

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 37

Artikel: Künstliche Meteorwasser-Versickerung: Aspekte der Versickerung der von Dächern, Plätzen und Verkehrsflächen anfallenden Abwässer
Autor: Hartmann, D. / Kempf, T. / Keusen, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-86009>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

unterschiedliche Belastungskategorien ausgesetzt. So sind bei Wohnungen die Grenzwerte der LRV einzuhalten. Die Anwohner an Strassen sind bezüglich der Abgasimmissionen eindeutig der Belastungskategorie 4 zuzuordnen. Anders präsentiert sich die Situation in Strassentunnels. Die passierenden Fahrzeuglenker und -insassen gehören in die Belastungskategorie 2. Ihnen kann aufgrund der Charakterisierung ihrer momentanen Belastungssituation – und nicht nur wegen der relativ kurzen Expositionszeit während der Tunneldurchfahrt – eine höhere Luftbelastung zugemutet werden. Bei Unterhaltsarbeiten in Strassentunnels ist allerdings der MAK-Wert einzuhalten, denn das Unterhaltspersonal gehört in die Belastungskategorie 3. An diesem Beispiel wird deutlich, dass die massgebenden Grenzwerte für die Luftrein-

haltung nicht nur durch den Ort, sondern auch durch die anwesenden Belastungskategorien bestimmt werden. Unter diesem Aspekt erscheint es bei der Beurteilung eines lufthygienischen Massnahmebedarfes in Strassentunnels als fragwürdig, die Grenzwerte der LRV beizuziehen.

Die systematische Einführung der Betrachtungsweise mit den Belastungskategorien in die Luftreinhaltung würde es ermöglichen, den Gültigkeitsbereich der LRV-Immissionsgrenzwerte für den Vollzug dienlich einzugrenzen. Zugleich könnte damit berücksichtigt werden, dass je nach Situation die Gewährleistung einer ausreichenden Luftqualität nicht nur beim Gemeinwesen, d.h. der Allgemeinheit, liegt. Die Verantwortung zur Reduktion einer Luftbelastung kann zu einem, unter Umständen sogar überwiegenden Teil bei der von

den Luftschadstoffen betroffenen Person selbst liegen. Mit dem Modell der Belastungskategorien wird die Zumutbarkeit einer Luftbelastung situationsbezogen aufgrund des Selbstbestimmungsgrades und der Unmittelbarkeit der Nutzenempfindung der betroffenen Personen wie auch aufgrund der Verantwortung der Allgemeinheit beurteilt. Die Immissionsgrenzwerte der LRV entsprechen somit den Kriterien zur akzeptablen Luftqualität für die Belastungskategorie 4. Für die Belastungskategorie 3 bestehen bereits Beurteilungskriterien in Form der MAK-Werte, während für die Belastungskategorien 1 und 2 die Grenzwerte allenfalls noch festzulegen wären.

Adresse des Verfassers: D. Klooz, dipl. Ing. ETH/M.Sc. (CE), Beauftragter für Umweltschutz und Energie der Stadt Winterthur, Obertor 32, 8402 Winterthur.

Künstliche Meteorwasser-Versickerung

Aspekte der Versickerung der von Dächern, Plätzen und Verkehrsflächen anfallenden Abwässer

Diese Studie befasst sich mit der Frage der grundsätzlichen Zulässigkeit und der Rahmenbedingungen von künstlichen Versickerungen von Meteorwasser aus der Sicht des Grundwasserschutzes und aufgrund des heutigen Standes der Kenntnisse. Die Ableitung von andern Abwässern, die Wiederversickerung unterirdisch anfallender Sauberwasser (z.B. Gebäudesickerwasser) sowie Fragen zur Dimensionierung usw. werden hier jedoch nicht behandelt. Die aus der Studie hervorgehenden Empfehlungen gehen davon aus, dass die Vorschriften der Luftreinhaltungsverordnung LRV eingehalten sind.

Es ist allgemein bekannt, dass es von Vorteil sein kann, nicht oder wenig verschmutztes Regenwasser von Dächern, Plätzen und Strassen versickern zu lassen, statt es direkt oder über Kläranlagen in Vorfluter zu leiten. Vorteile der Versickerung sind vor allem die Entlastung der Kanalisationen und der Vorfluter, die Verbesserung der Reinigungswirkung von Kläranlagen und die Erhaltung der Grundwasserneubildung. Deshalb ist im neuen Eidg. Gewässerschutzgesetz (Referendumsfrist bis 6. Mai 1991) die Versickerung von «nicht verschmutztem» Abwasser ausdrücklich vorgeschrieben. Auch die Technischen Richtlinien des Verbandes Schweizerischer Abwasserfachleute (VSA), 1990, über die Liegenschaftsentwässerung zielen in diese Richtung.

Bereits seit einigen Jahren werden vielerorts vermehrt Meteorwasser-Ver-

sickerungen durch Kantone und Gemeinden geduldet oder sogar vorgeschrieben, insbesondere bei Bauten mit grossen Dach- und Platzflächen und in unvollständig erschlossenen oder abgelegenen Baugebieten mit ungenügender Kanalisationskapazität.

Bei Versickerungen besteht aber die Gefahr einer Verunreinigung des Grundwassers, wenn verschmutztes Meteorwasser oder bei unsachgemässer oder missbräuchlicher Verwendung sogar gefährliche Schadstoffe in den Aquifer gelangen.

Im Bestreben, Grundwasser-Verunreinigungen zu vermeiden, haben einige Kantone mehr oder weniger restriktive Regelungen für die Meteorwasser-Versickerung eingeführt.

Dach-, Platz-, Strassen- und Bahnabwässer sind schadstoffbefrachtet; über

Studie und Empfehlungen der Schweizerischen Gruppe der Hydrogeologen. Der vorliegende Artikel wurde von folgender Gruppe verfasst: Daniel Hartmann, Theo Kempf, Hansruedi Keusen, Henri Kruijse, Erich Müller, Niklaus Sieber und René Studer.

den Schadstoffinhalt, insbesondere Spurenverunreinigungen, sowie über die zeitlich und örtlich stark wechselnde Fracht fehlen aber noch genügend Daten. Andererseits konnte eine gewisse Reinigungswirkung verschiedener sickerfähiger Böden für bestimmte Schadstoffe nachgewiesen werden. Auch hier sind aber noch viele Aspekte, wie Reinigungskapazität, Einfluss der Randbedingungen (z.B. pH-Wert), Verhalten persistenter organischer Schadstoffe usw. ungenügend bekannt. So können noch keine gesicherten und abschliessenden Aussagen über allfällige schädliche Auswirkungen von Meteorwasser-Versickerungen auf das Grundwasser und letztlich auf unsere Trinkwasserqualität gemacht werden.

Deshalb hat die Schweizerische Gruppe der Hydrogeologen anhand eines Literaturstudiums und Überlegungen ihrer Arbeitsgruppe «Künstliche Meteorwasser-Versickerungen» die vorliegenden Empfehlungen für die künstliche Versickerung von Dach-, Platz-, Strassen- und Bahnwasser erarbeitet. Diese sollen den Abwasserfachleuten als Leitfaden dienen und sowohl den projektierenden Ingenieuren und Architekten

TSS	3,5	-13	Ptot	0,026-0,31
TOC	2,9		Cd	0,001-0,003
DOC	1,5	- 2,4	Pb	0,03 -0,11
CSB	8	-20	Cu	0,007-0,200
Ca	0,8	- 2,3	Zn	0,05 -0,15
Mg	0,09	- 0,29	Fe	0,15 -0,66
Cl	0,9	-10	Mn	0,050-0,1
SO ₄	1,4	-41	Cr	0,002-0,08
NH ₄ -N	0,5	- 2,9		
NO ₂ -N	0,02	- 0,14		
NO ₃ -N	0,49	- 0,70		

Tabelle 1. Mittlere Schadstoff-Konzentration im Niederschlag in mg/l, [1], [4].

		1982	1988
Lugano	Stadtzentrum	140	107
Zürich	Stadtzentrum	119	61
Dübendorf	Agglomeration	77	53
Basel	Stadtstrand	102	51
Sion	ländlich	67	100
Tänikon	ländlich	71	52
Payerne	ländlich	100	45

Tabelle 2. Staubbiederschlag in der Schweiz in mg/m² · d, [4].

TSS	85	NH ₄ -N	0,4
TOC	18,5	NO ₃ -N	1,4
DOC	6,5	NO ₂ -N	1,4
Cl	35	Cd	0,003
SO ₄	15	Pb	0,28
Ptot	0,22	Cu	0,044
		Zn	0,22

Tabelle 3. Schadstoffe im Strassenwasser. Mittelwerte in mg/l, zusammengestellt aus [5] und [8].

als auch den Bewilligungsbehörden die heutigen (teils beschränkten) Möglichkeiten einer umweltschonenden Versickerung aufzeigen.

Die Ableitung von andern Abwässern, die Entwässerung von Plätzen mit Wasseranschluss und die Wiederversickerung von unterirdisch anfallendem Sauberwasser (Hang-/Grundwasser), wie Gebäudesickerwasser, werden hier jedoch nicht behandelt. Die Studie geht auch nicht ein auf Fragen zu Dimensionierung, Bau, Bepflanzung und Unterhalt von Versickerungsanlagen oder auf Probleme der Vernässung und Stabilität.

Zielsetzung, Beurteilungskriterien, Instrumente

Die Zielsetzung besteht darin, im Hinblick auf die quantitative Erhaltung des Grundwassers das anfallende Meteorwasser zur Versickerung zu bringen, ohne dabei das Grundwasser, unseren hauptsächlichlichen Trinkwasserlieferan-

ten, qualitativ zu beeinträchtigen. Dieses Ziel wird angestrebt durch die Kombination einer möglichst weitgehenden Vorreinigung der Abwasser und der Ausnutzung der Reinigungswirkung bei der Bodenpassage.

So soll die aus verschiedenen Gründen wünschbare Versickerung soweit gefördert werden, als sie keine Gefährdung der Grundwasservorkommen zur Folge hat. Für die Beurteilung von Versickerungsvorhaben sind demnach jeweils folgende drei Kriterien wesentlich und in diesem Bericht diskutiert:

- Art und Herkunft des Abwassers (Dach-, Platz-, Strassen- oder Bahnwasser)
- Schutzanforderungen des Grundwassers (Nutzbarkeit, Bedeutung, Gewässerschutzbereich, Grundwasserschutzzone und -areal)
- hydrogeologische Gegebenheiten (Reinigungswirkung und -kapazität sowie Sickerfähigkeit des Untergrundes).

Als «Instrumente» steht eine Reihe von verschiedenen Anlage-Systemen und vorwiegend technische Schutzmassnahmen zur Verfügung.

Rechtliche Grundlagen

Für den Bau von Versickerungs-Anlagen gelten heute folgende gesetzliche Regelungen:

Gewässerschutzgesetz vom 8. Okt. 1971 (Art. 14, Abs. 2): Es ist verboten, verunreinigende Stoffe durch Versickernlassen in den Untergrund zu beseitigen. Die zuständige kantonale Behörde kann Ausnahmen bewilligen, sofern die Gefahr der Verunreinigung eines ober- oder unterirdischen Gewässers ausgeschlossen ist.

Verordnung über Abwassereinleitungen vom 8. Dez. 1975 (Art. 4, Abs. 3): Wenig verschmutztes Niederschlagswasser, Sickerwasser, Quellwasser, Bachwasser und ähnliche unverschmutzte Wässer sind mit Rücksicht auf unerwünschte Verdünnung in der Mischwasserkanalisation direkt in ein Oberflächengewässer einzuleiten oder unter Berücksichtigung der örtlichen hydrogeologischen und technischen Verhältnisse versickern zu lassen.

Das noch nicht rechtskräftige, aber in diesem Punkt nicht umstrittene *neue Gewässerschutzgesetz* [6] hebt für nicht verschmutztes Abwasser den Ausnahmecharakter der Versickerung auf (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. Da-

bei ist durch Rückhaltmassnahmen nach Möglichkeit dafür zu sorgen, dass das Wasser bei grossem Anfall gleichmässig abfliessen kann.

Unter «nicht verschmutztem Abwasser» versteht das Gesetz Wasser, das keine nachteiligen physikalischen, chemischen oder biologischen Veränderungen im Gewässer verursacht, in das es eingeleitet wird [2]. Laut Botschaft zur Revision des Gewässerschutzgesetzes kann es sich hierbei auch um Strassenwasser handeln.

Die neue Gewässerschutzgesetzgebung ist also eher versickerungsfreundlicher, indem sie sogar die Pflicht zur Versickerung nicht verschmutzter Abwässer statuiert.

Als weitere wichtige rechtliche Grundlagen sind zu erwähnen:

Lebensmittelgesetzbuch (Beurteilungswerte für Trinkwasser, Ausgabe 1985). Die Qualitätskriterien für das Trinkwasser sind auch von ausschlaggebender Bedeutung für die Beurteilung von Versickerungen, die nur dann als verantwortlich gelten dürfen, wenn dadurch die Verwendung des Grundwassers als Trinkwasser gewährleistet bleibt.

Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dez. 1985, Stand 1. Jan. 1987. Die LRV legt die höchstzulässige Belastung der Luft fest (Immissionsgrenzwerte) sowie das Vorgehen für den Fall, dass die Grenzwerte überschritten sind. Sie ermöglicht zudem die Festlegung ergänzender oder verschärfter Emissionsbegrenzungen. Der Vorrang der LRV ist im Gang. Es ist zu erwarten, dass in absehbarer Zeit die Luftbelastung und somit die Belastung des Meteorwassers und die Schadstoffablagerung auf Dächern, Plätzen usw. reduziert wird.

Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV) vom 19. Okt. 1988. Nicht nur bei relativ grossen, UVP-pflichtigen Anlagen ist die Umweltverträglichkeit und somit auch die Auswirkung auf Grund- und Quellwasser zu prüfen. Art. 4 UVPV schreibt vor: Bei Anlagen, die nicht der UVP-Pflicht unterliegen, werden die Vorschriften über den Schutz der Umwelt angewendet, ohne dass ein Bericht nach Artikel 7 erstellt wird.

Definitionen

Auswahl aus Art. 4 «Begriffe» des *neuen Gewässerschutzgesetzes* [6], soweit für diese Studie von Bedeutung:

Abwasser: Das von bebauten oder befestigten Flächen abfliessende Niederschlagswasser, das durch häuslichen, industriellen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch veränderte Wasser und das in einer Ka-

nalisation stetig damit zusammen abfließende Wasser.

Verschmutztes Abwasser: Abwasser, das geeignet ist, das Gewässer, in das es eingeleitet wird, zu verunreinigen.

Verunreinigung: Nachteilige physikalische, chemische oder biologische Veränderungen des Wassers.

Die VSA-Norm [9] unterscheidet folgende Abwasser-Arten:

Schmutzabwasser: Abwasser mit Belastung, das einer Abwasserreinigungsanlage zugeführt werden muss, wie Abwasser aus Haushaltungen, Gewerbe und Industrie.

Regenabwasser: Abwasser von Dächern sowie von Zufahrten, Wegen und Parkplätzen.

Reinabwasser: Abwasser, welches ohne Behandlung in ein öffentliches Gewässer abgeleitet oder zur Versickerung gebracht werden kann, wie Regenabwasser, Kühlwasser, ableitbare Hang-/Grundwasser und Sickerabwasser.

Im vorliegenden Bericht wird die künstliche Versickerung des Niederschlagswassers behandelt. Die darin enthaltenen Empfehlungen weichen teilweise von der VSA-Norm ab: So darf beispielsweise Regenabwasser nicht generell als Reinabwasser betrachtet und ohne Behandlung zur Versickerung gebracht werden.

Die Beschaffenheit der Abwässer

Schadstoffbelastung

Meteorwasser stammt von direkt fallendem Niederschlag wie Regen, Hagel, Schnee und indirekt abgesetztem Nebel, Tau und Reif. Die Niederschläge waschen die Atmosphäre aus und nehmen deren Inhaltsstoffe auf. Niederschlagswasser ist deshalb immer mehr oder weniger belastet (siehe Tabelle 1). Bezüglich der Verschmutzung unterscheidet man:

- Die geogene, natürliche Grundlast. Sie beinhaltet die aufgrund natürlicher Vorgänge vorhandene Belastung mit Schadstoffen.
- Die anthropogene Grundlast. Sie ist bedingt durch in die Atmosphäre eingebrachte Emissionen v.a. aus Feuerungsanlagen, Abfallverbrennungsanlagen sowie Flug- und Kraftfahrzeugen. Diese Schadstoffe können mit dem Wind über weite Distanzen verfrachtet werden.
- Die örtliche Zusatzbelastung des Niederschlags durch Emittenten (Industrie, Autobahnen) in deren unmittelbaren Umgebung.

Tabelle 4. Gefährdungsgrad der Meteorwasser

	wenig belastet	mässig belastet	stark belastet
Dachflächen und Parkplätze für Personenwagen	LRV - Anforderungen erfüllt	LRV - Anforderungen nicht erfüllt	
Parkplätze für Nutzfahrzeuge Quartier- und Wohnstrassen		LRV - Anforderungen nicht erfüllt	
Durchgangsstrassen, Autobahnen, Bahnanlagen			Luftbelastung nicht ausschlaggebend

zunehmende Luftbelastung →

LRV - Anforderungen erfüllt
 LRV - Anforderungen nicht erfüllt
 Luftbelastung nicht ausschlaggebend

Die Schadstoffbelastung der Niederschlagswässer

Die Schadstoffbelastung des abfließenden Niederschlagswassers setzt sich zusammen aus:

- Den im Niederschlag enthaltenen Schadstoffen
- Den durch den Niederschlag von Flächen abgeschwemmten Staubniederschlag, Reifen- und Strassenabrieb, Streusalz, von Verkehrsmitteln stammenden Kohlenwasserstoffen, Herbiziden usw.

Das bedeutet, dass das abfließende Meteorwasser immer stärker belastet ist als der Niederschlag selbst. Auf allen Verkehrsflächen (Parkplätzen, Strassen usw.) muss zusätzlich mit dem Unfallrisiko gerechnet werden, wobei flüssige und/oder lösliche Schadstoffe ausfließen und direkt oder durch Niederschlagswasser gelöst in eine Versickerungsanlage gelangen können.

Siedlungsgebiete

Entscheidend für die Belastung der Meteorwässer sind die Staubniederschläge, die regional sehr unterschiedlich sein können. Beispiele einiger für 1982 und 1988 gemessenen Jahresmittelwerte sind in Tabelle 2 dargestellt.

Strassen

Von intensiv befahrenen Strassen abfließendes Wasser ist stark belastet, weil es die beim Verkehr anfallenden Schadstoffe in ungelöster und gelöster Form und an Schwebstoffe absorbiert aufnimmt und abschwemmt. Die Größenordnungen der im Strassenwasser gemessenen Schadstoffkonzentrationen gehen aus Tabelle 3 hervor.

Als weitere Strassenwasser-Schadstoffe sind zu erwähnen: organische Verbindungen, wie aliphatische, aromatische und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Phenole, Detergentien, Cyanide. Ein grosser Teil dieser Stoffe ist an Schwebstoffe sorbiert. Einige organische Stoffe sind cancerogen.

Bahngeleise

Bahngeleise stellen insofern einen Sonderfall dar, als die Banketten zur Verhinderung des Pflanzenaufwuchses mit Herbiziden behandelt werden. Das Abwasser von Bahngeleisen enthält neben Herbiziden und deren Metaboliten zudem auch Kohlenwasserstoffe, welche von Schmiermitteln des Rollmaterials und der Bahnanlage (z.B. Weichen) stammen.

Abwasserkategorien

Wie im vorausgehenden Kapitel festgehalten, sind die Meteorwässer in unseren dicht besiedelten Gebieten immer mehr oder weniger anthropogen belastet. Entsprechend ihrer Herkunft wurden folgende Abwasserkategorien unterschieden:

- Nach Art der abwasserliefernden Fläche:
 - Dachflächen
 - Parkplätze für Personenwagen
 - Parkplätze für Nutzfahrzeuge
 - Quartierstrassen, Wohnstrassen
 - Durchgangsstrassen
 - Bahnanlagen.
- Nach Lage der abwasserliefernden Fläche: *Ausserhalb* des Immissionsbereiches niederschlagsbeeinträchtigender, nicht LRV-konformer Emittenten; *innerhalb* des Immissionsbereiches niederschlagsbeeinträchtigender, nicht LRV-konformer Emittenten.

Aufgrund publizierter Schadstoffkonzentrationen und Staubfrachten für Abwässer verschiedener Herkunft [2], [5], [7], [8] kann der relative Gefährdungsgrad der Abwasserkategorien nach Tabelle 4 grob abgeschätzt werden. Die Abstufung stellt eine Vereinfachung dar, die in einzelnen Fällen erheblich von der Wirklichkeit abweichen kann.

Qualitativer Schutz des Grundwassers

Art. 9 des Gewässerschutzgesetzes vom Januar 1991 sieht vor, dass der Bundes-

Herkunft des Meteorwassers	Versickerungs-anlage	Lage bezüglich Grundwasserschutzzonen, Grundwasserschutzzonen und Gewässerschutzbereichen						
		S I*	S II*	S III*	Gr. Wasser-Schutz-areal	A	B	C
Dach	1	-	-	+	+	+	+	+
	2	-	-	-	-	+	+	+
	3	-	-	-	-	b	+	+
Parkplatz für Personenwagen	1	-	-	b	b	+	+	+
	2	-	-	-	-	+	+	+
	3	-	-	-	-	-	+	+
Parkplatz für Nutzfahrzeuge	1	-	-	-	-	+	+	+
	2	-	-	-	-	-	+	+
	3	-	-	-	-	-	+	+
Gemeindestrasse, Quartierstrasse	1	-	-	-	-	+	+	+
	2	-	-	-	-	-	+	+
	3	-	-	-	-	-	-	+
Nationalstrasse, Kantonsstrasse, Bahnanlage	1	-	-	-	-	+	+	+
	2	-	-	-	-	-	b	+
	3	-	-	-	-	-	-	-

* vorbehalten bleiben die Vorschriften gemäss Schutzzonenreglement

Erläuterungen

- Nicht zugelassen.
- + Zugelassen. Versickerungsanlagen sind bewilligungspflichtig.
- b Zugelassen in Ausnahmefällen. Bewilligung der zuständigen kantonalen Behörde erforderlich.

Typen von Versickerungsanlagen:

- 1 Flächenförmige Versickerung über belebte Bodenschicht oder Versickerungsbecken (humusierte Mulde, Versickerungsmulde), evtl. mit nachgeschaltetem Typ 2 oder Typ 3.
- 2 Kieskörper mit diffuser, hochliegender Versickerung innerhalb der Deckschicht ("Kiesfladen").
- 3 Versickerungsschacht mit punktförmiger Versickerung oder Versickerungsstrang mit linienförmiger Versickerung im überdeckten Graben mit Versickerungsrohr. Beide Anlagentypen in der durchlässigen, sicherfähigen Schicht.

Zu beachtende Grundsätze:

- Die Tabelle hat Gültigkeit, sofern die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) erfüllt ist und die erforderlichen Störfall-Vorsorgemassnahmen getroffen werden.
- Die Wahl der Versickerungsanlage bzw. die Kombination verschiedener Anlagen hat nach Möglichkeit in der Reihenfolge 1 - 3 zu erfolgen. Zunächst sollte das Meteorwasser möglichst am Ort des Anfalls oberflächlich durch die vorhandene Humusschicht versickert werden (Parkplätze z.B. mit Rasengittersteinen).
- Die Sickerstrecke, d.h. die vertikale Fliessstrecke im ungesättigten, ungestörten Untergrund zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem höchsten Grundwasserspiegel muss mindestens 1m betragen.
- Je nach Wasseranfall und Leistung der Versickerungsanlage ist ein genügend grosses Retentionsvolumen zu schaffen (z.B. Mulde, Teich, Dachbegrünung, Flachdach/Platz eingestaut, Geröllpackung).
- Den Versickerungsanlagen Typ 3 muss eine Vorreinigung vorgeschaltet werden (z.B. Schlammfänger, Abscheider, evtl. Vorfiltration).

Tabelle 5. Zulässigkeit der Meteorwasser-Versickerung

rat u.a. die Anforderungen an die Wasserqualität der unterirdischen Gewässer festlegt. Unabhängig von diesen noch ausstehenden Schutzanforderungen ist die Meteorwasser-Versickerung nur zu verantworten, wenn feststeht, dass sie im Vergleich zur natürlichen, oberflächlichen Niederschlagsversickerung keine nachteiligen Auswirkungen auf nutzbare Grundwasservorkommen hat.

Als nutzbar können zumindest die Grundwasservorkommen der Gewässerschutzbereiche Zone A und Zone S bezeichnet werden, wobei die letzteren die empfindlicheren Gebiete sind. Die Dimensionierung dieser Schutzzonen S basiert auf der Elimination von Bakterien und reicht für den Abbau allfällig im Meteorwasser vorhandener chemischer Schadstoffe meist nicht aus. Die Abbaubarkeit, Adsorption und Mobilität solcher Spurenstoffe bei der Versickerung und beim Transport im gesättigten bzw. ungesättigten Grundwasserleiter sind noch wenig erforscht.

Kein nutzbares Grundwasser kommt in jenen Teilen der Zone A vor, die lediglich in ihrer Eigenschaft als «Oberflächengewässer» oder «Uferbereich» (Art. 15, lit. e und f, VWF) als Zone A ausgeschieden wurden. Für Meteorwasser-Versickerungen können deshalb Uferbereiche, die sonst keine Kriterien der Zone A erfüllen, als Zone B behandelt werden.

Im Vergleich zur natürlichen Niederschlagsversickerung führt die künstliche Versickerung ohne Schutzmassnahmen aus zwei Gründen zu einer Mehr-

belastung des durchsickerten Bodens und im ungünstigen Fall des Grundwassers:

- Die bewachsene Oberfläche und belebte Humusschicht mit reinigender Wirkung werden übersprungen.
- Die Versickerungsfläche beträgt nur etwa 1-5% der zu entwässernden Niederschlagsfläche. Der Untergrund wird lokal mit einer 20- bis 100fachen Stofffracht belastet.

Diese negativen Faktoren sind bei abnehmendem Flurabstand des Grundwasserspiegels und Reinigungspotentials sowie bei zunehmender Belastung des zu versickernden Wassers durch immer wirkungsvollere Schutzmassnahmen zu kompensieren. Reichen diese nicht aus, um eine Verunreinigung des Grundwassers zu verhindern, so ist eine künstliche Versickerung unzulässig.

Hydrogeologische Voraussetzungen

Für die Beurteilung eines Versickerungs-Vorhabens und für die Planung und Projektierung von Sickeranlagen spielen die örtlichen hydrogeologischen Verhältnisse eine wesentliche Rolle. Zu deren Abklärung stehen Sondierschlitz, Bohrungen sowie die Durchführung von Versickerungsversuchen im Vordergrund.

Grundsätzlich sind für eine Meteorwasser-Versickerung Bodenschichten notwendig, die

- eine ausreichende Durchlässigkeit aufweisen;
- eine genügend grosse Mächtigkeit über dem höchsten Grundwasserstand aufweisen, damit eine ausreichende vertikale Sickerstrecke im ungesättigten Untergrund gewährleistet ist;
- nicht durch auswaschbare Schadstoffe belastet sind;
- durch ihre Zusammensetzung und Aufbau eine grösstmögliche Filterwirkung auf das Sickerwasser ausüben.

Die Reinigungswirkung und -kapazität bzw. das Filtrations- und Adsorptionsvermögen der einzelnen Bodenschichten hängt von zahlreichen Faktoren ab, wie z.B.:

- Gehalt an organischem Material (Humus)
- Kalkgehalt (Pufferwirkung)
- Kornverteilung
- Lagerungsdichte
- Durchlässigkeit
- Sickerweg und -geschwindigkeit.

Die beste Reinigungswirkung wird beim Durchsickern der belebten Bodenschicht (Humus) sowie in feinkörnigen Böden erzielt, welche oft als Deckschichten gut sickerfähige Schotter (sandiger Kies) oder klüftige Festgesteine überlagern. In gut durchlässigen Grundwasserleitern finden praktisch nur noch Lösung und Verdünnung statt. Leider verhält sich das Filtrationsvermögen der Bodenschichten umgekehrt proportional zur Sickerfähigkeit, was bei hohen Qualitätsanforderungen

an das Sickerwasser zu einem verhältnismässig grossen Platzbedarf für das Versickerungs-System führt.

Versickerungs-Systeme

Für die künstliche Meteorwasser-Versickerung steht eine Reihe von Anlagen und Massnahmen zur Verfügung. Angaben für deren Bau und Dimensionierung sind u.a. in der Norm SN 592.000 «Planung und Erstellung von Anlagen für die Liegenschaftsentwässerung» [9] enthalten. Versickerungs-Systeme bestehen jeweils aus zwei Teilen: den «Vorgeschalteten Anlagen» (Vorreinigung, Retention) und den eigentlichen «Versickerungs-Anlagen».

Vorreinigung, Retention

Durch die Vorreinigung ist das zu versickernde Wasser soweit zu reinigen, dass es nach der Untergrundpassage ohne zusätzliche Aufbereitung zur Trinkwassernutzung verwendet werden kann. Da im abfliessenden Meteorwasser ein Grossteil der Schadstoffe an Festpartikel gebunden sind, kommt der Absetzung der Feststoffe grosse Bedeutung zu. Hierdurch kann der Schadstoffgehalt des zu versickernden Wassers – insbesondere Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle – erheblich reduziert werden. Zur Vorreinigung eignen sich insbesondere: Abscheider, Schlammfänger, Vorfiltration und biologische Reinigung.

Zur Reduktion von Zuflussspitzen und zur Optimierung der Grösse von Versickerungs-Anlagen können Retentionsmassnahmen getroffen werden, wie beispielsweise:

- Dachbegrünung
- Flachdach, Platz mit Einstaumöglichkeit
- Rigole oder Graben als Sammeleinrichtung
- Weiher, Teichanlage, bewachsenes Becken
- Geländemulde
- Kieskörper.

Versickerungs-Anlagen

Die folgenden Versickerungs-Anlagen sind in der Reihenfolge des abnehmenden Schutzpotentials aufgelistet.

- Flächenförmige Versickerung mit Belebtschicht*
- Versickerung «über die Schulter» von Wegen, Strassen und Plätzen in angrenzende bewachsene Zonen;
- «Muldenversickerung» in einem flachen, bewachsenen, durchlässigen Becken;
- «künstliche Flächenversickerung» durch eine durchlässig befestigte

Oberfläche. Diese weist eine biologisch aktive Bodenschicht auf (für Details siehe [5]).

Versickerung ohne Belebtschicht

- Offener Graben oder offene Rigole. Der zur Versickerung vorgesehene Graben wird mit bis an die Oberfläche reichendem Kies gefüllt.
- Kiesfladen (oder die hochliegende Kiespackung). Er wird mit oder ohne zentrales Sickerrohr erstellt und ist in der Regel überdeckt.

Konzentrierte Versickerung: Konzentrierte (punktuelle) Versickerungen erfolgen in durchlässigen Böden unter Ausschluss einer Passage durch feinkörnige Deckschichten.

Die Reinigungswirkung mächtigerer Deckschichten spielt aber bei der Abscheidung bzw. Kartierung der Zonen S, A und B eine Rolle. Bei der Beurteilung von konzentrierten Versickerungen ist deshalb zu prüfen, ob die jeweilige örtliche Zonenzuweisung auch ohne Deckschichten noch ihre Gültigkeit hat. Allenfalls ist Zone B wie A und Zone A wie S zu behandeln.

Zur konzentrierten Versickerung gehören:

- Überdeckter Versickerungsgraben
- Versickerungsschacht
- Versickerungsbrunnen
- Schluckbrunnen. Dieser reicht bis unter den Grundwasserspiegel und leitet das zu versickernde Wasser direkt ins Grundwasser. Für die Ableitung von Meteorwasser muss dieser Anlagentyp abgelehnt werden.

Sicherheitsmassnahmen

Durch bauliche Vorkehrungen und geschützte Platzierung der Versickerungs-Anlagen ist sicherzustellen, dass keine anderen Flüssigkeiten, Abwässer usw. ausser Meteorwasser in den Untergrund gelangen können. Beispiele solcher Massnahmen sind:

Die Versickerungs-Anlage ist vom Einflussbereich möglicher Gefahrenherde, insbesondere solcher mit wassergefährdenden Flüssigkeiten, fernzuhalten. Durch verschliessbare dichte Deckel, Überstand der Schächte über Terrain, *dichte Hinterfüllungen* im oberflächennahen Bereich u.ä. ist zu verhindern, dass unerwünschtes Oberflächenwasser durch das Versickerungssystem in den Untergrund gelangt. Missbräuchliche Verwendung der Anlage ist zu verhindern. Dies dürfte am ehesten durch sorgfältige Abnahme durch die Baubehörde und durch periodische Kontrolle durch die Gewässerschutzbehörde oder die Standortgemeinde möglich sein.

Ferner sind im Sinne der Störfallvorsorge bauliche und betriebliche Sicher-

Literatur

- [1] Boller, M. (1988): Versickerung von Meteorwasser und Abwasser. VSA-Verbandsbericht Nr. 372, Zürich.
- [2] Boller, M. (1989): Versickerung von Meteorwasser. Grundkurs «Modelle siedlungshydrologischer Prozesse», EAWAG, Dübendorf.
- [3] BUS (1986): Bau durchlässiger und bewachsener Plätze. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 50, Bern, Juli 1986.
- [4] BUWAL (1989): Luftbelastung 1988. Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 105
- [5] Dauber, L. et al. (1979): Schmutzwasser im Regenwasserkanal einer Autobahn. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, 64.
- [6] Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (Gewässerschutzgesetz, Referendumsfrist bis 6. Mai 1991.)
- [7] Schmocker, P. (1986): Anforderungen des Gewässerschutzes an die Strassenentwässerung. Strasse und Verkehr Nr. 9, Sept. 1986.
- [8] UNI Stuttgart: Inst. f. Siedlungswasserbau (1979): Untersuchung über die Beschaffenheit von Strassenoberflächenwasser in Abhängigkeit der Luftverschmutzung an der BAB A81, unveröffentlicht.
- [9] VSA (1990): Planung und Erstellung von Anlagen für die Liegenschaftsentwässerung, Norm SN 592 000. Verband Schweiz. Abwasserfachleute, Grütlistrasse 44, 8027 Zürich.

heitsmassnahmen zu treffen, um zu verhindern, dass bei Störfällen Schadstoffe über die Versickerungsanlage in den Untergrund gelangen.

Empfehlungen

In den obigen Abschnitten wurde der heutige Stand der Kenntnisse über die Meteorwässer und die anwendbaren Versickerungssysteme diskutiert und auf die derzeit noch ungenügend mit Messdaten untermauerten Erfahrungen hingewiesen. Weil der Schutz des Grundwassers prioritär ist, ergibt sich generell die Empfehlung für eine vorsichtige Versickerungspraxis mit Anwendung vorsorglicher Schutzmassnahmen.

In der Tabelle 5 werden *Empfehlungen* über die Zulässigkeit von Meteorwasser-Versickerungen unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren gemacht. Es wird im Einzelfall jedoch durch hydrogeologische und evtl. immissions-spezifische Voruntersuchungen abzuklären sein, welche Versickerungssysteme und welche Schutzmassnahmen am ehesten geeignet sind, die hohen Anforder-

derungen an die Erhaltung der Grundwasserqualität zu erfüllen. Erscheint die Gefährdung des Grundwassers als zu hoch, ist auf eine künstliche Meteorwasser-Versickerung zu verzichten.

Die Tabelle 5 zeigt eine Auflistung der von verschiedenen Flächen anfallenden Meteorwässer. Ihr potentieller Verschmutzungsgrad nimmt in der Tabelle von oben nach unten zu. Die Tabelle gilt nur für Flächen, die nicht im Einflussbereich unzulässiger Luft-Emitenten liegen. Dort, wo übermässige Immissionen gemäss LRV vorhanden sind, hat die Tabelle keine Gültigkeit. In solchen Gebieten ist die Versickerung für jeden Einzelfall zu prüfen und, wenn überhaupt, nur sehr restriktiv zuzulassen. Zudem setzt die Tabelle voraus, dass die Vorschriften der Störfallverordnung eingehalten sind.

Im weiteren wird auf der Tabelle die Zulässigkeit der Meteorwasser-Versik-

kerung in den Schutzzonen SI bis SIII und den Gewässerschutzbereichen Zonen A, B und C für verschiedene gängige Versickerungs-Systeme dargestellt. Bei der Versickerungs-Art wird unterschieden zwischen:

- diffuse Versickerung über die belebte Bodenschicht,
- diffuse Versickerung innerhalb der Deckschichten,
- konzentrierte Versickerung in der durchlässigen, sickerfähigen Schicht.

Als Grundsatz geht aus der Tabelle hervor, dass die Anforderungen an die Versickerungs-Anlage bzw. an die erwünschte Qualität des zu versickernden Meteorwassers in der Zone S am grössten sind und sich in Richtung Gewässerschutzbereich Zone B und C abschwächen. Im übrigen ist darauf hinzuweisen, dass bei der Prüfung des Ausnahmefalles (b in der Tabelle) insbesondere zu berücksichtigen sind:

- Flurabstand des Grundwasserspiegels/verbleibende Sickerstrecke unter der Versickerungs-Anlage,
- Verschmutzungsgefahr an der zu entwässernden Fläche (diese kann z.B. bei Industriebauten erhöht sein),
- Art der Vorreinigung,
- Platzverhältnisse (wenn möglich ist die diffuse Versickerung immer den konzentrierten vorzuziehen).

Adressen der Verfasser: *D. Hartmann*, dipl. Geol., Mühlerain, 3210 Kerzers; *Dr. T. Kempf*, Geologisches Büro Dr. Heinrich Jäckli, Limmattalstrasse 289, 8049 Zürich; *Dr. H. Keusen*, Geotest, Birkenstrasse 15, 3052 Zollikofen; *Dr. H. Krüssse*, Kant. Amt für Wasserwirtschaft, Rötihof, 4500 Solothurn; *E. Müller*, dipl. Geogr., Büchi + Müller AG, Zürcherstrasse 34, 8500 Frauenfeld; *Dr. N. Sieber*, Sieber, Cassina + Partner, Langstrasse 149, 8004 Zürich; *R. Studer*, dipl. Ing. ETH, Kiefer + Studer AG, Winkelstrasse 20, 4153 Reinach.

Photovoltaik - Gebäudebestandteil im Jahr 2010

Diese Fachtagung vom 16. April 1991 in Muttenz wurde von der SIA-Sektion Basel und unter dem Patronat der Bau- und Umweltschutzdirektion des Kantons Basel-Landschaft durchgeführt. Rund 350 Architekten und Ingenieure aus dem In- und nahen Ausland nahmen daran teil. In 13 Fachbeiträgen wurde der Stand der Photovoltaiktechnik aufgezeigt und an einigen ausgeführten Beispielen in der Praxis vorgeführt.

Auch diese Chance müssen wir nutzen

Baudirektor *Eduard Belser* sieht in der Energieerzeugung durch Photovoltaik einen Weg unter anderen, den wir auch beschreiten müssen.

VON FELIX JEHLE,
GELTERKINDEN

Die Nutzung der Elektrizität ist heute eine Selbstverständlichkeit. Besondere Bedeutung hat die Elektrizität für uns alle, weil sie von enorm hoher Qualität ist und sich in alle anderen Energieformen, z.B. in Licht oder Antriebsenergie von Geräten (natürlich auch direkt in Heizenergie), umwandeln lässt. Es erstaunt deshalb wenig, dass ohne diese «Schlüsselenergie» bei unserem modernen Lebensstil nichts mehr läuft.

Der Elektrizitätsverbrauch steigt landauf, landab trotz vielen Sparbekennt-

nissen immer noch an. Die zusätzliche Bedarfsdeckung ist je länger je schwieriger und kostspieliger. Kernkraftwerke möchten wir abbauen, die zusätzliche Wasserkraftnutzung hat enge Grenzen, der wachsende Strombezug aus dem Ausland ist längerfristig auch nicht akzeptabel, und Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen benötigen trotz sehr guten Umwandlungswirkungsgraden fossile Energie, welche auch nicht schadstofffrei in Wärme und Strom umgewandelt werden kann.

Ist diese Situation die Chance für die Photovoltaik? Sicher ist es eine Chance, die wir nutzen müssen, ein Weg, den wir auch beschreiten müssen, um aus der Sackgasse herauszukommen. Mit dieser Elektrizitätsproduktions-Technik haben wir die Chance, die Stromproduktion von der Umweltbelastung zu entkoppeln. Eine noch bessere Umweltbelastungsbilanz weist die rationale Elektrizitätsanwendung auf, weshalb trotz «Schönheit» der Photovoltaik die-

ser mehr Beachtung geschenkt werden muss.

Neuartige Lösungen sind vorstellbar

«Ich selber bin kein Energiespezialist», sagte der Präsident des SIA Basel, *Peter Rapp*. Er arbeitet nämlich im weiten Feld der Verkehrsplanung. Trotzdem stellte er ein paar Erwartungen oder Visionen aus seiner Sicht dar:

In den letzten Jahren hat der Energieverbrauch im Verkehrssektor sowohl absolut als auch im Verhältnis zu anderen Verbrauchsgruppen enorm zugenommen. Selbst wenn es uns gelingt, unsere Mobilität auf ein verträgliches Mass zu reduzieren, ja sogar Anteile vom Individualverkehr auf den öffentlichen Verkehr umzulagern, bleibt ein grosser und wohl auch langfristig nicht mit erneuerbarer Energie zu deckender Bedarf bestehen. Könnte dabei nicht auch im öffentlichen Verkehr die Photovoltaik vermehrt ihren Beitrag leisten? Ist es verwegen, sich Bahnhöfe vorzustellen, auf deren Perrondächern der Strom für den Betrieb der Beleuchtung, der Belüftung und der Nebenanlagen erzeugt wird? Oder Lärmschutzwände längs der Bahntrassees, deren Hülle als zweite Nutzung Solarstrom produziert, analog dem Pilotprojekt mit Lärmschutzwänden entlang der Autobahn N13 bei Chur?