

Abwasserzweckverband der Gemeinden Liechtensteins

**Genereller Entwässerungsplan
Verbands - GEP (VGEP)**

**Zustandsbericht Versickerung
der Gemeinde Vaduz**

Hydrogeologischer Bericht

Bericht Nr. 1296-06

Juni 2007

DR. RICCARDO BERNASCONI

BERATENDER GEOLOGE UND HYDROGEOLOGE • CH-7320 SARGANS, RHEINSTRASSE 5

FON: 081/723 80 60, FAX: 081 723 85 70

E-mail: rbernasconi@hydrogeologie.ch



Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	4
1.1 Problemstellung und Auftrag	4
1.2 Durchgeführte Arbeiten	5
1.3 Verwendete Unterlagen	6
2. Die Versickerung von Meteorwasser	8
2.1 Grundsätzliche Überlegungen	8
2.2 Retentionsmassnahmen	9
2.3 Klassifikation des zu versickernden Wassers	11
2.4 Aspekte des qualitativen Grundwasserschutzes	14
2.5 Einschränkungen der Versickerungsmöglichkeiten bezüglich des Grundwasserschutzes	14
2.6 Bauliche und geotechnische Einschränkungen der Versickerungsmöglichkeiten	15
2.7 Technische Versickerungsmöglichkeiten	16
2.8 Wahl des geeigneten Versickerungstyps	18
3. Vorgehen bei der Planung und Bewilligung von Versickerungen	19
3.1 Planung von Versickerungsanlagen	19
3.2 Bewilligungspraxis	20
3.3 Bewilligungsgesuch für Versickerungsanlagen	21
4. Empfehlung zur Nachführung der Versickerungskarte	22
4.1 Bedarf zur Nachführung	22
4.2 Nachführung der Versickerungskarte	22
4.3 Erfassung der Versickerungsverhältnisse bei neuen Bodenaufschlüssen	22
5. Örtliche Verhältnisse in der Gemeinde Vaduz	24
5.1 Geologische Verhältnisse	24
5.2 Hydrogeologische Verhältnisse	26
5.3 Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten in der Gemeinde Vaduz	29

Figuren

- 1 - Entscheidungsdiagramm zum Problemkreis Retention / Versickerung (Seite 10)

Tabellen

- 1 - Tabellarische Übersicht über die zweckmässige Ableitung bzw. Versickerung der verschiedenen Abwässer (Seite 12)

Anhänge

- 1 - Entscheidungsdiagramm zur Abklärung der Versickerungsmöglichkeiten und zur Wahl des geeigneten Versickerungstyps
- 2 - Tabellarische Zusammenstellung der Zulässigkeit der Regenabwasser-versickerung im Fürstentum Liechtenstein
- 3 - Tabellarische Zusammenstellung der Eignung der Versickerungstypen in Abhängigkeit der hydrogeologischen Verhältnisse
- 4 - Versickerungsmöglichkeiten: Standard-Typen
- 5 - Eingabeformular: Gesuch zur Versickerung von Regenwasser
- 6 - Erfassungsformular der Versickerungsverhältnisse zur Nachführung der Versickerungskarte

Beilage

- GEP Vaduz - Zustandsbericht Versickerung
Versickerungskarte - 1 : 5'000

1. Einführung

1.1 Problemstellung und Auftrag

1.1.1 Generelle Zielsetzung des GEP

Grundlage für die Generelle Entwässerungsplanung ist Art. 7 des Gewässerschutzgesetzes vom 15. Mai 2003. Hiermit wird das Ziel verfolgt, den natürlichen Wasserkreislauf weitgehend aufrecht zu erhalten oder wiederherzustellen und die natürlichen Trinkwasservorkommen langfristig nach Menge und Güte zu schützen. Einerseits sollte dabei die Neubildung von Grundwasser sichergestellt und andererseits eine optimale Behandlung der anfallenden Abwässer gewährleistet werden. Generell sollten Abwassersysteme soweit als möglich von Meteorwasser entlastet werden, um die bei der Abwasserbehandlung unerwünschte Spitzenabflüsse und Verdünnungseffekte zu verringern. Ein zentrales Instrument zum Erreichen der genannten Ziele ist der Generelle Entwässerungsplan (GEP), der für jede Gemeinde erstellt wird.

1.1.2 Zielsetzung und Bestandteile des Zustandsberichts Versickerung

Der Zustandsbericht Versickerung ist eine wichtige Planungsgrundlage des GEP; sein Grundgedanke besteht darin, dass auf dem ganzen Gemeindegebiet soweit möglich und zulässig das gesamte nicht verschmutzte Abwasser versickert werden soll.

Der Zustandsbericht Versickerung besteht aus folgenden Dokumenten:

1. Die **Versickerungskarte**, sie gibt einen Überblick der Versickerungsmöglichkeiten im Bauzonengebiet der jeweiligen Gemeinden.
2. Der **Hydrogeologische Bericht**, er beschreibt die grundsätzlichen Aspekte der Versickerung von Meteorwasser, umschreibt die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse und erläutert die Versickerungskarten.

Der Zustandsbericht Versickerung dient einerseits dem Ingenieur als Grundlage für den Generellen Entwässerungsplan; andererseits soll er der Gemeinde zur Beurteilung und Bewilligung von Versickerungsanlagen dienen.

Im Auftrag der Gemeinde und des Abwasserzweckverbandes der Gemeinden Liechtensteins wurde der Zustandsbericht Versickerung nach einheitlichen Kriterien erstellt. Damit ist auch beim Vollzug eine homogene Beurteilung und eine einheitliche Bewilligungspraxis sichergestellt.

Folgendes Dokument bildet einen integrierenden Bestandteil des ZB Versicherung:

- Verdachtsflächenkataster FL: Auf Flächen mit Verdacht auf eine Belastung des Untergrunds darf nicht versickert werden, ohne zusätzliche Abklärungen über die mögliche Gefährdung des Grundwassers.

1.2 Durchgeführte Arbeiten

In einem ersten Schritt wurden alle bedeutenden Daten und Unterlagen wie ältere geologische und hydrogeologische Berichte, sowie die vorhandenen geologischen und hydrogeologischen Karten zusammengetragen und ausgewertet.

Die erste Auswertung zeigte, dass mancherorts zu wenig geologische und hydrogeologische Daten vorhanden waren. Daher wurden im April 2006 geophysikalische Sondierungen mit dem RMT-Verfahren durchgeführt. Mit Hilfe dieser Methode konnte die Mächtigkeit der Deckschicht sowie die Art des darunterliegenden Materials erfasst werden, sei es Lockergestein oder Fels. Dank der Auswertung dieser geophysikalischen Messungen konnte die Homogenität der zur Verfügung stehenden Daten sichergestellt und eine detaillierte und präzise Einteilung der Versickerungsmöglichkeiten im Untersuchungsgebiet erreicht werden.

Auf der Versickerungskarte wurden auch Flächen dargestellt, welche einen geringen Flurabstand, d.h. einen hohen Grundwasserspiegel aufweisen. Für die Kartierung des Flurabstandes wurden die vorhandenen hydrogeologischen Berichte, sowie frühere und aktuelle Grundwasserspiegelmessungen ausgewertet.

1.3 Verwendete Unterlagen

Gesetzliche Grundlagen und Richtlinien

- [1] Gewässerschutzgesetz (GSchG) vom 15. Mai 2003 (LGBl. 2003 Nr. 159)
- [2] Verordnung zum Gewässerschutzgesetz (GSchV vom 17. Dezember 1996 (LGBl. 1997 Nr. 42)
- [3] Verordnung zum Schutze des Grundwassers vom 20. September 1988 (LGBl. 1988 Nr. 60)
- [4] Verordnung über die technische Gestaltung und Bemessung von Abwasseranlagen vom 18. Juni 1971 (LGBl. 1971 Nr. 34)
- [5] Verdachtsflächen des Fürstentums Liechtenstein (Stand Entwurf 2006)
- [6] Zonenplan der Gemeinde Vaduz (Stand Dezember 2005)
- [7] Gewässerschutzkarte des Fürstentums Liechtenstein (Stand Entwurf 2006)

Fachverbände und andere fachspezifische Publikationen

- [8] VSA (1992): Genereller Entwässerungsplan (GEP), Musterbuch.
- [9] VSA (2002): Regenwasserentsorgung. Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten (inkl. Update 2004).
- [10] VSA und SSIV (2002): Planung und Erstellung von Anlagen für die Liegenschaftsentwässerung, Schweizer Norm SN 592 000.
- [11] BUWAL (2002): Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen, Wegleitung, Vollzug Umwelt.
- [12] Baudepartement des Kt. St. Gallen, Amt für Umweltschutz (1997): Retention und Versickerung von Regenwasser im Liegenschaftsbereich, Planungsgrundlagen.
- [13] Baudepartement des Kt. St. Gallen, Amt für Umweltschutz (2006): Regenwasserentsorgung, Merkblatt zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten. vgl. www.afu.sg.ch
- [14] AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kt. Zürich, Website mit Informationen zu Versickerungen, vgl. www.grundwasser.zh.ch

Geologische und hydrogeologische Unterlagen

- [15] Allemann, F. et al. (1985): Geologische Karte des Fürstentums Liechtenstein, 1 : 25'000. Herausg.: Regierung des Fürstentums Liechtenstein.
- [16] Hydrogeologische Karte der Schweiz, Blatt Nr. 5, Toggenburg (1993), 1 : 100'000.
- [17] Wasser - Energie Luft, Heft 5 (Mai 1978): Der Grundwasserstrom des Alpenrheins, Sonderausgabe des Rheinverbandes.
- [18] Grundwasserhaushalt Alpenrhein, Grundwassermodellierung für den Abschnitt Landquart bis Bodensee (2000), TK Consult AG.
- [19] Diverse geologische und hydrogeologische Berichte aus dem Raum Vaduz.

2. Die Versickerung von Meteorwasser

2.1 Grundsätzliche Überlegungen

Die Infiltration von Regen und Schneeschmelze durch die wasserungesättigten Bodenschichten stellt den natürlichen Vorgang zur Grundwasserneubildung dar.

Mit zunehmender Überbauung und Ausdehnung der Siedlungsgebiete wird der Untergrund immer mehr gegen einsickerndes Regenwasser versiegelt. Ein grosser Anteil des Regen- und Schneeschmelzwassers, welches früher natürlich im Untergrund versickerte, wird heute in Siedlungsgebieten in die Kanalisation oder in die Vorflut abgeführt. Diese Einleitung von Regenabwasser in die Kanalisation vermindert nicht nur die Grundwasserneubildung, sie hat auch hohe Abflussspitzen im Kanalisationsnetz zur Folge. Bei Kanalisationen mit Mischsystem führt dies dazu, dass die Regenüberläufe früh anspringen und Abwasser in die Vorfluter gelangt.

Die direkte Einleitung des Regenabwassers in die Fliessgewässer (z.B. bei Trennsystemen oder bei Kanalisationsüberläufen von Mischsystemen) verstärkt die Hochwasserspitzen in Oberflächengewässern. Da solche Hochwässer in Abhängigkeit des Ausmasses der Boden-Versiegelung im Einzugsgebiet überproportional zunehmen, vermögen die bestehenden Abflussprofile von Flüssen und Bächen die **wachsenden Hochwasserspitzen** oftmals nicht mehr abzuführen. Die Folge sind kostspielige Wasserbauprojekte, wie Ausbau der Abflussprofile, Bau von Retentionsbecken (Rückhaltebecken), usw. Aus diesen Gründen ist es erstrebenswert, dort wo es die Gegebenheiten zulassen, möglichst viel Regenabwasser am Ort des Niederschlags zurückzuhalten und versickern zu lassen.

Dem langfristigen Schutz der Grundwasserqualität ist dabei stets gebührend Rechnung zu tragen. Verschmutztes Meteorwasser oder Meteorwasser von Flächen mit einem hohen Verschmutzungs-Risiko darf nicht versickert werden. Generell sollte bei einer Versickerung eine möglichst naturnahe Grundwasserneubildung angestrebt werden. Die belebten Bodenschichten und die ungesättigte Zone über dem Grundwasserspiegel bilden einen guten natürlichen „Schutzfilter“ gegen allenfalls auftretende wassergefährdende Stoffe.

Deshalb sollte in allen Fällen zuerst ein flächenhaftes Verlaufenlassen und eine **flächige Versickerung** des Meteorwassers über die belebten Bodenschichten angestrebt werden, z.B. mittels durchlässiger Ausbildung von Plätzen. **Der Versiegelungsgrad von Bauparzellen ist daher generell so niedrig wie möglich zu halten. Die flächige Versickerung von Meteorwasser hat in diesem Sinne immer erste Priorität.** Falls dies die örtlichen Gegebenheiten, die Geologie des Untergrundes oder die Menge des anfallenden Wassers nicht zulassen, muss, in Abhängigkeit der hydrogeologischen Verhältnisse, die Erstellung einer **Versickerungsanlage** in Betracht gezogen

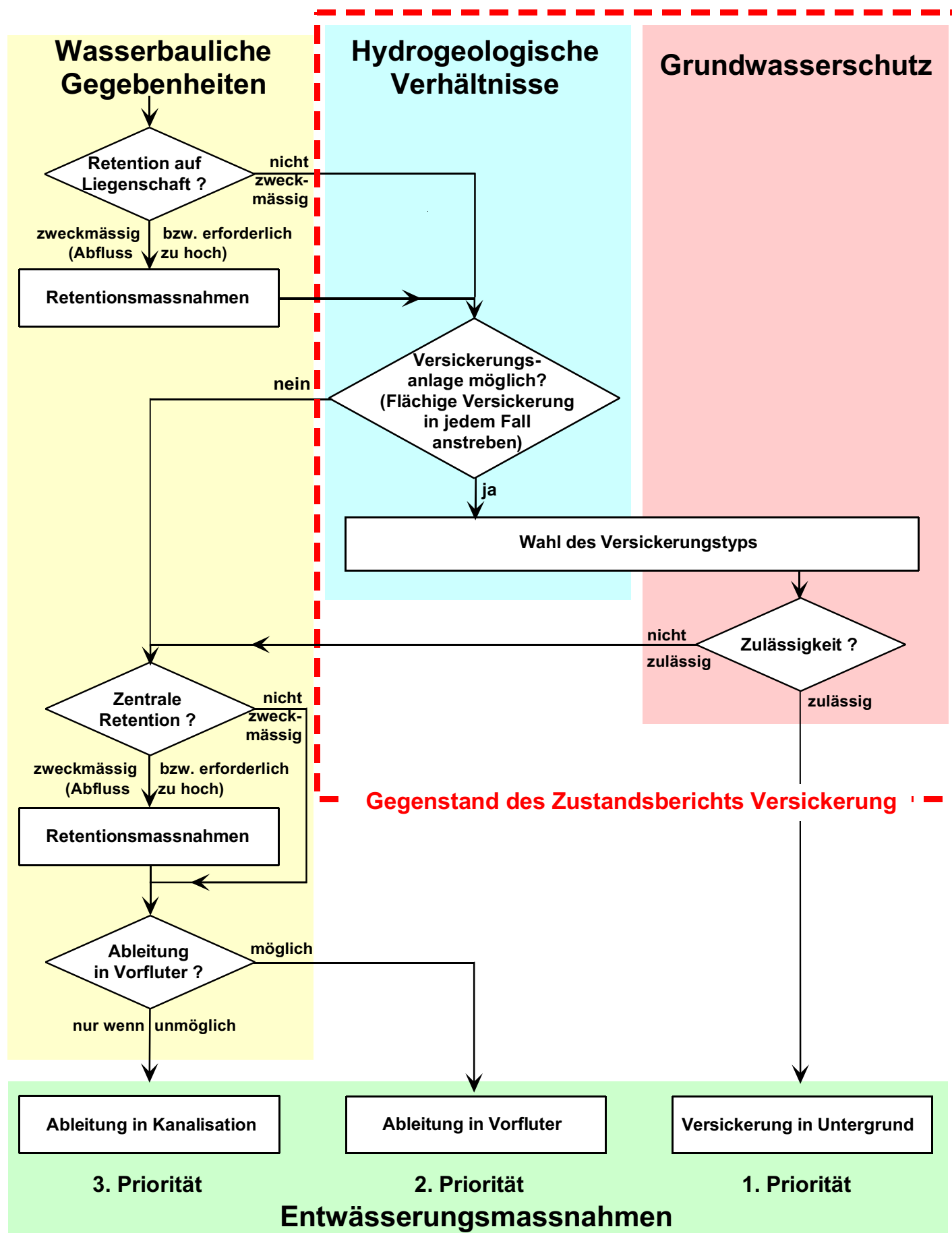
werden. Deren Typ wird durch die hydrogeologischen Verhältnisse am Projektstandort und die Anforderungen des qualitativen Grundwasserschutzes bestimmt.

Der im Rahmen des GEP der Gemeinde zu erstellende Zustandsbericht Versickerung bzw. die Versickerungskarte liefert die Grundlage zur Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten und der entsprechend auszuwählenden, geeigneten Versickerungsmethode. In der Figur 1 ist ein vereinfachtes Entscheidungsdiagramm zum Problembereich der Retention und der Versickerung im Rahmen der Liegenschaftsentwässerung dargestellt.

2.2 Retentionsmassnahmen

Der unverzügerte Regenwasserabfluss im Siedlungsgebiet mit versiegelten Flächen erschwert einerseits die Versickerung, da dem Wasser zu wenig Zeit zur Verfügung steht, um in den Boden einzudringen, andererseits verschärft er die Hochwasserverhältnisse in Gewässer oder Kanalnetz. Ziel von Retentionsmassnahmen ist es deshalb, diese unerwünschten Auswirkungen zu verhindern, indem der Abfluss des Regenabwassers verzögert wird. Mit Retentionsmassnahmen kann – bei Kombination mit Versickerungsanlagen – die erforderliche Versickerungsleistung reduziert werden. Im Falle einer Einleitung in ein Gewässer werden möglichst natürliche Abflussverhältnisse angestrebt; bei einer Einleitung in die Kanalisation die Abflussspitzen entsprechend den vorhandenen Kapazitäten begrenzt.

Eine Retentionsanlage besteht im Wesentlichen aus einem Stauraum, einer Abflussregulierung und einem Notüberlauf. Die Möglichkeiten der Retentionsmassnahmen sind vielfältig und werden z.B. in der VSA-Richtlinie Regenwasserentsorgung [9] beschrieben. Grundsätzlich lassen sich Retentionsmassnahmen bereits auf Dachflächen (Dachretention) oder auf Strassen und Plätzen durchführen (Gräben, Speicherkanäle und Retentionsbecken mit gedrossem Abfluss).



Figur 1: Entscheidungsdiagramm zum Problemkreis Retention / Versickerung im Rahmen der Liegenschaftsentwässerung

2.3 Klassifikation des zu versickernden Wassers

2.3.1 Reinabwasser

Als sogenanntes Reinabwasser oder „Fremdwasser“ wird stetig fliessendes, nicht oder wenig belastetes Wasser bezeichnet; als Reinabwasser gilt z.B.:

- Überlaufwasser von Quellen, Reservoirs, Brunnen
- Rücklaufwasser aus Kühlanlagen, Klimaanlage, Wärmepumpen
- Drainage- und Sickerwasser
- Bachwasser

In der Regel sind die genannten Wasser sauber. Zeitweise mässig verschmutzt kann Überlaufwasser von Brunnen, Leerlaufwasser von Reservoirs (bei Reinigung) oder Bachwasser sein. Rücklaufwasser von Kälte- oder Wärmeanlagen ist in der Regel mehr oder weniger thermisch verändert. Falls das Kühlwasser aus einem Kreislaufsystem mit Zusatzstoffen oder einem System mit Risiko von Verunreinigungen stammt, gilt es als Schmutzwasser und darf nicht versickert werden (vgl. Norm SN 592'000 und Tabelle 1).

Reinabwasser soll nicht in die Mischwasserkanalisation und nicht in eine Abwasserreinigungsanlage abgeleitet werden um die Abflussmengen in diesen Systemen nicht unnötig zu erhöhen. Es ist entweder im Untergrund zur Versickerung zu bringen oder in ein Oberflächengewässer einzuleiten. Ist ein Trennsystem vorhanden, so kann es in die Meteorwasserkanalisation abgeleitet werden (vgl. Tabelle 1).

2.3.2 Regenabwasser

Das von bebauten oder befestigten Flächen abfliessende Niederschlagswasser wird als Regenabwasser bezeichnet. Dessen Verschmutzungsgrad hängt im wesentlichen von der Art und der Nutzung (z.B. Industriezone) der entwässerten Fläche ab.

Gesetzliche Vorgaben

Das Regenabwasser gilt gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) in der Regel als nicht verschmutztes Abwasser, wenn es:

- von **Dachflächen** stammt und wenn aufgrund der Beschaffenheit der Dachflächen nicht Stoffe ausgewaschen werden, die Gewässer verunreinigen können;
- von **Strassen und Plätzen innerhalb des Siedlungsgebietes** stammt, die nicht in erster Linie dem Umschlag, der Verarbeitung, der Lagerung oder dem Transport umweltgefährdender Stoffe dienen und wenn bei der Versickerung eine ausreichende Reinigungs- und Rückhaltungswirkung durch den Untergrund gewährleistet ist;

- von **Strassen und Plätzen ausserhalb des Siedlungsgebietes** stammt und wenn bei der Versickerung eine ausreichende Reinigungs- und Rückhaltungswirkung durch eine bewachsene oder eine andere vergleichbar wirkende Bodenschicht gewährleistet ist;
- von **Eisenbahnlinien** stammt und wenn langfristig sichergestellt ist, dass auf den Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln verzichtet wird, und wenn bei der Versickerung eine ausreichende Reinigungs- und Rückhaltungswirkung durch eine bewachsene Bodenschicht gewährleistet ist.

Richtlinien zur Umsetzung in der Praxis

Die Norm SN 592'000 "Liegenschaftsentwässerung" gibt eine Übersicht über die verschiedenen Abwasserkategorien und die im Rahmen des GEP zulässigen resp. anzustrebenden Lösungen. Zur Veranschaulichung, welche Abwässer zur Versickerung gebracht werden können oder sollen, dient die *Tabelle 1* aus der SN 592'000 (überarbeitet).

Abwasserart	Trennsystem			Mischsystem		
	Ver-sickerung	Regen-wasser-kanal	Schmutz-wasser-kanal	Ver-sickerung	Rein-wasser-leitung	Misch-kanal
Schmutzwasser:						
- Häusliches Abwasser	0	0	X	0	0	X
- Industrielles Abwasser	0	0	X	0	0	X
- Kühlwasser aus Kreislau-systemen	0	0	X	0	0	X
Regenabwasser A):						
- verschmutzt	0	0	X	0	0	X
- nicht verschmutzt	1	2	0	1	2	3
Abwasser von Umschlag-plätzen und Arbeitsflächen:	Entwässerungskonzept nach SN 592000 B)					
Reinabwasser:						
- Brunnenwasser	1 C)	2 C)	0 C)	1 C)	2 C)	0 D)
- Sickerwasser	1	2	0	1	2	0
- Grund- und Quellwasser	1	2	0	1	2	0
- Kühlwasser aus Durch-laufsystemen	1 D)	2 D)	0	1 D)	2 D)	0 D)

- Legende: X Anschluss obligatorisch
 0 Anschluss nicht gestattet
 1 1. Priorität (anzustrebende Lösung)
 2 2. Priorität (nur gestattet, wenn die Versickerung auf Grund der hydrogeologischen Verhältnisse, der Havarierisiken usw. nicht möglich ist)
 3 3. Priorität (nur gestattet, wenn die 1. und 2. Priorität nicht möglich bzw. nicht zumutbar sind)
 A) Die Zuordnung des Regenwassers zum verschmutzten bzw. nicht verschmutzten Abwasser erfolgt durch die zuständige Stelle unter Berücksichtigung der Bestimmungen der Gewässerschutzverordnung.
 B) Betreffend wassergefährdende Flüssigkeiten
 vgl. «Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten».
 C) Bei Reinigung des Brunnens mit Einsatz von Chemikalien ist für das Reinigungswasser ein Anschluss an den Schmutzwasser- bzw. Mischkanal zu erstellen.
 D) Nur bei kleinem Abwasseranfall und nur mit Bewilligung der zuständigen Stelle.

Tabelle 1: Übersicht über die Versickerung resp. Ableitung der verschiedenen Abwasserarten (gemäss SN 592'000); leicht überarbeitet

Gemäss den neuen Richtlinien der VSA [9] und in Anlehnung an das Merkblatt des Kt. St. Gallen [13] wird die Qualität des Regenabwassers je nach Lage und Art der zu entwässernden Fläche einer von **vier Belastungsklassen** zugeordnet (vgl. Tabelle im Anhang 2).

Die Belastung von **Dachwasser** ist in hohem Masse von der materialmässigen Zusammensetzung des Dachaufbaus resp. der Ablaufsysteme abhängig. Während das Dachwasser von Ziegeldächern und Gründächern ohne pestizidhaltige Materialien generell nur eine geringe Belastung aufweist, muss das von Dachflächen mit üblichen Anteilen an unbeschichteten Metallinstallationen (Kupfer, Zink, Zinn oder Blei) abfliessende Dachwasser bereits als «mittel» belastet eingestuft werden. Für Dächer mit erhöhten Anteilen an unbeschichteten Metallinstallationen ist die Belastung gar als «hoch» anzunehmen. Die Entwässerung grösserer solcher Flächen erfordert zum Schutz von Boden und Gewässer spezielle Massnahmen.

Grundsätzlich ist auch das Dachwasser von **Industrie- und Gewerbebauten** dem nicht verschmutzten Abwasser zuzurechnen. Allerdings kann das Regenwasser in Industriegebieten stärker mit Schadstoffen aus der Luft belastet sein als in Wohngebieten. In solchen Fällen ist die Zulässigkeit der Versickerung des Regenwassers im Einzelfall zu prüfen. In Industrie- und Gewerbebezonen muss ausserdem mit einem höheren Störfallrisiko gerechnet werden.

Beim Regenabwasser von **Parkplätzen** ist zwischen wenig frequentierten Parkplätzen für Personenwagen (geringe Verschmutzungsgefahr) und solchen für Lastwagen oder stark frequentierten öffentlichen Parkplätzen (stärkere Verschmutzungsgefahr) zu unterscheiden. Bei Regenabwasser von Umschlagplätzen und Lagerplätzen besteht je nach Nutzung häufig eine erhebliche Verschmutzungsgefahr (Havarierisiko, Einsatz umweltgefährdender Stoffe), so dass solches Abwasser grundsätzlich in die Misch- resp. Schmutzwasserkanalisation zu entsorgen ist.

Regenabwasser von **Strassen** kann in Abhängigkeit der Verkehrsart und -frequenz einen sehr uneinheitlichen Verschmutzungsgrad aufweisen (vgl. Wegleitung BUWAL [11]). Bei Rad-, Geh- und Flurwegen sowie Erschliessungsstrassen ist mit wenig verschmutztem Regenabwasser zu rechnen. Bei Gemeinde- und Quartierstrassen ist mit mässig verschmutztem, bei Landstrassen sowie Bahnanlagen mit stärker verschmutztem Regenabwasser zu rechnen. Im gleichen Sinne nimmt auch die Gefahr von Unfällen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten zu.

2.4 Aspekte des qualitativen Grundwasserschutzes

Die Zulässigkeit der Versickerung von Regenabwasser und die Art, wie das Wasser zur Versickerung gebracht werden darf, richtet sich in erster Linie nach Kriterien des qualitativen Grundwasserschutzes. Zur Beurteilung muss nebst dem Verschmutzungsgrad des Regenabwassers (vgl. Kapitel 2.3) die Schutzwürdigkeit des Grundwasservorkommens (**Gewässerschutzbereiche und Schutzzonen**) berücksichtigt werden.

Als weiterer Faktor ist gemäss VSA-Richtlinie auch die Empfindlichkeit des Grundwassers auf qualitative Gefährdungen durch versickerndes Regenabwasser (**Vulnerabilität**) zu berücksichtigen. Die Vulnerabilität des Grundwassers hängt weitgehend von der Art und Ausbildung des schützenden Ober- und Unterbodens ab: Bei einem gut ausgebildeten, nicht verdichteten Bodenaufbau ist der Rückhalt von potentiellen Schadstoffen weitaus am besten; ist die Bodenschicht nur geringmächtig oder fehlt sie gänzlich, ist der Schadstoffrückhalt deutlich geringer und das darunterliegende Grundwasservorkommen einem grösseren Belastungsrisiko ausgesetzt. Auch die Ausbildung des Grundwasserleiters spielt eine gewisse Rolle für dessen Vulnerabilität: Grundwasservorkommen in geklüfteten oder verkarsteten Gesteinen weisen eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen auf als solche in Lockergesteinen. Letzere sind weniger empfindlich, da sie ein relativ gutes Rückhaltevermögen für Schadstoffe aufweisen.

Grundsätzlich gilt, je höher die potenzielle Belastung des Regenwassers resp. je schlechter die Qualität des zu versickernden Abwassers einzustufen ist, desto höhere Anforderungen sind an die Versickerungsanlage resp. die Reinigungswirkung des gewachsenen Bodens zu stellen. Je besser die Wasserqualität, desto grösser ist der Spielraum bei der Wahl des Typs für eine Versickerungsanlage.

2.5 Einschränkungen der Versickerungsmöglichkeiten bezüglich des Grundwasserschutzes

Bezüglich der verschiedenen **Gewässerschutzbereiche und Schutzzonen** gilt folgendes:

3. In den Grundwasser-Schutzzonen S1 und S2 ist die Versickerung von Regenabwasser oder Reinabwasser prinzipiell untersagt.
4. In der Grundwasser-Schutzzone S3 darf höchstens gering bis mässig belastetes Regenabwasser zur Versickerung gebracht werden. Regenabwasser von Strassen und Vorplätzen, welche nicht dem öffentlichen Motorfahrzeugverkehr offenstehen, darf über die belebte Bodenschicht versickert werden. Abwasser von uneingeschränkt befahrbaren Strassen darf in der Zone S3 nicht versickert werden. Vorbehalten bleiben die Regle-

mente der einzelnen Grundwasserschutzzonen.

5. Im Gewässerschutzbereich A_u gemäss Gewässerschutzkarte [7] ist die Wahl der Versickerungsanlage eingeschränkt: Sickerschächte oder Sickerstränge sind nur für wenig verschmutztes Regenabwasser von Dächern zulässig; für Versickerungen von stärker belastetem Abwasser von Strassen und Vorplätzen bestehen Einschränkungen bei der Wahl der Versickerungsanlage und den notwendigen begleitenden Massnahmen. Je nach Belastungsklasse des Abwassers sind Vorreinigungsmassnahmen vorzusehen. Für weiterführende Details sei auf die Literatur verwiesen (vgl. [9]).

Weitere Einschränkungen bestehen:

6. bei Industrie- und Gewerbebezonen (vgl. Kapitel 2.3.2).
7. bei belasteten Standorten und Altlasten. Generell ist die Versickerung von Meteorwasser auf diesen Flächen nicht zulässig, da die Gefahr besteht, dass Schadstoffe ausgewaschen und ins Grundwasser oder den Vorfluter gelangen können. Besteht ein Verdacht auf eine mögliche Verschmutzung des Standorts, müssen vor der Bewilligung von Versickerungsvorhaben Abklärungen über die tatsächliche Bodenbelastung getroffen werden.

Bei der Realisierung einer Versickerung muss darauf geachtet werden, dass die Filterstrecke im ungesättigten Bereich des Untergrunds möglichst gross ist. Wenn immer möglich sollte die Versickerung über die intakte Bodenschicht erfolgen. **In jedem Fall muss die vertikale Versickerungsstrecke oberhalb des Grundwasserspiegels** auch bei hohem Grundwasserstand **mindestens 1 m betragen** und die Versickerungsanlage darf nicht eingestaut werden. In der Regel gilt der jährliche auftretende Hochwasserstand (HW) des Grundwasserspiegels als Bezugsniveau.

2.6 Bauliche und geotechnische Einschränkungen der Versickerungsmöglichkeiten

Grundsätzlich sollten Versickerungsanlagen wie andere Bauten mit ausreichendem Grenzabstand von der Parzellengrenze platziert werden. Dies gilt insbesondere in steilen Gebieten, wo eventuell mit Vernässungen bei Unterlieger-Parzellen gerechnet werden muss.

In Rutschgebieten sind die Versickerungsmöglichkeiten stark eingeschränkt. So werden z.B. durch eine verstärkte punktuelle Versickerung die Porenwasserdrücke lokal erhöht, was zu einer höheren Wahrscheinlichkeit für Rutschbewegungen führt. Aus diesem Grunde ist eine punktuelle, konzentrierte Versickerung von Meteorwasser über eine entsprechende Anlage (Schacht usw.) nicht zulässig. Es kann höchstens die flächige Versickerung von direkt auf der Fläche anfallendem Meteorwasser in Frage kommen, wie dies bereits im natürlichen Zustand erfolgt.

2.7 Technische Versickerungsmöglichkeiten

2.7.1 Allgemeines

Die Versickerung von Regenabwasser kann grundsätzlich entweder flächig durch die ungestörten Bodenschichten (**flächige Versickerung**) oder durch eine **Versickerungsanlage** erreicht werden. Bei letzterer handelt es sich um ein eigentliches Bauwerk, das periodisch kontrolliert und unterhalten werden muss. Je nach Anlagentyp wird eine mehr oder weniger punktuelle Abgabe des Wassers an den Untergrund erreicht, sowie ein Teil des Sickerweges durch die natürlichen Deckschichten kurzgeschlossen.

Die Möglichkeiten der Versickerung werden durch die lokalen hydrogeologischen Verhältnisse bestimmt (vgl. Versickerungskarte, Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Anhang 3). Unter welchen Voraussetzungen eine Versickerungsanlage zulässig ist, wird durch folgende Faktoren bestimmt (vgl. Anhang 2):

- Die Herkunft resp. die Beschaffenheit des Regenabwassers,
- die Lage der Versickerungsstelle aus der Sicht des qualitativen Grundwasserschutzes.

Die wichtigsten und gängigsten Möglichkeiten von Versickerungstypen sind nachstehend, in der Reihenfolge ihrer Anwendungspriorität, kurz beschrieben und im Anhang 4 schematisch dargestellt. Schematische Darstellungen dieser Versickerungstypen sind auch der VSA-Richtlinie Regenwasserentsorgung [9] zu entnehmen.

2.7.2 Flächige Versickerung (Typ 1a im Anhang 4)

- Diffuse, **flächige Versickerung** über die bewachsene Bodenschicht (Humus). Im Vordergrund steht die durchlässige Ausbildung von Plätzen, z.B. mit Verbund- oder Rasengittersteinen, oder in Form von sogenannten Schotterrasen.
- Die Versickerung von Strassenabwasser „**über die Schulter**“, d.h. das seitliche Abfließen von Strassenabwasser ins angrenzende Wiesland.

2.7.3 Versickerungsanlagen (vgl. Anhang 4)

- **Typ 1b:**
Versickerung in künstlich angelegten **Versickerungsbecken** (humusierte Mulden, Versickerungsmulden), z.B. in Kombination mit Biotopen usw., oder in humusierten Versickerungsgräben über sickertfähigem Untergrund.
- **Typ 2:**
Die Versickerung geschieht diffus innerhalb der Deckschichten; z.B. über einen überdeckten, künstlichen **Kieskörper** („Kiesfladen“).

- **Typ 3a:**
Im **Versickerungsschacht** wird direkt in die durchlässigen, sickerfähigen Schichten **über** dem Grundwasserspiegel versickert. Als Alternative kommt bei grossem Flurabstand des Grundwasserspiegels ein ausgefilterter, nicht rückspülbarer **Versickerungsbrunnen** in Frage.
 - **Typ 3b:**
Versickerungsschacht mit **Versickerungsstrang**, d.h. überdeckter Versickerungsgraben mit Versickerungsröhr (Versickerungsgalerie) in der durchlässigen, sickerfähigen Schicht über dem Grundwasserspiegel. Eine untiefe Variante bilden **Sickerdrainagen**, wo das Wasser über eine grosse Fläche verteilt direkt in die Bodenschichten verrieselt wird.
8. **Typ 4:**
Im **Retentionsfilterbecken** erfolgt eine Sammlung des Regenabwassers und die Filtrierung über eine belebte Bodenschicht; in der **nachgeschalteten Versickerungsanlage** wird das Wasser versickert (vgl. Kapitel 2.7.5).
- **Typ 5:**
Der rückspülbare, ausgefilterte **Schluckbrunnen**, der bis unter den Grundwasserspiegel reicht ist **nur für Reinabwasser zulässig**.

2.7.4 Vorreinigung

Regenabwasser von Dächern, Vorplätzen oder Strassen ist in der Regel mit Schwebstoffen, Laub usw. beladen, welche zu einer Kolmatierung der Versickerungsanlagen führen können. Im Interesse des Gewässerschutzes und zur Erhaltung der Langlebigkeit von Versickerungen ist daher eine mechanische Vorreinigung mittels Schlammfang (SF) notwendig. Die Dimensionierung des Schlammfanges richtet sich nach der Norm SN 592 000. Die Grundlagen der Dimensionierung werden auch in der Wegleitung 1997 des Kt. St. Gallen [12] beschrieben. In der Praxis beträgt der Durchmesser für den Schlammfang bei einer kleinen abflussaktiven Fläche von maximal 150 m² mindestens 1.0 m.

2.7.5 Spezielle Anlagen zur Vorbehandlung

In Fällen, wo mit verschmutztem Regenabwasser oder mit einem erhöhten Störfall-Risiko zu rechnen ist oder die natürliche Reinigung im Untergrund ungenügend ist, muss das Regenabwasser vor der Einleitung in die Sickeranlage behandelt werden. Naturnahe **Behandlungsanlagen mit Bodenfilter**, sogenannte Retentions-Filterbecken (Typ 4 im Anhang 4) stehen im Vordergrund: Retention und Vorreinigung erfolgen in naturnahen abgedichteten und humusierten Mulden mit eingebauter Filterschicht. Abgedichtete Mulden-Rigolen-Systeme und horizontal oder vertikal durchflossene Bodenfilter sind weitere naturnahe Behandlungsanlagen, welche der Versickerungsanlage vorgeschaltet werden können. Sind solche naturnahe Behandlungsanlagen nicht realisierbar oder nicht geeignet, muss auf eine technische Vorbehandlung des Regenabwassers ausgewichen werden. Insbesondere sogenannte

Adsorbersysteme, welche selektiv für bestimmte Substanzen (z.B. Schwermetalle aus Dachabschwemmungen) gute Rückhalteeigenschaften haben, sind geeignet für die Reduktion der Schadstoffgehalte im Abwasser (vgl. VSA Richtlinie [9]).

2.7.6 Überläufe

Grundsätzlich sind Überläufe auf Terrainniveau, z.B. über die Entlüftungsanlage, und damit sichtbar anzuordnen. In besonderen Fällen ist auch ein Überlauf in eine Meteorwasserleitung oder in einen Vorfluter möglich, wobei aber auf die Rückstaugefahr hinzuweisen ist. **Überläufe in die Misch- oder Schmutzwasserkanalisation sind verboten.**

2.7.7 Wartung

Versickerungsanlagen müssen unterhalten, periodisch gewartet und gegebenenfalls gereinigt werden. Es ist deshalb wichtig, dass Versickerungsanlagen an permanent zugänglichen Orten erstellt werden. Verantwortlich für den Unterhalt ist der Grundeigentümer. Der Gemeinde obliegt die Kontrolle über die Wartungsarbeiten.

2.8 Wahl des geeigneten Versickerungstyps

Bei der Wahl des geeigneten Versickerungstyps müssen sowohl die Eignung aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse, wie auch die Zulässigkeit des Versickerungstyps berücksichtigt werden. Im Anhang 1 ist die grundsätzliche Vorgehensweise in einem Entscheidungsdiagramm dargestellt.

Im Interesse des optimalen Grundwasserschutzes genießen die **flächigen Versickerungen** durch die belebten und bewachsenen Bodenschichten (Typ 1 im Anhang 4) Vorrang. Erste Priorität haben demzufolge flächige Versickerungen über aktive Bodenschichten oder über Versickerungsbecken ("humusierte Mulden"). Sie bieten die bessere Gewähr gegen Verschmutzung des Grundwassers als Versickerungsanlagen, welche die Filterwirkung des Oberbodens und der Deckschicht umgehen.

Ist der Belastungsgrad des zu versickernden Abwassers jedoch derart hoch, dass der natürliche Boden mit der Zeit durch die Ausfilterung mit Schadstoffen aufgeladen wird, ist von einer flächigen Versickerung abzusehen oder das Abwasser muss vorbehandelt werden, wenn dessen Belastungsgrad zu hoch ist oder die Filterwirkung der durchsickerten Strecke ungenügend ist (vgl. [9] und Anhang 2).

Oft verunmöglichen auch die örtlichen Gegebenheiten eine Realisierung einer flächigen Versickerung; in diesen Fällen muss auf eine **Versickerungsanlage** ausgewichen werden. Eine Retention kann erforderlich sein, wenn die Sickerleistung der vorgesehenen Versickerung nicht ausreichend ist.

3. Vorgehen bei der Planung und Bewilligung von Versickerungen

3.1 Planung von Versickerungsanlagen

Der vorliegende Zustandsbericht Versickerung liefert die im Rahmen des GEP geforderten Planungsgrundlagen; er enthält weiter die Informationen und Hilfsmittel, welche dem Planer und der Gemeindebehörde die Konzipierung und die Bewilligung von Versickerungsvorhaben erleichtern sollte. Insbesondere das Entscheidungsdiagramm im Anhang 1 fasst die Randbedingungen und die Vorgehensweise zusammen. Die Versickerungskarten 1 : 5'000 und die Anhänge 2 bis 4 sowie die Tabelle 1 (vgl. Seite 12) dienen als Grundlage bei den Abklärungen der Versickerungsmöglichkeiten und bei der Auswahl des geeigneten Versickerungstyps.

Zum Vorgehen gibt es folgendes zu bemerken (vgl. Anhang 1):

- Generell besteht eine **Pflicht zur Versickerung**, ausser die Vorschriften des **Gewässerschutzes** resp. die **Gefahrenzonierung** untersagen jegliche Versickerung („Versickerung verboten“).
- Aus der Versickerungskarte und der Lage des Grundwasserspiegels lassen sich gemäss Anhang 3 die am Standort möglichen Versickerungstypen herleiten (Abklärung der **Eignung des Versickerungstyps**).
- Die Zulässigkeit der verschiedenen Versickerungstypen ist abhängig von der Belastungsklasse des Regenwassers und der Lage bezüglich der Gewässerschutzbereiche. Zudem können weitere Einschränkungen bei Industrie- und Gewerbezone sowie Verdachtsflächen oder belasteten Standorten / Altlasten vorliegen (Abklärung der **Zulässigkeit des Versickerungstyps**).
- Bei der Realisierung geniessen die **flächigen Versickerungstypen** aus Gründen des qualitativen Gewässerschutzes Priorität (vgl. Kapitel 2.8).

Die Verantwortung zur korrekten **Dimensionierung** der Anlage obliegt dem Bauherrn. Entsprechende hydrogeologische Abklärungen wie Sickerversuche sind vorzeitig vorzusehen. Überläufe von Sickeranlagen in die Misch- und Schmutzwasser-Kanalisation sind nicht erlaubt.

3.2 Bewilligungspraxis

Das Bewilligungsverfahren ist im Kapitel VI des für alle Gemeinden rechtskräftigen Abwasserreglementes beschrieben.

Gemäss Gewässerschutzgesetz besteht grundsätzlich eine Pflicht zur Versickerung des Meteorwassers. Bei Neubauten ist die Meteorwasserversickerung Bestandteil des Kanalisationsplanes. Für bestehende Bauten kann die Meteorwasserversickerung von der Gemeindebehörde unter Auflage einer angemessenen Frist verlangt werden.

Das **Erstellen und Betreiben** von Versickerungsanlagen ist **bewilligungspflichtig**. Zuständig für die Erteilung der Bewilligung ist grundsätzlich die **Gemeinde**. In speziellen Fällen ist das **Amt für Umweltschutz** zuständige Bewilligungsbehörde; so bei Schluckbrunnen, die ins Grundwasser reichen, bei Anlagen in Industrie- und Gewerbebezonen oder bei grossen Versickerungsanlagen (abflussaktive Fläche > 1'000 m²).

Gesuche für den Bau von Versickerungsanlagen werden durch die Bewilligungsbehörde nur in technischer und gewässerschutzrechtlicher Hinsicht geprüft und beurteilt. Zur Beurteilung der Frage, ob eine Versickerung aus hydrogeologischen Überlegungen überhaupt möglich und zweckmässig ist, dient der vorliegende Zustandsbericht Versickerung und die Versickerungskarte als generelle Grundlage. Die Planung und die Dimensionierung ist Sache des Bauherrn. In einigen Fällen, so bei schwierigen geologischen Verhältnissen oder aufwändigen Versickerungsanlagen ist der Beizug einer Fachperson (Hydrogeologe) angezeigt.

Keine Bewilligungspflicht besteht für Versickerungen, wenn

- keine Bauwerke erstellt werden (z.B. Dachspeier),
- oder die Deckschicht des Untergrundes nicht verletzt wird (in der Regel bei flächigen Versickerungen gemäss Typ 1a, vgl. Anhang 4).

Während der Bauausführung obliegt der kommunalen Baubehörde die Kontrolle über die korrekte Ausführung der Versickerungsanlage. Insbesondere ist darauf zu achten, dass kein Schmutzwasser und kein Regenwasser von Umschlag- oder Lagerplätzen an die Versickerungsanlage angeschlossen wird. Die fertiggestellte Anlage wird von der Gemeindebehörde abgenommen und im Abwasserkataster eingetragen.

Versickerungsanlagen sind wie alle Abwasseranlagen vom Eigentümer periodisch zu **kontrollieren** und zu **unterhalten**. Ältere sowie ohne Bewilligung erstellte Versickerungsanlagen sind, sofern sie dem Stande der Technik nicht entsprechen, zu **sanieren**. Können sie nicht saniert werden, sind sie fachgerecht stillzulegen.

3.3 Bewilligungsgesuch für Versickerungsanlagen

Mit dem Baubewilligungsgesuch sind auch die Angaben zur geplanten Art der Versickerung mitzuliefern. Diese werden in einem **Eingabeformular** (vgl. Anhang 5) eingereicht und umfassen folgende Punkte:

- Allgemeine Angaben zum Objekt
- Art und Grösse der zu entwässernden Fläche
- Gewässerschutzbereich
- Belastungsklasse des Regenwassers
- Flurabstand des Grundwasserspiegels (HW*)
 - * jährlich wiederkehrender Hochwasserstand
- Beschreibung Bodenaufschluss / spezifische Sickerleistung (falls bekannt)
- vorgesehener Typ der Versickerungsanlage

Die Lage und Gestaltung der Versickerungsanlage, inkl. System der Vorreinigung sollten auf einem Situationsplan ersichtlich sein. Von Vorteil werden diese Angaben im **Entwässerung-/Kanalisationsplan** integriert. Falls vorhanden, sollten weitere hydrogeologische Unterlagen, z.B. Vorabklärungen mit Sickerversuchen mit dem Baugesuch eingereicht werden.

4. Empfehlung zur Nachführung der Versickerungskarte

4.1 Bedarf zur Nachführung

Die in diesem Bericht zusammengestellten Daten beruhen auf dem heutigen Stand der Kenntnisse. Die Versickerungskarte sollte in Zukunft periodisch auf Änderungen der Bauzonengrenze und der Gewässerschutzkarte (Gewässerschutzbereiche, Schutzzonen usw.) sowie auf Änderungen der Gesetzgebung überprüft und wenn nötig angepasst werden. Erfahrungen aus den zukünftigen Bautätigkeiten werden möglicherweise Abweichungen der tatsächlichen Untergrundverhältnisse von den auf der Versickerungskarte dargestellten Verhältnissen aufzeigen und eine bessere Grenzziehung zwischen den Versickerungsbereichen ermöglichen. Der Bedarf zur Nachführung und Anpassung der Karte sollte deshalb etwa alle 5 bis 10 Jahre abgeklärt werden.

4.2 Nachführung der Versickerungskarte

Zur laufenden Ergänzung der Datenbasis sollten die relevanten Informationen über Untergrundaufschlüsse wie Baugrubenaufschlüssen, Bohrungen, Sondierungen, Versickerungsanlagen usw. von der Gemeindebauverwaltung systematisch abgelegt werden. Die Nachführung und allfällige Anpassungen der Versickerungskarten sollten unbedingt auf einer gesamthaften Beurteilung aller zur Verfügung stehenden Informationen über die lokalen und regionalen Untergrund- und Grundwasserverhältnisse geschehen und ist von einem Hydrogeologen durchzuführen.

4.3 Erfassung der Versickerungsverhältnisse bei neuen Bodenaufschlüssen

Im Hinblick auf die zukünftige Nachführung der Versickerungskarte sollten im Rahmen der kommenden Baubewilligungsverfahren ergänzend zum Eingabeformular Informationen über den Bodenaufbau, die Bodenbeschaffenheit und insbesondere die Sickerfähigkeit des Untergrundes von den ausführenden Bauherren eingefordert oder vom Bauamt erhoben und auf einfache Weise archiviert werden. Beim Gesuch erfolgt in der Regel eine Beurteilung aufgrund der generellen Kenntnisse über das Projektgebiet. Die tatsächlichen Verhältnisse werden meist erst beim Bau der Anlage festgestellt und sollten daher im Erfassungsformular dokumentiert werden.

Zu den wichtigen Informationen gehören die Befund-Aufnahmen von Baugruben oder vom Aushub für Versickerungsanlagen, sowie Sondierschlitze, Boh-

rungen usw. und Protokolle und Auswertungen von Sickerversuchen. Das im Anhang 6 beigelegte **Erfassungsbild** sollte die systematische Erfassung der relevanten Daten erleichtern und deren Qualität sicherstellen. Es umfasst folgende Informationen:

1. Informationen über das **Bauobjekt** und dessen **Standort**
2. Informationen über den **Typ** und die **Masse** des Bodenaufschlusses
3. Informationen über den **Bodenaufbau**:

Deckschichten:	feinkörnige, meist schlecht durchlässige Schicht unter der bewachsenen Bodenschicht
Sickerfähige Schicht:	Bodenschicht mit einer Durchlässigkeit, die genügend gross ist um eine Versickerung zu ermöglichen
4. Informationen über die **Sickerfähigkeit**:

Wenn Sickerversuche erfolgt sind, so sind die Ergebnisse aufzuführen oder beizulegen, sonst soll die Sickerfähigkeit qualitativ geschätzt werden:

gut:	Sickeranlage (z.B. Sickerschacht) ohne weiteres möglich
mässig gut:	Sickerfähigkeit beschränkt, Anlagen müssen gross dimensioniert werden
schlecht:	Versickerung nur möglich durch Einbau eines Sickerkörpers (z.B. „Kiesfladen“)
sehr schlecht:	keine Versickerungsanlage möglich

5. Informationen über die **Grundwasserverhältnisse**
6. Informationen über die erstellte **Versickerungsanlage**:
Typ der Versickerung gemäss Terminologie Zustandsbericht Versickerung Anhang 4.
7. Informationen über **beigelegte Dokumente**
8. Bemerkungen

5. Örtliche Verhältnisse in der Gemeinde Vaduz

5.1 Geologische Verhältnisse

5.1.1 Geologische Übersicht

Das Siedlungsgebiet von Vaduz liegt am rechtsseitigen Talrand des Rheintals. Im nördlichen Teil konzentriert es sich im wesentlichen auf den Hangfuss des ausgedehnten Bachschuttkegels der Mühleholz- und Quaderrüfe. Gegen Süden reicht das Siedlungsgebiet bis zum Binnenkanal und beim Industriegebiet Mühlihölzli sogar bis zum Rhein.

Der Felsuntergrund wird im Untersuchungsgebiet durch den Vaduzer Flysch aufgebaut. Die heutige Felsoberfläche wurde entscheidend geformt durch die Wirkung des Rheingletschers, indem dieser einen tiefen Taltrog erodiert hat. Nach dem Rückzug des Gletschers wurde der Taltrog aufgefüllt durch die Ablagerungen eines „Ur-Bodensees“ und in jüngerer Zeit durch das Geschiebe des einstigen wilden Rheinflusses, der sich mit seinen Nebenarmen und Stillwasserbereichen in der Vergangenheit über der ganzen Talebene ausgebreitet hatte. Gleichzeitig wurde von den Talflanken her Bach- und Rüfeschutt in Schuttfächern abgelagert.

5.1.2 Untergrunderbau

Der Untergrund des Untersuchungsgebietes kann in folgende Einheiten unterteilt werden:

Fels

Das Schloss Vaduz steht auf einer langgezogenen Felsstufe, welche sich oberhalb des Siedlungsgebietes von Schwefelwald im Süden nach Norden erstreckt. Nur im Bereich Quadrettscha – Oberdorf reicht die Felsstufe knapp in das Siedlungsgebiet, so dass dort eine schmale Zone mit Felsaufschlüssen vorliegt. Der Fels besteht aus Kieselkalken, Sandsteinen und z.T. auch Mergelschiefern des Vaduzer Flysches.

Die Felsoberfläche taucht gegen die Talseite unter der Lockergesteinsbedeckung steil ab; weitere Felsaufschlüsse sind neben der genannten Felsstufe im Siedlungsgebiet nicht vorhanden.

Gehängeschutt

Gehängeschuttablagerungen treten am Fuss der Felsstufe zwischen dem Schwefelwald und Quadrettscha auf. Diese langgestreckte Zone tangiert nur

den östlichen Rand des Siedlungsgebietes. Die Beschaffenheit des Gehängeschutts ist vom Ursprungsgestein abhängig. Da die Felsstufe hauptsächlich aus Kieselkalken und Sandsteinen besteht, liegt vorwiegend kiesiger bis blockiger Gehängeschutt vor.

Schuttfächer

An der Talflanke von Vaduz besteht der markante Schuttfächer der Mühleholz- und Quaderrüfe. Es handelt es sich dabei um Ablagerungen von Bachschutt und hauptsächlich von Murgängen (Rüfen). Diese sind in der Regel durch eine schlechte Sortierung gekennzeichnet, und weisen häufig auch einen recht hohen Anteil an siltigem bis tonigem Material auf. Insbesondere am Hangfuss können Lagen auftreten, wo die groben Komponenten in der feinkörnigen Matrix schwimmen. Im oberen Teil des Schuttkegels, ausgangs des Baches aus der Steilstufe, findet sich eher grobkörniges bis blockiges Material.

Im Schuttkegel der Mühleholz- und Quaderrüfe waren die Verhältnisse bisher nicht im Detail bekannt, da nur wenige Aufschlüsse und Bohrungen vorlagen. Diese zeigten siltigen oder sandigen Kies, z.T. im Wechsel mit Silt oder Feinsandlagen. Die neuen geophysikalischen Messungen mittels RMT-Verfahren stützen diesen Befund. Sie zeigen im Schuttkegel gegen das Schüttungszentrum hin eine Zunahme der groben Komponenten resp. eine Abnahme des Feinanteils. Zudem bestätigen sie, dass im Schuttkegel generell heterogene Untergrundverhältnisse vorliegen.

Ein weiterer, relativ kleiner Schuttfächer der Erbirüfe tritt bei Heiligkreuz auf. Bei diesem Schuttfächer dürften gemäss den geophysikalischen Messungen ähnliche Verhältnisse vorliegen, wie beim oben besprochenen Schuttfächer. So wurden im Schüttungszentrum, unmittelbar beim Austritt des Baches aus der Steilstufe, ebenfalls etwas grobkörnigere Zonen festgestellt.

Am Hangfuss verzahnen sich die Schuttfächer unterirdisch mit den Ablagerungen der Rheinschotter oder mit Flusssanden.

Rheinschotter

Die Rheinschotter bestehen aus einer Abfolge von vorwiegend sauberen, sandigen Kiesen, welche rinnenartig in einstigen Wasserläufen des Rheins abgelagert wurden. Zwischen den Rinnenfüllungen finden sich feinkörnigere Linsen mit siltigen Sanden und Kiesen. Im Bereich der Talmitte beträgt die Mächtigkeit der Schotter rund 20 – 30 m. Gegen den Talrand nimmt der Anteil an feinkörnigeren Partien zu und die Mächtigkeit ab, wobei sich die Abfolge mit hangseitigen Flusssanden und Bachschuttablagerungen verzahnt.

Flusssande und Hinterwasserablagerungen

Die Rheinschotter werden gegen den Talrand meist sandiger und gehen in Flusssande über. Ein solcher Übergang besteht z.B. im Zentrum von Vaduz

im Gebiet Äuli, wobei die Abfolge der Rheinschotter hangseits zunehmend durch sandige Lagen ersetzt werden.

Typische feinkörnige und torfige Verlandungssedimente, sogenannte Hinterwasserablagerungen, sind im Siedlungsgebiet von Vaduz hingegen nicht vorhanden.

Kolmatierungsschicht (Deckschicht)

Es handelt sich um eine feinkörnige Oberflächenschicht in der Talebene, bestehend aus siltig-sandigen Überschwemmungssedimenten des einstigen wilden Rheins. Deren Mächtigkeit beträgt zwischen ca. 0.5 m und 3 m.

5.2 Hydrogeologische Verhältnisse

5.2.1 Durchlässigkeit/Sickerfähigkeit der Bodenschichten

Im folgenden werden die hydrogeologischen Eigenschaften der im Kapitel 5.1 beschriebenen Bodenschichten erläutert.

Fels

Im Fels findet die Wasserzirkulation wenn überhaupt, nur entlang vorgegebener Trennflächen wie Schicht- und Kluftfugen statt, das eigentliche Gestein gilt als wasserundurchlässig. Im Kieselkalk und in Sandsteinen kann eine geringe Kluftgrundwasserzirkulation vorhanden sein. Die tonigen Flyschgesteine sind - ungeachtet des Klüftungsgrads - in der Regel sehr schlecht durchlässig und nur in geringem Masse wasserführend. Generell eignet sich der Felsuntergrund wegen der geringen Sickerfähigkeit nicht für die künstliche Versickerung von Meteorwasser.

Gehängeschutt

Die Durchlässigkeit des Gehängeschutts hängt stark von der Art des Ursprungsgesteins ab. Ist er verlehmt oder mit verschwemmtem Material aus tonigem Flyschgestein vermischt, ist er nur mässig bis schlecht wasserdurchlässig mit Durchlässigkeitsbeiwerten von weniger als 10^{-5} m/s. Unter der Felsstufe des Schlosses ist ein nur wenig verlehmt, kiesiger bis blockiger Gehängeschutt zu erwarten, welcher Durchlässigkeiten von mehr als $1 \cdot 10^{-4}$ m/s aufweisen dürfte.

Schuttfächer

Aufgrund des heterogenen Aufbaus der Schuttfächer ist mit starken Schwankungen der Durchlässigkeit zu rechnen. Zonen oder Schichten mit grobkörnigen Komponenten und wenig Feinanteil können durchaus hohe Durchlässig-

keiten von 10^{-3} m/s aufweisen. Solche Zonen sind hauptsächlich in den oberen Teilen der Schuttfächer zu erwarten. In feinkörnigeren Schichten, insbesondere am Fuss des Schuttfächers betragen die Durchlässigkeitsbeiwerte weniger als 10^{-4} m/s und können Minimalwerte von nur $5.0 \cdot 10^{-6}$ m/s erreichen. Im Mittel dürften im Schuttfächer eher mässig gute Durchlässigkeiten von $1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-3}$ m/s vorherrschen. Die Sickerfähigkeit ist dementsprechend als mässig gut mit starken lokalen Schwankungen zu bezeichnen.

Rheinschotter

Die Rheinschotter bilden den Hauptgrundwasserträger der Region. Je nach Kornverteilung, Feinanteil und Lagerungsdichte haben die Schotter eine mässig gute bis sehr gute Durchlässigkeit. Allgemein nimmt die Durchlässigkeit ab vom heutigen Rheinlauf gegen den Talhang hin. Typische Rheinschotter weisen Durchlässigkeiten von durchschnittlich 2.0 bis $4.0 \cdot 10^{-3}$ m/s auf; lokal ist jedoch mit starken Schwankungen zu rechnen. Während beispielsweise in grobkörnigen Rinnen Werte von bis über 10^{-2} m/s gemessen werden, sind in den feinkörnigen Partien oder in einzelnen Sandlinsen Durchlässigkeiten von nur 10^{-4} m/s festzustellen. Analog zur Durchlässigkeit ist die Sickerfähigkeit der Rheinschotter mässig gut bis sehr gut. Die Eignung zur Versickerung ist allerdings dann eingeschränkt, wenn der Grundwasserspiegel hoch liegt und damit die Trockentiefe des Schotters gering ist.

Flusssande und Hinterwasserablagerungen

Flusssande treten am Talrand in einer Übergangszone mit den Rheinschottern verzahnt auf. In den sandigen Schichten sind Durchlässigkeiten von $5 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s zu erwarten. Die entsprechende Sickerfähigkeit ist mässig gut.

Hinterwasserablagerungen weisen noch deutlich geringere Durchlässigkeiten auf, die bei $1 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ m/s liegend dürften.

Kolmatierungsschicht (Deckschicht)

Diese Schicht ist in der Regel mässig bis schlecht durchlässig und bildet dadurch bei grossflächiger und gleichzeitig genügender Mächtigkeit einen Schutz für die darunterliegenden Rheinschotter. Ihre Durchlässigkeit liegt zwischen $5.0 \cdot 10^{-6}$ und $5.0 \cdot 10^{-5}$ m/s. Die Sickerfähigkeit dieser Schicht ist dementsprechend gering.

5.2.2 Grundwasservorkommen, Quellgebiete

Den Hauptgrundwasserträger des Untersuchungsgebietes bilden die Rheinschotter. Sie beherbergen ein Grundwasservorkommen, das nach Menge und Güte zur Nutzung geeignet ist und von seiner Grösse her von überregionaler Bedeutung ist. Dieses Vorkommen wird massgeblich durch die direkte Rheininfiltration gespeisen, die dank relativ weichem und sauerstoffreichem Infiltrat einen entscheidenden Beitrag zur guten Grundwasserbeschaffenheit

leistet; die günstigsten qualitativen Grundwassereigenschaften sind dementsprechend nahe beim Rhein, in Abschnitten mit ausgeprägter Infiltration zu finden.

Nebst der Meteorwasser-Infiltration, die jährlich bis etwa 600 l/m² ausmacht, spielt die Grundwasseranreicherung durch Zuflüsse vom Talhang her eine gewisse Rolle. Insbesondere aus dem Schuttfächer der Mühleholz- und Quaderrüfe dürften dem Hauptgrundwasserträger unterirdisch bedeutende Mengen an Grundwasser zufließen.

Die Quellgebiete von Vaduz liegen an der Talflanke oberhalb des Siedlungsgebietes. Die Quellen entwässern im wesentlichen Gehängeschutt und Moränenablagerungen; die Quellaustritte befinden sich häufig direkt über dem stauendem Felsuntergrund. Solche Quellen treten z.B. bei der Felsstufe oberhalb der Bergstrasse bei Quadretscha aus.

Im Bereich der Schuttfächer der Mühleholz- und Quaderrüfe sind keine Wasseraustritte vorhanden, im Gegenteil, es findet eine Infiltration von Bachwasser in den Untergrund statt. In den Rüfenzügen fallen die Bachläufe durch die Infiltration streckenweise oder temporär sogar trocken.

5.2.3 Lage und Schwankungen des Grundwasserspiegels

Bezüglich Grundwasserstand bestehen im Untersuchungsgebiet sehr unterschiedliche Situationen, die vom jeweiligen Grundwasserleiter und insbesondere von der örtlichen Topographie abhängig sind. Gebiete, wo der Grundwasserspiegel untief liegt, sind auf der Versickerungskarte vermerkt, da dort die Wahl der möglichen Versickerungstypen wesentlich eingeschränkt ist.

In den Rheinschottern der Talebene ist allgemein ein relativ hoher Grundwasserspiegel festzustellen. Er darf in erster Annäherung als parallel zur Geländeoberfläche verlaufende Ebene in wenigen Meter Tiefe angenommen werden. Lage und Verhalten hängen praktisch ausschliesslich mit dem Rheinpegel zusammen. Der jährliche Tiefstand tritt bei niedrigem Rheinabfluss im Winter ein; der Hochstand ist in der Regel im Mai/Juni anlässlich der Schneeschmelze oder bei ausserordentlichen Niederschlägen am Alpennordhang zu beobachten. Die maximalen Schwankungsamplituden betragen dementsprechend nahe am Flusssufer bis zu 3.0 m, zum Talrand hin werden sie allmählich bis auf ca. 1.0 m abgedämpft.

In Bezug auf die Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten ist **der jährlich auftretende Hochwasserstand des Grundwassers** (HW) von Bedeutung, d.h. ein Wasserstand der jährlich mehrmals, bzw. über mehrere Tage eintritt. Demgegenüber kann der Grundwasserhöchststand, der nur bei Spitzenabflüssen im Rhein stattfindet und in der Regel weniger als 1 Tag dauert, ca. 0.5 m höher liegen. Im ganzen Untersuchungsabschnitt liegt der Hochwasserstand des Grundwassers (HW) im Bereich der Talebene zwischen 1.0 und 3.0 m unter OK Terrain. Im Gebiet zwischen dem Rhein und dem Binnendamm ist die Terrainoberfläche durch frühere Ablagerungen des Rheins rund

1 m höher als im übrigen Bereich der Talebene. Dort liegt der Grundwasserspiegel deshalb generell etwas tiefer; bei Grundwasserhochstand beträgt der Flurabstand trotzdem weniger als 3 m.

Die Schuttfächer führen ebenfalls Grundwasser und entwässern meist gegen die Rheinalluvionen. Die Grundwasserspiegel liegen wegen der ansteigenden Topographie relativ tief. So wurden bereits im unteren Teil des Schuttfächers Flurabstände von über 5 m gemessen. Gegen oben dürfte der Flurabstand noch deutlich zunehmen. Der Grundwasserstand wird ausschliesslich von den lokalen Witterungsverhältnissen bestimmt und unterliegt in der Regel grossen Schwankungsamplituden.

5.2.4 Grundwasserfassungen und Quelfassungen

Die Grundwasserfassung des Pumpwerks Neugut (Nr. 8.1.10) liegt im südwestlichen Teil von Vaduz und dient der öffentlichen Trinkwasserversorgung.

Es sind keine Quelfassungen von öffentlichem Interesse im Siedlungsgebiet von Vaduz bekannt.

5.2.5 Grundwasserschutzzonen und -areale

Die Grundwasserschutzzonen des Pumpwerks Neugut erstrecken sich gegen Osten beinahe bis an den Binnenkanal, tangieren das Siedlungsgebiet jedoch nicht.

Ein Grundwasserschutzareal wurde an den Rhein angrenzend im Gebiet Neufeld – Rheinau ausgeschieden. Dieses tangiert knapp den südlichsten Teil der Bauzone beim Sportplatz an der Oberen Rütigasse.

5.3 Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten in der Gemeinde Vaduz

5.3.1 Zusammenfassung der Versickerungsmöglichkeiten

Die **Talebene** ist gekennzeichnet durch meist gute Versickerungsmöglichkeiten. Die sickerfähige Schicht liegt unter einer geringmächtigen Deckschicht und verfügt über eine gute Schluckfähigkeit, welche den Betrieb von grossen Versickerungsanlagen ermöglicht. Eingeschränkt sind die Möglichkeiten allerdings durch einen hochliegenden Grundwasserspiegel, der nur untiefe Anlagen ermöglicht. Zur Versickerung von grösseren Mengen von Meteorwasser kommen in diesen Gebieten daher nur untiefe und somit eher grossflächige Anlagen in Frage.

Gegen den Talhang hin nimmt die Durchlässigkeit und die Schluckfähigkeit der sickerfähigen Schicht ab. Die Versickerungsmöglichkeiten sind daher mässig gut. Dies gilt auch für den Hangfuss der Schuttfächer. In diesen Gebieten ergeben sich ebenfalls Einschränkungen aufgrund des hohen Grundwasserspiegels, sodass vorwiegend untiefe und flächige Versickerungsanlagen in Frage kommen.

In den Siedlungsgebieten **im Hangbereich auf dem Schuttfächer** sind generell mässig gute Versickerungsmöglichkeiten zu erwarten. In diesem Gebiet können lokal und insbesondere in den oberen Zonen des Schuttfächers allerdings auch gute Versickerungsmöglichkeiten angetroffen werden. Die Schluckfähigkeit des Untergrundes hängt stark davon ab, ob in den Bachschutt- und Rüfenablagerungen auch durchlässige, grobkörnige Schichten mit wenig Feinanteil erschlossen werden.

Im **Hangbereich ausserhalb der Schuttfächer** sind die Versickerungsmöglichkeiten im Gebiet unterhalb der Felsstufe des Schlosses Vaduz schlecht. Aufgrund der topografischen Verhältnisse (Hangneigung) und der meist heterogenen Untergrundverhältnisse eignet sich dieses Gebiet in der Regel nur für die flächige Versickerung. Die Felsstufe tangiert das Siedlungsgebiet nur auf einer kleinen Fläche bei Quadrettscha. Dort herrschen sehr schlechte Versickerungsmöglichkeiten.

5.3.2 Erläuterungen zur Einteilung

Die Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten basiert auf einer vierstufigen Einteilung des Gebiets nach der Schluckfähigkeit resp. Sickerleistung des Untergrundes:

- Versickerungsmöglichkeiten gut
- Versickerungsmöglichkeiten mässig gut
- Versickerungsmöglichkeiten schlecht
- Versickerungsmöglichkeiten sehr schlecht

Ausgehend von den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen als Beurteilungsgrundlage (vgl. Kapitel 5.1 und 5.2) wurden die jeweiligen Flächen ausgeschieden und auf der Versickerungskarte mit einer Farbsignatur dargestellt. Die für die Dimensionierung von Versickerungsanlagen relevante Grösse ist die **spezifische Sickerleistung (sS)**, welche die versickerbare Wassermenge pro Zeiteinheit und pro sickeraktiver Fläche als Mass angibt (Einheit: l/min pro m²). Da diese Grösse in den wenigsten Fällen bereits bekannt ist, beruhen die im folgenden angegebenen Werte auf den z.T. aus geologischen Abklärungen bekannten Durchlässigkeitsbeiwerten (k-Wert in m/s).

Einschränkende Bedingungen ergeben sich in der Talebene durch einen hohen Grundwasserspiegel und andererseits durch Massnahmen für den qualitativen Grundwasserschutz. Die von solchen Einschränkungen betroffenen Gebiete sind auf der Versickerungskarte mit entsprechenden Signaturen verzeichnet.

Die Karte der Versickerungsmöglichkeiten sowie nachstehende Ausführungen gelten als generelle Planungsgrundlagen.

Für die Detailprojektierung bzw. für die Dimensionierung von Einzelobjekten, insbesondere von grösseren Versickerungsanlagen, sind weiterführende objektbezogene Untersuchungen wie Baggerschlitz- und Sickersversuche erforderlich.

5.3.3 Versickerungsmöglichkeiten

Versickerungsmöglichkeiten gut

Gebiete mit dieser Bezeichnung weisen folgende Eigenschaften auf:

- Es liegt eine sickerfähige Schicht vor mit einer spezifischen Sickerleistung von mindestens 10 l/min pro m² (entspricht ca. einem k-Wert $\geq 3.0 \cdot 10^{-4}$ m/s);
- die sickerfähige Schicht ist genügend mächtig ausgebildet um das versickerte Wasser aufzunehmen und grossräumig abzuleiten;
- die Mächtigkeit der Deckschicht übersteigt 3-4 m nicht, d.h. die sickerfähige Schicht kann relativ einfach, im offenen Grabenbau erreicht werden.

Zu diesem Gebiet mit guten Versickerungsmöglichkeiten gehört der überwiegende Teil der Talebene zwischen dem Rhein und dem Hangfuss. In diesen Gebieten würde es die Sickerfähigkeit des Untergrundes erlauben, grosse Wassermengen zu versickern. Theoretisch eignet sich das Gebiet für die Errichtung von zentralen Quartier-Versickerungsanlagen. Effektiv ergeben sich aber **Einschränkungen durch den hochliegenden Grundwasserspiegel**, der in der ganzen Talebene die Errichtung von tiefgründigen Anlagen wie Sickerschächten ausschliesst (vgl. Tabelle in Anhang 3). Vorbehalten bei der Auswahl des Anlagentyps sind zudem die Einschränkungen bezüglich des qualitativen Grundwasserschutzes.

Versickerungsmöglichkeiten mässig gut

In Gebieten mit dieser Bezeichnung ist die sickerfähige Schicht meist nur mässig gut durchlässig; zudem ist der Untergrund meist heterogen mit lokalen

Unregelmässigkeiten der Sickerfähigkeit. Die spezifische Sickerleistung liegt im Mittel zwischen etwa 2 und 10 l/min pro m².

Zu diesem Gebiet gehören die Siedlungsgebiete auf den Schuttfächern und randliche Bereiche der Talebene. Die Mächtigkeit der sickerfähigen Schicht ist im Bereich der Schuttfächer meist gross und erlaubt tiefgründige Versickerungsanlagen. In der Talebene kann die Mächtigkeit der sickerfähigen Schicht hingegen nur wenige Meter betragen und es gelten zudem die oben genannten Einschränkungen betreffend hochliegendem Grundwasserspiegel.

Im Normalfall sind in diesen Gebieten fast alle Anlagentypen möglich, insbesondere für die Entwässerung kleiner Flächen (z.B. Einfamilienhäuser). Voraussetzung ist die korrekte Bemessung der Versickerungsanlage und die Berücksichtigung des Grundwasserspiegels (vgl. Tabelle in Anhang 3). Grössere Anlagen sind in diesem Bereich nur nach Abklärung der konkreten lokalen Verhältnisse zu realisieren.

Vorbehalten bei der Auswahl des Anlagentyps sind immer die Einschränkungen bezüglich des qualitativen Grundwasserschutzes.

Versickerungsmöglichkeiten schlecht

In diesen Gebieten in Hanglage ist die sickerfähige Schicht heterogen und oft nur gering durchlässig. Es handelt sich um ein Gebiet mit Gehängeschutt unterhalb der Felsstufe des Schlosses Vaduz. Aufgrund der topografischen Verhältnisse und der meist geringen Mächtigkeit der sickerfähigen Schicht eignet sich dieses Gebiet in der Regel nur für die flächige Versickerung, allenfalls auch für die dezentrale, grossflächige Versickerung mit gleichzeitig erhöhtem Retentionsvolumen (z.B. humusierte Mulden vgl. Tabelle in Anhang 3). Kieskörper und Versickerungsstränge können bei ausreichendem Flurabstand nach Abklärung der lokalen Verhältnisse eventuell auch in Frage kommen (Typ 2 und 3b gemäss Anhang 3).

Versickerungsmöglichkeiten sehr schlecht

Dieser Kategorie wurden Gebiete zugeordnet, die allgemein für Versickerungsanlagen ungeeignet sind, da im Untergrund keine oberflächennahe sickerfähigen Schichten vorhanden sind, resp. da der Fels in geringer Tiefe ansteht. Es kann höchstens die flächige Versickerung geprüft werden (Typ 1a gemäss Anhang 3 und 4), so für direkt auf die Fläche anfallendes Meteorwasser. In der Regel sind eigentliche Versickerungsanlagen nicht sinnvoll.

In Vaduz ist nur eine kleine Fläche des Siedlungsgebietes bei der Felsstufe des Schlosses Vaduz dieser Kategorie zuzuordnen. Auf dieser Fläche sind die Eigentümer von der Pflicht zur Versickerung des gesamten Meteorwassers entbunden. Die Möglichkeiten der direkten, flächigen Versickerung von Mete-

orwasser sollten jedoch genutzt werden, z.B. mittels durchlässig gestalteten Umgebungsflächen.

5.3.4 Einschränkungen der Versickerungsmöglichkeiten

Lage des Grundwasserspiegels

In Gebieten, wo eine Versickerung grundsätzlich möglich ist, kann die Wahl des Anlagentyps eingeschränkt sein durch einen untiefen Grundwasserspiegel (Flurabstand bei Hochwasserstand des Grundwassers weniger als 3 m). Da aus Überlegungen des qualitativen Grundwasserschutzes grundsätzlich die Sohle der Versickerungsanlage mindestens 1 m über dem Hochwasserstand (HW) des Grundwasserspiegels liegen sollte, sind in diesen Gebieten Versickerungsschächte nur selten zulässig und es muss auf untiefe, flächig ausgebildete Versickerungsanlagen ausgewichen werden (vgl. Anhang 3). Liegt der Grundwasserspiegel noch untiefer (Flurabstand weniger als 1.5 m) so kann in den meisten Fällen nur eine äusserst untiefe Versickerungsmulde oder flächige Versickerung realisiert werden.

Diese Einschränkungen mit einem höchsten Grundwasserhochstand von weniger als 3 m unter Terrain betreffen die gesamte Talebene von Vaduz.

Einschränkungen bezüglich des Grundwasserschutzes

In den folgenden Gebieten gelten spezielle Einschränkungen bezüglich der Meteorwasserversickerung (vgl. Kapitel 2.5 und 2.6):

- In den Grundwasserschutzarealen sind Versickerungsanlagen verboten.
- Innerhalb des Gewässerschutzbereiches A_u gemäss Gewässerschutzkarte [7] werden generell höhere Anforderungen an die Qualität des zu versickernden Regenabwassers gestellt. In gewissen Fällen ist deshalb eine Vorbehandlung des Abwassers vorzusehen (vgl. Anhang 2).
- Die Zonen mit Industrie und Gewerbe, bei denen eine erhöhte Belastung des Regenabwassers zu erwarten ist und dementsprechend die Wahl der Versickerungsanlage eingeschränkt ist. Dabei kann das anfallende Regenabwasser gesondert behandelt werden je nach Typ der Flächen (z.B. Dächer, Vorplätze usw.) und der Art der Belastung auf den einzelnen Flächen (Abhängig von der Betriebsart und den Aktivitäten in der unmittelbaren Nachbarschaft).
- In Gebieten oder auf begrenzte Flächen, bei denen Belastungen oder Verunreinigungen des Untergrundes bekannt sind, besteht eine Verschmutzungsgefahr des Grundwassers (z.B. Altlastenflächen, Depo-

nien und Friedhöfe); Versickerungen sind daher nicht zulässig. Für die Beurteilung ist auch der *Verdachtsflächenkataster* zu beachten. Auf den im Kataster verzeichneten, potentiell belasteten Standorten sind vor der Planung der Meteorwasserversickerung weitere Abklärungen über eine mögliche Gefährdung des Grundwassers durch eingeleitetes Meteorwasser nötig.

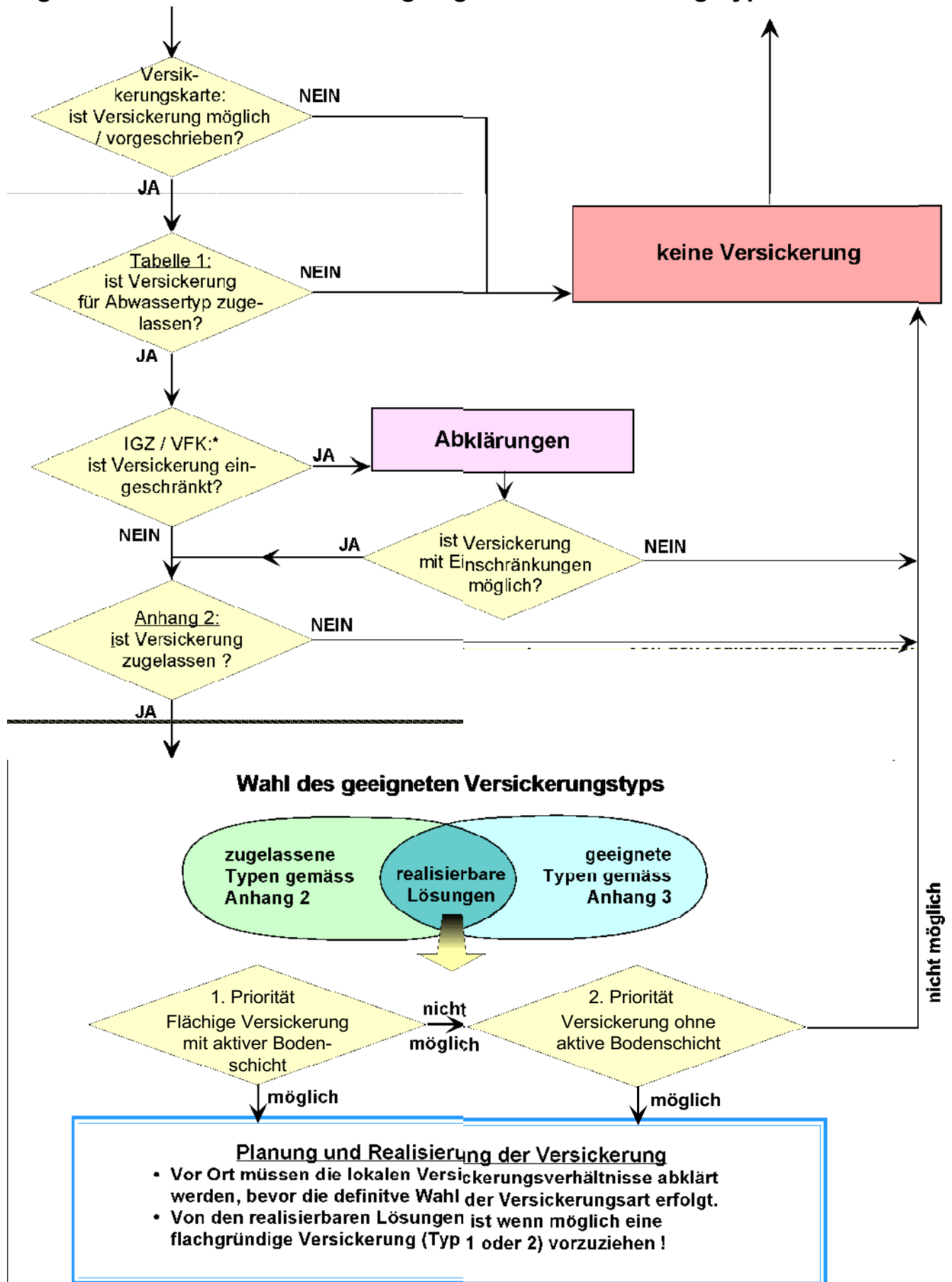
1296-06
6. Juni 2007

Sachbearbeiter:
P. Bissig
R. Bernasconi

Dr. Riccardo Bernasconi
Beratender Geologe und Hydrogeologe

R. Bernasconi

Entscheidungsdiagramm zur Abklärung der Versickerungsmöglichkeiten und zur Wahl des geeigneten Versickerungstyps



* IGZ: Industrie- und Gewerbezone
VFK: Verdachtsflächenkataster / belastete Standorte / Altlasten

Tabellarische Zusammenstellung der Zulässigkeit der Regenwasserversickerung im Fürstentum Liechtenstein

Anhang 2

Gewässer- schutz- bereiche / Zonen S	Art der zu entwässernden Fläche							
	Dachflächen				Platz- und Verkehrsflächen			
	Ziegeldächer, inerte Dach- flächen und Gründächer ¹⁾	Dachflächen mit Metall (falls beschichtete Metaldächer → Belastungsklasse gering)		Dachflächen, auf welchen Reinigungs- arbeiten mit Reinigungs- mitteln durchgeführt werden	private, wenig frequentierte Plätze ³⁾ , Wege und Strassen ⁵⁾ , Lagerplätze ohne Havarierisiko ⁴⁾	Arbeitsflächen, Umschlagplätze ohne Havarie- risiko ⁴⁾ , stark frequentierte Parkplätze, wenig befahrene Verbindungs- strassen ⁵⁾	stark befahrene Verbindungs- strassen, Hauptverkehrs- und Hochleistungs- strassen ⁵⁾	Arbeitsflächen, Umschlag- und Lagerplätze mit Havarierisiko ⁴⁾
		übliche Anteile an unbeschichteten Metallflächen ²⁾	erhöhte Anteile an unbeschichteten Metallflächen ²⁾ A _{Metall} > 50 m ²					
	Belastungsklasse des Regenwassers							
gering	mittel	hoch	Risiko	gering	mittel	hoch	Risiko	
übrige Bereiche üb	B P	B P	B	–	B F P*	B F	B	–
Bereich A _u	B P	B P	T	–	B F	B F*	B	–
Zone S3	B	B	–	–	– ⁶⁾	–	–	–
Zonen S1 und S2, Areale	–	–	–	–	–	–	–	–

Index

- 1) Ziegeldächer und Dachflächen aus anderen inerten Materialien, Gründächer und Kiesklebedächer ohne pestizidhaltige Materialien, Dachterrassen (Flächen mit pestizidhaltigen Materialien dürfen nicht über eine Versickerung entwässert werden).
- 2) Unbeschichtete Metallflächen (Cu-, Zn-, Sn-, Cr-, Ni- oder Pb-haltige Installationen), falls $A_{\text{Metall}} > 20 \text{ m}^2$ wird zum Schutz des Bodens oder der Filterschicht gemäss VSA eine Behandlung mit künstl. Adsorber empfohlen.
- 3) Hauszufahrten, Vorplätze, Terrassen, wenig frequentierte PW-Parkplätze, Geh-, Rad und Flurwege, Erschliessungsstrassen. Kein Einsatz von wassergefährdenden Stoffen (Reinigungsmittel, Autowäsche usw.).
- 4) Havarierisiko = Arbeit / Umschlag / Lagerung mit bzw. von speziell umweltgefährdenden Stoffen.
- 5) Bei Strassen kann die Belastungsklasse des Regenwassers gemäss Wegleitung BUWAL 2002 ermittelt werden.
- 6) Ausnahme: für Geh-, Rad- und Flurwege zulässig.

Erläuterung der Abkürzungen:

	Zulässigkeit der Versickerung	Art der Versickerung / Anlage	Typ
B	Versickerung über eine biologisch aktive Bodenschicht zulässig (Bodenaufbau: Oberboden mind. 20 cm, Unterboden mind. 30 cm). Abstand UK Versickerungsschicht zum jährlichen Grundwasser-Höchststand mind. 1 m.	• Versickerung flächig über die Bodenschicht / "über die Schulter" • Mulden-Rigolen-System • Versickerungsbecken • Retentions-Filterbecken	1a 1b 4
	→ Diese Versickerungsart hat unter Berücksichtigung der Platzverhältnisse immer erste Priorität		
F	Versickerung flächenförmig am Ort des Anfalls über eine durchlässige Fläche zulässig. Abstand UK Versickerungsschicht zum jährlichen Grundwasser-Höchststand mind. 1 m.	• Schotterrassen, Verbund- oder Rasengittersteine, Kiesplatz, Drain-/Sickerasphalt	1a
P	Versickerung punktförmig resp. in unterirdischer Anlage zulässig. Abstand UK Versickerungsschicht zum jährlichen Grundwasser-Höchststand mind. 1 m.	• Kieskörper • Versickerungsschacht • Versickerungsstrang	2 3a 3b
T	Versickerung nur mit vorgeschalteter technischer Massnahme zum Rückhalt der Metalle zulässig (Adsorbersysteme).		
–	Versickerung nicht zulässig		
P* / F*	Zulässig in Ausnahmefällen, Absprache mit AfU erforderlich		

Tabellarische Zusammenstellung der Eignung der Versickerungstypen in Abhängigkeit der hydrogeologischen Verhältnisse

Anhang 3

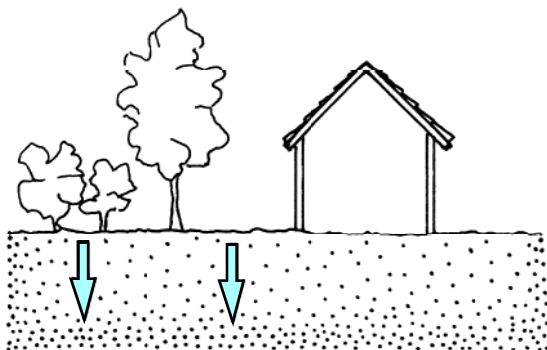
Anlage - Typ (vgl. Anhang 4)									
		1 a	1 b	2	3 a	3 b	4	5	
		B	F	B	-	-	B	-	
Versickerungsmöglichkeiten gemäss Versickerungskarte	Lage GWSP*	flächige Versickerung ("über die Schulter")	flächige Versickerung (z.B. Rasen- gittersteine)	humusierte Mulde	Kieskörper "Kiesfladen"	Versickerungs- schacht	Versickerungs- strang	Retentions- Filterbecken + Versicke- rungsanlage 2a, 3a oder 3b	Schluck- brunnen
	sehr schlecht	+	+	+/- (b2)	-	-	-	-	-
	schlecht	< 1.5 m	+	+	b1, b2	-	-	-	-
		1.5 - 3 m	+	+	b2	b1, b2	-	-	b1, b2
	≥ 3 m	+	+	b2	b2	-	b2	b2	-
mässig gut	< 1.5 m	+	+	b1	-	-	-	-	b2, b3
	1.5 - 3 m	+	+	+	b1	b1, b2	b1, b2	b1	b3
	≥ 3 m	+	+	+	+	b2	b2	b2	b3
gut	< 1.5 m	+	+	b1	-	-	-	-	b2, b3
	1.5 - 3 m	+	+	+	+	b1	b1	b1	b3
	≥ 3 m	+	+	+	+	+	+	+	b3

B Versickerung über aktive Bodenschicht, Typ B gemäss Tabelle der Zulässigkeit
F Versickerung über minimale Bodenschicht, Typ F gemäss Tabelle der Zulässigkeit
 * Grundwasserspiegel bei jährlichem Grundwasser-Höchststand (HW)

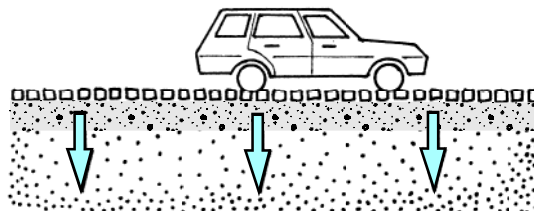
Einschränkungen:

- b1: die bauliche Gestaltung der Versickerungsanlage ist durch die Lage des Grundwasserspiegels stark eingeschränkt
- b2: technische Eignung durch Schluckfähigkeit eingeschränkt; nur in Einzelfällen geeignet, in der Regel überdimensionierte Anlagen erforderlich
- b3: nur für Reinabwasser zulässig

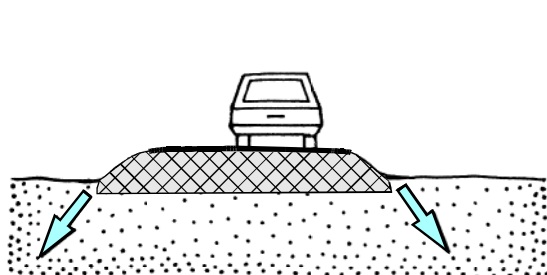
Typ 1a: flächige Versickerung



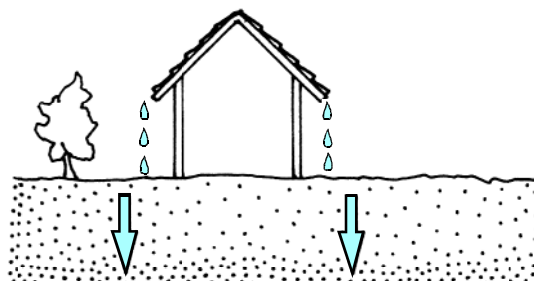
durchlässige Umgebung



durchlässiger Parkplatz

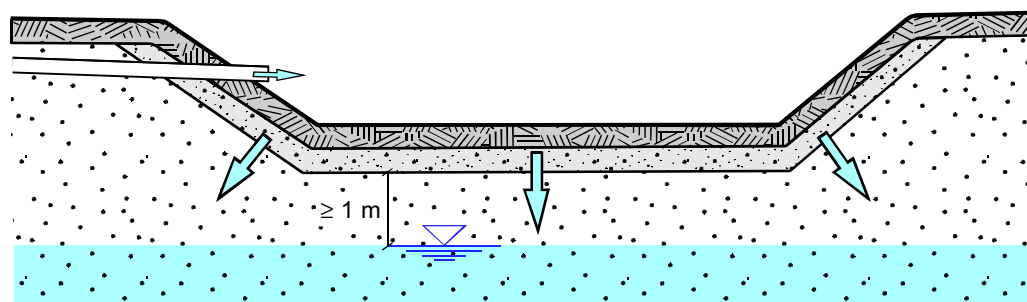


über die Schulter

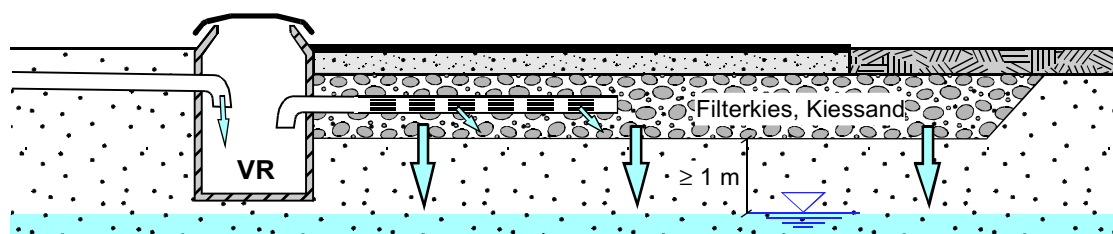


keine Dachrinne oder Speier

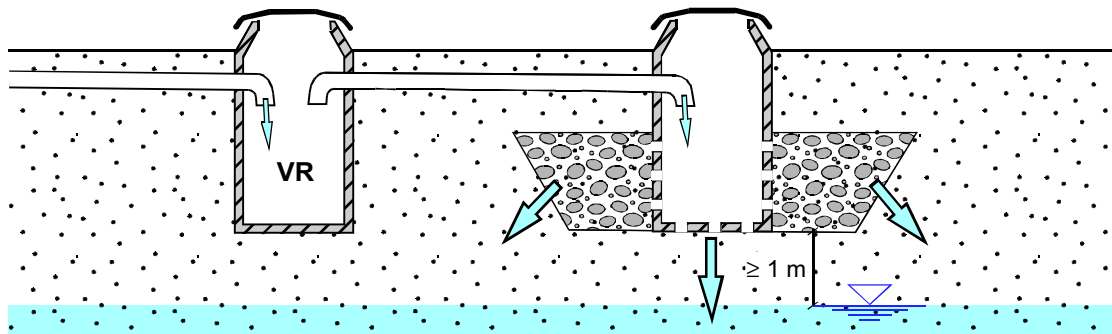
Typ 1b: humusierte Mulde (Versickerungsbecken)



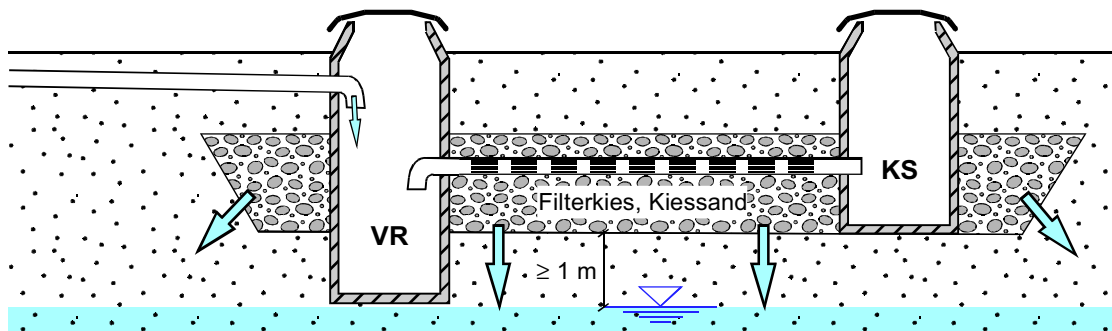
Typ 2: Kieskörper



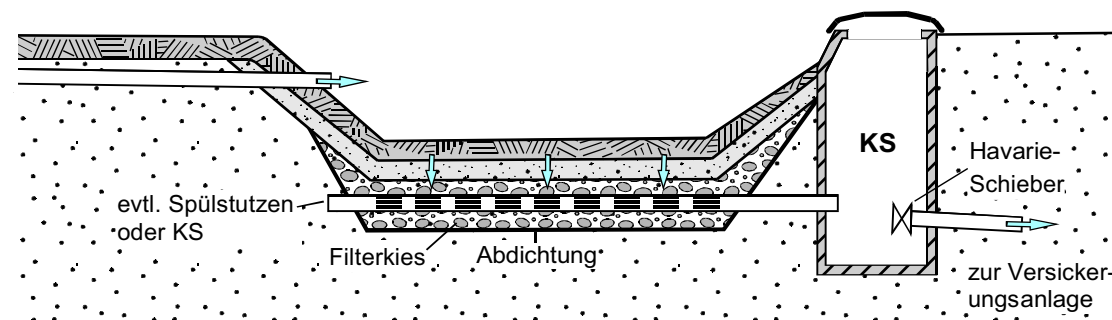
Typ 3a: Versickerungsschacht



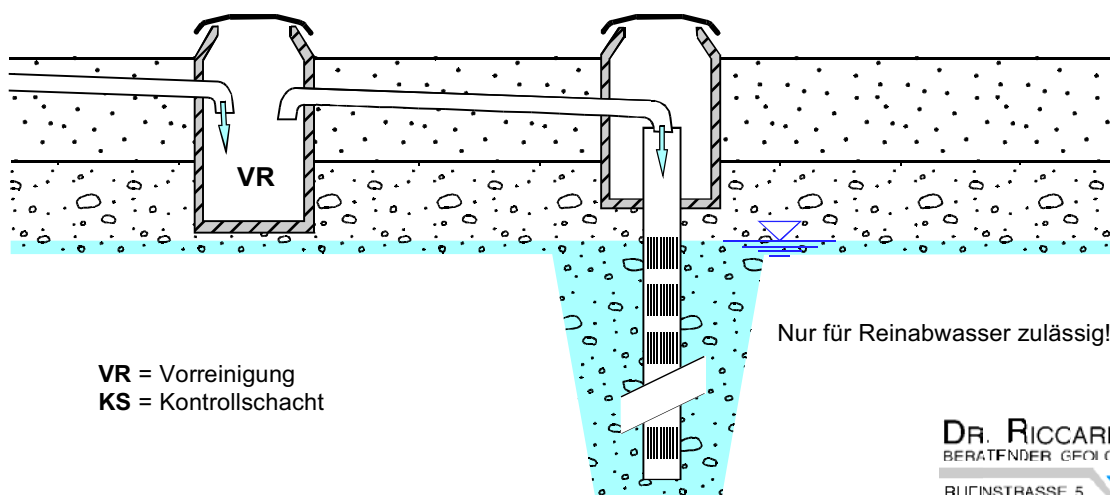
Typ 3b: Versickerungsstrang



Typ 4: Retentions-Filterbecken mit nachgeschalteter Versickerungsanlage



Typ 5: Schluckbrunnen



Eingabeformular

Gesuch zur Versickerung von Regenwasser

Eingang Gesuch

Baugesuch Nr.

A) Allgemeine Angaben

Gemeinde	.....		
Gesuchsteller (Bauherrschaft)	Name	.....	
	Adresse	.....	
	Telefon	.....	
	Fax	.....	E-Mail
Grundeigentümer sofern nicht mit Gesuchsteller identisch	Name	.....	
	Adresse	.....	
Projektverfasser	Name	.....	
	Adresse	.....	
	Telefon	.....	
	Fax	.....	E-Mail
Hydrogeologische Beratung	Name	.....	
	Adresse	.....	
	Telefon	.....	
	Fax	.....	E-Mail
Bauobjekt / Lage	Bauvorhaben	.....	
	Adresse	.....	
	Parzelle	Koordinaten	 /
	Belasteter Standort / Altlastenverdacht	☐ Ja ☐ Nein	Gewässer- schutzbereich ☐ Au ☐ übrige Bereiche ☐ Grundwasser- Schutzzone
	Industrie- u. Gewerbezone	☐ Ja ☐ Nein	

B) Beschreibung Bodenaufschluss

☐ neuer Aufschluss vom
☐ bestehende Informationen

Typ	☐ Sondierschlitz ☐ Bohrung ☐ Baugrube	Tiefe ab OK Terrain
feinkörnige Deckschicht	☐ nicht vorhanden ☐ vorhanden	Mächtigkeit
sickerfähige Schicht	☐ nicht vorhanden ☐ vorhanden	☐ vorw. sandig - kiesiges Material ☐ sandig - kiesig mit feinkörniger Grundmasse ☐ vorw. feinkörniges Material
Grundwasser	☐ nicht angetroffen ☐ angetroffen	Tiefe ab OK Terrain
Sickerfähigkeit	☐ geschätzt ☐ gut ☐ aus Sickerversuch	☐ mässig ☐ schlecht Spez. Sickerleistung l/(min × m ²)

C) Projektbeschreibung

Anlage	Versickerungszone gemäss Versickerungskarte des Zustandsberichtes Versickerung			
Zone	☐ blau (gut)	☐ grün (mässig gut)	☐ gelb (schlecht)	☐ braun (sehr schlecht)
Flurabstand Grundwasser	bei Hochwasserstand	☐ > 3.0 m	☐ 3.0 bis 1.5 m	☐ < 1.5 m
Typenwahl	<i>gemäss Zustandsbericht Versickerung</i>			
	☐ Typ 1a flächige Versickerung	☐ Typ 1b humusierte Mulde		
	☐ Typ 2 Keskörper			
	☐ Typ 3a Versickerungsschacht	☐ Typ 3b Versickerungsstrang		
	☐ Typ 4 Retentions-Filterbecken	☐ Typ 5 Schluckbrunnen		
	☐			
Vorreinigung	☐ Ja			
	☐ Nein	Begründung:		
Notüberlauf	☐ Ja	wohin:		
	☐ Nein			

Überläufe in die Misch- oder Schmutzwasserkanalisation sind verboten

Herkunft des Wassers	Belastungsklasse des Regenwassers <i>gemäss Zustandsbericht Versickerung</i>			
Dachfläche	☐ gering	☐ mittel	☐ hoch	☐ Risiko
Platz- und Verkehrsflächen	☐ gering	☐ mittel	☐ hoch	☐ Risiko

Dimensionierung	Abflusswirksame Fläche	A	.....	m ²
	Abflussbeiwert		.....	—
	Maximale Regenintensität ¹⁾	r	.....	l/(s × m ²)
	Erforderliche Versickerungsleistung	S _{erf}	.....	l/min
	Vorhandene spez. Versickerungsleistung	S _{vor}	.....	l/(min × m ²)
	Vorhandene Versickerungsfläche	A _{vers}	.....	m ²
	Erforderliches Retentionsvolumen		.....	m ³

¹⁾ in Rheintalebene $r_{10} \geq 0.035 \text{ l/s} \times \text{m}^2$ (Höhenabhängigkeit der Regenintensität beachten)

Beilagen

in jedem Fall beizulegen:

- Situation (Katasterkopie 1:500 oder 1:1'000) mit entwässerten Flächen und Standort der Versickerungsanlage
- Entwässerungsplan mit Standort der Versickerungsanlage, Schlamm-sammler, Gefällsverhältnisse

zusätzliche Beilagen

☐ Detailpläne (Grundriss/Schnitte)

☐ Berichte / Berechnungen zur Versickerung

☐ Bohrprofil / Sondierprofil

☐

Bemerkungen

.....

.....

Ort und Datum Unterschrift

Erfassungsformular

Versickerungsverhältnisse

Baugesuch Nr. _____

A) Allgemeine Angaben

Gemeinde	_____		
Bauobjekt / Lage	Objekt	_____	
	Adresse	_____	
	Parzelle	_____	Koordinaten _____ / _____
Aufnahme / Dokumentation	Name	_____	
	Adresse	_____	

B) Beschreibung Bodenaufschluss

☐ Aufschluss vom _____

Typ und Masse	☐ Aushub für Versickerungsanlage	Länge	_____ m
	☐ Sondierschlitz	Breite	_____ m
	☐ Bohrung	Endtiefe ab OK	_____ m
	☐ Baugrube	Terrain	_____ m
feinkörnige Deckschicht	☐ nicht vorhanden	☐ vorhanden	Mächtigkeit _____ m
sickerfähige Schicht	☐ nicht vorhanden	☐ vorhanden	☐ vorw. sandig - kiesiges Material
			☐ sandig - kiesig mit feinkörniger Grundmasse
			☐ vorw. feinkörniges Material
Grundwasser	☐ nicht angetroffen	☐ angetroffen	Tiefe ab OK _____ m
			Terrain _____ m
Sickerfähigkeit	☐ geschätzt	☐ gut	☐ mässig ☐ schlecht
	☐ aus Sickerversuch		
			Spez. Sickerleistung _____ l/(min × m ²)

C) Angaben zur Versickerungsanlage

Anlage	☐ erstellt	
	☐ nicht erstellt	Begründung: _____
Typenwahl	<i>gemäss Zustandbericht Versickerung</i>	
	☐ Typ 1a flächige Versickerung	☐ Typ 1b humusierte Mulde
	☐ Typ 2 Kieskörper	
	☐ Typ 3a Versickerungsschacht	☐ Typ 3b Versickerungsstrang
	☐ Typ 4 Retentions-Filterbecken	☐ Typ 5 Schluckbrunnen
	☐ _____	
Beilagen	☐ Bohrprofil / Sondierprofil	
	☐ Sickerversuchsdaten	
	☐ _____	
Bemerkungen	_____ _____	

Ort und Datum _____ Unterschrift _____