

## '(AB)WASSERVERSICKERUNG' - EIN ÜBERBLICK.

Hellmut Fleckseder

### ZUR EINFÜHRUNG, ZUM BEGRIFF UND ZUR ANWENDUNGS-AUFGABE IN ÖSTERREICH

Eine bewußte österreichweite öffentliche Diskussion zur '*(Ab)Wasserversickerung im Siedlungsraum*' gab es in den zurückliegenden zwei Jahrzehnten nicht, wenngleich von einzelnen Stellen sehr wohl Empfehlungen gegeben wurden bzw. Vorschreibungen erfolgten. Dadurch, daß die Entwicklung von Abwasserableitung und Abwasserreinigung im Vergleich zu anderen Staaten Mitteleuropas etwas verzögert verläuft, ist vielleicht auch der Druck, eine Änderung in den dichter besiedelten Gebieten herbeizuführen, nicht so groß wie z.B. in der Schweiz, in Teilen Deutschlands oder in England. (Dazu auch: FLECKSEDER, 1994; von 71% der 1991 in Österreich an Kanalisationen angeschlossenen Wohnbevölkerung wird bei in etwa > 50% das Mischverfahren verwendet, der Rest hat vielfach nur eine Schmutzwasserableitung und der Niederschlag "versickert".)

Als Gründe dafür sind folgende Punkte zu vermuten:

- ☞ Die Bewußtwerdung der Notwendigkeit der Werterhaltung der Anlagen und der damit verbundenen ständigen Aufwendungen bei der dadurch betroffenen Bevölkerung liegt - etwas im Gegensatz etwa zu Deutschland (alte Länder) und der Schweiz - wegen der "späteren" Erstinvestition noch vor uns.
- ☞ Bei der Diskussion rund um die WRG-Novelle 1990 lag der Schwerpunkt der auf die Oberflächengewässer bezogenen Maßnahmen primär bei der Abwasserreinigung (Steuerung durch Abwasseremissionsverordnungen; Klärschlammfrage), wobei aber ebenfalls absehbar war, daß sowohl für "locker besiedelte Gebiete" als auch für die Kanalsanierung wesentlich größere Investitionsmittel als für ARA-Erweiterungen aufzubringen sein werden.
- ☞ Die '(Ab)Wasserversickerung' - z.T. bewußt, z.T. 'unbewußt' ("über die Schulter") angewandt, ist durchaus in Österreich üblich.
- ☞ In "dünn besiedelten Gebieten" wird der aus kleinen Entwässerungsflächen stammende Niederschlagsabfluß oft auch durch eine kurze Verrohrung in das nächstgelegene Oberflächengewässer geleitet.

***Das Ziel dieses Beitrages besteht darin, die öffentliche Diskussion zu diesem Thema in Österreich anzuregen, und zwar so, daß sich eine Arbeitsgruppe bildet, die die künftige Handhabung in diesem Bereich in Österreich prägt.***

Um sich nun mit der '*(Ab)Wasserversickerung*' zu beschäftigen, wird zunächst der Erfassung des Themas aus der *meiner eigenen Vorstellung* gegenüber einer *ausschließlichen Zusammenfassung bisheriger Veröffentlichungen* der Vorzug gegeben; der Schwerpunkt der Darstellung fußt jedoch *auf einem Überblick bisheriger Veröffentlichungen*. Da die *Vorstellung* jedoch nicht an den Bedingungen des österreichischen Vollzugsalltages vorbeigehen kann, ist auch der *Bezug zum österreichischen Wasserrecht* herzustellen. Das österreichische Wasserrechtsgesetz (Rossmann, 1990) in der 1990 novellierten Fassung (§ 32) regelt, daß

- *bloß geringfügige Einwirkungen auf ein Gewässer keiner wasserrechtlichen Bewilligungspflicht unterliegen;*
- *jedenfalls Maßnahmen, die zur Folge haben, daß durch Eindringen (Versickern) von Stoffen in den Boden das Grundwasser verunreinigt wird, bewilligungspflichtig sind.*

Zusätzlich wurde in das WRG 1990 der § 33f neu aufgenommen, der die Grundwassersanierung regelt, während der Schutz von Wasserversorgungsanlagen und die Sicherung der künftigen Wasserversorgung schon in früheren Fassungen mit enthalten waren. Bei der Novellierung des Eidgenössischen Gewässerschutzgesetzes (EDMZ, 1992) wurde das *Versickerungsgebot* für '*unverschmutzten*' *Niederlagsabfluß* befestigter Flächen mit aufgenommen.

In Österreich sind wir zur Zeit - wegen einer in der Vergangenheit vergleichsweise "unbeschwerten" Handhabung im Übergang von Stoffen in das Grundwasser - in der *bewußten Zulassung der 'Versickerung'* restriktiv. Im Vergleich dazu kannte die durch unsere Vorfahren praktizierte Ortsentwässerung in weiten Teilen Österreichs die Versickerung sehr wohl. Im alpinen Bereich mit seinen Haufendörfern gelangten sowohl der Niederschlag von Dach- als auch von Verkehrsflächen bei durchlässigem Boden in diesen, und im flachen Osten Österreichs, mit der Dominanz der Straßendörfer, wurden diese sehr bewußt auf durchlässigem Untergrund errichtet und der Niederschlag der befestigten Flächen konnte sowohl zur Feldseite hin als auch im Grünbereich der breiten Straßenseite in den Untergrund eindringen. Eine verrohrte Abführung von Niederschlägen kam erst im Zuge der vermehrten Flächenversiegelung in den letzten Jahrzehnten bei der Einführung der Ortsentwässerung zur Anwendung. In bewußter Fortführung der Vorgangsweise unserer Vorfahren besteht im Bereich des 21. und 22. Bezirkes in Wien (d.h. einer sehr flachen Gegend mit durchlässigen Böden östlich der Donau) für den Niederschlag unverschmutzter Flächen - i.a. sind dies die Dachflächen und Gehwege vor den Häusern - ein *Versickerungsgebot*; dies hängt hier damit zusammen, daß es zur Donau hin keine leistungsfähigen Oberflächengewässer gibt.

Trotz der derzeitigen restriktiven Handhabung sollte auch bei uns in der kommenden Zeit bei der Überarbeitung zur Werterhaltung der Siedlungsentwässerungen die 'Versickerung' als ein bewußt 'wiederentdecktes' Gestaltungselement vermehrt eingesetzt werden, und es kann ja auch bei uns zu einem 'Versickerungsgebot' für



'unverschmutzten Niederschlagsabfluß' gemäß dem novellierten Eidgenössischen Gewässerschutzgesetz kommen.

'(Ab)wasser' ist nach ÖN B 2.500 (Begriffsnorm Abwassertechnik) ein dem natürlichen Kreislauf entnommenes und in seiner Beschaffenheit chemisch und/oder physikalisch nachteilig verändertes Wasser; in ÖN B 2.500 wird zwischen Schmutzwasser, Regenwasser, Fremdwasser, Mischwasser und Kühlwasser unterschieden.

Als '**Regenwasser**' wird abfließender Regen definiert, wobei '**Regen**' gemäß ÖN 2.500 ein Niederschlag ist, der für das Abflußgeschehen in Abwasseranlagen wirksam wird. In Österreich ist nämlich im Unterschied zu ÖN B 2.500 dieser - der *Regen* - gemäß ÖN B 2.400 (Begriffsnorm, Hydrologie) ein flüssiges Kondensationsprodukt in der Atmosphäre, während der *Niederschlag* eine Sammelbezeichnung für flüssige oder feste Kondensationsprodukte aus der Atmosphäre darstellt, die auf der Erdoberfläche auftreffen. Im folgenden müssen wir die beiden Begriffe eher gemäß der ÖN B 2.400 verwenden und voneinander getrennt halten, da *Regen* i.a. anders als *Niederschlagsabfluß* verunreinigt ist.

Mit Bezug auf den Titel - '(Ab)Wasser' - wird angezeigt, daß im Sinne der Hygieniker alle hier möglichen Wässer verunreinigt und für den direkten menschlichen oder tierischen Gebrauch ungeeignet sind, aber auch, daß es im gesamten zu betrachtenden '*Spektrum*' an '(Ab)Wässern' solche - im Sinne der jeweiligen empfangenden - Oberflächengewässer und Grundwässer (nach Bodenpassage) '*unverschmutzte*' gibt, die versickert werden können, die - wenn dies auch zeitverzögert geschehen sollte - direkt Oberflächengewässern zugeleitet werden können, und dann schließlich '*verschmutzte*', die vor ihrer Einleitung in ein Oberflächengewässer in einer Reinigungsanlage behandelt werden müssen.

Das Wort '**Versickerung**' wird zunächst ebenfalls als Sammelbegriff verwendet. Die ÖNORM B 2.500 kennt diesen Begriff nicht, wohl jedoch 'Sickerbecken', 'Sickermulde', 'Sickerleitung', 'Sickerschacht', aber auch 'Verrieselung'. Er wird in dieser Arbeit an dieser Stelle in 'Anführungsstriche' gesetzt, da ich mich - **derzeit sehr bewußt** - einer Diskussion um diesen Begriff entziehen möchte. Ihn endgültig festzuzurren wäre dann Aufgabe der schon vorstehend angeregten Arbeitsgruppe. Im auf Anwendungen bezogenen Teil dieser Arbeit werden dann die Anführungsstriche weggelassen werden.

Es ist ebenfalls erkennbar, daß jegliche 'Versickerung' auch einen Bezug zum '**Boden**' hat. Wenn nämlich im 'versickernden (Ab)Wasser' enthaltene Inhaltsstoffe, die im Boden nicht umgewandelt werden, in diesem akkumulieren, kann er geschä-

digt werden, und hat der Boden keine ausreichende Durchlässigkeit, kommt es zu keiner 'Versickerung'.

Und schließlich hat - so, wie dies das WRG 1990 auch ausdrückt - die Versickerung auch einen Bezug zum '*Grundwasser*'; dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß das im ungesättigten Boden befindliche Wasser das '*Porenwasser*' ist und dieses erst im gesättigten Boden zu '*Grundwasser*' wird.

Die Fragestellung gemäß WRG 1990 lautet nun, jene Fälle herauszuschälen, die einer wasserrechtlichen Bewilligung bedürfen, bzw. wie sonst hier vorzugehen sei. Die bisher in Österreich übliche Praxis, den 'nur geringfügig verunreinigten Niederschlagsabfluß' von Dachflächen oder Gehwegen ohne wasserrechtliche Bewilligung 'versickern' zu lassen, wird es ermöglichen, diese seit der Zeit unserer Vorväter bis heute geübte Praxis auch auf jene Fälle zu übertragen, wo sowohl die Art des Niederschlagsabflusses als auch der Boden und das Grundwasser eine derartige 'Versickerung' zulassen, wo aber in der Zwischenzeit eine verrohrte Abführung des Niederschlages errichtet wurde.

Auch der 'Gegenpol' zum '*nur geringfügig verunreinigten Niederschlagsabfluß*', das *Schmutzwasser aus Siedlungsgebieten üblicher Zusammensetzung*, ist nicht allzu schwer abklärbar. Die im Grundwasser zulaßbaren Nitratkonzentrationen können rechnerisch zu den in Tabelle 1 genannten *Siedlungsdichten an Menschen* ha führen, wenn die Auffüllung der zugelassenen Konzentrationen zu 50% dem so definierten Abwasser zugeordnet würde.

(Annahmen: 10 g N/(E.d) im Ablauf der Reinigungsanlage, die Meßgröße 'E' kennzeichne den '*Einwohner*' und nicht den '*Einwohnergleichwert*', die Grundwasserneubildungsrate betrage 50mm, 100 mm sowie auch 500mm. Dabei wird damit abgeschätzt, daß die 10 gN/(E.d) in Form von Nitrat voll in das Grundwasser übergehen, da der im Durchschnitt auf den Einwohner bezogene Stickstoffanfall größer ist als es die metabolisch anfallenden ca. 10 g N/(E.d) sind).

Tabelle 1 zeigt ganz klar, daß bei niedrigen zugelassenen Konzentrationen und geringen Grundwasserneubildungsraten, wie z.B. im Osten Österreichs, auch nur ganz geringe, deutlich unter der lokalen großräumigen Siedlungsdichte liegende Werte zulässig sind, während im alpinen Raum bei geringen Siedlungsdichten wegen der großen Grundwasserneubildungsrate von dieser Seite her die Situation nicht so kritisch erscheint.

Um diesen Gedanken noch weiter zu spinnen, setze ich nun voraus, daß eine Trennung in *menschliche Ausscheidungen einerseits* und in '*Grauwässer*' *andererseits* durchführbar sei. Ein Handeln in dieser Art und Weise gab es und gibt es auch heute noch; die sich daraus ergebenden Konsequenzen im Stofffluß sind in Österreich derzeit nicht dokumentiert.



Tabelle 1: Durch die Nitrat­aufhöhung begrenzte zulässige Einwohnerdichte (E/ha), wenn das Abwasser der Menschen in den Grundwasserkörper unter ihrer Siedlung eingeleitet würde.

Ausgewiesene Nitrat­aufhöhung (mg/l Nitrat)	Grundwasserneubildungsrate [mm/a]			
	50	100	500	1.000
25 mg/l	3,1 E/ha	6,2 E/ha	31 E/ha	62 E/ha
20 mg/l	2,5 E/ha	4,9 E/ha	25 E/ha	49 E/ha
15 mg/l	1,9 E/ha	3,7 E/ha	19 E/ha	37 E/ha
10 mg/l	1,2 E/ha	2,5 E/ha	12 E/ha	25 E/ha

Die *menschlichen Ausscheidungen* würden nun über den *Nutzungskreislauf* geführt, so wie dies auch bei den tierischen geschieht, während bei 'Grauwasser' die Frage auftaucht, ob dieses nicht nach einer guten biologischen Reinigung *in den Untergrund 'versickert' werden kann*. Durch eine solche Vorgangsweise können ca. 85% des Phosphors und Stickstoffs im Rohabwasser aus diesem ferngehalten werden, die restlichen 15% sollten zur Aufrechterhaltung aerober Reinigungsvorgänge in technischen Anlagen ausreichen. Dies bedeutet mit Bezug auf die Nitratsituation, daß auch bei geringen Grundwasserneubildungsraten das Abwasser einer größeren Zahl von Menschen - rein rechnerisch - 'versickert' werden kann. Natürlich ist auch noch die Frage zu stellen, welche anderen Inhaltsstoffe in 'Grauwässern' enthalten sein können, die sich sowohl auf den *Boden* als auch auf das *Grundwasser* langfristig ungünstig auswirken können. Von illegalerweise darin enthaltenen Stoffen abgesehen handelt es sich hier um das *Abbauverhalten der Wasch- und Geschirrspülmittel*, denn die sonstigen aus Haushalten stammenden Abwasserinhaltsstoffe sollten recht gut metabolisierbar sein. Wegen der dadurch wesentlichen Einsparungen an Investitionen kommt der Frage des *Zulassens der Versickerung von 'Grauwässern'* in locker verbauten Gebieten eine nicht unerhebliche Bedeutung zu.

Zwischen diesen beiden Bereichen liegt also die Frage, ob '(Ab)Wasser' *versickert werden darf - und auch, ab welcher Umstände die '(Ab)Wasserversickerung' einer wasserrechtlichen Bewilligung zu unterziehen sei*. Der letzte Teil dieser Frage ist ebenfalls von Bedeutung, da der wasserrechtliche Vollzug in Österreich schon heute mit einer derartig großen Vielfalt an Aufgaben belastet ist, daß es schwer wird, ihm immer neue aufzubürden.

## VORGÄNGE BEI DER VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLAGS- ABFLUSS UND ABWASSER

In Tabelle 2 sind die wichtigsten Vorgänge bei der Versickerung von Niederschlagsabfluß und Abwasser (= (Ab)Wasser) zusammengefaßt. Sie sind nach Vorgängen, die *auf die Wassermenge* ("quantitative Vorgänge") bezug haben als auch nach solchen, die sich *auf die Inhaltsstoffe des infiltrierenden (Ab)Wassers* ("qualitative Vorgänge") beziehen, unterschieden.

Tabelle 2: Vorgänge bei der Versickerung von Niederschlagsabfluß und versickerbarem Abwasser (Aufbauend auf: BOLLER, 1988).

	"Quantitative Vorgänge"	"Qualitative Vorgänge"
Vorherrschend bei der Versickerung von Niederschlagsabfluß	Ungesättigte Porenströmung - im Sickerpaket - im Boden Speicherung im Sickerpaket	Filtration; Adsorption - Desorption; Ionenaustausch; Hydrolyse; biologischer Abbau;
Vorherrschend bei der Versickerung von versickerbarem Abwasser	Ungesättigte Porenströmung - im Sickerpaket -im Boden	Filtration; Adsorption - Desorption; Ionenaustausch; Hydrolyse; Gasaustausch; biologischer Abbau & Biomasseproduktion; Ammonifikation; Nitrifikation; Denitrifikation; 'Desinfektion'.

Allen hier ins Auge gefaßten Versickerungsverfahren gemeinsam ist der Durchtritt des Wassers durch den ungesättigten Porenhohlraum hin zum Grundwasser. Dies bedeutet aber auch, daß ein dreiphasiges "System" vorliegt, bei dem Wasser mit seinen Inhaltsstoffen (gelöst; ungelöst) und im Boden entstehende Gase durch eine feste, vielfältig zusammengesetzte, bei Flächenversickerungen auch geschichtete Bodenmatrix transportiert werden. Die *Transportgeschwindigkeit* ist dabei stark abhängig von der *Porenstruktur* und dem *Wassersättigungsgrad* des jeweiligen durchsickerten Bodens. Die technischen Ausbildungsformen können durch ein künstlich angeordnetes Sickerpaket mit relativ guten Einsickereigenschaften gekennzeichnet sein, und erst von dort geht die weitere Einsickerung in den gewachsenen Boden weiter. Dieses Sickerpaket wird i.a. in der Lage sein, einen momentan großen Wasseranfall zu speichern. Sollte ein solches Sickerpaket nicht angeordnet sein, sollte i.a. eine Speicherung in einer Mulde oder einem kleinen Teich zur Verfügung gestellt werden. Bei organisch belastetem Abwasser - z.B. auch bei Grauwasser - kann sich durch Biomassewachstum eine Schicht mit stark vermindertem Durchtrittsvermögen (Biokruste) bilden, die begrenzend auf den Wassertransport wirken kann.

Nach BOLLER kann man bei der Versickerung von *Niederschlagsabfluß* i.a. die quantitativen und die qualitativen Vorgänge voneinander entkoppelt betrachten,



während bei der Versickerung von *versickerbarem Abwasser* dies wegen der durch die Biokruste gegebenen Verhältnisse und des deutlich größeren Gasaustausches aus dem Boden in die Atmosphäre wegen nicht mehr möglich ist.

Die folgende Bearbeitung hat die Versickerung von Niederschlagsabfluß in den Untergrund zum Gegenstand. Gemäß Vorschlag von BOLLER werden dabei die Infiltration der *Niederschlagsmengen* als auch die Fragen der *Inhaltsstoffe im Niederschlagsabfluß* voneinander getrennt behandelt. In der Anwendungswirklichkeit darf diese Trennung sicher nicht aufrecht erhalten werden, zur Darstellung der Sachlage erscheint sie jedoch zweckmäßig. Wegen der i.a. gegebenen Zugänglichkeit von Literatur zu quantitativen Belangen (siehe die folgenden Zitate, aber auch das demnächst erscheinende Buch von GEIGER&DREISEITL, 1995) wird diese knapp gehalten, und es werden - soweit dies zur Zeit möglich ist - eingehender nachfolgend die qualitativen Belange besprochen.

## QUANTITATIVE BELANGE DER VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLAGSABFLUSS

Aus den Tagungsunterlagen der vom *IAHR/IAWPRC (seit 1992: IAHR/IAWQ) Joint Committee on Urban Storm Drainage* gemeinsam veranstalteten Konferenzen über *Urban Storm Drainage* (Lausanne, 1987; Osaka, 1990; Niagara Falls, 1993) ist der weltweite Stand auch in diesem Bereich ablesbar.

In Asien - vor allem in Japan - stehen die quantitativen Belange der Niederschlagsabfuhr wegen der nicht an die Siedlungsentwicklung angepassten Entwässerungen im Vordergrund und zwingen zu neuen technischen Lösungen - siehe dazu Abbildung 1. In Europa gibt es seit langem Sickerschächte und Sickergräben; im Wunsch, den Niederschlag möglichst durch den Humus in den Boden eindringen zu lassen, wurde hier im letzten Jahrzehnt vermehrt der Einsatz durchlässiger Flächen, aber auch von Versickerungsmulden und Versickerungsteichen vorangetrieben.

### *Systemzusammenhang bei der Versickerung von Niederschlagsabfluß*

Der bei der Versickerung von Niederschlagsabfluß vorliegende Systemzusammenhang ist der Abb. 2 entnehmbar (BOLLER, 1988). Von den hier mitaufgenommenen Systemelementen sind sowohl der Niederschlag als auch der Abfluß leichter numerisch erfaßbar als das Verhalten des Sickerbauwerkes sowie vor allem des darunter liegenden Untergrundes.

### *Hydrogeologische Voraussetzungen*

Für die Beurteilung einer Versickerung (siehe z.B. HALDIMANN, 1991) und für die Planung und Realisierung der zugeordneten Bauwerke spielen die örtlichen hydrogeologischen Verhältnisse eine wesentliche Rolle. Zu deren Abklärung stehen Sondierschlitze, Bohrungen sowie die Durchführung von Versickerungsversuchen

# Experimentelles Kanalsystem vom Untergrund aus gesehen

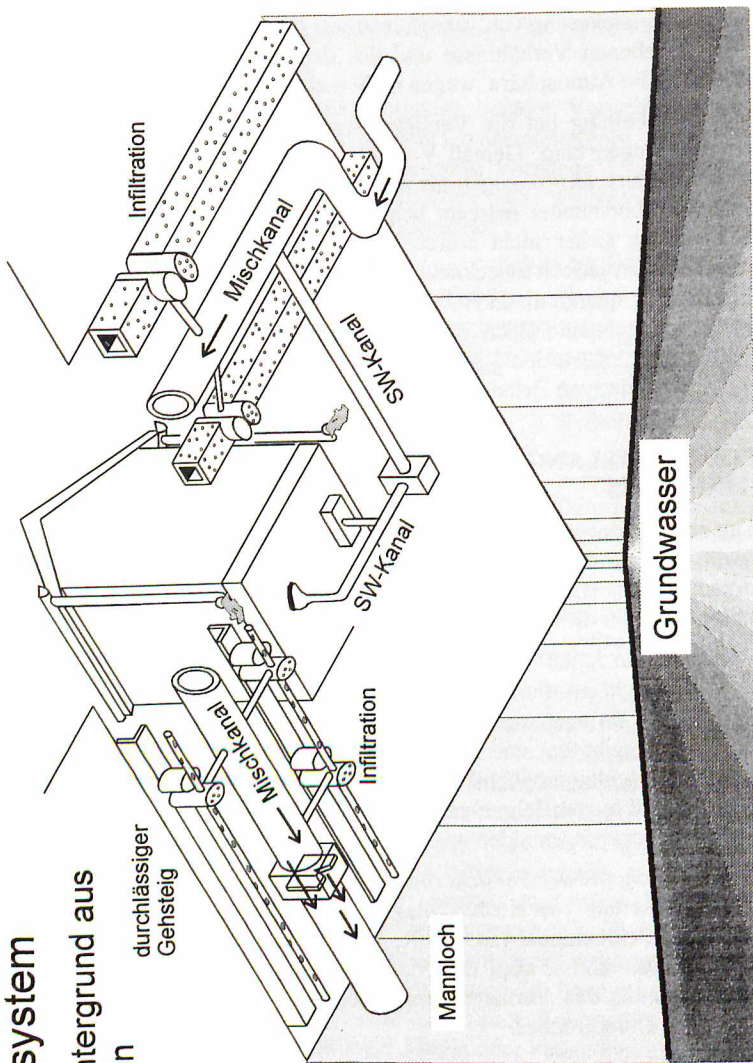


Abb. 1: Allgemeine Zusammenhänge beim "Experimental Sewer System" der Stadt Tokyo/Japan.



im Vordergrund.

Grundsätzlich sind für die Versickerung von Niederschlagsabfluß Bodenschichten notwendig, die folgende Eigenschaften aufweisen:

- Sie müssen über eine ausreichende Durchlässigkeit verfügen;
- Sie müssen eine genügend große Mächtigkeit über dem höchsten Grundwasserstand haben, um sicherzustellen, daß eine ausreichend vertikale Sickerstrecke im ungesättigten Untergrund auch gewährleistet ist;
- Es dürfen in ihnen keine auswaschbare Schadstoffe enthalten sein;
- Ihr Aufbau und ihre Zusammensetzung soll eine größtmögliche Filterwirkung auf das Sickerwasser ausüben.

#### *Bemessungspraktiken und Erfahrungen mit bestehenden Sickeranlagen.*

Mit einem Vergleich der in Europa (und Japan) üblichen Bemessungspraktiken und den Erfahrungen mit der quantitativen Seite der Versickerung beschäftigte sich eine Arbeitsgruppe meist junger Kollegen (C.R.PETERSEN et al., 1993), die zu folgendem Ergebnis führte:

(a) In vielen Staaten gibt es eine lange Tradition bezüglich der Versickerung von Niederschlagsabfluß. Dieser wurde dabei meist in mit Steinen oder Kies verfüllte Gräben oder Schächte geleitet und aus diesen in den Untergrund versickert. Der Entwurf dieser Bauwerke beruhte auf Erfahrung, die jedoch oft erst in den letzten zwei Jahrzehnten in systematischen Richtlinien festgelegt wurden. In Europa umfassen diese Richtlinien i.a. nur wenige Seiten (z.B. ATV 138, 1990) und Infiltrationsversuche wurden i.a. als nachrangig angesehen. In den USA wurden recht umfassende Richtlinien entwickelt, so wie auch dort und in anderen Staaten neue mit der Versickerung zusammenhängenden Techniken entwickelt wurden (dazu: siehe Abb. 1 - das Vorgehen beim "Experimental Sewer System" in Japan; poröse Fahrbahnen; poröse Unterbauten aus Kunststoff bei Parkplätzen oder auch im innerstädtischen Bereich, z.B. in Frankreich).

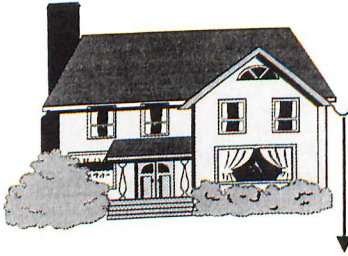
(b) Der Entwurf der Sickerbauwerke wird in den folgenden europäischen Staaten wie folgt durchgeführt:

D: Dem Entwurf werden Blockregen mit einer fünfjährigen Auftretenswahrscheinlichkeit, basierend z.B. auf den Reinhold'schen Regenreihen, zugrunde gelegt (ATV A 138). Bei Sickergräben wird i.a. die Breite und Tiefe festgelegt und die Länge ermittelt, bei Brunnen gibt es in Tabellen festgelegte Werte. Als Austrittsöffnungen werden bei Gräben der Boden plus die halbe Höhe der Grabentiefe angesetzt, bei Schächten wird der Boden als "verstopft" angesetzt und die Austrittsöffnung hängt von der Höhe des Wasserstandes in diesem ab, siehe A 138. Die Durchlässigkeit wird entweder aus Bodenkennwerten oder aus Feldmessungen ermittelt.



## Niederschlag

Intensität  
Dauer  
Häufigkeit

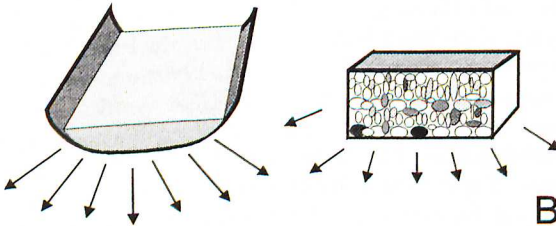


## Abfluß

Fläche  
Neigung  
Oberflächenbeschaffenheit  
Verluste

## Versickerungsbauwerk

Speichervolumen  
Sickerfläche



## Boden

Sickerleistung  
= f (Sättigung)  
Bodenart  
Porosität  
Lage G.W.-Spiegel

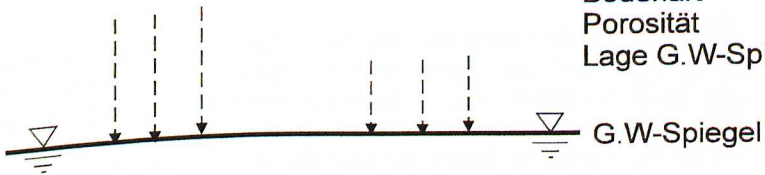


Abb. 2: Vorgänge bei der Versickerung von Niederschlagsabfluß (BOLLER, 1988).



*DK:* Dem Entwurf werden Zeitreihen mit einer annehmbaren - geringen - Auftretenswahrscheinlichkeit zugrunde gelegt. Aufbauend auf der Durchlässigkeit des wassergesättigten Bodens sowie der Breite des Grabens wird eine "geometrische Kenngröße" KAR ermittelt, mit der bei Wahl einer Wiederkehrperiode das erforderliche Volumen im Graben in Bemessungsdiagrammen abgelesen werden kann. Die Grabensohle wird als verstopft angesetzt, die halbe Grabenhöhe geht in den Nachweis ein. Für die Ermittlung der Durchlässigkeit des Bodens gibt es keine eigene dänische Richtlinie, doch wird die schwedische Richtlinie oft herangezogen.

*NL:* In den Niederlanden gibt es bisher keine festgelegten Entwurfsrichtlinien für die Versickerung von Niederschlagsabfluß, sehr wohl jedoch gibt es eine solche für biologisch gereinigtes häusliches Abwasser.

*S:* Es werden Intensitäts-Dauer-Beziehungen akzeptabler Häufigkeit für den Entwurf verwendet, aus denen dann das notwendige Volumen  $D$  [ $\text{m}^3/\text{ha}$ ] anhand der 'Versickerungskapazität  $E'$  [ $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$ ] als 'Maximale Differenz' ermittelt wird. Der Entwurf ist ein iterativer Vorgang. Die 'Versickerungskapazität  $E'$ ' baut auf den geometrischen Abmessungen des Grabens (Boden vernachlässigt, Höhe bis zur Hälfte gefüllt) sowie auf der Bodendurchlässigkeit auf. Die Durchlässigkeit wird im Feld mit einem kleinen gestochenen oder gegrabenen "Loch" durch einen Sickersversuch ermittelt, wobei die so erhobenen Werte nur zur Hälfte eingesetzt werden. Auf Siebkurven aufbauende Werte werden sogar mit 0,3 multipliziert!

*UK:* Der Entwurf fußt auf einer zehnjährigen Jährlichkeit der Regen, das maximale Speichervolumen wird anhand von Regendauern von bis zu 24h ermittelt. Eine empirische Versickerungsrate [ $\text{m}/\text{s}$ ] wird in einem großmaßstäblichen Sickersversuch im Bereich der zu errichtenden Konstruktion ermittelt. Es wird angesetzt, daß der Boden des Grabens oder Schachtes verstopft sei und daß die Höhe nur zur Hälfte ansetzbar sei, und schließlich, daß der Niederschlagsabfluß konstant sei ( $R/D$ ). Mit der Regenhöhe  $R$  [ $\text{mm}$ ], der Regendauer  $D$  [ $\text{min}$ ], sowie der wirksamen Tiefe [ $\text{m}$ ] und einer gewählten Breite erfolgt dann iterativ die Abschätzung der erforderlichen Bauwerksgröße, wobei sich die Länge bei Gräben bzw. die Zahl der Schächte aus der Porosität des Füllmaterials ergibt.

(c) Bei Durchsicht durch diese Richtlinien zeichnet sich ab, daß es verschiedene Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede gibt. Abgesehen von lokalen Problemen - z.B. der Frage der Funktionsunfähigkeit durch Einfrieren in Schweden oder der Verwendung von Zeitreihen statt ausgewerteten Ereignissen in Dänemark - zeichnen sich zwei Bereiche ab, die weiter untersucht werden müssen:

☞ *Bemessungskenngrößen, die die Infiltration bzw. Durchlässigkeit kennzeichnen.* Ihre Wahl legt die dem Entwurf innewohnenden Sicherheiten mit fest, und die "Versuchsöffnungen" sind i.a. deutlich kleiner und geometrisch

anders konfiguriert als die spätere Bauwerksausführung. Die Größe des im Entwurf gewählten Wertes hängt aber auch mit dem folgenden Punkt zusammen.

☞ *Vorhersagen zur zu erwartenden Nutzungsdauer.* Obwohl aus Nordamerika und aus Schweden Nutzungsdauern von mehreren Jahrzehnten - aber sogar von 50 bis 100 Jahren - berichtet werden, so ist es doch zur Zeit noch ziemlich unklar, welche Faktoren denn eigentlich die Nutzungsdauer dieser Bauwerke beschränken. Es scheint so zu sein, daß dort, wo man lange Nutzungsdauern erzielte, ein Feststoffrückhalt aktiv ist, bevor der Niederschlagsabfluß in das Sickerbauwerk gelangt.

(d) Die vergleichende Betrachtung zeigte, daß der Zusammenhang zwischen dem Entwurf dieser Bauwerke einerseits und ihrem Langzeitverhalten andererseits zur Zeit unklar ist und einer Aufklärung bedarf. Da anzunehmen ist, daß - trotz aller "lokalen" Unterschiede - eine über weite Teile Europas verwendbare Bemessung entwickelt werden kann, sollte hier vermehrt zusammengearbeitet werden. Wer hier "einsteigen" möchte, wende sich an *SOCOMA* (Source Control for Urban Stormwater Management), eine Arbeitsgruppe im Joint Committee der IAHR/IAWQ für Siedlungsentwässerung (Urban Storm Drainage). Kontaktpersonen: P. Steen-Mikkelsen.

*Langzeitsimulation der Niederschlags-Abfluß-Transformation und Versickerung*  
 Verschiedene auf dem "Markt" befindliche Niederschlags-Abfluß-Transformations-Programmpakete - siehe dazu z.B. EICHER (1994) - erlauben eine Koppelung des Niederschlagsabflußteiles mit einem Modul, der die Versickerung berücksichtigt. Darüber hat z.B. EICHER (1991) eine lesenswerte Arbeit verfaßt. Bei Notwendigkeit eines Pufferspeichers erscheint die Anwendung von Rechenprogrammen mit repräsentativen Regendaten sinnvoll; diese muß man aber zur Verfügung haben, und in diesem Punkt könnte bei uns in Österreich auch künftig noch eine gewisse Zeit ein Engpaß sein. Ein Hauptvorteil der Simulation ist die Möglichkeit, durch iterative Berechnungen unterschiedliche Belastungs- sowie Parameter-Annahmen auf ihre Empfindlichkeit hin zu prüfen. Schließlich stellt EICHER noch die Frage, in welchem Umfang Versickerungen zur Entlastung im Gesamtsystem beitragen, wenn die Notüberläufe anspringen und das vorhandene Netz doch belasten. Konsequenz daraus: Nie den Gesamtzusammenhang übersehen, und auch bei der Siedlungsentwässerung "*kann der Teufel im Detail stecken*".

*Sickerbauwerk und die Abfuhr von Niederschlägen, die größer als die Bemessungsniederschläge sind.*

Niederschläge verhalten sich stochastisch und bei größer werdender Jährlichkeit werden auch sie größer, sowohl was die Intensität als auch was das Niederschlagsvolumen betrifft. In der vorstehenden Übersicht kam zu wenig zum Ausdruck, daß jegliches Sickerbauwerk irgendwann einmal einem Ereignis ausgesetzt sein wird, für das es nicht konzipiert wurde; dies ist ja übrigens auch bei der Problemlösung



durch Ableitung im Kanal gleichartig gelagert. Somit sind auch bei der Versickerung Vorkehrungen zu treffen, daß - entweder - der Niederschlag abgespeichert werden kann oder über Bauwerke sowohl in Oberflächengewässer als auch - fallweise - in Kanalisationen entlastet werden kann.

*Sickermulden und Sickerteiche verglichen mit Sickergräben, Sickerschächten und ähnlichen Bauwerken.*

Wie nachfolgend noch zu besprechen, weist die Versickerung über Mulden oder zeitweise eingestaute Teiche, d.h. über den Humus, von der qualitativen Seite her wesentliche Vorteile im Vergleich zur Anwendung von Gräben oder Schächten auf, und die Werterhaltung der Bauwerksfunktion ist deutlich einfacher als bei verfüllten Bauwerken. Es ist jedoch mit zu beachten, daß die Flächenrelationen - Mulden- oder Teichfläche relativ zur abflußwirksamen Fläche des zum Sickerbauwerk führenden Einzugsgebietes - bei dieser Art der Problemlösung größer sind als bei Gräben oder Schächten. Die örtliche vorliegende Situation bestimmt hier mit die mögliche Bauwerkswahl, doch kann durch eine ausreichende Einstautiefe und bei sickertfähigem Untergrund ein "Flächenverhältnis" von bis zu 1:20 (Sickerfläche zur abflußwirksamen Fläche) erreicht werden. Bauwerke mit Sickerpaketen und sonst passenden hydrogeologischen Gegebenheiten ermöglichen ein "Flächenverhältnis" von bis zu 1:100.

## QUALITATIVE BELANGE DER VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLAGSABFLUSS

### *Überblick*

Die Versickerung von Niederschlagsabfluß ist ein der natürlichen Infiltration von Niederschlag ähnlicher Vorgang. Zwei Unterschiede im qualitativen Bereich fallen dabei auf, die einerseits im anstehenden Grundwasser und andererseits im durchsickerten Boden zu einer Mehrbelastung führen. Es sind dies (BOLLER, 1988):

- ☐ Bei Sickerbauwerken, die mit Sickerpaketen ausgebildet werden, die Ausschaltung der Humusschichte und dadurch die potentielle Vergrößerung der Gefährdung des Grundwassers:
  - Die im Niederschlagsabfluß vorhandenen partikulären Stoffe werden in die grobkörnige Sickerpackung transportiert und dort nur teilweise zurückgehalten. Die Filterwirkung des anstehenden Bodens ist geringer als jene der Humusschichte (inkl. Oberboden). Durch beides kann die Verlagerung kolloidaler Teilchen ins Grundwasser erhöht werden.
  - Das höhere Adsorptionsvermögen und das höhere Potential an biologischer Aktivität in der Humusschichte wird übersprungen. Dieses Überspringen der Humusschichte bewirkt eine erheblich geringere Adsorption gelöster Substanzen (Grund: der geringere Gehalt der Sickerpackung und des Bodens an orga-

nischem Bodenmaterial). Dadurch kann der Transport gelöster Substanzen in den ungesättigten Porenraum und schließlich auch in das Grundwasser erhöht werden.

☞ Die Erhöhung der Flächenbeschickung mit (Ab)Wasser als potentielle Gefährdung des Bodens:

- Im Vergleich zur Infiltration von Niederschlag wird bei der Versickerung von Niederschlagsabfluß das abfließende Wasser gesammelt und auf einer Bodenfläche, die üblicherweise zwischen 1% und 10% der abflußbildenden Fläche liegt, versickert. Dadurch und wegen der Tatsache, daß der Niederschlagsabfluß stärker mit Stoffen belastet ist als der Regen, wird der Sickerraum im Vergleich zur natürlichen Infiltration bei Regen mit einer deutlich größerer Stofffracht beaufschlagt. Handelt es sich um gut adsorbierbare Stoffe, so kommt es zu deren schnelleren Anreicherung im Boden.

Somit stellt sich vorrangig die Frage nach den Inhaltsstoffen im Regen bzw. in Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit von der Art der Flächennutzung und erst nachfolgend die Frage, ob diese Stoffe zu einer Beeinträchtigung der Sickerbauwerke (z.B. durch Kolmation) oder zu einer Beeinträchtigung der Boden- oder Grundwasserqualität führen werden.

*Ein "Quervergleich" der Verschmutzung konventioneller Parameter im Regen, Niederschlagsabfluß der Trennkanalisation, im überlaufenden Mischwasser sowie im ungereinigten Schmutzwasser.*

Dieser "Quervergleich" baut auf den Daten von GÖTTLE (1978) und ZOB- RIST&STUMM, 1979, bezüglich Regen, BÖHNKE et al., 1979, BRUNNER, 1975, GÖTTLE, 1978, und ROBERTS et al., 1976, für Niederschlagsammler der Trennkanalisation sowie und Niederschlagsabfluß von Flächen sowie GEIGER (1984) und KRAUTH (1970; 1979) bezüglich der Austräge aus Mischkanalisationen auf. Die Werte stellen Schätzgrößen anhand der genannten Zitate dar, die sich bei einer Siedlungsdichte von ca. 400 EGW/ha<sub>red</sub> (ca. 250 E/ha<sub>red</sub>) ergeben. Sie haben die Dimension [kg/ha<sub>red</sub>\*a] oder [l] im Falle der Relativzahlen dieser Werte. Die Werte in Tabelle 3 dienen der qualitativen Beurteilung von Zuständen, nicht der Bemessung von Bauwerken, und können sicher von Anwendungssituation zu Anwendungssituation stark schwanken!

Daraus ist zu erkennen, daß der "Regen" im Vergleich zu den übrigen Abflüssen als eher unverschmutzt zu bezeichnen ist; die Werte zeigen aber auch, daß auch reaktiver Stickstoff durch den Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen wird. Im "Niederschlagsabfluß der Trennkanalisation" werden i.a. hohe Feststofffrachten transportiert, die auch einen CSB und einen gewissen BSB<sub>5</sub> aufweisen; dies hängt i.a. damit zusammen, daß z.B. Laubfall und auch Reifenabrieb bzw. Rückstände aus dem Verkehr, aber auch Hundekot hier mit enthalten sind. Das "überlaufende



Tabelle 3: Ein "Quervergleich" konventioneller Kenngrößen im Regen, Niederschlagsabfluß der Trennkana-  
 lisation, überlaufendes Mischwasser sowie im ungereinigten Schmutzwasser. Erläuterungen untenstehend. FLECKSEDER, 1990.

Kenngröße	Regen	Niederschlags- abfluß der Trennkana- lisation	überlaufendes Mischwasser		Dimension
			"ohne RÜB"	"schle RÜB" "gutes RÜB"	
(1) TSS	~ 50	~ 1.300	~ 1.400	~ 350	~ 11.000
(2) BSB <sub>5</sub> ges	ni. gem.	~ 90	~ 800	~ 300	~ 8.500
(3) CSB ges	~ 60	~ 500	~ 1.900	~ 700	~ 17.000
(4) N ges	~ 15	~ 30	~ 110	~ 45	~ 1.200
(5) P ges	~ 0,5	~ 1,5	~ 24	~ 9	~ 240
(6) BSB <sub>5</sub> /TSS	---	~ 0,1	~ 0,6	~ 0,8	~ 0,8
(7) CSB/TSS	~ 0,8	~ 0,4	~ 1,4	~ 2,0	~ 1,6
(8) CSB/BSB <sub>5</sub>	---	~ 5,56	~ 2,4	~ 2,3	~ 2,0
(9) CSB/N	~ 4	~ 17	~ 12	~ 12	~ 10
(10) CSB/P	~ 120	~ 330	~ 32	~ 30	~ 28

Erläuterungen: "Regen" → ein die Verschmutzung im Niederschlag in der Luft charakterisierender Wert;  
 "Niederschlagsabfluß der Trennkana- lisation" → aus dem "Regenwassersammler" der Trennkana- lisation stammend;  
 "überlaufendes Mischwasser", unterteilt in "ohne RÜB", "schle RÜB" → eine Situation, in der ein RÜB klein ist oder  
 nur eine ungünstige Wirkung entfalten kann; "gutes RÜB" → eine Situation, in der ein RÜB ausreichend groß ist oder  
 auch ein kleineres eine gute Wirkung entfalten kann; "ungereinigtes Schmutzwasser" → im Text.

Die Relativzahlen zeigen, daß zwischen dem "Regen", dem "Niederschlagsabfluß der Trennkana- lisation" und dem  
 "überlaufendem Mischwasser"/"Schmutzwasser" wesentliche Unterschiede bestehen, die es zwischen "überlaufendem  
 Mischwasser" und "Schmutzwasser" nicht gibt. Dimensionen: Zeilen (1) bis (5) wie angegeben, Rest dimensionslos.

Mischwasser" und das "Schmutzwasser" können die Ähnlichkeit ihrer Zusammensetzung nicht verleugnen. Alle ausgewiesenen Stickstoffkomponenten, auch beim Regen, weisen Ammonium auf; sein Anteil ist beim überlaufenden Mischwasser am größten.

Diese vor nun sechs Jahren erschienene Gegenüberstellung hat in Österreich sicher mit dazu beigetragen, daß in den vergangenen Jahren bei der Erweiterung der Abwasserentsorgung in den Randgebieten der Städte und im locker besiedelten Raum nur eine Schmutzwasserableitung zum Zuge kam.

*Neuere Untersuchungen zur Kennzeichnung von Inhaltsstoffen (Regen; Niederschlagsabfluß) bei unterschiedlicher Flächennutzung*

Das Bewußtsein für die Bedeutung dieser Aufgabe führte in verschiedenen Staaten zu Untersuchungsprogrammen, in Deutschland z.B. zum BMFT-Verbundprojekt Schadstoffe im Regenabfluß aus städtischen Gebieten (HAHN, 1994; HAHN & XANTHOPOULOS, eds., 1990; HAHN & XANTHOPOULOS, eds., 1992). Andere neuere Arbeiten stammen von BANNERMAN et al., 1993; BOLLER, 1988; HALDIMANN, 1991; MARSALEK, 1990; MURAKAMI&NAKAMURA, 1990; SAITO et al., 1990; STEEN-MIKKELSEN et al., 1993; TOKAI&MORIOKA, 1990.

Sie können wie folgt zusammengefaßt werden:

- ☞ Je sauberer die Luft und je geringer die auf einer Fläche ablaufende "Aktivität", desto weniger verunreinigt ist der Niederschlagsabfluß der jeweiligen Fläche. Ein funktionaler quantitativer Zusammenhang zwischen "Aktivität" und "Verschmutzung" kann zur Zeit nicht angegeben werden.
- ☞ Auch der Abfluß von Dächern kann dann erhöhte Schwermetallgehalte aufweisen, wenn diese in zur Deckung verwendeten Stoffen enthalten sind (z.B. Kupfer, Zink); die Löslichmachung dieser Schwermetalle ist durch die Säurekomponenten der Atmosphäre bedingt. (Dies gilt natürlich auch für die Abflüsse von Flächen ganz allgemein, bei denen derartige Stoffe zum Einsatz gelangen).
- ☞ Die früheren Beobachtungen, daß die Niederschlagsabflüsse befestigter Flächen "arm" an biologisch (rasch) umsetzbarer Substanz sind, wurde erneut bestätigt.
- ☞ Der Großteil der in Abflüssen befestigter Flächen transportierten Schwermetalle, aber auch der organischen Mikroverunreinigungen werden angelagert an den Oberflächen der in diesen Abflüssen enthaltenen Feststoffen transportiert. Die kleineren Feststoffe weisen dabei i.a. die größere spezifische Beladung auf.
- ☞ Eine effiziente Abscheidung der abfiltrierbaren Stoffe sollte somit auch zu einer effizienten Fernhaltung dieser Stoffe von empfangenden Gewässern führen. So wird z.B. von HAHN die chemisch-physikalische Reinigung der Abflüsse von städtischen Verkehrswegen vorgeschlagen. Brauchbare Bauwerke zum Rückhalt dieser Stoffe sind ohne Zweifel auch Sickerbauwerke, wobei jene mit einer Flächenversickerung bevorzugt werden sollten.



☞ Durch verschiedene Vorgänge können diese Komponenten auch wieder löslich gemacht werden (bei Schwermetallen z.B. durch Komplexierung bzw. durch pH-Wert-Absenkung).

*Gliederung abflußwirksamer Flächen nach dem ihnen zuordenbaren "Verschmutzungspotential"*

HALDIMANN (1991) gliedert den Zusammenhang zwischen abflußwirksamen Flächen und der ihnen zuordenbaren Verschmutzung qualitativ wie folgt (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Eine qualitative Zuordnung zwischen der Flächennutzung abflußwirksamer Flächen einerseits und dem diesen zuordenbaren Verschmutzungspotential im Niederschlagsabfluß andererseits. (LRVerf = Schweizer Luftreinhalteverordnung erfüllt; LRVnerf = Schweizer Luftreinhalteverordnung nicht erfüllt).

	wenig belastet	mäßig belastet	belastet
Dachflächen PKW-Parkplätze	LRVerfLRVerf LRVnerf	LRVnerf	
Parkplätze für Nutzfahrzeuge Wohn- / Quartierstraßen	LRVerf	LRVerf LRVnerfLRVnerf	
Durchgangsstraßen, Autobahnen, Bahnanlagen			Luftbelastung nicht maßgebend
Luftbelastung	→ → → zunehmend → → →		

In Einzelfällen können natürlich die Zuordnungen gemäß Tabelle 4 vollständig anders als dargestellt gelagert sein!

*Erkenntnisse zur Einsickerung von Niederschlagsabflüssen in den Boden*

Die bisherigen Erkenntnisse bezüglich des Weges und Verbleibes der im einsickernden Niederschlagsabfluß enthaltenen Verschmutzung sind noch vergleichsweise gering. Geht die Einsickerung über einen ausreichend durchlüfteten Boden, so kann davon ausgegangen werden, daß alle mikrobiologisch metabolisierbaren Stoffe umgewandelt werden. Nach ALEXANDER (1973) gibt eine sehr große Zahl auch natürlicher nicht zersetzbarer organischer Verbindungen. Ob bei mikrobiellen Umsetzungen Zerlegungen komplexer Moleküle eine Rolle spielen oder die Totaloxidation im Vordergrund steht, ist sicher noch abzuklären. Es ist anzunehmen, daß in humosen Böden die Bedingungen für metabolische Umsetzungen sehr günstig sind. Somit verbleibt als wesentliche Frage, was mit den nicht metabolisierbaren Stoffen - darunter auch den Schwermetallen - geschieht. Dazu laufen an verschiedenen Stellen zur Zeit Untersuchungen (z.B. EAAG/CH; Env. Eng., TU Dänemark).

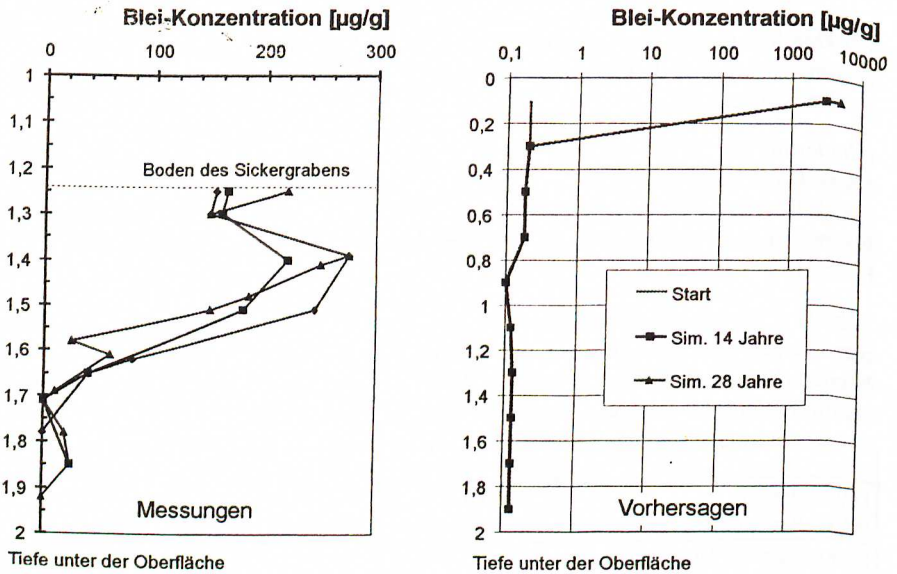


Abb. 3: Das Verhalten von Schwermetallen (Beispiel: Blei) bei der Einsickerung in den Boden. Beide Fälle nicht dieselbe Anwendung! (STEEN-MIKKELSEN et al., 1993)

Erste Untersuchungen und Modellrechnungen für Schwermetalle (Abb. 3) zeigen, daß die oberen bis obersten Bodenschichten, in denen die Einsickerung stattfindet, mit dem Schwermetall angereichert werden, während die Auswirkungen auf tiefere Schichten und das Grundwasser als nicht ausgeprägt zu beurteilen sind. Es ist zu vermuten, daß für an Humus adsorbierbare organische Substanzen eine ähnliche Situation vorliegt. Auch die in Deutschland an einem stark befahrenen Autobahnabschnitt ("Frankfurter Kreuz", GOLWER&SCHNEIDER, 1979, 1982, 1983) durchgeführten Beobachtungen, die jedoch an einer ständig mit Wasser eingestauten Infiltrationsstelle erhoben wurden, lassen sich in ähnlicher Art und Weise interpretieren, wenn auch dort eine deutliche Veränderung der Grundwasserqualität bezüglich einiger anorganischer (ausgeprägt bei Chlorid!) als auch organischer Komponenten im Vergleich zu Werten von Brunnen aus dem nicht belasteten Teil des Grundwasserkörpers gegeben ist.



## **EINIGE VORLÄUFIGE ANWENDUNGSMPFEHLUNGEN ZUR VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLAGSABFLUSS IN ÖSTERREICH**

### *Schutz- und Schongebiete und (Ab)Wasserversickerung*

Wasserversorgungsanlagen für Trinkwasserzwecke werden durch Schutz- und Schongebiete geschützt (WRG 1959 in der Fassung 1990, siehe ROSSMANN, 1990; DVGW, 1975; ÖVGW, 1981). Ein Schema zum Zulassen der Art der Versickerung in Abhängigkeit der Art des Schutz- oder Schongebietes wurde von GOLWER (1985) vorgeschlagen. Dieses wurde in der Schweiz weiter ausgebaut (HALDIMANN, 1991) und in Schweizer Kantonen auch verbindlich gemacht (REY, 1991, für den Kanton Aargau). Die im Kanton Aargau zulässige Vorgangsweise kann den Tabellen 5a/5b entnommen werden; sie für die Anwendungssituation in Österreich in einer Arbeitsgruppe zu diskutieren wird Aufgabe der vorgeschlagenen Arbeitsgruppe sein.

### *(Ab)Wasserversickerung außerhalb von Schutz- und Schongebieten*

Als Grundsatz muß gelten, daß die Versickerung über den Humus jener durch Sickergräben und Sickerschächten vorgezogen wird. Dies folgt ebenfalls aus Tabelle 5a/5b, in die auch die Vorgangsweise für die Bereiche ohne Bedeutung für die Trinkwasserversorgung mit aufgenommen wurde.

### *Erfahrungen mit der Vorgangsweise bei diesen Anwendungsempfehlungen*

Über Erfahrungen mit der Vorgangsweise bei diesen Anwendungsempfehlungen berichten KREJCI et al. (1993). Sie ergaben:

1. Es werden in der Schweiz in der nächsten Zeit eine sehr große Zahl von Sickerbauwerken zu errichten und damit auch zu bewilligen sein. Bisher waren für die Bewilligungen die kantonalen Gewässerschutzämter zuständig. Um den Aufwand für diese zu verringern, wurde die Bewilligung für einfache Anlagen im Siedlungsbereich den lokalen Behörden (auf Gemeindeebene) übertragen.
2. Die Bewilligungen für Anlagen in Gewerbe- und Industriegebieten sowie für stärker befahrene Verkehrswege wird nur von den kantonalen Gewässerschutzämtern erteilt.
3. Die Versickerung von Niederschlagsabfluß nahm in der Schweiz in den letzten Jahren stark zu. Die kantonalen Stellen haben jedoch keine exakte Übersicht über die errichteten Bauwerke (Anzahl; Art der Bauwerke; Größe und Art der Flächen, von denen der Niederschlagsabfluß stammt). Anlagen mit Sickerpaketen scheinen bisher öfter als Flächenversickerungen errichtet worden zu sein.
4. Die 'Sickerkarten' erscheinen als ein sehr zweckmäßiges Werkzeug für die Festlegungen bezüglich der Anlagen. Es wird jedoch noch lange dauern und wesentliche Mittel kosten, bis für jede Gemeinde derartige Sickerkarten erstellt worden sind.
5. Die Anwendung der Versickerung fehlt in einigen Fällen, obwohl die Karten er-





Tabelle 5, Teil b: Baudepartement des Kantons Aargau, Abteilung Umweltschutz, Zulässigkeit der Meteorwasserversickerung (= Versickerung des Niederschlagsabflusses befestigter Flächen), Erläuterungen. (Vorbehaltlich der Versickerungsmöglichkeit je nach geologischen Verhältnissen). (REY, 1991).

In der Tabelle 5a bedeuten:

*Bezüglich der Art der Versickerung:*

- 1 = 'Versickerung' über den Humus (flächig oder durch eine Mulde);
- 2 = Kieskörper mit diffuser, hochliegender 'Versickerung' innerhalb der Deckschicht;
- 3 = 'Versickerungsgraben' oder 'Versickerungsschacht', denen jedoch eine "Vorreinigung" vorzuschalten ist.

*Bezüglich der Art der Schutzzone:*

S I\* = direkter Fassungsbereich der Grundwasserversorgung (Netz zur Trinkwasserversorgung);

S II\* = Bereich nahe der Fassungsanlage;

S III\* = Bereich, der die Fassungsanlage vor weitreichenden Beeinträchtigungen schützen soll;

Großes Grundwasserschutz-Areal = Bereiche, die künftig für die Grundwasserversorgung mit Ausscheidung der Zonen SI, SII und SIII aller Voraussicht nach heranzuziehen sind;

A = Gebiete mit einer wesentlichen Bedeutung für die Trinkwasserversorgung;

B = Gebiete mit einer geringeren Bedeutung für die Trinkwasserversorgung;

C = sonstige Grundwassergebiete.

*Bezüglich des Zulassens:*

nzg . = nicht zugelassen;

a = bei Wohnbauten zugelassen, bei Industrie- und Gewerbebauten in Ausnahmefällen, bewilligungspflichtig.

b = in Ausnahmefällen zugelassen, bewilligungspflichtig;

+ = zugelassen, bewilligungspflichtig.

*Zu beachtende Grundsätze:*

- Tabelle anwendbar, wenn die Luft üblich belastet ist und gegen Störfälle vorgesorgt ist.
- Die Wahl der 'Versickerungsanlagen' hat in der Reihenfolge 1 vor 2 vor 3 zu erfolgen.
- Die minimale vertikale Sickerstrecke muß mindestens 1m betragen.
- Es ist für ein ausreichend großes Retentionsvolumen zu sorgen.

- stellt wurden und die Versickerung prinzipiell möglich ist.
6. Es erscheint daher zweckmäßig, auch der lokalen Verwaltung die Zusammenhänge und die Bedeutung der Versickerung von Niederschlagsabfluß verständlich zu erklären und sie in den Zusammenhang zwischen der Flächennutzung und der Wasserwirtschaft mit einzubinden.

*Bewilligungspflicht gemäß dem österreichischen Wasserrecht wann?*

Wie schon angedeutet, wird die wasserrechtliche Bewilligung jeglicher Versickerung unseren heutigen wasserrechtlichen Vollzug auf der Ebene der Bundesländer in große Schwierigkeiten bringen. Die angeregte österreichische Arbeitsgruppe zur Frage der '(Ab)Wasserversickerung' hätte somit zu prüfen, unter welchen Voraussetzungen - ähnlich dem Bericht von KREJCI et al. (1993) aus der Schweiz - gemäß der Festlegung der *Geringfügigkeit* im WRG 1959 entweder überhaupt kein wasserrechtliches Verfahren abzuwickeln ist oder ob hier nicht, ebenfalls ähnlich wie in der Schweiz, Agenden des Wasserrechtes durch örtlich tätige Behörden (Baubehörde) mit abgewickelt werden könnten.

## ANHANG

Eine Diskussion zu von FUJITA (1993) bezüglich Abb. 1 mitgeteilten Zahlen ist Gegenstand dieses Anhangs.

Der einjährige Tagesniederschlag dürfte im Monsunklima in Japan bei ~ 200 mm liegen, während es in Wien ~ 40mm sind, und das traditionelle japanische Haus hat keinen Keller. Das "Experimental Sewer System (ESS)" ist ein Kind der Siedlungsentwässerung von Tokyo. In japanischen Städten - i.a. im Küstenbereich oder in Küstennähe gelegen - herrscht ein großer Druck auf den bebaubaren Boden, der bewußte Japaner bevorzugt, falls er sich dies leisten kann, das traditionelle, zweistöckige, nicht unterkellerte Holzhaus. So wie auch in Europa sind die Flüsse i.a. als Ingenieurgerinne kanalisiert und sie haben zumindest in den Siedlungen keinen ausreichenden Raum. Die Siedlungserweiterung und damit die Flächenversiegelung sowie das Ansteigen der Überschwemmungshäufigkeiten gingen in den letzten Jahren Hand in Hand, gleichzeitig ging auch der Niederwasserabfluß in Trockenperioden deutlich zurück. Da "Fluß" und "Siedlung" direkt nebeneinander liegen, ist eine Lösung durch Speicher an der Oberfläche nicht durchführbar. Zwei Problemlösungen sind denkbar: (a) Die unterirdische zentralisierte Speicherung nach der Art des "Deep Tunnel" - etwa so wie in Chicago erstmals ausgeführt, in der Zwischenzeit auch in verschiedenen Städten in Japan (Nagoya, Osaka etc.) verwirklicht, und zwar im Ausmaß von bis zu einigen 100.000 m<sup>3</sup> Speicherkubatur, sowie (b) die dezentrale Speicherung mit Versickerung und Überlauf nicht abspeicherbarer Niederschläge in die Kanalisation in der Art des "ESS". Die letztgenannte Variante hat neben der Senkung der



Überschwemmungshäufigkeit auch den Vorteil, daß auch eine Niederwasseraufhöhung durch ein i.a. sauberes Grundwasser stattfindet.

Abb. 1 ist ungewöhnlich, man muß genau hinschauen: Die Perspektive ist nicht "von oben", sondern "von unten" dargestellt. Es sind folgende Gestaltungselemente erkennbar: (1) die durchlässige Verkehrsfläche - in Tokyo sind (Stand: 1992) von in Summe ca. 150 km<sup>2</sup> an Straßen ~ 3,74 km<sup>2</sup> mit durchlässigen Belägen versehen (~ 2,5%). (2) die Speicherung und - wegen der vorhandenen Durchlässigkeit - Versickerung auf Plätzen, die eingestaut werden können (Stadien; Tennisplätze; u.a.m.). (3) Niederschlagsabfluß von undurchlässigen Flächen über die durchlässigen Flächen und Einlaufkonstruktionen in sog. "LU-curbs", die selber wieder aus porösem Beton hergestellt werden. Diese "LU-curbs" weisen in die Mischkanalisation führende Überläufe auf. (4) Abfluß wie vorstehend, jedoch über Einlaufkonstruktionen in Sickergräben, ebenfalls mit Überlauf in die Mischkanalisation. (5) Aktivierung der Speicherkapazität in Mischkanalisationen durch Regelorgane.

Der Bau und Unterhalt all dieser Elemente wird nicht nur von der öffentlichen Selbstverwaltung, sondern auch von privater Seite mitgetragen. Versuche zur Einführung von "ESS" gab es seit Mitte der 1970er-Jahre. Zwischen April 1981 und März 1992 wurde folgendes an Bauvolumen mit "ESS" ausgerüstet (FUJITA, 1993):

Siedlungsfläche (gesamt) 1.329 ha; Einwohner in der Siedlungsfläche 166.000E, d.h. die Siedlungsdichte beträgt ~ 125 E/ha und sie ist somit nicht sehr hoch; in dieser Siedlungsfläche wurden 45 ha (= 450.000 m<sup>2</sup>) an durchlässigem Straßenbelag, 337km an Mischkanal, 201km an Sickergräben sowie 70km an "Sicker-LU-curbs" mit einer gesamten Bausumme von ca. 6 Mia. öS errichtet; auf den Einwohner umgerechnet sind dies ~ 2,0 m/E Mischkanal, ~ 1,2 m/E "LU-curb", ~ 0,4 m/E Sickergraben sowie Investitionen von ~ 36.000 öS/E; ob diese einwohnerspezifischen Investitionen mit den von mir genannten Erstinvestitionen (FLECKSEDER, 1994) verglichen werden können, kann aus FUJITA, 1993, nicht abgeleitet werden.

## QUELLEN

- Alexander, M. (1973): Nonbiodegradable and other recalcitrant Molecules. *Bio-techn.&Bioeng.*, 15, (611 - 647).
- ATV (1990): *Arbeitsblatt 138 - Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser*, 15p.

- Bannerman, R.T., D.W.Owens, R.B.Dodds & N.J.Hornewer (1993): Sources of Pollutants in Wisconsin Stormwater. *Wat.Sci.Techn.*, 28, (241-259).
- Böhnke, B., et al. (1979): *Untersuchung der Verschmutzung des abfließenden Regenwassers*. Westdeutscher Verlag, Opladen.
- Boller, M. (1988): *Versickerung von Meteorwasser und Abwasser*. VSA-Verbandsbericht Nr. 372, zu einem Vortrag gehalten an der 44. Hauptmitgliederversammlung vom 25.03.1988 in St.Gallen.
- Brunner, P. (1975): *Die Verschmutzung des Regenwasserabflusses bei der Trennverfahren. Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Niederschlagsverhältnisse im voralpinen Raum*. Band 9 der Berichte aus Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, TU München.
- DVGW (1975): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete. I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser. Technische Regeln, Arbeitsblatt W 101.
- EDMZ (1992): Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24.01.1991 (Referendumsfrist bis 6.05.1991).
- Eicher, Ch. (1994): Berechnungswerkzeuge des siedlungswasserwirtschaftlichen Planers für die Generelle Entwässerungsplanung. *Wiener Mitteilungen, Wasser \*Abwasser\*Gewässer, 121*, dieser Band, (J-1 ff).
- Eicher, Ch. (1991): Hydraulische Aspekte der dezentralen Dachwasserversickerung. VSA-Verbandsbericht Nr. 447, Vortrag an der VSA-Fachtagung "Dezentrale Dachwasserversickerung" vom 23.04.1991 in Zürich.
- Fleckseder, H. (1994): Warum benötigen wir in Österreich die Generelle Entwässerungsplanung? (Eine Einführung in die Aufgabenstellung, inkl. einer Einleitung in das kommende ÖWAV-Regelblatt), *Wiener Mitteilungen, Wasser \*Abwasser\*Gewässer, 121*, dieser Band, (A-1 ff).
- Fleckseder, H. (1990): Abwasserableitung - Abwasserreinigung - Gewässerschutz. *Wiener Mitteilungen - Wasser\*Abwasser\*Gewässer, 81*, (A - 1 ff.)
- Fujita, S. (1993): Infiltration in congested urban areas of Tokyo. Tagungsunterlagen der "6th ICUS (Intern. Conf. on Urban Storm Drainage)", Niagara Falls/Canada, im September 1993, (993 - 998).
- Geiger, W.F. (1984): *Mischwasserabfluß und dessen Beschaffenheit - Ein Beitrag zur Kanalnetzplanung*. Band 50 der Berichte aus Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen der TU München.



- Geiger, W.F. und H.Dreiseitl (1994, im Druck): *Regenwasserrückhalt in städtischen Gebieten - Handbuch zur entwässerungstechnischen Versickerung von Regenwasserabflüssen vor Ort.*
- Göttle, A. (1978): *Ursachen und Mechanismen der Regenwasserverschmutzung - Ein Beitrag zur Modellierung der Abflußbeschaffenheit in städtischen Gebieten.* Band 23 der Berichte aus Wassergütwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen der TU München.
- Golwer, A. (1985): *Qualitätsaspekte der Versickerung. Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Universität Hannover, 57, (175ff).*
- Golwer, A. & W.Schneider, (1979): *Belastung des Wassers mit anorganischen Spurenstoffen im Gebiet von Straßen. gwf - wasser/abwasser, 120, (461ff.)*
- Golwer, A. & W.Schneider, (1982): *Belastung des Grundwassers mit organischen Stoffen im Gebiet von Straßen. gwf - wasser/abwasser, 123, (329 ff.)*
- Golwer, A. & W.Schneider, (1983): *Untersuchungen über die Belastung des unterirdischen Wassers mit organischen Stoffen im Bereich von Straßen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Schriftenreihe der Arbeitsgruppe "Erd- und Grundbau", Heft 4, p. 19ff.*
- Grottker, M. (1991): *Qualitative Aspekte der Meteorwasserversickerung.* VSA-Verbandsbericht Nr. 445, gehalten an der VSA-Fachtagung "Dezentrale Dachwasserversickerung" am 23.4.1991 in Zürich, 22p.
- Hahn, H.H. (1994): *Neuere Untersuchungen zur Verschmutzung des Regen- und Mischwasserabflusses. Tagungsunterlagen zu einem Fortbildungskurs der ATV, 1994 in Fulda, (p.3 ff)*
- Hahn, H.H. & C.Xanthopoulos, eds. (1990): *Schadstoffe im Regenabfluß aus befestigten Gebieten.* Präsentation des BMFT-Verbundprojektes "NIEDERSCHLAG", 5./6.3.1990, mit 11 Beiträgen. Bd. 58 der Berichte des Institutes für SiWaWi der Uni Karlsruhe, 255p.
- Hahn, H.H. & C.Xanthopoulos, eds. (1992): *Schadstoffe im Regenabfluß II.* Präsentation des BMFT-Verbundprojektes "NIEDERSCHLAG", 8.5.1992, mit 13 Beiträgen. Bd. 64 der Berichte des Institutes für SiWaWi der Uni Karlsruhe, 314p.

- Haldimann, P. (1991): Künstliche Meteorwasserversickerung - Aspekte der Versickerung der von Dächern, Plätzen und Verkehrsflächen anfallenden Abwässer. *Schweizer Ingenieur- und Architekt*, Nr.37, (873 - 878).
- Krauth, K.-H. (1970): *Der Abfluß und die Verschmutzung des Abflusses in Mischwasserkanalisationen bei Regen*. Bd. 45 der Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft.
- Krauth, K.-H. (1979): *Der Regenabfluß und seine Behandlung beim Mischverfahren*. Bd. 66 der Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft.
- Krejci, V., P.Haldimann und M.Grottker (1993): Administrative Aspects of Stormwater Infiltration in Switzerland. 6th ICUSD, Niagara Falls, September 1993, in den Tagungsunterlagen, (999-1004).
- Marsalek, J. (1990): PAH Transport by Urban Runoff from an Industrial City. Fifth ICUSD, Osaka, Tagungsunterlagen, (481-486).
- Murakami, T. & E.Nakamura (1990): Heavy Metal Characteristics of Stormwater Runoff. 5th ICUSD, Osaka, Tagungsunterlagen, (433-438).
- Österreichisches Normungsinstitut (ON), (1986): *ÖN B 2.400 - Hydrologie* (Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen).
- Österreichisches Normungsinstitut (ON), (1990): *ÖN B 2.500 - Begriffsnorm - Abwassertechnik* (Entstehung und Entsorgung von Abwasser - Begriffsbestimmungen und Zeichen).
- ÖVGW (1981): Trinkwasser - Schutz - und - Schongebiete. Mitteilung W 72.
- Payne, J. und A.Davies (1993): Manual on Infiltration Methods for Stormwater Source Control. Tagungsunterlagen der "6th ICUS (Intern. Conf. on Urban Storm Drainage)", Niagara Falls/Canada, imSeptember 1993, (981 - 986).
- Petersen, C.R., T.Faarbæk, G.H.Jensen (Denmark); G.Weyer (Germany); S.Fujita, K.Ishikawa (Japan); G.Geldof (The Netherlands); C.Stenmark (Sweden); C.J.Pratt (UK) (1993): Urban Stormwater Infiltration Design Practice and Technology: State of the Art Assessment. *Urban Stormwater Infiltration*, Proceedings of the 5th Eu.J.Sc. Course, P.Jacobsen und P. Steen-Mikkelsen, eds., Dept. of Env. Eng., TU Denmark, DK - 2800 LYNGBY.
- Rey, H. (1991): Dachwasserversickerung aus der Sicht einer Gewässerschutzfachstelle. VSA-Verbandsbericht Nr. 448, zur Tagung "Dezentrale Dachwasserversickerung" vom 23.4.1991 in Zürich, 9p.



- Roberts, P.V., L.Dauber, B.Novak & J.Zobrist (1976): Schmutzstoffe im Regenwasser einer städtischen Trennkanalisation. *Gas\*Wasser\*Abwasser*, 56, (672-679).
- Rossmann, H.: *Wasserrecht*. Das österreichische Wasserrechtsgesetz in der 1990 novellierten Fassung (WRG 1990). Eine kommentierte Fassung. Verlag der österreichischen Staatsdruckerei, ISBN 3-7046-0207-8.
- Saito, S., Y.Inoue, & T. Okumura (1990): Characteristics of Organic-Halogen Precursors in a Runoff from an Urban Area. 5th ICUSD, Osaka, Tagungsunterlagen, (505-510).
- Steen-Mikkelsen, P., G.Weyer, C.Berry, Y.Walden, V.Colandini, S.Poulsen, D.Grotehusmann & R.Rohlfing (1993): Pollution from Urban Stormwater Infiltration. 6th ICUSD, Niagara Falls, Tagungsunterlagen, (1187-1194).
- Tokai, A. & T.Morioka (1990): Runoff of Chemicals which have a wide Range of Solubility. 5th ICSUD, Osaka, Tagungsunterlagen, (493-498).

Hellmut Fleckseder, Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.techn., M.S.,  
Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU Wien,  
Abteilung für Wassergüte; Karlsplatz 13, A - 1040 W I E N,  
und  
Vorläufiges Sekretariat des 'Donauschutzübereinkommens',  
Gebäude J, VIC, Pf. 500, A - 1400 W I E N.

