



Amt für Natur und Umwelt

Uffizi per la natura e l'ambient

Ufficio per la natura e l'ambiente



Versickerung und Retention von Regenwasser

Die heutige Philosophie der Siedlungsentwässerung

Ein Leitfaden für Gemeinden, Ingenieure, Architekten und Bauherren

Februar 2000

Impressum

Herausgeber:

Amt für Umwelt Graubünden
Gürtelstrasse 89
7001 Chur
Tel.: 081 257 29 46 Fax: 081 257 21 54
E-Mail: info@afu.gr.ch
Internet: <http://afu.gr.ch>

Projektleitung:

Matthias Hunger, Amt für Umwelt Graubünden

Bearbeitung:

aquawet Peter Kaufmann, Gümligen
Peter Kaufmann
Hans Markus Herren

Fotos:

Matthias Hunger, Amt für Umwelt Graubünden
Baugeologie Chur, Chur
Sieber Cassina + Handke AG, Chur

Zeichnungen:

Peter Kaufmann, aquawet, Gümligen

Druck:

Staudacher AG, Offset-/Digitaldruck, Chur

Inhaltsverzeichnis**Seite**

VORWORT: Neue Philosophie der Siedlungsentwässerung	5
BEGRIFFE UND ABKÜRZUNGEN	7
1 DIE HEUTIGE SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG	10
1.1 Wie war die alte Entwässerungsphilosophie?	10
1.2 Was sagt die heutige Entwässerungsphilosophie?	10
1.3 Wann gilt Abwasser als verschmutzt, wann nicht?	12
2 GESETZLICHE GRUNDLAGEN	14
2.1 Was sagt das Gewässerschutzgesetz zur Siedlungsentwässerung?	14
2.2 Wieso ist der Grundwasserschutz besonders wichtig?	15
3 GRUNDSÄTZLICHES ZU VERSICKERUNG UND RETENTION VON REGENWASSER	17
3.1 Wie kann man Regenwasser versickern lassen?	17
3.2 Warum ist die Retention ein wichtiges Anliegen der heutigen Siedlungsentwässerung?	19
4 NEUE ELEMENTE DER SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG AN HAND VON AUSGEFÜHRTEN BEISPIelen	21
ANHANG A: DIMENSIONIERUNG VON VERSICKERUNGS- UND RETENTIONSANLAGEN	38
ANHANG B: KONSTRUKTIONSGRUNDsätze FÜR VERSICKERUNGS- UND RETENTIONSANLAGEN	52
ANHANG C: UNTERHALT UND WARTUNG	54
ANHANG D: GRUNDLAGEN UND PUBLIKATIONEN	55
ANHANG E: LISTE DER BEISPIELE MIT PROJEKTVERFASSERN	55



Vorwort: Neue Philosophie der Siedlungsentwässerung

„Aufgabe der Ortsentwässerung ist es, sämtliches Abwasser so vollkommen und so schnell als möglich zu sammeln...“ (Hörler 1966). Obiges Zitat illustriert treffend, auf welchen Grundlagen die Siedlungsentwässerung in den 60er-Jahren basierte. Ziel war es damals, das Abwasser in den Siedlungen schnell und vollkommen in der Kanalisation verschwinden zu lassen. Dabei war es unerheblich, ob es sich um verschmutztes oder nicht verschmutztes Wasser handelte. Auch das anfallende Niederschlagswasser sollte also auf möglichst direktem Weg in die Kanalisation gelangen und von dort einer Abwasserreinigungsanlage zugeführt werden.

Allmählich setzte sich in der Siedlungsentwässerung der Gedanke durch, dass mit dem anfallenden Wasser differenziert umzugehen sei. Nicht verschmutztes Abwasser, so wurde immer häufiger gefordert, gehöre nicht in die Kanalisation. Vielmehr solle es an Ort und Stelle versickern können oder, wenn keine andere Möglichkeit besteht, in ein Oberflächen Gewässer eingeleitet werden.

Dies fördert den Wasserkreislauf, ist ökologisch und auch wirtschaftlich. Daher lohnt es sich, nach neuen Lösungen zu suchen. Mit gezieltem Einsatz der verfügbaren finanziellen Mittel lässt sich sowohl für die Umwelt als auch für die Lebensqualität der Bewohner mehr erreichen. Nicht zuletzt unterstützen auch ästhetische Erwägungen den beschriebenen Sinneswandel. Oberflächliche Ableitung und Versickerung von Niederschlagswasser ermöglichen es, die Siedlungsumgebung innovativ und abwechslungsreich zu gestalten.

Schliesslich ist zu erwähnen, dass die Zielsetzungen der neuen Entwässerungsphilosophie inzwischen in Form von Gesetzen und Verordnungen festgeschrieben wurden.

Das Gewässerschutzgesetz vom 24. Januar 1991 verlangt verbindlich, dass verschmutztes Abwasser behandelt werden muss, wogegen das nicht verschmutzte Abwasser versickern oder in ein oberirdisches Gewässer fliessen soll. Die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 setzt im Bereich der Siedlungsentwässerung neue Massstäbe im Sinne des Gesetzes. So verlangt die Verordnung, dass sich die Gewässerbeurteilung nicht nur auf die Wasserqualität, sondern auch auf die Lebensräume erstreckt und eine ganzheitliche Betrachtung erfolgt.

Auch in Lehre und Forschung hat sich der schonende Umgang mit Niederschlagswasser heute weitgehend durchgesetzt. Bei Neubauten wird die Theorie auch immer häufiger umgesetzt. Allerdings müssen dabei noch immer etliche Vorurteile überwunden werden. An Hand einer ganzen Reihe von Beispielen aus der Praxis sollen deshalb Denkanstösse vermittelt werden, wie man Regenwasser versickern lassen, zurückhalten oder ableiten kann. Die Beispiele sollen Architekten, Ingenieure, und Bauherren dazu ermutigen, mit dem Element Wasser bewusster umzugehen. Ebenso wendet sich diese Publikation an die kommunalen und kantonalen Stellen, die bei der Tätigkeit im Bereich Siedlungsentwässerung, Grundwasserschutz und Wasserbau und bei der Erteilung von diesbezüglichen Bewilligungen vermehrt Lösungen entsprechend der neuen Philosophie zu realisieren haben.

Amt für Umwelt Graubünden
Der Vorsteher:
Dr. Peter Baumgartner

Begriffe und Abkürzungen

Abflussbeiwert

Verhältnis des der Kanalisation zufließenden Regenwassers zum Gesamtregenwasser

Abwasser

Das durch häuslichen, industriellen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch veränderte Wasser, ferner das in der Kanalisation stetig damit abfließende Wasser, sowie das von bebauten oder befestigten Flächen abfließende Niederschlagswasser.

Abwasser, nicht verschmutztes

Abwasser, das keine nachteiligen physikalischen, chemischen oder biologischen Veränderungen im Gewässer verursacht, in das es eingeleitet wird.

Abwasser, verschmutztes

Abwasser, welches das Gewässer, in das es gelangt, verunreinigen kann. Es muss in einer Abwasserreinigungsanlage gereinigt werden. Siehe Verunreinigung.

Adsorption

Anreicherung eines Stoffes (Molekül, Atom) aus einer flüssigen oder gasförmigen Phase an der Oberfläche eines Festkörpers, durch molekulare Wechselwirkung bedingt. Die adsorbierte Substanz wird als Adsorptiv, der adsorbierende Körper als Adsorbens oder Adsorber bezeichnet.

Bemessungsregen

Für die Anlagedimensionierung massgebender Parameter. Es können u.a. vereinfachende Annahmen und gemessene Regenserien zur Anwendung kommen.

Blockregen

Modellregen mit konstanter Regenintensität und vorgegebener Regenhäufigkeit.

Deckschicht

Schicht über dem Grundwasservorkommen. Sie kann aus schlecht durchlässigem Bodenmaterial bestehen und damit das Grundwasservorkommen gut vor Verunreinigungen schützen. Andererseits ist die Sickerleistung in dieser Schicht meist sehr gering.

Durchlässigkeitbeiwert, k-Wert

Grösse, welche die Durchlässigkeit eines vom Wasser durchflossenen Lockergesteinskörpers

charakterisiert. Sie hängt von den Eigenschaften des Wassers (Temperatur, Dichte) und jenen des Gesteinskörpers ab.

Exfiltration

Austritt von Grundwasser durch die Bodenoberfläche ins Freie oder in einen Vorfluter

Fremdwasser (Reinabwasser)

Stetig anfallendes nicht verschmutztes Abwasser (Sicker-, Quell-, Brunnen-, Kühl- und Bachwasser). Es darf nicht in die Mischwasserkanalisation und damit nicht in eine ARA eingeleitet werden.

Geotextilien

Vliesstoffe, Gewebe und Verbundstoffe aus synthetischen Fasern, für den Einsatz im Erd-, Grund- und Wasserbau.

Gesättigte Zone

Der Gesteinskörper, dessen Porenraum nicht vollständig mit Wasser gefüllt ist, gilt als ungesättigte Bodenzone. Das versickernde Niederschlagswasser durchströmt diesen und tritt ins Grundwasser über. Der zum Beobachtungszeitpunkt mit (Grund-) Wasser vollständig aufgefüllte Gesteinskörper gilt als gesättigte Bodenzone.

Grundwasser

Unterirdisches Wasser, das die Hohlräume im Boden zusammenhängend ausfüllt, und dessen Bewegung der Schwerkraft unterliegt.

Grundwasserspiegel, max.

Als maximaler Grundwasserspiegel für die Auslegung der Versickerungsanlage ist ein Hochwasserstand mit 5- bis 10-jähriger Wiederkehrperiode (HW_5 bis HW_{10}) anzunehmen. Die minimale Filterstrecke zwischen der Sohle der Anlage und diesem maximalen Grundwasserspiegel beträgt 1 Meter.

Infiltration

Langsames Versickern von Wasser in den Untergrund

Komatierung

Kleine Partikel werden in das Korngerüst des Untergrundes transportiert und dort abgelagert. Dadurch wird der ursprünglich vorhandene Porenraum verringert, die Sickerkapazität des Bodens sinkt.

Lockergestein

Verwitterungsprodukt von Festgesteinen mit einem zusammenhängenden Porenraum.

Mischsystem

Im Mischsystem werden Schmutz- und Regenwasser gemeinsam in einer Mischwasserkanalisation der Abwasserreinigungsanlage zugeleitet.

Mischwasserkanalisation

Für die Bemessung der Mischwasserkanalisation ist der Regenwasseranteil bestimmend, da er ein Vielfaches des Schmutzwassers (Trockenwetterabfluss) ausmacht. Um die Abmessung der Mischwasserkanalisation in einem wirtschaftlich vernünftigen Rahmen zu halten und zur Entlastung der Abwasserreinigungsanlage sind an geeigneten Stellen im Kanalnetz Regenüberläufe anzutragen. Sie entlasten das Kanalnetz, indem sie ab einer bestimmten Regenintensität den Überschuss an stark verdünntem Abwasser kurzfristig einem Vorfluter zuführen. Regenbecken dienen dem Zurückhalten und Absetzen von Feststoffen vor der Einleitung in den Vorfluter.

Niederschlag

Aus der Lufthülle ausgeschiedenes Wasser: Regen, Schnee, Hagel, Nebelniederschlag, Rauhfrost, Tau, Reif.

Perkolation

Strömen von Wasser im ungesättigten Porenraum.

Perkolative Infiltration

Versickern von Oberflächenwasser durch einen ungesättigten Bodenbereich zum Grundwasser.

Poren

Hohlräume im Innern einer Festsubstanz, in welchen Kapillarkräfte wirksam sein können. Poren können isoliert voneinander vorkommen oder miteinander verbunden sein.

Porosität

Verhältnis des Porenvolumens zum Raumvolumen.

Puffervolumen

Das Puffervolumen dient dem Zurückhalten des anfallenden Wassers, welches nicht sofort versickern oder abfliessen kann. Zum Puffer-

volumen einer Versickerungs- oder Retentionsanlage gehören der Einstau der Mulde, die Schächte und der Porenraum von Kiespackungen.

Regenintensitätskurve

Kurve, die aus gemessenen Regendaten erstellt wird. Die pro Zeiteinheit auf einer bestimmten Fläche anfallende Niederschlagsmenge ist die Regenintensität. Dabei können verschiedene Wiederkehrperioden unterschieden werden.

Regenwasserleitung

Regenwasserleitungen nehmen Dach-, Strassen-, Platz- und Sickerwasser auf und leiten es einer Versickerungsanlage oder einem Vorfluter zu.

Fremdwasserleitung

Fremdwasserleitungen dienen dem Ableiten von sauberem Kühl-, Sicker-, Quell-, Brunnenwasser usw. zur Versickerungsanlage oder zum Vorfluter.

Retention

Rückhalt und dosiertes Ableiten von Wasser.

Schlamsammler

Bauwerk innerhalb einer Entwässerungsanlage, in dem sich durch Verringerung der Fliessgeschwindigkeit Schlamm absetzt.

Schmutzwasserleitung

Schmutzwasserleitungen haben die häuslichen, gewerblichen und industriellen Abwässer der Abwasserreinigungsanlage zuzuleiten.

Spitzenabflussbelwert ψ bzw. α

In der Kanalisationstechnik als ψ und in der Norm SN 592'000 „Liegenschaftsentwässerung“ als α bezeichnet, umschreibt dieser Wert das Verhältnis zwischen maximaler Abflussintensität und mittlerer Regenintensität während der Bemessungszeit. Er hängt unter anderem vom Versiegelungsanteil, vom Wasserrückhaltevermögen und von der Versickerungsfähigkeit der Teilstufen ab.

Sickerpaket

Oberste, naturbelassene oder künstlich eingebrachte bzw. bearbeitete Schicht sowie Kiespackungen bei Sickersträngen und Sickerschächten.

Teiltrennsystem

Kombination einer Mischwasserkanalisation für Schmutz- und Regenwasser und einer Kanalisation für nicht verschmutztes Abwasser und Fremdwasser.

Trennsystem

Im Trennsystem werden Schmutz- und Regenwasser in zwei getrennten Kanalisationen abgeleitet.

Untergrund

Der ungestörte Lockergesteinskörper, dessen Durchlässigkeit bei Sickersträngen und -schächten die Versickerungsleistung bestimmt.

Versickerung

Langsames Infiltrieren des Wassers in den Untergrund über den gewachsenen Boden oder mittels Versickerungsanlage.

Versickerung, flächig

Entwässern über Rasengitter und Schotterrasen sowie über die Schulter. Die natürlich vorhandene Filterstrecke des gewachsenen Bodens wird damit voll ausgenutzt.

Versickerung via Humusschicht

Zur Versickerung via belebte Humusschicht (mind. 0.25 m Dicke) gehören Versickerungsbecken, Versickerungsgräben, Rigolen oder Anlagen mit Bodenfilter. Diese Versickerungsart hat eine gute Reinigungswirkung für gelöste und partikuläre Schmutzstoffe im anfallenden Abwasser. Die Sickerleistung von Humus ist generell geringer als diejenige von Lockergestein.

Versickerung In Kies

Zur Versickerung in sickerfähige Kiesschichten gehören Kieskörper, Versickerungsstränge und -schächte. Schadstoffe im anfallenden Wasser werden generell weniger zurückgehalten und kaum abgebaut. Die Vorreinigung ist deshalb häufig nötig. Die Sickerleistung von Anlagen in Lockergestein ist höher als jene in Humus. Die Sickerstrecke zwischen Anlagesohle und maximalem Grundwasserspiegel darf 1 m nicht unterschreiten.

Versickerungsanlage

Anlage zur Infiltration von nicht verschmutztem Abwasser in den Untergrund.

Versickerungsgalerie (Kiesfladen)

Unterirdisch angelegte Galerie aus Kiesmaterial, das die Versickerung von eingeleitatem Wasser erleichtert. Wird vor allem verwendet, wo die oberste Bodenschicht undurchlässig ist oder wo kein Platz für oberirdische Versickerungsanlagen vorhanden ist.

Versickerungswirksame Fläche

Durchlässige Grund- und Seitenflächen einer Versickerungsanlage, über welche das anfallende Wasser versickern kann.

Versiegelungsanteil

Der Versiegelungsanteil ist die Verhältniszahl zwischen den versiegelten, befestigten Flächen und der Grundstücksfläche. Der nicht versiegelte Flächenanteil kann für die Dimensionierung von Abwasseranlagen in der Regel vernachlässigt werden.

Verunreinigung

Nachteilige physikalische, chemische oder biologische Veränderung des Wassers.

Vorfluter

Stehendes oder fliessendes, natürliches oder künstliches Gewässer, aus welchem das Wasser mit natürlichem Gefälle abzufließen vermag.

Vorreinigung

Die Vorreinigung einer Versickerungsanlage kann aus einem Schlammsammler oder einem Filter (Sand-, Bodenfilter) bestehen. Das anfallende Wasser wird dadurch mehr oder weniger gereinigt, was zum Schutz des Grundwassers und für den störungsfreien Betrieb der Anlage wichtig ist.

Wiederkehrperiode

In der angegebenen Periode wird das Ereignis im Mittel einmal eintreffen. Für die Dimensionierung von Abwasseranlagen wird in der Regel eine Wiederkehrperiode von 5 Jahren als Bemessungsgrundlage angenommen.

1 Die heutige Siedlungsentwässerung

1.1 Wie war die alte Entwässerungsphilosophie?

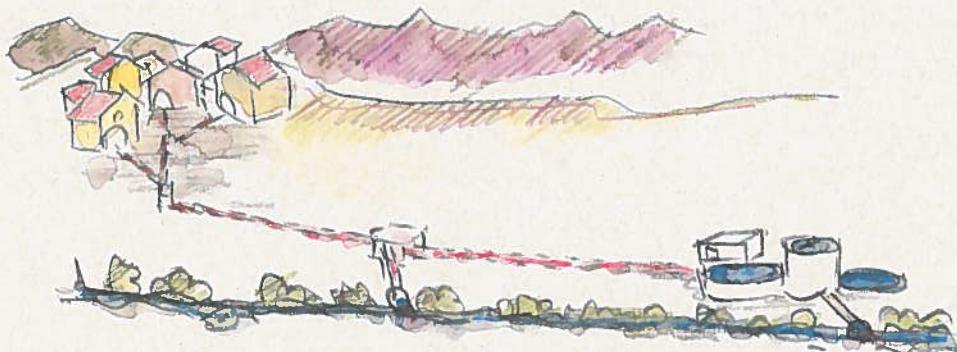
Früher wurde sämtliches häusliches Abwasser, ob verschmutzt oder nicht verschmutzt, möglichst vollständig gesammelt und abgeleitet. Entsprechend der damals vorherrschenden Entwässerungsphilosophie wurde also sowohl das durch Gebrauch veränderte Wasser aus Küche und WC als auch das von befestigten Flächen abfliessende Niederschlagswasser in die Kanalisation geleitet. Dies hatte mit zunehmender Ausdehnung der Siedlungsflächen negative Auswirkungen und führte zu verschiedenen Problemen, wie:

- Kanalisationen und Abwasserreinigungsanlagen waren vielerorts hydraulisch überlastet.
- Der rasche Regenwasserabfluss von den versiegelten Flächen erhöhte die Abfluss spitzen und -volumen in kleineren Fliess gewässern, was oft deren Ausbau erforderte.

- Die Grundwasserneubildung verminderte sich, da nicht verschmutztes Regenwasser abgeleitet statt infiltriert wurde. Dies trug zur Absenkung der Grundwasserspiegel bei.

- Die Einleitung von nicht verschmutztem Abwasser in die Mischwasserkanalisation führte zu häufigeren und längeren Regen wasserentlastungen, was wiederum höhere Gewässerbelastungen nach sich zog, insbesondere bei Regenwetter und während der Schneeschmelze.

- Das nicht verschmutzte Abwasser beeinträchtigte Betrieb und Leistung der Kläranlagen und verursachte dadurch zusätzliche Betriebskosten und erhöhte Gewässer belastungen.



1.2 Was sagt die heutige Entwässerungsphilosophie?

Um die negativen Auswirkungen der Siedlungsentwässerung auf die Umwelt zu verhindern, wurde es unumgänglich, die hergebrachte Entwässerungsphilosophie zu revidieren. Auch der Gesetzgeber nimmt heute eine differenziertere Haltung ein. Kernpunkt einer zeitgemässen Siedlungsentwässerung ist das getrennte Ableiten von verschmutztem und nicht verschmutztem Abwasser. Das verschmutzte

Abwasser soll wie bisher in die Kanalisation gelangen, um die Umwelt und insbesondere das Grundwasser vor den negativen Folgen der Verschmutzung zu schützen. Nicht verschmutztes Abwasser soll dagegen möglichst am Ort seines Auftretens versickern können oder wenn keine andere Möglichkeit besteht direkt in ein Gewässer fliessen.

Diese neue Entwässerungsphilosophie ermöglicht es, die Gewässer als Lebensraum ganzheitlich vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Zu diesen Gewässern gehören nicht nur oberirdische Bäche, Flüsse und Seen, sondern auch das für die Trinkwassernutzung wichtige Grundwasser. Alle Gewässerschutzmassnahmen sind so zu konzipieren, dass die Gewässer optimal geschützt werden. Laut Gewässerschutzverordnung soll dabei nicht nur die Wasserqualität, sondern die Gewässer als Ganzes inklusive der sie umgebende Lebensraum berücksichtigt werden.

Daraus ergeben sich für die Siedlungsentwässerung folgende Ziele:

- Die Entwässerung der Siedlungsgebiete soll möglichst naturnah und gewässerschonend erfolgen. Versiegelte Flächen sollten so klein wie möglich gehalten werden.
- Fassung und Ableitung von Niederschlagswasser und Fremdwasser ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Für dieses Wasser ist die Versickerung an Ort adäquat. Abzuleiten ist hingegen dasjenige Abwasser, das im Einzugsgebiet ohne Gefährdung des Grund-

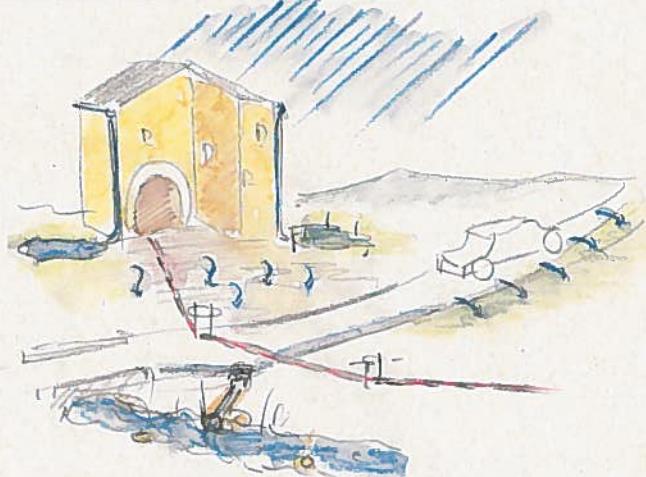
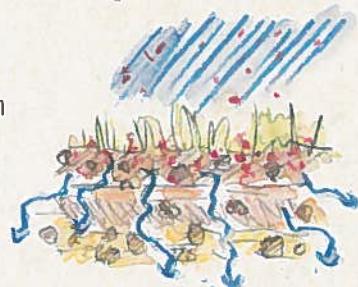
- wassers nicht versickern kann.
- Retentionsmöglichkeiten sollen genutzt werden, um die Abflussspitzen zu verringern und die Abflussgeschwindigkeit zu verlangsamen.

Um die genannten Ziele zu erreichen, stehen der Siedlungsentwässerung zwei Massnahmen zur Verfügung:

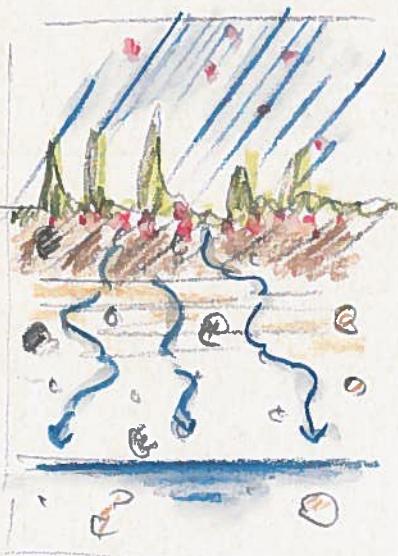
Versickerung und Retention.

Unter **Versickerung** verstehen wir ein langsames Infiltrieren des Wassers in den Untergrund. Dem Boden kommt dabei die Filterfunktion zu.

Die **Retention** bezeichnet den Rückhalt des Niederschlagswassers und dessen dosiertes Ableiten. Die gebrochenen Abflussspitzen und das verlangsame Abfließen ermöglichen es, die Kanalisation und die Gewässer zu schonen.



1.3 Wann gilt Abwasser als verschmutzt, wann nicht?



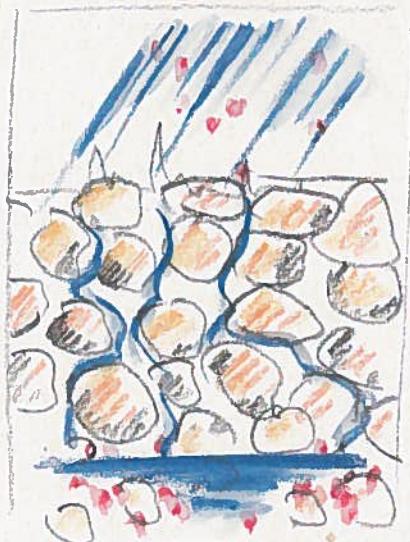
Das Abwasser gilt als nicht verschmutzt:

- > gute Filtration durch die Humusschicht
- > keine Verunreinigung des Grundwassers

Aus der Sicht des Gewässerschutzes lassen sich die folgenden Abwasserarten unterscheiden:

- Abwasser ist das durch häuslichen, industriellen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch veränderte Wasser, ferner das in der Kanalisation stetig damit abfließende Wasser sowie das von bebauten oder befestigten Flächen abfließende Niederschlagswasser (Artikel 4e GSchG).
- Verschmutztes Abwasser ist Wasser, das ein Gewässer, in das es gelangt, verunreinigen kann (Artikel 4f GSchG).
- Nicht verschmutzt ist jenes Abwasser, das keine nachteiligen physikalischen, chemischen oder biologischen Veränderungen im Gewässer verursacht, in das es eingeleitet wird.

Die Betrachtung erfolgt also aus der Sicht des Gewässers, in das das Abwasser eingeleitet wird. Nicht die Wasserqualität vor dem Einleiten ist entscheidend, sondern diejenige nach der Ankunft im Gewässer. Die gleiche Menge Schadstoffe verursacht nämlich in einem grossen Fluss nicht dieselbe Wirkung wie in einem kleinen Bach.



Das Abwasser gilt als verschmutzt:

- > ungenügende Bodenfiltration
- > Verunreinigung des Grundwassers

Fremdwasser (Reinabwasser) ist stetig anfallendes, nicht verschmutztes Abwasser wie Bachwasser, Drainage- und Sickerwasser, Überlaufwasser von Brunnen, unbehandeltes Rücklaufwasser aus Kühlanlagen und durch undichte Kanäle eindringendes Grundwasser. Das Überlaufwasser von Brunnen, Leerlaufwasser bei Reservoirs (Reinigungen) oder Bachwasser kann zeitweise leicht belastet sein. Rücklaufwasser von Kälte- oder Wärmeanlagen ist dagegen thermisch verändert.

Fremdwasser darf weder direkt noch indirekt einer ARA zugeleitet werden. Es soll versickern, oder in ein Oberflächengewässer fließen.

Niederschlagswasser (Meteörwasser, Schneeschmelzwasser) von Dachflächen, Strassen und Plätzen hat einen Verschmutzungsgrad, der im wesentlichen von der Art und Lage der entwässerten Fläche abhängt. Kommt es von wenig befahrenen Flächen wie Quartierzufahrten und Parkplätzen bei Wohnbauten, ist es in der Regel wenig belastet und kann dem nicht verschmutzten Abwasser zugeordnet werden.

Dachwasser sowie Regenwasser von nicht oder wenig befahrenen Quartier- und Nebenstrassen ist in der Regel gleich zu behandeln wie Fremdwasser. Es soll versickern (oder in ein Gewässer fließen).

Platzwasser von Zufahrten und Parkplätzen sowie von Umschlagplätzen von Industrie- und Gewerbegebäuden kann je nach Situation stark belastet sein (Störfälle). Es stellt somit unter Umständen ein hohes Gefährdungspotential dar für das Gewässer, in das es fliesst. Generell gilt, dass für die Versickerung dieses Wassers ein genügendes Retentionsvolumen zu schaffen ist. Für die Dimensionierung von Versickerungsanlagen sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen:

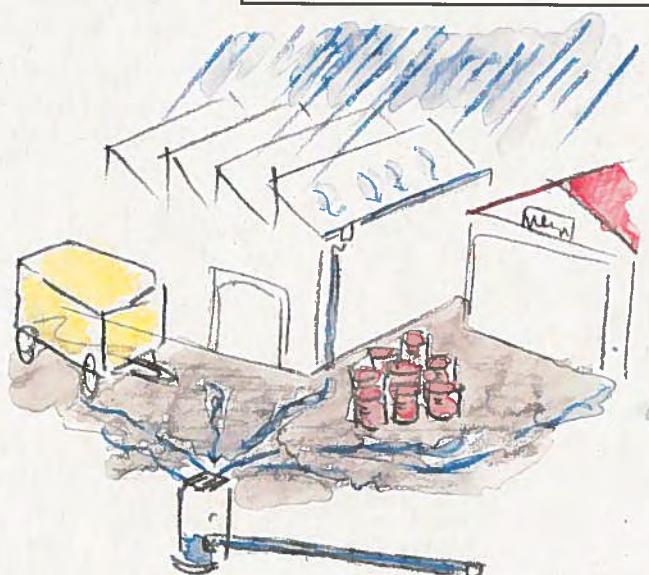
- Beschaffenheit des Untergrundes (Durchlässigkeit, Schadstoffadsorptionsvermögen u.a.)
- Schadstoffpotential (Qualität und Quantität)
- Aufbau des Straßenoberbaus (Belagsart)
- Abflussmengen
- Grundwasserspiegel

Störfälle werden heute vor dem Hintergrund ihrer geringen Eintretenswahrscheinlichkeit beurteilt. Spezielle Massnahmen sind deshalb nur in Gebieten mit hohem Schadenpotential nötig. So muss das Straßenwasser vor dem Versickern zum Beispiel in einem Retentionsfilterbecken behandelt werden, wenn dies die ungenügende Rückhaltewirkung des Untergrundes bei Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen nötig macht.



Das Regenwasser soll direkt am Ort des Anfalls versickern

Platzwasser von stark befahrenen Flächen sowie von Umschlagplätzen ist je nach den Anforderungen des Grundwasserschutzes und je nach zulässigem Versickerungstyp der Versickerung oder dem Kanal für verschmutztes Abwasser zuzuführen. Platzwasser von Flächen mit Umschlagwassergefährdender Stoffe und von Autowaschplätzen bei Wohnhäusern ist verschmutzt und muss der ARA zugeführt werden.



Regenwasser von Umschlagplätzen ist in die Kanalisation einzuleiten

2 Gesetzliche Grundlagen

2.1 Was sagt das Gewässerschutzgesetz zur Siedlungsentwässerung?

Laut dem Gewässerschutzgesetz (GSchG) sollen die Gewässer nicht nur vor Verunreinigungen geschützt, sondern zudem vor jeglichen nachteiligen Einwirkungen verschont werden. Ihre Funktion als Landschaftselement und natürlicher Lebensraum für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt soll erhalten und aufgewertet werden. Weitere Ziele im Sinne eines umfassenden Gewässerschutzes sind die haushälterische Nutzung von Trink- und Brauchwasser sowie die Sicherung der natürlichen Funktion des Wasserkreislaufes.

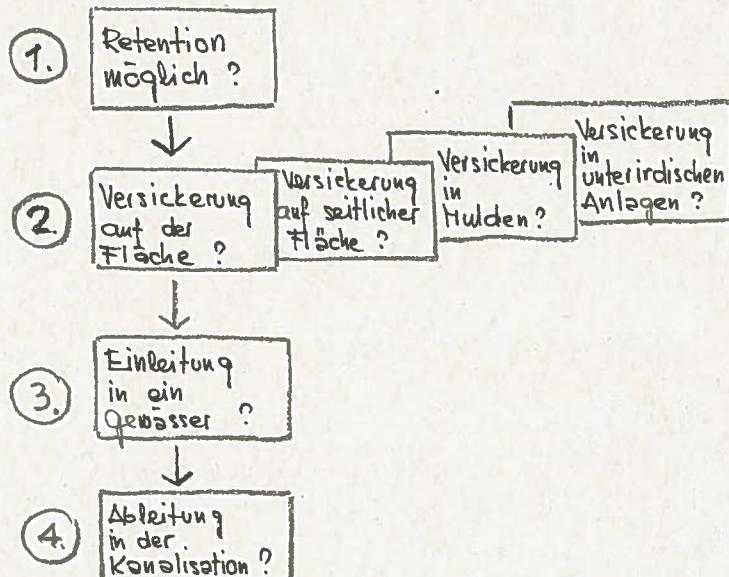
Dieses Ziel soll unter anderem mit dem Artikel 7 Abs. 2 des GSchG erreicht werden:

Wie bei der Erläuterung der neuen Entwässerungsphilosophie treffen wir auch hier, bei der gesetzlichen Festlegung dieses

Gedankens, wieder auf die wichtige Unterscheidung von verschmutztem und nicht verschmutztem Abwasser. Die Gewässerschutzverordnung beurteilt diese Abgrenzung aus der Sicht des Zielgewässers. Kann das Abwasser dieses verunreinigen, gilt es als verschmutzt. Bei der Versickerung von Abwasser kann es zu Schadstoffanreicherungen im Boden kommen. Böden, die zu einer für die Versickerung bestimmten Anlage gehören, sind durch die Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) vom 9.Juni 1986 nicht betroffen. Ist die Reinigungsleistung des Bodens ungenügend, gilt das Wasser als verschmutzt und kommt für die Versickerung folglich nicht in Frage.

Gewässerschutzgesetz Art. 7, Abs. 2

"Nicht verschmutztes Abwasser ist nach den Anordnungen der kantonalen Behörde versickern zu lassen. Erlauben die örtlichen Verhältnisse dies nicht, so kann es mit Bewilligung der kantonalen Behörde in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet werden. Dabei sind nach Möglichkeit Rückhaltemassnahmen zu treffen, damit das Wasser bei grossem Anfall gleichmässig abfliessen kann."



Gewässerschutzverordnung Art. 8 : Versickerung

- Das Versickernlassen von verschmutztem Abwasser ist verboten.
- Die Behörde kann das Versickernlassen von kommunalem Abwasser oder von anderem verschmutztem Abwasser vergleichbarer Zusammensetzung bewilligen, wenn:
 - das Abwasser behandelt worden ist und die Anforderungen an die Einleitung in Gewässer erfüllt;
 - beim betroffenen Grundwasser die Anforderungen an die Wasserqualität nach Anhang 2 nach der Versickerung des Abwassers eingehalten werden;
 - die Versickerung in einer dafür bestimmten Anlage erfolgt, die Richtwerte der VBBo auch langfristig nicht überschritten werden oder beim Fehlen von Richtwerten die Bodenfruchtbarkeit auch langfristig gewährleistet ist; und
 - die Anforderungen eingehalten sind, die für den Betrieb von Abwasseranlagen, die Abwasser in ein Gewässer einleiten, gelten (Art. 13-17).

Die getrennte Ableitung von verschmutztem und nicht verschmutztem Abwasser ist, wie der Verordnungstext deutlich vor Augen führt, eine grundlegende Voraussetzung für die Umsetzung des Gesetzes. Natürlich beschränken sich die gesetzlichen Bestimmungen zur Entwässerung nicht auf den Siedlungsraum. Versickerung und Retention sind bei Entwässerungsfragen generell miteinzubeziehen. Im ländlichen Raum sollte man beispielsweise die Funktion von natürlichen Wasserrückhalteräumen (Geländemulden, Nassstandorte, Überflutungszonen) erhalten.

Gewässerschutzverordnung: Abgrenzung zwischen verschmutztem und nicht verschmutztem Abwasser

Absatz 1

„Die Behörde beurteilt, ob Abwasser bei der Einleitung in ein Gewässer oder bei der Versickerung als verschmutzt oder nicht verschmutzt gilt, auf Grund:

- a. der Art, der Menge, der Eigenschaften und des zeitlichen Anfalls der Stoffe, die im Abwasser enthalten sind und Gewässer verunreinigen können;*
- b. des Zustandes des Gewässers, in welches das Abwasser gelangt.“*

Absatz 2

„Bei der Versickerung von Abwasser berücksichtigt sie ausserdem, ob:

- a. das Abwasser wegen der bestehenden Belastung des Bodens oder des nicht wassergesättigten Untergrundes verunreinigt werden kann;*
- b. das Abwasser im Boden oder im nicht wassergesättigten Untergrund ausreichend gereinigt wird;*
- c. die Richtwerte der Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo) langfristig eingehalten werden können, ausgenommen bei der Versickerung in einer dafür bestimmten Anlage oder an Verkehrswegen im Bereich der Böschungen und der Grünstreifen.“*

Absatz 3

“Von bebauten und befestigten Flächen abfliessendes Niederschlagswasser gilt in der Regel als nicht verschmutztes Abwasser, wenn es:

- a. von Dachflächen stammt;*
- b. von Strassen, Wegen und Plätzen stammt, auf denen keine erheblichen Mengen von Stoffen, die Gewässer verunreinigen können, umgeschlagen, verarbeitet und gelagert werden, und wenn es bei der Versickerung im Boden oder im nicht wassergesättigten Untergrund ausreichend gereinigt wird; bei der Beurteilung, ob Stoffmengen erheblich sind, muss das Risiko von Unfällen berücksichtigt werden.*

2.2 Wieso Ist der Grundwasserschutz besonders wichtig?

Die Zulässigkeit der Versickerung von Regenwasser und die Art, wie das Wasser zur Versickerung gebracht werden darf, richten sich in erster Linie nach Kriterien des qualitativen Grundwasserschutzes. Das Versickern lassen darf also zu keiner Grundwasserverschmutzung führen. An die Beurteilung des für die Versickerung zulässigen Abwassers sind hohe Anforderungen zu stellen, da die für die Trinkwasserversorgung genutzten Grundwasservorkommen einen besonders hohen Schutzgrad geniessen. Für das zur Versickerung zugelassene nicht

verschmutzte Abwasser sind daher die folgenden Grundsätze zu beachten:

- Die Qualität des Abwassers ist zu beurteilen, und das Risiko einer Verschmutzung in Störfällen ist abzuschätzen.
- Erhöhte Risiken erfordern erhöhte Schutzmassnahmen zur Verhinderung von Grundwasserverschmutzungen; allenfalls ist auf eine Versickerung zu verzichten.
- Die Qualität des genutzten oder zur Nutzung vorgesehenen Grundwassers darf durch die

- Versickerung von Regenwasser auf keinen Fall verschlechtert werden.
- Durch die Versickerung von Regenwasser dürfen Grundwasservorkommen, mit diesen in Verbindung stehende Gewässer sowie die betroffene Fauna und Flora nicht beeinträchtigt werden.

Die Art der Versickerung kann die qualitative Beeinträchtigung des Grundwassers einschränken oder gar verhindern. Massgebend sind dafür die Grundsätze für die Entwässerung von Grundstücken aus der Schweizer Norm SN 592'000 (VSA/SSIV: Planung und Erstellung von Anlagen für die Liegenschaftsentwässerung, 1990).

Abwasser	Trennsystem			Mischsystem		
(Terminologie gemäss Norm SNV 052030)	Schmutz-abwasser-kanal	Regen-abwasser-kanal	Versik-kerung	Misch-abwasser-kanal	Rein-abwasser leitung	Versik-kerung
Schmutzabwasser: Haushaltungen, Gewerbe, Industrie	XX	0	0	XX	0	0
Regenwasser: - Dächer - Zufahrten, Wege, Parkplätze - Umschlagplätze u. Arbeitsflächen 2)	0 0 5)	(X) (X) 5)	X 3) X 4) 5)	(X) (X) 5)	0 1) 0 1) 5)	X 3) X 4) 5)
Reinabwasser: - Brunnen- und Sickerwasser - Grund- und Quellwasser - Kühlabwasser	0 0 0	(X) (X) (X)	X X X	0 1) 0 0 1)	(X) (X) (X)	X X X

Quelle: Schweizer Norm SN 592'000

Legende:

- XX Anschluss obligatorisch
- X anzustrebende Lösung
- (X) nur gestattet, wenn die Versickerung aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse, der Verschmutzung des Abwassers, der Havarierisiken etc. nicht möglich ist
- 0 nicht gestattet
- 1) nur für kleine Wassermengen mit besonderer Bewilligung gestattet
- 2) betr. wassergefährdende Flüssigkeiten vgl. „Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten“
- 3) wenn möglich oberflächliches Versickernlassen, ansonsten Versickerungsanlage
- 4) oberflächliches Versickernlassen
- 5) Entwässerungskonzept nach Ziffer 3.3.7 der Norm SN 592'000

3 Grundsätzliches zu Versickerung und Retention von Regenwasser

3.1 Wie kann man Regenwasser versickern lassen?

Das schwach belastete Niederschlagswasser soll möglichst **dezentral** versickert werden. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Versickerungsarten:

Erstens die oberflächliche Versickerung auf durchlässigen Flächen und in humusierten Geländemulden.

Und zweitens die konzentrierte Versickerung in Versickerungsbauwerken wie Sickerschächten und Galerien.

Das Versickernlassen von Niederschlagswasser erlaubt es, gleichzeitig verschiedene, wichtige Ziele der Siedlungsentwässerung zu erreichen: Langfristig lässt sich mit vermehrtem Versickernlassen der Grundwasserspiegel erhöhen oder zumindest halten. Kanalisation und ARA können hydraulisch entlastet werden. Gewässerverschmutzung durch Mischwasserüberläufe und Hochwasserabflüsse können weitgehend vermieden werden, wenn nur verschmutztes Abwasser in die Kanalisation gelangt. Und nicht zuletzt fördert die Versickerung kleine, naturnahe Wasserkreisläufe und trägt somit zur Erhaltung von ober- und unterirdischen Gewässern als Lebensgrundlage für die einheimische Fauna und Flora bei.

wurzelten Humusschicht ausnützen kann. Das Regenwasser braucht gar nicht erst gefasst und in eine Anlage geführt zu werden. Es soll direkt am Ort des Anfalls über durchlässige Flächen infiltrieren. Eine ganze Reihe von Methoden erlauben ein derartiges, ideales Versickern: Humusierte Versickerungsmulden, durchlässige Plätze mit Verbund- oder Rasengittersteinen, Schotterrasen sowie die Versickerung von Strassenabwasser über die Schulter im angrenzenden Wiesland. Das Versickern in Bauwerken wie Sickerschächten oder Galerien ist nur ins Auge zu fassen, wo andere Lösungen wegen Platzmangels ausgeschlossen sind. Der Nachteil ist dabei, dass die reinigende Humusschicht umgangen wird.

Sind sowohl breitflächiges Versickern über die Humusschicht als auch Versickern in Bauwerken unmöglich, ist die Ableitung ins Auge zu fassen: In erster Priorität erfolgt diese in natürliche Gewässer. Erst wenn alle erwähnten Lösungen versagen, kann das Niederschlagswasser in die Kanalisation geleitet werden. Was früher die konventionelle Lösung war, muss heute als letzte Möglichkeit betrachtet werden. Im folgenden werden 5 typische Versickerungsarten mit ihren Vor- und Nachteilen präsentiert:

Versickerung über die Fläche

Plätze und Wege können die Versickerung über die Fläche ermöglichen, und zwar mittels geeigneter Wahl des Befestigungsmaterials: Verbundsteine, durchlässiger Asphalt, Rasengittersteine, Kies und Schotterrasen ermöglichen allesamt ein Versickern über die Fläche. Hauptvorteil ist das Vermeiden von Leitungen und Schächten, was nebenbei auch Kosten sparen hilft. Ein weiterer positiver Punkt ist die Breitflächigkeit der Versickerung. Ein Nachteil ist gegebenenfalls, dass bei Schneeschmelze und gefrorem Boden die Versickerungskapazität reduziert wird.

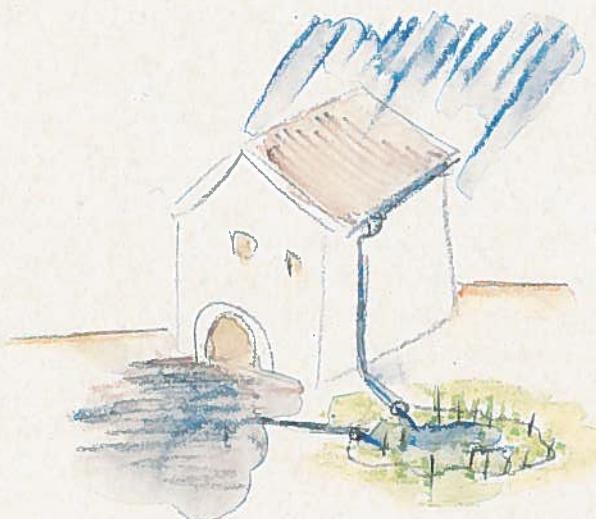


Wenn immer möglich, sollte das Niederschlagswasser flächenhaft über die belebte Bodenschicht versickern, da man so die Reinigungs- und Retentionswirkung der durch-



Entwässerung über die Schulter

Die Entwässerung über die Schulter wird vor allem bei Straßen und Wegen verwendet. Dabei fliesst das Wasser über den Straßenrand ins Grünland und versickert dort. Hauptvorteil ist auch hier, dass Kanalisationsbauwerke vermieden werden können. Breitflächiges Versickern und geringe Kosten sind hier ebenfalls positiv zu vermerken. Allerdings ist die Voraussetzung für diese Lösung, dass unbebautes Land zur Verfügung steht.

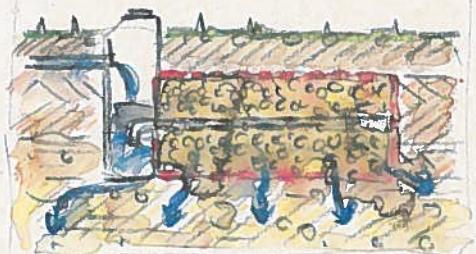


Versickern in Mulden

Das Versickern in Mulden kann in völlig verschiedenen Situationen die ideale Lösung sein: Platzwasser wie Dachwasser kann so entsorgt werden. Wenn möglich sollte die Mulde humusiert sein, da sie so die beste Reinigungsleistung hat. Ein gewichtiger Vorteil dieser Lösung ist, dass das Wasser in der Mulde nicht nur versickert, sondern auch zurückgehalten wird (Retention). Mit Mulden kann man Randflächen ideal nutzen und das Gelände ansprechend gestalten. Positiv ist auch, dass der Zutritt jederzeit gewährleistet ist. Hingegen kann im Winter bei gefrorenem Untergrund die Sickerkapazität sinken.

Versickern in Galerien

Für das Versickern in Versickerungsgalerien wird das Wasser gefasst, abgeleitet und versickert anschliessend in einer unterirdischen Kiesschicht. Hauptvorteil ist dabei, dass derartige Anlagen auch im Winter einwandfrei funktionieren. Positiv schlägt auch zu Buche, dass wegen der unterirdischen Anlage kein Platz verloren geht, d.h. die Oberfläche kann anderweitig genutzt werden. Hauptnachteil ist, dass die Humusschicht fehlt, die Reinigungsleistung des Untergrundes also teilweise entfällt.



Sickerschächte

Sickerschächte führen ebenfalls zum Ziel, wenn wenig Platz vorhanden ist. Insbesondere auf Böden, deren oberste Schicht wenig durchlässig ist, bieten sich Sickerschächte geradezu als Lösung an. Im Winter treten sicher keine zusätzlichen Probleme auf, und positiv ist auch, dass derartige Bauwerke im allgemeinen gut akzeptiert werden. Allerdings fehlt dem Wasser auf seinem Sickerweg die reinigende Humusschicht, was bei hoch liegendem Grundwasserspiegel die Verwendung von Sickerschächten verunmöglicht. Ein weiteres Problem ist, dass das Bauwerk, wenn es einmal erstellt ist, kaum mehr zugänglich ist.



3.2 Warum ist die Retention ein wichtiges Anliegen der heutigen Siedlungsentwässerung?

Die Retention von Regenwasser hat zum Ziel, die Abflussspitzen in den Kanalisationen und im Vorfluter durch gezielten und kontrollierten Regenwasserrückhalt zu dämpfen. Laut Gewässerschutzgesetz sind überall dort Retentionsmaßnahmen zu ergreifen, wo bei ausserordentlichen Regenereignissen Abflussprobleme entstünden. Bei den Versickerungsanlagen ist in vielen Fällen ein genügendes Retentionsvolumen unerlässlich, damit das zufliessende Niederschlagswasser vollständig versickern kann. Niederschlagswasser-Retention ist also ein Instrument, das in der Siedlungsentwässerung alle Versickerungs- und Ableitungsarten begleiten soll.

Die Analyse von Gewitterregen zeigt, dass die maximalen Abflussspitzen nur während einer relativ kurzen Zeit auftreten. Genau für diese Abflussspitzen müssen aber die Kanalsbauwerke dimensioniert werden. Gelingt es mit geeigneten Massnahmen, die Abflussspitze zu senken, müssen die Kanalisationen weniger rasch vergrössert werden. Zudem kann man so die Sicherheit gegen Überschwemmungen erhöhen sowie die Hochwasserabflüsse in den Gewässern senken. Bei Starkregen entlasten nämlich die Regenüberläufe des Mischsystems, wodurch ein Gemisch von Regen- und Schmutzwasser in die Gewässer gelangt. Gelingt es, durch geeignete Retentionsmassnahmen die Regenwasserabflüsse zu verlangsamen, entlasten die Regenüberläufe im allgemeinen weniger häufig, und die Gewässerbelastung reduziert sich.

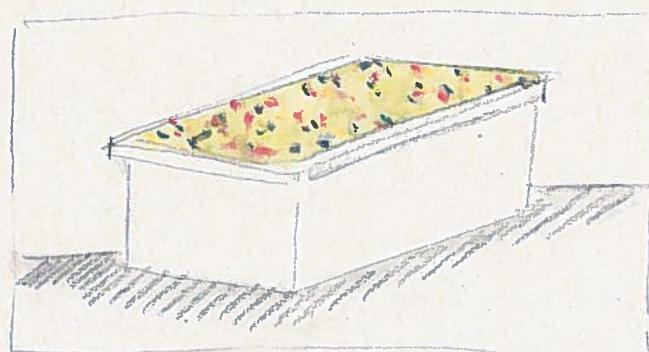
Auch bei der regulären Einleitung von Niederschlagswasser in oberirdische Gewässer ist die Retention sehr sinnvoll. Das Gewässer, in das das Abwasser fliesst, steht dabei im Zentrum der Aufmerksamkeit. Die Gewässerschutzverordnung hält dazu klar fest, dass nicht nur die Qualität des Abwassers darüber entscheidet, ob dieses verschmutzt ist oder nicht. Auch der Zustand des Gewässers, in welches das

Abwasser gelangt, wird explizit berücksichtigt. Der zeitliche Anfall von Schmutzstoffen ist dabei ein zentraler Punkt: Zu Beginn der Abflüsse von Gewitterregen muss man als Folge der Abschwemmung akkumulierter Stoffe mit starken Schmutzstoffstößen rechnen. Grössere Entwässerungsanlagen, die an kleine Oberflächengewässer angeschlossen sind, bringen bei Starkregen oft hydraulische Stoßbelastungen, Erosion, Geschiebetrieb und ungünstige Bedingungen für aquatische Lebewesen mit sich. In solchen Situationen ist die Dämpfung des Abflusses von grosser Bedeutung.

Im folgenden wollen wir 4 typische Retentionsarten mit ihren Vor- und Nachteilen vorstellen:

Extensiv begrünte Flachdächer

Extensiv begrünte Flachdächer mit ca. 10 cm Substrat ermöglichen es, den Abfluss des Niederschlagswassers massiv zu dämpfen. Zudem haben sie eine positive Isolationswirkung, schützen die Abdichtungsfolien und sehen dank Bepflanzung schöner aus. Hauptnachteile sind der erforderliche Unterhalt und die Erstellungskosten.



Parkplätze

Parkplätze können so gebaut werden, dass sich das Niederschlagswasser kurzfristig aufstauen kann. Der Abfluss erfolgt dann gedrosselt und mit niedrigerer Spitze. Dabei muss der Komfort der Benutzer keineswegs leiden, da das Wasser in der Regel nicht bis zur Vordertüre reichen sollte.



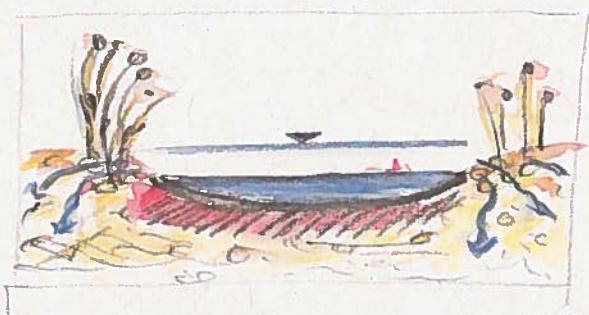
Geländemulden und offene Becken

Geländemulden und offene Becken können sehr vielseitige Verwendung finden. Sie sind meist günstig zu erstellen und haben eine grosse Retentionswirkung. Im Normalfall sind sie trocken und somit für die Bewohner zugänglich.



Weiher und Biotope

Weiher und Biotope haben einen teilweise dichten Untergrund. Das Wasser staut sich bis auf die Höhe dieser Isolation und kann darüber seitlich versickern. Hauptvorteile sind das grosse Retentionsvolumen und die gestalterischen Möglichkeiten. Allerdings sind Biotope aufwendig im Unterhalt.



4 NEUE ELEMENTE DER SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG AN HAND VON AUSGEFÜHRten BEISPIELEN

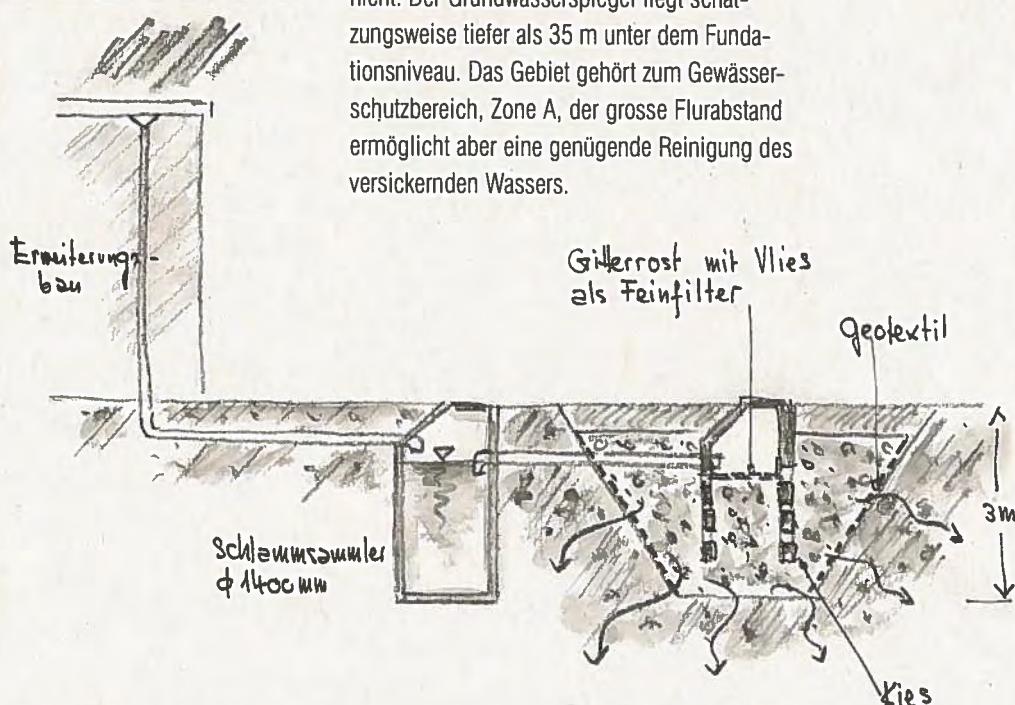
Beispiel 1: Bündner Lehrerseminar, Chur

Das Dachwasser des Erweiterungsbau von 1998 im Bündner Lehrerseminar Chur gelangt vollständig in einen Versickerungsschacht. Das Wasser stammt vom Dach des Neubaus (600 m^2) sowie von den Vorplätzen (450 m^2). Zwecks Vorreinigung ist dem Sickerschacht ein 3 m tiefer Schlammsammler von 1.4 m Durchmesser vorgeschaltet. Dieser glättet die Abflussspitzen und fängt mittels nachgeschaltetem, auswechselbarem Filter die anfallenden Inhaltsstoffe auf. Der Sickerschacht selbst steht in einer ebenfalls 3 m tiefen, kegelförmigen Sickerpackung aus Kies, die durch ein Geotextil vom restlichen Erdreich abgetrennt ist. Der Dimensionierung legte man einen einstündigen Starkregen mit 10-jähriger Wiederkehrperiode in Chur zugrunde.



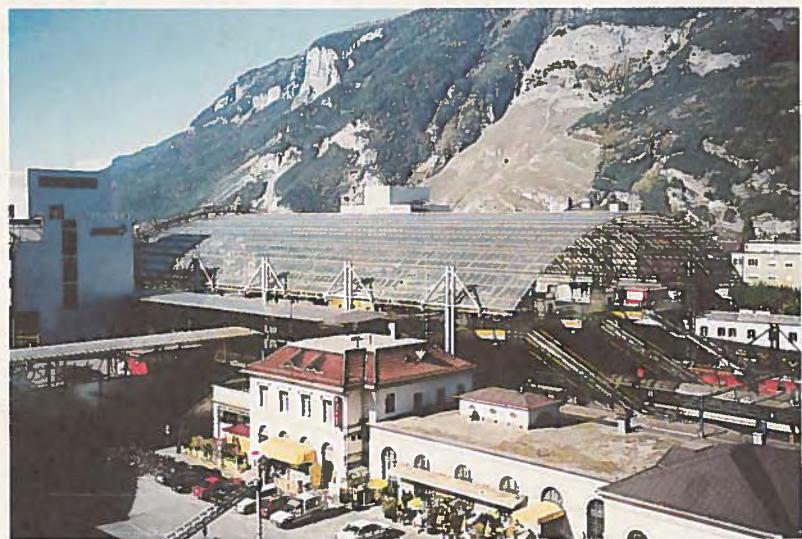
Das Lehrerseminar liegt auf postglazialen Ablagerungen der Plessur. In den oberen Regionen des Erdreichs herrscht kiesiger Bachschutt vor. Da vor allem horizontale Schichtungen vorkommen, ist die horizontale Wasserdurchlässigkeit um ein Mehrfaches höher als die vertikale. Die Durchlässigkeit dürfte für das Ver-

sickernlassen in der Regel ausreichen. Dies wurde vor dem Bau mittels Sondierschlitten überprüft. Die Gefahr, dass umliegende Hangpartien wegen Durchnässung durch konzentriertes Versickern destabilisiert würden, besteht nicht. Der Grundwasserspiegel liegt schätzungsweise tiefer als 35 m unter dem Fundationsniveau. Das Gebiet gehört zum Gewässerschutzbereich, Zone A, der grosse Flurabstand ermöglicht aber eine genügende Reinigung des versickernden Wassers.



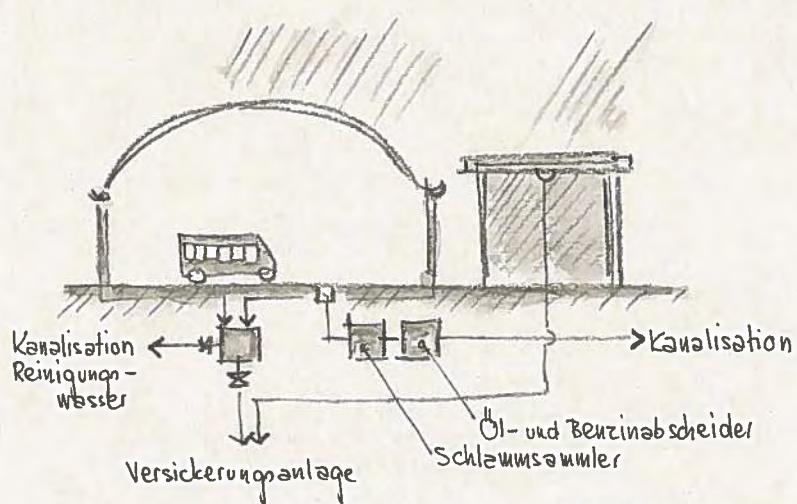
Beispiel 2: Bahnhof Chur

Das grosse Glashallendach über der Reisepoststation im Bahnhof Chur



Das Dachwasser des Glashallendaches über einem Teil des Bahnhofs Chur sowie der Reisepoststation und der beiden benachbarten Postbetriebsgebäude versickert vollständig auf dem betreffenden Areal. Die Kanalisationen für das Niederschlagswasser im Umkreis hatten ihre Kapazitätsgrenze bei der Erstellung 1991 erreicht. Hauptproblem war der Platzmangel in der näheren Umgebung des Bahnhofs: Fast alle Flächen hier sind versiegelt oder durch die Bahnanlagen intensiv genutzt, was eine breitflächige Versickerung zum vornherein verunmöglicht. Die Wahl fiel auf eine zentrale Versickerungsanlage, die in dieser Art Pioniercharakter hat.

Das Glashallendach und die angrenzenden Dächer der Postbauten haben eine Fläche von 6150 m². Das Glasdach hat die unangenehme Eigenschaft, dass es das Niederschlagswasser praktisch ohne Retention abfliessen lässt. Die anspruchsvolle Aufgabe bestand also darin, bei engen Platzverhältnissen eine relativ grosse Versickerungskapazität bereitzustellen. Dabei muss das mit Chemikalien belastete Glasdach-Reinigungswasser selbstverständlich in die Kanalisation geleitet werden können. Die Anlage liess sich trotz des beschränkten Platzes innerhalb der Gleisanlagen realisieren. Das Niederschlagswasser versickert in zwei identischen Anlagen auf den Perrons 2 und 4. Diese bestehen aus einem grossen Retentionsraum, in dessen Bodenplatten 3 Versickerungsbrunnen eingelassen sind, deren Durchmesser 400 mm beträgt. Der Retentionsraum wirkt als Zwischenspeicher für grössere Niederschläge, was es erlaubte, die Versickerungsbrunnen erheblich kleiner zu dimensionieren. Im Retentionsraum sind eine Tauchwand, ein Grobfilter und ein Sandfilter angeordnet. Das Niederschlagswasser enthält Schmutzstoffe; auch aus der Luft lagern sich Staub, Blätter und Pollen auf dem Glasdach ab, und infolge der nächtlichen Beleuchtung sammeln sich viele Insekten an. Alle diese Partikel gelangen bei Niederschlägen in die Anlage, schätzungsweise über 200 kg pro Anlage und Jahr. Die Versickerungsbrunnen würden innert relativ kurzer Frist kolmatieren - die notwendige Sickerleistung wäre nicht mehr gewährleistet. Bei starken Niederschlägen kann das Regenwasser über die Sandfilter in den Retentionsraum fliessen. Die Einlaufhöhen der Versickerungsbrunnen sind gestaffelt. Damit wird einerseits erreicht, dass die Kolmatierung gestaffelt erfolgt

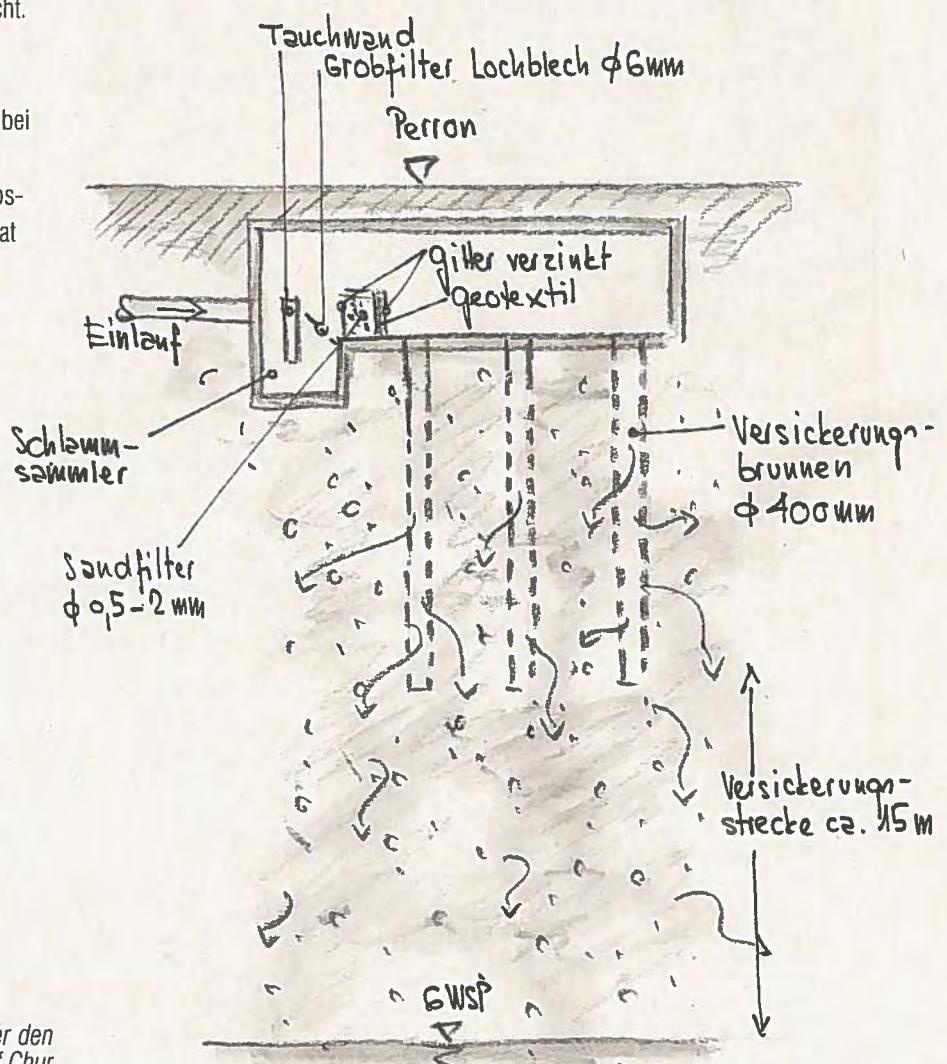
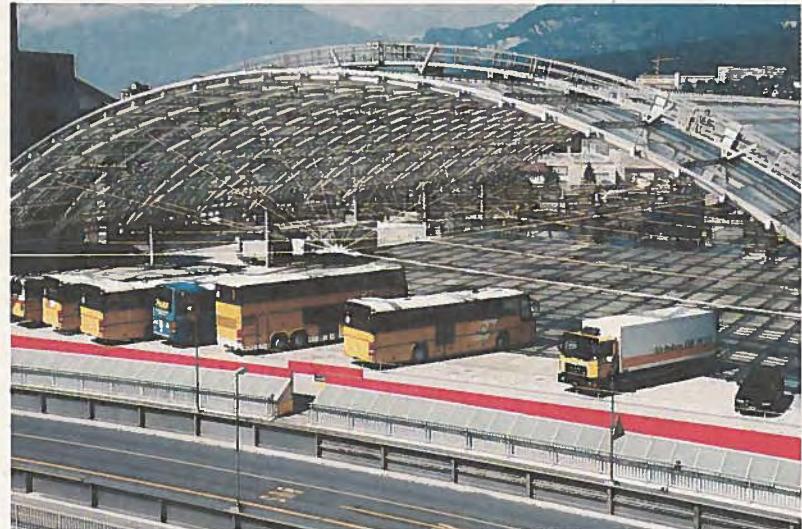


Schema der Entwässerung

und so besser überwachbar ist. Andererseits fängt der erste Brunnen bei einem Platzregen den ersten, mit Schmutzstoffen stark belasteten Wasseranfall auf, wodurch die beiden anderen Brunnen weniger kolmatieren.

Der Grundwasserspiegel liegt mehr als 15m tiefer als die Unterkante der Versickerungsbrunnen. Auf dieser Perkolationsstrecke im ungesättigten Untergrund wird das Wasser relativ gut gefiltert und durch Adsorption gereinigt. Dadurch verringert sich das Verschmutzungsrisiko, das wegen der fehlenden Humusschicht und damit verringerten Filtrierung entsteht. Die Adsorptionsfähigkeit und die Reinigungskraft tieferliegender Bodenschichten sind bekanntlich geringer als diejenige der Vegetationsschicht.

Die Anlage ist mittlerweile sieben Jahre in Betrieb. Sie zeigt exemplarisch, dass auch bei fehlenden Grünflächen innovative Versickerungslösungen möglich sind. Die Betriebserfahrungen sind mehrheitlich positiv: Es hat bisher keine Störfälle gegeben, und die Kolmatierung in den Brunnen hält sich in Grenzen.



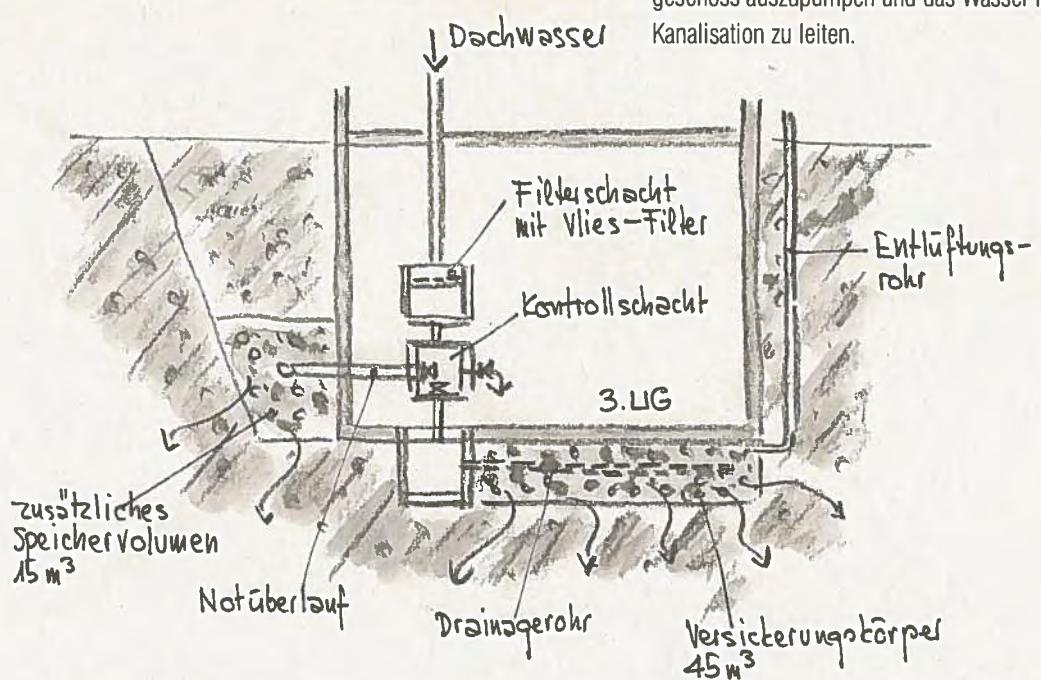
Beispiel 3: Gebäudeversicherung des Kantons Graubünden, Chur

Die Liegenschaft der Gebäudeversicherung des Kantons Graubünden liegt mitten in Chur und ist von Strassen umgeben. Dies machte 1997, als der Neubau erstellt wurde, eine breitflächige Versickerung zum vornherein schwierig. Man fasste deshalb ins Auge, unter der Bodenplatte des Gebäudes einen 2 m dicken Versickerungskörper anzulegen. Dort soll das nicht verschmutzte Abwasser vom Dach des Gebäudes versickern.



Versickerungsversuche bestätigten, dass der Untergrund auf diesem Niveau für die Versickerung geeignet ist. Allerdings reicht das Volumen des Versickerungskörpers nicht aus, um kurze Gewitterregen in Chur aufzufangen: Das Schluckvermögen des Versickerungskörpers ist ungenügend, was zusätzliches Retentionsvolumen nötig macht. Aus diesem Grund erstellte man am Fuss des Fallrohrs einen Abzweiger in die Hinterfüllung des dritten Untergeschosses, wo sich mit sicherfähigem Kies eine Entlastungsanlage für Ausnahmefälle erstellen liess. Drainagerohre erleichtern dem Wasser in beiden Kieskörpern das Versickern.

Bevor das Wasser versickert, gelangt es in einen Filterschacht. Dort werden mit einem Vlies Feststoffe zurückgehalten. Für allfällige Störfälle sind spezielle Schieber vorgesehen, die es ermöglichen, im zentralen Kontrollschaft den Zugang zu den Versickerungssträngen zu schliessen. Muss die Feuerwehr mit Löschwasser und Schaum in Aktion treten, kann so das Versickern dieser verunreinigten Substanzen verhindert werden. Für diesen Fall ist auch ein Pumpschacht vorgesehen, der es gegebenenfalls erlaubt, das dritte Untergeschoss auszupumpen und das Wasser in die Kanalisation zu leiten.



Beispiel 4: Wohnüberbauung "In den Lachen", Chur

Für das Haus 3 der 9 Häuser umfassenden Wohnüberbauung „In den Lachen“ in Chur wurde 1997 für das Dachwasser eine Versickerungsanlage erstellt. Die Versickerung von Regenabwasser ist im Gebiet Lachen aus der Sicht des Gewässerschutzes zulässig. Weil nur Dachwasser zur Versickerung gebracht wird, müssen keine besonderen Massnahmen für Störfälle mit wassergefährdenden Flüssigkeiten vorgesehen werden.

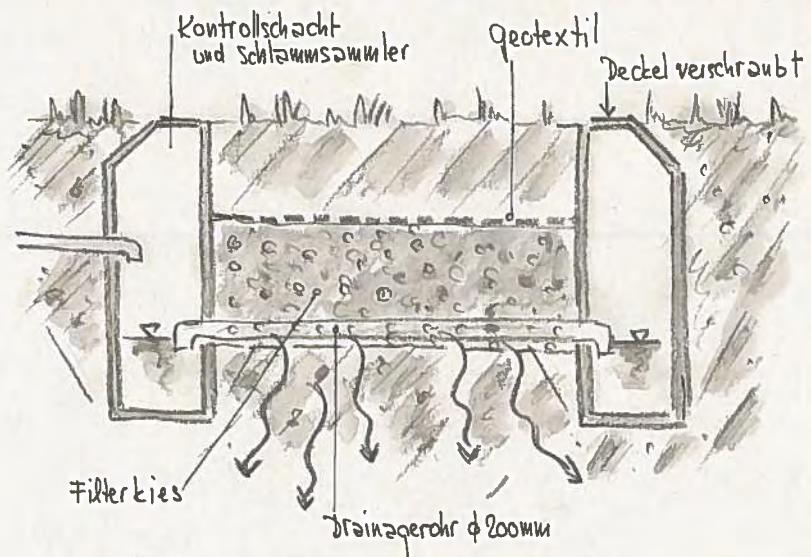
In der Versickerungskarte der Stadt Chur wird der Standort der Überbauung als Boden mit eingeschränktem Versickerungsvermögen bezeichnet. Im Aushub wurde allerdings nur eine schmale Schicht aus Lehm gefunden. Darunter befinden sich kiesige Schichten, die ein Versickern durchaus erlauben.

Angesichts des geschilderten Bodenprofils ist die Versickerung über eine Versickerungsgalerie zweifelsohne zweckmäßig. Der Sickerstrang verfügt über eine Länge von 8 m. Die Grabenbreite beträgt oben 3 m, unten 1.5 m. Die Sickerschicht aus Filterkies deckte man mit einer Geotextilmatte zu, um sie vor der Kolmierung mit dem darüber liegenden Lehm zu schützen.

Auf beiden Seiten des Sickerstranges befindet sich ein Kontrollschaft mit Schlammsammler. Der Auslauf in den Sickerstrang erfolgt über einen Tauchbogen, weil so die Verunreinigungen vom Strang fernbleiben. Die Kontrollsäulen sind mit verschraubbaren, angeschriebenen Deckeln versehen.



Unter der Rasenfläche befindet sich die Versickerungsgalerie



Beispiel 5: Wohnüberbauung Vogelsang, Chur

Am Rand der Parzelle liegt die Versickerungsgalerie unter der Rasenfläche >

Ein Teil des Dachwassers fliesst in ein Biotop >>

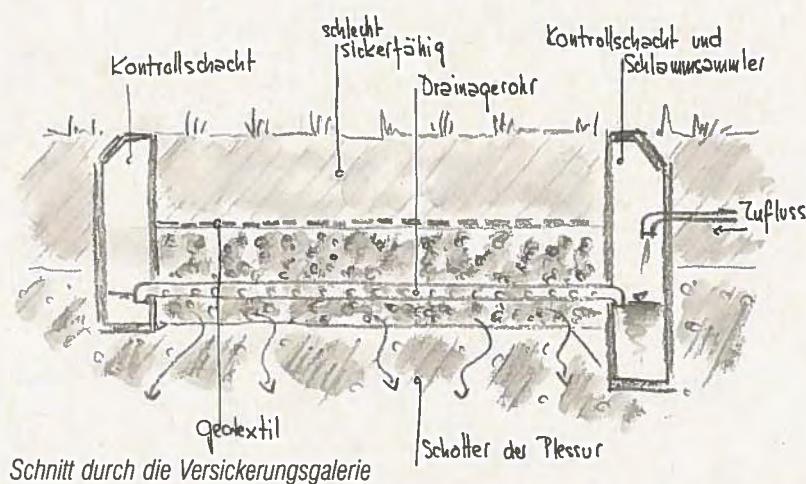


Die Wohnüberbauung Vogelsang in Chur besteht aus 4 Blöcken und einer dazwischen liegenden Einstellhalle mit einer Gesamtfläche von etwas über 3000 m².

Oberflächliches Versickern kam von Anfang an nicht in Frage, weil die obersten drei Meter des Untergrundes schlecht sickerfähig sind. Darunter aber finden sich die Schotter der Plessur, die das Versickern von punktuell zugeführtem Wasser durchaus zulassen. Am Rand der

Parzelle erstellte man deshalb eine Sicker-galerie aus Betonkies in 4 m Tiefe, um die sickerfähige Schicht zu erreichen. Anschlies-send wurde die Anlage mit dem schlecht sickerfähigen, ursprünglichen Aushubmaterial zugedeckt.

Zusätzlich platzierte man auf einer Seite der Gebäude ein Biotop. Dieses wird von einem Teil des Dachwassers und einem Teil des nahen Mühlebaches beschickt. Zur Versickerung taugt diese Anlage zwar nicht, sie erlaubt es aber, das Niederschlagswasser zurückzuhalten, was weniger hohe und verzögerte Abflussspitzen ergibt. Dies wiederum ermöglicht es, nachge-schaltete Versickerungsbauwerke oder Kanalisa-tionen kleiner zu dimensionieren.



Schnitt durch die Versickerungsgalerie

Die Platzierung einer Anlage zur konzentrierten Versickerung am Rand der Parzelle ist die typische Lösung für eine Liegenschaft, die einen grossen Prozentsatz an versiegelten Flächen aufweist. Das Beispiel zeigt, dass dank guter Planung und frühzeitiger Beachtung der Entwässerungsfragen innovative Lösungen möglich werden, die erst noch Randflächen effizient nutzen.

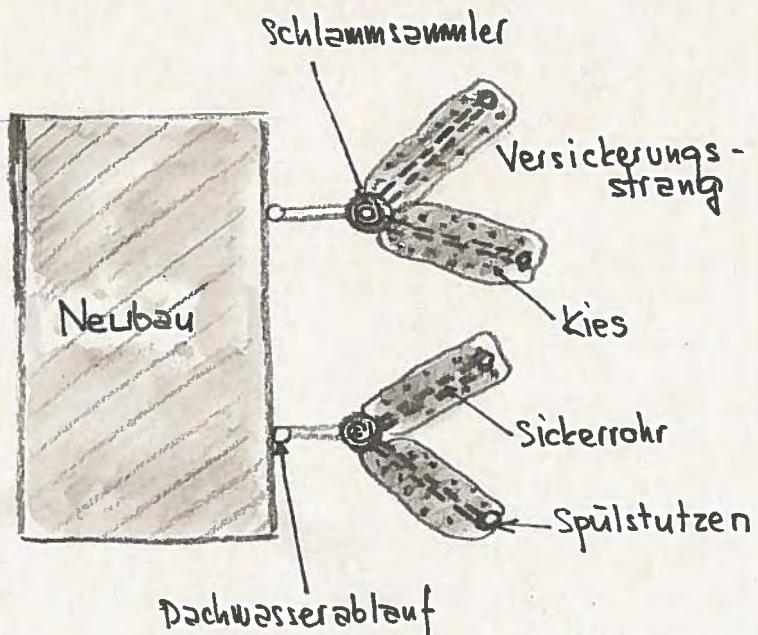
Beispiel 6: Psychiatrische Klinik Beverin, Cazis

Die Psychiatrische Klinik Beverin liegt auf einer Alluvialebene von Hinterrhein und Nolla. Das Gebiet liegt in der Gewässerschutzzone A, weil sich in den Schottermassen Grundwasservorkommen befinden. Die ungesättigte Bodenpassage beträgt im Schnitt ca. 5 Meter.

Das Dachwasser der 1998/99 erstellten Neubauten wird via Ablauftrohr in grosszügig dimensionierte Schlammsammler geleitet. Dann gelangt es in jeweils zwei Versickerungsgalerien von 2.5 bis 13m Länge, welche mittels Spülstutzen rückgespült werden können. In den Galerien befindet sich immer ein Sickerrohr das Löcher gegen unten aufweist. Bei jeder Versickerungsgruppe wurde vor der Erstellung ein Versickerungsversuch durchgeführt. Das Konzept der horizontalen unterirdischen Versickerungssträngen wählte man, weil die oberste Bodenschicht im vorliegenden Areal schlecht durchlässig ist.

Das Wasser der Wegflächen und Plätze fliesst über die Schulter ins Grünland und versickert dort. Zwei Ausnahmen sind zu erwähnen: Einerseits ein Platz für den Umschlag der Anliefergüter. Da gewisse Verschmutzungsrisiken bestehen, ist die Fläche an das Kanalisationsnetz angeschlossen. Andererseits muss ein Platz über Einlaufschächte entwässert werden, weil er tiefer liegt als seine Umgebung.

Ein Problem hat sich wegen der vermehrten Versickerung an Ort ergeben: Da in der nur minimal geneigten Schmutzwasserleitung fast nur noch verschmutztes Wasser abfliesst, entstehen dort vermehrt Ablagerungen, was die Schleppkraft hemmt. Ansonsten aber funktionieren die Anlagen befriedigend.



Schemaskizze: Das Dachwasser versickert über V-förmig angeordnete Versickerungsgalerien

Beispiel 7: Mehrfamilienhäuser in Cuminols, Vaz/Obergav

Das Wasser von zwei Garageplätzen und von einer Gebäudedrainage gelangt in eine offene Versickerungsmulde und kann dort versickern. Eine derartige Mulde besteht in der Regel aus einem unterirdischen Versickerungskörper aus Kies und der darauf liegenden, bewachsenen Humusschicht.

Zur Dimensionierung der Anlage wurde 1997 ein Sondierschlitz ausgehoben. Dabei ergab sich, dass die Moränenablagerungen an der

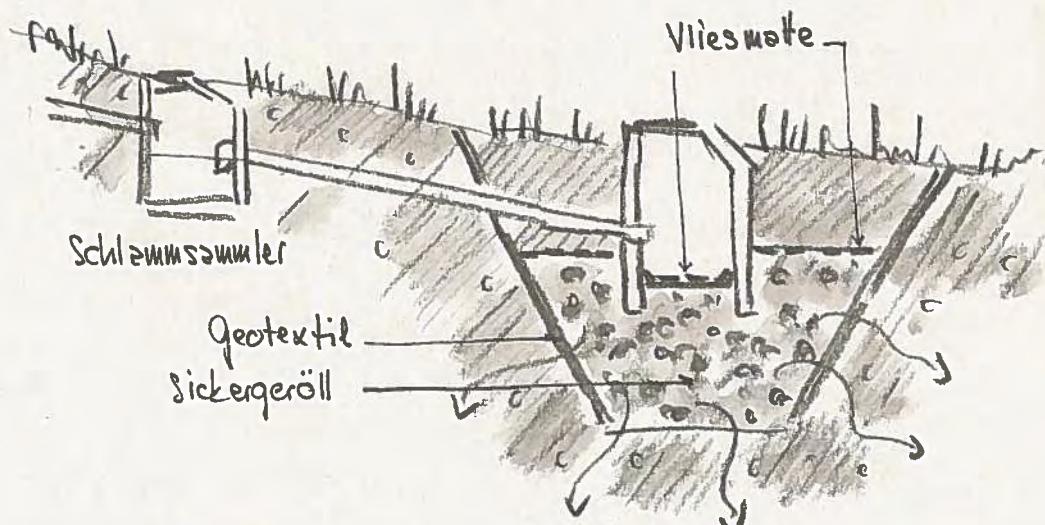
Oberfläche schlecht durchlässig sind. Die darunterliegenden, in 1.3 m Tiefe beginnenden Bergsturzablagerungen sind dagegen für die Versickerung geeignet. Die Sohle der Grube liegt daher in einer Tiefe von 3.5 m. Der Grundwasserspiegel liegt überall mehr als 50 m unter der Geländeoberfläche, was für nicht verschmutztes Abwasser eine ausreichende Sickerstrecke ergibt.

Der zu erwartende Wasseranfall beträgt bei einem 10-jährigen Starkniederschlag von 60 Minuten Dauer ca. 20 l/s. Das Schluckvermögen der bestehenden, am Hang liegenden Mulde reichte nicht aus für ein derartiges Regenereignis. Die Versickerungsgrube musste entsprechend vergrössert werden: Höhere Versickerungsleistung und grösseres Retentionsvolumen waren die Hauptziele.

Um die Schluckfähigkeit der Anlage dauerhaft zu erhalten, wurde der Versickerungsmulde ein Schlammsammler von 1,5m Durchmesser vorgeschaltet, der regelmässig kontrolliert und gereinigt wird. Insbesondere nach Starkniederschlägen ist eine Kontrolle und gegebenenfalls ein Filterwechsel erforderlich.



Durchführung eines Versickerungsversuchs nach dem Einbau des Kieskörpers



Beispiel 8: Chr. Cavegn AG, Landquart

Die Gewerbeliegenschaft umfasst ein neues Bürogebäude und eine Garage mit Waschanlage. Das Abwasser von Werkstatt und Motorenreinigung muss wegen Verschmutzungen und möglichen Störfällen in die Kanalisation fliessen. Zuvor wird es in einem Schlamm- sammel mit Schwerkraft-Mineralölabscheider und Emulsionsspaltanlage von schweren Verunreinigungen gereinigt. Das Wasser von der Karosseriereinigung und den Vorplätzen gelangt wegen Störfallrisiken ebenfalls in die Kanalisation, braucht aber keine Emulsionsspaltanlage. Nachgeschaltete Kontrollsäume erlauben es, die Reinigungsleistung der Anlagen zu kontrollieren.

Von den Dächern fliesst dagegen nicht verschmutztes Wasser weg. Dieses gelangt via Schlammsammler in eine unterirdische Versik-

kerungsanlage. Weil der oberflächliche Schotter schlecht wasserdurchlässig ist, ist die oberflächliche Versickerung nicht möglich. Die Sickerpackung aus Betonkies ist gegen oben durch ein Vlies geschützt. Dieses verhindert ein Ausschwemmen und Kolmatieren des Versickerungsmaterials. Im Betonkies finden sich umgekehrt verlegte Sickerrohre, die das Wasser verteilen.

Die Anlage verdeutlicht, dass das Abwasser je nach Verschmutzungsgrad und Herkunftsart sehr unterschiedlich zu behandeln ist. Für Stoffe, die das Grundwasser gefährden könnten, gelten strenge Vorschriften punkto Entsorgung. Nicht verschmutztes Abwasser dagegen sollte direkt auf dem Terrain versickern können.



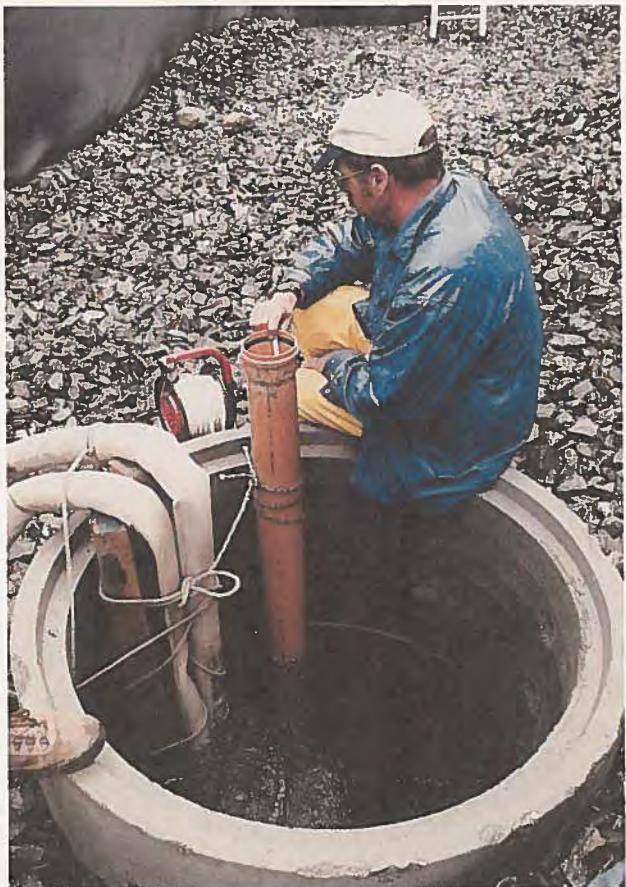
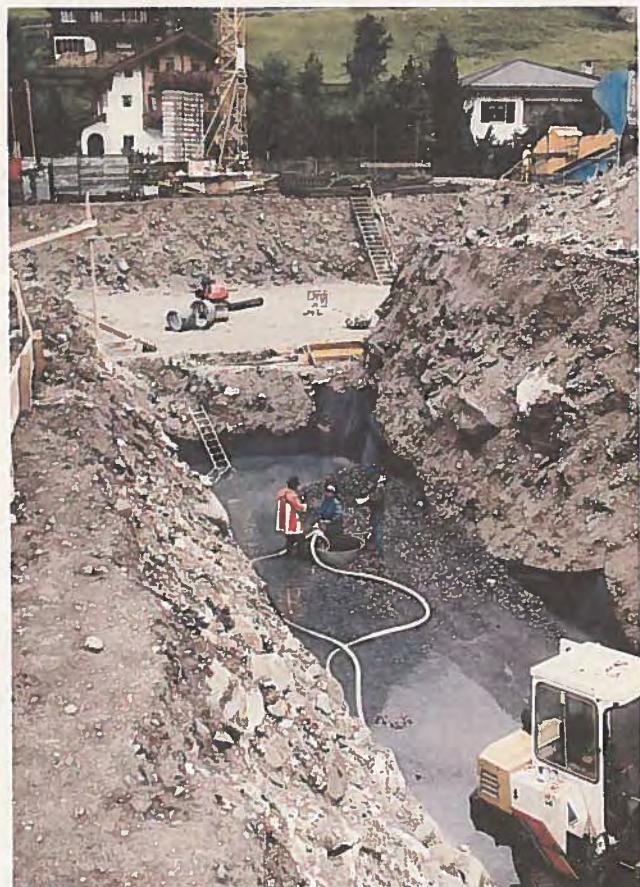
Beispiel 9: Erweiterung Oberstufenschul anlage, Zillis

Das Wasser von mehreren Park-, Pausen und Sportplätzen sowie von den Dächern wird neu der Versickerung zugeführt. Die gesamthaft Ausdehnung dieser Flächen erreicht knapp 5000 m².

Weil im Bereich der Versickerungsanlage der Untergrund nagelfluhartig verkittet ist, musste die Versickerungsgrube ca. 1.2 m tiefer als geplant ausgehoben werden. Ein Versickerungsversuch erlaubte es, die Anlage zu dimensionieren. Dabei ging man von einem 10-minütigen Starkregen mit einer Wiederkehrhäufigkeit von 10 Jahren aus. Dieser verursacht einen Wasseranfall von 123 l/s, was einen 420 m³ grossen Versickerungskörper notwendig machte. Da dieses Retentionsvolumen bei Starkregen zu wenig Sicherheit bietet, sah der Projektverfasser zusätzlich einen Notüberlauf in die Regenwasserleitung vor.

Um eine schnelle Leistungsverminderung zu verhindern, schaltete man der Versickerungsanlage einen Schlammsammler vor. Dort werden Partikel mit mehr als 0.1 mm Durchmesser abgeschieden. Die Schlammsammler sind mit wasserdichten Deckeln verschraubt, die über das Terrain hinausragen und angeschrieben sind. So lassen sich Grundwasserverschmutzungen vermeiden. Auch ein korrekter Unterhalt ist zu diesem Zweck unerlässlich: Die Vorreinigungsanlagen müssen periodisch kontrolliert und gereinigt werden.

Mit Hilfe von Versickerungsversuchen kann die Sicherleistung des Bodens und das erforderliche Retentionsvolumen einer Versickerungsanlage bestimmt werden.

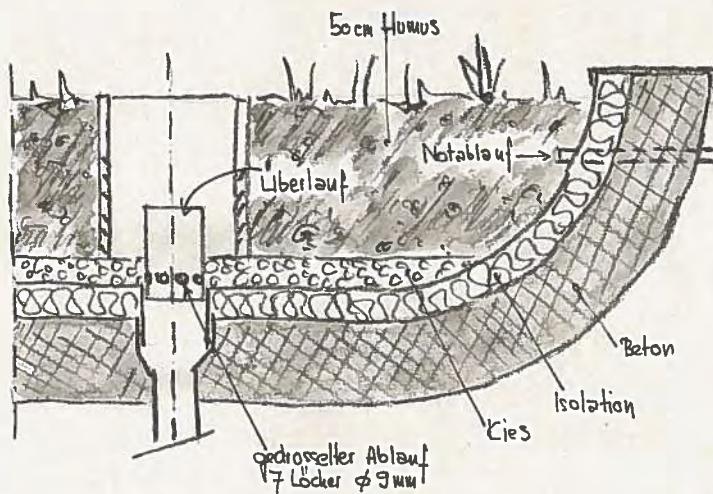
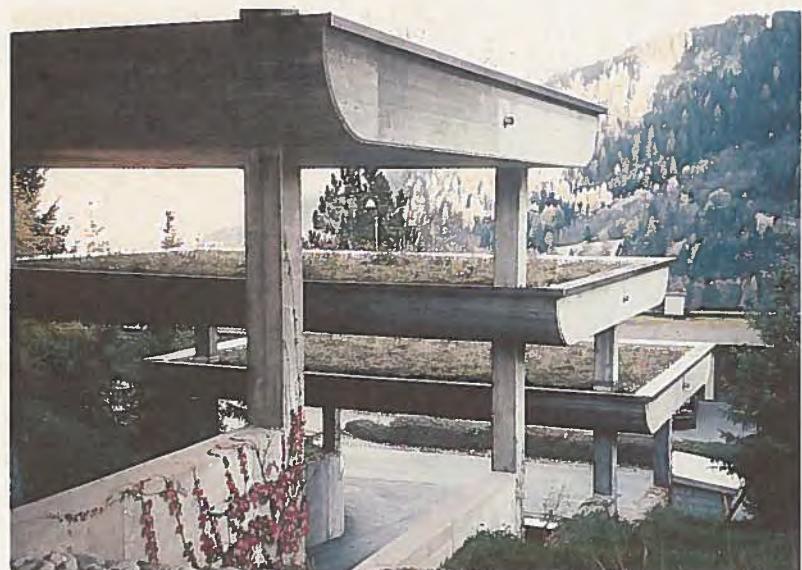


Beispiel 10: Einfamilienhaus-Überbauung Bergheim, Thusis

Aufgrund von geologischen Untersuchungen musste bei dieser Grossüberbauung die ursprünglich geplante Dachwasserversickerung fallengelassen werden. Der Untergrund ist in diesem Gebiet sehr heikel: Er besteht aus Wechsellagerungen von feinen Kalkschiefern, Tonschiefern und Tonphylliten, die gegen Südosten steil abfallen. Darauf ruht eine mächtige, fluviatile Ablagerung. Materialien wie Kies, Sand und Silt sind vorherrschend. Bei zusätzlicher Einleitung von Versickerungswasser könnte man die Terraininstabilität nicht gewährleisten. Die Strömungsvorgänge im Untergrund würden sich ungünstig verändern, es könnte zu Ausschwemmungen kommen. Zusätzlich wurde die Versickerungsfähigkeit des Bodens als ungenügend beurteilt. Der Bauherrschaft wurde deshalb von einer Versickerung des Dachwassers abgeraten.

Aus diesem Grund setzte man auf die Retention des Dachwassers am Ort des Anfalls: Die Flachdachmulden eignen sich dafür recht gut. Ein grosser Teil des Regens wird auf den begrünten Dachflächen zurückgehalten und verdunstet oder wird von den Pflanzen verbraucht.

Das Beispiel zeigt, dass auch bei ungünstigem geologischem Untergrund befriedigende Lösungen für die Siedlungsentwässerung existieren.



Schnitt durch die begrünten Flachdachmulden. Ein grosser Teil des Regenwassers verdunstet oder wird von den Pflanzen verbraucht.

Beispiel 11: Wohnüberbauung Grison-Areal, Chur

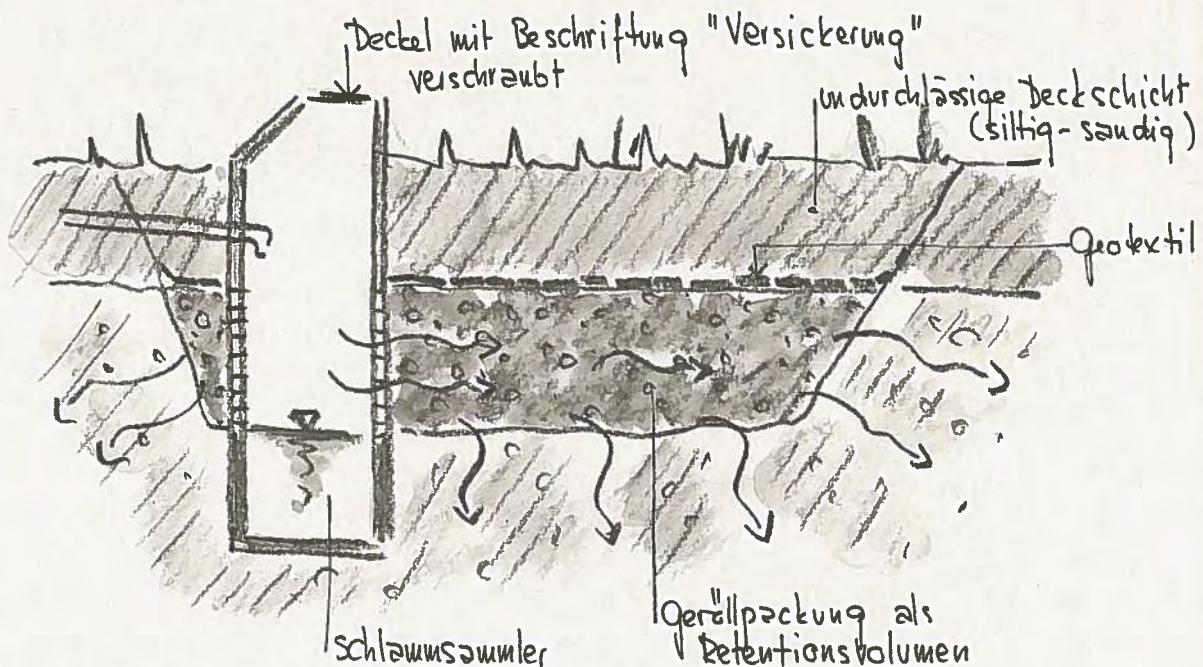
Die Wohnüberbauung auf dem Grison-Areal in Chur besteht aus zwei gleich grossen Wohnbauten (484m^2 Dachfläche) sowie einer dreimal grösseren Einstellhalle. Die Dächer der Häuser sind flach und haben eine 5 cm dicke Kieschicht mit relativ geringer Retentionswirkung. Die Einstellhalle dagegen ist mit 40 bis 50 cm Erdreich überdeckt.

Auch hier war die Zielvorgabe, das gesamte nicht verschmutzte Dachwasser auf der Parzelle selber versickern zu lassen. Dies stellte hohe konzeptionelle Anforderungen, da die Häuser und die Einstellhalle einen grossen Teil der Parzelle beanspruchen. Es blieben also nur wenige unversiegelte Randflächen, wo die Versickerung überhaupt in Frage kommt.

Für beide Häuser erstellte man je eine Versickerungsgrube mit einem grossen Rückhaltevolumen im Erdreich. Die beiden Anlagen bestehen aus einem seitlich gelochten

Versickerungsschacht in einer mit Geröll gefüllten, rechteckigen Grube. Das Geröll hat die Aufgabe, das aus dem Versickerungsschacht ausströmende Wasser schnell und mit geringem hydraulischem Widerstand in der Grube zu verteilen, und bei grossem Zufluss das Regenwasser zu speichern. Gegen oben schützt ein Vlies vor eingeschwemmten Feinteilen aus der siltigen Deckschicht. Die Versickerungsschächte ihrerseits dienen zugleich als Schlammsammler, um der Kolmatierung in der Anlage vorzubeugen.

Dank der guten Durchlässigkeit des Untergrundes konnte man hier auf eine Versickerungsgalerie verzichten: Die sauberen Schotter der Plessur sind geradezu ideal für das Versickern von Niederschlagswasser. Allerdings sind sie von einer ein bis zwei Meter dicken, siltigen Sandschicht überdeckt, die das Versickern durch die humusierte Oberfläche verunmöglicht.



Schnitt durch den Versickerungsgraben

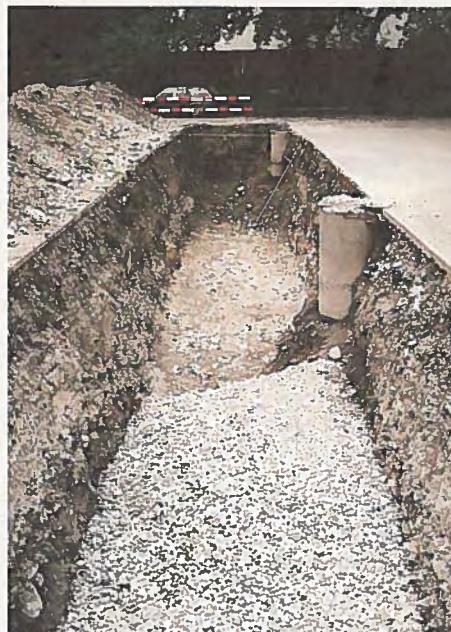
Beispiel 12: Schulhaus Montalin, Chur

Die bestehende Kanalisation um das Montalin-schulhaus war bei starken Niederschlägen überlastet. Dabei kam es insbesondere zu Rückstau von Abwasser in den Kellergeschossen des Schulhauses. Berechnet man die Menge des von Dach-, Vor- und Pausenplätzen (3900m^2) abfließenden Regenwassers, zeigt sich die fehlende Kapazität der Kanalisation deutlich: Sie kann während eines Regenereignisses mit Wiederkehrhäufigkeit von 10 Jahren nur etwa zwei Drittel der anfallenden Wassermenge ableiten.

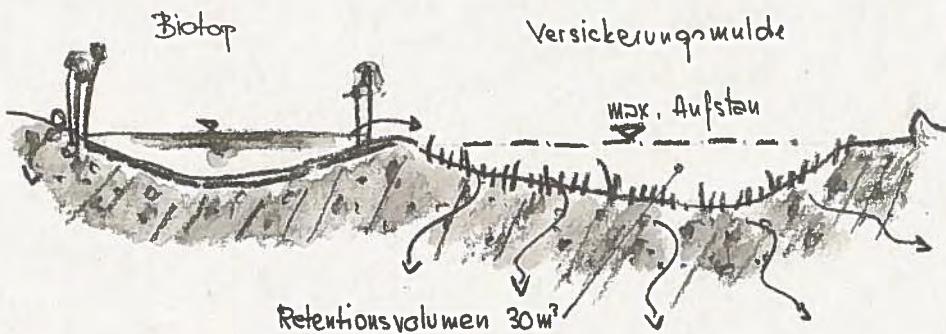
Deshalb entschloss man sich zum Bau von zwei Versickerungsanlagen, eine auf der Ost- und eine auf der Westseite der Schulgebäude. Damit kann die gesamthaft anfallende Wassermenge um etwa 80% reduziert werden, was die bestehende Kanalisation in genügendem Mass entlastet. Aufgrund von Versickerungsversuchen konnte man feststellen, dass auch im Gebiet des Schulhauses Montalin schlecht sickerfähige Deckschichten ein Versickern an der Oberfläche stark erschweren. Die zur Versickerungsschicht gehörenden Schotter setzen frühestens in zwei Metern Tiefe ein.

Auf der Ostseite ist die Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes sehr gering. Die gewählte Lösung zielt darauf ab, das Wasser in einer Versickerungsmulde und einem Biotop oberflächlich versickern zu lassen. Wegen der reduzierten Versickerungsfähigkeit des Bodens war man gezwungen ein Retentionsvolumen von 30 m^3 bereitzustellen.

Für die Dachflächen auf der Westseite erstellte man beim Pausenplatz, dort wo die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes am besten ist, einen Versickerungsgraben. Diese Lösung drängte sich unter anderem auch aus Platzgründen auf. Meteorwasser von Dach- und Platzflächen von gesamthaft 2680 m^2 Fläche gelangen in der Anlage zur Versickerung. Grundlage für die Dimensionierung war auch hier ein 10-jähriges Niederschlagsereignis. Daraus ergaben sich laut Modellrechnungen die Minimalabmessungen: Erforderlich ist ein 38 m langer Graben, wobei für den Hochwasserfall ein Überlauf auf den Pausenplatz vorgesehen ist. Das in den Graben gefüllte Sickerkies ist mit einer Geotextilmatte gedeckt, um es vor Auswaschungen zu schützen.

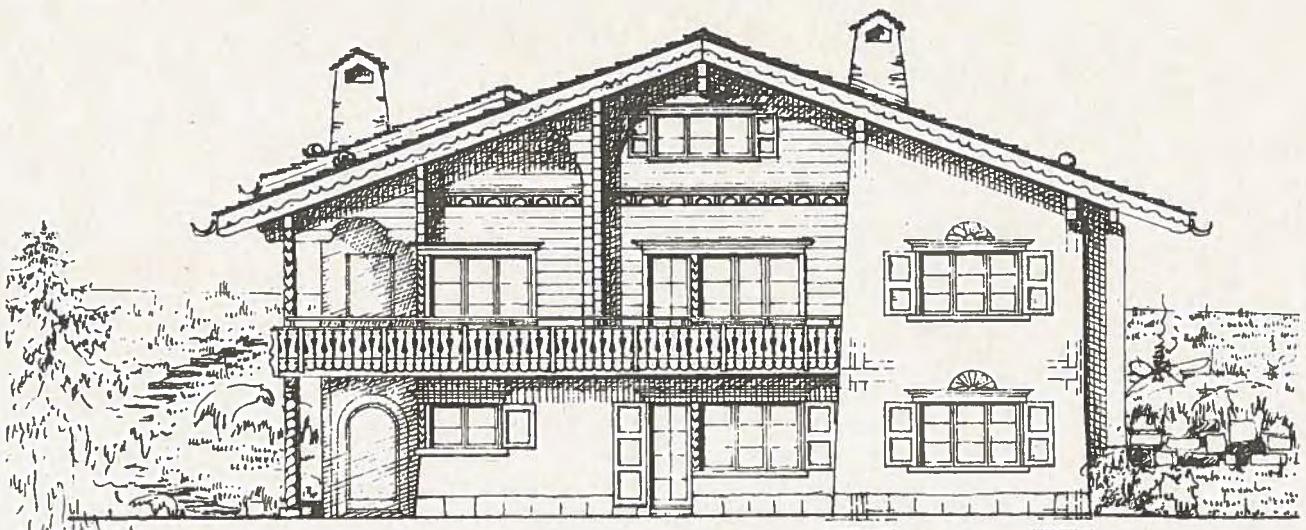


Bau des
Versickerungsgrabens
längs des Pausenplatzes



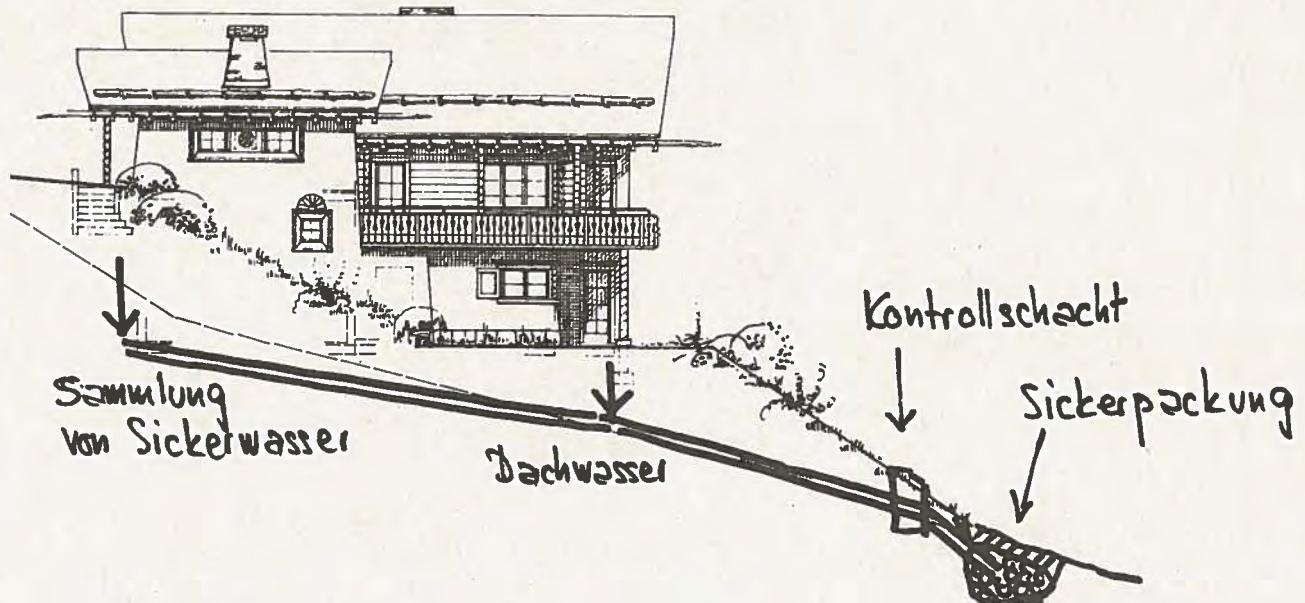
Aus dem Biotop kann das Regenwasser in die Versickerungsmulde überlaufen. Dort kann es aufstauen und verzögert in den Boden versickern.

Beispiel 13: Einfamilienhaus in Salums, Laax



Das Dachwasser und das Sickerwasser dieses neuen Einfamilienhauses in Salums, Laax, wird vollständig gesammelt und in einer unterirdischen Kiespackung zur Versickerung gebracht. Vor der Versickerungsanlage liegt ein Kontrollschatz, so dass das Funktionieren der Anlage jederzeit kontrolliert werden kann. Der Bau

solcher Versickerungsanlagen ist äusserst einfach: Es wird eine Grube ausgehoben und mit Kies gefüllt. Die Zuflussleitung wird direkt in die Kiespackung eingeführt. Zum Schutz vor Kolmatierung wird die Kiespackung mit einem Geotextil abgedeckt und die Anlage mit Aushubmaterial abgedeckt.



Beispiel 14: Versickerungsanlage in Sartons, Valbella, Vaz/Obervaz

Hinter der Liegenschaft befindet sich eine dauernd fliessende Quelle, deren Wasser bis 1997 in die Kanalisation floss. Um die Kläranlage von diesem Wasser zu entlasten, baute man nachträglich eine Versickerungsanlage. Gleichzeitig sorgte man auch für den Anschluss der bestehenden Dach- und Parkierungsflächen an die neue Anlage. So konnte das Kanalisationssystem und die Kläranlage von weiterem nicht verschmutztem Wasser entlastet werden. Dies war unter anderem deshalb wichtig, weil freie Kapazitäten für den Anschluss von weiteren Neubauten an das Kanalisationssystem geprüft werden mussten.

Die an die Versickerungsstelle angeschlossenen Parkflächen umfassen etwa 275 m². Das System umfasst einen Schlammsammler für die Vorreinigung und einen Versickerungsschacht mit einer Vliesabdeckung.



Die Lage der Versickerungsanlage unterhalb der Überbauung



Die Versickerungsanlage befindet sich ausserhalb des Baugebietes in der Landwirtschaftszone. Von der Anlage sind nur noch die Schachtdeckel der Kontrollsäume sichtbar.



Der Versickerungsanlage ist ein Schlammsammler vorgeschaltet. Als Filter dient eine Vliesabdeckung. Auf dem Bild erkennt man den Quellwasserzufluss bei Trockenwetter.

Beispiel 15: Ems-Chemie AG, Domat Ems

Der Besucher- und Mitarbeiterparkplatz der Ems-Chemie AG wurde 1994 neu gestaltet. Dabei achtete man besonders darauf, dass das Niederschlagswasser auf der Parzelle selbst versickern kann. Das auf der Parkfläche (6000m², Platz für 255 Personenwagen) anfallende Wasser gelangt dank regelmässiger Neigung auf der asphaltierten Parkfläche über die Schulter in humusierte Gräben und Mulden im Randbereich. Dort kann sich das Wasser bei Bedarf stauen (Retention) und über einen längeren Zeitraum versickern. Diese Lösung hat den grossen Vorteil, dass das Niederschlagswasser durch die bewachsene Humusschicht versickern kann. Die Oberbodenpassage bietet die beste Filtrierung für das versickernde

Wasser und schützt somit das Grundwasser am effizientesten vor möglichen Verunreinigungen. Bei starkem Wasseranfall könnte das Überschusswasser in einen Entlastungskanal Richtung Rhein überlaufen. Bis 1999 ist dies allerdings trotz teilweise heftigen Niederschlägen nie eingetreten. Auch bei Starkregen funktionierte die Versickerung bisher ausgezeichnet.

Die Anlage zeigt deutlich, dass dank durchdachter Planung Randflächen ideal für die Versickerung und Retention genutzt werden können. Ökologische Lösungen und Benutzerfreundlichkeit brauchen sich keineswegs auszuschliessen.

*Die begrünte Versickerungs-mulde konnte ideal zwischen dem Parkplatz und der Strasse angeordnet werden.
Randflächen können für den Bau von Versickerungsanlagen genutzt werden.*



Beispiel 16: Parkplatz Golfplatz, Domat Ems

Die auf den Parkfeldern verwendeten Rasengittersteine erlauben, dass das Niederschlagswasser direkt am Ort des Anfalls in den Untergrund gelangt. Es bilden sich nicht grosse Wassermassen, die man ableiten müsste, da ein Grossteil des Wassers direkt versickert. Die oberflächliche Begrünung verbessert zudem die Filtrierungswirkung des Bodens. Bei Starkniederschlägen fliesst das überschüssige Wasser in das angrenzende Grünland ab.

Der Gestaltung mit verschiedenen Gittersteinen und Ökosteinen sind praktisch keine Grenzen gesetzt. So kann man beispielsweise verschiedene Gesteinssorten verwenden, um die Parkfelder zu markieren. Dies hat den zusätzlichen Vorteil, dass sich die Begehbarkeit verbessern lässt. Kundenfreundlichkeit und ökologische Siedlungsentwässerung lassen sich so ideal aufeinander abstimmen.



Bei extremen Gewitterregen kann das Niederschlagswasser seitlich abfließen und im Grünland versickern.



Rasengittersteine erlauben dem Regenwasser am Ort des Anfalls zu versickern. Damit kann auf den Bau von teuren Einlaufschächten und Entwässerungsleitungen verzichtet werden.

Anhang A: Dimensionierung von Versickerungs- und Retentionsanlagen

A1 Grundlagen der Dimensionierung

A1.1 Grundsätze

Der vorliegende Anhang soll einen generellen Überblick über die wichtigsten Grundlagen zur Dimensionierung von Versickerungs- und Retentionsanlagen geben. Dabei gilt es zwei Anlagetypen zu unterscheiden: Einerseits handelt es sich um Anlagen im Bereich der Liegenschaftsentwässerung. Diese behandelt man gemäss Norm SN 592'000, wobei vereinfachte Berechnungen zulässig sind. Grössere Anlagen andererseits sind im Rahmen eines Entwässerungsprojektes zu realisieren. Die Grundlagen dazu müssen unter anderem im Generellen Entwässerungsplan (GEP) erarbeitet werden. Bei solchen Anlagen empfehlen wir, die entsprechende Fachliteratur zu konsultieren und ausgewiesene Fachleute zu Rate zu ziehen. Die Verantwortung für Bemessung und Ausführung einer Versickerungs- und Retentionsanlage liegt

beim Bauherrn sowie beim projektierenden Ingenieur oder Hydrogeologen. Generell sind die Anlagen nach folgenden Kriterien zu bemessen:

- Eintretenswahrscheinlichkeit des massgebenden Niederschlagsereignisses
- Lokale hydrogeologische Verhältnisse
- Tolerierbares Schadenausmass beim Überlaufen der Anlage
- Verschmutzungspotential auf Dächern, Plätzen und Strassen

Dabei sind verschiedene Einflussgrössen wie Bemessungsregen, Regenwasserzufluss zur Anlage, Eigenschaften der Bodendeckschicht und des Untergrundes von Belang.

A1.2 Regenintensität

Die Regenintensität ist die massgebende Grösse für die Dimensionierung von Entwässerungsanlagen. Je nach Komplexität der Aufgabenstellung kommen bei der Berechnung verschiedene Methoden zur Anwendung:

- vereinfachende Pauschalannahme
- Regenintensitätskurven
- Diagramme für Speicherberechnungen

Bei grossen Retentionsanlagen sowie bei erhöhtem Risiko verwendet man mit Vorteil Simulationsprogramme, die mit Modellregen, Einzelregen-Ganglinien und Regenserien arbeiten.

Vereinfachende Pauschalannahme

Die Norm SN 592'000 gibt als Dimensionierungswert eine Regenintensität von

$$r = 300 \text{ l/s} \times \text{ha} \text{ bzw. } 0,03 \text{ l/s} \times \text{m}^2$$

Diese Pauschalannahme kann man einfachen Aufgabenstellungen wie einzelnen Dach- oder Platzflächen zugrundelegen, sofern gute Versickerungsverhältnisse vorhanden sind.

Regenintensitätskurven nach Hörler / Rhein

Für die Bemessung von Entwässerungsanlagen haben Hörler / Rhein die Daten von Starkregen in Form von Intensitätskurven statistisch ausgewertet. Die Kurven geben an, wie mit zunehmender Dauer eines Regens dessen mittlere Intensität abnimmt. Die Auswertung erfolgt für verschiedene Jährlichkeitsstufen z , welche die Häufigkeit der Überschreitung einer bestimmten Intensität ausdrücken. Die Wahl der Jährlichkeit erfolgt in Abhängigkeit vom jeweiligen Risikopotential. Im allgemeinen rechnet man bei der Planung von Kanalisationen mit einer Jährlichkeit von $z = 5$.

Bei Versickerungs- und Retentionsanlagen kann je nach Risikopotential eine Jährlichkeit von $z = 10$ oder $z = 20$ Jahren angemessen sein, was den Schutzgrad entsprechend erhöht. Dies gilt besonders in gefährdeten Lagen wie topo-

graphischen Tiefpunkten und ausgeprägten Talschlüssen, in denen Gewitter tendenziell "hängen bleiben".

Die Grundformel für die Berechnung von Regenintensitäten lautet:

$$r = K / (T + B)$$

wobei

r = mittlere Regenintensität bei T Minuten

Regendauer, die im Mittel alle z Jahre

erreicht oder überschritten wird, in $\text{I/s} \times \text{ha}$

K = Koeffizient des Ortes und der Jährlichkeit Z

Z = Jährlichkeit, das heißt Zeitintervall, in

dern eine bestimmte Regenintensität im

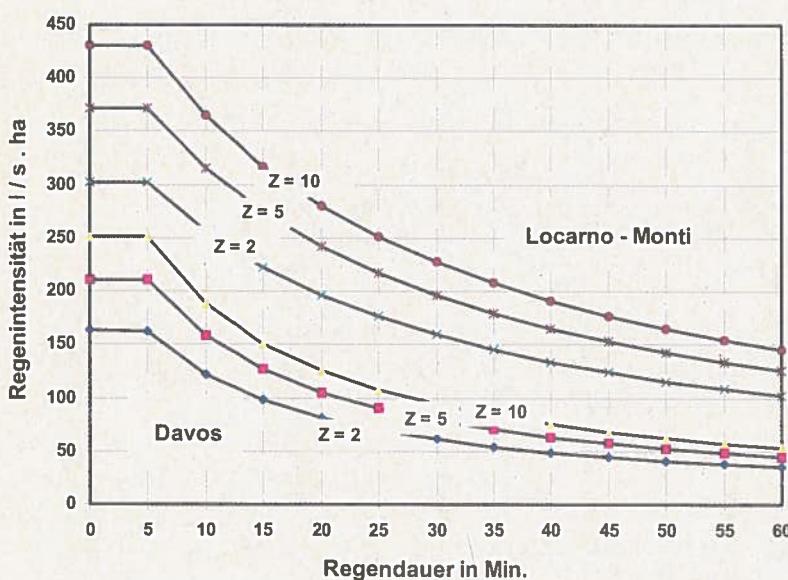
Mittel einmal erreicht oder überschritten

wird, in Jahren

B = Ortskonstante, in Minuten

T = Regendauer, in Minuten

Regenintensitätskurven Davos und Locarno-Monti



Für den Kanton Graubünden stehen die folgenden Regenintensitäten zur Verfügung:

Station	K-Wert für die Häufigkeit Z (Jahren)				B-Wert	Regenhöhe mm/Jahr
	2	5	10	20		
Davos	2438	3159	3762	4397	10	999
Locarno-Monti	8446	10418	12044	13810	23	1822

A1.3 Die Spitzabflussbeiwerte resp. Abflussbeiwerte

Beregnete Fläche	Abflussanteil
Kies - Flachdach	0.3
Schrägdächer	0.8 - 1.0
Plätze und Wege mit Hartbelag	1.0
Plätze und Wege mit Kiesbelag	0.6
Plätze mit Rasengittersteinen	0.1
Humusierte Flach- und Schrägdächer	0.3 - 0.6

Der Spitzabflussbeiwert resp. der Abflussbeiwert (wird in der Liegenschaftsentwässerung oft so bezeichnet) beschreibt das Verhältnis zwischen maximaler Abflussintensität und mittlerer Regenintensität während der Bemessungszeit.

Gemäss der Norm SN 592'000 gelten für die Liegenschaftsentwässerung die nebenstehenden Werte, wobei allfällige spezielle Retentionsmassnahmen auf der Liegenschaft unberücksichtigt sind.

Spitzabflussbeiwert		
Dächer:	Ziegel	0.90
	Eternit	0.95
	Kiesflachdach	0.25
	Blech, Schiefer	0.95
Strassen, Plätze:	Asphalt	0.80
	Beton	0.80
	Pflästerung	0.50
	Schotterdecken	0.25
Grünflächen:	Rasengittersteine	0.15
	Garten, Wiese, Park	0
	Wald	0
	Rebberg	0.3 - 0.5
	Steilwiese	0.3 - 0.5

Auf Grund der BUWAL-Studie "Der Spitzabflussbeiwert - Eine Untersuchung der Regenwasserverluste in Siedlungsgebieten" (Peter Kaufmann und Hans Ellenberger, 1979) können die nebenstehenden Spitzabflussbeiwerte angewendet werden.

A1.4 Charakterisierung des Bodens

Zur Beurteilung, ob eine Versickerungsanlage die Voraussetzungen für eine ausreichende Schluckfähigkeit aufweist und zur sicheren Bemessung sind verschiedene Informationen über den Boden erforderlich:

Versickerungsmöglichkeiten im Gemeindegebiet - Vorhandensein von sickerfähigen Schichten

Die Planung von Versickerungen erfordert grossräumige Informationen über die hydrogeologische Situation eines Gemeindegebietes oder einer Region. Aufgrund hydrogeologischer Untersuchungen wird erkennbar, in welchen Gebieten die Versickerung grob beurteilt überhaupt in Frage kommt.

Ferner kann auf allfällige Negativeffekte wie Gefährdung des Grundwassers, Durchnäsung des Bodens, Rutschgefahr, etc. aufmerksam gemacht werden.

Über das Vorhandensein sickerfähiger Schichten gibt der Zustandsbericht Versickerung des GEP mit der Versickerungskarte Auskunft. Wo dieser Zustandsbericht nicht vorliegt, muss ein Hydrogeologe beigezogen werden, und es müssen geologische Karten, andere geologische Unterlagen oder ortskundige Personen konsultiert werden.

Informationen über die Durchlässigkeit der sickerfähigen Bodenschichten

Zur Bemessung von Versickerungsanlagen sind weitreichende Informationen über den Boden an Ort und Stelle notwendig. Es genügt nicht, die hydrogeologische Situation des Grundwasserträgers zu beschreiben, vielmehr sind eingehende Informationen über die für den Wassertransport limitierenden obersten Bodenschichten am Ort der Versickerung einzuholen. Über diese im ungesättigten Bodenbereich liegenden Schichten sind bodenphysikalische Kennwerte zu ermitteln oder abzuschätzen.

Die spezifische Sickerleistung bestimmt, wie gross die versickerungswirksame Fläche in einer Anlage sein muss, damit die gewünschte Wassermenge versickern kann. Je grösser die spezifische Sickerleistung ist, desto kleiner kann die versickerungswirksame Fläche gewählt, d.h. desto kleiner kann die Anlage dimensioniert werden.

Mächtigkeit der schlecht durchlässigen Deckschichten über der sickerfähigen Schicht

Die Mächtigkeit der schlecht durchlässigen Deckschichten bestimmt die minimale Tiefe einer Versickerungsanlage; diese muss direkt die sickerfähige Schicht erschliessen. Die maximale Tiefe einer Anlage wird einerseits durch die Baumethode (mögliche Grabentiefe), andererseits durch die Lage des Grundwasserspiegels eingeschränkt: Die Sohle der Anlage sollte mindestens 1 m über dem Grundwasserspiegel bei Hochwasser (HW) liegen, denn aus Überlegungen des qualitativen Grundwasserschutzes soll die vertikale Sickerstrecke im ungesättigten Boden mindestens 1 m betragen, und die Versickerungsanlage darf nicht eingestaut werden.

Die Mächtigkeit der schlecht durchlässigen Deckschichten und die Beschaffenheit der

sickerfähigen Schicht wird am besten mittels eines Baggerschlitzes abgeklärt. Es ist das geologische Bodenprofil aufzunehmen.

Die Lage des Grundwasserspiegels bei Hochwasserstand (HW)

Die Lage des Grundwasserspiegels bei Hochwasserstand ist entweder den einschlägigen Grundwasserkarten oder hydrogeologischen Karten zu entnehmen oder von vorhandenen Grundwassermessstellen der näheren Umgebung zu extrapolieren. Es können auch mittels Bohrungen oder Piezometern direkte Messwerte erhoben werden, welche auf den Hochwasserstand hochzurechnen sind.

Abschätzung der Bodendurchlässigkeit

Zur Abschätzung der Durchlässigkeit eines Bodens existieren verschiedene Berechnungs- und Schätzmethoden, bei denen anhand der Bodenart die Bodendurchlässigkeit bestimmt wird. Alle diese Berechnungsmethoden basieren auf homogenen isotropen Böden, d.h. auf einer in allen Richtungen gleichen Durchlässigkeit.

Unsere Böden sind aber in den meisten Fällen weder homogen, noch haben sie eine isotrope Durchlässigkeit. Unsere natürlichen Böden in der Schweiz sind mehr oder weniger ausgeprägt geschichtet. Die Durchlässigkeit parallel zu den Schichtflächen ist in den meisten Fällen grösser als die Durchlässigkeit senkrecht zu den Schichten.



Für die Berechnung der Versickerungsanlagen interessiert uns diejenige Wassermenge, die perkolativ durch die ungesättigte Bodenzone dem Grundwasser zufließen kann. Sie kann mengenmäßig mit folgenden Begriffen beschrieben werden:

Versickerungsmenge Q = gesamte Wassermenge, welche innerhalb einer Versickerungsanlage infiltriert [m³/s resp. l/Min.]

Bodenschichten	Spez. Sickerleistung q_i l / Min. × m ²
Grobkies	> 100
Feinkies, sandig	> 10
Sand, Kiesig	5 - 10
Humus (unverdichtet)	2 - 3
Sand	0.5 - 5
Moräne, lehmiger Kies	0.5 - 2
Moräne, kiesiger Lehm	< 1
Silt, Ton	< 10 ⁻²

Versickerungsrate q_i = Infiltration pro Versickerungsfläche = spezifische Sickerleistung
 $q_i = Q_i / A$ [m³/s × m² resp. l/Min. × m²]

Für eine grobe Abschätzung des Durchlässigkeitskoeffizienten k können die Werte der Literatur entnommen werden.

Die spezifische Sickerleistung q_i entspricht nicht dem Durchlässigkeitskoeffizienten k nach Darcy, obwohl die Dimension der Einheiten dieselbe ist (m³/s · m² ≈ m/s). Die Darcy-Formel gilt definitionsgemäß für laminare Strömungen im homogenen, gesättigten Grundwasserleiter, wogegen die Versickerung in der Regel perkolativ in den ungesättigten Bodenschichten erfolgt.

Die spezifische Sickerleistung in der ungesättigten Bodenzone wird vereinfachend angenommen (ATV-Arbeitsblatt A138):

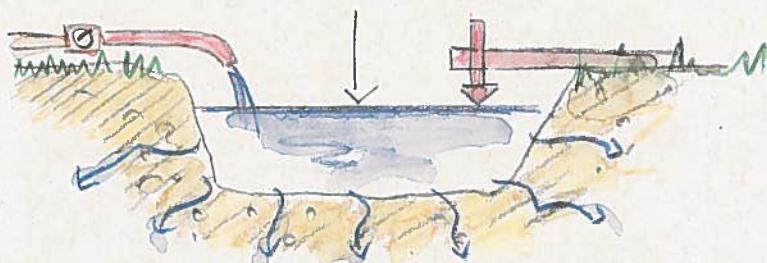
$$\text{spezifische Sickerleistung } q_i = \frac{\text{Boden } k\text{-Wert gesättigte Zone}}{2}$$

A1.5 Versickerungsversuche an Ort

Zielsetzung

Wichtigstes Ziel eines Versickerungsversuches ist es, die spezifische Sickerleistung q_i der anstehenden Bodenschichten zu ermitteln. Diese ist ein massgebender Parameter für die Dimensionierung einer Versickerungsanlage.

Wasserspiegel konstant



Der Versickerungsversuch im offenen Graben (stationäre Verhältnisse)

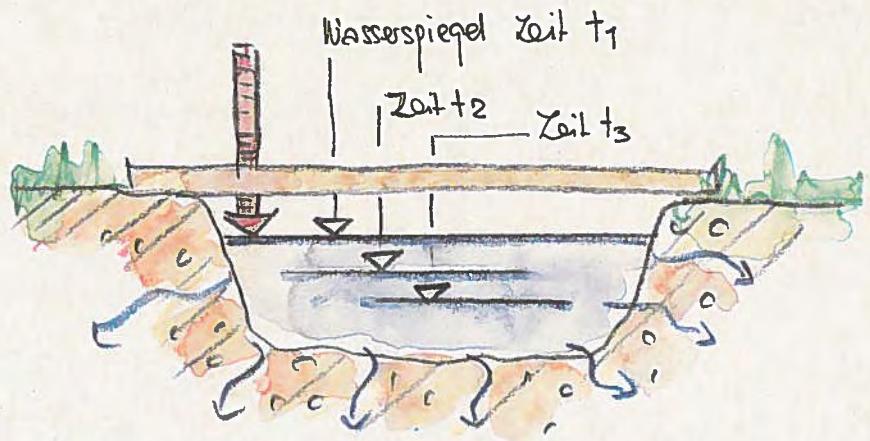
Mit dem Bagger wird ein Sondiergraben geöffnet, welcher so tief ist, dass er die schlecht durchlässigen Deckschichten durchstößt und die sickerfähigen Schichten erschließt.

Anschliessend wird ab Hydrant oder ab Druckfass sauberes Wasser in den Graben eingeleitet. Die Wassermenge sollte so lange eingeregelt werden, bis die Versickerungsrate konstant ist und sich im Graben ein konstanter Wasserspiegel einstellt. Dies wird erst nach einer gewissen Zeit der Fall sein, wenn die Bodenschichten vollständig benetzt und auch entlüftet sind.

Der Absenkversuch im offenen Graben

Der Absenkversuch im offenen Graben wird dann durchgeführt, wenn die eingeleitete Wassermenge Q nicht gemessen werden kann, oder wenn mit konstantem Q kein konstanter Wasserspiegel im Graben eingehalten werden kann (gilt vor allem bei schlecht durchlässigen Böden).

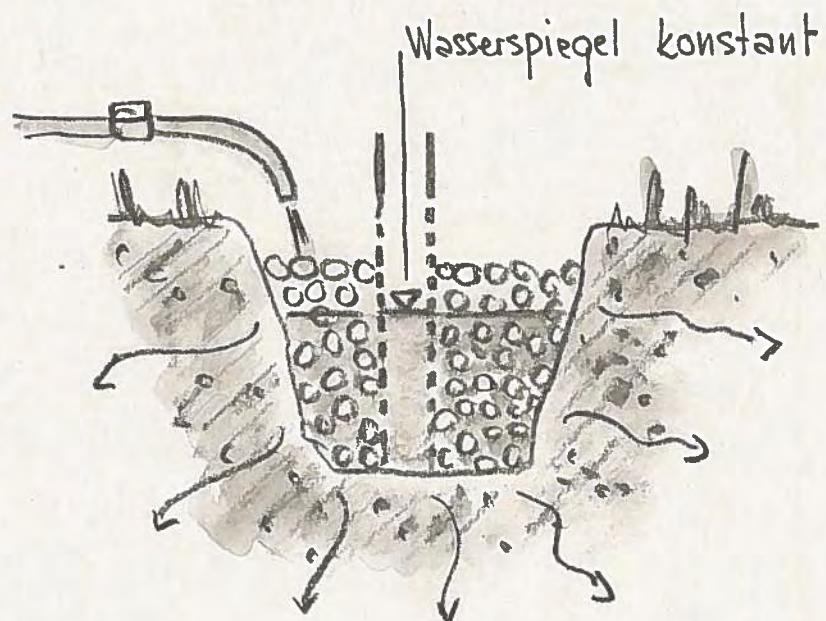
Der standfeste Graben wird bis auf ein möglichst hohes Niveau mit Wasser gefüllt. Über den Graben wird eine feste Messlatte gelegt, welche als Absteckpunkt zur Messung der Wasserspiegelabsenkung dient. Die versickern- de Wassermenge Q wird aus den Grabenab- messungen und der Wasserspiegelabsenkung pro Zeiteinheit ermittelt.



Der Versickerungsversuch Im Filterrohr im kiesgefüllten Graben

In der Praxis wird der Sondierschacht die erforderliche Standfestigkeit oft nicht aufweisen. Meist stürzt schon beim Ausheben des Grabens Material nach. In diesen Fällen ist es zweckmäßig, den Graben vor der Versuchsdurchführung mit einem geschlitzten oder gelochten Kunststoffrohr auszurüsten, mit gewaschenem Kies zu füllen und den Versickerungsversuch im Filterrohr und in der Kiesfüllung durchzuführen.

Der Versickerungsversuch wird vorzugsweise als Versuch mit konstanter Wassermenge und konstantem Wasserniveau durchgeführt.



Durchführung und Auswertung der Sickerversuche

Informationen zur Durchführung von Sickerversuchen und zur Ermittlung der spezifischen Sickerleistung können dem Musterbuch zum Generellen Entwässerungsplan (GEP) des VSA entnommen werden.

(Kapitel 6.3, Blätter 30-34)

A2 Dimensionierung von Versickerungsanlagen

A2.1 Aufgabe und Zielsetzung

Das Ziel bei der Dimensionierung der Versickerungsanlagen ist die Bestimmung der Abmessungen der Sickeranlagen, insbesondere

die Ermittlung der Abmessungen der erforderlichen Sickerflächen.

A2.2 Bemessung der Versickerungsbauwerke

Die Infiltration von Regenwasser in einen ungesättigten Boden ist ein instationärer Vorgang, indem der Wassergehalt sich mit zunehmend infiltrierter Wassermenge mit der Tiefe und der Zeit ständig ändert. Demzufolge ist auch die Schluckfähigkeit einer Versickerungsanlage einer zeitlichen Änderung unterworfen.
Um die Bemessung von Versickerungsbau-

werken einfach berechenbar zu machen, wird sehr vereinfachend mit einer konstanten Durchlässigkeit gerechnet. Ebenso werden die auftretenden hydraulischen Gradienten sehr grob als konstante Mittelwerte über die Sickerstrecke angenähert. Mit diesen Vereinfachungen wird es möglich, die Grösse und Geometrie einzelner Versickerungsbauwerke zu berechnen.

A2.3 Bemessungsregeln

Die jährliche Überschreitungshäufigkeit des Bemessungsregen sollte mit $z = 5 - 10$ Jahren gewählt werden (in 5 - 10 Jahren einmal erreicht oder überschritten).

Die massgebende Regendauer (T) kann wie folgt gewählt werden:

bei Flächenversickerung: $T = 10$ Min.
bei Versickerungen mit Speichermöglichkeit:
 T ergibt sich aus der Berechnung

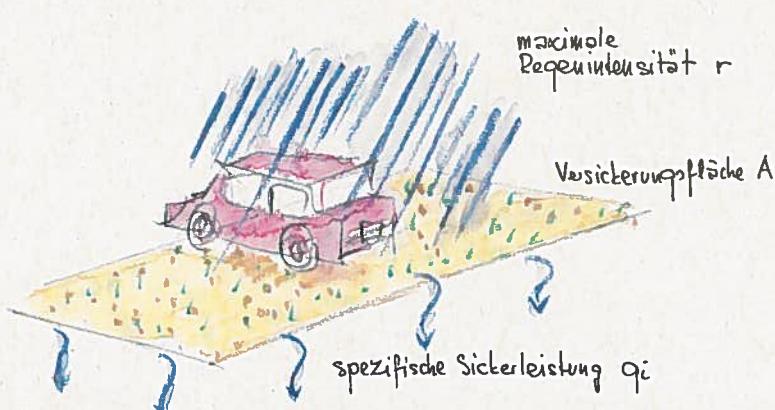
Bei der Berechnung der Zuflüsse zur Versickerungsanlage wird allgemein von „Blockregen“ ausgegangen (konstante Regenintensität über die Dauer des Bemessungsregens). Bei der Planung der Entwässerung grösserer zusammenhängender Gebiete, wird die Anwendung von Simulationsprogrammen mit historischen Regenserien empfohlen (SASUM, MOUSE und andere).

A3 Flächige Versickerung direkt auf der Fläche

Alles Regenwasser versickert direkt auf der Fläche, wie z.B. bei Rasengittersteinen, Schotterrasen, Schotter, Pflasterungen ohne

Fugenverguss, Kiesplätzen. Die Versickerungsfähigkeit der Oberfläche muss mindestens so gross sein, dass die maximale Regenmenge ohne Aufstau direkt versickern kann.

Die obersten Bodenschichten dienen als Filter für Schmutzstoffe im Regenwasser.



Die Flächenversickerung ist geeignet für alle begehbarer Flächen mit geringer Nutzung oder für Flächen mit geringem Verkehr (Parkplätze, Plätze und Fusswege, Velowegen, Garagenzufahrten).

Parameter	Beispiel
Art der Anlage: Grösse Anstehender Untergrund:	Privater Parkplatz: Breite=4,0 m, Länge=10,0 m keine $k = 5 \times 10^{-4} \text{ m/s} = 30 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$ minus 15,0 m
Eingebrachtes Sickerpaket	Schotter / Humus 0,40 m $10^3 \text{ m / s} = 60 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$
Dimensionierung der Anlage	40,0 m ² $k_{\text{gesättigt}} / 2 = 15 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$ $60 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$ $15 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2 = 600 \text{ l / Min.}$ $15 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2 = 2'500 \text{ l / s} \times \text{ha}$ $158 \text{ l / s} \times \text{ha} < 2'500 \text{ l / s} \times \text{ha}$

Fazit:
Die Flächenversickerung funktioniert auch bei Gewitterregen

Bei Rasengittersteinen und Pflästerungen mit Betonsteinen muss die Fugenfläche und das Füllmaterial so aufeinander abgestimmt sein, dass die geforderte Durchlässigkeit erreicht

wird. Bei Rasengittersteinen mit z.B. 33% freier Sickerfläche muss entsprechend die Durchlässigkeit des Füllmaterials ca. 3 mal grösser sein als die maximale Regenintensität.

A.4 Flächenversickerung auf seitlichen Flächen

Das Regenwasser von befestigten Flächen wird auf seitlichen, ebenen Flächen zur Versickerung gebracht. Dabei muss der Niederschlag, der auf die Sickerfläche fällt zusätzlich versickern können.

Die für die Versickerung notwendige Fläche A berechnet sich nach der Formel:

$$A = \frac{F_{\text{red}} [\text{m}^2]}{\left(\frac{q_i [\text{l / Min.} \cdot \text{m}^2]}{r [\text{l / Min.} \cdot \text{m}^2]} \right)^{-1}} \quad [\text{m}^2]$$

mit

F_{red} = angeschlossene befestigte Fläche in m²

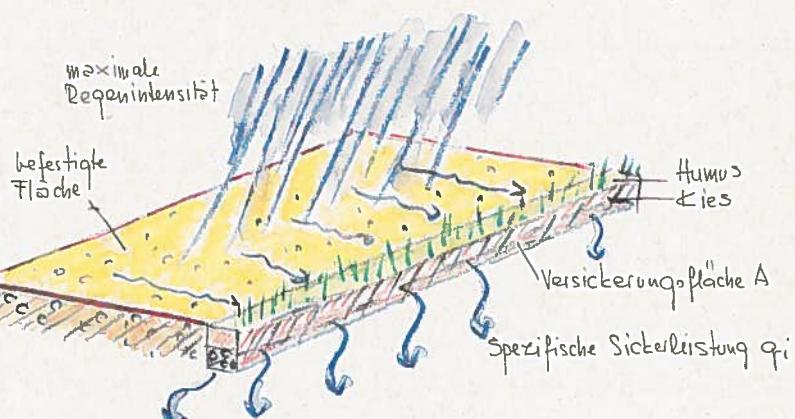
A = verfügbare Versickerungsfläche in m²

q_i = spezifische Sickerleistung in m/s

= (l / Min. × m²) / (1000 × 60)

r = Regenintensität für T=10 Min. in m³/sm²

= (l/s × ha) × 10⁻⁷



Parameter	Beispiel
<p>Art der Anlage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grösse • Befestigung <p>Anstehender Untergrund:</p> <ul style="list-style-type: none"> • schlecht durchlässige Deckschichten • Durchlässigkeit im gesättigten Boden • Tiefe des max. Grundwasserspiegels <p>Eingebrachtes Sickerpaket</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammensetzung • Mächtigkeit h <p>Durchlässigkeit d (Erfahrungswert)</p> <p>Dimensionierung der Anlage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • befestigte Fläche • Abflussbeiwert • reduzierte Fläche F_{red} • spez. Sickerleistung des Untergrundes • spez. Sickerleistung Humus + Kies • massgebende spez. Sickerleistung q_i • Regenintensität r (Davos, Z=5, T=10') • erforderliche Versickerungsfläche A • Breite des Versickerungsstreifens 	<p>Privater Parkplatz Breite = 4,0 m , Länge = 10,0 m Asphalt</p> <p>keine $k = 5 \times 10^{-4} \text{ m/s} = 30 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$ minus 25,0 m</p> <p>Kies ab Wand / Humus $0,20 \text{ m} + 0,20 \text{ m} = 0,40 \text{ m}$ $10^3 \text{ m/s} = 60 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$</p> <p>$40,0 \text{ m}^2$ 0,80 $32,0 \text{ m}^2$ $k_{gesättigt} / 2 = 15 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$ $60 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$ $15 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$ $158 \text{ l / s} \times \text{ha} = 0,95 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$ $2,16 \text{ m}^2$ ca. 0,25 m</p>

Fazit:
Die Versickerung ist möglich auf einem seitlichen Rasenstreifen von ca. 25 cm Breite.

A.5 Muldenversickerung (Versickerungsbecken, Versickerungsgraben)

Die Muldenversickerung kommt im allgemeinen dann zur Anwendung, wenn die verfügbare Versickerungsfläche für eine Flächenversickerung nicht ausreicht. Man kann in der Regel davon ausgehen, dass die Fläche A der Versickerungsanlage vorgegeben ist und nach dem notwendigen Speichervolumen V_s der Versickerungsmulde gefragt wird.

Unter der Annahme einer konstanten Versickerungsrate ergibt sich V_s aus der Differenz zwischen dem Niederschlagsvolumen und dem Versickerungsvolumen, jeweils bezogen auf die Dauer des Bemessungsregens :

$$V_s = (\sum Q - \sum Q) \cdot T \\ = [(F_{red} + A) \cdot r \cdot T \cdot 60] - [A \cdot q_i \cdot T \cdot 60] \quad [m^3]$$

Die massgebende Dauer des Bemessungsregens (T) ergibt sich aus der Bedingung $dV_s/dT = 0$ wie folgt:

$$T = \sqrt{\frac{10^{-7}}{q_i} \cdot K \cdot B \cdot \frac{F_{red} + A}{A}} - B \quad [\text{Min.}]$$

V_s = Speichervolumen in m^3

F_{red} = angeschlossene befestigte Fläche in m^2

A = verfügbare Versickerungsfläche in m^2

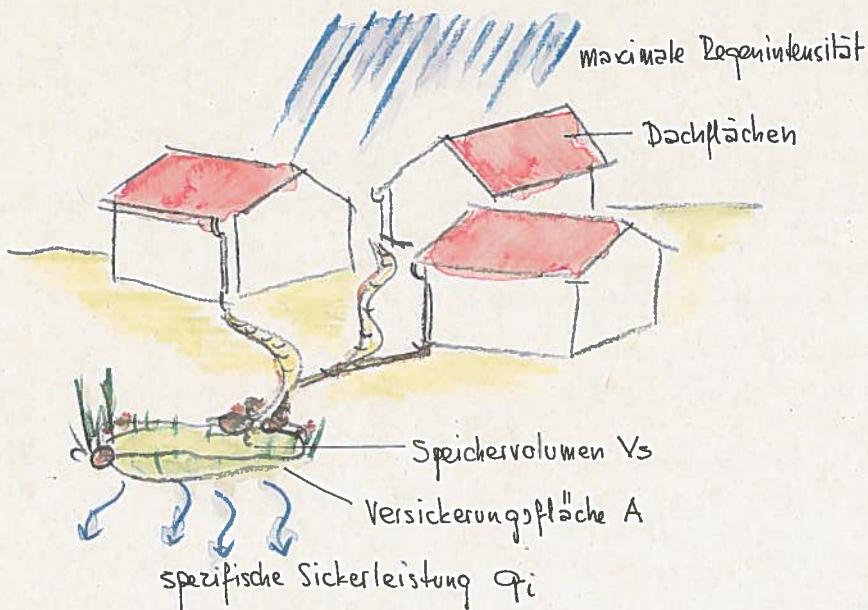
q_i = spezifische Sickerleistung in $\text{m/s} = (1 / \text{Min.} \times \text{m}^2) / (1000 \times 60)$

r = massgebende Regenintensität in $\text{m}^3 / \text{s} \times \text{m}^2 [= (l/\text{s} \times \text{ha}) \times 10^{-7}]$

T = Dauer des Bemessungsregens in Min.

K = Koeffizient des Ortes und der Jährlichkeit Z (Hörler/Rhein)

B = Ortskonstante, in Min. (Hörler/Rhein)



Dimensionierungsbeispiel Muldenversickerung

Parameter	Beispiel
Art der Anlage	Dachfläche Fläche = 500 m^2
• Grösse	Ziegel
• Befestigung	
Anstehender Untergrund	Dicke ca. 0,50 m siltiger Sand $q_i = 2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
• schlecht durchlässige Deckschichten	
• Beschaffenheit sickerfähige Schichten	
• Durchlässigkeit sickerfähige Schichten aus Versickerungsversuch	
• Tiefe des max. Grundwasserspiegels	minus 5,0 m
Eingebrachtes Sickerpaket	Kies ab Wand / Humus $0,15 \text{ m} + 0,15 \text{ m} = 0,30 \text{ m}$ $10^{-3} \text{ m/s} = 60 \text{ l/Min.} \times \text{m}^2$
• Zusammensetzung	
• Mächtigkeit	
• Durchlässigkeit (Erfahrungswert)	
Gewählte Grösse der Sickermulde	Annahme = 15 m^2 (3 % der Dachfläche)
Dimensionierung der Anlage	
• Abflussbeiwert	0,90
• reduzierte Fläche	450 m^2
• spez. Sickerleistung des Untergrundes	$12 \text{ l/Min.} \times \text{m}^2$
• spez. Sickerleistung Humus + Kies	$60 \text{ l/Min.} \times \text{m}^2$
• massgebende spez. Sickerleistung q_i	$12 \text{ l/Min.} \times \text{m}^2$
• Ortskonstante K	3159
• Ortskonstante B	10
• massgebende Regendauer T	12 Min.
• max. Regenintensität (Davos, Z=5, T=12)	$144 \text{ l/s} \times \text{ha}$
• erforderliche Speichervolumen V_s	$2,66 \text{ m}^3$
• mittlere Muldentiefe	0,18 m

Fazit:
Die Versickerung ist möglich mit einer Mulde von 15 m^2 Fläche und 0,18 m Tiefe

A.6 Rigolen- und Rohrversickerung (Versickerungsgalerie, Versickerungsstrang, Kiesfladen)

Die Bemessung einer Rigolen- und Rohrversickerung erfolgt wie bei der Muldenversickerung nach der Kontinuitätsbedingung

Zufluss - Abfluss (Versickerung) = Speicheränderung

Die Berechnung erfolgt unter folgenden Annahmen:

- T = Gesamtdauer des Bemessungsregens
- konstante Versickerungsrate q_i
- für die Berechnung der wirksamen Versickerungsfläche wird nur die halbe Höhe h der Rigole eingesetzt:

Damit ergibt sich :

$$Q_r = F_{red} \times r \times T \quad \text{Regenmenge in } m^3$$

$$A = b \times L + [2 \times (h/2)] \times L = (b+h) \times L \quad \text{wirksame Versickerungsfläche in } m^2$$

$$Q_i = A \times q_i \times T \quad \text{Versickerungsmenge in } m^3$$

und das notwendige Speichervolumen einer Rigolen- und Rohrversickerung :

$$V_s = Q_r - Q_i =$$

$$[F_{red} \cdot r \cdot T \cdot 60] - [A \cdot q_i \cdot T \cdot 60] \quad [m^3]$$

Die massgebende Dauer des Bemessungsregens (T) ergibt sich aus der Bedingung

$$dV_s/dT = 0 \text{ wie folgt:}$$

$$T = -B + \sqrt{\frac{10^{-7} \cdot F_{red} \cdot K \cdot B}{q_i \cdot A}} \quad [\text{Min.}]$$

mit

V_s = Speichervolumen in m^3

L = Länge des Sickerpaketes

h = Höhe des Sickerpaketes

b = Breite des Sickerpakets

F_{red} = angeschlossene befestigte Fläche (m^2)

A = wirksame Versickerungsfläche in m^2

q_i = spezifische Sickerleistung in m/s

r = Regenintensität in $m^3/s \times m^2$
[= (l/s × ha) × 10⁻⁷]

T = Dauer des Bemessungsregens in Min.

K = Koeffizient des Ortes und der Jährlichkeit Z (Hörler/Rhein)

B = Ortskonstante, in Min. (Hörler/Rhein)

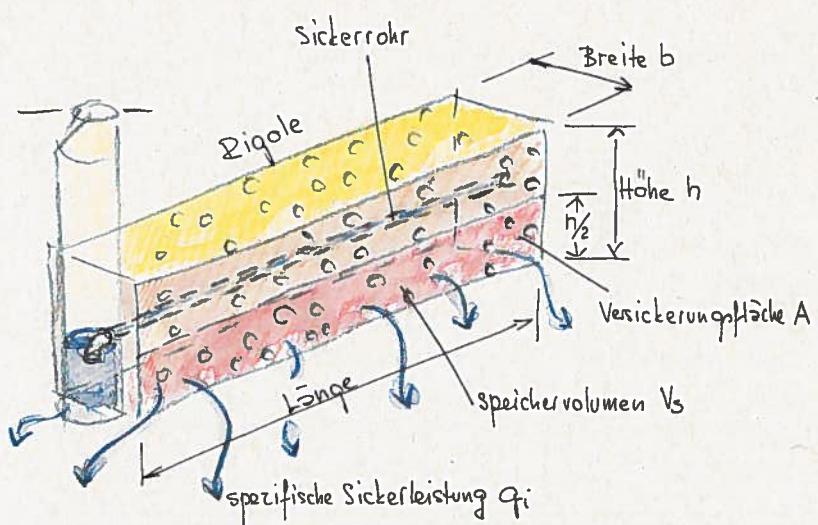
Bei der Berechnung des Speichervolumens V_s wird berücksichtigt:

• bei Rigolenversickerung:

Kiesfüllung × Porenvolumen

• bei Rohrversickerung:

Kiesfüllung × Porenvolumen + Rohrvolumen



Dimensionierungsbeispiel Rigolen- (Rohr-) versickerung

Parameter	Beispiel
Art der Anlage	Platz- und Dachwasser
• Grösse	Fläche = 1'250 m ²
• Befestigung	Asphalt und Beton
Anstehender Untergrund	Dicke ca. 2,00 m
• schlecht durchlässige Deckschichten	Schotter
• Beschaffenheit sickerfähige Schichten	
• Durchlässigkeit sickerfähige Schichten aus Versickerungsversuch	$q_i = 5 \times 10^{-4} \text{ m/s} = 30 \text{ l/Min.} \times \text{m}^2$ minus 15,0 m
• Tiefe des max. Grundwasserspiegels	
Eingebrachtes Sickerpaket	Kies ab Wand
• Zusammensetzung	1,50 m
• Rigolen - Breite	2,00 m
• Rigolen - Höhe = Einstauhöhe h	$10^{-3} \text{ m/s} = 60 \text{ l/Min.} \times \text{m}^2$ 30 % = 0,30
• Durchlässigkeit (Erfahrungswert)	
• Porosität	
Gewählte Lösung	
• Rigole mit Kontrollschaft / Schlammsammler am Anfang	Schacht - Durchmesser = 1,00 m
• Länge der Rigole	8,00 m
• Sickerrohr - Durchmesser	0,20 m
Dimensionierung der Anlage	
• Abflussbeiwert	0,80
• reduzierte Fläche Fred	1000 m ²
• vorhandenes Speichervolumen (Kies + Schacht + Rohr) V_s	9,0 m ³
• wirksame Versickerungsfläche A	28 m ²
• spez. Sickerleistung des Untergrundes	$5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
• spez. Sickerleistung Kies ab Wand	10^{-3} m/s
• massgebende spez. Sickerleistung q_i	$5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
• Ortskonstante K	3159
• Ortskonstante B	10
• massgebende Regendauer T	5 Min.
• max. Regenintensität (Davos, Z=5, T=11')	211 l/s × ha
• erforderliche Speichervolumen V_s	$2,13 \text{ m}^3 < 9,0 \text{ m}^3$

Fazit:
Die Länge der Rigole könnte kürzer gewählt werden.

A.7 Schachtversickerung (Versickerungsschacht)

Konzentrierte, punktförmige Versickerung mittels Versickerungsschacht und künstlich eingebrachten Filterschichten. Die Versickerung erfolgt direkt in die sickerfähigen Bodenschichten unter Umgehung der filtrierenden Humusschicht.

Bei der Berechnung des Sickerschachtes wird vereinfachend das Schachtspeichervolumen in der Berechnung nicht berücksichtigt. Damit muss der eingebrachte Kiesfilter so gross sein, dass der maximale Regenwasserzufluss beim Bemessungsregen über die Kiesmantelfläche und der Bodenfläche direkt versickern kann.

Die Berechnung erfolgt unter folgenden Annahmen:

- Dauer des Bemessungsregens $T = 10 \text{ Min.}$
- konstante Versickerungsrate q_i
- für die Berechnung der wirksamen Versickerungsfläche wird nur die halbe Höhe der Kiesmantelfläche eingesetzt, während die Bodenfläche voll angerechnet wird.

Es gilt dann:

$$Q_i = F_{\text{red}} \times r \times 10^{-7}$$

maximaler Regenwasserzufluss in m^3/s

$$A_B = d^2 \times \frac{\pi}{4} \times 1/4$$

Bodenfläche des Sickerpackets in m^2

$$A_M = d \times \frac{\pi}{4} \times h/2$$

Mantelfläche des Sickerpackets in m^2

$$A = A_B + A_M$$

wirksame Versickerungsfläche in m^2

mit

$$d = \text{Durchmesser des Kies - Sickerpaketes}$$

$$h = \text{Höhe des Sickerpaketes}$$

$$h/2 = \text{wirksame Höhe des Sickerpaketes}$$

$$F_{\text{red}} = \text{angeschlossene befestigte Fläche in } \text{m}^2$$

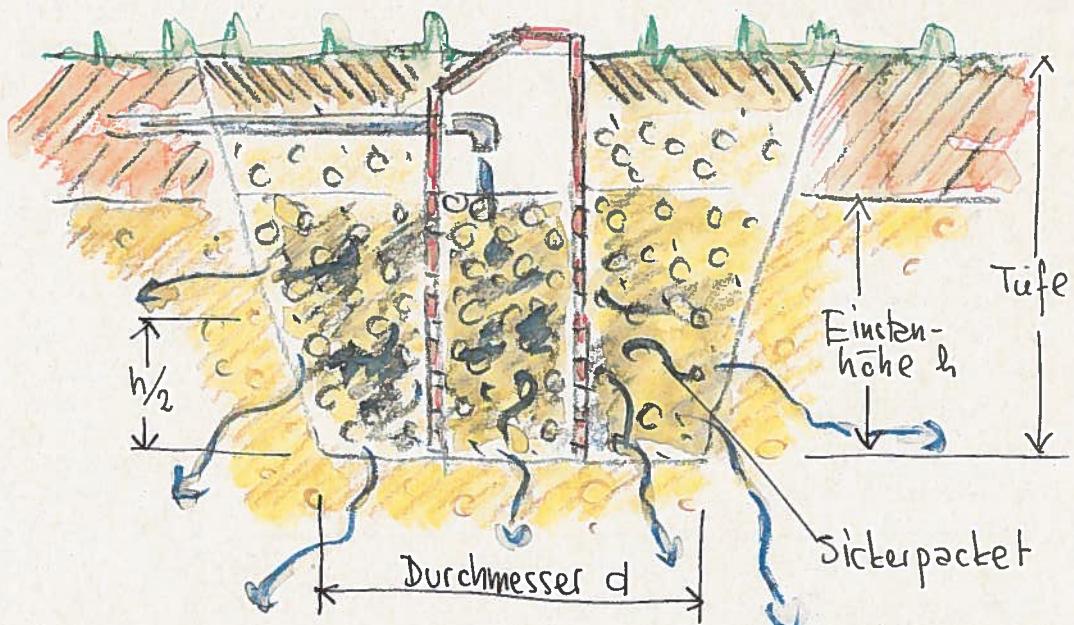
$$q_i = \text{spezifische Sickerleistung in } \text{m/s}$$

$$r = \text{Regenintensität für 10 Min. (l/s × ha)}$$

$$T = \text{Dauer des Bemessungsregens} = 10 \text{ Min.}$$

Für einen gewählten Durchmesser d des Kiespaketes kann die erforderliche Höhe des Sickerpaketes h wie folgt berechnet werden :

$$h = \frac{F_{\text{red}} \cdot r \cdot 10^{-7} - \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot q_i}{\frac{d}{2} \cdot \pi \cdot q_i} [\text{m}]$$



Dimensionierungsbeispiel Versickerungsschacht

Parameter	Beispiel
Art der Anlage	Versickerung von Dachwasser
• Grösse	Fläche = 300 m ²
• Befestigung	Ziegel
Anstehender Untergrund	Dicke ca. 2,00 m
• schlecht durchlässige Deckschichten	Schotter
• Beschaffenheit sickerfähige Schichten	$q_i = 2 \times 10^{-4} \text{ m/s} = 12 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$
• Durchlässigkeit sickerfähige Schichten aus Versickerungsversuch	minus 8,0 m
• Tiefe des max. Grundwasserspiegels	
Eingebrachter Sickerschacht	
• Tiefe	5,00 m
• Durchmesser des Schachtes	1,00 m
• Deckel über Terrain	0,20 m
• Einstauhöhe	3,00 m
Eingebrachtes Sickerpaket	Kies ab Wand
• Zusammensetzung	3,00 m
• Durchmesser d	$10^{-3} \text{ m / s} = 60 \text{ l / Min.} \times \text{m}^2$
Durchlässigkeit (Erfahrungswert)	
Dimensionierung der Anlage	
• Abflussbeiwert	0,90
• reduzierte Fläche	270 m ²
• erforderliche Höhe des Sickerpakets h	$3,02 \text{ m} = \text{gewählt } 3,00 \text{ m}$
• Bodenfläche des Sickerpakets A _B	7,1 m ²
• Mantelfläche des Sickerpakets A _M	14,1 m ²
• wirksame Versickerungsfläche A	21,2 m ²

Fazit:
Das Dachwasser der Überbauung kann über den Sickerschacht versickert werden.

Anhang B: Konstruktionsgrundsätze für Versickerungs- und Retentionsanlagen

Die Anforderungen an die Konstruktion von Versickerungsanlagen ergeben sich aus drei Hauptkriterien: Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit, Betrieb und Unterhalt und Sicherheit.

B1 Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit

- Die flächige Versickerung und die Versickerung über eine belebte Humusschicht sind dem Versickern in unterirdischen Anlagen vorzuziehen, da so die reinigende Wirkung der vegetativen Schicht voll zum Zug kommt.
- Die Sickerstrecke soll möglichst lang sein. Sie ist definiert als die vertikale Fließstrecke im ungesättigten, ungestörten Untergrund zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem maximalen Grundwasserspiegel ($HW_5 - HW_{10}$). Sie darf 1 m auf keinen Fall unterschreiten.
- Bei Aushubarbeiten für Versickerungsanlagen ist darauf zu achten, dass der sickerfähige Untergrund nicht gestört und verdichtet wird.
- Zum Aufbau eines Sickerpaketes wählt man mit Vorteil Materialien mit einer gut abgestuften Kornverteilungskurve. Bei Eignung können auch sickerfähige Materialien des Aushubs Verwendung finden.
- Die Böschungen von Mulden und Gräben sollten nicht steiler als das Verhältnis 2 : 3 sein.
- Bei den Zuläufen brauchen die Bauwerke Schutz vor Erosion. Mulden und Gräben können mit Steinen als Kolkschutz effizient geschützt werden. In Schächten können Prallplatten diese Funktion übernehmen.
- Durch das Vorschalten von Schlamm sammeln kann man das Verschlammten der Sickerflächen reduzieren.
- Versickerungs- und Retentionsbecken sollten nicht länger als einen Tag eingestaut bleiben, da sonst in der Humusschicht die Gefahr von Fäulnis auftritt.
- Versickerungs- und Retentionsflächen bepflanzt man in der Regel mit einheimischen Pflanzen. Fachleute können Auskunft geben über geeignete Arten.
- Versickerungsbauwerke müssen mit einer funktionierenden Lüftung ausgestattet sein, damit die Bodenluft entweichen kann (Schluffähigkeit), und damit die Abbauprozesse mit Luftsauerstoff ablaufen können.
- Werden Versickerungsanlagen in unmittelbarer Nähe von Kellergeschossen erstellt, sind Massnahmen zum Schutz vor unzulässiger Feuchtigkeitsbelastung dieser Räume vorzusehen.
- Bei Untergrundversickerung von Strassen- und Platzwasser ist im Einlaufschacht / Schlammsammler ein Tauchbogen einzubauen. Zu beachten: genügend Retentionsvolumen für auslaufende wassergefährdende Flüssigkeiten vorsehen.

B2 Betrieb und Unterhalt

- Unterhaltsintensive Anlageteile sind im Bereich von Zufahrten anzurichten: Das Entleeren von Schlammsammeln, der Ersatz von Filtermaterialien und ähnliches ist so wesentlich einfacher.
- Einstieg und Abmessung von Schachtbauwerken sollte man so gestalten, dass Unterhaltsarbeiten möglich sind. Minimalabmessungen für begehbarer Schächte: Ø 80 cm, Einstieg über Konus 80/60 cm (bzw. 100/60 cm).

- Abdeckungen und Schliessvorrichtungen müssen so beschaffen sein, dass eine einfache Kontrolle möglich ist.
- Nur ein regelmässiger Unterhalt gemäss Unterhaltsplänen gewährleistet dauernde Betriebsbereitschaft der Anlagen.
- Die Pläne der ausgeführten Versickerungs- und Retentionsanlagen müssen dem Unterhaltsdienst zur Verfügung stehen.
- Schächte, die Schadstoffe ohne Bodenpassage direkt in die sickerfähige Schicht einleiten könnten, müssen dicht und abschliessbar sein. Wenn sich über dem Schachtbauwerk stehendes Wasser sammeln kann, muss die Schachtabdeckung mindestens 10 cm über die mögliche Staukote hinausragen.
- Das Wasser soll vor der Versickerung in einem Schlammsammler vorgereinigt werden. Dies ist einzlich bei der flächigen Versickerung unnötig.

B3 Sicherheit

- Das Entwässerungssystem des nicht verschmutzten Abwassers muss vollständig vom System des Schmutzabwassers getrennt sein, und zwar auch bei Rückstau.
- Dem passiven Überschwemmungsschutz bei ausserordentlichen Niederschlagsereignissen oder bei Funktionsstörungen in der Versickerungs- und Retentionsanlage ist besondere Beachtung zu schenken. Generell muss man abklären, welche Objekte in diesem Fall gefährdet sind und wie sie geschützt werden können. Bei Kelleroblichtern kann dies beispielsweise mit erhöhten Lichtschachtumrandungen erfolgen.
- Schächte und deren Abdeckungen müssen eindeutig und unübersehbar beschriftet sein, damit Fehlanschlüsse vermieden werden.
- Notüberläufe in die Schmutz- oder Mischabwasserkanalisation sind nicht zugelassen, da diese die Rückstaugefahr massiv erhöhen.
- Die im Störfall zu bedienenden Anlagenteile sollten jederzeit zugänglich sein. Insbesondere ist genügend Abstand zwischen Schieber- schächten und Gebäuden zu wahren. Weiter muss durch konstruktive Massnahmen sichergestellt werden, dass kein Lösch- und Havariewasser in die Versickerungsanlagen gelangen kann. Dies betrifft besonders die Randabschlüsse zu Versickerungsbecken und Versickerungsgräben.
- Anschlüsse an Versickerungsanlagen muss man so gestalten, dass Wasserentnahmen zur Qualitätskontrolle jederzeit möglich sind.

Anhang C: Unterhalt und Wartung

C.1 Allgemeines

Der bauliche und betriebliche Unterhalt der Versickerungs- und Retentionsanlagen ist, soweit nicht ausdrücklich anders geregelt, Sache des Grundeigentümers oder des Bau- rechtnehmers. Die Anlagen müssen regelmässig kontrolliert werden und brauchen einen fachgerechten Unterhalt. Weil diese Arbeiten Fachkenntnisse und zweckdienliche Gerätschaften erfordern, sollen sie durch Fachleute ausgeführt werden. Für den Unterhalt sind die Anlagen jederzeit gut zugänglich zu halten, was insbesondere bei Störfällen (Brand, Unfall) von zentraler Bedeutung ist.

Brandschutzschieber

Die Brandschutzschieber müssen mindestens in jährlichem Rhythmus auf ihre Dichtigkeit und Funktionstüchtigkeit überprüft werden. Für Schmierarbeiten benutzt man wasserabweisendes Fett.

Sickermulde

Die Böschungen der bewachsenen Mulden sollten im Minimum einmal pro Jahr gemäht werden. Nach Starkregen ist die Versickerungsleistung zu überprüfen. Bei Bedarf muss man die Oberfläche auflockern.

C.2 Anlagenteile

Leitungen

Werden Ablagerungen oder anderweitige Verunreinigungen festgestellt, sind diese mittels Spülung zu entfernen.

Schlammssammler

Die vorgeschalteten Schlammssammler sollte man mindestens einmal im Jahr reinigen, damit die abgeschiedenen und abgelagerten Stoffe nicht faulen oder den Abfluss beeinträchtigen. Das gesammelte Abscheidegut ist umweltgerecht zu entsorgen bzw. in einer Sammelstelle abzuliefern. Es darf unter keinen Umständen direkt oder indirekt in ein Gewässer oder in die Kanalisation gelangen. Ebenso unzulässig ist das Ausbringen auf dem Kulturland.

Kontrollsäcke

Die Schrauben der verschraubbaren Deckel von Schlammssammlern und Kontrollsäcken müssen mindestens einmal jährlich mit wasserabweisendem Fett geschmiert werden. Dabei ist ihre Funktionstüchtigkeit ebenso zu überprüfen wie der Durchfluss in der Rinne. Eventuelle Ablagerungen müssen entfernt werden.

Anhang D: Grundlagen und Publikationen

Bund

- Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GSchG) vom 24. Januar 1991
- Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998

Kanton

- Kantonales Gewässerschutzgesetz (KGSchG) vom 8. Juni 1997
- Kantonale Gewässerschutzverordnung (KGSchV) vom 27. Januar 1997
- GEP-Fachtagung des AfU vom 4. Juni 1996, Dokumentation
- AfU-Weisung für die Bearbeitung des generellen Entwässerungsplanes (GEP) vom 31. Oktober 1997

Weltweit Richtlinien, Normen und Empfehlungen

- VSA, SSIV, Planung und Erstellung von Anlagen für die Liegenschaftsentwässerung. Schweizer Norm SN 592'000, 1990.
- VSA, Genereller Entwässerungsplan (GEP). Richtlinie für die Bearbeitung und Honorierung (mit Musterbuch), 1989.
- VSA, Musterbuch zur GEP-Richtlinie, Ausgabe 1992/1999
- VSA, Unterhalt von Kanalisationen, Richtlinie, Ausgabe 1992
- SIA-Norm 190, Kanalisationen, neue Ausgabe voraussichtlich im Mai 2000

Anhang E: Liste der Beispiele mit Projektverfassern

Nr. Name, Ort

Projektverfasser / Hydrogeologen:

1 Bündner Lehrerseminar, Chur	Baugeologie, Chur
2 Bahnhof Chur, Chur	Dr. T. Lardelli, Chur
3 Gebäudeversicherung des Kantons GR, Chur	Baugeologie, Chur
4 Wohnüberbauung „In den Lachen“, Chur	Sieber Cassina + Handke AG, Chur
5 Wohnüberbauung Vogelsang, Chur	Sieber Cassina + Handke AG, Chur
6 Psychiatrische Klinik Beverin, Cazis	Dr. T. Lardelli, Chur
7 Mehrfamilienhäuser in Cuminols, Vaz/Obervaz	Baugeologie, Chur
8 Chr. Cavegn AG, Landquart	H. Rigendinger, Chur
9 Erweiterung Oberstufenschulanlage, Zillis	Baugeologie, Chur
10 Einfamilienhaus-Überbauung Bergheim, Thusis	Baugeologie, Chur/Dr. M. Kobel + Partner, Sargans
11 Wohnüberbauung Grison-Areal, Chur	Dr. T. Lardelli, Chur
12 Schulhaus Montalin, Chur	Sieber Cassina + Handke AG, Chur
13 Einfamilienhaus in Salums, Laax	Bonanomi AG, Igis
14 Versickerungsanlage in Sartons, Valbella	Baugeologie, Chur
15 Ems-Chemie AG, Domat Ems	Ems-Chemie AG, Domat Ems
16 Golfplatz, Domat Ems	