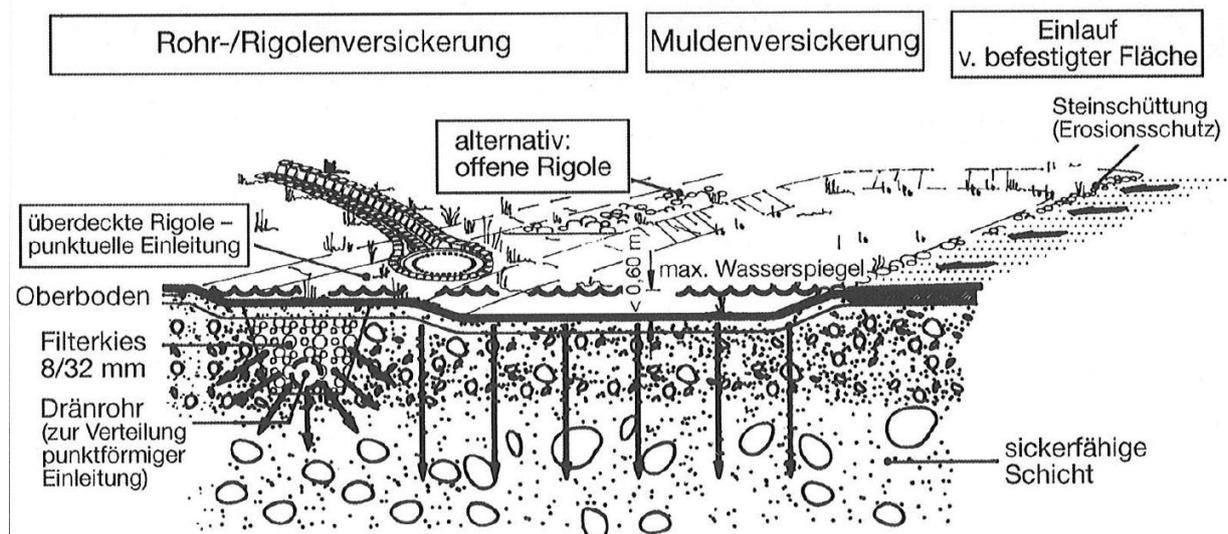


Abbildung 4-10: Prinzip der Mulden-Rigolen Versickerung (Geiger, et al., 2009)

4.6.3.2 Retentionsraumversickerung

Funktionsweise

Die Retentionsraumversickerung ist ein oberflächlich angeordnetes System, das Reinigung, Speicherung und Versickerung vereint. Niederschlagswässer werden in einen, zum Untergrund abgedichteten, Speicherteich oder Graben eingeleitet. Überschreitet der Wasserpegel die Dauerstaulinie versickert das Wasser in der angeschlossenen Mulde in den Untergrund. Bei Einleitung in das Becken kann eine Vorreinigung des Abflusses durch einen horizontal durchflossenen Sandfilter erfolgen. Im Retentionsraum findet zusätzlich ein Abbauprozess der gelösten und ungelösten Stoffe durch Bepflanzung und Sedimentation 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).

Anwendungsbereich

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. Dadurch ergibt sich nach Herzer (2004) ein Flächenbedarf zwischen 1 % bei großen Einzugsgebieten und 10 % bei kleinen Einzugsgebieten.

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).

Bewertung

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)

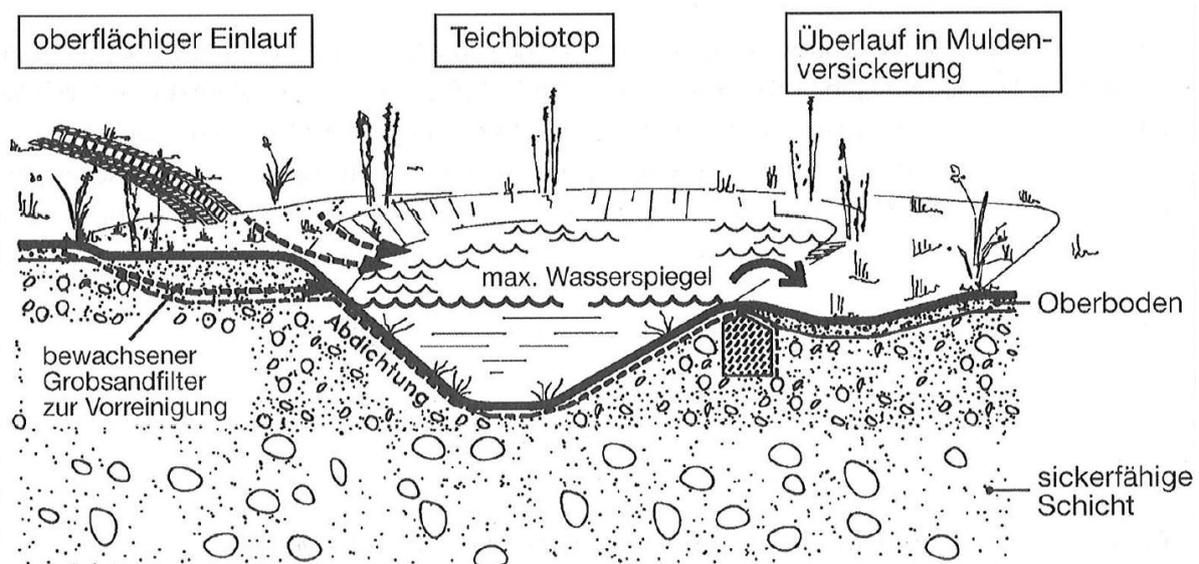


Abbildung 4-11: Prinzip der Retentionsraumversickerung (Geiger, et al., 2009)

4.7 Ableitung in Oberflächengewässer oder in die Kanalisation

Diese Strategie sollte bei unvollständiger Versickerung als weitere Maßnahme zur Verbringung von Niederschlagsabwässern zur Anwendung kommen.

4.7.1 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.

4.7.1.1 Qualitative Anforderungen

Anforderungen an die Vorbehandlung des Niederschlagsabflusses hängen vorwiegend vom entwässerten Flächentyp (Punkt 2.6.2) ab, die in der folgenden Tabelle aufgezeigt sind.

Tabelle 4-2: 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.

$$\frac{P}{MQ} \geq 10 \left(\frac{\text{Personen}}{l/s} \right) \quad \text{Gleichung 4-1}$$

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 (A_u (ha)) und dem mittleren Gewässerabfluss (MQ (l/s)) größer als 0,1 ist.

$$\frac{A_u}{MQ} \geq 0,1 \left(\frac{ha}{l/s} \right) \quad \text{Gleichung 4-2}$$

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).

4.7.1.2 Hydraulische Anforderungen

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

$$\frac{Q_{e,1}}{HQ_1} \geq 0,1 \text{ bis } 0,5 \quad \text{Gleichung 4-3}$$

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

HQ_1 einjähriger Hochwasserabfluss des Gewässers

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

4.7.2 Ableitung in konventionelle Kanalsysteme

Je nach Entwässerungssystem kann eine Ableitung des Niederschlagswassers vom Schmutzwasser getrennt oder gemeinsam erfolgen. Nach Sieker et al. (2003) ist die Ableitung von Niederschlagswässern über das Kanalsystem im Stadtgebiet die vorherrschende Bewirtschaftungsmaßnahme.

Die ständige Erweiterung der Einzugsgebiete bringen früh errichtete Hauptsammler an ihre hydraulischen Grenzen. Dadurch sind bei Einleitung von Niederschlagswässern oft aufwendige Umbaumaßnahmen erforderlich (Sieker, et al., 2006).

4.7.2.1 Ableitung über Trennsystem

Eine indirekte Einleitung in Oberflächengewässer ist bei einem vorhandenen Regenwasserkanal sinnvoll und hat nach den Anforderungen der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung (1996) gedrosselt zu erfolgen. Die Regenwasserabflüsse können eine ausgeprägte Schadstoffbelastung bei Einsetzen des Abflusses (First-Flush) aufweisen. Speziell im Falle einer kurzen Fließzeit ist die Anordnung eines Fangbeckens zu prüfen (VSA, 2002).

4.7.2.2 Ableitung über Mischwassersystem

Nach der Richtlinie der Regenwasserentsorgung (VSA, 2002) soll eine Einleitung von gering belastetem Regenwasser in das Mischwassersystem vermieden werden. Aus mittel- und langfristiger Sicht sollten im Rahmen der Kanalnetzsanierungen Maßnahmen zur Abkoppelung forciert werden.

Bei dieser Einleitung sind keine gesetzlichen qualitativen oder quantitativen Anforderungen definiert. Zur Minimierung der hydraulischen Überlastung und Gewässerbelastung durch Mischwasserüberläufe sind Retentionsmaßnahmen anzuordnen.

Durch die Anordnung von Rückhaltmaßnahmen kann es nachteilig zu verlängerten Überlaufdauern an Mischwasserüberläufen aber auch zur erhöhten hydraulischen Belastung der Kläranlage kommen. Zur qualitativen Eignung ist ökomorphologische Einfluss des Vorfluters im Sinne der Entwässerungsplanung zu prüfen, um gesetzliche Anforderungen einhalten zu können (VSA, 2002).

4.7.2.3 Bewertung der Ableitung in die Kanalisation

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Hohes Speichervermögen • Geringer Flächenbedarf (Sieker, et al., 2003) • Unabhängig von den vorherrschenden Untergrundverhältnissen • Nur gering eingeschränkte Nutzung der Oberfläche 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Aufwand zur Herstellung • Kontinuierliche Wartungen erforderlich • Stoffliche Belastung der Gewässer durch Fehlanlüsse oder verschmutzte Abflüsse

4.8 Gegenüberstellung

Für die nachfolgende Tabelle werden der Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen die wesentlichen vorangehenden Faktoren herangezogen und in einer Übersicht vergleichend gegenüber gestellt. Die verschiedenen Systeme werden nach den folgenden Punkten bewertet:

- Flächenbedarf und Nutzbarkeit der Flächen (Einfluss auf Siedlungsstruktur)
- Erfordernis an die Untergrundverhältnisse (geogener Faktor)
- Retentionswirkung (wesentlich in Kombination mit anderen Maßnahmen)
- Reinigungsleistung (Einfluss auf die Umwelt)

Tabelle 4-3: Gegenüberstellung der Bewirtschaftungsmethoden

Maßnahmentyp	Flächenbedarf und Nutzbarkeit	Untergrundverhältnisse	Retentionswirkung	Reinigungsleistung
1. Vermeiden von Niederschlagsabflüssen				
Dachbegrünung	kein zusätzlicher Flächenbedarf Funktion des Daches bleibt erhalten	unabhängig	hoch	gering
Straßen und Plätze	kein zusätzlicher Flächenbedarf Funktion der Straße bleibt erhalten	unabhängig	hoch	gering
Flächenversickerung	großer Flächenbedarf (15-20%)	ab mittel durchlässigem Boden; kf-Wert $> 1 \cdot 10^{-5}$ m/s	gering	gut - je nach Oberbodenpassage (kf $> 10^{-6}$ m/s)
2. Regenwassernutzung				
dezentrale Regenwassernutzung	geringer Flächenbedarf (4%); bei unterirdischen Einbau eingeschränkte Nutzung der Oberfläche	unabhängig	gering	gering - mechanische Vorreinigung vorsehen
3. Anlagen zur Versickerung				
Muldenversickerung	mäßiger Flächenbedarf (5-25%) je nach anstehendem Boden; Nutzung als Grünfläch, keine intensive Nutzung möglich	gering-mittel durchlässiger Boden; kf-Wert 10^{-6} bis 10^{-3} m/s	gut; je nach Ausführung und Gefälle	gut bei Versickerung durch Oberbodenpassage
Beckenversickerung	mäßiger Flächenbedarf (5-15%) für große Flächenentwässerung; eingeschränkte Nutzungsmöglichkeit der Fläche	mittel durchlässiger Boden; kf-Wert $\geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s	gut	gut bei Versickerung durch Oberbodenpassage
Rigol-Rohrversickerung	mäßiger Flächenbedarf (2-12%); gering eingeschränkte Oberflächennutzung - leichte Überbauung möglich	ab gering durchlässigem Boden; kf-Wert $\geq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s	gering	gering - mechanische Vorreinigung vorsehen
Schachtversickerung	geringer Flächenbedarf (1%); geringe Nutzungseinschränkung des Grundstücks	mittel durchlässiger Boden; Wert $> 10^{-5}$ m/s	gering, je nach Schachtvolumen	gering; GW-Flurabstand von $> 1,5$ m gewährleisten
Mulden-Rigolenversickerung	mäßiger Flächenbedarf (3-13%); eingeschränkte Nutzbarkeit der oberirdischen Fläche	auch bei gering durchlässigen Böden anwendbar; kf-Wert $< 5 \cdot 10^{-5}$ m/s	gut	gut bei Versickerung durch Oberbodenpassage
Retentionsraumversickerung	mäßiger Flächenbedarf (1-10%); je nach Größe des Einzugsgebiets; bei Dauereinstau Nutzung durch Gestaltungsmöglichkeit	mittel durchlässiger Boden bei anschließender Versickerung; kf-Wert $> 1 \cdot 10^{-5}$ m/s	gut	gut durch Sedimentation und Versickerung über Oberbodenpassage
4. Ableitung				
Ableitung in Oberflächen-gewässer oder Kanalisation	geringer Flächenbedarf; gedrosselte Ableitung vorsehen	unabhängig	hohes Speichervermögen	kontrolliert über zentrale Regenwasserbewirtschaftung

5 Einsatzgrenzen von NWB-Maßnahmen

5.1 Einflussfaktoren

Die Wahl der Bewirtschaftungselemente hängt vorwiegend von den naturräumlichen und nutzungsbezogenen Zusammenhängen der Standortbedingungen ab. Nach Sieker et al. (2003) sind neben den Bemessungsfaktoren einer konventionellen Entwässerung vor allem Kenntnisse der Untergrundverhältnisse und der vorhandenen unbefestigten Flächen erforderlich. In der unten angeführten Tabelle werden die Einflussfaktoren zur Ermittlung eines geeigneten Bewirtschaftungssystems aufgezeigt, die im Rahmen der Entwässerungsplanung zu erheben sind.

Tabelle 5-1: Einflussfaktoren der Niederschlagswasserbewirtschaftung (in Anlehnung an Sieker et al. (2003), DWA-A 138 (2005), ÖWAV-RB 9 (2008))

Einflussfaktoren			
			
(AUE, 1998)			
Siedlungsstrukturelle Faktoren	Biogene Faktoren	Geogene Faktoren	Wasserwirtschaftliche Faktoren
<p>Grundstück</p> <ul style="list-style-type: none"> - Art der versiegelten Fläche - Versiegelungsgrad - Bebauungsgrad - Grünflächen - überbaubare Flächen - benachbarte Nutzung <p>Gebäude</p> <ul style="list-style-type: none"> - Größe - Dachtyp - Entwässerungssysteme <p>Einzugsgebiet</p> <ul style="list-style-type: none"> - Größe des Einzugsgebiets - Gebietsnutzung - Bebauungsgrad 	<p>Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auswirkung auf Kleinklima - Gestaltungsmöglichkeiten 	<p>Bodenbeschaffenheit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mächtigkeit der Bodenschichten - Bodentyp - Durchlässigkeit - Altlasten <p>Topographie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hangneigung - Risikobereiche 	<p>Niederschlag</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intensität - Dauer - Menge <p>Grundwasser</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grundwasserschutzzonen - Grundwasserflurabstand <p>Oberflächengewässer</p> <ul style="list-style-type: none"> - Größe und Entfernung von Oberflächengewässern

5.2 Siedlungsstrukturelle Faktoren

Versickerungsbewirtschaftungen sind speziell von den Rahmenbedingungen wie Baustruktur und Flächenverfügbarkeit beeinflusst. In den folgenden Kapiteln werden die wesentlichen Charakteristika siedlungsstruktureller Faktoren erläutert.

5.2.1 Flächenverfügbarkeit

Da Ableitung, Retention, Reinigung und Versickerung von Niederschlagswasser vorrangig mit oberirdischen Anlagen bewerkstelligt wird, ist ein hoher Flächenbedarf notwendig. Bei unterirdischen Versickerungseinrichtungen wie Rigolen oder Schächten ist wesentlich weniger Freifläche erforderlich (Bente, 2001).

Nach Stecker et al. (1996) wird eine einfache Gliederung der Freiflächen getroffen:

- **Verfügbar** für eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung
Beispielsweise Mischbauflächen, Parkplätze, natürliche Freiflächen, etc.
- **Nicht verfügbar** für eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung
Beispielsweise übergeordnete Infrastrukturf lächen, Wälder, Bebauung mit keiner Möglichkeit der Dachbegrünung etc.

5.2.1.1 Siedlungsstrukturtypen

Je nach Bebauungsstruktur kann das Grundstück mit einer Kennzahl des Bebauungsgrades zugeordnet werden. Bei innerstädtischen Wohngrundstücken sind aufgrund der beengten Verhältnisse hohe Versiegelungsgrade der nicht verbauten Flächen zu erwarten. Hingegen sind im Neubaugebiet oder in Reihenhaussiedlungen Gartenflächen vorhanden, die jedoch aufgrund der intensiven Flächennutzung nur bedingt herangezogen werden können. Geschoßbebauung, ältere Reihenhaussiedlungen und freistehende Einfamilienhäuser eignen sich aus Sicht der Flächenverfügbarkeit für Versickerungsanlagen.

Der Versiegelungsgrad (VG) ist jener Anteil der Grundstücksfläche, der aus einer befestigten meist undurchlässigen Oberfläche besteht.

Die Grundflächenzahl (GRZ) gibt Auskunft über das Verhältnis der Grundstücksfläche zur bebauten Fläche. Dadurch ist ersichtlich, wie groß der Anteil der nutzbaren Freiflächen zur Änderung der Oberflächenbeschaffenheit oder Umsetzung einer Bewirtschaftungsmaßnahme ist.

Die Strukturtypen werden gemäß dem Mitteilungsblatt 119 der TU Darmstadt (Bente, 2001) durch folgende Kriterien definiert:

- Bauform und Gestalt
- Anzahl der Geschosse
- Bauweise und Dichte
- Nutzung
- Lage in der Stadt

Eine Übersicht über Stadtstrukturtypen und deren Eigenschaften werden in der folgenden Tabelle in Bezug auf die Möglichkeit einer Bewirtschaftung gegeben.

Tabelle 5-2: Städtebauliche Strukturen (in Anlehnung an Bente (2001))

Baustuktur			
Stadtstrukturtyp	Beschreibung	GRZ	VG
Stadtzentrum	Stark verdichteter Kernstadtbereich, meist mehrstöckige geschlossene Blockrandbebauung; Dachbegrünungen oder zentrale unterirdische Rückhalte- maßnahmen können zur Retention beitragen. Nutzung oder Versickerung in Innenbereichen der Blockrandbauten dienen als Flächen mit multipler Nutzung	0,95-1,0	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 Versickerungs- maßnahmen; kleinere Einzelmaßnahmen durch Dachbegrünungen oder Entsiegelung von Flächen sind möglich.	0,6	0,7-1,0
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.	0,4-0,6	0,5-0,8
Reihenhaus- gebiete	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	0,2-0,4
Geschoß- wohnungsbau	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.	0,1-0,2	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	0,1-0,2

Stadtstrukturtyp	Beschreibung	GRZ	VG
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.	0,6-0,9	0,8-0,9
Neubaugebiet	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.	-	-

5.2.1.2 Einsatzbereiche gemäß Flächenverfügbarkeit

Die folgende Abbildung reiht die verschiedenen Versickerungssysteme nach erforderlichem Freiflächenbedarf bzw. notwendiger Flächenverfügbarkeit. Aus der Gliederung der Methoden ist zu erkennen, dass die meisten Anlagen einer Versickerung eine zusätzliche Speicher- bzw. Retentionswirkung besitzen.

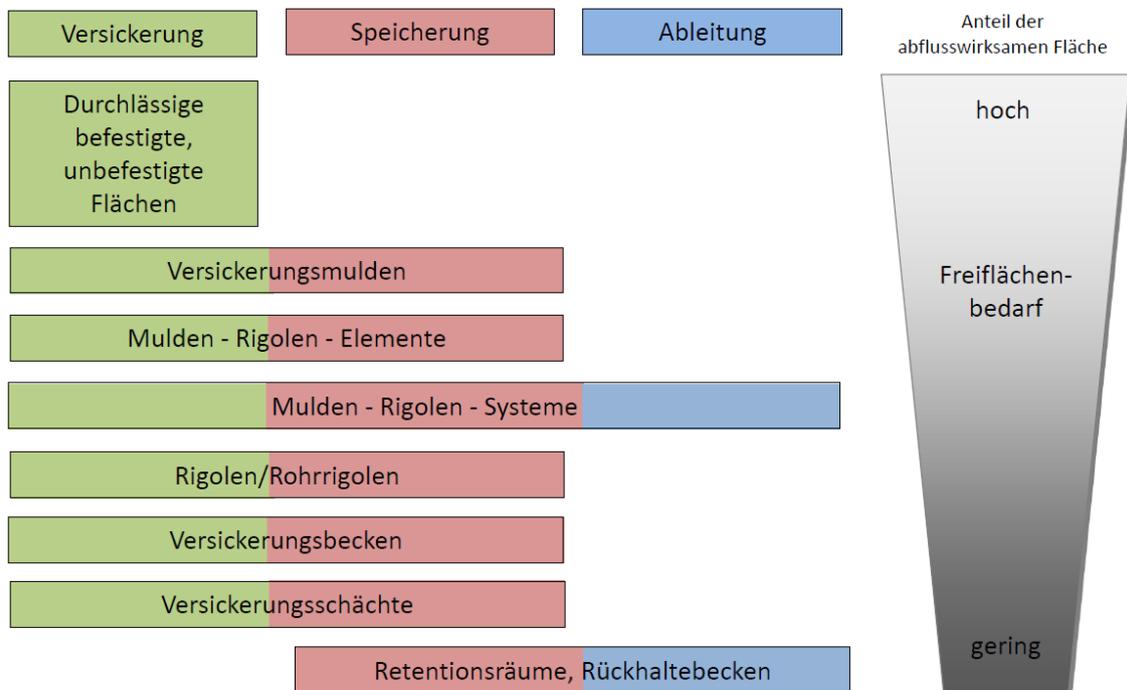


Abbildung 5-1: Erforderliche Freiflächenverfügbarkeit (in Anlehnung an Geiger et al. (2009))

Die Werte der folgenden Tabelle werden aus dem DWA-Arbeitsblatt 138 (2005) und eigenen Literaturrecherchen aus Kapitel 4 herangezogen und miteinander verglichen. Der erforderliche Freiflächenbedarf ergibt sich aus der Relation der versickerungsfähigen und der abflussrelevanten Fläche ($A_S:A_{red}$).

Tabelle 5-3: Flächenbedarf der Maßnahmen

Flächenbedarf Verhältnis $A_U:A_{red}$			
Art der Versickerungsanlage	Versickerungsmethoden	(DWA-A 138, 2005)	Literaturrecherche (siehe Kapitel 4)
Oberirdische – Versickerungsanlagen	Dez. Flächenversickerung	$A_S \leq 25 \% A_{red}$	$A_S = 15-20 \% A_{red}$
	Dez. Muldenversickerung	$5 \% A_{red} < A_S \leq 20 \% A_{red}$	$A_S = 5-25 \% A_{red}$
	Mulden-Rigolen-Versickerung	$10 \% A_{red} < A_S \leq 20 \% A_{red}$	$A_S = 3-13 \% A_{red}$
	Dez. Beckenversickerung	-	$A_S = 5-15 \% A_{red}$
	Retentionsraumversickerung	-	$A_S = 1-10 \% A_{red}$
Unterirdische Versickerungsanlagen	Rohr-Rigolenversickerung	$A_S \leq 2 \% A_{red}$	$A_S = 2-12 \% A_{red}$
	Schachtversickerung	$A_S \leq 2 \% A_{red}$	$A_S = 1 \% A_{red}$

Eine **exakte Ermittlung** des Flächenbedarfs ist nur bei bekannter Durchlässigkeit des anstehenden Bodens und der örtlich anfallender Regenwassermenge möglich. Der Rechenvorgang erfolgt gemäß ÖN B 2506-1 (2000) bzw. DWA-A 138 (2005).

5.2.2 Entwässerungssystem

Bei vorhandenen Regenwasserkanälen sollten Niederschlagsabflüsse auf eigenem Grund gesammelt und gedrosselt in die Kanalisation abgegeben werden. Nach der AAEV (1996) sind nicht verschmutzte Regenwässer, nach geologischen Begebenheiten, bestenfalls vor Ort zu versickern. Bei vorhandener Schmutzkanalisation sollte von einer Einleitung abgesehen werden, um den wirtschaftlichen Betrieb der Kanalisation zu sichern. Bei Mischwasserkanalisation ist es sinnvoll eine Einleitung nur in Ausnahmefällen oder für Notüberläufe heranzuziehen.

Bei der Erhebung der versiegelten und unversiegelten Flächen ist zusätzlich deren Anschluss an die Art der Kanalisation aufzunehmen. Diese ist für eine erste Abchätzung einer Abkopplung erforderlich. Abkopplungsmaßnahmen zählen nach Sieker et al. (2003) zu Sanierungsmaßnahmen, um kostenintensive Querschnittserweiterungen der Kanalisation zu vermeiden. Bei der Entscheidung ist es wesentlich gemäß den Gesamtnutzungskosten die bestmögliche Kombination als Lösung anzustreben (ÖN EN 752, 2008).

5.3 Biogene Faktoren

5.3.1 Wirkung auf das lokale Kleinklima

Wie schon in der Einleitung erwähnt, kommt es durch Versiegelung von Grünflächen bei Errichtung von Siedlungsflächen zu erhöhten Oberflächenabflüssen und durch zu rasche Verdunstung zur Störung des lokalen Klimas. Das Konzept einer naturnahen Niederschlagswasserbewirtschaftung verringert die negative Auswirkung der Versiegelung, was quantitativ durch das Aufstellen einer Wasserbilanz dargestellt werden kann. Diese gliedert die anfallenden Niederschlagsabflüsse in Anteile der Versickerung, Verdunstung und Ableitung (Sieker, et al., 2003).

Aus der Wasserbilanz ist ersichtlich, dass konventionelle Entwässerungsmaßnahmen, wie Kanalisation oder zentrale Regenrückhaltebecken, einen geringen Verdunstungsanteil von weniger als 4 % erreichen. Hingegen wirkt sich eine dezentrale Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahme positiv auf das Kleinklima aus. Der Anteil der Verdunstung von oberirdischen Versickerungsmethoden, wie der Flächenversickerung, Mulden oder Rigolen-Elemente, liegt zwischen 7 und 14 %, ist aber im Vergleich zu natürlichen Verhältnissen sehr gering. Der größte Anteil der Verdunstung wird bei intensiv genutzten Gründächern erreicht und beträgt zwischen 75 und 90 % (Sieker, et al., 2003).

Positiv wirken sich auch oberirdische Systeme mit Abdichtung zum Untergrund aus. Beispielsweise können Retentionsteiche mit Bepflanzungen einen sehr hohen Verdunstungsgrad erreichen (Sieker, 2011).

5.3.2 Gestaltungspotenzial

Im natürlichen Wasserkreislauf wird bei Starkregenereignissen genügend Raum und genügend Zeit zum ungestörten Abfluss gewährleistet. Solche Bereiche bieten Flora und Fauna ausreichend Rückzugsgebiete, welche auch gerne vom Menschen als beliebte Erholungsgebiete genutzt werden. Darum sollten Flächen natürlicher Bewirtschaftungsmethoden zur multifunktionalen Nutzung herangezogen und in das Umfeld als Gestaltungselement eingefügt werden. Naturnah gestaltete Retentions- und Sickerflächen mit geeigneter Vegetation dienen der Gestaltungsfunktion und einem ausgeglichenen Wasserhaushalt. Offene Gerinne können neben Sammlung und Abfluss des Regenwassers auch sinnvoll als Gestaltungselemente eingesetzt werden (Geiger, et al., 2009).

5.4 Geogene Faktoren

5.4.1 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 Wasserdurchlässigkeit 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 k_f -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).

Nach Geiger et al. (2009) kommt es speziell in Städten zur Inhomogenität der Versickerungsleistung. Die Böden stammen häufig von Abrissmaßnahmen und bilden einen skelettreichen und damit einen wenig verformbaren Untergrund. Die Speicherfähigkeit nimmt dadurch ab und die Sickerwassermengen nehmen zu. Durch poröse Materialien (z. B. mineralische Baustoffe wie Ton) kann die Speicherfähigkeit auch sehr unterschiedlich sein. Des Weiteren können im Stadtgebiet Anschüttungen mit Altlasten oder Schadstoffeinträge aus dem Straßenverkehr anzufinden sein, wodurch eine Aussage über die Versickerungstauglichkeit schwer zu treffen ist (Hinrichs, 2000).

5.4.1.1 Einsatzgrenzen der Bodendurchlässigkeit

In der nachfolgenden Tabelle werden empfohlene Bewirtschaftungsstrategien in Anlehnung an Sieker et al. (2003) zusätzlich noch der Sickerleistungsfähigkeit zugeordnet und in Klassen eingeteilt.

Tabelle 5-4: Klassifizierung der Versickerungsrate

Klassifizierung der Versickerungsfähigkeit			
Bezeichnung nach (Sieker, et al., 2003)	Definition der Durchlässigkeit nach DIN 18130-1 (Prinz, et al., 2011)	Durchlässigkeit von Lockergesteinen (Prinz, et al., 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.			

In der nachfolgenden Tabelle werden verschiedene Bewirtschaftungsmethoden gegenüber gestellt und deren mögliche Einsatzbereiche gemäß der geforderten Durchlässigkeit aus vorgegebenen Werten der Normen mit ermittelten Literaturwerten aus Kapitel 4 verglichen. Nach der Funktion Niederschlagsbewirtschaftung können die jeweiligen Entwässerungsstrategien zugeordnet werden.

Tabelle 5-5: Einsatzbereich nach Bodendurchlässigkeit

Durchlässigkeitsbeiwert			
System	ÖN B 2506-1 (2000); DWA-A 138 (2005)	Eigene Literaturrecherche (siehe Kapitel 4)	Entwässerungs- strategie
Flächenversickerung	$> 10^{-5}$ m/s	$> 1 \cdot 10^{-5}$ m/s	V
Muldenversickerung	$10^{-5} - 10^{-4}$ m/s	$1 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-3}$ m/s	V+R
Beckenversickerung	$\geq 10^{-5}$ m/s	$\geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s	V+R
Rigol- Rohr- versickerung	-	$> 1 \cdot 10^{-6}$ m/s	V+R
Schachtversickerung	Filterschicht $< 1 \cdot 10^{-3}$ m/s	$> 1 \cdot 10^{-6}$ m/s	V+R
Mulden-Rigol- versickerung	$< 10^{-6}$ m/s	$< 5 \cdot 10^{-5}$ m/s	V+R+A
Retentionsraum- versickerung	-	$> 1 \cdot 10^{-5}$ m/s	V+R+A
Rückhaltebecken und -teiche		unabhängig	R+A
Legende: V – Versickerung und Vermeidung des Abflusses; R – Retention; A – Ableitung.			

In der oben angeführten Tabelle ist zu erkennen, dass mit sinkender Durchlässigkeit des Untergrunds (k_f -Wert $< 10^{-6}$ m/s) eine Retention mit anschließender Versickerung anzuordnen ist. Gegebenenfalls ist ein gedrosselter Abfluss bzw. ein Notüberlauf in die Maßnahme zu integrieren. Hingegen wird bei gut durchlässigen Böden das notwendige Rückhaltevolumen durch den anstehenden Untergrund gewährleistet, wobei hier zusätzlich die Anforderungen an eine ausreichende Reinigungsleistung nachgewiesen werden muss.

Nach Kaiser (1999) und Sieker (1999) kann anhand der Bestimmungen der Durchlässigkeit auch die Art des Entwässerungssystems abgeleitet werden. So wird bei schwacher Durchlässigkeit auf eine vernetzte Versickerungsanlage und bei gut durchlässigem Untergrund auf isolierte Einzelmaßnahmen verwiesen. Durch Kombination verschiedener Bewirtschaftungssysteme können aus Einzelmaßnahmen Entwässerungssysteme geschaffen werden, dessen Einsatzbereich unabhängig von der Bodendurchlässigkeit ist. Versickerung, Speicherung und die gedrosselte Ableitung ermöglicht trotz eingeschränkter Versickerungsfähigkeit des Bodens eine naturnahe Niederschlagswasserbewirtschaftung.

5.4.2 Mächtigkeit der Bodenschichten

Meist befindet sich der Grundwasserleiter in der quartären Lockergesteinsfüllung der Täler und ist mit einer unterschiedlich mächtigen, bindigen Deckschicht und anthropogenen Anschüttungen überlagert. Diese bindige Deckschicht bildet 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 Anwendung von Bewirtschaftungsmethoden eingeschränkt wird. Da in der Literatur nur bedingt Hinweise bezüglich der konstruktiven Einschränkungen in Abhängigkeit der Tiefe der vorhandenen undurchlässigen Deckschichtenmächtigkeit enthalten sind, wird in dieser Arbeit eine Gliederung zur Abschätzung der Einsatzbereiche getroffen. Die Grenzen der Einsatzstiefen werden aus Konstruktionszeichnungen (VSA (2000); DWA-A 138 (2005); ÖWAV RB 35 (2003)) und eigenen Überlegungen abgeschätzt.

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

Tabelle 5-6: Einsatzbereiche nach Tiefe der bindigen Deckschicht (in Anlehnung an Fuhrmann (2001))

Unterkante 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

Es wird darauf hingewiesen, dass neben dieser Gliederung auch Richtwerte des Grundwassermindabstands zwischen Versickerungssohle und höchstem Grundwasserspiegel einzuhalten ist.

5.4.3 Topografie

Gemäß dem Leitfaden für Oberflächenentwässerungen (LRG Stmk, 2012) sind aus der Geländeerkundung nachfolgende Informationen für die Wahl eines Anlagentyps entscheidend:

- Abgrenzung des Einzugsgebietes

Neben der direkt betroffenen zu entwässernden Fläche sind auch angrenzende Flächen und deren Nutzungen in die abflusswirksame Flächenermittlung mit einzubeziehen.

- Abflussbeiwert

Richtwerte für Abflussbeiwerte der unterschiedlichen Oberflächen werden in der DWA A-138 (2005) angeführt. Diese setzen sich aus Benetzungsverlusten, Muldenrückhalt, Oberflächenrauigkeit bzw. Konzentrationszeiten zusammen.

- Planung von Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung

Zur Planung einer Versickerungslage sind Lage- und Höhenaufnahmen eine wesentliche Grundlage. Für die Ersteinschätzung werden meist Gespräche mit Anrainern über das Verhalten des Oberflächenwassers geführt.

- Natürliche Fließgewässer

Bilden im Gelände Entwässerungstiefenlinien, wodurch eine Ableitung von vernetzten Einzelementen im freien Gefälle möglich wird. Die topografischen Karten können für kleinräumige Betrachtungen Aufschluss über natürliche Retentionsräume (Mulden, Senken,...) geben (Sieker, et al., 2003).

5.4.3.1 Einsatzgrenzen von Versickerungsanlagen in Hanglage

Die Planung und der Bau von Versickerungsanlagen in Hanglagen stellt eine bautechnische Herausforderung dar. Bei ungünstigen Bodenverhältnissen können eingeleitete Sickerwässer Hangvernässungen, Rutschungen oder auch Quellaustritten durch Schichtenwasser verursachen (Dachroth, 2002). Auf diese Probleme wird in Kapitel 6 noch näher eingegangen.

Aufgrund der natürlichen Geländebeziehungen können folgende Parameter bei der Anwendung von **oberflächiger NWB** abgeleitet werden:

- 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 eine Gliederung in folgende Hangneigungsklassen (Stecker, et al., 1996). Das Berechnungsverfahren zur Klassifizierung der Hangneigung für die Erstellung von oberflächigen Muldensystemen nach Stecker et al. (1996) befindet sich im Anhang.

**Tabelle 5-7: Klassifizierung der Hangneigung
(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

5.5 Wasserwirtschaftliche Faktoren

5.5.1 Grundwasserverhältnisse

Um eine ausreichende Sickerstrecke und damit verbundene Reinigungsleistung zu gewährleisten, ist die Mächtigkeit des Sickerraumes (Abstand zwischen Sohle der Versickerungsanlage und dem Grundwasserspiegel) ein weiterer maßgebender Parameter (DWA-A 138, 2005).

Wesentliche Parameter geologischer Verhältnisse sind die obersten Bodenschichten bis zum ersten durchgehenden Grundwasserstauer. Um den Schutz des Grundwassers zu gewährleisten, werden bei hohen Grundwasservorkommen (< 1,5 m unter Geländeoberkante) vorwiegend flach in den Boden eingebundene Bewirtschaftungssysteme angestrebt (Sieker, et al., 2003).

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. 1,50 m** betragen, ausgenommen sind dabei seltene Extremereignisse.
- Nach ÖNORM B 2506-1 (2000) 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. 1,50 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.
- Im Leitfaden zur Oberflächenentwässerung (LRG Stmk, 2012) ist eine Mächtigkeit der Bodenpassage von der Sohle eines Versickerungsschachtes bis zum Grundwasserspiegel von **mind. 2,5 m** gefordert, sofern keine Vorreinigung stattgefunden hat.
- Nach DWA-A 138 (2005) sollte die Sickerstrecke bis zum **mittleren höchsten Grundwasserstand mind. 1 m** betragen. Jedoch kann bei unbedenklichen Niederschlagsabflüssen der Sickerraum verringert werden.

- In der 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.
- Gemäß den Konstruktionsanforderungen der VSA (2002) muss ein Mindestabstand von **1 m** zwischen Sohle der Versickerungseinheit und Grundwasserspiegel **bei Hochwasserstand** eingehalten werden.

5.5.1.1 Einsatzgrenzen durch Grundwasserflurabstände

Aus der Konstruktionstiefe der einzelnen Versickerungsmethoden werden Mindestsohl-abstände abgeschätzt und erforderliche Grundwasserflurabstände ermittelt. Angelehnt an den Leitfaden der Regenwasserversickerung der Ingolstädter Kommunalbetriebe (2008) werden Mindestflurabstände der betrachteten Maßnahmen aufgezeigt, die eine ausreichende Filterwirkung des Bodens gewährleisten. Dabei werden die Werte gemäß den österreichischen Bestimmungen (ÖN B 2506-1, 2000) angepasst und die Abstände zum höchsten maßgebenden Grundwasserspiegel bestimmt.

Tabelle 5-8: Einsatzgrenzen durch Grundwasserflurabstand (in Anlehnung an IN-KB (2008))

Grundwasserflurabstand					
Versickerungsverfahren	Mindestabstand zwischen Sohle und GW-Spiegel	Grundwasserflurabstand (1)			
		< 1,5 m	1,5 – 2,5 m	2,5 – 3,5 m	> 3,5 m
Flächen	1,5 m	nicht	geeignet	geeignet	geeignet
Mulden, Retentionsraum	1,5 m				
Becken, Rohr-Rigolen, Mulden-Rigolen	1,5 m				
Schacht	2,5 m	nicht	geeignet	geeignet	geeignet
Sonstige Versickerungsmethoden		Prüfung im Einzelfall			
Legende: (1) Bezogen auf höchsten maßgebenden Grundwasserspiegel					

5.5.2 Beeinflussung von Nachbarrechte

Weitere Beeinflussungen durch Niederschlagsbewirtschaftungsanlagen können sich auf benachbarte Gebiete oberirdisch und unterirdisch beziehen. Darum ist es schon in der Vorphase der Erkundungen wesentlich, die umliegenden Gebiete näher zu betrachten, um eventuelle Einschränkungen zu erkennen (LRG Stmk, 2012); (Aqua-Bautechnik, 2007):

- Grundwasserschutzgebiete (Schutzzone I und II)
 - Schutzzone I umfasst das unmittelbare Einzugsgebiet der Wasserfassung
 - Schutzzone II 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 Verbote bestimmter Maßnahmen festgelegt, die auch mittels Bescheiden für die betroffenen Bereiche im Wasserbuch eingetragen werden.

Diese Maßnahmen umfassen:

- 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
- Grundwasserschongebiete (Schutzzone III)

In diesem „Schongebiet“ ist ein Schutz vor schwer oder nicht abbaubaren Schadstoffen zu gewährleisten. Dieser Bereich teilt sich in eine engere (III A) und weitere (III B) Schutzzone, wo eine Versickerung mit wasserrechtlicher Bewilligung möglich ist.

Diese sind ebenso im Wasserrechtsgesetz verankert und werden zum Schutze des weiteren Einzugsgebietes und der Erhaltung des guten mengenmäßigen und qualitativen Zustandes des Grundwassers im Einzugsgebiet vom Landeshauptmann verordnet. Innerhalb dieser Bereiche können Bewilligungs- und Anzeigepflichten bestehen, die z. B. für Grabungen tiefer als 3 m oder die Errichtung von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswässern aus verschmutzten Flächen betreffen.

- Gebiete ohne zentrale Wasserversorgung

Orte und Ortsteile, deren Anwesen sich über eigene Hausbrunnen oder Quellen versorgen, können durch Versickerung in das Grundwasser in ihrer Qualität beeinträchtigt werden.

5.5.2.1 Einsatzgrenzen bei Grundwasserschutzgebieten

Die beschriebenen Einschränkungen werden vereinfacht in einer Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 5-9: Versickerung in Wasserschutzgebieten

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

5.5.3 Oberflächengewässer

Die Einleitung ist vorwiegend durch die hydraulische Leistungsfähigkeit und durch die Entfernung des Oberflächengewässers bestimmt. Nach dem Leitfaden für Oberflächenentwässerungen (LRG Stmk, 2012) sind bei Absicht einer Einleitung, hydrografische Daten des betroffenen Oberflächengewässers abzuklären (Niederwasserabfluss, Hochwasserdaten). Die hydraulische Belastung ist gemäß den Anforderungen des ÖWAV RB 35 (2003) zu prüfen.

Eine Einleitung ist sinnvoll, wenn das Niederschlagswasser zusätzliche zur Regulierung des Niedrigwasserstandes dient und das Fließgewässer in unmittelbarer Nähe ist. Es sollte eine offene und gedrosselte Ableitung von nicht verschmutztem Regenwasser erfolgen.

5.6 Weitere Einflussfaktoren

5.6.1 Altlasten

Die Eignung des Untergrunds hängt vorwiegend von der qualitativen Beschaffenheit ab. 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. Im Zweifelsfall ist ein Bodengutachten bezüglich der Schadstoffbelastung und Schadstoffmobilisierung zu erstellen (Sieker, et al., 2003).

5.6.2 Baurisikobereiche

In Baurisikokarten werden Bereiche mit gestörten, geologischen Untergrundverhältnissen und daraus resultierend rutschgefährdete Gebiete ausgewiesen. Versickerungen können zum Herabsetzen der Scherfestigkeit oder Entstehung von Schichtenwasser führen, wodurch die Stabilität des Hanges nicht mehr gewährleistet ist. Die Anwendung von Regenwasserbewirtschaftungen wird in diesen Bereichen nur mit konstruktiven Auflagen ermöglicht, die gemäß Tabelle 5-10 empfohlen sind.

Tabelle 5-10: Risikofaktoren

Risikobereiche	
Gebiet	Auflagen bei Errichtung einer NWB-Maßnahme
Schichtenwasser	Bei Gefahr von auftretendem Schichtenwasser durch Wechsellagerung von wasserstauenden und wasserdurchlässigen Schichten ist ein geologisches Gutachten erforderlich. Punktuelle Einleitungen durch Schachtversickerungen sind zu vermeiden.
Rutschgefahr	Eine Bewirtschaftungsmaßnahme ist nur mit konstruktiven Aufwendungen, wie einer Abdichtung zum Untergrund, möglich.

6 Auftretende Probleme und Empfehlungen bei der NWB

In diesem Kapitel werden generelle Problembereiche von Niederschlagsbewirtschaftungen aufgezeigt. Neben der Beeinflussung durch Anstieg des Grundwasserspiegels in Bereichen des Grazer Beckens kann es bei geologisch ungünstigen Standortbedingungen der Grazer Randlagen zu Hangrutschungen oder der Bildung von Schichtenwässern kommen.

6.1 Beeinflussung des Grundwasserspiegels

Bei den Versickerungsanlagen wird zwischen einer ober- und unterirdischen Einteilung unterschieden. Voraussetzung für eine mögliche Einleitung ist die Sickerfähigkeit des Bodens bis zum Grundwasserleiter.

Oberirdische Versickerungen werden bei Grundwasseranreicherung oder flächigen Niederschlagswasserversickerungen herangezogen. Eine unterirdische Anreicherung des Grundwassers wird durch Brunnen erreicht, die insbesondere bei anstehenden bindigen Deckschichten zur Anwendung kommen. Hier ist im Sinne des Grundwasserschutzes aufgrund der direkten Einleitung in den Grundwasserkörper eine Vorbehandlung sicherzustellen. Im Bereich der Einleitung in den Grundwasserleiter ist mit einem lokalen Anstieg des Grundwasserspiegels zu rechnen (siehe Abbildung 6-1).

Die Reichweite des Absenktrichters hängt vom Durchlässigkeitsbeiwert und vom Abstand zum Grundwasserleiter ab. Je größer die Durchlässigkeit des vorliegenden Bodens ist, desto geringer ist die Reichweite der Grundwasseraufhöhung (Hölting, et al., 2009).

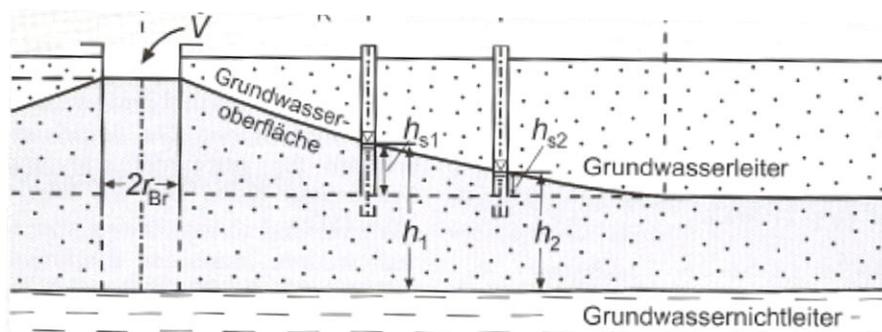


Abbildung 6-1: Grundwasseranreicherung (Hölting, et al., 2009)

6.1.1 Kellervernässung

Durch fortschreitende Versiegelung und eine veränderte Abflusssituation ist schon in der Vergangenheit von einem abgesunkenen Grundwasserspiegel auszugehen, der bei einer Grundwasseranreicherung zu unerwünschten Nebenereignissen führen kann.

Bei geringer Durchlässigkeit des Untergrundes in Neubaugebieten kann die Versickerung zu einer höheren Grundwasserneubildung und zu einem unerwünschten Anstieg des Grundwasserspiegels und in der Folge zu Kellervernässungen führen. Ebenso ist in Altbaugebieten eine nachträgliche Versickerung als problematisch anzusehen (Hölting, et al., 2009).

Ein besonderes Problem entsteht, wenn bestehende Hausdränagen an den Mischwasserkanal angeschlossen werden. Diese können durch Einleitung zu großen Mengen an sauberem Grundwasser-Fremdwasser führen, welche in der Folge die Reinigung von den Abwässern auf den Kläranlagen stört (EAU, n. b.).

Als **Lösungsansatz** ist nach ÖNORM B 2506-1 (2000) darauf zu achten, dass durch Sickerwässer umliegende Fundamente, Keller oder Leitungskanäle nicht durchfeuchtet werden. Sie sollten daher nur außerhalb der Grundwasseraufhöhung situiert werden. Der einfachste Weg eine Vernässung zu vermeiden ist es, einen ausreichenden Abstand zur Sickeranlage einzuhalten.

Dieser Abstand ist nach den folgenden wesentlichen Rahmenbedingungen festzulegen:

- Bodendurchlässigkeit
- Schichtung und Schichtungsneigung des Untergrundes

Durch Wechselfolge von bindigen und nicht bindigen Böden kann bei der Versickerung eine vorwiegend horizontale Strömung entstehen, die eine Durchfeuchtung der Kellerwände verstärkt (LRG Stmk, 2012).

- Fundamenttiefe naheliegender Gebäude und deren Bauausführung

Bei Gebäuden ohne druckwasserdichte Kellerwände sollten Versickerungsanlagen generell nicht im Verfüllbereich der Baugrube situiert werden. Hingegen ist der Abstand bei druckhaltender Abdichtung unkritisch, jedoch müssen zusätzliche Grundsätze, wie Auftriebssicherheit oder Tragfähigkeit, beachtet werden (DWA-A 138, 2005).

- Sohlltiefe der Versickerungsmaßnahme

Grundsätzlich ist bei der Herstellung von Versickerungsanlagen in der Nähe von unterkellerten Gebäuden ohne wasserdruckhaltender Ausführung ein Mindestabstand der 1,5 fachen Baugrubentiefe einzuhalten. Zusätzlich ist ein Abstand der Versickerungsanlage und der Böschungskante der Baugrubenverfüllung von 0,5 m einzuhalten (siehe Abbildung 6-2).

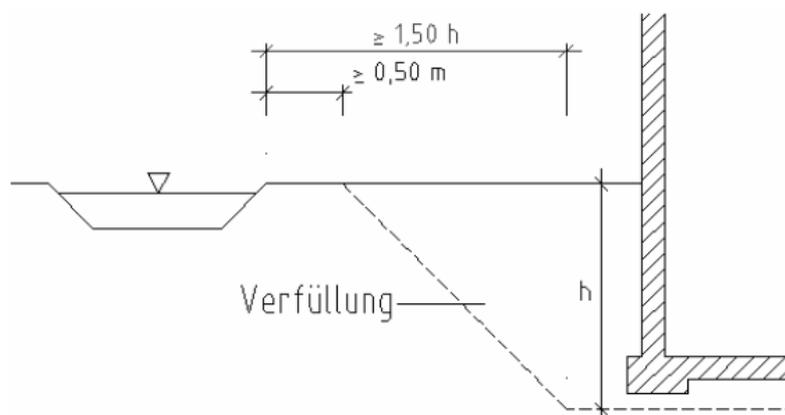


Abbildung 6-2: Abstand von NWB-Maßnahmen zu Gebäuden (DWA-A 138, 2005)

6.1.2 Ausschwemmen von Feinteilen

Unter hydraulischer Instabilität infolge von Versickerungsmaßnahmen werden Vorgänge der Suffosion oder innere Erosion verstanden, die Bodenpartikel bei Durchströmung des Bodens abtransportieren. Bei der Suffosion werden Feinteile durch hohe Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers bei Erreichen der Schleppkraft ausgeschwemmt, ohne die Matrix der groben Körner zu stören.

Dieser Prozess hängt in der Regel von drei Kriterien des vorhandenen Untergrund ab (Prinz, et al., 2011):

- Feinteile müssen durch Porenengstelle der größeren Fraktionen passen.
- Anteil der feinen Fraktionen muss kleiner als 30 – 40 % sein, damit nicht alle Zwischenräume ausgefüllt sind.
- Die Filtergeschwindigkeit muss groß genug sein, um Feinteile zu bewegen.

Davon abgeleitet sind vor allem Schluffe und Fein- bis Mittelsande als filtertechnisch problematisch anzusehen. (Prinz, et al., 2011).

Diese Erscheinung kommt meist bei punktuellen Einleitungen von Niederschlagszuflüssen vor. Als **Lösungsansatz** sind Zuflüsse flächig verteilt anzuordnen, um Erosionen durch punktuelle Einleitung zu vermeiden. Konstruktive Maßnahmen, wie Prallplatten oder unterirdische Verteilung mit Rohr-Rigolen, vermindern die hohen Filtergeschwindigkeiten des Abflusses.

6.1.3 Setzungen von Gebäuden

Gemäß Grimmer (2006) beschreibt die Sackung eine Verschiebung in Richtung der Schwerkraft infolge einer Umlagerung des Korngerüsts bei starker Durchnässung des Bodens (Bodenverflüssigung).

In teilgesättigten Böden entsteht durch scheinbare Kohäsion (Oberflächenspannung des Wassers an Kontaktpunkten) zwischen den einzelnen Körnern ein stabiles Korngefüge mit hohem Porenvolumen (meist Sande). Wird dieses Korngefüge mit Wasser gesättigt, kommt es zum Verlust der kapillaren Haftkräfte und der wirkenden Normalkräfte zwischen den Kontaktpunkten. Die scheinbare Kohäsion zwischen den Körnern wird durch den Auftrieb aufgehoben, wodurch eine Umlagerung des Korngerüsts unter Volumenverkleinerung geschieht.

Der Vorgang der Sackung lässt sich in folgende drei Phasen gliedern, die auch in der Abbildung verdeutlicht werden (Grimmer, 2006):

- Gleichgewichtszustand vor Sackung
- Störung des Gleichgewichtszustandes durch äußere Einflüsse (GW-Anstieg, Erdbeben führen zu kurzzeitiger Änderung des Porenwasserdruckes)
- Einstellung eines neuen Gleichgewichtszustandes in dichter Lagerung

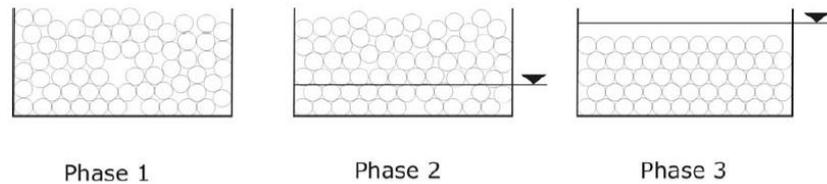


Abbildung 6-3: Phasen einer Sackung (Grimmer, 2006)

Aus Untersuchungen verschiedener Literaturquellen konnten in der Dissertation von Grimmer (2006) folgende Ergebnisse des Sackungsverhaltens zusammengefasst werden:

- Sande sind nur in lockerer oder mitteldichter Lagerung sackungsfähig. Bei dicht gelagerten Sanden sind nur geringe Sackungen aufgetreten.
- Bei nichtbindigem Material mit einem Feinkornanteil unter 15 % neigen zu Sackungen.
- Bei Erstflutung des Korngefüges kommt es zur größten Sackung.
- Kornzusammensetzungen mit zunehmendem Ungleichförmigkeitsgrad neigen weniger zu Sackungen.

6.1.3.1 Lösungsansatz

Um Schadensfälle oder Geländesenkungen während des Grundwasseranstiegs zu vermeiden; werden vorausgehende Untersuchungen empfohlen, woraus sich vorbeugende Maßnahmen ergeben können.

In der Literatur werden nur Lösungsansätze zur Vermeidung von Bodenverflüssigung beschrieben, die die Tragfähigkeit erhöhen. Der Nachteil dieser vorbeugenden Maßnahmen steht jedoch im Widerspruch mit den Anforderungen einer Versickerungsmaßnahme, die durch lockere Lagerung eine höhere Durchlässigkeit fordern. Sinnvoll erscheint es bei vorhandener Sackungsgefahr durch Bodenverflüssigung eine Verbesserung der Bodeneigenschaften, vorwiegend im Bereich der Bauwerke bzw. der Grundwasseraufhöhung, anzustreben und dadurch eine geringere Versickerungsfähigkeit zu akzeptieren. Nach Nigang (2000) werden folgende Verfahren zur Verbesserung vorgeschlagen:

- Erhöhung der Lagerungsdichte (Rütteldruckverdichtung, Verdichten durch Walzen,...)
- Verfestigung (Injektionsverfahren, ...)
- Bodenaustausch – Anpassung der Kornverteilung

6.1.4 Volumenzunahme durch Quellen

Bei Wasserzutritt in einen feinkörnigen, schwach durchlässigen Boden weisen Tongesteine eine hohe Volumenzunahme auf. Bei Behinderung des Quellvorganges durch Auflasten treten entsprechende Quelldrücke auf. Der physikalische Vorgang beim Quellen toniger Gesteine führt zu einer Wasseraufnahme, wobei zwei Mechanismen zu unterscheiden sind (Prinz, et al., 2011):

- Der Einbau von Wassermolekülen in den Zwischenraumschichten ist auch bei natürlicher Wasserzunahme zu beobachten (wesentlich bei Versickerung).
- Osmotische Quellvorgänge sind hingegen bei Entlastungsdeformationen zu erkennen.

Laut Prinz et al. (2011) variiert die Größe der Quellerscheinung je nach Art, Anteil und Orientierung der Tonminerale bzw. dem Spannungszustand und der Wasserwegigkeit. Mit zunehmendem Verwitterungszustand der Tonminerale nimmt die Quellneigung zu. Über Quellversuche ist eine Hebung des Geländes durch Einleitung von Niederschlagswasser schon bei Vorerkundung nachzuweisen.

Bei lokaler Entlastung, infolge Anfangsbewegungen und Durchnässung von instabilen Hängen, quellen Tonminerale auf, wodurch eine Gefügelockerung und Plastifizierung eintritt. Bei zunehmender Wassersättigung weichen bindige Böden auf, was in der Folge zur Abnahme der Scherfestigkeit bzw. der Kohäsion führt. Die Abnahme der Scherfestigkeit kann durch abschiebende Kräfte zu weiteren Rutschungen führen.

Ein weiteres Quellverhalten ist auch bei der Hydratation von anhydrithaltigen Gesteinen bei dauernder Feuchtigkeitseinwirkung zu verzeichnen. Durch die chemische Umwandlung von Anhydrit zu Gips ist nach Prinz et al. (2011) mit einer Volumenvergrößerung von etwa 17 % in jeder Richtung zu erwarten. Durch Risse oder Diffusion gelangt das eingeleitete Wasser in das quellfähige Gestein. Der chemische Prozess bedingt Quelldruckerscheinungen bzw. –hebungen, die über Jahrzehnte andauern können.

Negativen Auswirkungen können durch geologische Erkundungen des anstehenden Bodens mit konstruktiven Maßnahmen entgegengewirkt werden.

6.1.5 Auftriebswirkung

Bei der Versickerung von Niederschlagswasser in Gebäudenähe besteht insbesondere die Gefahr des Auftriebs durch Grundwasseranstieg bei geringem Abstand zwischen Grundwasser und Bauwerkssohle. Daher sind bei Neubauten die Bauwerke nicht nur gegen drückendes Wasser sondern auch gegen Auftrieb zu sichern, was jedoch auch höhere Kosten mit sich zieht. Ebenso ist der Einfluss der Versickerung auf Nachbarbebauungen nicht außer Acht zu lassen (Dachroth, 2002).

Im Leitfaden für Oberflächenentwässerungen (LRG Stmk, 2012) wird auf die Auftriebswirkung, speziell bei nichtfunktionierenden Sickeranlagen, aufmerksam gemacht. Bei zusätzlich schwach durchlässigen Böden kann es zur Wassersättigung der Bauwerkshinterfüllung kommen, welche neben einer Beanspruchung der Abdichtung je nach Stauhöhe auch Auftriebskräfte auf das Bauwerk zur Folge hat.

Die Art der Sicherung gegen Auftrieb wird nach Grundwasserverhältnissen bzw. nach den dafür festgelegten Bemessungswasserständen gewählt. Um Schäden an der Versickerungsmaßnahme selbst zu vermeiden, muss bei möglichem Anstieg des Grundwassers die Anlage auftriebssicher einbaut werden. Dies kann in der Regel durch geeignete Auflast bzw. ausreichend Eigengewicht gewährleistet werden.

6.2 Ausführungsfehler

Gerade in der Ausführung können bei der Errichtung von gebräuchlichen Versickerungssystemen häufig auftretende Fehler vermieden werden.

Gemäß den Untersuchungen von Larcher (2009) sind die häufigsten Fehler auf eine mangelhafte Ausführung zurückzuführen. Dabei kommt es zu folgenden Problemstellungen:

- Oberflächige Sickermulden werden meist zu spät begrünt, wodurch es bei Regenereignissen zu tiefen Erosionen und Verschlämmungen kommt.
- Ebenso führen punktuelle Einleitungen durch weit entfernte Randsteinschlitze zu lokalen Ausschwemmungen.
- Bei falschem Material der aktiven Bodenpassage sind geringe Sicker- oder Reinigungsleistung der Versickerungsfläche zu erwarten.
- Bei Bewuchs in der näheren Umgebung wird aufgrund der Verwurzelung ein Mindestabstand zwischen Bäumen und Rigolen im Ausmaß eines Kronenradius empfohlen.

Des Weiteren sind folgende, grundsätzliche Hinweise bei der Errichtung einzuhalten, um auftretende Funktionsmängel zu vermeiden:

Bei Ausführung einer befahrbaren Versickerungsfläche muss eine Durchlässigkeit des anstehenden Bodens von mind. 10^{-5} m/s nachgewiesen werden und darf bei ausreichender Tragfähigkeit und durch die Nachverdichtung nicht unterschritten werden (ÖN B 2506-1, 2000).

Gemäß den Konstruktionsausführungshinweisen des DWA-A 138 (2005) müssen zur Erhaltung der Filterstabilität von Sickerkörpern geeignete Maßnahmen getroffen werden. Dabei kommen meist Geotextilien zur Anwendung, die das Einschwemmen von Feinmaterial in den meist grobkörnigen Sickerraum verhindern.

Nachfolgend werden Ausführungsfehler und Empfehlungen zur Vermeidung aufgezeigt. Zur dauerhaften Funktion von Versickerungsmaßnahmen sind geeignete Zugangsbereiche anzuordnen, die eine Sicherung der Unterhaltungsmaßnahme gewährleisten (Kaiser, 1999).

6.2.1 Entwässerungsmulden an Verkehrsflächen

Bei der Herstellung von Entwässerungsmulden auf Parkplätzen ist ein ungehindertes flächiges Zuließen des Niederschlagswassers zu gewährleisten. Dabei werden meist offene Randleisten verwendet, die mit in einen Betonbett verlegt werden. Die Randsteine sind gegen Befahren zu schützen und müssen daher auch mit Beton ummantelt werden. In der Folge wird durch Betonummantelung eine vollständige Begrünung der Entwässerungsmulde verhindert und zusätzlich die bemessene Entwässerungsbreite einschränkt. Daher werden Hochbordsteine in L-Form (siehe Abbildung) empfohlen, die eine alternative Lösung der Randeinfassung bilden (Larcher, et al., 2009).

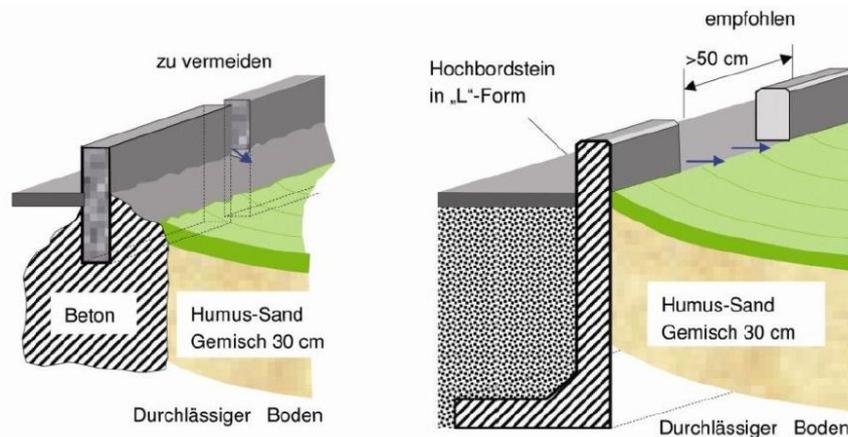


Abbildung 6-4: Randausbildung von Verkehrsflächen (Larcher, et al., 2009)

6.2.2 Rückstau in Zuleitungsgraben

Insbesondere bei schwach durchlässigen Böden kommt es durch Bauarbeiten zur lokalen Auflockerung des Bodengefüges. Außerdem werden durchlässige Materialien zur Herstellung der Hinterfüllung oder Auffüllung der Künette verwendet. Bei fehlerhaften Anlagen kann es zu einem Rückstau in den Zuleitungsgraben kommen. Ebenso bewirken in Hanglage zusätzlich Schichtenwässer eine Füllung der unterirdischen Versickerungsräume. Durch den Überstau wird die Hinterfüllung mit Wasser gesättigt und kann je nach ausgeführter Abdichtung des betroffenen Bauwerks zu einer Kellervernässung oder Auftrieb führen.

Zur Vermeidung dieser Probleme wird eine Verdichtung eines bindigen Füllmaterials im Zuleitungsgraben geraten. Des Weiteren kann durch hoch gelegenen Zulauf oder einer oberirdischen Zulaufrinne ein Rückstau verhindert werden. Wenn möglich bzw. rechtlich erlaubt, ist ein Notüberlauf, der tiefer als der Niederschlagswasserzulauf angeordnet ist, in das Kanalsystem oder in einen nahegelegenen Vorfluter vorzusehen.

6.2.3 Verdichtung des Untergrundes

In der Bauausführungsphase werden Freiflächen meist als Lagerfläche auf der Baustelle herangezogen. Bei Verwendung als Versickerungsfläche ist es wesentlich, auch während der Bauzeit, dynamische Belastungen oder schwere Auflasten in diesen Bereichen zu vermeiden. Gemäß ÖNORM B2506-1 (2000) ist insbesondere darauf zu achten, dass die Grabensohle und die Wände der Gräben in ihrer natürlichen Durchlässigkeit erhalten bleiben.

Vor und während des Baus der Versickerungsanlage kann eine Untergrundverdichtung wirkungsvoll durch Umzäunung und zusätzliche Hinweistafeln verhindert werden. Eine mögliche Sanierungsmaßnahme ist die Auflockerung der Bodenschichten, wobei auch ein bereichsweiser Austausch der Filterschicht erforderlich sein kann.

6.3 Betrieb

Betriebliche Maßnahmen sind gemäß DWA-A138 (2005) in geregelten zeitlichen Intervallen durchzuführen. Dabei wird in der nachfolgenden Tabelle auf durchzuführende Maßnahmen in Abhängigkeit der jeweiligen Versickerungsmethode hingewiesen:

Tabelle 6-1: Betriebliche Maßnahmen (in Anlehnung an DWA-A 138 (2005))

Niederschlagsbewirtschaftungs- methode	Maßnahmen
Bau von Versickerungsanlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Verringerung von Kolmation (Verschlammung) • Verbot des Befahrens • Keine Lagerungsflächennutzung
Durchlässige Oberflächen mit Ableitung in eine Versickerungs- anlage oder in die Kanalisation	<ul style="list-style-type: none"> • Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung der Versickerungsfähigkeit • Vermeiden von Verschmutzungen • Austausch von schadstoffbelasteten Bodenpassagen
Unbefestigte, oberirdische Versickerungsflächen (Mulde, Versickerungsflächen, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Regelmäßige Mäharbeiten in Abhängigkeit von der Nutzung und des Bewuchs • Bei Bedarf entfernen von Laub oder Ablagerungen • Wiederherstellen der Durchlässigkeit • Verhindern von anderwärtigen Nutzungen • Verhindern der Erosion • Austausch der Filterschicht bei hoher Schadstoffbelastung
Unterirdische Retentions- und Sickerräume (Rigole, Rohrrigole, Sickerschacht, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Regelmäßige Inspektion (halbjährlich) • Reinigen vorhandener Absetzschächte • Vermeidung der Durchwurzelung • Schachtyp A (siehe Pkt. 4.6.2.2) – ggf. Reinigung oder Austausch des Filtersacks • Schachtyp B (siehe Pkt. 4.6.2.2) – Wiederherstellen der Durchlässigkeit der Filterschicht (Austausch)
Unterirdische Regenwasser- nutzungsanlagen (Geiger, et al., 2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Inspektion der Pumpen und Speicher im leeren Zustand sinnvoll • Reinigung sollte in großen Zeitabschnitten erfolgen, damit der gebildete Biofilm nicht zerstört wird (positiv wirkender Abbau von Mikroorganismeneinträge) • Reinigung der Filtereinrichtung • Sichtkontrolle von Anlagebestandteile

6.3.1 Organisation der Pflege- und Wartungsarbeiten

Insbesondere durch fehlende Organisation und Verantwortlichkeiten der Pflege- und Wartungsarbeiten kann es nach Kaiser (n.b.) im Betrieb zu Problemen kommen.

In der Praxis wird zwischen folgenden Eigentümerkonstellationen unterschieden, die in den folgenden Punkten beschrieben werden:

- **Öffentliche Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung**

Untersuchungen haben gezeigt, dass die entstehenden Folgekosten bei sorgfältiger Planung und Ausführung nicht höher als bei konventionellen Ableitungs- und Entwässerungssystemen sind. Jedoch ist anzumerken, dass Wartungsleistungen von Kanalbetreibern an Dritte (Grünraumpflege) weiter zu vergeben sind.

- **Private Anlagen**

Probleme die aus mangelnder Kenntnis bzw. fehlender Akzeptanz von privaten Betreibern (Eigentümer) entstehen, können folgende Ursachen haben:

- Fehlende Kenntnisse über Aufgaben und Funktionsweise der Versickerungsanlage
- Mangelnde Bereitschaft, Zeit und Geld für die Wartung und Pflege
- Fehlende Hinweise auf Unterhaltung der Anlagen, wenn erstellte Pflege- und Wartungsanleitung nicht mehr vorhanden ist
- Unkenntnis über eingesparte Abwassergebühr und der dafür erforderliche selbstständige Leistungsaufwand (gilt für Bereiche mit getrennter Abwassergebühr)

- **Private Gemeinschaftsanlagen**

Die Planung und Genehmigung privater Gemeinschaftsanlagen wird wegen erwarteter Nachlässigkeit der regelmäßigen Wahrnehmung von Wartungs- und Pflegemaßnahmen von Bauträgern, Planern und Aufsichtsbehörden oftmals abgelehnt. In der Folge werden durch ungeklärte Zuständigkeiten eine Vernachlässigung der Anlagen oder die fehlende Akzeptanz durch grundstücksübergreifende Pflege- und Wartungsmaßnahmen von einzelnen Grundstückseigentümern erwartet. Hier ist eine geeignete Aufteilung der Verantwortungsbereiche für eine funktionierende Niederschlagsbewirtschaftung entscheidend.

Durch mangelnde Wartung durch z. B. verstopfte Dachrinnen oder fehlendes Bewusstsein der Anwohner kommt es zu Verunreinigungen und in der Folge zu Überlastungsereignissen (Londong, et al., 2011).

In der Regel sollte auf privaten Grundstücken die Verantwortung für den Unterhalt der Anlage der Eigentümer tragen. Dies kann Vorteile, wie ein verständnisvolles Bewusstsein für die eigene Anlage sein, aber auch Nachteile mit sich bringen, die durch vernachlässigte Unterhaltung entstehen. Hierbei könnte die Behörde durch gesetzliche Verankerung, das Recht vorbehalten, die Anlage zu kontrollieren. Anlagen im öffentlichen Bereich sind vom Träger der Niederschlagswasserentsorgung zu betreuen. Die Gliederung in oberirdische (Grünflächenamt) und den unterirdischen Teilen (Stadtentwässerungsamt) ist aufgrund der Kompetenzzuordnung nach Sieker (1999) sinnvoll.

6.3.2 Unsachgemäße Nutzungen

Im Rahmen der internationalen Bauausstellung Emscher Park (IBA) konnten mehrere Projekte angelegt werden, die nun seit den 1990er Jahren in Betrieb sind. Durch einen erneuten Augenschein im Jahre 2011 konnten einige Erkenntnisse gewonnen werden (Londong, et al., 2011).

Hierbei ist anzumerken, dass die Pflege und Unterhaltung der Grünflächen und Versickerungsanlagen in allen Projekten durch Wohnungsgenossenschaften oder Gemeinden durchgeführt wurde.

In den folgenden Punkten werden zwei Beispiele einer unsachgemäßen Nutzung aufgezeigt und erläutert:

- Durch beengte Platzverhältnisse führte die Anordnung einer Versickerungsmulde vor dem Haus zu einer Zweckentfremdung. Ohne Rücksicht auf die Funktionsfähigkeit wurden die Mulden als Parkplätze genutzt, wodurch ein Schaden an der Versickerungsanlage entstanden ist. Als Lösungsansatz würde sich eine Abzäunung dieser Bereiche eignen, die jedoch in der Folge die Zugänglichkeit der Mulden einschränken.
- In einer weiteren Siedlung wurde eine Zentralmulde mit einer Großrigole und zusätzlichen Dränschächten zur Niederschlagsbewirtschaftung herangezogen. Durch die zentrale Lage in der Siedlung und fehlender Kinderspielplätze wurde die Versickerungsmulde intensiv von Kindern zum Ballspielen genutzt. Dies beeinträchtigt die obere Bodenzone und führt zu Verminderung der Reinigungs- und Versickerungsleistung.

Bei Erstellung von Versickerungsanlagen kommt es in Abhängigkeit der Bodenverhältnisse zu einem hohen Flächenbedarf, um eine ansprechende Gestaltung zu ermöglichen bzw. schädliche Fremdnutzungen zu vermeiden. Oberflächige Gestaltungselemente der Niederschlagsbewirtschaftung sind in Hinblick auf unsachgemäße Nutzung anfälliger als unterirdische Systeme. Im Bericht von Londong et al. (2011) wird nach Kaiser zur Vermeidung dieser unsachgemäßen Nutzung auch bei dezentralen Anlagen zu einem zentralen Betreiber angeraten.

6.3.3 Kolmation und Verdichtung

Unter Kolmation wird die Verringerung der Sickerfähigkeit des Bodens durch Einschwemmen von Feinteilen in das Bodengerüst verstanden. Die Bemessung von Versickerungsanlagen wird mit der Annahme eines nicht verschmutzten bzw. nicht verdichteten Untergrunds durchgeführt. Darum ist es wesentlich auf den Erhalt der Wasserdurchlässigkeit, wie schon erwähnt, auch in der Bauzeit zu achten. Während dem Betrieb der Anlage kommt es in der Regel zum Eintrag von Feinteilen, der eine Verringerung der Wasserdurchlässigkeit bewirkt und nur durch regelmäßige Wartung verringert werden kann. In den folgenden Unterpunkten werden Hinweise zur Vermeidung einer Sickerleistungsreduktion aufgezeigt und dabei zwischen ober- und unterirdischen Bewirtschaftungsanlagen unterschieden (Geiger, et al., 2009).

6.3.3.1 Oberirdische Anlagen

In der Regel sind offensichtliche Verunreinigungen durch Grobstoffe, wie z. B. durch Laub, zu entfernen. Des Weiteren darf bei einer Flächenversickerung keine mechanische Bodenverdichtung durch Geräte erfolgen. Bei durchlässigen Befestigungen hingegen ist es wesentlich, dass Fugen und Poren von Fremdstoffen freigehalten werden. Eine ordnungsgemäße Pflege verhindert jedoch nicht den Eintrag von Feinpartikeln, die zur Abnahme der Versickerungsleistung führen (Geiger, et al., 2009); (Londong, et al., 2011).

Nach Geiger et al. (2009) kann durch Tiefenporencleaning oder Austausch des Fugenmaterials die Sickerfunktion wieder hergestellt werden. Aufgrund einer fehlenden Wartung von Anlagen mit oberirdischer Speicherung kann es ebenso zu langer Einstaudauer und in der Folge zur Zerstörung der Vegetationsschicht kommen.

Bei geplantem Einstau der oberirdischen Retentionsbereiche kommt es in den Jahren zu Ablagerungen auf der Sohle. Die Sohle sollte aufgrund der eingetragenen Schadstoffe alle 2 – 5 Jahre auf deren Konzentration überprüft werden, um ein Durchbrechen in tiefere Bodenschichten zu vermeiden (Geiger, et al., 2009).

6.3.3.2 Unterirdische Anlagen

Bei diesen Anlagen kann es durch Eintrag von Feinstoffen zu verringerten Sickerleistungen, aber auch zur Verkleinerung des Retentionsraumes kommen. Deshalb wird nach Geiger et al. (2009) empfohlen, vor Einleitung in diese Anlagen Absetzbereiche anzuordnen. Dadurch ist eine Kontrolle und Entfernung der eingetragenen Materialien leicht möglich. Kommt es trotz dieser Maßnahmen zur Feststellung verringerter Sickerleistungen kann eine Spülung der Rigole erfolgen.

Bei Schachtversickerungen kann gemäß dem DWA-A 138 (2005) mit vorgeschalteten Absetzbereichen oder Filtersäcken Abhilfe geschaffen werden, die jährlich zu reinigen und ggf. zu erneuern sind.

6.3.3.3 Lösungsansätze

Zum vorbeugenden Kolmationsschutz werden Niederschlagszuflüsse von Versickerungsanlagen vorbehandelt. Nach dem DWA-A 138 (2005) sind zur Vermeidung von Kolmationsvorgängen von zentralen Versickerungsbecken Sedimentationsbereiche vorzuschalten. Für die Kolmation sind Partikel mit einem Korndurchmesser $< 0,06$ mm relevant, die jedoch bei Oberflächenbeschickung nicht abgeschieden werden können. Aus Untersuchungen wurde erkannt, dass durch regelmäßige Abtrocknung der Sicker- bzw. Filterfläche die Sickerfähigkeit aufrechterhalten bleibt und enthaltene Sedimente gut strukturiert bzw. langfristig durchlässig bleiben.

Bei unterirdischen Versickerungsanlagen ist eine Vorbehandlung von gering verschmutztem Niederschlagswasser aufgrund des Grundwasserschutzes erforderlich. Hier ist zwischen Abflüssen von Metalldächern und Verkehrsflächen zu unterscheiden. Erstere benötigen hauptsächlich eine Entfernung von gelösten Schwermetallen, während Abflüsse von Verkehrsflächen zusätzlich organische Stoffe enthalten, die partikulär gebunden sind. Diese Inhaltsstoffe erfordern eine kombinierte Sedimentations- und Filtrationseinheit zur Entfernung der partikulären Anteile. Erfahrungsberichte zeigen Probleme mit hohem Feststoffanfall bei

kleinen Einzugsgebieten, die in der Folge zu Verstopfungen oder Kolmationen führen können. Im hohen Eisenanteil der Ablagerungen aus Verkehrsabflüssen wurde ein positiver Nebeneffekt der Schadstoffbindefähigkeit erkannt, die somit zur Reinigungsleistung gegenüber gelöste Schadstoffe beitragen können.

Deshalb und bei Gewährleistung von ausreichenden Austrocknungsphasen sollten Sedimente auf Versickerungsflächen erhalten bleiben, solange die hydraulische Sickerleistung eingehalten wird (KA 04_2011, 2011).

6.3.4 Winterbetrieb

Aufgrund des Grundwasserschutzes darf die Flächenversickerung im Winterbetrieb nicht mit Enteisungsmittel oder Tausalz eisfrei gehalten werden. Gemäß den Bestimmungen des DWA-A 138 (2005) müssen die Flächen und verwendeten Enteisungsmittel im Einzelfall betrachtet werden. Der Einsatz von Tausalz kann zu einer Versalzung des Bodens und einer dauerhaften Veränderung des Bodengefüges führen, was nicht zuletzt eine Verringerung der Durchlässigkeit bedeutet. Eine alternative Lösung dazu bildet das Aufstreuen von Splitt (Geiger, et al., 2009).

Im Leitfaden der Naturnahen Regenwasserbewirtschaftung von Nordrhein-Westfalen (Kaiser, n. b.) wird im Winterbetrieb zwischen offenen Ableitungen und oberirdischen Versickerungsanlagen unterschieden.

Bei **offenen Ableitungen** werden vor allem Sicherheitsaspekte der Verkehrsflächen in Bezug auf kreuzende offene Rinnen erwähnt, die jedoch in Wahrheit keinen besonderen Einfluss haben. Selten folgt einem abflusswirksamen Niederschlagsereignis ein sofortiger Frosteinbruch, der das Regenwasser noch direkt am Weg zur Versickerungsanlage frieren lässt. Jedoch stellen Perioden mit Frost-Tauwechsel ein solches Problem dar.

Oberirdische Anlagen

Wenn Niederschlag bei einem Regenereignis auf gefrorenen Boden trifft, besteht die Vorstellung, dass keine Versickerung stattfinden kann. Nach Sieker (1999) konnte jedoch durch Beobachtungen und Messergebnisse an ausgeführten Anlagen mittels Flutungsversuchen nur geringfügige Veränderungen der Durchlässigkeit festgestellt werden. Sollten oberirdische Versickerungsanlagen mit Schnee gefüllt sein, so können sie dennoch Tau- und Regenwasser aufnehmen, da das Gefüge des Schnees einen hohen Porenanteil aufweist.

Hingegen wird in Geiger et al. (2009) beschrieben, dass es nur zu einer kurzen erhöhten Aufnahmefähigkeit des Bodens kommt, der auf Schrumpfungsrisse im Boden zurückzuführen ist. Jedoch können gerade bei lang anhaltenden Frostperioden in Verbindung mit Niederschlägen oberirdische Versickerungsanlagen ausfallen. Unterirdische Versickerungsanlagen haben in der Regel keine Probleme mit der Versickerung bei Frost, da die Abfluss- und Sickerprozesse in frostfreier Tiefe stattfinden. Im Falle eines Sickerschachtes kann durch großen Luftraum im Inneren die Filterschicht von Frostbildung betroffen sein, wobei auf der geringen Sohlfläche keine positiv auswirkenden Schwindrisse zu erwarten sind.

In Geiger et al. (2009) wie auch in Kaiser (n. b.) wird erwähnt, dass die Gefahr einer Überschwemmung in Frostperioden gering ist, da erfahrungsgemäß davon ausgegangen wird, dass Starkniederschlagsereignisse selten auf gefrorenen Boden treffen.

Als Maßnahmen bei einsetzendem Tauwetter sind Zu- und Überläufe der Versickerungsanlagen von Schnee und Eis zu befreien, um die Gefahr eines Rückstaus zu vermindern. Hingegen sind bei Rückstauanlagen und Regenwassernutzungsanlagen keine besonderen Vorkehrungen zu treffen.

6.4 Schadstoffeintrag

Einen wesentlichen Einfluss auf die Verunreinigung der Abflüsse hat die örtliche und großräumige Lage sowie die Nutzung und Pflege der Entwässerungsfläche. Die endgültige Verunreinigung setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen, die während des Abflusses von Niederschlagswässern entsteht (ÖN B 2506-1, 2000).

6.4.1 Verunreinigung durch Luft

Niederschlag kann bereits in der Atmosphäre Stoffe aufnehmen, die aufgrund der allgemeinen Luftverschmutzung vorhanden sind. Dazu zählen z. B. Ammonium-Stickstoff, Metalle, Feinstaub etc. (ÖN B 2506-1, 2000).

Die Wahl eines geeigneten Flachdachaufbaus kann unter Umständen eingetragene Schadstoffe aus der Luft herausfiltern. Der Nachteil eines begrünten Flachdachs ist eine Anreicherung mit organischen Stoffen, die wiederum eine Verfärbung des Abflusses nach sich zieht und zur Regenwassernutzung in Gebäuden daher nur bedingt einsetzbar sind (Geiger, et al., 2009).

6.4.2 Verunreinigung von Entwässerungsflächen

Regenwässer treffen meist auf Flächen unterschiedlicher Materialien, die maßgeblich die Qualität des Niederschlagsabflusses beeinflussen können. Die Wahl geeigneter Deckbeläge von Dächern bzw. Oberbauten in Neubauprojekten ist insbesondere bei Abkopplungsmaßnahmen im Bestand von großer Bedeutung. Die Materialien sind entscheidend für die Nutzung und eine unterirdische Versickerungsmaßnahme ohne Reinigungsleistung (Geiger, et al., 2009).

Gemäß Geiger et al. (2009) sind nach derzeitigem Kenntnisstand Abflüsse von Grün-, Glas-, Kunststoff- (PE) und Tonziegeldächern unbedenklich. Dachpappe hingegen gibt organische Säuren an das Wasser ab, deren Wirkung noch nicht ausreichend untersucht ist. Abflüsse von Dacheindeckung mit Faserbetonziegeln enthalten oft schwer abbaubare Fasern. Werden Kupfer, Zink und Blei für Dacheindeckung, Dachrinnen und Fallrohre verwendet, können erhebliche Schwermetalleinträge in den Boden und in der Folge evt. in das Grundwasser eingetragen werden. Metallische Dacheindeckungen erfordern daher meist auch für kleine Grundstücksentwässerungen aufwändige Vorbehandlungsmaßnahmen.

Neben den Materialien der Entwässerungsfläche kommt es zu Depositionen von Schmutzstoffen auf Entwässerungsflächen. Darunter werden Tierexkremate oder Ablagerungen aus der Umgebung verstanden. Atmosphärische Verunreinigungen können jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sein, da es vorwiegend in den kalten Jahreszeiten zu verstärkten Stoffbelastungen durch Emissionen aus Heizungsanlagen kommt. Je nach Art der Flächennutzung kann es zu Verunreinigungen durch Lagerung oder Manipulation kommen (ÖN B 2506-2, 2003).

6.4.3 Schadstoffeintrag über kontaminierten Boden

Wird eine Versickerung im Bereich von Altlastenverdachtsflächen errichtet, muss mit schädlichen Stoffen im Untergrund gerechnet werden. Die Stoffe befinden sich in der ungesättigten Bodenzone und werden durch Bindungskräfte und chemische Umsetzungen festgehalten. Durch Versickerung in diesem Bereich besteht die Gefahr, diese Stoffe zu remobilisieren und in das Grundwasser einzuschwemmen.

Um den Schutz des Grundwassers zu wahren, ist bei vorhandenen Altlasten oder bei Altlastenverdachtsflächen auf eine direkte Versickerung zu verzichten. Jedoch muss nicht zwangsläufig auf eine Ableitung zurückgegriffen werden. Ein wasserundurchlässiger Abschluss eines Mulden-Rigolen-Elements aus z. B. Bentonit-Matten verhindert ein tiefes Einsickern der Niederschlagswässer und kann über zentrale Drainagesysteme aus den gefährdeten Bereichen geführt werden. Damit kann unabhängig von der Durchlässigkeit bzw. der Gefährdung durch Bodenschadstoffe die Reinigung der Niederschlagswässer über eine Bodenpassage und ein gedrosselter Abfluss erreicht werden (Sieker, 1999).

6.4.4 Lösungsansätze

Zur Vermeidung einer Verunreinigung dieser Einflüsse auf das Grundwasser müssen geeignete Entwässerungsmaterialien und -systeme gewählt werden. Die geforderten Qualitätskriterien sind im ÖWAV Regelblatt 35 (2003) enthalten und in Kapitel 2.6 beschrieben. Als Grundsatz gilt, eine oberflächige Versickerung über eine Bodenpassage anzustreben.

Gemäß § 32 Abs. 1 (WRG, 1959) müssen Maßnahmen dem Stand der Technik entsprechen und unter Berücksichtigung der Forderung zur Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Grundwassers gereinigt und eingeleitet werden. Somit gelten auch die Bestimmungen der DWA-A 138 (2005), die folgende Forderung an Einleitungen in Brunnenanlagen enthalten:

„... Das Einleiten von Niederschlagsabflüssen in Brunnen, also direkt in das Grundwasser, ist aus Gründen des Grundwasserschutzes auch bei unbedenklichen Abflüssen nicht zulässig. ...“

Im Einzelfall müssen zur Reinigung Absetz-, Abscheide- oder Filteranlagen zur Trennung der Inhaltsstoffe vor einer Versickerungsmaßnahme vorgeschaltet werden.

In den österreichischen Bestimmungen nach ÖWAV Regelblatt 35 (2003) ist eine unterirdische Versickerung unbedenklich, wenn der Anteil von unbeschichteten, metallischen Installationen der Gesamtfläche kleiner als 5 – 10 % ausmacht. Hingegen muss unter Anwendung der DWA-A 138 (2005) und Vorhandensein von unbeschichteten, metallischen Dachdeckungen (Kupfer, Zink und Blei) vor Einleitung in eine unterirdische Versickerung immer eine Entfernung der Stoffe durch Vorbehandlung erfolgen.

Je nach Nutzung der Flächen sind Abflüsse gemäß dem Stand der Technik laut ÖNORM B 2506-2 (2003) zu reinigen. Abhängig von der Beschaffenheit des Untergrundes muss die Filterschicht eine ausreichende Reinigungsleistung aufweisen. Kann die geforderte Qualität nicht erreicht werden, ist eine technische Reinigungsanlage erforderlich.

Eine Wartung im laufenden Betrieb ist vor allem bei oberflächigen Versickerungsanlagen zu gewährleisten, um abgesetzte Stoffe von der Versickerungsfläche zu entfernen. In der ÖNORM B 2506-2 (2003) ist darauf hingewiesen, dass der Boden nur eine begrenzte Speicher- und Reinigungskapazität besitzt. Darum ist es wesentlich die Funktionstüchtigkeit der Anlage zu erhalten und in regelmäßigen Abständen das abbau- und filterfähige Material auszutauschen. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005) sollte ein Bodenaustausch bei hoch belasteten Anlagen alle 10 Jahre erfolgen.

6.5 Hanglagen mit ungünstigen geologischen Bedingungen

Im Untergrund herrschen aufgrund der Lagerung der Bodenteilchen meist stabile Verhältnisse, die durch Eingriffe des Menschen aus dem Gleichgewicht gebracht werden können. Verschiedene Auswirkungen einer Einleitung von Wasser in den Boden werden in diesem Kapitel aufgezeigt. Versickerndes Niederschlagswasser ist häufig der auslösende Faktor für Rutschungen. Nach Prinz et al. (2011) kann gemischtkörniger bindiger Hangschutt an übersteilen Hängen ($> 35^\circ$) leicht durch Lastzunahme infolge Wassersättigung oder verstärktem Strömungsdruck des Sickerwassers ins Rutschen kommen. Die Wasserwegsamkeit von wechselgelagerten stauenden und nicht stauenden Schichten sind besonders anfällig.

Aufgrund der geologischen Entstehungsgeschichte ist an Hängen mit inhomogenen Aufbauten zu rechnen. Ursache dafür sind Bodenumlagerungen aus vergangenen Zeiten, wie Erosions- oder Hangrutschereignisse.

Ebenso können durch Einbringen von Wasser in einen versickerungsfähigen Untergrund Schichtwasserabflüsse auf schlecht durchlässigen Schichten entstehen. Schichtenwässer treten nach starken Regenereignissen in Wechsellagen von gut und gering durchlässigen Schichten in Erscheinung. Wird durch Herstellung einer Versickerungsanlage eine solche temporär wasserführende Schicht angeschnitten, können Schichtenwässer nach Regenfällen zur Auffüllung des Retentionsraumes durch eingeleitete Sickerwässer aus dem höher liegenden Einzugsgebiet führen (DWA-A 138, 2005).

In Trockenzeiten kann die Durchlässigkeit durchwegs ausreichend sein, jedoch kann durch die zufließende Wassermenge die Abflusskapazität überschritten werden und örtlich einen Rückstau in die Zuleitung der Anlage erzeugen (LRG Stmk, 2012).

Bei diesen Gebäuden kann es zur Vernässung der Kellergeschoße, aber auch zu Fremdwassereintrag über Hangdränagen in die Mischwasserkanalisation kommen. Insbesondere in Hanglagen kann es unter natürlichen Bedingungen zu einer Erhöhung des oberflächigen Direktabflusses kommen, was auch direkte Auswirkungen auf die Unterlieger haben kann. Die Herstellung einer Versickerungsanlage steigert die Durchnässung des Untergrundes und erhöht die Gefahr einer Hangrutschung durch Schichtenwasserbildung (DWA-A 138, 2005).

Eine schematische Darstellung dieser Einflüsse wird in der nachfolgenden Abbildung gezeigt:

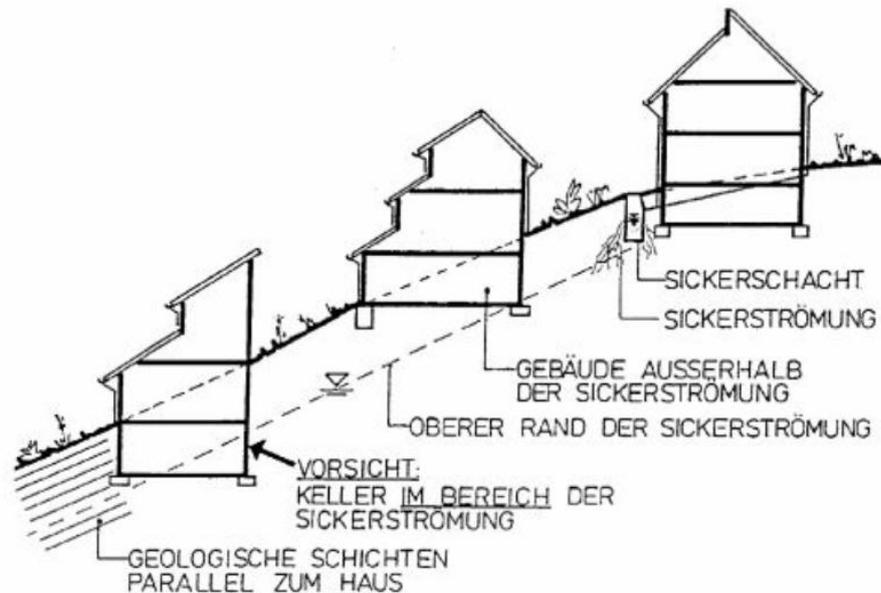


Abbildung 6-5: Einfluss von Schichtenwasser in Hanglagen (RWM, 2012)

Bei der Errichtung von Niederschlagsbewirtschaftungsanlagen in Hanglagen sind folgende wesentliche Punkte zu beachten (Vogt, et al., 1996):

- Im Einzelfall sind Auswirkungen auf Unterlieger durch Vernässung zu überprüfen. Dabei sind Faktoren, wie Wasserleitfähigkeit, Hausabstand, Hangneigung und wasserführende Schichten im Untergrund zu beachten.
- Diese Überprüfungen gelten nicht für Gebäude mit wasserdichten Kellern.
- Sickeranlagen sollten immer hangparallel angeordnet werden, um Sickerwasser auf größere Flächen zu verteilen.

Böschungsstabilität

Böschungsinstabilitäten hängen maßgebend von der inneren Geologie ab, die durch einen sogenannten Trigger, ein Initialmechanismus der das Gleichgewicht der Kräfte stört, zu einer Massenbewegung führen kann. Die wichtigsten Stabilitätsprobleme treten bei folgenden Punkten auf:

- Böschungsinstabilitäten
- Überschreiten der Tragfähigkeit des Bodens
- seitlich wirkende Kräfte

Eine wesentliche gemeinsame Eigenschaft der Stabilitätsprobleme bildet auch der Einfluss des Grundwassers. Wasser bewirkt ein Herabsetzen der Scherfestigkeit (Lang, et al., 2006).

Zur Abschätzung der Standsicherheit werden die wirkenden Schubspannungen in der Gleitfläche mit der Scherfestigkeit des Bodens verglichen. Dabei kommt es zum Bruch, wenn die Schubspannung des Bodenelements die Scherfestigkeit überschreitet.

Die geologischen Böschungsstabilitäten unterscheiden sich in Fest- und Lockergesteine. Bei Festgesteinen ist der Bruchmechanismus einer Gleitfläche durch Diskontinuitäten vorbestimmt. Bei Lockergesteinen hingegen kann sich eine Bewegungsfuge frei ausbilden, wobei die Inhomogenität bei Schichtwechsel den Bewegungsmechanismus vorgibt bzw.

beeinflusst. Für genauere Aussagen und Berechnungen von Böschungstabilitäten sind geeignete Bodenuntersuchungen erforderlich (Witt, 2008).

Da versickerungsfähiger Boden vorwiegend aus Lockergestein besteht, wird hier das Rotationsgleiten (siehe Abbildung 6-6) als typischer Bruchmechanismus angeführt. Eine weitere Versagensart bildet das Translationsgleiten, bei dem es zu einer reinen Verschiebung kommt.

Die Lage des Gleitkreises stellt sich in Abhängigkeit der Scherfestigkeit ein. Ein Gleiten wird durch Überwinden der Scherfestigkeit innerhalb der Gleitfläche erzeugt (Witt, 2008).

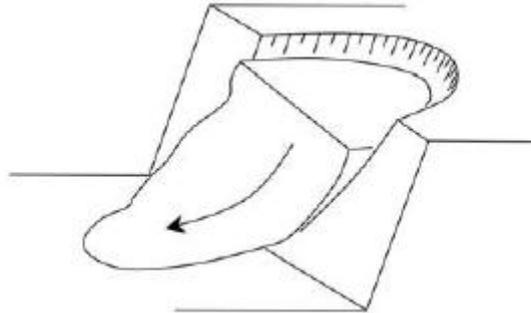


Abbildung 6-6: Rotationsgleiten einer Böschung (Witt, 2008)

Auslöser für Gleitvorgänge können nach Witt (2008) Regen oder Schmelzwasser sein, die eine Veränderung der Wasserverhältnisse im Boden hervorrufen. Speziell im Lockergestein führt ein Anstieg der Wassermengen im Boden zu einer Erhöhung des Porenwasserdrucks, was in der Folge eine Verringerung der Normalspannung und somit der Scherfestigkeit in der Scherfläche nach sich zieht. Eine Strömung des Wassers verringert zusätzlich die Normalspannung entlang der möglichen Gleitfläche. Eine Versickerung von Wasser fördert ein rasches Eindringen von Niederschlagswasser in den Untergrund, wodurch der natürliche Schutz, mittels Abfluss an der Oberfläche, verringert wird.

6.5.1 Lösungsansätze

Zur Vermeidung von Hangrutschungen und Schichtenwässern infolge Wassereinleitung durch Versickerungsmaßnahmen müssen im Einsatzgebiet der geologische Aufbau und die Schichtung des anstehenden Bodens bekannt sein, um die Gefahr von Rutschungen abzuschätzen. Unter Umständen müssen aufwendige Hangsicherungsmaßnahmen hergestellt werden, die mit hohen Kosten verbunden sind. Bei bestehender Gefährdung sollte von der Versickerung abgesehen werden und eine alternative Niederschlagsbewirtschaftung, wie z. B. abgedichtete Systeme oder Einleitung in Regenwasserkanäle zur Anwendung kommen.

Neben der Eingrenzung der möglichen Anwendungen und konstruktiven Ausbildung von Bewirtschaftungsanlagen werden in den nachfolgenden Punkten weitere mögliche Lösungsansätze aufgezeigt.

6.5.1.1 Rechtliche Vorgaben

Eine passive Variante zur Vermeidung von geologischen Gefahrenpotenzialen ist es ein generelles Verbot zu erteilen, wenn eine Versickerungsanlage die Standsicherheit des Hanges gefährdet. Diese Beurteilung ist durch einen sachverständigen Bodengutachter zu erstellen. Beispielsweise wird dies bei Errichtung einer Niederschlagsbewirtschaftungsanlage in Niederösterreich in der Bauordnung verankert.

„...Bei Hanglagen wird die Gefahr von Erdbeben durch Versickerung von Wasser erhöht. Ist die Standsicherheit nicht gegeben, darf keine Versickerungsanlage errichtet werden. ...“ (Burger, et al., 2009)

6.5.1.2 Anwendbarkeit von Bewirtschaftungsmaßnahmen

Flächenversickerungen sind aufgrund der fehlenden ebenen Flächen beschränkt und nur in Bereichen von Anschüttungen zur Verrieselung geeignet.

Bei Muldenversickerung ist es angedacht, die Sickerwässer senkrecht zum Grundwasser zu führen. Speziell in Hanglagen kann es zu Stauhorizonten in der Schichtung des Bodens kommen, die in der Folge zu Hangvernässungen, Quellaustritten oder Rutschungen führen können. Zunehmende Hangneigung erfordern größere Konstruktionsbreiten oder hangparallele Ausführungen, wodurch eine Muldenversickerung in Hanglagen nur bedingt geeignet ist. Bei größeren Hangneigungen kann konstruktiv durch Kaskadenbildung oder durch hangparallele Anordnung Abhilfe geschaffen werden (Dachroth, 2002).

Bei gering durchlässigem Untergrund kann eine Rigolenversickerung in Kombination mit Mulden ausgeführt werden. Dadurch können versickernde Niederschlagswässer in tiefere Bereiche geführt werden und somit die Gefahren des Wasseraustritts oder einer Hangvernässung vermindert werden. Rohr-Rigolensysteme werden bei Trockenwetter auch für die Hangdrainage herangezogen, wodurch auftretendes Schichtwasser an geeigneten Stellen zur Versickerung gebracht wird und somit die Hangrutschgefahr vermindert werden kann (Dachroth, 2002).

Aufgrund der punktuellen Einleitung und Entstehung eines höheren Porenwasserdrucks ist die Schachtversickerung für Hanglagen nur bedingt geeignet. Gerade bei schlecht durchlässigem Untergrund oder gefährdeten Hangbereichen ist es wesentlich auf kombinierte Niederschlagsbewirtschaftungsmethoden zurückzugreifen.

Retention mit Ableitung

Retention von Niederschlagswasser mit anschließendem Abfluss in einen Misch- oder Regenwasserkanal ist aus Sicht der Hochwasserentlastung in Oberflächengewässern und zur hydraulischen Entlastungen der Kanalisation von großer Bedeutung. Eine dezentrale Lösung durch Rückhaltmaßnahmen auf eigenem Grundstück vermindert den Hochwasserspitzenabfluss bei Starkregenereignissen.

Durch dichten Abschluss zum Untergrund kann ein Retentionsraum gebildet werden, der unabhängig von der geologischen Bodenbeschaffenheit ist und somit keinen Einfluss auf die Hangstabilität bewirkt. Über ein Drosselorgan wird das aufgefangene Volumen zeitverzögert abgeleitet. Es wird darauf hingewiesen, dass ein möglicher Überstau in der Anlage durch einen Notüberlauf zu verhindern ist.

Retention mit Versickerung

Je nach geologischen Randbedingungen kann es lokal zu Einschaltungen von durchlässigem Material im Gefüge schwach durchlässiger Böden geben. Des Weiteren kann lokal eine Versickerung in tiefere durchlässige Schichten angestrebt werden, die eine Beeinflussung von Schichtenwasser oder Gleitflächen vermeidet. Dieses System kommt auch in Graz im Bereich des Ruckerlbergs zur Anwendung (GDP, 2012). Für die lokalen Versickerungsmaßnahmen wurden vorwiegend geschlossene Schächte mit einem erhöhten Retentionsvolumen durch angeschlossene Rigolelemente angewandt. Optional werden Sickerschächte mit einem nach unten abgedichteten Retentionsraum ausgebildet, wodurch das gesammelte Wasser auch zur Brauchwassernutzung herangezogen werden kann.

Oberirdische Retention

Wenn gesammelte Oberflächen- bzw. Niederschlagswässer die Hangstabilität beeinflussen oder der anstehende Untergrund schwach bis sehr schwach durchlässig ist, können alternativ zur Versickerung dezentrale Regenrückhaltebecken als Retentionsteiche angeordnet werden. Die Teiche werden in Hanglagen kaskadenförmig angeordnet, wobei vorausgesetzt ist, dass genügend Freiflächen vorhanden sind. Die Teiche sind zum Untergrund hin, je nach Gefährdung einer Rutschung, meist natürlich, abgedichtet und haben eine im Vergleich zu ihrer Fläche geringe Tiefe, um die natürliche Verdunstung zu unterstützen. Das Auffangen von Niederschlagswasser in einem Retentionsraum am tiefsten Punkt kann zur Brauchwassernutzung bzw. zusätzlich als Pumpensumpf herangezogen werden. Über Pumpen wird das Wasser wieder an den höchsten Punkt der Retentionstreppe befördert, um einen Zirkulationsbetrieb und eine vollständige Verdunstung zu erreichen (GDP, 2012).



Abbildung 6-7: Kaskadenförmige, offene Retentionsteiche (EAU, n. b.)

Durch diese Variante kann ein künstlicher Bach erzeugt werden, der als Gestaltungselement eingesetzt wird und die Verdunstung des Niederschlagswassers auf dem eigenen Grundstück fördert. Der dafür erforderliche Einsatz einer Pumpe ist jedoch aufgrund der zusätzlichen Kosten aus Stromverbrauch und Wartungsaufwand bzw. der Ausfallsgefahr in Frage zu stellen, wobei alternativ auch auf Photovoltaikbetrieb zurückgegriffen werden kann. Bei Ausfall der Pumpe muss das System mit einem Notüberlauf ausgestattet sein, welcher eine sichere Ableitung gewährleistet. Ebenso kann die Eutrophierung durch langen Einstau ein ästhetisches Problem am Grundstück darstellen.

6.5.1.3 Ableitung in Regenwasserkanal

Nach Sieker (1999) ist eine Versickerung von Regenwasser in steilen Hängen nur mit aufwendigen, kostenintensiven Maßnahmen möglich. Eine kaskadenförmige Anordnung der Muldensysteme kann zu Gestaltungszwecken genutzt und gleichzeitig zur Retention verwendet werden. Diese Maßnahmen erfordern einen hohen Flächenbedarf, wodurch zumeist Systemlösungen mit zentralen Anlagen, die hangparallel an Straßen geführt werden, zur Anwendung kommen. Eine Zuleitung über offene Gerinne oder Gräben ist bis zu einer Geländeneigungen von 10 % mit der Konzeption einer naturnahen Bewirtschaftung möglich.

7 Bewirtschaftungsinformationssystem und Maßnahmenkatalog

Eine gewisse Vorreiterrolle im Bereich der Niederschlagswasserbewirtschaftung nimmt die Emschergenossenschaft/Lippeverband in Deutschland ein, wo schon seit vielen Jahren innovative Überlegungen zur Planung von Bewirtschaftungssystemen gefördert und umgesetzt wurden bzw. werden. In diesem Kapitel werden beispielhaft einige Grundlagen und Ergebnisse der Emscherregion aufgezeigt und beschrieben.

7.1 Emschergenossenschaft

7.1.1 Ausgangslage im der Emscherregion

Durch den Bergbau bedingte Geländesenkung wurde die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung des Emschergebiets in offenen Abwasserläufen organisiert. Die Reinigung des Flusses wurde vor der Einmündung in den Rhein durch eine Flusskläranlage bewerkstelligt. Der Fluss Emscher und seine Nebenläufe wurden aus diesem Grund mit Ausklingen des Bergbaubetriebes ökologisch umgestaltet. Dabei forcierte die Genossenschaft eine Trennung zwischen Rein- bzw. Schmutzwasser und Abwasserkanäle bzw. Regenwasserbehandlungsanlagen. Das Investitionsvolumen für den Umbau im 862 km² großen Gebiet mit stark versiegelten (Versiegelungsgrad 20 %) Ballungsräumen beträgt rund 4,4 Mrd. € (Becker, et al., 2005).



Abbildung 7-1: Emschergebiet (EGLV, 2012)

Die Kosten des Umbaus im Emscher Gebiet setzen sich aus folgenden Punkten zusammen (Becker, et al., n. b.):

- Kläranlagenbau
- Abwasserkanäle
- Bauwerke zur Mischwasserbehandlung
- Hochwasserrückhaltmaßnahmen
- Regenrückhaltebecken
- Gestaltung von Gewässern

Durch die ökologische Umgestaltung der Gewässer und einem überwiegenden Abfluss im Mischwassersystem (90 %) wird trotz des Umbaus der Wasserhaushalt stark verändert. Der große Oberflächenanteil der Abflüsse führen einerseits zu starken Hochwasserabflüssen bei Starkregenereignissen und auf der anderen Seite zu geringer Grundwasseranreicherung mit stark reduziertem Niedrigwasserabfluss in trockenen Perioden (Becker, et al., 2005).

Die bisherige „end-of-pipe“ Strategie verfolgt ein schnelles und vollständiges Ableiten aller Niederschläge aus den Siedlungsgebieten über die Kanalisationssysteme mit anschließender Mischwasserspeicherung und –behandlung. Um die im Jahre 2000 neu auferlegten qualitativen Ziele der EU-WRRRL erfüllen zu können, steigen die Kosten stetig weiter an. Mit einer ursachenbezogenen Trennung von Schmutzwasserabflüssen und sauberem Regenwasser entsteht ein erhebliches Potenzial, diesen Konflikt zu entschärfen. Durch die Erneuerung des gesamten Systems entsteht die einzigartige Situation, das vorhandene städtische Entwässerungssystem auf den Stand der Technik bringen zu müssen.

Im Rahmen der Neukonzeption konnte die Bewirtschaftung der Niederschlagswässer direkt am Anfallort forciert werden, um nachhaltige Strukturen zu schaffen (Stemplewski , et al., 2006). Unter den nachhaltigen Zielen sind folgende Punkte zu verstehen:

- Weniger Kosten für konventionelle Bauwerke zum Rückhalt und zur Behandlung von Misch- und Regenwasserabflüssen
- Mehr erlebbare Gewässer in Stadtlandschaften
- Verbessertes Entwicklungspotenzial in natürlichen Gewässerläufen

Jedoch können diese Konzepte unter den gegebenen Randbedingungen, wie den hohen Grundwasserspiegel, der mäßig bis schlechten Wasserdurchlässigkeit der anstehenden Böden, sowie zahlreiche Altlastenverdachtsflächen, nur schwer durchgeführt werden (Becker, et al., n. b.).

7.1.2 Pilotprojekte

Der Umbau im Emscherraum startete im Zuge eines in Bottrop durchgeführten Kongresses im Jahre 1990. Nachdem die Skepsis gegenüber der geplanten Entwässerungspraxis und deren Undurchführbarkeit immer lauter wurde, führte die Genossenschaft schließlich einige Pilotprojekte im Jahre 1992 im Rahmen der internationalen Bauausstellung Emscherpark durch. Dabei sollte die Machbarkeit dezentraler Bewirtschaftungsstrategien in der Praxis unter Beweis gestellt werden (Stemplewski , et al., 2006).

Durch ein großes Informationsmanagementssystem unterstützte die Emschergenossenschaft die Verbreitung der Ideen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung im Siedlungsneubaugebiet. Diese Strategie wird seit 1996 in Nordrhein-Westfalen im Landeswassergesetz verankert. Seit 1994 wurden durch Förderaktivitäten der Emschergenossenschaft erstmals Abkopplungsmaßnahmen in bestehenden Siedlungsgebieten finanziell unterstützt (Stemplewski , et al., 2006). Beispielsweise wurden Förderungen von 5,11 €/m² abgekoppelter, befestigter Fläche für einfache Konzepte initiiert und damit zur Nachahmung motiviert. Es wurden einfache, robuste Anlagen möglichst mit bewachsener Bodenpassage empfohlen, um die Herstellung und den Pflegeaufwand zu erleichtern. Damit konnten viele Hausbesitzer Bewirtschaftungsmaßnahme ohne größere planerische oder technische Anleitung in Eigenregie herstellen. Des Weiteren belegen Befragungsergebnisse nach

Anwendung dieser Strategie, dass 90 % der Eigentümer den Pflegeaufwand der Anlagen für gering erachten. Aus Interviews war zu erkennen, dass die Mitwirkungsbereitschaft bei Abkopplungsmaßnahmen gleichermaßen von finanziellen Vorteilen, wie von kompetenten Informations- und Beratungsleistungen beeinflusst wird (Becker, et al., n. b.).

Um jedoch ökologische und ökonomische Vorteile auf den Umbau des Emscher Systems umlegen zu können, waren die erreichten Erfolge zu wenig. Darum wurde eine flächendeckende Strategie zur Umsetzung geänderter Entwässerungskonzepte in einem wasserwirtschaftlich relevanten Umfang erforderlich. Infolgedessen wurde eine Machbarkeitsstudie im Rahmen eines Ideenwettbewerbs in einem rd. 80 km² großen Teileinzugsgebiet (Boye) ins Leben gerufen. Hierbei konnte nachgewiesen werden, dass eine Abkopplung von 12 - 18 % innerhalb von 7 – 12 Jahren erreicht werden kann (Becker, et al., 2005).

Die notwendigen Investitionen in Maßnahmen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung werden mit etwa einem Drittel von der öffentlichen Hand und zwei Drittel vom privaten Eigentümer getragen. Den erforderlichen Investitionen stehen Einsparungen gegenüber, die eine relevante Verringerung der Kanaldimensionierung und von notwendigen Retentionsvolumina ermöglichen. Des Weiteren kann durch ein geändertes Abflussregime des Gewässers ein vergleichsweise naturnaher Zustand erreicht werden (Becker, et al., n. b.).

Aus dem Projektergebnissen konnten Planungsgrundsätze auf andere Teileinzugsgebiete des Emschergebiets übertragen werden. Der erforderliche Investitionsbedarf für das konventionelle Abwasserbeseitigungskonzept der Emscher Region in einem Zeitraum von 5 - 7 Jahren wurde mit 1 Mrd. € ausgewiesen. Die geplanten Abkopplungsmaßnahmen prognostizieren ein mögliches Sparpotenzial bei der Kanalsanierung von 200 Mio. € und 70 Mio. € durch kleinere Dimensionierungen beim Bau von sonstigen Bauwerken (Becker, et al., n. b.).

7.1.3 Zukunftsvereinbarung

Mit 31. Oktober 2005 wurden die Zukunftsvereinbarung Regenwasser von 17 Stadtvertretern des Emschergebiets unterzeichnet. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse wurde das Ziel definiert, innerhalb von 15 Jahren 15 % des Abflusses im Einzugsgebiet der Emscher vom Kanal abzukoppeln. Die wesentlichen Planungsgrundsätze können in folgenden Punkten zusammengefasst werden (Becker, et al., n. b.):

- Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung sind den konventionellen Lösungen vorzuziehen, jedoch führte dieser Punkt anfangs, trotz geändertem Landesgesetz, noch zu keiner Gewohnheitsänderung der Planer und Behörden.
- Bei allen Nutzungsänderungen von Freiflächen muss das vorhandene Abkopplungspotenzial ausgeschöpft werden, da auf bergbaulich genutzten Flächen durch naturnahe Entwässerungsverfahren ein positiver Effekt erzielt wird.
- Bei Kanalsanierung sind ebenso Abkopplungspotenziale in der Planung zu berücksichtigen.

Auf Basis dieser Forderungen wurden flächige Untersuchungen zur Umsetzung möglicher Methoden angestellt, die in den nachfolgenden Karten festgehalten werden.

7.2 Karte des Abkopplungspotenzials

Abkopplung bedeutet, den bestehenden Anschluss versiegelter Flächen vom Kanalsystem zu trennen und die Niederschlagsabflüsse stattdessen in eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme abzuleiten (Stemplewski, et al., 2006).

In der Abkopplungspotenzialkarte (siehe Abbildung 7-2) werden bei Anwendung unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen die Freiflächenverfügbarkeit in Abhängigkeit von den siedlungsstrukturellen Einflussfaktoren dargestellt.



Abbildung 7-2: Abkopplungspotenzialkarte (Spengler, 2005)

Für die Bewirtschaftung notwendiger Flächen widersprechen meist den Nutzungsansprüchen der Bebauungsstruktur. Dabei ist es von großer Bedeutung, den Zeitpunkt des Eingriffes zu unterscheiden. In Neubaugebieten können schon in der Planungsphase Flächen freigehalten werden, wohingegen im Bestandgebiet nur ungenutzte Flächen zur Bewirtschaftung heranzuziehen sind (Stecker, et al., 1996).

Jeder Baustrukturtyp wurde blockscharf über mehrere Grundstücke analysiert und auf Abkopplungspotenzial bewertet. Bei den Erhebungen konnten zunehmende Nutzungsintensitäten und Zunahme der Oberflächenbefestigung mit dem Anstieg des Bebauungsgrad beobachtet werden. Es ist anzumerken, dass mit steigendem Anteil befestigter Flächen, auch der Anteil des anfallenden Regenwassers, das auf dem Grundstück zu verbringen ist, erhöht wird. (Stemplewski, et al., 2006).

Neben der räumlichen Betrachtung wird die zeitliche Umsetzbarkeit in zwei Gruppen gegliedert. Für technisch einfach umsetzbare Maßnahmen sind die Abkopplungspotenziale kurzfristig innerhalb von etwa 5–7 Jahre umzusetzen. Das langfristig umsetzbare Abkopplungspotenzial berücksichtigt zusätzlich erforderliche höhere bzw. aufwändigere technische Anforderungen und langfristige Maßnahmen, die innerhalb von 15 bis 20 Jahre durchgesetzt werden sollen (Spengler, 2005).

Je nach Verfügbarkeit von Freiflächen, Bebauungsstruktur und Gewässernähe wurde die zeitliche Umsetzbarkeit von Abkopplungsmaßnahmen abgeleitet und in zwei Klassen gegliedert (Sieker, et al., 2003):

- Kurzfristige Abkopplungspotenziale

Wenn z. B. für die Versickerung des Regenwassers einer Dachfläche im Garten ausreichend Fläche zur Verfügung steht und die Fallrohre außen liegen, sind diese Maßnahmen technisch in der Regel einfach umzusetzen. Dabei können auch finanzielle Anreize mit Gebührensplitting angestrebt werden.

- langfristige Abkopplungspotenziale

Diese Maßnahmen betreffen z. B. die Entsiegelung einer Hoffläche und können in der Regel nur mit anderen Arbeiten (evt. Kanalsanierungen) realisiert werden.

Die mittels EDV-Unterstützung ermittelten Ergebnisse sind stichprobenartig mit den bestehenden Strukturen zu vergleichen, was auch einen nicht zu unterschätzenden Arbeitsaufwand bedeutet (Sieker, et al., 2003).

7.3 Karte der Bewirtschaftungsart

Durch Ermittlung der befestigten Flächen und deren Abkopplungspotenzial kann jedoch noch keine Aussage über die Möglichkeit der Regenwasserbewirtschaftung getroffen werden. Mit der Überprüfung mehrerer Einflussfaktoren werden in der sog. Bewirtschaftungskarte geeignete Regenwasserbewirtschaftungen ermittelt, wodurch die Möglichkeit besteht, eine wirtschaftlich sinnvolle Abkopplung befestigter Flächen zu erreichen.

Alle Einflussfaktoren werden miteinander überlagert und können mit Hilfe von Entscheidungsprozessen Bewirtschaftungsarten für das Untersuchungsgebiet ableiten.

Für die grobe Abschätzung der Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen werden in der Bewirtschaftungsartenkarte alle umsetzbaren Möglichkeiten aufgezeigt. Anhand des Beispiels der Emschergenossenschaft wurde eine Gliederung der Bewirtschaftungsarten in vier Bereiche getroffen (Spengler, 2005).

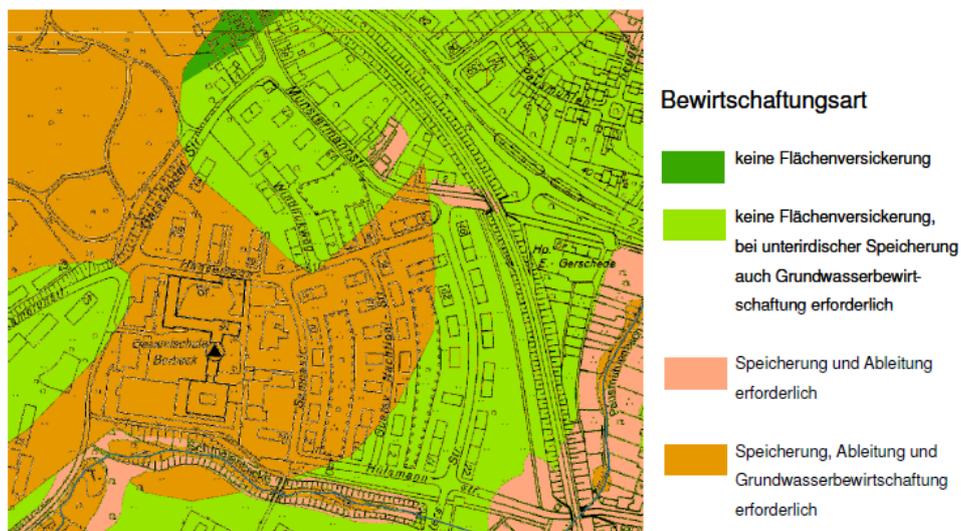


Abbildung 7-3: Bewirtschaftungsartenkarte (Spengler, 2005)

7.4 Bewirtschaftungsinformationssystem Regenwasser (BIS/RW)

Um eine Kontrolle über die Sinnhaftigkeit von Maßnahmen und die Erreichbarkeit der gesteckten Ziele laufend überprüfen zu können, wurde ein Instrument erarbeitet, das die Maßnahmen der nachhaltigen Wasserwirtschaft in der Emscherregion steuert.

Die große Menge an Grundlagendaten, die zur Bearbeitung der Regenwasserbewirtschaftung notwendig war, und die große Anzahl der Beteiligten erforderte eine internetbasierte Lösung, welche die Entscheidungen zur Auswahl der sinnvollen Maßnahmen erleichtert. Das Bewirtschaftungsinformationssystem Regenwasser (BIS/RW) ist eine Web-GIS Anwendung für Mitarbeiter, die in den Kommunen der Emscherregion abflusswirksame Flächen verwalten oder sich mit der Regenwasserbewirtschaftung befassen. Bei der Entscheidungsfindung treten meist folgende Fragestellungen auf (Becker, et al., 2007):

- Welches Potenzial der Abkopplung und welche Abkopplungsmöglichkeiten gibt es
- Welche Bewirtschaftungsart kann in einem bestimmten Gebiet zur Anwendung kommen und welche Maßnahmen zur Abkopplung wurden ausgeführt

Daraus entwickelten sich bei der Erstellung dieses Systems zwei unterschiedliche Interessensbereiche (siehe Pkt. 7.2 und 7.3), die grafisch mittels Verschneidung der Grundlagendaten dargestellt und interpretiert wurden.

Einerseits gibt die Abkopplungspotenzialkarte den Anteil der befestigten Flächen an, die aufgrund der vorliegenden Siedlungsstruktur zur Abkopplung geeignet ist. Der gebietsübergreifende Abkopplungskataster dient in der Folge zur Dokumentation und Erfolgskontrolle der gesetzten Ziele der Zukunftsvereinbarung (Becker, et al., n.b.(b)).

Die vorrangigen Maßnahmenvorschläge für eine kurzfristige Abkopplung wurden bei Zeilenbebauung, Industrie, Gewerbe sowie bei öffentlichen Gebäuden erarbeitet. Diese Strategie erfordert eine geringe Anzahl an Eigentümer mit großen Flächen, wodurch meist ein Anteil von 15 – 20 % der befestigten Flächen in Stadtgebieten abgekoppelt werden kann. Durch Berücksichtigung der langfristigen Maßnahmen kann durch temporäre Maßnahmen, zur Einhaltung der quantitativen und qualitativen Anforderungen, die Errichtung der Abwasserkanäle mindestens 1-2 Nennweiten kleiner gebaut werden (Becker, et al., n. b.).

Andererseits entstand eine Bewirtschaftungskarte des Gebiets, die eine Empfehlung zur möglichen Art der Bewirtschaftung enthält. Durch die Rahmenbedingungen wurde bei der Erstellung der Maßnahmenkarte über einen Entscheidungsbaum die wirtschaftlich günstigste Bewirtschaftungsart ermittelt und flächendeckend dargestellt (Becker, et al., 2007).

Nach Erstellung der Grundlegekarten mussten aufgrund des unterschiedlichen Detaillierungsgrads der vorhandenen Daten Bereiche durch die Kommunen auf Plausibilität überprüft werden, um in weiterer Folge konkrete Aussagen treffen zu können (Becker, et al., n.b.(b)).

Durch Einbindung lokaler Anforderungen kann eine Überlagerung mit Generalentwässerungsplan oder vorhandenem Kanalnetz zusätzlich mögliche Einsparungen im Bereich der Kanalnetzsanierung eingeschätzt und eine Kategorisierung nach Wichtigkeit der ermittelten Maßnahmen ermittelt werden. Die Ableitung der Rangfolge nach Zustand des Kanalnetzes ist zur Verbesserung des Zustandes in den städtischen Netzen und zur Einsparung im Bereich der Kanalnetzsanierung maßgebend (Stemplewski, et al., 2006).

Ein weiterer Vorteil ist die Aussage über die Versickerungsraten, um durch gesetzte Maßnahmen die Gesamtbetrachtung der Belastung des Grundwasserkörpers beurteilen zu können. Schädliche Grundwasseranstiege lassen sich durch eine Anpassung der Bewirtschaftungsart vermindern. Beispielsweise können nach Becker und Raasch verbleibende Regenwasseranteile über aktivierte Grabensysteme naturnah abgeleitet werden (Becker, et al., n.b.(b)).

7.4.1 Auswahl der Maßnahme

Neben der Auswahl der Bewirtschaftungsart werden konkrete Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen vorgeschlagen und in einer grafisch flächendeckenden Darstellung aufgezeigt. Die Ausführungspriorität der geeigneten Maßnahmen können durch die einfache und wirtschaftliche Durchsetzung bzw. nach folgenden Kriterien gegliedert werden (Becker, et al., 2005):

- Siedlungsstruktur:
Bevorzugt werden einfache Bebauungsstrukturen, bei denen die Anzahl der Eigentümer möglichst gering ist, um eine rasche Akzeptanz zu erlangen.
- Abkopplungspotenzial:
Bereiche mit hohem Abkopplungspotenzial werden bevorzugt.
- Bewirtschaftungsart:
Einfache und kostengünstige Maßnahmen sind in Abhängigkeit von den geologischen Gegebenheiten auszuwählen, wobei ebenso eine Ableitung in naheliegende Gewässer in Betracht zu ziehen ist.
- Durchsetzbarkeit:
Indirekt kann dieser Faktor nach Becker über die Bebaustruktur abgeleitet werden, wobei auch die günstigen Bodenverhältnisse die Machbarkeit erleichtern.
- Förderungen
Finanzielle Fördermöglichkeiten durch städtebauliche und wasserwirtschaftliche Zielsetzungen sind abzuwägen.

Die Empfehlungen der Emschergenossenschaft/Lippeverband werden grafisch als Karte im BIS/RW zusammengefasst dargestellt (siehe Abbildung 7-4) (Becker, et al., n. b.).

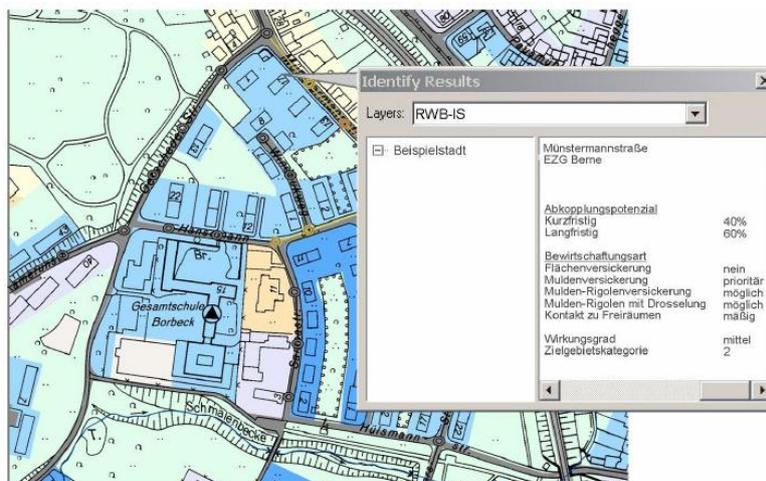


Abbildung 7-4: Auszug BIS/RW mit beispielhaft ermittelten Daten für ein Grundstück (Becker, et al., n. b.)

8 Beispiel zur Erstellung einer NWB-Karte für Graz

Im Zuge der Masterarbeit wurde exemplarisch eine Maßnahmenkarte für einen Teilbereich des Grazer Stadtgebiets erstellt, um für diese Bereiche geeignete NWB-Formen aufzuzeigen. Auf Basis einer Datenerhebung (Versickerungsfähigkeit des Bodens) im Büro Garber - Dalmatiner und Partner wurden dafür die süd-östlichen Randlagen im Bereich des Ruckerlbergs wegen der hohen Aufschlussdichte und dem schwach durchlässigen Boden herangezogen, um die Möglichkeiten einer zeitgemäßen Niederschlagsbewirtschaftung aufzuzeigen. Ebenso wurden Bereiche mit günstigen Einflussparametern des Grazer Murfeldes in die exemplarische Darstellung miteinbezogen. Daher erstreckt sich das ausgewählte Anwendungsgebiet im Südosten von Graz zwischen der Stadtgrenze, dem Ragnitz- bzw. Leonhardbach und der Mur (siehe Abbildung 8-1).

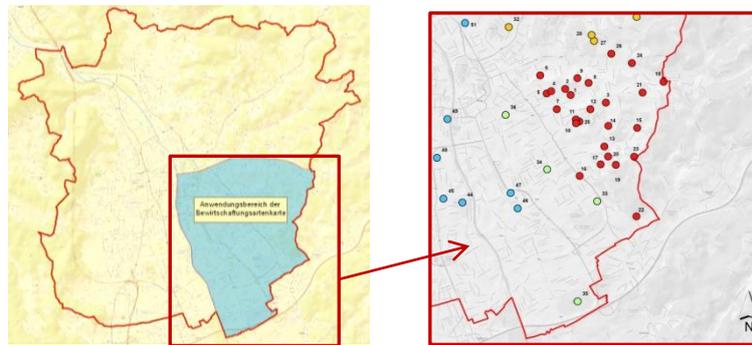


Abbildung 8-1: Untersuchungsgebiet / Datenerhebung im Bereich des Ruckerlbergs

8.1 Entscheidungsmatrix

Angelehnt an die Schriftenreihe für Hochwasserschutzmaßnahmen der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Sieker, et al., 2007) und den ermittelten Einflussfaktoren wurde eine Entscheidungsmatrix erstellt.

Die verwendeten Einflussparameter und die Anwendungsgebiete der einzelnen Maßnahmen wurden aus Kapitel 5 übernommen. Bei der praktischen Anwendung sind laut Sieker et al. (2007) die Auswahl der Einflussparameter und die Festlegung der Grenzwerte von den GIS-verfügbaren Datengrundlagen eingeschränkt. Bei der Ausarbeitung dieser exemplarischen Anwendung wurden zuerst die Einsatzgrenzen aus der Literatur ermittelt und als Klassifizierungen in die Entscheidungsmatrix übernommen. Der Aufbau der Entscheidungsmatrix und die Aufbereitung der Flächendaten sind in der Regel parallel zu bearbeiten.

In der Entscheidungsmatrix wird durch die Definitionen der Einsatzgrenzen aus Kapitel 5 die Entscheidung über Empfehlung oder Ausschluss einer NWB-Maßnahme durchgeführt. Durch Vergleich der Standortbedingungen mit den einzelnen Klassifizierungen der Einflussfaktoren werden betrachtete Maßnahmen durch zwei Werte beschrieben:

- 0 – die Maßnahme ist aufgrund der vorhandenen Randbedingungen nicht geeignet.
- 1 – die Maßnahme wird in der Klasse des Einflussparameters als geeignet eingestuft. Dabei sind Auflagen der einzelnen Klassen bei der Ausführung bzw. allgemeine Hinweise der Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

Bei Einzelfallentscheidungen werden Bewertungen der Einflussparametern der Ergebnistabelle (siehe Tabelle 8-3) den Maßnahmen zugeordnet und abschließend durch Multiplikation der ermittelten Werte einer Spalte, eine oder mehrere geeignete Niederschlagsbewirtschaftungsmethoden festgestellt. Ein Vorteil dieser Entscheidungsfindung ist die Empfehlung einer Maßnahme oder die Kombination mehrerer Maßnahmen, die unter den vorhandenen Randbedingungen einsetzbar sind. Die endgültige Wahl der Maßnahme wird durch Gesamtkostenbetrachtung und Prioritätenreihung der Entscheidungsträger getroffen (Sieker, et al., 2007).

Die Anwendung der Entscheidungsmatrix und die Ermittlung einer geeigneten Maßnahme bei **Einzelfallbetrachtungen** werden zur Plausibilitätskontrolle der Grundlagedaten in Anhang A4 durchgeführt.

Bei der Errichtung der Niederschlagsbewirtschaftungsmaßnahme sind unter bestimmten Standortbedingungen folgende Ausführungshinweise bzw. Auflagen zu berücksichtigen, die aus dem Entscheidungsprozess der Matrix hervorgehen (siehe Tabelle 8-1).

Tabelle 8-1: Ausführungshinweise der Entscheidungsmatrix

Auflagen bei der Errichtung von NWB-Maßnahmen / Ausführungshinweise	
A1	Versickerung über Oberbodenpassage ist anzustreben, wenn Untergrund eine Verunreinigung des GW vermeiden kann (ÖWAV RB 35; 2003)
A2	Versickerung über Oberbodenpassage ist anzustreben; Flächenversickerung über durchlässige Beläge in Ausnahmefällen zulässig (ÖWAV RB 35; 2003)
A3	Versickerung über Oberbodenpassage ist zulässig; Vorbehandlung vorsehen; Versickerungsleistung max. 10^{-5} m/s ansetzen (ÖWAV RB 35; 2003)
A4	Versickerung nur mit Vorbehandlung und anschließender Kontrollmöglichkeit (ÖWAV RB 35; 2003)
A5	geringe Reinigungsleistung ist zu erwarten; Ableitung und Speicherungselemente vorsehen
A6	lange Einstauzeiten sind zu erwarten; Ableitung und Speicherungselemente vorsehen
A7	oberirdische Retentionsräume sind in Hangneigungsrichtung mit einer Länge von 3 bis 10 m begrenzt
A8	Hangparallele Ausführung von oberflächigen Retentionsräume; alternativ kaskadenförmige Anordnung
A9	Bau von oberirdischen Versickerungs- und Speicheranlagen nur kaskadenförmig möglich
A10	Unterirdische RWB-Maßnahme mit Abdichtung zum anstehenden Boden
A11	Gefahr bei ungünstiger Lagerung der gestörten Bereiche; geologisches Begutachten notwendig
A12	Aufgrund der ungünstigen Lagerung wird eine geologische Untersuchung empfohlen, eine punktuelle Einleitungen von Niederschlagswasser in den Untergrund ist zu vermeiden
A13	Unterirdische RWB-Maßnahme mit Abdichtung zum Untergrund
A14	Mit wasserrechtlichen Bewilligung zulässig
A15	wenn Qualität nicht beeinträchtigt wird, ist die Einleitung zulässig

Tabelle 8-2: Entscheidungsmatrix zur Auswahl einer NWB-Maßnahme (in Anlehnung an Sieker et al. (2007))

Auswahl der Niederschlagsbewirtschaftungsmaßnahme

Einflusskriterien	Grenzwerte	Bewirtschaftungsmaßnahmen								Auflagen		
		FV	MV	RERV	MR	RR	BV	SV	SONSTIGE			
Siedlungsstrukturelle Faktoren	1) Nutzung - Flächentyp (gemäß ÖWAV RB 35, 2003)	F 1	1	1	1	1	1	1	1	1	A1	
		F 2	1	1	1	1	1	1	1	1	A1	
		F 3	1	1	1	1	1	1	1	1	A2	
		F 4	1	1	1	1	1	1	1	1	A3	
		F 5	1	1	1	1	1	1	1	1	A4	
	2) Flächenverfügbarkeit Freiflächenanteil der versiegelten Fläche	> 15% A_{red}	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		2% - 15% A_{red}	0	0	1	1	1	0	1	1	-	
		< 2% A_{red}	0	0	0	0	1	0	1	1	-	
	Geogene Faktoren	3) Durchlässigkeit des anstehenden Bodens	> 10^{-2} m/s	0	0	0	0	0	0	0	1	A5
			10^{-2} - 10^{-4} m/s	1	1	1	1	1	1	1	1	-
10^{-4} - 10^{-6} m/s			0	1	1	1	1	1	1	1	-	
10^{-6} - 10^{-8} m/s			0	0	1	1	1	1	1	1	-	
< 10^{-8} m/s			0	0	0	0	0	0	0	1	A6	
4) Hangneigung		0 - 2 %	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		2 - 8 %	0	1	1	1	1	1	1	1	A7	
		8 - 14 %	0	0	0	1	1	0	1	1	A8	
		> 14 %	0	0	0	0	1	0	1	1	A9	
5) Altlasten		ja	0	0	0	0	0	0	0	1	A10	
		nein	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
6) Risikobereiche		keine bis gering	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		örtlich mäßig	1	1	1	1	1	1	1	1	A11	
		potenziell erhöht	1	1	1	1	1	1	0	1	A12	
		rutschgefährdet	0	0	0	0	0	0	0	1	A13	
7) Unterkante der bindigen Deckschicht	< 1,0 m	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
	1,0 - 2,0 m	0	0	1	1	1	1	1	1	-		
	2,0 - 4,0 m	0	0	0	0	1	1	1	1	-		
	> 4,0 m	0	0	0	0	0	0	1	1	-		
Wasserwirtschaftliche Faktoren	8) Grundwasserflurabstände	< 1,5 m	0	0	0	0	0	0	0	1	-	
		1,5 - 2,5 m	1	1	1	0	0	1	0	1	-	
		2,5 - 3,5 m	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		> 3,5 m	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
	9) Grundwasserschutzzonen	Schutzzone I	0	0	0	0	0	0	0	1	-	
		Schutzzone II	0	0	0	0	0	0	0	1	-	
		Schutzzone III A	1	1	1	1	1	1	1	1	A14	
		Schutzzone III B	1	1	1	1	1	1	1	1	A14	
		Hausbrunnen	1	1	1	1	1	1	1	1	A15	
		Außerhalb der Schutzzeiten	1	1	1	1	1	1	1	1	-	

Bezeichnungen	
FV	Flächenversickerung
MV	Muldenversickerung
BV	Beckenversickerung
MR	Mulden-Rigolelemente; -Systeme
RR	Rohr-Rigolelemente; -Systeme
SV	Schachtversickerung
RERV	Retentionsraumversickerung
SONSTIGE	Abgedichtete Rigolsysteme, Rückhaltebecken und -teiche, Flachdachretention, Regenwassernutzung, Ableitung

Unter „Sonstige“ Maßnahmen werden die Dachretention, die Regenwassernutzung und die Ableitung in Regenwasserkanäle bzw. Oberflächengewässer verstanden. Diese NWB-Maßnahmen sind unabhängig von den anstehenden Einflussfaktoren und können somit immer zur Anwendung kommen. Bei Ableitung in die Regenwasserkanalisation ist eine gedrosselte Einleitung anzustreben, wobei eine negative Beeinflussung der Qualität bzw. der hydraulischen Leistungsfähigkeit zu vermeiden ist. Bei Einleitung in ein Oberflächengewässer ist gemäß den Anforderungen des ÖWAV RB 35 (2003) die ökologische und hydraulische Leistungsfähigkeit nachzuweisen.

Tabelle 8-3: Ergebnistabelle zur Wahl der NWB-Maßnahme (in Anlehnung an Sieker et al. (2007))

Einflussfaktor	RWB-Maßnahme								Auflagen ^{*)}
	FV	MV	RERV	MR	RR	BV	SV	SONSTIGE	
1) Nutzung	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	Auflagen
2) Verfügbarkeit	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	Auflagen
3) Durchlässigkeit	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	Auflagen
4) Hangneigung	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	Auflagen
5) Altlasten	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	Auflagen
6) Risikobereich	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	Auflagen
7) bindige Decksch.	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	Auflagen
8) GW-Flurabstand	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	Auflagen
9) GW-Schutzgebiet	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	Auflagen
Multiplikation der Einflussfaktoren je Maßnahme	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	
*) Auflagen bzw. Ausführungshinweise sind, entsprechend den jeweiligen Standortbedingungen, der Entscheidungsmatrix zu entnehmen									

8.2 Erstellung der Maßnahmenkarte für die Stadt Graz

Zur Erstellung der Bewirtschaftungsartenkarte wurden 4 Schritte durchgeführt, die in den nachfolgenden Kapiteln für das Untersuchungsgebiet erläutert werden (Sieker, et al., 2007).

Schritt 1: Aufbereitung der Eingangsdaten

Schritt 2: Klassifizierung und Interpretation der Eingangsdaten

Schritt 3: Entscheidungsprozess

Schritt 4: Ausgabe der Ergebnisse und Ausführungshinweise aus dem Entscheidungsprozess

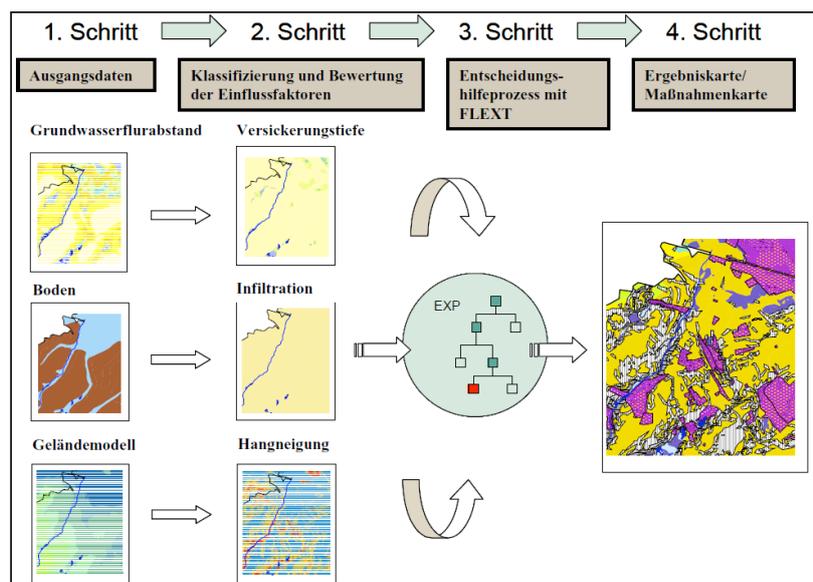


Abbildung 8-2: Schematischer Ablauf zur Erstellung einer Maßnahmenkarte (Sieker, et al., 2007)

8.3 Aufbereitung und Klassifizierung der Eingangsdaten

Im ersten Schritt werden wesentliche Grundlegekarten in Anlehnung an die Einflussfaktoren für das Stadtgebiet von Graz erhoben. Im abgegrenzten Untersuchungsgebiet zur Anwendung der Maßnahmenkarte wurden ebenso die Klassifizierungen der erhobenen Datengrundlagen den Klassenbreiten der Entscheidungsmatrix angepasst.

8.3.1 Flächentyp und Flächenverfügbarkeit

Zur Abschätzung der Flächentypen und -verfügbarkeit wird das räumliche Leitbild herangezogen, um eine Einteilung in Nutzungskategorien zu erkennen.

Im Stadtentwicklungskonzept 3.0 (2002) wurde das räumliche Leitbild veröffentlicht, welches das Stadtgebiet in Bebauungsstrukturen gliedert. In der vorhandenen Karte von Graz wurde zwischen verschiedenen Wohngebieten und Gebieten mit Industrie- oder Gewerbenutzung unterschieden. Nach den Bestimmungen des ÖWAV Regelblatt 35 (2003) ist eine Vorbehandlung in Abhängigkeit von der Flächennutzung erforderlich.

Der abgegrenzte Anwendungsbereich gliedert sich in Abhängigkeit von der Bebauungsstruktur in drei definierte Bereiche (siehe Tabelle 8-4). Dabei werden Versiegelungsgrad (VG) und Grundstückszahl (GRZ entspricht Bebauungsgrad) in Anlehnung an Kapitel 5 und der Beschreibung der Bereichstypen des räumlichen Leitbilds ermittelt. Davon abgeleitet erfolgte eine Abschätzung vorhandener Freiflächen (Anteil der abflusswirksamen Fläche).

Tabelle 8-4: Bebauungsstruktur mit vorhandenem Freiflächenanteil

Bebauungsstruktur	VG	GRZ	Freifläche	Bemerkung
Straßenrandbebauung; Altstadt und Blockrandbebauung	> 0,95	0,6-1,0	2-15 %	Evt. durch Entsiegelungsmaßnahmen auch höhere Werte erreichbar; Durch die vorhandenen Grenzbereiche ist die Nutzung von flächigen und oberirdischen NWB-Maßnahmen eingeschränkt.
Betriebsgebiet für Industrie, Gewerbe und Produktion; Dienstleistungszonen und Einkaufszentren	0,8-0,9	0,6-0,9	> 2 %	Je nach Akzeptanz der Eigentümer und Nutzung der Flächen können trotz hohen Bebauungs- bzw. Versiegelungsgrad auch flächige Versickerungen hergestellt werden.
Wohnungsbauten und Freiflächen	0,1-0,8	0,1-0,8	> 15 %	Diese Bereiche sind in der Regel für alle Bewirtschaftungsmaßnahmen geeignet.

Im betrachteten Gebiet wurden Bereiche der Altstadt, Straßenrandbebauungen und Blockrandbebauungen mit einem geringen Freiflächenanteil definiert (siehe Anhang A3) und Einschränkungen bei der Wahl der Bewirtschaftungsmethoden abgeleitet. Betriebsgebiete für Industrie, Gewerbe und Produktion, sowie Dienstleistungszonen und Einkaufszentren wirken in der Entscheidungsmatrix aufgrund einer möglichen Entsiegelung im Bereich des Murfeldes nicht einschränkend, was jedoch im Einzelfall zu prüfen ist.

8.3.2 Durchlässigkeit des Bodens

Eine Abschätzung der Sickerleistung des anstehenden Bodens erfolgte mittels Datenerhebungen und der vorhandenen Baugrunderkarte der Stadt Graz (Stadtvermessungsamt Graz, 2011). Dabei gliedert sich das Stadtgebiet in folgende Standorttypen:

- 1) Standorte auf klüftigen Festgestein
- 2) Standorte mit Hangschutt/Brekzien
- 3) Standorte mit Terrassenschotter („Murschotter“) oder Tertiärschotter
- 4) Standorte mit Ton/Sand/Kies Wechselfolge
- 5) Standorte im Aubereich der Mur
- 6) Standorte mit Ton-Schluff-Wechselfolge
- 7) Standorte im Aubereich und in Schwemmfächer der Seitenbäche

Die Werte der Sickerfähigkeit von Standorttypen wurden durch Bodengutachten (GDP, 2012) und vorhandenen Werten der Literatur (ÖN B 2506-1 (2000); dem DWA-A 138 (2005) bzw. im geologischen Lehrbuch Prinz et al. (2011)) abgeschätzt.

Durch die Gliederung der Sickerleistung in der erstellten Durchlässigkeitskarte erfolgt in der nachfolgenden Tabelle eine Zuordnung an die Durchlässigkeitsklassenbreiten der Entscheidungsmatrix.

Tabelle 8-5: Zuordnung der Durchlässigkeitsbereiche

Abgeschätzte Werte der Sickerleistung in Durchlässigkeitskarte	Sickerleistungsklassifizierung der Entscheidungsmatrix	Lockergestein
$> 10^{-3}$ m/s	$10^{-4} - 10^{-2}$ m/s	Murschotter
$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$ m/s		Aubereich Mur
$10^{-6} - 10^{-4}$ m/s	$10^{-6} - 10^{-4}$ m/s	Ton/Sand/Kies-Wechselfolge (nicht im Untersuchungsgebiet)
$< 10^{-6}$ m/s	$10^{-8} - 10^{-6}$ m/s	Aubereich und Schwemmfächer von Seitenbächen
$< 10^{-6}$ m/s	$10^{-8} - 10^{-6}$ m/s	Ton-Schluff Wechselfolge
$< 10^{-6}$ m/s	$< 10^{-8}$ m/s	Ton-Schluff Wechselfolge (hier nicht betrachtet – Erklärung siehe unten)

In der vorhandenen Durchlässigkeitskarte (siehe Anhang A3) ist die Sickerleistung der Ton-Schluff Wechselfolge mit einem Wert von kleiner als 10^{-6} m/s abgeschätzt. Durch die Abgrenzung des Untersuchungsgebiets kann auf Basis der erhobenen Bodengutachten der Durchlässigkeitsbereich eingegrenzt werden. Durch hohe Aufschlussdichte der ermittelten Werte aus Bodengutachten wurde für die Anwendung der Maßnahmenkarte ein Durchlässigkeitsbeiwert der Ton-Schluff-Wechselfolge mit $10^{-8} - 10^{-6}$ m/s angenommen (GDP, 2012).

8.3.3 Hangneigungskarte

Die vorhandene Hangneigungskarte wurde basierend auf digitalen Geländemodellen erstellt. Die Auflösung der vorhandenen Karte erfolgt in 5° Schritten und ist für eine großräumige Betrachtung ausreichend. Die Karte wird für die gesamte Steiermark auf der Geografischen Informationssystem Internetplattform der steiermärkischen Landesregierung bereitgestellt. (GIS Stmk, 2012). Grundstücksbezogene Aussagen können daher nur durch Einzelfallbetrachtungen vor Ort getroffen werden. Durch die Auflösung der vorhandenen Hangneigungskarte werden zwei Klassen erzeugt, um diese der Gliederung der Entscheidungsmatrix anzupassen. Hierbei werden lokale, steiler geneigte Bereiche nicht weiter betrachtet. Eine grafische Abbildung ist in Anhang A3 enthalten.

Tabelle 8-6: Zuordnung der Hangneigungsklassen

Klassifikation		
Entscheidungsmatrix		Vorhandene Karte (GIS Stmk, 2012)
0 – 2 %	0 - 0,9 °	0 – 5 °
2 – 8 %	0,9 – 3,6 °	
8 – 14 %	3,6 – 6,3 °	
> 14 %	> 6,3 °	> 5 °

8.3.4 Altlasten

Vom Umweltbundesamt wurden 2 Altlastenstandorte in Graz ausgewiesen, von denen bekannt ist, dass die Gefahr einer Kontamination des Grundwassers besteht. Die Standorte werden auf der Altlastenkarte dargestellt (Umweltbundesamt, 2012).

- Glasfabrik Gösting
Bei der Erzeugung von Glasflaschen im Zeitraum von 1889 bis 1980 kam es zu kohlenwasserstoffverunreinigten Böden. Untersuchungen zeigen, dass im Bereich ehemaliger Teerbehälter massive Verunreinigungen des Untergrundes durch Teeröl existiert und ein Schadstoffeintrag in das Grundwasser stattfindet.
- Gaswerk Rudersdorf
Im Gaswerk Rudersdorf wurden im Zeitraum von 1945 bis 1968 aus Kohle Stadtgas erzeugt, wobei Nebenprodukte vor allem Teer, Gasreinigungsmasse und Ammoniakwasser anfielen. Da der Standort innerhalb des Schongebietes des Wasserwerkes Feldkirchen liegt, stellen Kontaminationen des Untergrundes ein Gefahrenpotenzial für das Grundwasser dar.

Altlastenverdachtsflächen hingegen sind gemäß dem Umweltbundesamt gemeldete Bereiche, die aufgrund fehlender Informationen noch nicht in den Verdachtsflächenkataster eingetragen sind. Es gibt daher mehrere Meldungen, die im Einzelfall bei der Wahl der Bewirtschaftungsmaßnahme zu berücksichtigen sind. Eine einfache Abfrage der betroffenen bzw. umliegenden Grundstücke ist unter folgender Internetadresse des Umweltbundesamtes möglich: URL: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/altlasten/vfka/> (letzter Zugriff am 16.02.2012).

8.3.5 Risikobereiche

Die Baurisikofaktorenkarte enthält ausgewiesene Gebiete der Stadt Graz, die basierend auf den Aufbau der Bodenschichten ein Gefahrenpotenzial darstellen. Die Karte wurde am Vermessungsamt der Stadt Graz (2011) als Themenkarte veröffentlicht und in Zusammenarbeit mit Geologen ausgearbeitet.

Durch Zusammenwirken verschiedener Faktoren kann das geologische Hanggleichgewicht gestört werden. Für ungünstige geologische Randbedingungen ist insbesondere das Hügelland östlich der Mur vorherrschend. In den gefährdeten Gebieten können ungünstige Wasser- und/oder Reliefverhältnisse zur Auslösung von Rutschungen führen. Gemäß dem Baugrundatlas Graz (FH-JR, 2008) können diese durch Veränderung der Grund- und Bergwasserführung, Oberflächenvernässung, etc. hervorgerufen werden.

Neben vorwiegend keiner bis geringer Rutschgefahr befinden sich im Anwendungsbereich aber auch ausgewiesene Gebiete mit hoher und potenzieller Rutschgefährdung (siehe Anhang A3). Daraus ergeben sich Einschränkungen bei der Wahl einer geeigneten Bewirtschaftungsmaßnahme bzw. erfordern konstruktive Maßnahmen. Durch Einleitung der Regenwässer können auftretende Schichtenwässer die Stabilität des Hanges gefährden oder Unterlieger beeinflussen. Dabei sind punktuelle Einleitungen von Niederschlagswasser zu vermeiden, wodurch die Anwendung von Schachtversickerungen in diesen Bereichen nicht möglich ist.

In ausgewiesenen, rutschgefährdeten Bereichen dürfen nach der Beschreibung des Baugrundatlas (FH-JR, 2008) keine Wässer in den Boden eingeleitet werden, um Hangrutschungen zu verhindern. Diese Vorgabe schränkt die Wahl der Bewirtschaftungsmaßnahmen stark ein, weshalb in diesen Bereichen lediglich zum Untergrund hin abgedichtete Methoden oder Systemlösungen möglich sind.

8.3.6 Unterkante der bindigen Deckschicht

Durch die Veränderungen der klimatischen Bedingungen kam es im Quartär, dem jüngsten geologischen Zeitraum der Erdgeschichte, zu wechselnden Kalt- und Warmzeiten, in welchen es zu periodischen Eintiefungen und Aufschüttungen des Grazer Beckens kam. Durch Vergletscherung kam es zu Seitenerosionen und ausgedehnten Schotteransammlungen, die in der darauf folgenden Kaltzeit mit Feinteilen bedeckt wurden. Diese sogenannten Staublehmdecken bilden im Grazer Raum die bestehende feinkörnige, schwach durchlässige Deckschicht (FH-JR, 2008).

Die Überdeckung über der wasserführenden Talfüllung ergibt sich aus der Mächtigkeit der anthropogenen Anschüttung und der bindigen Deckschichtenmächtigkeit.

Die Deckschichtenmächtigkeit wird in einer Themenkarte des Stadtvermessungsamtes Graz (2011) im Grazer Becken flächig dargestellt und kann zur Wahl der Niederschlagsbewirtschaftungsmethode herangezogen werden. Anthropogene Anschüttungen hingegen sind aufgrund der geringen Aufschlussdichte nur punktuell als Themenkarte der Stadt Graz vorhanden. Punktuell zusammenfassend dargestellt wird die Mächtigkeit der Deckschicht und der anthropogenen Anschüttung im Grazer Stadtgebiet in der Themenkarte der Murschotteroberkante.

Um eine Aussage über die Tiefenlage des unteren Horizonts der bindigen Deckschicht im Grazer Becken treffen zu können, wird im Untersuchungsgebiet die punktuelle Auswertung der Murschotteroberkante herangezogen und mit den flächigen Auswertung der bindigen Deckschichtenmächtigkeit überlagert (siehe Anhang A3). Die Klassifizierung wurde dabei aus der Entscheidungsmatrix übernommen.

8.3.7 Grundwasserflurabstand

Der Grundwasserkörper in Graz verläuft aufgrund der guten Durchlässigkeit und dem hohen Porenvolumen in der quartären Talfüllung. Die vorhandene Karte stellt den Grundwasserkörper des Grazer Feldes dar und wurde aus den hydrographischen Daten des Jahres 1995 ausgewertet (Stadtvermessungsamt Graz, 2011). Bei der Wahl einer Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahme ist gemäß den österreichischen Bestimmungen (ÖN B 2506-1, 2000) ein definierter Flurabstand zum höchsten maßgebenden Grundwasserspiegel erforderlich.

Aufgrund des großräumigen Anwendungsbereichs und zur Abschätzung einer geeigneten NWB-Maßnahme wurden mittlere Grundwasserflurabstände herangezogen und den Werten der Entscheidungsmatrix zugeordnet (siehe Tabelle 8-7).

Tabelle 8-7: Klassen der Grundwasserflurabstände

Klassifizierung		Auflagen bzw. Ausführungshinweise aus der Entscheidungsmatrix
Vorhandene Klassifizierung der Karte (Stadtvermessungsamt Graz, 2011)	Werte der Entscheidungsmatrix	
< 2 m	< 1,5 m	Konstruktive Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers.
2 - 4 m	1,5 – 2,5 m	Einschränkung der tiefreichenden Bewirtschaftungsmaßnahmen.
	2,5 – 3,5 m	Keine Einschränkung bei Auswahl der Bewirtschaftungsmaßnahme.
> 4 m	> 3,5 m	Keine Einschränkung bei Auswahl der Bewirtschaftungsmaßnahme.

In den Ausführungshinweisen ist ersichtlich, dass Einschränkungen tiefreichender Bewirtschaftungsmaßnahmen mit der Klasse uneingeschränkter Nutzung zusammenfallen. Bei der Erstellung der Bewirtschaftungsartenkarte wird für die gesamte Klasse keine Einschränkung gewählt, da nur kleine Bereiche betroffen sind. Bei der Wahl der Maßnahme in Einzelfallbetrachtungen sind diese zu berücksichtigen.

Die grafische Auswertung der Grundwasserflurabstände ist im Anhang A3 dargestellt.

8.3.8 Grundwasserschutzgebiete

Im Grazer Becken befinden sich zwei Wasserwerke, die Trinkwasser aus dem Grundwasserkörper beziehen. Aufgrund der Standorte der beiden Wasserwerke fallen deren Grundwasserschutzgebiete in das Stadtgebiet von Graz. Eine Übersicht der betroffenen Bereiche bietet die vorhandene Karte im Stadtentwicklungskonzept 3.0 (2002).

Für die beispielhafte Erstellung einer Bewirtschaftungskarte für Graz befinden sich die Schutzgebiete III A und III B des Wasserwerks Feldkirchen im ausgewählten Anwendungsgebiet (siehe Anhang A3). In beiden Zonen ist eine wasserrechtliche Bewilligung bei Einleiten von Sickerwasser in den Untergrund erforderlich. Diese Bedingung wird auch in den Auflagen der Entscheidungsmatrix berücksichtigt.

8.3.9 Entwässerungssysteme und Oberflächengewässer

Das Entwässerungssystem der Stadt Graz setzt sich aus Misch- und Trennkanalisation zusammen. Nach dem Stadtentwicklungskonzept 4.0 (2011) wurde durch den Netzausbau mittlerweile eine Vollkanalisierung des Stadtgebiets erreicht. Dabei werden Schmutz- und Regenwasser von 40.000 Objekten und 7 Umlandgemeinden in das öffentliche Kanalnetz der Stadt Graz eingeleitet. Die Entwässerungssysteme der Stadt Graz bestehen zu 70 % aus Mischwasserkanälen, zu 25 % aus Schmutzwasserkanälen und zu 5 % aus Regenwasserkanälen, die meist nur geringe Bereiche der Stadtrandlagen abdecken. Für die Wahl der Niederschlagswasserbewirtschaftung ist eine Abschätzung der Entfernung zum Regenwasserkanal von großer Bedeutung. Die Lage der bestehenden Kanalisationsleitungen ist in der vorhandenen Karte der Stadt Graz dargestellt (Sprung, 2012). Eine detaillierte Auskunft über das vorhandene Entsorgungssystem in unmittelbarer Nähe des betrachteten Grundstücks ist bei der Holding Graz Services – Wasserwirtschaft als Kanalkatasterauszug erhältlich.

Aufgrund der Siedlungsentwicklung und Lage der natürlichen Gewässer im Stadtgebiet kam es meist zur Einleitung von Bächen in das öffentliche Kanalsystem oder einer Ableitung in gesonderten Kanälen zum natürlichen Vorfluter (Mur). Bei Einleitung von Niederschlagswässern in ein Fließgewässer oder in die Kanalisation ist stets auch ein Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Bäche bzw. des Kanals zu führen, um nicht die nachfolgenden Systeme zu überlasten.

Eine detaillierte Darstellung der Grazer Bäche ist über die Geodatenbank des Stadtvermessungsamtes unter folgender Internetadresse zu finden:

<http://geodaten1.graz.at/WebOffice/synserver?project=baeche> (letzter Zugriff am 20.2.2012)

Zusammenlegung

Im Anwendungsbereich der Bewirtschaftungskarte kommen Bereiche mit Regen-, Schmutz- sowie Mischwasserkanälen vor (siehe Anhang A3). Eine Einleitung von Niederschlagswasser in die Schmutz- oder Mischwasserkanalisation ist nur in Ausnahmefällen möglich und nur unter der Voraussetzung, dass alle Möglichkeiten einer dezentralen Niederschlagswasserbewirtschaftung (Entsiegelung, Nutzung, oder Versickerung) ausgeschöpft wurden (Sprung, 2012).

Regenwasserkanäle aus der Entwässerungssystemkarte der Holding Graz (Sprung, 2012) wird mit den vorhandenen Oberflächengewässern überlagert, um einen Überblick über relevante Bereiche einer möglichen Ableitung darzustellen. Vorhandene Regenwasserkanäle enden meist in Grazer Bächen und bieten eine Alternative zur dezentralen Niederschlagsbewirtschaftung auf Grundstücken. Aus der Karte ist zu erkennen, dass Grazer Bäche teilweise in die Mischwasserkanalisationen eingeleitet werden.

8.4 Entscheidungsprozess

In der oben angeführten Matrix werden durch Anwendungsgrenzen der einzelnen Maßnahmen und den Randbedingungen des Standorts Entscheidungen getroffen, um eine geeignete Bewirtschaftungsmaßnahme zu finden. Die endgültige Eignung einer Maßnahme bzw. deren Ausführung kann nur unter Berücksichtigung der erforderlichen Auflagen abschließend getroffen werden. Zur Ergebnisfindung werden Einzelentscheidungen in einer Auswertungstabelle zusammengefasst, die eine übersichtliche und nachvollziehbare Darstellung der Überlegungen und mehrere Lösungsvorschläge zulässt. Eine Prioritätenreihung kann je nach Anforderung unter Berücksichtigung der Gesamtkosten oder der Einfachheit der Durchführung abschließend ermittelt werden.

Die erstellte Entscheidungsmatrix eignet sich zur Betrachtung kleiner Einzugsgebiete und Einzelgrundstücke, da größere Gebiete eine Vielzahl an Einzelstandorte und komplexe Verschneidungen der Einflussparameter bedeuten. Basierend auf vorhandene Daten kann auf Entscheidungswerkzeuge zurückgegriffen werden, die eine Kopplung mit dem Geoinformationssystem und eine flächige Ausgabe der Ergebnisse ermöglichen (Sieker, et al., 2007).

8.4.1 FLEXT – GIS unterstützte Entscheidungssoftware

Eine Anwendung des Programms ist die flächenhafte Ermittlung dezentraler Maßnahmen im betrachteten Gebiet. Bei der Erstellung der Maßnahmenkarten im Emscherraum wurde das **FLexible Expert Tool** (Sieker, 2011) für den Entscheidungsfindungsprozess herangezogen. Zusätzlich kann die Belastung des Grundwasserkörpers mitberücksichtigt werden, um eine Verbesserung der lokalen Situation durch geeignete Systeme zu gewährleisten. Die Software ist vom GIS unabhängig und kann mit nutzerspezifischen Fragestellungen angepasst werden. Außerdem lässt sich auch die Entscheidungsmatrix individuell anpassen (Sieker, 2011).

Grundlegendes Element dieses Programms sind die wissensbasierten Entscheidungsregeln, die eine Aussage über die Eignung einer Maßnahme definieren. Durch die Ausgabe des knowledge-based-formular ist eine einfache Kontrolle des Entscheidungsweges an Beispielstandorten möglich, da der Entscheidungsweg grafisch dargestellt wird. Bei fehlenden Daten gibt das System weiche Kriterien aus, die eine Maßnahme nicht ausschließen, jedoch den Nutzer auf eine Unwägbarkeit der betroffenen Standorte aufmerksam machen (Sieker, et al., 2007). Eine weitere Kontrollmöglichkeit bietet auch das „user interface“. Dieses zeigt die Ergebnisse einzelner Entscheidungen der Einflussfaktoren für eine generierte Fläche auf, wodurch auch weitere Einzelaussagen getroffen werden können (Sieker, 2011). Die Darstellung geeigneter Maßnahmen wird automatisch als Datenbank und als flächenhaftes Ergebnis im GIS ausgegeben.

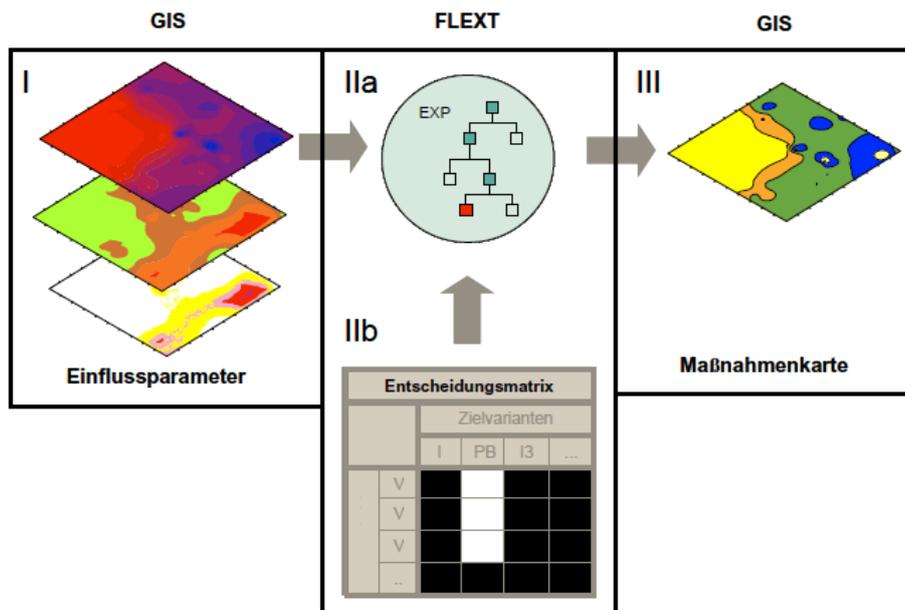


Abbildung 8-3: Struktur des Modells FLEXT (Sieker, et al., 2007)

8.5 Ausgabe der Ergebnisse

Durch Überlagerung der einzelnen Datengrundlagen und anschließender Durchführung der Entscheidungsprozesse wurden geeignete Flächen im Untersuchungsgebiet ermittelt und diesen Niederschlagsbewirtschaftungsmaßnahmen zugeordnet.

In der nachfolgenden Abbildung wird das Ergebnis im Untersuchungsgebiet dargestellt und eine Abschätzung von geeigneten Maßnahmen ausgewiesen. Für Grundstücksnahe Entscheidungen sind Einzelfallbetrachtungen mit Aufnahme der Standortbedingungen und Einflussfaktoren vor Ort durchzuführen.

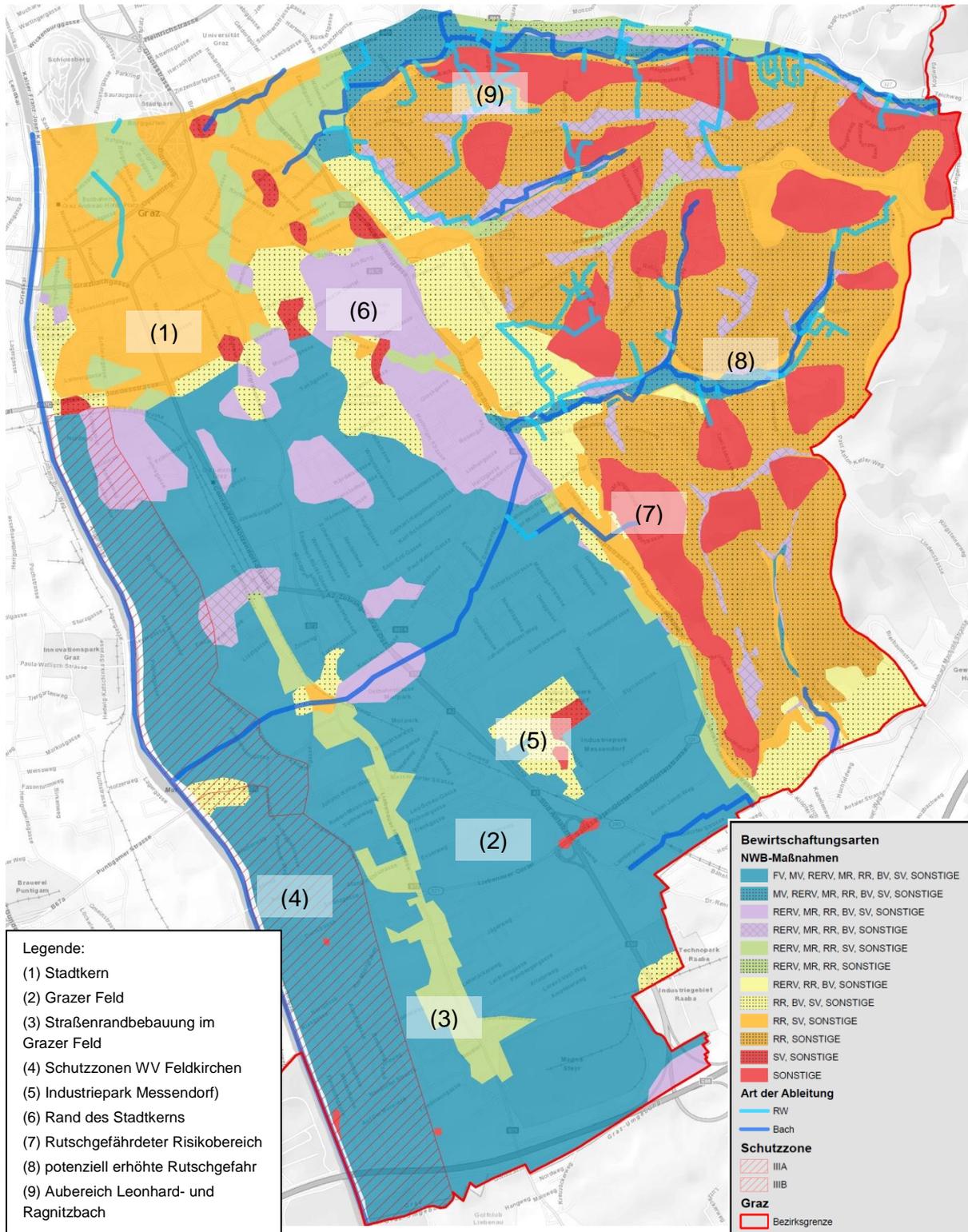


Abbildung 8-4: Bewirtschaftungsartenkarte des abgegrenzten Untersuchungsgebiets

Zusätzlich zur erstellten Bewirtschaftungsartenkarte sind **Auflagen** bei Einzelfallbetrachtungen zu **berücksichtigen**, die in den nachfolgenden Punkten zusammengefasst wurden.

8.5.1 Auflagen bei Flächennutzungen

Aufgrund der Größe des Untersuchungsgebiets kann davon ausgegangen werden, dass alle Flächentypen vorhanden sind. Dadurch werden keine Bewirtschaftungsmaßnahmen ausgeschlossen, jedoch gibt es durch die Bestimmungen des ÖWAV RB 35 (2003) besondere Anforderungen an die Versickerung bzw. Vorbehandlung, die durch vermerkte Auflagen der jeweiligen Flächennutzung im Einzelfall zu berücksichtigen sind. Für eine einzelne Grundstücksbetrachtung sind bei der Wahl der Bewirtschaftungsmaßnahmen folgende Auflagen an die Versickerung einzuhalten.

Tabelle 8-8: Auflagen für Flächentypen

Flächentyp	Aufl. Nr.	Hinweise bei Wahl einer Versickerungsmaßnahme
F1, F2	A1	Versickerung über Oberbodenpassage ist anzustreben, wenn Untergrund eine Verunreinigung des GW vermeiden kann
F3	A2	Versickerung über Oberbodenpassage ist anzustreben; Flächenversickerung über durchlässige Beläge in Ausnahmefällen zulässig
F4	A3	Versickerung über Oberbodenpassage ist zulässig; Vorbehandlung vorsehen; Versickerungsleistung max. 10^{-5} m/s ansetzen
F5	A4	Versickerung nur mit Vorbehandlung und anschließender Kontrollmöglichkeit

8.5.2 Auflagen durch Hangneigung

Bei Einzelfallbetrachtungen sind jedoch Ausführungshinweise bei der Errichtung einer oberirdischen Bewirtschaftungsmethode gemäß der Klassifikation der Entscheidungsmatrix zu berücksichtigen.

Tabelle 8-9: Klassen der Hangneigung

Hangneigungsklasse	Auflagen
0 – 2 %	Keine Einschränkung bei der Wahl der Maßnahmen
2 – 8 %	Oberirdische Retentionsräume sind in Geländeneigungsrichtung zwischen 3 und 10 m Länge herzustellen
8 – 14 %	Oberirdische Retentionsräume sind hangparallel auszuführen - alternativ kann eine kaskadenförmige Anordnung gewählt werden
> 14 %	Bau von oberirdischen Versickerungs- und Speicheranlagen sind kaskadenförmig herzustellen

8.5.3 Auflagen durch Risikobereiche

Im Anwendungsgebiet der Maßnahmenkarte werden Gebiete mit potenziell erhöhter Rutschgefahr ausgewiesen, wo eine ungünstige Wechsellagerung von wasserstauenden und wasserdurchlässigen Schichten zu erwarten ist. Gemäß den Auflagen der Entscheidungsmatrix sind im Einzelfall geologische Bodengutachten durchzuführen, wodurch die Wahl der Versickerungsmaßnahmen eingegrenzt werden kann.

In Bereichen mit Rutschgefahr ist die Wahl der Niederschlagsbewirtschaftung stark eingeschränkt. Entsprechend den angesetzten Einsatzgrenzen der Entscheidungsmatrix kommen in diesen Gebieten lediglich abgedichtete Systeme oder „sonstigen“ Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Anwendung, da eine Einleitung von Sickerwässern in den anstehenden Untergrund zu vermeiden ist.

8.5.4 Zusätzliche Auflagen

In den ausgewiesenen **Wasserschutzzonen** ist eine wasserrechtliche Bewilligung für eine Versickerungsmaßnahme erforderlich. Diese Auflage wird in der Entscheidungsmatrix berücksichtigt und ist beim Auswahlverfahren der Maßnahmen in diesen Gebieten auch in der Ergebnistabelle zu beachten.

8.6 Interpretation der Ergebnisse

Altstadt

Im Stadtkern (1) werden vorwiegend Schachtversickerungen oder unterirdisch verbundene Systeme empfohlen. Diese Einschränkung ist auf Basis der geringen Flächenverfügbarkeit und großen Tiefen, 2 bis 4 m bis zur Unterkante der bindigen Deckschicht, zu begründen. Bei einer Tiefe größer als 2 m ist die Anwendung der möglichen Maßnahmen auf abgedichtete Systeme, Sickerschächte bzw. Rohr-Rigolen-Elemente eingeschränkt. Alternativ können die Niederschlagswässer in bestehenden Regenwasserkanälen abgeleitet werden.

Grazer Feld

Im Grazer Feld (2) können in der Regel alle Maßnahmen zur Niederschlagswasserbewirtschaftung herangezogen werden. Lediglich bei dichter Straßenrandbebauung (3) ist die Anwendung von oberirdischen Bewirtschaftungsmaßnahmen nur bedingt möglich. Am östlichen Ufer der Mur, innerhalb der schraffierten Fläche (4), ist bei Errichtung einer Versickerungsmaßnahme eine wasserrechtliche Bewilligung einzuholen.

Im Industriepark Messendorf (5) befindet sich eine ehemalige Schotterabbaustätte, die auf große Anschüttungstiefen vermuten lässt, wodurch die Wahl der Bewirtschaftung auf Becken-, Schacht oder abgedichtete Versickerungen eingeschränkt wird.

Am Fuße des Ruckerlbergs (6) bzw. am Rande des Stadtkerns angeschlossen sind Flächen- und Muldenversickerungen aufgrund der Tiefe der bindigen Deckschicht nicht möglich.

Ruckerlberg

Der Ruckerlberg selbst ist bis auf wenige Bereiche (Schwemmbereiche der Seitenbäche) aufgrund der Risikoeinschätzungen für eine Versickerungsmaßnahme nur eingeschränkt geeignet. Entsprechend den Ausführungshinweisen der Entscheidungsmatrix ist im Bereich des Ruckerlbergs bei Errichtung von Versickerungsmaßnahmen eine geologische Untersuchung erforderlich (7). Gebiete des Ruckerlbergs mit potenziell erhöhter Rutschgefährdung (8) weisen teils Hangneigungen größer als 5 ° und schwach durchlässige Böden auf und schränken dadurch die Auswahl der möglichen NWB-Maßnahmen stark ein.

Das Gebiet in der näheren Umgebung des Leonhard- bzw. Ragnitzbaches (9) ist mit Regenwasserkanälen und den Bächen gut erschlossen, was eine alternative Möglichkeit zur Bewirtschaftung der Niederschlagswässer bietet.

8.6.1 Lösungsansätze für die Problembereiche am Ruckerlberg

Aufgrund der Risikoeinschätzungen und der schwachen Durchlässigkeit können am Ruckerlberg konventionelle Niederschlagsbewirtschaftungen nur mit bautechnischen Maßnahmen empfohlen werden. Einige Beispiele werden in den folgenden Unterpunkten aufgezeigt.

Einleitung in Regenwasserkanal und Oberflächengewässer

Eine Einleitung des Niederschlagswassers in ein Kanalsystem bzw. in einen Bach ist aufgrund der hydraulischen Leistungsfähigkeit begrenzt. In Graz werden Oberflächengewässer sehr oft in Mischwasserkanäle eingeleitet, was in der Folge eine Diskrepanz zur eigentlichen Entlastung des Kanalsystems durch Niederschlagsbewirtschaftungsmaßnahmen bildet.

Im Jahr 2007 wurde am Ruckerlberg der Annabach durch einen eigenen Kanal aus dem Mischwasserkanalsystem in den Leonhardbach ausgeleitet. Die ursprüngliche Ableitung verursachte hydraulische Überlastungen der Mischwasserkanalisation und führte zusätzlich jährlich 300.000 m³ unverschmutztes Regenwasser der zentralen Kläranlage zu, weshalb eine Ausleitung angestrebt wurde (Kanalbauamt Graz, 2006).

Aus Variantenuntersuchungen entstammt die ökologisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösung, einen eigenen Regenwassersammelkanal am Fuße des Ruckerlbergs bis zum Leonhardbach zu führen. Durch den neu errichteten Regenwasserkanal konnten hydraulische Überlastungen vermindert und die Möglichkeit geschaffen werden, einen Großteil des anfallenden Regenwassers am Südwesthang zu sammeln und abzuleiten. Der ausgeführte Sammelkanal (siehe Abbildung 8-5) besitzt einen Durchmesser von DN 1000 und eine Länge von ca. 1.370 m (Kanalbauamt Graz, 2006).

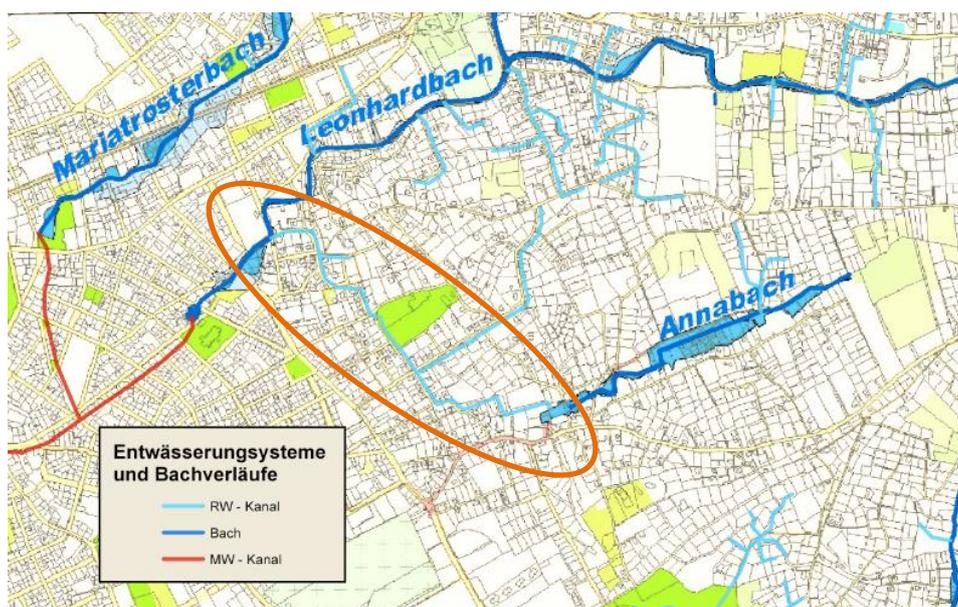


Abbildung 8-5: Regenwassersammelkanal zwischen Anna- und Leonhardbach

Mit Umsetzung dieser Ausleitung konnten zusätzliche Lösungsansätze für den Ruckerlberg erschlossen werden. Die Einleitung von Niederschlagswasser in Bäche ist jedoch nur hydraulisch limitiert möglich und kann aufgrund der Größe des betrachteten Einzugsgebiets am Ruckerlberg und der Anzahl der vorhandenen Oberflächengewässer nicht vollständig erfolgen.

Mulden-Rigolen-System

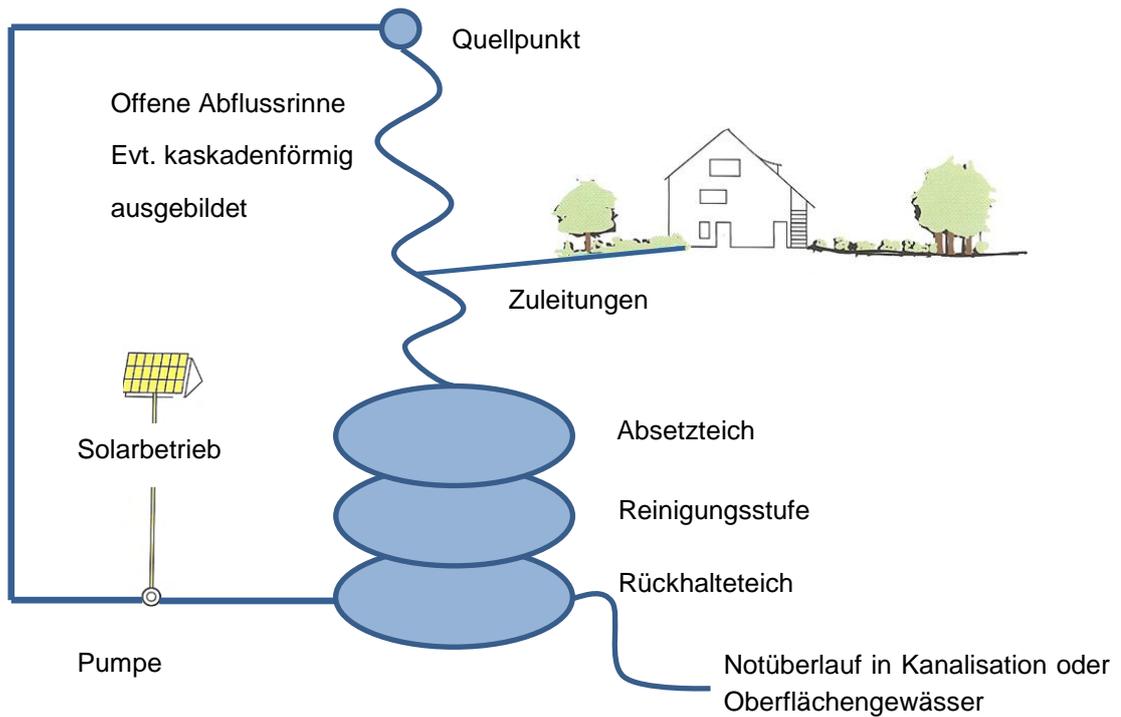
Am Beispiel Schüngelberg Siedlung in Gelsenkirchen-Buer wird nach Londong et al. (1999) eine weitere Möglichkeit für Problembereiche wie am Ruckerlberg aufgezeigt. Bei der Neuerrichtung der Siedlung in den Jahren 1995-1997 und der Modernisierung des Bestands zu einem modifizierten Trennsystem wurde ein umfangreiches Entwässerungskonzept entwickelt. Durch die Randbedingungen, Durchlässigkeitsbeiwerte (10^{-6} bis 10^{-7} m/s) und vorhandenem Oberflächengewässer wird diese Umsetzung als Vergleich herangezogen. In Gebieten mit potenziell erhöhtem Risiko wird von einer punktuellen Einleitung der Sickerwässer abgeraten. Eine etwaige Steigerung des Porenwasserdrucks in Gleitflächen wird durch die Anwendung von flächigen Versickerungsmaßnahmen vermindert.

Der Abfluss von den versiegelten Flächen wird in Mulden-Rigolen-Systeme gesammelt eingeleitet. Das Niederschlagswasser wird dabei über eine Mulde in die darunterliegende Rigole versickert. Rigolen können zusätzlich zur besseren Verteilung zu einem Netz verbunden werden. Mit dieser Methode kann das Wasser gedrosselt in ein naheliegendes Oberflächengewässer eingeleitet oder an geeigneter Stelle versickert werden (Londong, et al., 1999).

Mulden-Rigolen-Systeme können auch abgedichtet ausgeführt und bis zu einer geeigneten lokalen Versickerung bzw. Einleitung in ein Oberflächengewässer geführt werden. Ein flächiges Netz erfüllt somit Funktionen der Sammlung und Retention.

Kombination aus Kreislaufführung, Verdunstung und Retention mit gedrosselter Ableitung

Im Emschergebiet in der Stadt Kamen wurde bei der Neuerrichtung einer Siedlung aufgrund der Randbedingungen die Ableitung des Niederschlagswassers vorwiegend als Gestaltungselement integriert. Dieses System könnte aufgrund der Hanglage der Siedlung und dem schlecht durchlässigen Boden in einer zum Untergrund abgedichteten Variante auch am Ruckerlberg zur Anwendung kommen. Die Niederschlagswässer werden oberflächlich in Rinnen gesammelt und in einen abgedichteten Bachlauf auf öffentlichem Grund abgeleitet. Das abfließende Wasser gelangt in eine Vorbehandlung mit Absetzbecken und biologischer Reinigungsstufe. Über Dränrohre wird das Wasser in den dritten Teich eingeleitet, der vorwiegend zur Retention dient. Über eine solarbetriebene Pumpe wird das Wasser wieder an den obersten Punkt der Siedlung geführt. Bei der errichteten Variante führt am letzten Teich ein Notüberlauf in einen naheliegenden Bach bzw. versickert am Rand der Teiche (Londong, et al., 1999).



**Abbildung 8-6: Schematischer Aufbau der Kreislaufführung
(in Anlehnung an Londong et al. (1999))**

Dieses System kann auch kleinräumig auf einem Grundstück errichtet werden, wobei der oberflächige Abfluss über kaskadenförmig angeordnete Mulden erfolgen kann und somit den Anteil der Verdunstung fördert.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Aus den ständigen Weiterentwicklungen der Siedlungsstrukturen resultieren mehrere Herausforderungen für eine zeitgemäße Entwässerungsstrategie. Ein steigender Grad an Versiegelung führt zu erhöhtem Oberflächenabfluss, wodurch der natürliche Wasserhaushalt gestört wird. Durch Befestigung von Grünflächen mit Asphalt oder Beton nimmt der Anteil der Verdunstung und Versickerung ab. Daraus folgt zum einen eine raschere Verdunstung auf den befestigten Flächen, wodurch das Kleinklima der näheren Umgebung verändert wird. Zum anderen fehlt dadurch die natürliche Grundwasseranreicherung mit Auswirkungen auf den Niedrigwasserabfluss von Fließgewässern bzw. auf die Bodenfeuchtigkeit. Hingegen führen Starkregenereignisse zu erhöhten Oberflächenabflüssen, wodurch auch die Hochwasserabflussspitzen der Fließgewässer ansteigen. Dies ist auf einen verringerten Speichereffekt im Einzugsgebiet zurückzuführen. Historisch gesehen wurde in der Siedlungsentwässerung zumeist die Ableitung der Niederschlagswässer über das Kanalisationssystem forciert, wodurch diese bei steigenden Abflussmengen sehr oft hydraulisch überlastet sein können.

Die Anwendung von Niederschlagswasserbewirtschaftungssystemen ist daher sinnvoll, um dem wasserwirtschaftlichen Ziel der Erhaltung eines natürlichen Wasserkreislaufes möglichst gerecht zu werden. Dezentrale Bewirtschaftungssysteme bieten die Möglichkeit, am eigenen Grundstück den natürlichen Wasserhaushalt, bei geeigneten Randbedingungen, zu erhalten und hydraulische Überlastungen bestehender Systeme zu reduzieren. Entsiegelungsmaßnahmen minimieren die abflusswirksamen, befestigten Flächen und einen Teil des anfallenden Niederschlages. Durch Retentionsmaßnahmen werden Niederschlagswässer am Ort des Entstehens zurückgehalten, wodurch bei oberirdischen Maßnahmen zusätzlich eine Verdunstung ermöglicht und in der Folge eine zeitversetzte Weiterleitung erreicht wird. Die Nutzung von Niederschlagswässern für Bewässerungszwecke von Grünflächen führt neben der Trinkwassereinsparung zusätzlich zur Rückführung in den natürlichen Wasserkreislauf. Je nach entwässertem Flächentyp und dem Verschmutzungsgrad werden Anforderungen an eine vorgeschaltete Behandlungsmaßnahme gestellt. Generell wird zwischen ober- und unterirdischen Maßnahmen unterschieden, die sich vorwiegend durch den erforderlichen Flächenbedarf unterscheiden. Dabei bilden Maßnahmen der Versickerung einen Schwerpunkt bei der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung. Der Grundwasserspiegel wird durch Einleitung von Niederschlagswasser in den Untergrund lokal angehoben, was sich negativ auf angrenzende Bauwerke auswirken kann. Hierbei ist anzumerken, dass die Einleitung von Niederschlagswässern in den Grundwasserkörper generell nur begrenzt möglich ist, wofür die Aufnahmefähigkeit des Grundwasserkörpers nachzuweisen ist.

Als letzte Möglichkeit verbleibt schließlich noch die gedrosselte Ableitung in das öffentliche Kanalisationssystem oder in ein nahegelegenes Fließgewässer. Dabei sind hydraulische und qualitative Anforderungen gemäß dem geltenden Regelwerk einzuhalten.

Ausgehend von der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie werden wasserwirtschaftliche Ziele in den Bundes- und Landesgesetzen vorgegeben und Anforderungen an die Siedlungsentwässerung definiert. Dabei ist zu erkennen, dass die rechtlichen Grundlagen zum Teil widersprüchliche Aussagen bezüglich der Niederschlagswasserverbringung enthalten. Beispielsweise sind nach der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung Niederschlags-

wässer möglichst naturnah vor Ort zu entsorgen, während gemäß dem steiermärkischen Kanalgesetz eine Einleitung der anfallenden Abflüsse bei vorhandenen Misch- und Regenwasserkanälen verpflichtend ist. Darum ist eine einheitliche Anpassung der rechtlichen Anforderungen an den Stand der Technik in den zukünftigen Novellen wünschenswert. Zukünftige Stadtentwicklungskonzepte sprechen sich für eine Forcierung von Versickerungsmaßnahmen aus. Davon abgeleitet sind diese Ziele auch in Raumordnungs- und Flächenwidmungsplänen umzusetzen. Zukünftig ist es empfehlenswert, erforderliche Freiflächen für zentrale Bewirtschaftungsmaßnahmen in Anschließungsgebieten des Flächenwidmungsplans, speziell bei ungünstigen Randbedingungen im Einzugsgebiet, zu berücksichtigen und vorzuhalten.

Neben der Verbesserung des natürlichen Wasserhaushaltes kann eine strategische Abkopplung der eingeleiteten Niederschlagswasserabflüsse bzw. eine flächendeckende Niederschlagsbewirtschaftung auch für den Kanalnetzbetreiber von Vorteil sein. Durch die Verbringung des Niederschlagswassers am Ort des Entstehens können Kanäle für geringere Abflüsse kleiner dimensioniert bzw. müssen bei steigendem Bedarf an Schmutzwasserabflüssen nicht vergrößert werden. Vorgaben für den Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) fordern im Bereich der Mischwasserbewirtschaftung, dass die Entlastungsfrachten aus dem Mischwassersystem der Stadt Graz reduziert werden müssen. Dies ist in bestehenden Kanalnetzen kurzfristig nur mit Zwischenspeicherung möglich, was den Bau von aufwendigen Speicherbauwerken im bebauten Stadtgebiet erfordert. Niederschlagsbewirtschaftungsmaßnahmen verbessern mittel- und langfristig den geforderten Weiterleitungswirkungsgrad und sind immer in Kombination mit den schnell wirkenden und effektiven End-of-Pipe-Lösungsansätzen sinnvoll.

Ein finanzieller Anreiz zur nachträglichen Abkopplung im Bestandsgebiet könnte, abhängig von den geologischen Randbedingungen, flächendeckend auch mit einer Neuregelung der aktuellen Abwassergebühr geschaffen werden. Die Berechnung der Abwassergebühr könnte für den Schmutzwasseranteil zukünftig z. B. verursachergerechter über den Trinkwasserbedarf (€/m^3) erfolgen. Wie in Deutschland bereits vielfach umgesetzt, könnte in Zukunft eine gesonderte Gebühr für die Einleitung von Niederschlagswasser von versiegelten angeschlossenen Flächen (€/m^2) verursachungsgerecht eingehoben werden. In der Folge kann durch die Errichtung von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen ein verstärkter Anreiz für eine Abkopplung geschaffen werden. Dabei könnten bestehende Einleitungen in das öffentliche Kanalisationsnetz zurückgebaut und anfallende Niederschlagswasser auf dem eigenen Grundstück verstärkt bewirtschaftet werden, was für die Grundstückseigentümer zu einer Kosteneinsparung bei den laufenden Gebühren führen würde. Durch spezielle Förderprogramme könnten noch zusätzliche Anreize für die Eigentümer geschaffen werden, in NWB-Maßnahmen zu investieren.

Problembereiche wie Hanglage oder ungünstige geologische Randbedingungen bilden für die Errichtung von NWB-Maßnahmen eine besondere Herausforderung. Die Gefahr einer Hangrutschung oder die Bildung von Schichtenwässern erfordern konstruktive Maßnahmen bei der Umsetzung einer Niederschlagswasserbewirtschaftung. Beispielsweise kann man diesem Problem durch die Reduktion des Abflusses mittels begrünter Dächer oder durch die Zwischenspeicherung in abgedichteten Systeme und anschließender Ableitung der anfallenden Wässer aus den risikogefährdeten Bereichen zu zentralen Versickerungsanlagen begegnen.

Aufgrund unterschiedlicher Randbedingungen wurde in der vorliegenden Arbeit für einen begrenzten Teil der Stadt Graz eine NWB-Maßnahmenkarte entwickelt, mit der die Einsatzmöglichkeit von Maßnahmen abgeschätzt werden kann. Grundlage dafür waren vorhandenes Kartenmaterial und geotechnische Bodenaufschlüsse. Das Stadtvermessungsamt Graz sammelt seit einigen Jahren Bodenaufschlüsse aus Baugrunduntersuchungen, die in einer digitalen Datenbank verwaltet werden. Mit den vorliegenden Daten wurden sogenannte Themenkarten erstellt, die einen Teil der Einflussbereiche abdecken.

Dabei waren einige Datengrundlagen nicht bzw. nur in ungenügender Qualität verfügbar. Für eine flächendeckende Ausweitung einer solchen NWB-Maßnahmenkarte für Graz wird empfohlen, die dafür erforderliche Datengrundlage zu verbessern. Damit könnte auch eine eigene Datenbank mit verdichteten Informationen zu den Durchlässigkeitsbeiwerten unterschiedlicher Standorttypen aufgebaut und nicht, wie in dieser Arbeit noch erforderlich, aus den vereinzelt vorhandenen geologischen Bodenuntersuchungen abgeschätzt werden. Diese sollten gemäß den rechtlichen Bestimmungen bei einem Ansuchen zur Bauplatzeignung bzw. bei einem Bemessungsnachweis für die ausgeführte NWB-Maßnahme ohnehin vorhanden sein.

Aufgrund der vorhandenen Datengrundlage und zusätzlich noch im ZT-Büro Garber - Dalmatiner & Partner recherchierter geologischer Daten wurde für das südöstliche Stadtgebiet von Graz eine erste grobe Abschätzung für die Anwendung möglicher NWB-Maßnahmen erstellt. Für die Erstellung dieser Bewirtschaftungskarte wurde die Anwendung einer Entscheidungsmatrix gewählt und deren Ergebnisse flächig als Übersichtskarte dargestellt.

In der Maßnahmenkarte und aus den ausgewiesenen Problembereichen ist zu erkennen, dass insbesondere in den Randlagen des Stadtgebietes von Graz ungünstige Randbedingungen für eine Niederschlagswasserversickerung vorherrschen. Zusätzlich werden diese Bereiche zumeist nur mit einem reinen Schmutzwasserkanal entwässert, d. h. auf einen eigenen Regenwasserkanal zumeist verzichtet. In Verbindung mit Durchlässigkeits- bzw. vorhandenen Risikofaktorenkarten ist es empfehlenswert, besonders diese Bereiche mit ungünstigen geologischen Gegebenheiten, durch zentrale NWB-Maßnahmen zu bewirtschaften. Dazu zählt neben konstruktiven Lösungsansätzen im bestehenden Siedlungsgebiet auch die Erweiterung des vorhandenen Trennsystems mit eigenen Regenwasserkanälen, wie z. B. einer für die Ausleitung und Überleitung des Annabaches aus dem Mischwassersystem geschaffen wurde. Eine alternative Lösung bildet ebenso der Bau von Kreislaufsystemen, welche im Zirkulationsbetrieb die Verdunstung fördern und einen gestalterischen Effekt auf die Umgebung haben können.

Eine weitere Möglichkeit bilden unterirdische, vernetzte Rigolen-Systeme, die das Niederschlagswasser angrenzender Grundstückseigentümer sammeln und zwischenspeichern. In weiterer Folge werden die Abflüsse außerhalb der Problemzonen an geeigneter Stelle vorbehandelt und anschließend versickert. Ein wesentlicher Vorteil dieser zentralen Maßnahmen besteht im geregelten Betrieb bzw. in der regelmäßigen Wartung der Anlagen durch öffentliche Stellen.

Die Akzeptanz und das Verständnis über die erforderliche Wartung und Instandhaltung der NWB-Systeme sind für die Langlebigkeit und Funktionsweise der Bewirtschaftungsanlagen von großer Bedeutung. Problematisch in diesem Zusammenhang sind sehr oft das fehlende

Bewusstsein der Eigentümer oder z. B. auch die Weitergabe der Anlagen an Rechtsnachfolger ohne Einschulung auf erforderliche, betriebsnotwendige Wartungsmaßnahmen, da dem Magistrat Graz und der Landesregierung die rechtlichen Möglichkeiten einer Überprüfung fehlen. Deshalb sollte eine permanente Sensibilisierung der Anlagenbesitzer und Anrainer erfolgen. Oft führt eine unsachgemäße Nutzung der oberirdischen Fläche von Versickerungsanlagen zu eingeschränkter Leistungsfähigkeit und Problemen bei den Anlagen. Aus diesem Grund wird eine regelmäßige Wartung und Instandhaltung der Anlagen durch öffentliche, sachkundige Stellen angeraten.

Die erarbeitete Entscheidungsmatrix wurde zur Erstellung einer exemplarischen Maßnahmenkarte für Graz herangezogen. Sie dient vorwiegend als Hilfsinstrument zur Abschätzung einer geeigneten Bewirtschaftungsmaßnahme auf Basis der vorhandenen Standortbedingungen am jeweiligen Grundstück. Dabei können eine oder mehrere unterschiedliche Methoden zur Niederschlagswasserbewirtschaftung möglich sein. Deshalb wird zur endgültigen Festlegung einer Maßnahme ein zusätzlicher Variantenvergleich erforderlich sein. Die Gegenüberstellung der in Frage kommenden Maßnahmen kann z. B. auf Basis einer Gesamtkostenbetrachtung über die angestrebte Nutzungsdauer erfolgen.

Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen sind heute eine ganz wesentliche und sehr zeitgemäße Strategie der Siedlungsentwässerung geworden und tragen ganz wesentlich zum Erhalt des natürlichen Wasserkreislaufs bzw. durch strategische Anwendung auch zu Kosteneinsparungen für die Kanalnetzbetreiber bei.

Anhang

A 1 Berechnungsmethoden für Bemessungsregen

Zur Ermittlung der Regenintensität und –dauer werden nachfolgend 3 Methoden kurz beschrieben. Die aktuellen statistischen Regenwerte werden vom hydrographischen Dienst Österreich bereitgestellt (Datenbank ÖKOSTRA, Österreichische koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und–Auswertung).

Nach dem Arbeitsblatt der DWA-A 138 (2005) werden als hydrologische Grundlagen zur Bemessung von Versickerungsanlagen spezielle Empfehlungen für die verschiedenen Versickerungssysteme vorgegeben. In der nachfolgenden Tabelle wird zwischen zentralen Versickerungsanlagen (Anlagen zur Versickerung der Niederschlagsabflüsse mehrerer Grundstücke) und dezentralen Versickerungsanlagen (Anlage zur Versickerung von Niederschlagsabflüsse eines Grundstückes) unterschieden.

Tabelle A-1: Bemessung von Versickerungsanlagen (DWA-A 138, 2005)

Kriterium	Dezentrale Versickerung und einfache zentrale Versickerungsanlagen		Zentrale Versickerung / Mulden-Rigolen-System
Verfahren	Lastfallkonzept		Vorbemessung und Nachweis mit Langzeitsimulation
Empfohlene Häufigkeit [1/a]	0,2		$\leq 0,1 / \leq 0,2$
Maßgebliche Regendauer [min]	Flächenversickerung	Mulden-, Rigolen-, Schachtversickerung	Entfällt
	10 – 15	wird schrittweise bestimmt	
Abflussbildung	Bestimmung der undurchlässigen Fläche A_u unter Berücksichtigung des mittleren Abflussbeiwertes ψ_m		Flächenspezifische Prozessmodellierung
Abflusskonzentration	ohne Berücksichtigung		Übertragungsfunktion

Bei der Flächenversickerung (Versickerung ohne Speicherung) wird der Bemessungsregen in der Regel mit einer Dauer von $D = 10$ min gewählt. Bei großen flach geneigten Anschlussflächen kann die maßgebende Regendauer auf $D = 15$ min vergrößert werden.

A1.1 Regensummenlinie

Für die ausgewählte Jährlichkeit ist nach der Methode der ÖN B 2506-1 (2000) zur Bestimmung der Intensität und Dauer eine Regensummenlinie zu erstellen. Dabei werden für die örtlichen Verhältnisse die unterschiedliche Regendauer und die zugehörige Regenhöhe aufgetragen. Deren umhüllende Kurve dient als Grundlage zur Dimensionierung von Sickeranlagen. Bei nicht ausreichenden Auswertungen kann unter Berücksichtigung einer lokalen Regenspende die gewünschte Jährlichkeit der Reinhold'schen Regenkurve herangezogen werden.

Im Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005) zur Planung von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser werden zusätzliche rechnerische Ansätze beschrieben.

Die Volumenermittlung von verschiedenen Versickerungsanlagen erfolgt entweder nach einem

- Einfachen Bemessungsverfahren mittels statistischer Niederschlagsdaten (nicht mehr nach dem Verfahren nach Reinhold) oder mit einem
- Niederschlag-Abfluss-Langzeitmodell, das die Leistungsfähigkeit der Anlage nachweist. Dabei werden regionale Niederschlagsaufzeichnungen über möglichst lange Zeiträume ausgewertet.

A1.2 Einfaches Berechnungsmodell

Für die Anwendung dieses Verfahrens nach DWA-A 117 gelten in Übereinstimmung mit der ÖNORM EN 752 und unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und ingenieurtechnischer Aspekte für das gesamte Einzugsgebiet folgende Bestimmungen (DWA-A 138, 2005):

- Einzugsgebiet A_E darf maximal eine Fläche von 200 ha betragen bzw. eine maximale Fließzeit von 15 min nicht überschreiten.
- Die gewählte Überschreitungshäufigkeit des Speichervolumens beträgt $n \geq 0,1/a$ im Gegensatz zu den Bestimmungen der ÖNORM 2506-1.
- Die spezifische Versickerungsrate bezogen auf die undurchlässige Fläche muss $q_s \geq 2 \text{ l/(s.ha)}$ betragen.

In der Regel wird dieses Verfahren zur Bemessung von Versickerungsanlagen herangezogen. Die Länge der Zeitreihe sollte mindestens dreimal so lang sein, wie die zu bemessende Wiederkehrzeit.

A1.3 Langzeitsimulation

Für zentrale Versickerungsanlagen bzw. Anlagen mit größeren Einzugsgebieten wird im Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005) der hydraulische Bemessungsfall mittels Langzeitsimulation empfohlen. Als Datengrundlage dienen Niederschlagsreihen von mindestens 10 Jahren, die jedoch mindestens so lange sein sollten wie die gewählte Wiederkehrzeit.

Nach Geiger et al. (2009) können durch Langzeitsimulationen vernetzte Anlagen besser aufeinander abgestimmt und auch Speichervolumen im Vergleich zu einfachen Näherungsverfahren angesetzt werden. Während aus der Betrachtung statistischer Regenwerte nur für einen bestimmten Lastfall die relevanten Kenngrößen ermittelt werden, können durch die Langzeitsimulation neben den Abflussganglinien auch Jahresmittelwerte für Häufigkeiten, Dauern und Abflussvolumina entnommen werden.

A1.4 Näherungsverfahren zur Ermittlung des Abflusses

Der Rechenwert für die angeschlossenen Flächen wird nach der Berechnungsformel der ÖNORM B 2506-1 (2000) ermittelt. Dabei wird die Entwässerungsfläche A_{red} aus der Summe aller angeschlossenen Teilflächen $A_{n,i}$ und dem jeweils zugehörigen mittleren Abflussbeiwert a_n oder $\psi_{m,i}$ ermittelt.

$$A_{red} = \sum(A_{n,i} \cdot a_{n,i}) \quad \text{Gleichung A-1}$$

Die verwendeten Materialien beeinflussen wesentlich das Abflussgeschehen von Flächen. Der spezifische Abflussbeiwert einer Oberfläche ergibt sich aus dem Anteil an Niederschlag,

der verdunstet oder versickert. Bei einem Abflussbeiwert von 1,0 wird der gesamte Niederschlagsabfluss abgeführt. Ein geringerer Wert ergibt sich aus der Differenz der Anteile die versickern oder verdunsten, was auf die Durchlässigkeit der Oberfläche zurückzuführen ist (Herzer, 2004).

Um die abflusswirksame Gesamtfläche zu ermitteln, wird zusätzlich auch die berechnete Fläche der Versickerungsanlage berücksichtigt:

$$A_{ent} = A_{red} + A_{va} \quad \text{Gleichung A-2}$$

Zur Ermittlung der mittleren Abflussbeiwerte können Richtwerte der folgenden Tabelle entnommen werden (DWA-A 138, 2005):

Tabelle A-2: Mittlere Abflussbeiwerte nach ATV-DVWK-A 117 und ATV-DVWK-M 153 (DWA-A 138, 2005)

Flächentyp	Art der Befestigung	Ψ_m
Schrägdach	Metall, Glas, Schiefer, Faserzement	0,9 – 1,0
	Ziegel, Dachpappe	0,8 – 1,0
Flachdach (Neigung bis 3° oder ca. 5 %)	Metall, Glas, Faserzement	0,9 – 1,0
	Dachpappe	0,9
	Kies	0,7
Gründach (Neigung bis 15° oder ca. 25 %)	humusiert < 10 cm Aufbau	0,5
	humusiert ≥ 10 cm Aufbau	0,3
Straßen, Wege und Plätze (flach)	Asphalt, fugenloser Beton	0,9
	Pflaster mit dichten Fugen	0,75
	fester Kiesbelag	0,6
	Pflaster mit offenen Fugen	0,5
	lockerer Kiesbelag, Schotterrasen	0,3
	Verbundsteine mit Fugen, Sickersteine	0,25
	Rasengittersteine	0,15
Böschungen, Bankette und Gräben mit Regen- abfluss in das Entwässerungssys- tem	toniger Boden	0,5
	lehmiger Sandboden	0,4
	Kies- und Sandboden	0,3
Gärten, Wiesen und Kulturland mit möglichem Regenabfluss in das Entwässerungssystem	flaches Gelände	0,0 – 0,1
	steiles Gelände	0,1 – 0,3

Der Zufluss Q_{ZU} (m^3/s) einer Versickerungsanlage kann mit der ermittelten Regenspende $r_{D(n)}$ ($l/(s \cdot ha)$) und der abflussrelevanten versiegelten Fläche A_{ent} (m^2) berechnet werden (DWA-A 138, 2005):

$$Q_{ZU} = 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_{ent} \quad \text{Gleichung A-3}$$

A1.5 Richtwerte für Schadenshäufigkeit bei der Bemessung

Mit den folgenden Häufigkeiten werden vollwandige Rohrkanäle auf ihr Abflussvermögen (90 % der Vollfüllung) ausgelegt. Sickeranlagen dürfen maximal einen Höchststand bis zur Sohle der Zuleitung erreichen. Es verbleiben noch zusätzliche Reserven bis zum Überstau (Wasser tritt aus) oder bis zur Überflutung (Schadenseintritt), die mit geringeren Häufigkeiten auftreten dürfen.

Tabelle A-3: Richtwerte zur einfachen Bemessung von Kanal- und Sickeranlagen (LRG Stmk, 2012)

	Wiederkehrszeit (1 Mal in n Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in einem Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 1	100 %
Wohngebiete	1 in 2	50 %
Stadtzentren	1 in 5	20 %
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 10	10 %

In den unten angeführten Tabellen sind Bemessungshäufigkeiten aufgelistet, die zur Bemessung von außerordentlichen Ereignissen herangezogen werden müssen.

Tabelle A-4: Richtwerte bis zum Überstau (LRG Stmk, 2012)

	Wiederkehrszeit (1 Mal in n Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in einem Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 2	50 %
Wohngebiete	1 in 3	33 %
Stadtzentren	1 in 5	20 %
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 10	10 %

Tabelle A-5: Richtwerte bis zur Überflutung (LRG Stmk, 2012)

	Wiederkehrszeit (1 Mal in n Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in einem Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 10	10 %
Wohngebiete	1 in 20	5 %
Stadtzentren	1 in 30	3 %
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 50	2 %

A 2 Einflussgrenzen der Hangneigung

Die Hangneigung beeinflusst maßgebend oberirdische Niederschlagsbewirtschaftungssysteme in ihrer wirtschaftlichen Durchführung und wird deshalb in der weiterführenden Betrachtung gemäß Stecker et al. (1996) in 4 Hangneigungsklassen unterteilt.

Um die Hangneigungsklassen zu definieren, wird zum Vergleich ein Mulden-Rigolen-Element herangezogen, welches eine versiegelte Fläche von 100 m² entwässert.

A2.1 Funktionsweise des Mulden-Rigolsystems

Durch die Kombination zweier Systeme ist für die Versickerung im Vergleich zur jeweiligen Methode alleine ein wesentlich geringerer Flächenbedarf notwendig. Dieser ist zusätzlich von der Durchlässigkeit des Untergrundes und den auftretenden Regenwassermengen abhängig. Nach Herzer (2004) ist ein Flächenbedarf zwischen 5 und 13,3 % der entwässerten Fläche erforderlich.

Bei schlecht durchlässigem Boden kann ein langes Speichern oder eine verzögerte Abgabe zur gezielten Erhöhung des Niedrigwassers in Bächen erreicht werden. Nach Sieker et al. (2003) kommt dieses System auch bei k_f -Wert $<10^{-6}$ m/s zur Anwendung.



Abbildung A-1: Kaskadenförmige Sickermulden (DWA-A 138, 2005)

Aus den Richtwerten nach Herzer (2004) und dem Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005) ergibt sich ein Flächenbedarf von ca. 10 % der entwässerten Fläche, was bei 100 m² entwässelter Fläche einen Flächenbedarf von 10 m² ergibt.

Aufgrund der Bestimmungen des Arbeitsblattes DWA-A 138 (2005) sind folgende limitierenden Bedingungen einzuhalten:

- Die Einstauhöhe von Mulden muss kleiner als 30 cm sein.
- Herstellung einer waagrechten Muldensohle ist zum Erreichen des maximalen Retentionsvolumens erforderlich.
- Aus bautechnischen Gründen darf die maximale Muldentiefe 50 cm (Annahme nach Regelquerschnitt) und die Länge einer straßenbegleitenden Mulde 3 m nicht überschreiten.

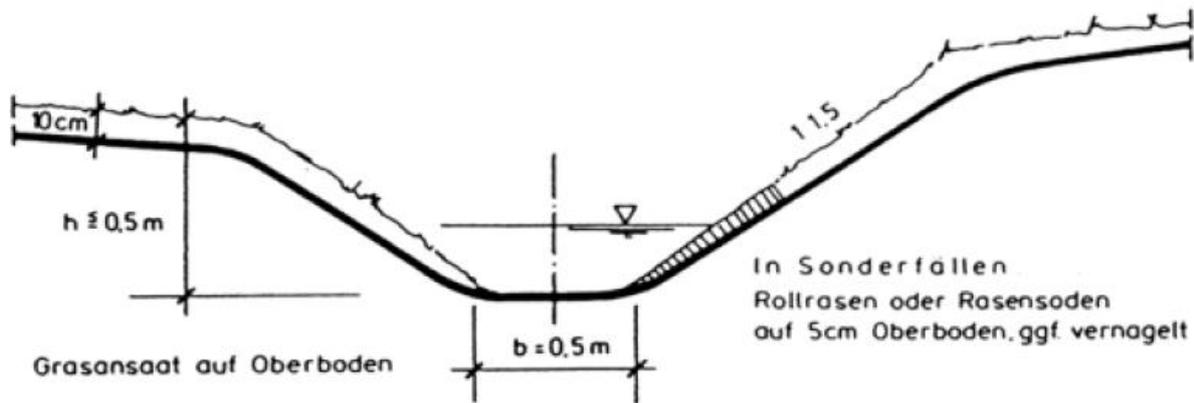


Abbildung A-2: Regelquerschnitt für Entwässerungsgraben (FGSV, 2005)

Bei den folgenden Betrachtungen wird die Mulde vorerst in Richtung der Hangneigung hergestellt, bis die geforderten Parameter eine hangparallele Anordnung erfordern. Die Mulde wird an einem gedachten Straßenverlauf mit einer Breite von 1 m über eine Länge von 10 m geführt.

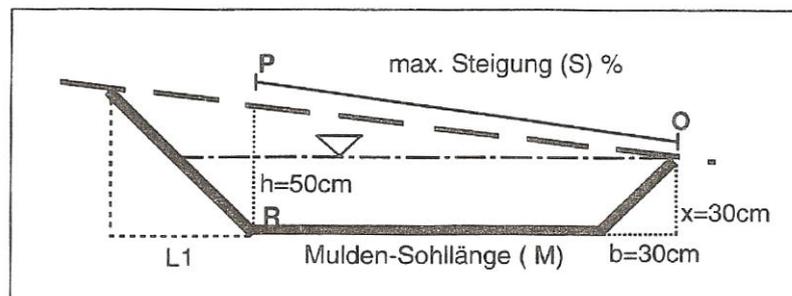


Abbildung A-3: Randparameter der Mulde (Stecker, et al., 1996)

Die Steigung wird durch die Strecke O-P und der Differenz der max. Einstautiefe und der max. Muldentiefe errechnet.

$$\frac{\text{maximale Höhendifferenz } d}{\text{Muldenbreite} + \text{Böschungslänge}} \times 100 = \text{Steigung } (\%) \quad \text{Gleichung A-4}$$

Durch die Abbildung A-3 wird ersichtlich, dass der gesamte Flächenbedarf zur Herstellung einer Mulde von der Böschungsneigung abhängt. Je größer die Hangneigung desto größer ist der resultierende Platzbedarf. Jedoch errechnet sich die zur Retention vorhandene Muldenlänge durch die Basislänge der Mulde zuzüglich der projizierten Böschungslängen der max. Einstautiefe (30 cm). Die Böschungsneigung wird auf 1:2 festgelegt. Dieser Wert ergibt sich aus Richtwerten nach Sieker (2011) mit 1:2,5 und nach RAS (FGSV, 2005) mit 1:1,5.

Es werden drei einzelne Klassen gebildet, die sich nach den Anforderungen in Muldenlängen von > 10 m, zwischen 3 und 10 m bzw. unter 3 m unterscheiden. Diese Gliederung ergibt sich durch Überlegungen aus zusätzlich notwendigen kaskadenförmig angeordneten Mulden bzw. resultierende hangparallele Ausführung des Retentionsvolumens.

A2.3 Muldenlänge mit 10 m

Aus den gegebenen Randbedingungen lässt sich nun eine Hangneigung errechnen, mit der die Errichtung einer gewünschten Mulde problemlos möglich ist.

$$\frac{\text{maximale Höhendifferenz } d}{\text{Muldenbreite} + \text{Böschungslänge}} * 100 =$$

$$\frac{(0,5-0,3)}{(10-2*0,6)+0,6} * 100 = 2,1 \%$$

Gleichung A-5

Aus Sicht der Herstellung von Bewirtschaftungssystemen ist bei einer Hangneigung zwischen 0 und 2 % mit keinen Einschränkungen zu rechnen.

A2.4 Muldenlänge zwischen 3 und 10 m

Mit zunehmender Hangneigung verkürzt sich die Muldenlänge bis zu einer Länge von 3 m. Die geforderte Versickerungsfläche kann hier noch mit zwei Mulden hergestellt werden, was im nachfolgenden Diagramm ersichtlich wird. Im Diagramm wird die Anzahl der notwendigen Mulden auf der horizontalen Achse dargestellt, die in Abhängigkeit von der vorhandenen Fläche bzw. vorhandenen Länge notwendig sind.

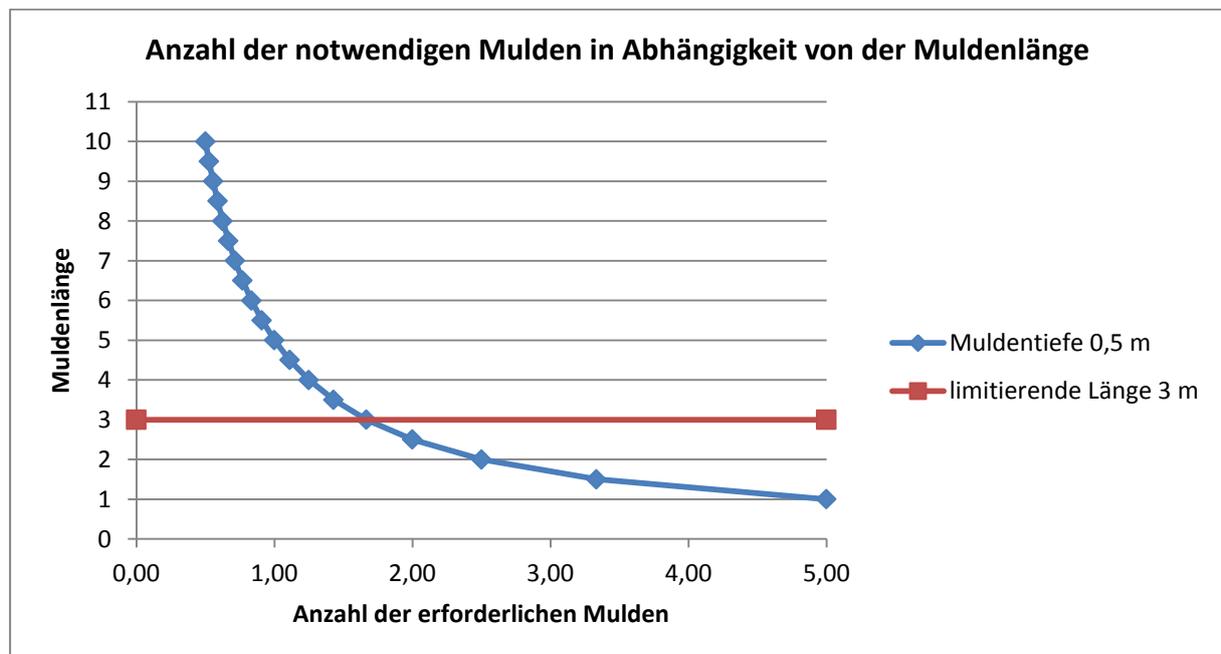


Abbildung A-4: Anzahl der Mulden in Abhängigkeit von der Länge der Mulde

Aus den gegebenen Randbedingungen lässt sich eine Hangneigung errechnen, die die obere Grenze der zweiten Klasse bildet.

$$\frac{\text{maximale Höhendifferenz } d}{\text{Muldenbreite} + \text{Böschungslänge}} * 100 =$$

$$= \frac{(0,5-0,3)}{(3-2*0,6)+0,6} * 100 = 8,3 \%$$

Gleichung A-6

Für die zweite Klasse wird ein Grenzwert von 8 % angesetzt, der einen Bau von kaskadenförmigen Mulden in Hangneigung einschränkt. Somit ermöglicht die zweite Klasse einen kaskadenförmigen Bau der Bewirtschaftungsanlagen bei einer Hangneigung zwischen 2 und 8 %, um die geforderten Randbedingungen einzuhalten.

A2.5 Muldenlänge unter 3 m

Bei einer vorhandenen Hangneigung größer als 8 % kommt für die NWB auf Grundstücken nur noch eine hangparallele Ausführung in Frage. Dadurch verkürzt sich die notwendige Länge der Mulde in Hangneigung auf 2 m (hier gewählte Grenze nach Stecker).

Die maximale Hangneigung der vorgegebenen Versickerungsfläche errechnet sich wie folgt.

$$\frac{\text{maximale Höhendifferenz } d}{\text{Muldenbreite} + \text{Böschungslänge}} * 100 =$$

$$= \frac{(0,5-0,3)}{(2-2*0,6)+0,6} * 100 = 14,3 \% \quad \text{Gleichung A-7}$$

Durch die Anordnung von hangparallelen Mulden sind Hangneigungen zwischen 8 und 14 % möglich.

Bei größeren Hangneigungen als 14 % werden zusätzliche Maßnahmen und geotechnische Untersuchungen erforderlich, wodurch eine Ausführung von Versickerungsanlagen erschwert möglich ist.

Erdbeben treten vermehrt ab Hangneigungen von 20 % auf. Eine Rutsch- und Setzungsgefährdung kann Baugrundkarten und Baugrundgutachten entnommen werden. Entsprechende Flächen sind grundsätzlich zur Niederschlagswasserversickerung ungeeignet, es sei denn, hydro-/ingenieurgeologische Untersuchungen bis in die relevanten Horizonte kommen zu dem Ergebnis, dass eine Versickerung/Teilversickerung das Gefährdungspotenzial nicht signifikant erhöht. (Burghardt, et al., 1998)

A 3 Datengrundlage zur Erstellung einer NWB-Maßnahmenkarte

Zur Erstellung einer Maßnahmenkarte im ausgewählten Stadtgebiet von Graz wurden folgende Karten in Anlehnung an die Grundlegungskarten abgeleitet.

A3.1 Planverzeichnis

Plannummer	Inhalt
1	Flächenverfügbarkeit
2	Sickerfähigkeit des Bodens
3	Hangneigung
4	Baurisikobereiche
5	Unterkante der bindigen Deckschicht
6	Grundwasserflurabstand
7	Wasserschutzgebiete
8	Entwässerungssysteme und Oberflächengewässer
9	Bewirtschaftungsartenkarte im Bereich des Ruckerlbergs

Datengrundlagekarte Untersuchungsgebiet Ruckerlberg

Masterarbeit Assinger Christian
Stand 2012

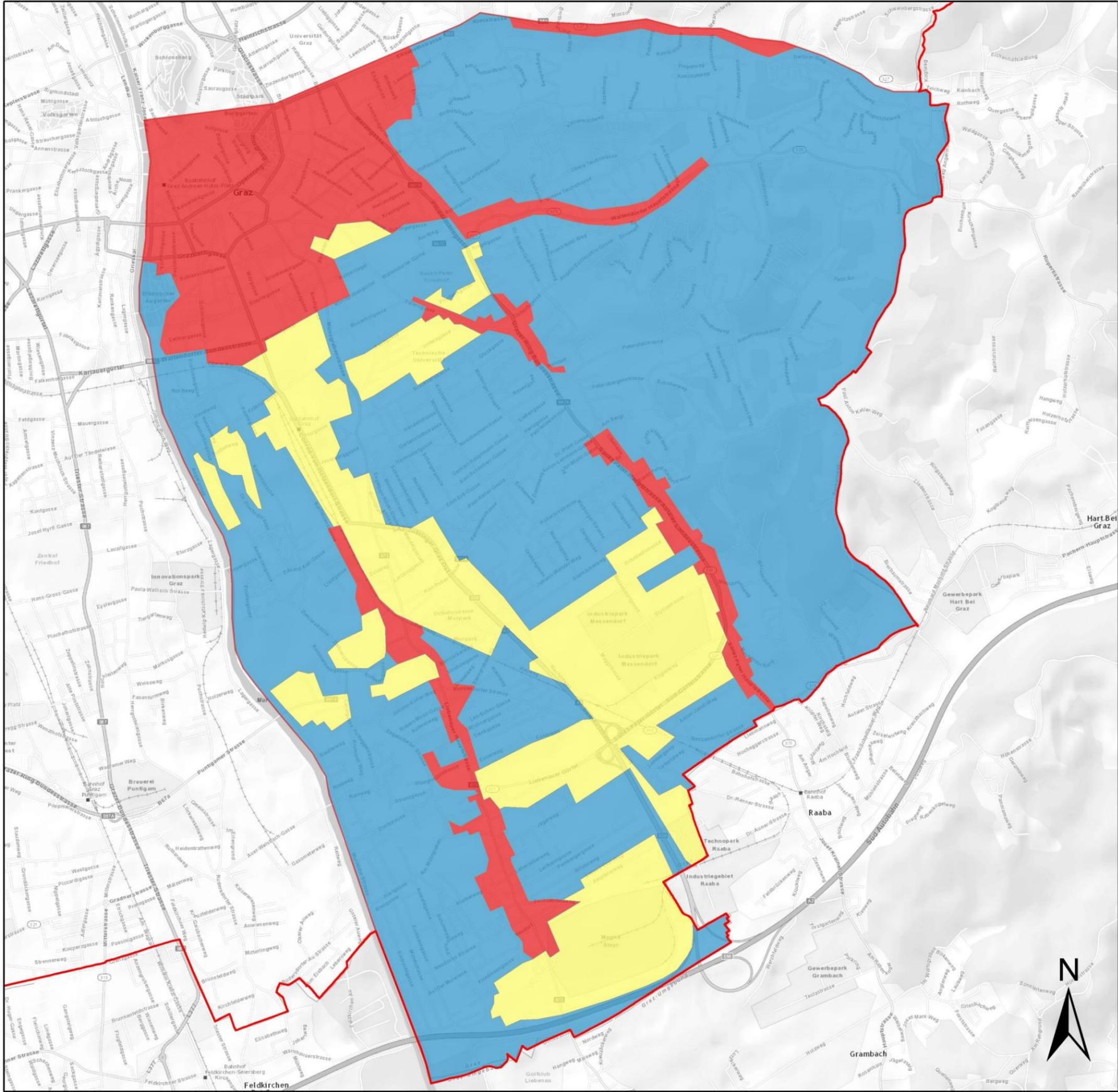
TU Graz

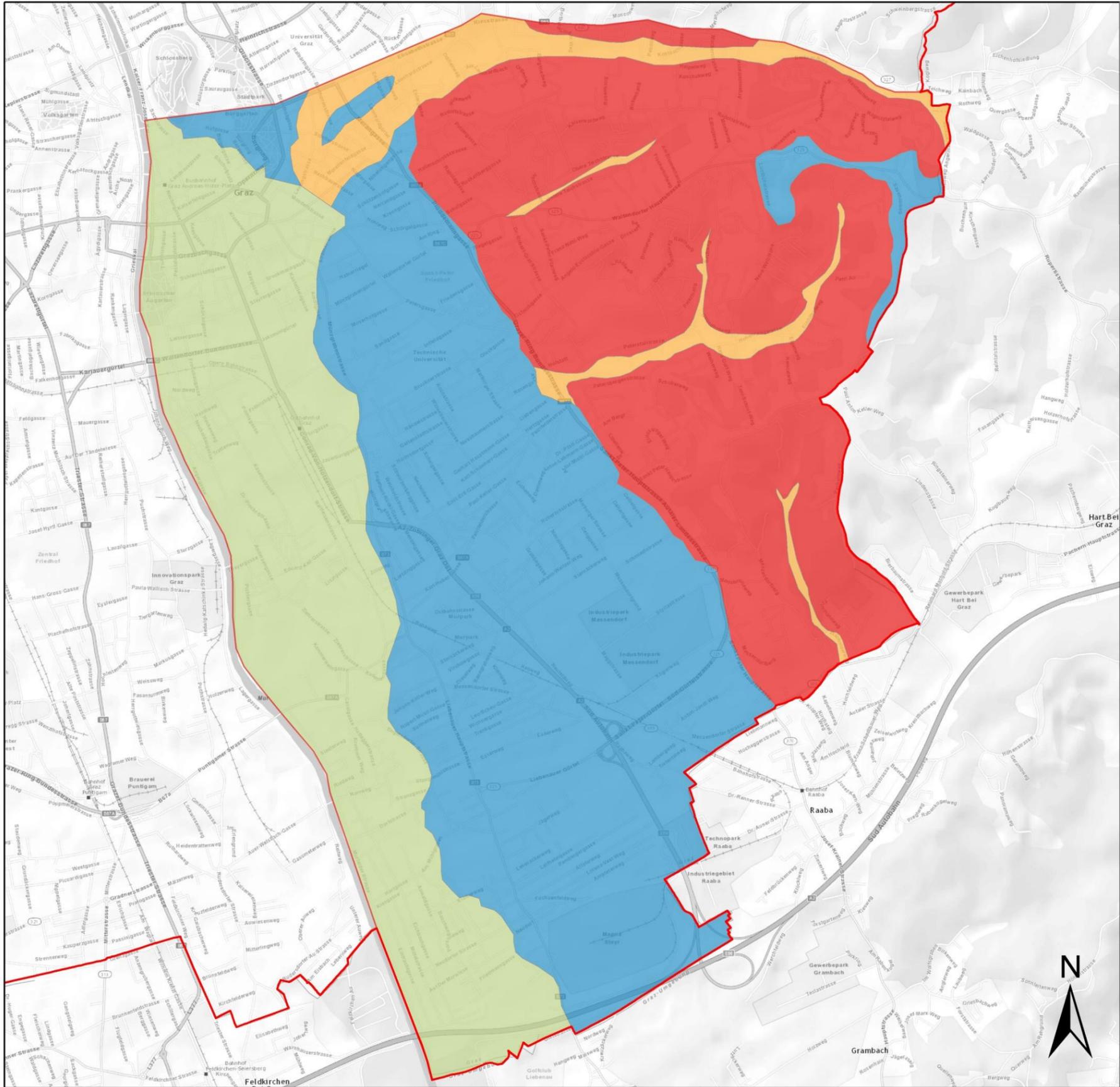
Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau

Quelle: in Anlehnung an STEK 3.0 (2002)

Flächenverfügbarkeit Anteil der abflussw. Fläche

- 2 - 15 %
- > 2 %
- > 15 %



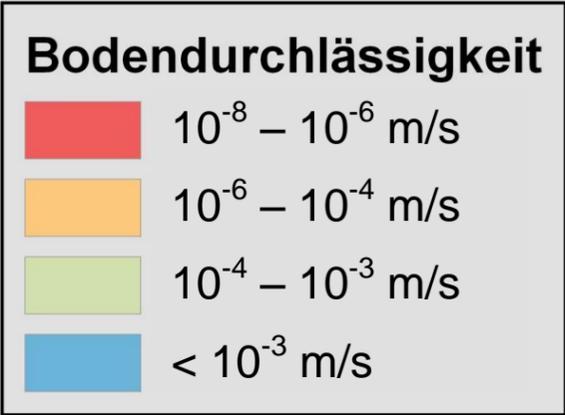


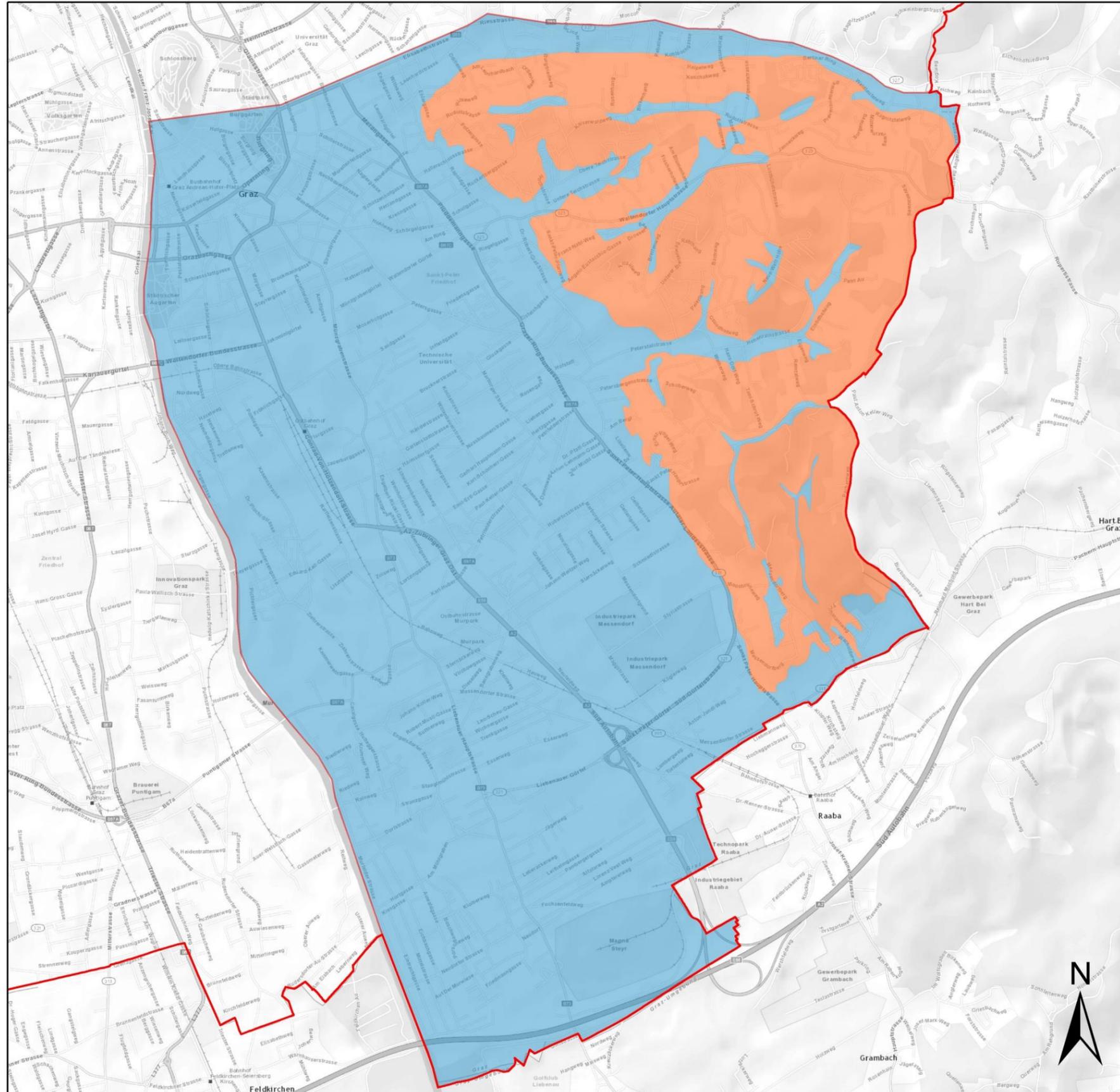
**Datengrundlagekarte
Untersuchungsgebiet Ruckerlberg**

Masterarbeit Assinger Christian
Stand 2012

TU Graz

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau





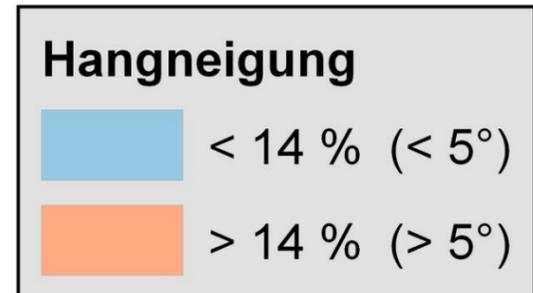
**Datengrundlagekarte
Untersuchungsgebiet Ruckerlberg**

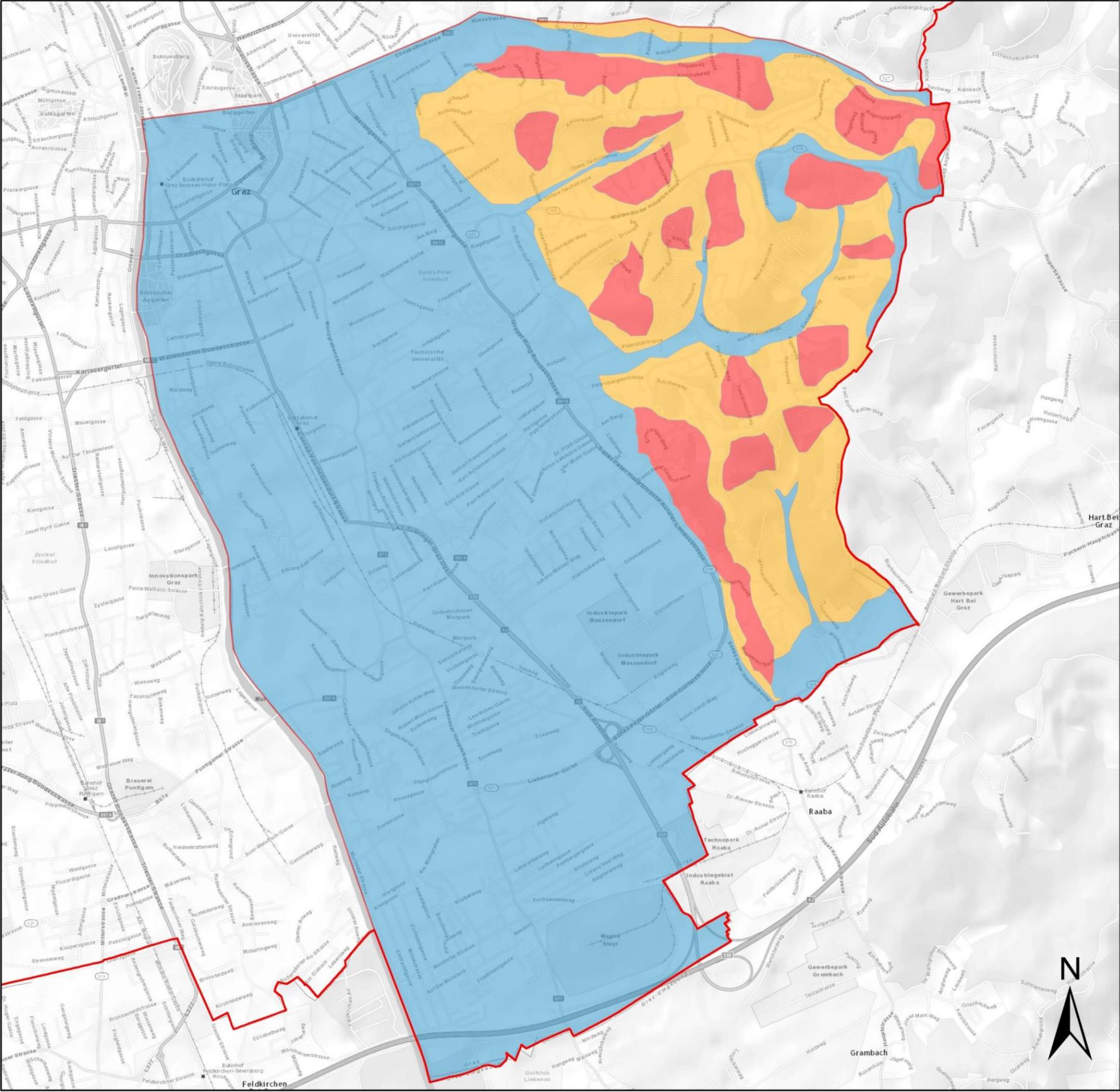
Masterarbeit Assinger Christian
Stand 2012

TU Graz

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau

Quelle: in Anlehnung an GIS Stmk (2012)





**Datengrundlagekarte
Untersuchungsgebiet Ruckerlberg**

Masterarbeit Assinger Christian
Stand 2012

TU Graz

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau

Quelle: in Anlehnung an die Themenkarten des
Stadtvermessungsamtes Graz (2011)

Risikobereiche

- Rutschgefahr
- Schichtenwasser
- kein Risikobereich

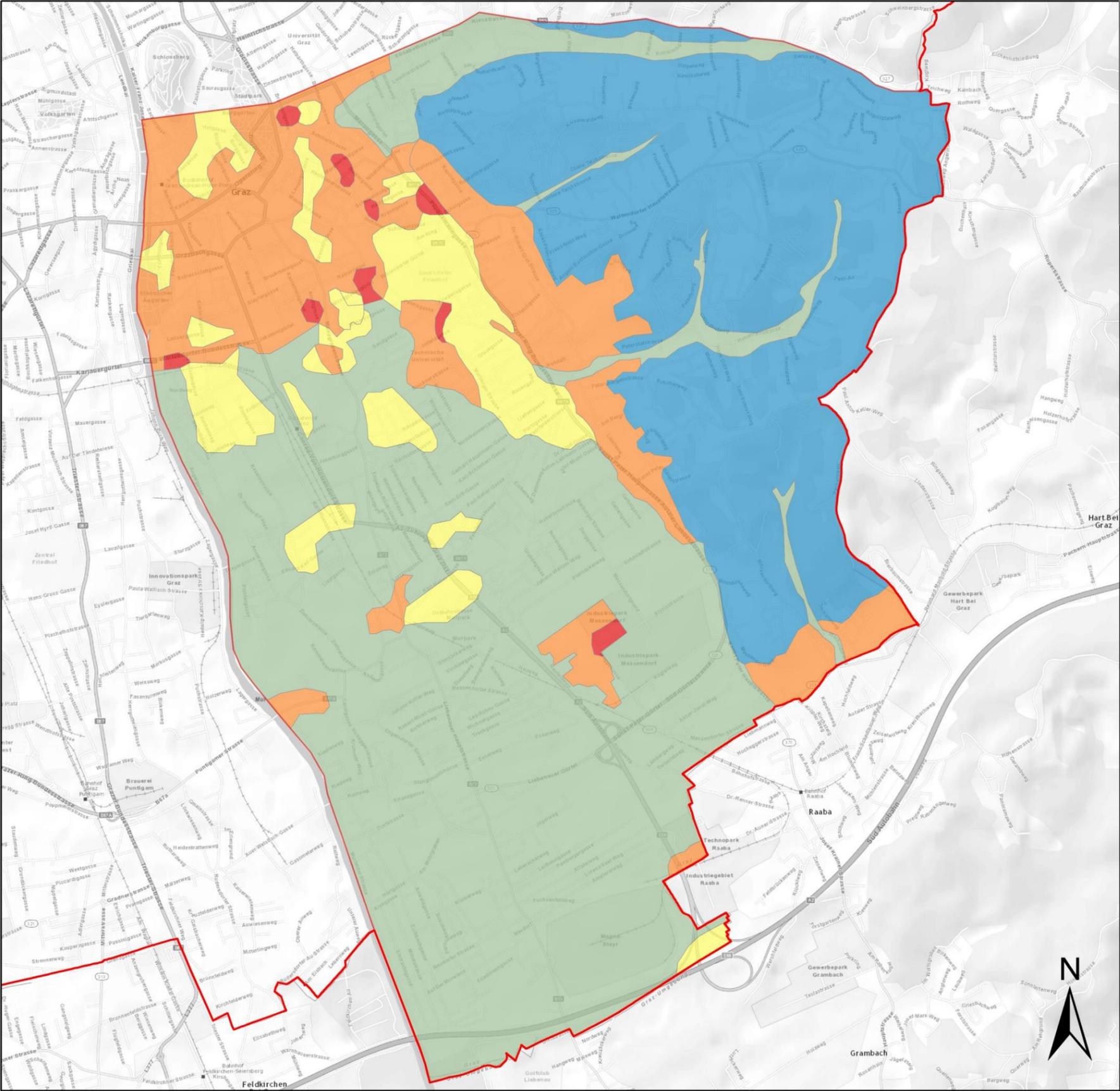
Datengrundlagekarte Untersuchungsgebiet Ruckerlberg

Masterarbeit Assinger Christian
Stand 2012

TU Graz

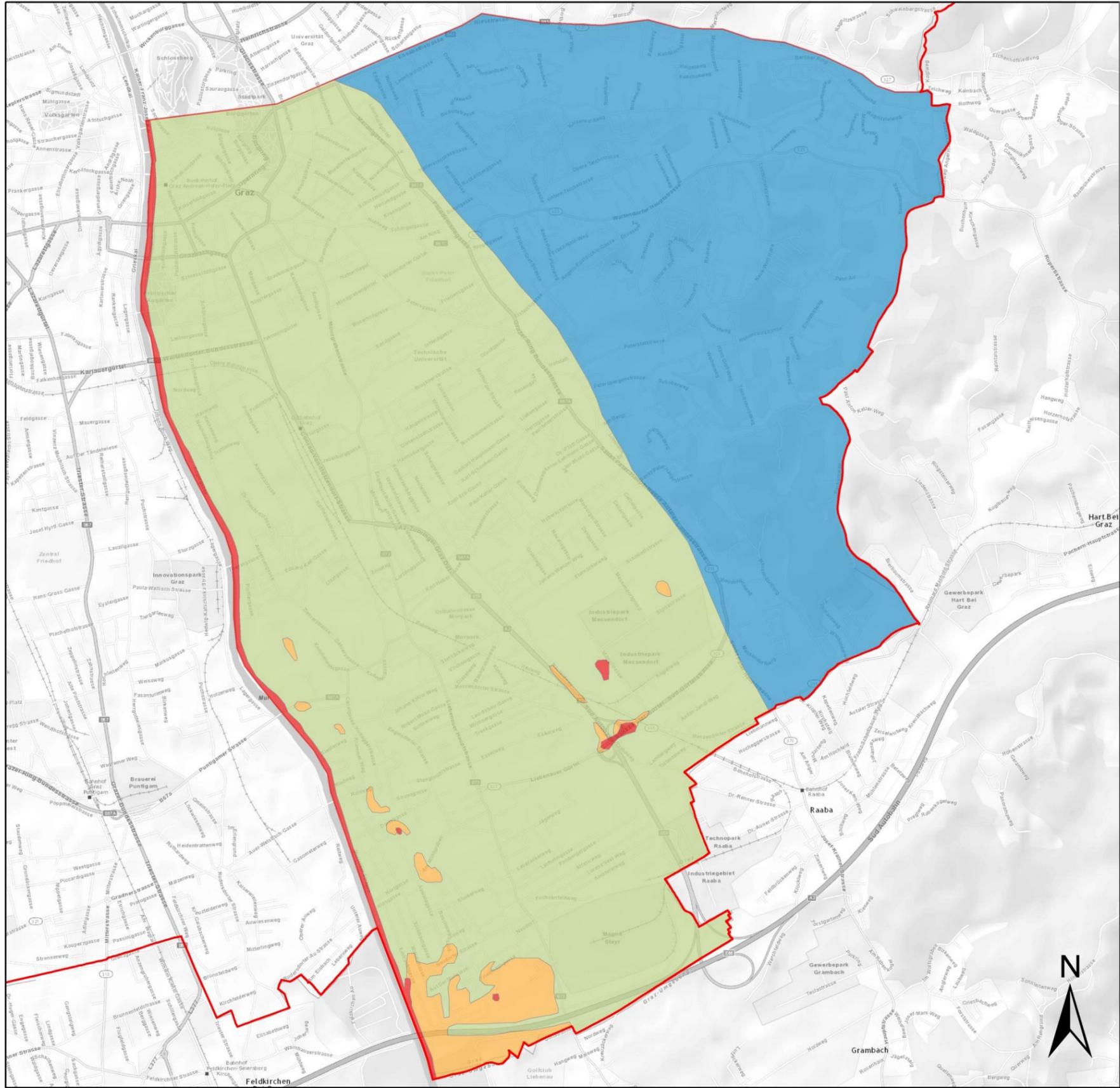
Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau

Quelle: in Anlehnung an die Themenkarten des
Stadtvermessungsamtes Graz (2011)



Bindige Deckschicht Tiefe UK b. Deckschicht

- 0
- < 1 m
- 1-2 m
- 2-4 m
- > 4 m



**Datengrundlagekarte
Untersuchungsgebiet Ruckerlberg**

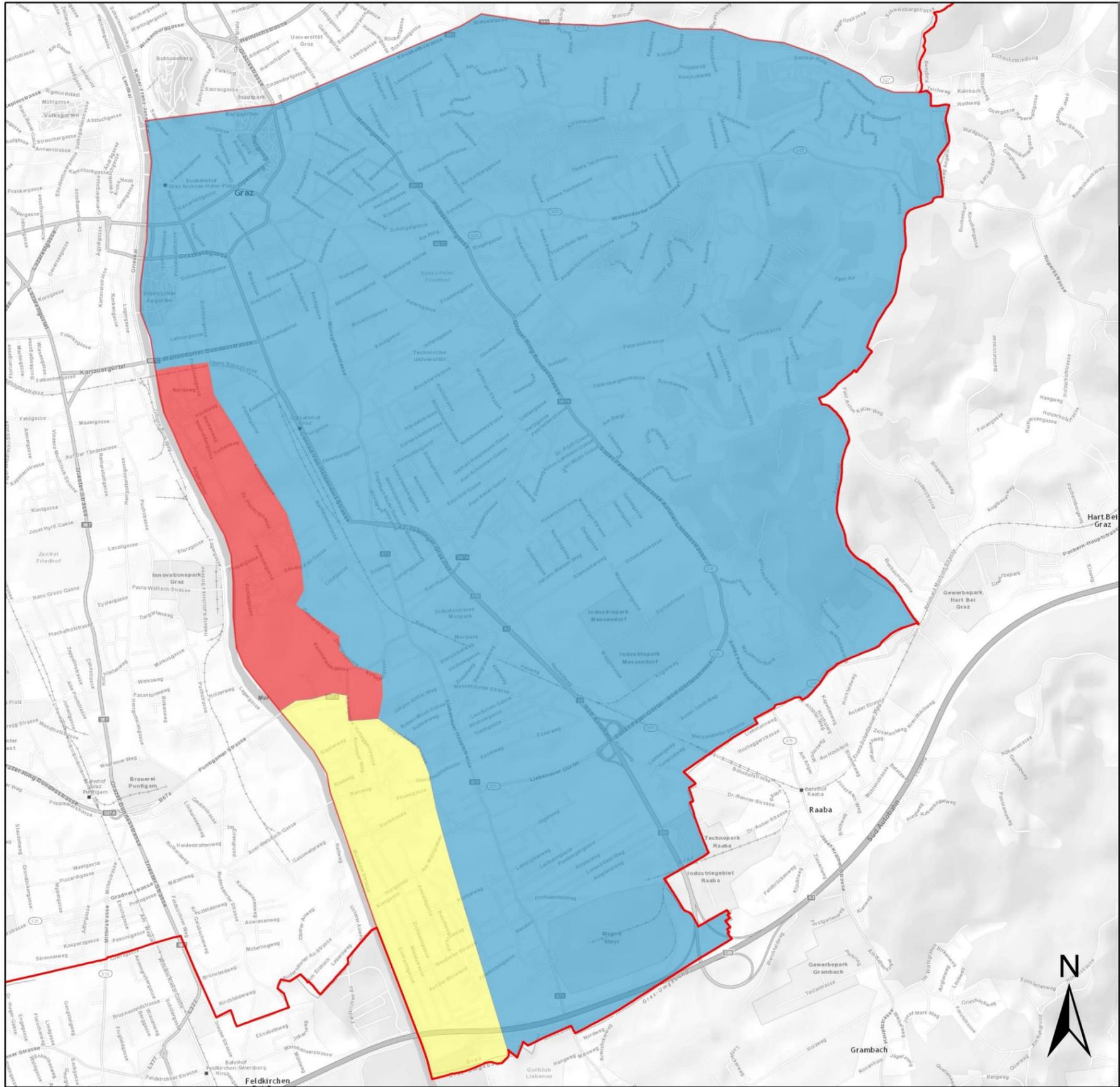
Masterarbeit Assinger Christian
Stand 2012

TU Graz

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau

Quelle: in Anlehnung an die Themenkarten des
Stadtvermessungsamtes Graz (2011)





**Datengrundlagekarte
Untersuchungsgebiet Ruckerlberg**

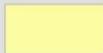
Masterarbeit Assinger Christian
Stand 2012

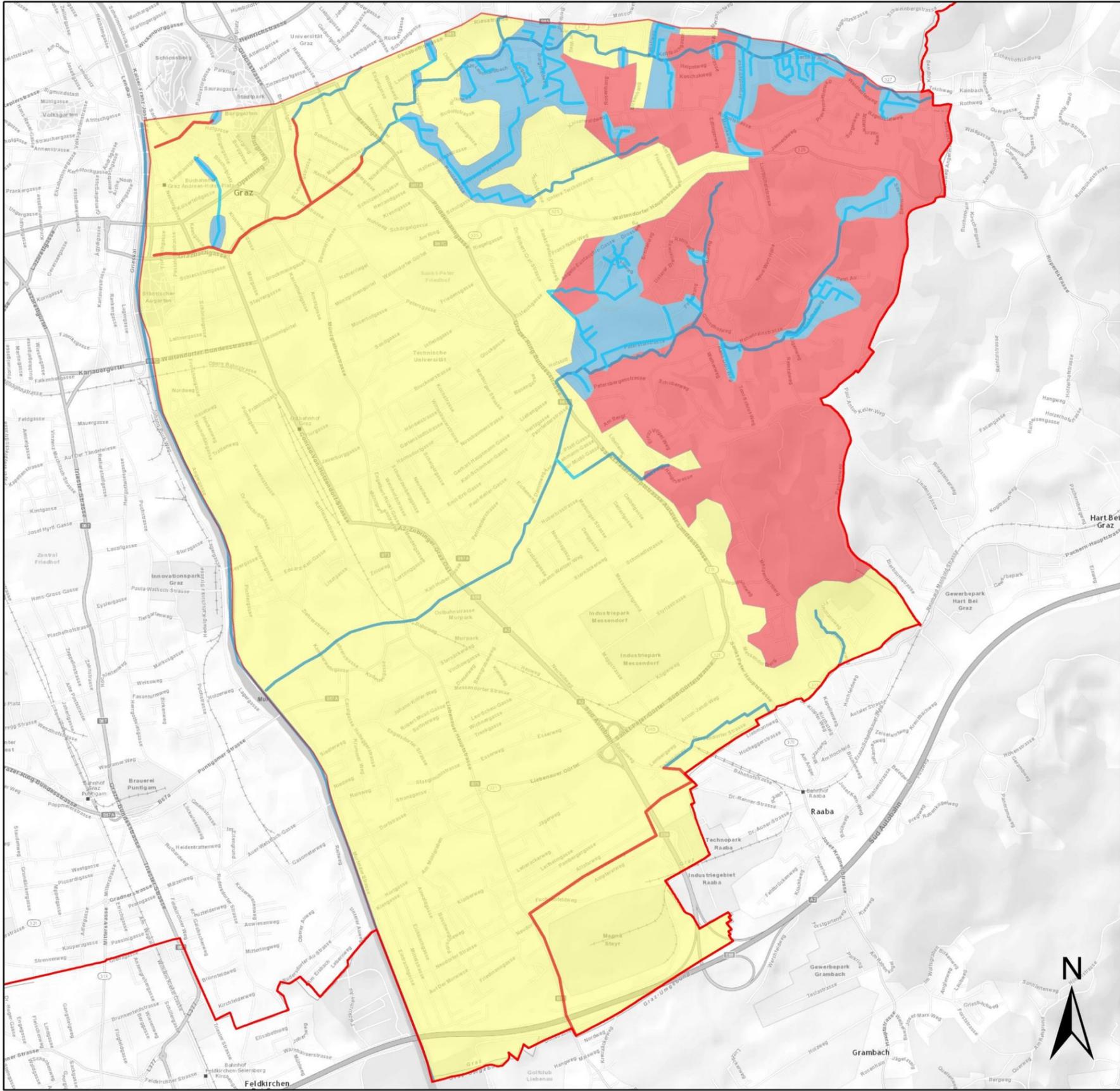
TU Graz

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau

Quelle: in Anlehnung an STEK 3.0 (2002)

**Schutzzone
WW Feldkirchen**

	keine Einschränkung
	III A
	III B



**Datengrundlagekarte
Untersuchungsgebiet Ruckerlberg**

Masterarbeit Assinger Christian
Stand 2012

TU Graz

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau

Quelle: in Anlehnung an Holding Graz
Services - Wasserwirtschaft (2012)

Art der Ableitung

- Bach
- RW
- MW

Entwässerungstrategie

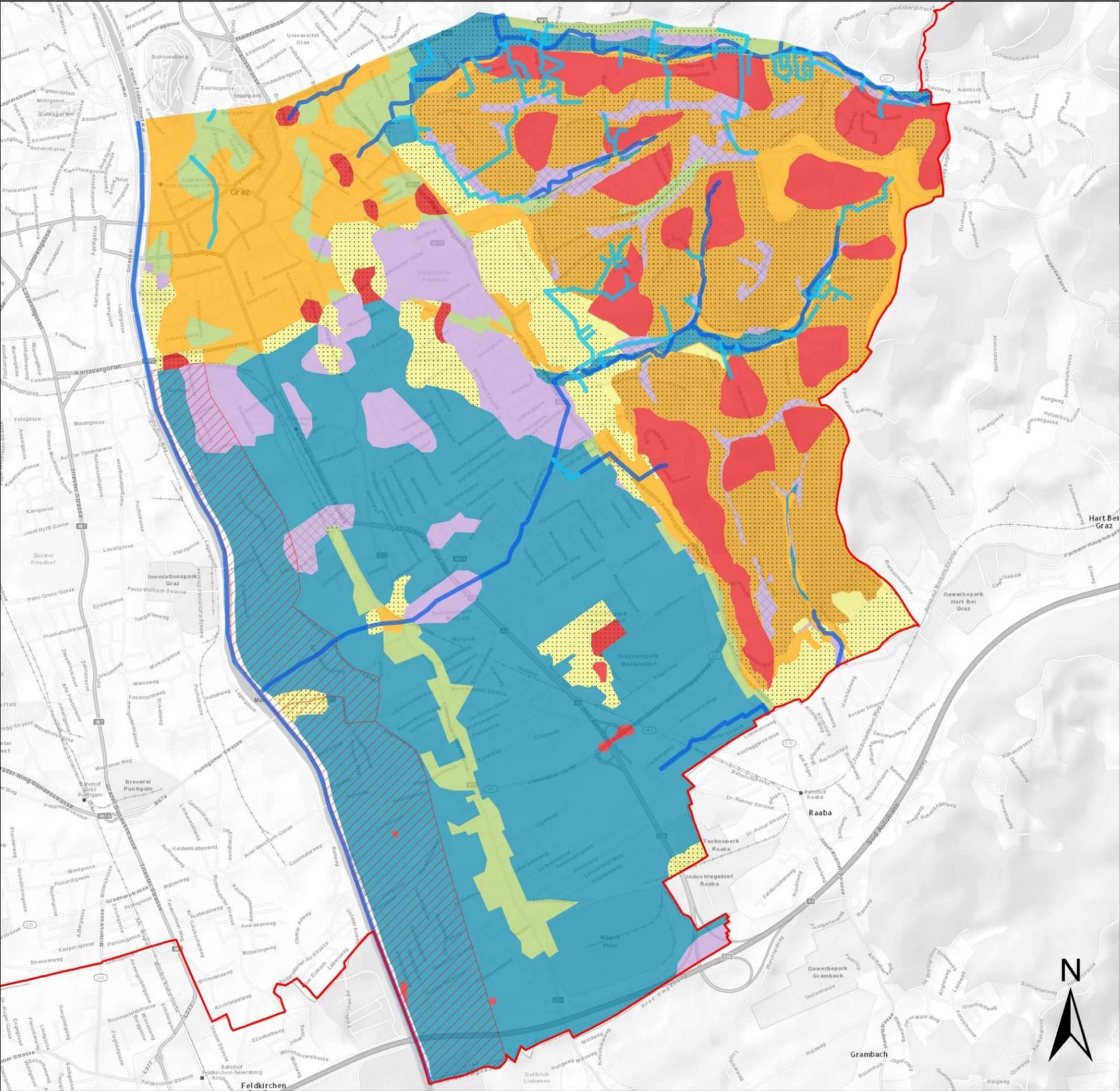
- SW
- MW
- RW

Bewirtschaftungsartenkarte Anwendungsgebiet Ruckerlberg

Masterarbeit Assinger Christian
Stand 2012

TU Graz

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau



Bewirtschaftungsarten

NWB-Maßnahmen

- FV, MV, RERV, MR, RR, BV, SV, SONSTIGE
- MV, RERV, MR, RR, BV, SV, SONSTIGE
- RERV, MR, RR, BV, SV, SONSTIGE
- RERV, MR, RR, BV, SONSTIGE
- RERV, MR, RR, SV, SONSTIGE
- RERV, MR, RR, SONSTIGE
- RERV, RR, BV, SONSTIGE
- RR, BV, SV, SONSTIGE
- RR, SV, SONSTIGE
- RR, SONSTIGE
- SV, SONSTIGE
- SONSTIGE

Art der Ableitung

- RW
- Bach

Schutzzone

- IIIA
- IIIB

Graz

- Bezirksgrenze

Abkürzungen	Bewirtschaftungsmaßnahmen
FV	Flächenversickerung
MV	Muldenversickerung
BV	Beckenversickerung
MR	Mulden-Rigolelemente; -Systeme
RR	Rohr-Rigolelemente; -Systeme
SV	Schachtversickerung
RERV	Retentionsraumversickerung
SONSTIGE	Abgedichtete Rigolsysteme, Rückhaltebecken und -teiche, Dachretention, Regenwassernutzung, Ableitung

A 4 Plausibilitätskontrolle und Anwendung im Einzelfall

Anwendung der Maßnahmenkarte bei Einzelfallbetrachtungen am Beispiel des Chemie-Ersatzgebäudes der TU Graz: Standort Ecke Stremayrgasse und Münzgrabenstraße (8010 Graz).



Abbildung A-5: TU Graz – Chemie-Ersatzgebäude (Google maps, 2012)

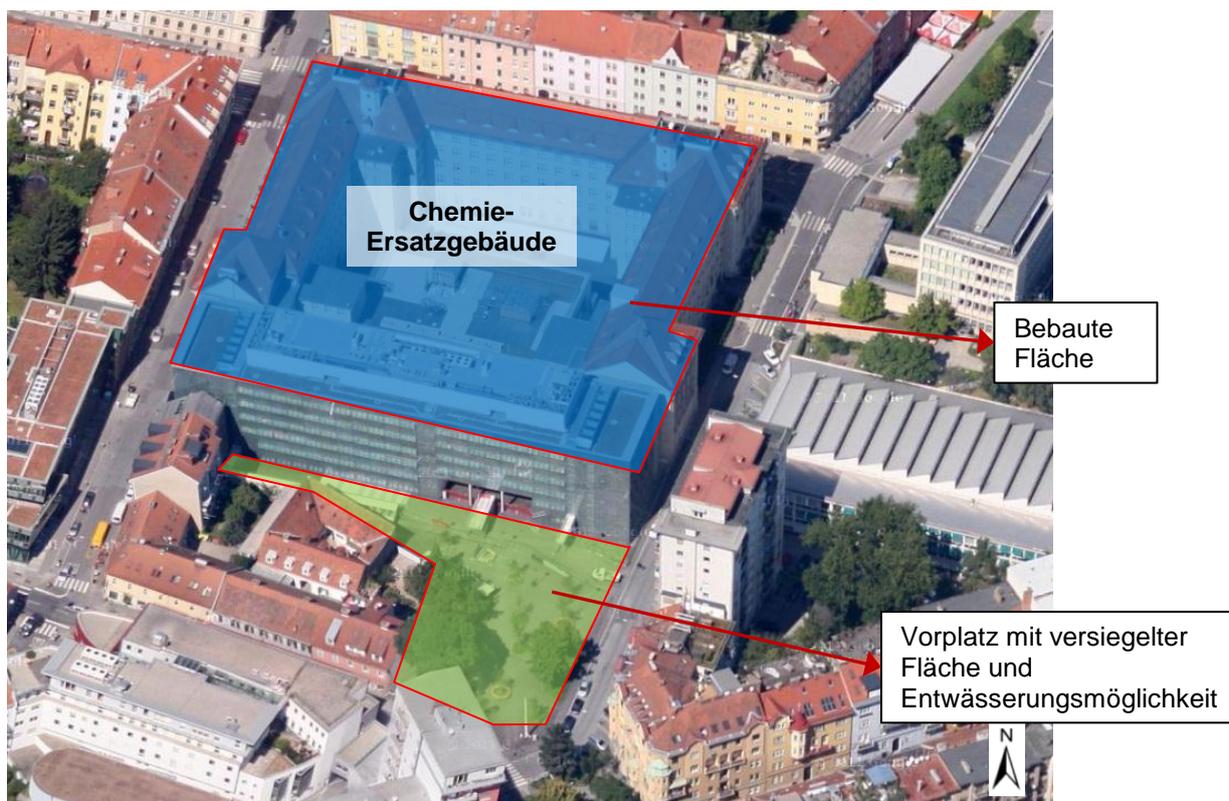


Abbildung A-6: Chemie-Ersatzgebäude mit Vorplatz (Google maps, 2012)

A4.1 Einflussparameter des Standorts

In der nachfolgenden Tabelle werden für das Chemie-Ersatzgebäude der TU Graz die ermittelten Einflussparameter des Standortes in der Entscheidungsmatrix dargestellt.

Tabelle A-6: Anwendung Entscheidungsmatrix - Einzelfallbetrachtung

Einflusskriterien	Grenzwerte	Bewirtschaftungsmaßnahmen								Auflagen	
		FV	MV	RERV	MR	RR	BV	SV	SONSTIGE		
Siedlungsstrukturelle Faktoren	F 1	1	1	1	1	1	1	1	1	A1	
	F 2	1	1	1	1	1	1	1	1	A1	
	F1 gemäß ÖWAV RB 35 (2003)	Dachflächen, normal verschmutzt, mit üblichen Anteilen an unbeschichteten Installationen (< 5%)									
	F2 gemäß ÖWAV RB 35 (2003)	Rad- und Gehwege; Hofflächen und Parkplätze für PKW ohne häufigen Fahrzeugwechsel in Wohngebieten und mit diesen vergleichbaren Gewerbegebieten									
	Auflage 1	Versickerung über Oberbodenpassage ist anzustreben; ohne Oberbodenpassage möglich, nur wenn Untergrund eine Verunreinigung des GW verhindern kann (bei F1 aber unbedenklich)									
2) Flächenverfügbarkeit	2% - 15% A _{red}	0	0	1	1	1	0	1	1	-	
	Aufgrund des hohen Versiegelungsgrades ist mit einer geringen Freiflächenverfügbarkeit zu rechnen (siehe Satellitenfoto); Ebenso ist der Standort im räumlichen Leitbild (STEK 3.0, 2002) mit Blockrandbebauung bzw. Flächen öffentlicher Einrichtungen definiert, was auf einen hohen Bebauungsgrad schließen lässt.										
Geogene Faktoren	3) Durchlässigkeit des Bodens	10 ⁻² - 10 ⁻⁴ m/s	1	1	1	1	1	1	1	-	
	Der Standort ist im Übergangsbereich der Murauen und dem stark durchlässigen Murschotter situiert und wird dadurch in dieser Durchlässigkeitsklasse eingeordnet .										
	4) Hangneigung	2 - 8 %	0	1	1	1	1	1	1	1	A7
		In diesem Bereich wird eine geringe Neigung von 2-8% angenommen.									
	5) Altlastenverdachtsflächen (Einzelfallbetrachtung)	Auflage 7	Oberirdische Retentionsräume sind in Hangneigungsrichtung mit einer Länge von 3 und 10 m begrenzt								
		nein	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Auszug aus dem Altlastenverdachtsflächenkataster (Umweltbundesamt, 2012) Informationen zu... <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; margin: 5px 0;"> Bundesland: Steiermark Bezirk: Graz Gemeinde: Graz (60101) Katastralgemeinde: Jakomini (63106) Grundstücksnummer: 2766 Information: Dieses Grundstück ist nicht im Verdachtsflächenkataster oder Altlastenatlas verzeichnet. </div>											
6) Risikobereiche - Rutschgefahr	keine bis gering	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
Kein bis geringer Risikobereich gemäß Themenkarte der Stadt Graz (Stadtvermessungsamt, 2011)											
7) Unterkante der bindigen Deckschicht	2,0 - 4,0 m	0	0	0	0	1	1	1	1	-	
	Am Standort des Chemiegebäudes befindet sich, gemäß der vorhandenen Karte, die Unterkante der bindigen Deckschicht in 2-4 m Tiefe. Aus den Aufschlussbohrungen (GDP, 2012) werden jedoch Tiefen bis zu 5,1 m angegeben.										
Wasserwirtschaftliche Faktoren	8) Grundwasserflurabstand	> 3,5 m	1	1	1	1	1	1	1	-	
	Der Grundwasserflurabstand beträgt gemäß den Aufschlussbohrungen 10 - 11 m, wodurch eine Klassifizierung von größer als 3,5 m Flurabstand gewählt wird. (GDP, 2012)										
9) Grundwasserschutzgebiete	Außerhalb der Schutzzonen	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
	Der Standort befindet sich außerhalb des Schutzgebietes der Wasserversorger von Graz und es wird angenommen, dass keine Hausbrunnen in der näheren Umgebung beeinflusst werden. (STEK 4.0, 2011)										

A4.2 Ergebnisdarstellung

Durch Übernehmen der Bewertungszeile im Grenzwertbereich des Standortes aus der Entscheidungsmatrix in die Auswertungstabelle wird diese befüllt und Einzelentscheidungen werden übersichtlich dargestellt. Durch Multiplikation der vertikalen Bewertungen können die geeigneten Methoden der Niederschlagsbewirtschaftung für den untersuchten Standort ermittelt werden.

Tabelle A-7: Auswertungstabelle zur Darstellung der Ergebnisse

Einflussfaktoren	NWB-Maßnahme								Auflagen
	FV	MV	RERV	MR	RR	BV	SV	SONSTIGE	
1) Nutzung	1	1	1	1	1	1	1	1	A1
2) Verfügbarkeit	0	0	1	1	1	0	1	1	-
3) Durchlässigkeit	1	1	1	1	1	1	1	1	-
4) Hangneigung	0	1	1	1	1	1	1	1	A7
5) Altlasten	1	1	1	1	1	1	1	1	-
6) Risikobereich	1	1	1	1	1	1	1	1	-
7) bindige Decksch.	0	0	0	0	1	1	1	1	-
8) GW-Flurabstand	1	1	1	1	1	1	1	1	-
9) GW-Schutzgebiet	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Multiplikation der Einflussfaktoren je Maßnahme	0	0	0	0	1	0	1	1	A1, A7

Der Ausschnitt der Maßnahmenkarte zeigt das betrachtete Grundstück mit Bebauung und Vorplatz zur Entwässerung. Der Legende ist zu entnehmen, dass in diesem Bereich eine NWB-Maßnahme mit Rohr-Rigolen, Schachtversickerung oder sonstigen Maßnahmen zur Anwendung kommen kann. Der Vergleich der Ergebnisse aus der Auswertungstabelle und der flächigen Darstellung in der Maßnahmenkarte zeigt eine Übereinstimmung der geeigneten Maßnahmen im Bereich des Vorplatzes des Chemie-Ersatzgebäudes.

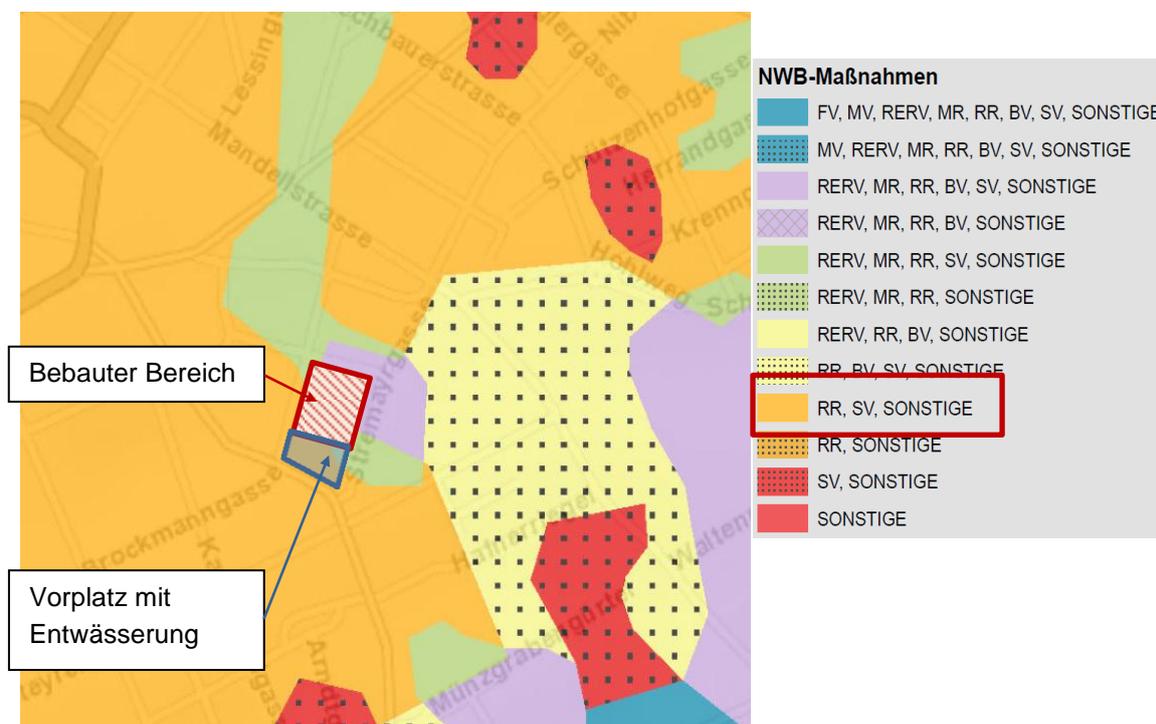


Abbildung A-7: Ausschnitt aus der Bewirtschaftungsartenkarte

Interpretation der Ergebnisse

Aus der Ergebniszeile der Auswertungstabelle ist ersichtlich, dass am betrachteten Standort entweder eine Schacht-, eine Rohr-Rigolen-Versickerung oder eine sonstige Maßnahme möglich wäre.

Unter sonstige Maßnahmen fallen unter anderem Dachretentionen, die insbesondere im verdichteten Siedlungsgebiet und bei Hochhausbauten mit Flachdächern einfach umzusetzen sind. Zur Vermeidung von Regenwässern werden die Flachdächer begrünt, wodurch ein Retentionsvolumen unabhängig von den geologischen Randbedingungen errichtet wird.

Eine Ableitung bzw. abgedichtete Rigolensysteme mit anschließender Ableitung werden außer Acht gelassen, da keine geeigneten Regenwasserkanäle oder Oberflächengewässer in unmittelbarer Nähe vorhanden sind. Zusätzlich kann eine Regenwassernutzung zur Bewässerung oder Brauchwassernutzung zur Anwendung kommen.

Bei einer Rohr-Rigolen-Versickerung ist aufgrund der erforderlichen, flächigen Herstellung mit hohen Kosten zu rechnen, da die Unterkante der bindigen Deckschicht erst in 2-4 m Tiefe erreicht wird. Somit kann angenommen werden, dass unter den vorhandenen Randbedingungen und dem höheren Kostenaufwand diese Maßnahme nicht zu empfehlen ist. Ein genauer Vergleich der Gesamtkosten müsste bei Einzelfallentscheidungen durchgeführt werden, um die geeignetste Maßnahme festzustellen.

Damit kann in diesem exemplarischen Beispiel eine Schachtversickerung in Kombination mit einer Flachdachbegrünung für die Niederschlagswasserbewirtschaftung empfohlen werden. Die Auflage A1 und A7 ist bei der Errichtung einer NWB-Maßnahme zu berücksichtigen.

Plausibilitätskontrolle mit den tatsächlich umgesetzten Maßnahmen

Im Zuge des Um- und Neubaus des Chemieersatzgebäudes der Technischen Universität Graz (2009) wurden Flachdachretentionen und Sickerschächte im Bereich des Vorplatzes zur Entwässerung der anfallenden Niederschlagswassermengen errichtet. Das anfallende Niederschlagswasser des nicht befahrbaren Vorplatzes wurde über oberirdisch angeordnete Rigolen-Systeme entwässert und in Sickerschächte geleitet. Zur besseren Verteilung des anfallenden Niederschlagswasser werden diese untereinander mit Rohrkünetten verbunden, welche zusätzlich als Retentionsräume dienen. Die Feuerwehrezufahrt wurde aufgrund möglicher Kontamination des abfließenden Wassers über eine Vorreinigung in einen eigenen Sickerschacht eingeleitet. Die Dachflächen werden über drei weitere Sickerschächte nach Retention auf den Dachflächen eingeleitet und am Grundstück versickert.

Literatur- und Quellenverzeichnis

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.

AB Holding Graz. 2011. *Zustimmungserklärung - Allgemeine Bedingungen für den Anschluss an den öffentlichen Kanal der Stadt Graz und für die Einleitung von Abwässern.* Graz : Hodling Graz Services - Abwasser, 2011.

Ali, Soleiman und Pirkner, Werner. 2011. *Interview zur Niederschlagsbewirtschaftung in der Stadt Graz; am 28.06.2011.* Graz : Bau- und Anlagenbehörde der Stadt Graz (Referat für Grundstücksentwässerung), 2011.

Aqua-Bautechnik. 2007. *Versickerungs-Handbuch - Ratgeber für Planung, Bau und Genehmigung von Anlagen zur Versickerung von Regenwasser; URL: <http://www.aqua-ing.de>; letzter Zugriff am 04.01.2012 .* Köln : Eigenverlag, 2007.

ATV-A 200. 1997. *Grundsätze für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten.* [Hrsg.] Abwassertechnischen Vereinigung e.V ATV. Hennef : Eigenverlag, 1997. S. 34. ISBN 3-927729-26-4.

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.

Bauplatzeignung. 2011. *Formular zur Feststellung der Bauplatzeignung gemäß §5 des BauG Steiermark; URL: http://www.graz.at/cms/dokumente/10024578_445570/2e6fc836/Bauplatzeignung.pdf; letzter Zugriff am 04.01.2012.* Graz : Bau- und Anlagenbehörde der Stadt Graz, 2011.

Becker, M. und Raasch, U. 2005. *Abkplung im Siedlungsbestand - Strategie und Umsetzung im Emschergebiet.* Hennef : ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser e.V. (DWA), 2005.

Becker, Mi. und Raasch, Ul. n. b.. *Erfahrungen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung in der Emscherregion; URL: <http://www.emscher-regen.de/service/publikationen.php>; letzter Zugriff am: 03.02.2012.* Dortmund : Emschergenossenschaft, n. b.

Becker, Michael und Raasch, Ulrike. n.b.(b). *15 in 15 - Abkopplungsstrategie im Emschergebiet; URL: <http://www.emscher-regen.de/service/publikationen.php>; letzter Zugriff am 03.02.2012.* Essen : Emschergenossenschaft/Lippeverband, n.b.(b).

Becker, Michael und Wessels, Klaus. 2007. *Das Bewirtschaftungsinformationssystem Regenwasser. KA- Abwasser, Abfall. 2007, 2007 (54) Nr. 6, S. 589-594.*

Bente, Stefan. 2001. *Eine Software-gestützte Methodik zur Voreinschätzung der wasserwirtschaftlichen Auswirkungen von Maßnahmen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung.* [Hrsg.] Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Technische Universität Darmstadt. Darmstadt : Eigenverlag, 2001. S. 207. Bd. Mitteilungen Heft 119.

- BLFU. 2010.** *Naturnaher Umgang mit Regenwasser-Verdunstung und Versickerung statt Ableitung.* Bayrisches Landesamt für Umwelt. Augsburg : Eigenverlag, 2010. S. 7, Informationsfolder.
- Burger, Rainer, et al. 2009.** *Regenwasserversickerung - Leitfaden für Versickerungselemente auf Privatgrund.* St.Pölten : Umweltschutzverein Bürger und Umwelt; Fachbereich Wasser, 2009.
- Burghardt, Wolfgang, Demuth, Norbert und Meuser, Andreas. 1998.** *Leitfaden - Flächenhafte Niederschlagswasserversickerung.* Mainz : Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz; Universität-GH Essen, 1998.
- Dachroth, Wolfgang R. 2002.** *Handbuch der Baugeologie und Geotechnik.* Berlin, Heidelberg, New York : Springer Verlag, 2002. S. 273-295. ISBN 3-540-41353-7.
- DWA-A 138. 2005.** *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.* [Hrsg.] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft. Abwasser und Abfall e.V. DWA. Hennef : Eigenverlag, 2005. S. 60.
- DWA-M 153. 2007.** *Handlungsempfehlung zum Umgang mit Regenwasser.* [Hrsg.] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft. Abwasser und Abfall e.V. DWA. Hennef : Eigenverlag, 2007. S. 38.
- EAU. n. b..** *Leitfaden zu Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten Luxemburgs;* URL: <http://www.eau.public.lu/publications/index.html>; letzter Zugriff am 09.01.2012. Luxemburg : Administration de la Gestion de l'Eau, n. b.
- EGLV. 2012.** *Homepage der Emscher Genossenschaft/Lippe Verband;* URL: <http://www.emscher-regen.de/>; letzter Zugriff am 21.01.2012. Essen : s.n., 2012.
- Eisele, Günther. n.b..** *Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung - Leitfaden für Planer, Ingenieure, Architekten, Kommunen und Behörden.* Stuttgart : Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, n.b.
- EU-WRRL. 2000.** *EU Wasserrahmenrichtlinie - Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, geltende Fassung mit letzter Novelle vom 5.6.2009.* s.l. : Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates, 2000. 2000L0060— DE— 25.06.2009 — 004.001.
- FGSV. 2005.** *FGSV Richtlinie 539: Richtlinie für die Anlage von Straßen Teil Entwässerung RAS-EW.* Köln : FGSV, 2005.
- FH-JR. 2008.** *Baugrundatlas Graz - FH Joanneum Research.* Graz : Magistrat Graz, A10/6-Stadtvermessungsamt, 2008.
- FLÄWI 3.0. 2002.** *Flächenwidmungsplan 3.0;* URL: <http://www.graz.at/cms/beitrag/10023910/425976/>; letzter Zugriff am 04.01.2012. [Hrsg.] Stadtplanungsamt Graz und Projektgruppe Stadtentwicklungskonzept – Flächenwidmungsplan. Stadtplanungsamt Graz : Eigenverlag, 2002.
- Fuhrmann, Lothar. 2001.** *Umweltatlas Dresden 2001 - Versickerungsmöglichkeiten von Niederschlagswasser - Schematische Übersichtskarte.* Dresden : Amt für Umweltschutz Dresden, 2001.

- G1 Graz Feldkirchen. 1962.** *Grundwasserschutzgebietsverordnung G1 Graz - Feldkirchen vom 25.Jänner 1962.* s.l. : Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1962. BGBl. Nr. 41/1962.
- G4 Graz-Andritz. 1971.** *Grundwasserschutzgebietsverordnung G4 Graz-Andritz vom 13.Oktober 1971.* s.l. : Landeshauptmann von Steiermark, 1971. LGBl. Nr. 139/1971.
- GB Holding Graz. 2011.** *Geschäftsbedingungen für Indirekteinleitungen in den öffentliche Kanalisationsanlage der Landeshauptstadt Graz, (Stand 1.1.2011).* Graz : Eigenverlag, 2011.
- GDP. 2012.** *Erhebung der Durchlässigkeit und Bodenschichten über Bodengutachten im Grazer Raum.* Graz : s.n., 2012.
- Geiger, W., Dreiseitl, H. und Stemplewski, J. 2009.** *Neue Wege für das Regenwasser, Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten.* [Hrsg.] Emschergenossenschaft. München : Oldenbourg Industrieverlag GmbH, 2009. S. 249. Bd. 3. vollständig überarbeitete Auflage.
- GIS Stmk. 2012.** *Geografisches Informationssystem Steiermark; URL: <http://www.gis.steiermark.at/cms/ziel/73679/DE/>; letzter Zugriff am 16.02.2012.* Graz : Land Steiermark - Amt der steiermärkischen Landesregierung, 2012.
- Google maps. 2012.** *URL: <http://maps.google.at/>; letzter Zugriff am 27.02.2012.* s.l. : Google, 2012.
- Grimmer, Simone. 2006.** *Sackungsprozesse in natürlichen Lockergesteinsfolgen infolge Grundwasseranstiegs.* Halle (Saale) : Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg - Mathematisch-Naturwissenschaftlich Technische Fakultät, 2006.
- Herzer, Patrick. 2004.** *Diplomarbeit: Einflüsse einer natrunahen Regenwasserbewirtschaftung auf den Städtebau; Räumliche, ökonomische und ökologische Aspekte.* [Hrsg.] Fakultät Architektur und Stadtplanung Universität Stuttgart . Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2004. S. 196. ISBN 978-3-8167-6440-3.
- Hinrichs, Reinhard Georg. 2000.** *Diplomarbeit: Möglichkeiten von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen im städtischen Ballungsraum.* [Hrsg.] Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau Technische Universität Graz. Graz : Eigenverlag, 2000. S. 115.
- Hölting, Bernward und Coldewey, Wilhelm Georg. 2009.** *Hydrogeologie, Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie.* Heidelberg : Spektrum Akademischer Verlag, 2009. ISBN 978-3-8274-1713-8.
- IN-KB. 2008.** *Regenwasserversickerung - Hinweise zum natürlichen Umgang mit dem Regenwasser bei der Grundstücksentwässerung und zur Gebühreneinsparung.* Ingolstadt : Ingolstädter Komunalbetriebe Bereich Entwässerung E-Vs (Ar), 2008.
- KA 04_2011. 2011.** *Erkenntnisse und Erfahrungen bei der Anwendung des Arbeitsblatts DWA-A 138 Teil 1: Qualitative Hinweise. Korespondenz Abwasser, Abfall.* 2011, 04.2011, S. 332 - 338.

- KA 05_2011. 2011.** Erkenntnisse und Erfahrungen bei der Anwendung des Arbeitsblattes DWA-A 138 - Teil 2: Quantitative Hinweise. *Korrespondenz Abwasser, Abfall.* 2011, 05, S. 442 - 450.
- Kaiser, M. n. b..** *Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung - Betrieb von Anlagen zur naturnahen Niederschlagswasserversickerung;* URL: <http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/wasser/abwasser/niederschlagswasser/index.php>; letzter Zugriff am 09.01.2012. Düsseldorf : Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Nordrhein-Westfalen, n. b.
- Kaiser, Mathias. 1999.** Auf Erfahrungen lernen - Was man zu Planung und Ausführung wissen muss. [Buchverf.] Dieter Londong und Annette Nothnagel. *Bauen mit dem Regenwasser - Aus der Praxis von Projekten.* München : Oldenbourg Industrieverlag, 1999.
- Kanalbauamt Graz. 2006.** *Bericht an den Gemeinderat vom 10.10.2006; Bauabschnitt 131 - Kanalsanierung;* URL: http://www.graz.at/cms/dokumente/10064474_410977/b217318a/A%2010_2%20K%204439_8_2006.pdf; letzter Zugriff am 24.02.2012. Graz : Kanalbauamt der Stadt Graz, 2006.
- KG Stmk. 1988.** *Steiermärkisches Kanalgesetz; aktuelle Fassung vom 14.07.2011.* s.l. : Landesgesetzblatt des steiermärkischen Landtag, 1988. LGBl. Nr. 79/1988.
- Lang, Hans-Jürgen, et al. 2006.** *Bodenmechanik und Grundbau - Das Verhalten von Böden und Fels und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte.* Berlin Heidelberg New York : Springer Verlag, 2006. ISBN 978-3-540-34331-8.
- Larcher, Hannes und Rauch, Wolfgang. 2009.** *Diplomarbeit: Planungshilfen für die Bemessung und Hinweise zur Sanierung von dezentralen Versickerungsanlagen für Niederschlagswasser.* Innsbruck : Eigenverlag; Leopold-Franzens-Universität Innsbruck; Institut für Infrastruktur, 2009.
- Londong, Dieter und Londong, Jörg. 2011.** Grundstücksnahe Niederschlagsbewirtschaftung - Langzeitbeobachtungen (1998-2011) an Projekten im Gebiet der Internationalen Bauausstellung Emscher Park (IBA). [Buchverf.] Tagungsband D-A-CH, Günter Gruber und Harald Kainz. [Hrsg.] Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau. *Aqua Urbanica 2011 - Niederschlags- und Mischwasserbewirtschaftung im urbanen Bereich.* Graz : Verlag der Technischen Universität Graz, 2011, Bd. 62.
- Londong, Dieter und Nothnagel, Annette. 1999.** *Bauen mit dem Regenwasser - Aus der Praxis von Projekten.* München : R. Oldenbourg Industrieverlag , 1999. ISBN 3-486-26460-5.
- LRG Stmk. 2012.** *Leitlinie für Oberflächenentwässerung.* [Hrsg.] Amt der Steiermärkischen Landesregierung. Graz : Eigenverlag, 2012.
- Nigang, Louis Roger. 2000.** *Die Wirkung von Elementen zur Dämpfung und Entspannung des Porenwasserdruckes in wassergesättigten verflüssigungsgefährdeten Lockergesteinsschüttungen.* Freiberg : Technische Universität Bergakademie Freiberg; Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, 2000. S. 7-35.
- OIB-RL3. 2011.** *Österreichisches Institut für Bautechnik Richtlinie 3 - Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz.* Wien : Eigenverlag, 2011. OIB-330.3-023/11.

- ÖN B 2400. 2003.** *Hydrologie-Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen.* Wien : Österreichisches Normungsinstitut, 2003.
- ÖN B 2506-1. 2000.** *Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen - Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb.* [Hrsg.] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. Wien : Eigenverlag, 2000. S. 24.
- ÖN B 2506-2. 2003.** *Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen - Teil 2: Qualitative Anforderungen an das zu versickernde Regenwasser, Bemessung, Bau und Betrieb von Reinigungsanlagen.* [Hrsg.] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. Wien : Eigenverlag, 2003. S. 17.
- ÖN B 2572. 2005.** *Grundsätze der Regenwassernutzung.* [Hrsg.] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. Wien : Eigenverlag, 2005. S. 17.
- ÖN EN 752. 2008.** *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden.* [Hrsg.] Brüssel Europäisches Komitee für Normung. Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 2008. S. 108.
- ÖWAV-RB 35. 2003.** *Behandlung von Niederschlagswässern.* [Hrsg.] Österreichischer Wasser- und Abwasserverband ÖWAV. Wien : Eigenverlag, 2003. S. 32.
- ÖWAV-RB 9. 2008.** *Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren.* [Hrsg.] ÖWAV Österreichischer Wasser- und Abwasserverband. Wien : Eigenverlag, 2008. S. 32. Bd. 2. Auflage.
- Prinz, Helmut und Strauß, Roland. 2011.** *Ingenieurgeologie.* Heidelberg : Spektrum Verlag, 2011. S. 10-18; 97-99. ISBN 978-3-8274-2472-3.
- QZV Chemie GW. 2010.** *Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser; aktuelle Fassung vom 29.03.2010.* s.l. : Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 2010. BGBl. II Nr. 98/2010.
- QZV Chemie OG. 2006.** *Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer; aktuelle Fassung vom 23.12.2010.* s.l. : Bundesgesetzblatt der Republik Österreich, 2006. BGBl. II Nr. 96/2006.
- Reichmann, Brigitte, et al. 2010.** *Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung - Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung.* Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Berlin : allprint GmbH, 2010. ISBN 978-3-88961-140-6.
- Röttcher , Klaus. 2011.** *Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung - ein Beitrag zur nachhaltigen Wasserwirtschaft. Korrespondenz Wasserwirtschaft.* 2011, 2001 (4) Nr. 9, S. 492-498.
- 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.
- RWM. 2012.** *Homepage Regenwassermanagement - Grundlageninformationen - Nicht möglich;* URL: <http://www.regenwassermanagement.ch/index.php?id=101>; letzter Zugriff am 14.01.2012 . Rappeswil : Prof. Peter Petschek; Prof. Dr. Hansruedi Schneider , 2012.

- Schober, Martin. 2009.** *Diplomarbeit: Möglichkeiten für eine Regenwasserbewirtschaftung des Bereiches Alte Technik der TU Graz.* [Hrsg.] Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau Technische Universität Graz. Graz : Eigenverlag, 2009. S. 94.
- Sieker. 2011.** *Homepage - Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH; Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen.* Berlin : URL: <http://www.sieker.de/>; letzter Zugriff am 30.12., 2011.
- Sieker, Friedhelm. 1999.** Einwendungen zum anderen Umgang mit Regenwasser - Und wie man ihnen begegnet. [Buchverf.] Dieter Londong und Annette Nothnagel. *Bauen mit dem Regenwasser.* München : Oldenbourg Industrieverlag, 1999.
- Sieker, Friedhelm, et al. 2007.** Hochwasserschutz an der Mulde. *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft.* 2007, Heft 35/2007.
- Sieker, Friedhelm, et al. 2003.** *Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten; Grundlagen und Anwendungsbeispiele - Neue Entwicklungen.* [Hrsg.] Dr.Ing. Mettner Michael und technische Akademie Esslingen. Renningen : Expert Verlag, 2003. S. 233. Bde. 508, 3.Auflage. ISBN-10: 3816922791.
- Sieker, Friedhelm, Kaiser, Mathias und Sieker, Heiko. 2006.** *Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung - im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich.* Stuttgart : Fraunhofer- Informationszentrum Raum und Bau IRB Verlag, 2006. S. 233. ISBN 3-8167-6975-6.
- Spengler, Brigitte. 2005.** *Bewirtschaftungsinformationssystem Regenwasser für die Emscherregion.* Dortmund : Emschergenossenschaft / Lippeverband, 2005.
- Sprung, Werner. 2012.** *Interview am 25.01.2012 bezüglich Regenwassereinleitung in das öffentliche Kanalnetz.* Graz : Holding Graz Services Wasserwirtschaft, 2012.
- Stadtvermessungsamt Graz. 2011.** *Themenkarte der Stadt Graz auf Basis der Bohrpunkte.* Graz : Magistrat Graz - Stadtvermessungsamt, 2011.
- Stecker, Armin und Bandermann, 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, S. 67-147.
- STEK 3.0. 2002.** *Stadtentwicklungskonzept 3.0;* URL: <http://www.stadtentwicklung.graz.at/cms/ziel/2858139/DE/>; letzter Zugriff am 04.01.2012. [Hrsg.] Stadtplanungsamt Graz und Projektgruppe Stadtentwicklungskonzept – Flächenwidmungsplan. Graz : Stadtplanungsamt Graz, 2002.
- STEK 4.0. 2011.** *Stadtentwicklungskonzept 4.0 Teil C Sachberichte;* URL: http://www.stadtentwicklung.graz.at/cms/dokumente/10165740_2858139/da34c04e/STEK%20TeilC.pdf; letzter Zugriff am 04.01.2012. Graz : Stadtplanungsamt Graz, 2011.
- Stemplewski, J., Becker, M. und Raasch, U. 2006.** Eine Region im wasserwirtschaftliche Konsens - die Zukunftsvereinbarung Rgenwasser für das Emschergebiet. *Korrespondenz Abwasser.* 2006, Nr. 53 - 8/2006.
- Stmk BauG. 1995.** *Steiermärkisches Baugesetz; akutelle Fassung vom am 21.08.2008. s.l. :* Landesgesetzblatt des steiermärkischen Landtages, 1995. LGbl. Nr. 59/1995.

- Umweltbundesamt. 2012.** *Altlastenverdachtsflächen* URL: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/altlasten/altlasteninfo/>; letzter Zugriff am 16.02.2012. Wien : Umweltbundesamt, 2012.
- Vogt, Gunter und Vack, Aicha. 1996.** *Wohin mit dem Regenwasser? Ersteinschätzung der Wiesbadener Siedlungsflächen.* Frankfurt am Main : Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH, 1996.
- VSA. 2002.** *Regenwasserentsorgung, Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten.* [Hrsg.] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute. Zürich : Eigenverlag, 2002. S. 120.
- Witt, Karl Josef. 2008.** *Grundbau Taschenbuch - Teil 1: Geotechnische Grundlagen.* Berlin : Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaft GmbH & Co. KG, 2008. ISBN 978-3-433-01843-9.
- WRG. 1959.** *Wasserrechtsgesetz 1959; geltende Fassung mit letzter Novelle vom 30.3.2011.* s.l. : BGBl. Nr. 125/1959 (WV), 1959.
- Zekoll, Günter. 2011.** *Interview zur wasserrechtlichen Prüfung bei Baubewilligungsverfahren; am 21.12.2011.* Graz : Straßenamt Graz (Referatsleiter für Wasserrecht), 2011.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Bodenkennwerte (ÖN B 2506-1, 2000)	11
Tabelle 2-2:	Kategorisierung der Flächentypen (ÖWAV-RB 35, 2003).....	19
Tabelle 2-3:	Anforderungen an die Versickerung (ÖWAV-RB 35, 2003)	19
Tabelle 4-1:	Retention auf Dachflächen (AUE, 1998); (Reichmann, et al., 2010)	34
Tabelle 4-2:	Anforderungen bei Fließgewässereinleitung (ÖWAV-RB 35, 2003).....	52
Tabelle 4-3:	Gegenüberstellung der Bewirtschaftungsmethoden	55
Tabelle 5-1:	Einflussfaktoren der Niederschlagswasserbewirtschaftung (in Anlehnung an Sieker et al. (2003), DWA-A 138 (2005), ÖWAV-RB 9 (2008))	56
Tabelle 5-2:	Städtebauliche Strukturen (in Anlehnung an Bente (2001)).....	58
Tabelle 5-3:	Flächenbedarf der Maßnahmen	60
Tabelle 5-4:	Klassifizierung der Versickerungsrate	62
Tabelle 5-5:	Einsatzbereich nach Bodendurchlässigkeit	63
Tabelle 5-6:	Einsatzbereiche nach Tiefe der bindigen Deckschicht (in Anlehnung an Fuhrmann (2001))	64
Tabelle 5-7:	Klassifizierung der Hangneigung (in Anlehnung an Stecker et al. (1996)).....	66
Tabelle 5-8:	Einsatzgrenzen durch Grundwasserflurabstand (in Anlehnung an IN-KB (2008))	67
Tabelle 5-9:	Versickerung in Wasserschutzgebieten.....	68
Tabelle 5-10:	Risikofaktoren	69
Tabelle 6-1:	Betriebliche Maßnahmen (in Anlehnung an DWA-A 138 (2005)).....	77
Tabelle 8-1:	Ausführungshinweise der Entscheidungsmatrix	98
Tabelle 8-2:	Entscheidungsmatrix zur Auswahl einer NWB-Maßnahme (in Anlehnung an Sieker et al. (2007))	99
Tabelle 8-3:	Ergebnistabelle zur Wahl der NWB-Maßnahme (in Anlehnung an Sieker et al. (2007))	100
Tabelle 8-4:	Bebauungsstruktur mit vorhandenem Freiflächenanteil.....	101
Tabelle 8-5:	Zuordnung der Durchlässigkeitsbereiche	102
Tabelle 8-6:	Zuordnung der Hangneigungsklassen.....	103
Tabelle 8-7:	Klassen der Grundwasserflurabstände.....	105

Tabelle 8-8:	Auflagen für Flächentypen	110
Tabelle 8-9:	Klassen der Hangneigung	110
Tabelle A-1:	Bemessung von Versickerungsanlagen (DWA-A 138, 2005).....	119
Tabelle A-2:	Mittlere Abflussbeiwerte nach ATV-DVWK-A 117 und ATV-DVWK-M 153 (DWA-A 138, 2005)	121
Tabelle A-3:	Richtwerte zur einfachen Bemessung von Kanal- und Sickeranlagen (LRG Stmk, 2012)	122
Tabelle A-4:	Richtwerte bis zum Überstau (LRG Stmk, 2012)	122
Tabelle A-5:	Richtwerte bis zur Überflutung (LRG Stmk, 2012)	122
Tabelle A-6:	Anwendung Entscheidungsmatrix - Einzelfallbetrachtung	128
Tabelle A-7:	Auswertungstabelle zur Darstellung der Ergebnisse	129

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Wege des Niederschlagswassers (BLFU, 2010)	6
Abbildung 2-2:	Wasserbilanz abhängig vom Versiegelungsgrad (in Anlehnung an DWA-M 153 (2007)).....	7
Abbildung 2-3:	Hochwasserabflusswelle abhängig vom Versiegelungsgrad (Geiger, et al., 2009)	9
Abbildung 2-4:	Dreiphasensystem des Bodens (Geiger, et al., 2009)	10
Abbildung 2-5:	schematische Darstellung des Mischsystems (ÖWAV-RB 9, 2008).....	13
Abbildung 2-6:	Trennsystem (ÖWAV-RB 9, 2008).....	13
Abbildung 2-7:	Modifiziertes Mischsystem (ÖWAV-RB 9, 2008).....	14
Abbildung 2-8:	schematische Darstellung des modifizierten Trennsystems..... (ÖWAV-RB 9, 2008).....	15
Abbildung 3-1:	Wasserschutzgebiete in der Stadt Graz (STEK 4.0, 2011)	23
Abbildung 3-2:	Nachweisführung der Bauplatzeignung (Bauplatzeignung, 2011).....	27
Abbildung 3-3:	Überblick der rechtlichen Grundlagen.....	30
Abbildung 4-1:	Priorisierung der Bewirtschaftungsmethoden	32
Abbildung 4-2:	Elemente einer Retentionsanlage (VSA, 2002).....	33
Abbildung 4-3:	Retention auf Flächen oder Plätzen (VSA, 2002).....	36
Abbildung 4-4:	Merkmale von durchlässigen, befestigten Oberflächen (RP Karlsruhe, 2003).....	38
Abbildung 4-5:	Elemente einer Regenwassernutzungsanlage (ÖN B 2572, 2005)	43
Abbildung 4-6:	Prinzip einer Versickerungsmulde (Geiger, et al., 2009)	44
Abbildung 4-7:	Prinzip der Beckenversickerung (VSA, 2002)	45
Abbildung 4-8:	Prinzip der Rigolen-Versickerung (Geiger, et al., 2009)	47
Abbildung 4-9:	Versickerungsschachttypen (DWA-A 138, 2005)	48
Abbildung 4-10:	Prinzip der Mulden-Rigolen Versickerung (Geiger, et al., 2009)	50
Abbildung 4-11:	Prinzip der Retentionsraumversickerung (Geiger, et al., 2009).....	51
Abbildung 5-1:	Erforderliche Freiflächenverfügbarkeit (in Anlehnung an Geiger et al. (2009))	59
Abbildung 6-1:	Grundwasseranreicherung (Hölting, et al., 2009).....	70
Abbildung 6-2:	Abstand von NWB-Maßnahmen zu Gebäuden (DWA-A 138, 2005)	71
Abbildung 6-3:	Phasen einer Sackung (Grimmer, 2006).....	73
Abbildung 6-4:	Randausbildung von Verkehrsflächen (Larcher, et al., 2009).....	76

Abbildung 6-5: Einfluss von Schichtenwässer in Hanglagen (RWM, 2012).....	85
Abbildung 6-6: Rotationsgleiten einer Böschung (Witt, 2008).....	86
Abbildung 6-7: Kaskadenförmige, offene Retentionsteiche (EAU, n. b.).....	88
Abbildung 7-1: Emschergebiet (EGLV, 2012).....	90
Abbildung 7-2: Abkopplungspotenzialkarte (Spengler, 2005).....	93
Abbildung 7-3: Bewirtschaftungsartenkarte (Spengler, 2005).....	94
Abbildung 7-4: Auszug BIS/RW mit beispielhaft ermittelten Daten für ein Grundstück (Becker, et al., n. b.).....	96
Abbildung 8-1: Untersuchungsgebiet / Datenerhebung im Bereich des Ruckerlbergs	97
Abbildung 8-2: Schematischer Ablauf zur Erstellung einer Maßnahmenkarte (Sieker, et al., 2007).....	100
Abbildung 8-3: Struktur des Modells FLEXT (Sieker, et al., 2007).....	108
Abbildung 8-4: Bewirtschaftungsartenkarte des abgegrenzten Untersuchungsgebiets	109
Abbildung 8-5: Regenwassersammelkanal zwischen Anna- und Leonhardbach	112
Abbildung 8-6: Schematischer Aufbau der Kreislaufführung (in Anlehnung an Londong et al. (1999)).....	114
Abbildung A-1: Kaskadenförmige Sickermulden (DWA-A 138, 2005).....	123
Abbildung A-2: Regelquerschnitt für Entwässerungsgraben (FGSV, 2005).....	124
Abbildung A-3: Randparameter der Mulde (Stecker, et al., 1996).....	124
Abbildung A-4: Anzahl der Mulden in Abhängigkeit von der Länge der Mulde	125
Abbildung A-5: TU Graz – Chemie-Ersatzgebäude (Google maps, 2012)	127
Abbildung A-6: Chemie-Ersatzgebäude mit Vorplatz (Google maps, 2012)	127
Abbildung A-7: Ausschnitt aus der Bewirtschaftungsartenkarte	129