

- **Untersuchungen zur Filtration und anschließenden Versickerung von Niederschlagswässern von Zinkdächern (am Beispiel des Altenheims Wahlscheid)**

## Kurzfassung



- Prof. Dr.-Ing. Bernd Nolting  
Januar 2008

---

Im Auftrag des



Ministerium für  
**Umwelt** und **Naturschutz**,  
**Landwirtschaft** und  
**Verbraucherschutz**  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## ■ INHALTSVERZEICHNIS

1	ZIELSETZUNG UND RANDBEDINGUNGEN .....	1
2	BEHANDLUNGSANLAGE.....	2
3	VERWENDETE FILTERMATERIALIEN/ VERSUCHSPROGRAMM .....	6
4	VERSUCHSERGEBNISSE .....	6
5	ZUSAMMENFASSENDE VERGLEICH DER FILTERSYSTEME.....	9
6	FAZIT .....	11

## 1 Zielsetzung und Randbedingungen

Die möglichst weitgehende Versickerung des in Siedlungsgebieten anfallenden Niederschlagswassers ist ein umweltpolitisches Ziel der NRW-Landesregierung. Die Frage nach den im Niederschlagswasser enthaltenen Inhaltsstoffen und deren möglichen Umweltauswirkungen spielt dabei natürlich eine besondere Rolle. Das Niederschlagswasser wird diesbezüglich in drei Gruppen unterteilt:

1. unbedenkliche Abflüsse,
2. tolerierbare Abflüsse und
3. nicht tolerierbare Abflüsse.

Unbedenkliche Niederschlagswasserabflüsse dürfen über alle Versickerungsanlagen eingeleitet werden. Tolerierbare Niederschlagswasserabflüsse dürfen in der Regel nur über die belebte Bodenzone versickert werden. Nicht tolerierbare Niederschlagswasserabflüsse dürfen nur in Ausnahmefällen über die belebte Bodenzone, in keinem Fall über unterirdische Versickerungsanlagen versickert werden. Eine besondere Umweltrelevanz haben aufgrund ihrer Schwermetallbelastung die Niederschlagsabflüsse von zink-, kupfer- oder bleigedeckten Dachflächen.

Wegen ihrer Umweltbelastung dürfen Niederschlagswässer von Metalldächern nicht ohne Behandlung (z.B. über die belebte Bodenzone oder andere Behandlungsanlagen) versickert werden. Für eine Einleitung sind die Prüfwerte für Sickerwasser der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), die an der Grenze von der ungesättigten zur gesättigten Zone gelten, rechtlich bindend. Diese sieht eine maximale Konzentration von **0,5 mg/l Zink** im Sickerwasser vor, die von Behandlungsanlagen analog zur belebten Bodenzone eingehalten werden müssen. Den Überwachungsbehörden liegen allerdings noch keine ausreichenden Informationen über die Reinigungsleistung und den Betrieb geeigneter Behandlungssysteme vor. Bei größeren Dachflächen muss daher das Niederschlagswasser von diesen Dachflächen bis dato häufig in die Kanalisation abgeleitet werden. Diese Vorgehensweise ist für die Eigentümer mit entsprechenden Kosten (Kanalbenutzungsgebühren) verbunden. Hinzu kommt die Tatsache, dass auch die Ableitung des Regenabflusses von Metalldächern in den Mischwasserkanal und anschließend in die Kläranlage nicht unproblematisch ist, da sich hierdurch die Zink- und Kupferbelastung im Klärschlamm erhöhen kann.

Gegenstand dieses Pilotprojektes ist die Behandlung und anschließende Versickerung des Niederschlagswassers des Zinkdaches (Zinkfläche 2.000 m<sup>2</sup>) eines Altenheims in Lohmar-Wahlscheid. Vor der Installation der Behandlungs- und Versickerungsanlage musste das Niederschlagswasser der Dachflächen wegen der oben genannten Gründe in den Kanal abgeleitet werden.

Im Rahmen des Pilotprojektes wurde eine Behandlungs- und Versickerungsanlage für das Niederschlagswasser der Dachflächen errichtet und über einen Zeitraum von

20 Monaten betrieben. Es kamen unterirdische Schachtbauwerke zum Einsatz, die vor der eigentlichen Rigolen-Versickerung angeordnet und mit Filterkörpern ausgestattet sind. Die Untersuchungen haben das Ziel, verschiedene Filtermaterialien und unterschiedliche Filtersysteme hinsichtlich ihrer Reinigungsleistung und Praxistauglichkeit zu untersuchen. Parallel erfolgte die Untersuchung der Rückhalteleistung in einer im Teilstrom angeordneten Versickerungsmulde. Ergänzend wurde im Labormaßstab das Sorptionsverhalten der Filter- und Rigolenmaterialien untersucht.

Die untersuchten Filterschächte und Filtermaterialien sowie die Versickerungsmulde werden hinsichtlich Reinigungsleistung, Prozessstabilität und Betriebssicherheit bewertet und miteinander verglichen. Es wird eine optimierte Verfahrensvariante herausgearbeitet. Aus den Untersuchungen werden Handlungsempfehlungen für die zukünftige Genehmigungspraxis in NRW abgeleitet.

## 2 **Behandlungsanlage**

Der Regenabfluss des Zinkdaches wird über ein mehrstufiges System zur Reinigung und Versickerung des Regenwassers in den Untergrund eingeleitet. In einem Verteilerschacht (V) erfolgt zunächst die Aufteilung des gesamten Volumenstroms in drei Teilströme, die in die Filterschächte geleitet werden (siehe Abb. 3). An dieser Stelle sind Durchflussmessungen (D) der einzelnen Teilströme und eine Probeentnahme installiert worden. Der prinzipielle Aufbau der Filterschächte (F) ist in Abb. 1 dargestellt. Zunächst findet eine Abtrennung der Feststoffe über einen hydrodynamischen Abscheider statt. Das Sediment wird in einen strömungsberuhigten Raum unter dem Zyklon gesammelt und wird so bei Starkregenereignissen nicht wieder resuspendiert. Von dort gelangt das Wasser durch eine Filterpackung, die im Aufstromverfahren passiert wird. In diesen Filtern finden Prozesse wie z. B. Ionenaustausch, chemische Fällung und Adsorption der gelösten Metallanteile statt. Dadurch, dass der Filter von unten nach oben durchströmt wird, können Partikel nach den Regenereignissen durch die Erdanziehungskraft wieder aus dem Filter fallen und lagern sich dann auf der Zyklonplatte ab. Dies verlängert die Standzeit des Filters deutlich, da der Aufbau eines Filterkuchens sehr langsam erfolgt. Aus den drei Filterschächten wird das gereinigte Wasser nach jeweiliger Probenahme in einem Schacht (Z) wieder zusammengeführt und über Versickerungsrigolen (R) DN 300 und 400 (Teilsickerrohre aus adsorbierendem Drainbeton mit pH-reaktiver Sohle) geleitet, aus denen es über die Wandung abschließend in den Untergrund gelangt.

Für Vergleichszwecke wurde eine konventionelle Versickerungsmulde erstellt (vgl. Abb. 6 und 7). Diese abgedichtete Mulde wurde mit geringeren Zuflüssen als die Filterschächte beschickt. Das Sickerwasser wurde über Drainageleitungen zu einem Mess- und Kontrollschacht geleitet und beprobt. Damit wurde es ermöglicht, die Wirkungsweise im direkten Vergleich zu den Filterschächten zu analysieren. Neben den Wasserproben wurden auch Bodenproben untersucht.

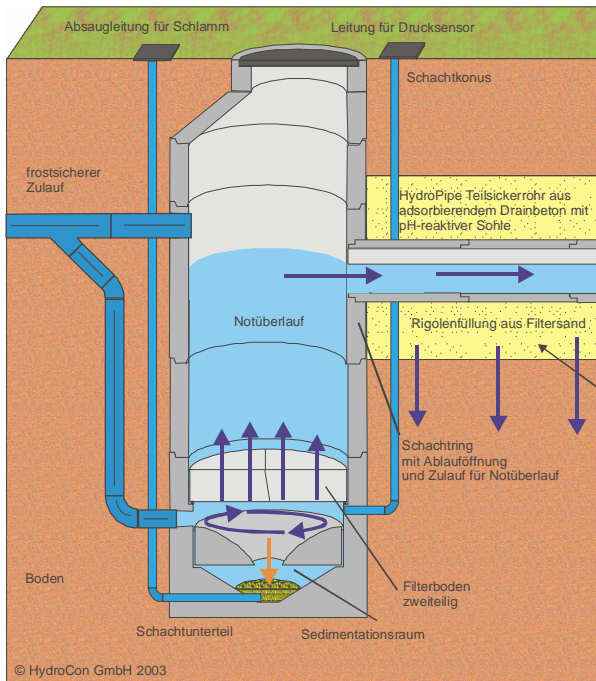


Abb. 1: Aufbau der Filterschächte

Zur Steuerung, Regelung und Überwachung der Anlage war eine speziell programmierte MSR-Software auf einem handelsüblichen PC im Einsatz, der in einer Mess-Station untergebracht war. Die fünf Probenahmeschränke sowie ein Schaltschrank und weitere Unterverteilungen waren ebenfalls in dieser Mess-Station installiert. Der PC wurde über USB-Mess- und Steuerkarten mit den Steuersignalen versorgt, die Probenahmeschränke wurden über serielle Schnittstellen vom PC angesprochen. Via Internet / LAN war ein Fernzugriff auf den PC sowie eine Übermittlung aller relevanten Daten möglich. Täglich sendete der PC aktuelle neue Daten via Email an die FH Bochum. Alle gemessenen Daten sowie die Zeitpunkte der Probenahme wurden minutlich von der Messwerterfassung aufgezeichnet.

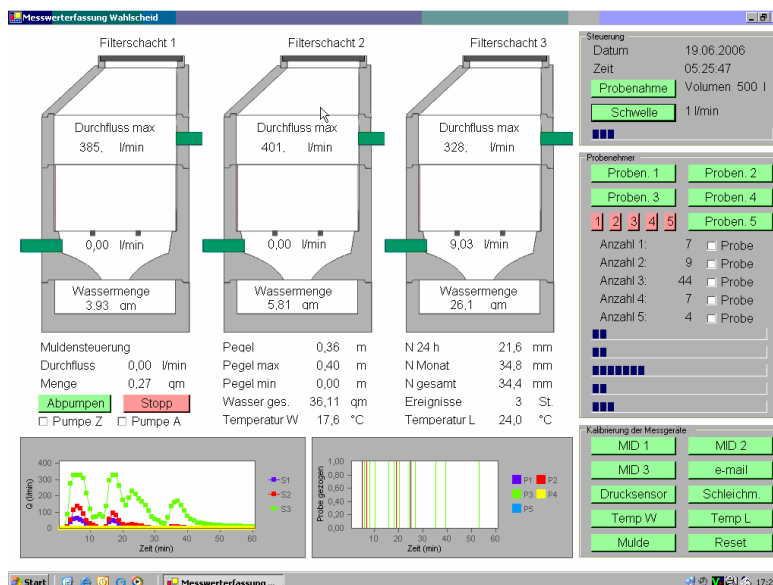


Abb. 2: Bildschirm-Foto der Eingabe- und Kontrollmaske der Messwerterfassung



Abb. 3 zeigt einen Übersichtsplan der gesamten Anlage (siehe auch Abb. 4 und Abb. 5).

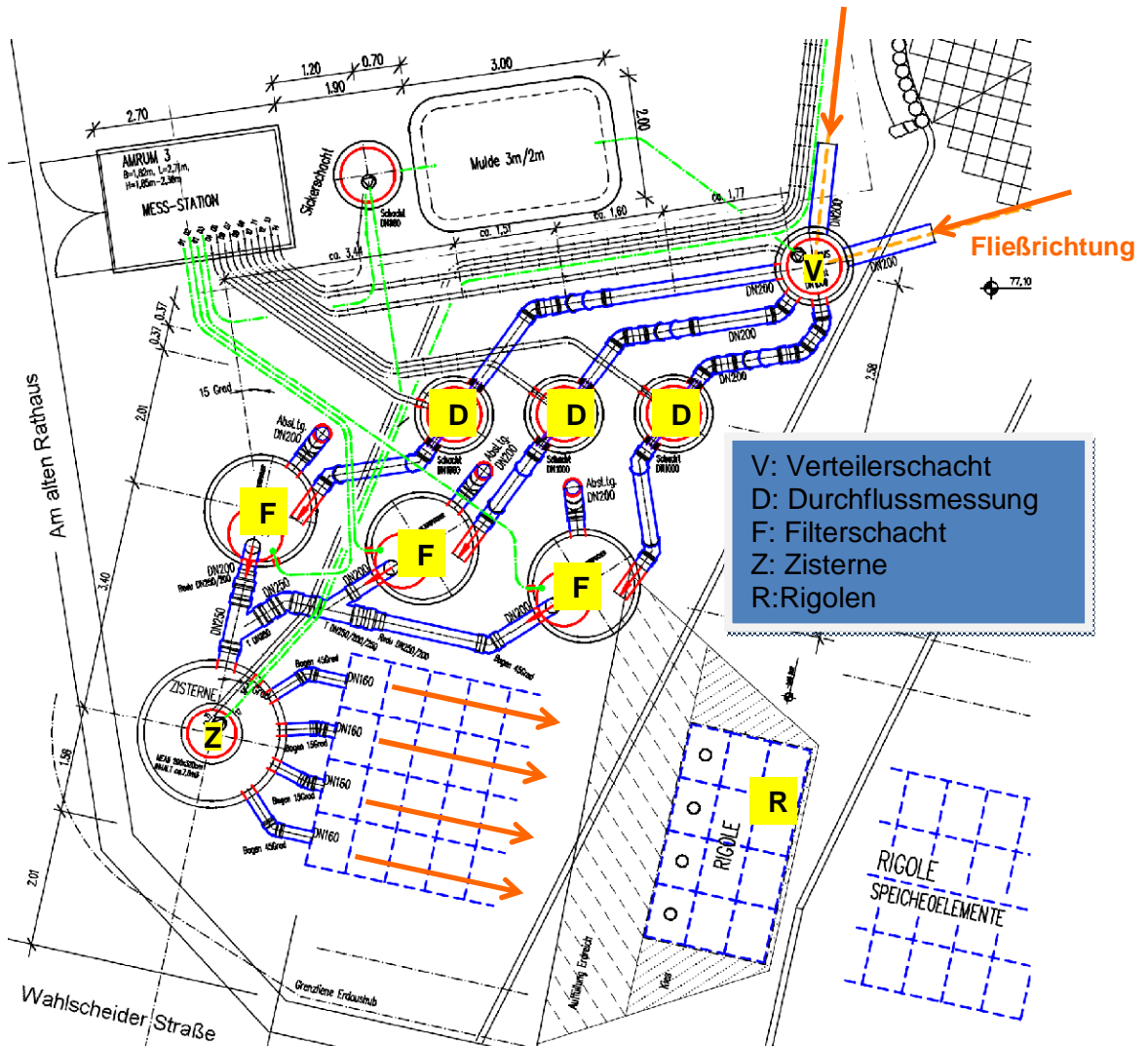


Abb. 3: Übersichtsplan der gesamten Anlage, Fließschema (Grundriss)



Abb. 4: Die Messstation am EAHW



Abb. 5: Übersicht der Gesamtanlage

Den Aufbau und die wichtigsten Dimensionen der Gesamtanlage zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Aufbau der Gesamtanlage

Anlagenteil	Dimension
<b>Zulaufschacht</b>	Fertigschacht, beschichtet DN 1000, $V_{\text{eff.}} = 1,77 \text{ m}^3$ 2 Zuleitungen DN 200, 3 Abläufe DN 200
<b>Messschächte mit Durchflussmessung</b>	3 Messschächte mit jeweils 1 MID-Messung DN 80 Krohne Capaflux IFM 5080 K-Cap, je 1 Zu- u. Ableitung DN200
<b>Filterschacht 1-3</b>	Fertigteilschacht, DN 1500, $V = \text{ca. } 1,4 \text{ m}^3$ mit Filtereinsatz, je 1 Zu- u. Ableitung DN200 Filter 1: Zeolith-Füllung, ab 3/2007: Zeolith/Aktivkoks Filter 2: Zeolith/Aktivkoks-Füllung Filter 3: Calcium-Silikat-Hydrat, ab 3/2007: Zeolith/Aktivkoks
<b>Sammelschacht (Zisterne)</b>	Fertigschacht, DN 2000 mit 2 Zuleitungen (DN 250, DN 200) und 4 Ablaufleitungen DN 160
<b>Versickerungssystem</b>	Rigolensystem mit 4 Rigolensträngen DN 160 im Kiesbett
<b>Mulde</b>	Versuchsmulde mit belebter Bodenzone (2006) bzw. Aktivkoks/IAT-Substrat (ab 2/2007) $b = 2,0 \text{ m}$ , $l = 3,0 \text{ m}$ , $t = 0,8 \text{ m}$ Beschickung über Tauchmotorpumpe im Zulaufschacht
<b>Sickerschacht (f. Mulde)</b>	Fertigschacht DN 1000 mit Zufluss aus Drainagerohr unterhalb der Versickerungsmulde
<b>Anlagenüberwachung</b>	Mess-Station mit Schaltschrank Online-Messwerterfassung über PC mit Fernabfrage. 5 Automatischen Probenehmern (WaterSam) mit Kühleinrichtung und je 36 x 1 L KS-Probenflaschen



Abb. 6: Unbegrünte Versuchsmulde (Anfang 2006)



Abb. 7: Versuchsmulde nach der Rasensaat im Frühjahr 2006

### 3 Verwendete Filtermaterialien/ Versuchsprogramm

Tabelle 2 gibt eine Übersicht der Filtersysteme und -materialien, die im Einsatz waren und untersucht wurden.

Tabelle 2: Übersicht der zu untersuchenden Filter und der Versickerungsmulde

	Jan. `06 bis Juni `06	Juli `06 bis Jan. `07	Feb. `07 bis Aug. `07
<b>Filter 1</b>	Filteraufbau: Edelstahl-Lochblechplatten (Fabrikat Huber AG)		
	Filtermaterial: Zeogran® K 80 (reine Zeolithe (Ca-Clinoptilolith), Körnung 1-2,5 mm) Kationenaustauschkapazität: ca. 100 meq/100 g		Zeoclear ST, Zeolith-Aktivkoks-Gemisch
<b>Filter 2</b>	Filteraufbau: Edelstahl-Lochblechplatten (Fabrikat Huber AG)		
	Filtermaterial: Zeoclear ST, Zeolith-Aktivkoks-Gemisch 1/2,5 mm, Mischung: 50:50		Neufüllung mit Zeoclear ST, Zeolith-Aktivkoks-Gemisch
<b>Filter 3</b>	Porenbetonplatten (Fabrikat Eurofiltrator e. K)		Betonplatten mit aufgesetzten Kunststoff-Kartuschen
	Filtermaterial: Granulat „Biocalith K“ (Calcium-Silikat-Hydrat $\text{Ca}_5\text{Si}_5\text{O}_{22}\text{H}_{10}$ ), Körnung 1-3 mm		Zeoclear ST, Zeolith-Aktivkoks-Gemisch
<b>Versickerungsmulde</b>	„Belebte Bodenzone“, Mutterboden, 30 cm • unbegrünt	„Belebte Bodenzone“, Mutterboden, 30 cm • begrünt	Aktivkoks-Ionen-austauscher-Substrat (Zeosoil)

### 4 Versuchsergebnisse

Das Niederschlagswasser vom Zinkdach wies die aus der Literatur bekannten mittleren Zinkkonzentrationen von 4 bis 4,5 mg/l Zink auf. Dabei lag das Zink fast vollständig in gelöster Form vor. Entsprechend der Zulaufkonzentrationen ist eine Eliminationsleistung bzgl. Gesamtzinks von rund 90% zu fordern.

In der Gegenüberstellung der unterschiedlichen Filtersysteme einschließlich der Versickerungsmulde wird die unterschiedliche Wirksamkeit deutlich.

Während der Filter 3 sowohl mit Calcium-Silikat-Hydrat-Füllung sowie als Filter mit Filterkartuschen bei Rückhalten von 50% bis 65% zu keinem Zeitpunkt eine befriedigende Leistung aufwies, wurden bei den drei anderen Systemen durchweg hohe Rückhalte zwischen 85% und 99% gemessen. Die Edelstahlblech-Filter mit Aktivkoks/Zeolith-Füllung zeigten eine stabilere Eliminationsleistung als die Edelstahlblech-Filter mit der reinen Zeolith-Füllung (Abb. 8 und 9). Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Jahren 2006 (hoher Eintrag organischer Stoffe durch starken Pollenflug) und 2007 (geringer organischer Eintrag) beobachtet.



Die Versickerungsmulde erwies sich ebenfalls als sehr gut wirksam, wenn auch der Rückhalt der partikulären Substanzen erwartungsgemäß nicht ganz das Leistungsni-veau der Filtersysteme 1 und 2 erreicht (Abb. 10 und 11).

Tabelle 3: Zusammenfassung der Reinigungsleistung der Filtersysteme

	2006		2007	
	Zink gelöst	Zink gesamt	Zink gelöst	Zink gesamt
Zeolith/ Edelstahlbleche (F1)	88,1%	86,3%	0,0%	0,0%
Aktivkoks-Zeolith/ Edelstahlbleche (F2)	96,8%	95,5%	97,3%	96,1%
Aktivkoks-Zeolith/ Edelstahlbleche (F1)	-	-	96,6%	95,9%
Ca-Silikat-Hydrat/ Porenbetonplatten (F3)	66,7%	65,2%	-	-
Mulde	96,1%	88,2%	99,0%	89,9%
Gesamtanlage	79,7%	78,0%	82,3%	77,2%

Ablaufkonzentrationen des Filtersystems 'Edelstahlbleche mit Aktivkoks/Zeolith-Füllung'

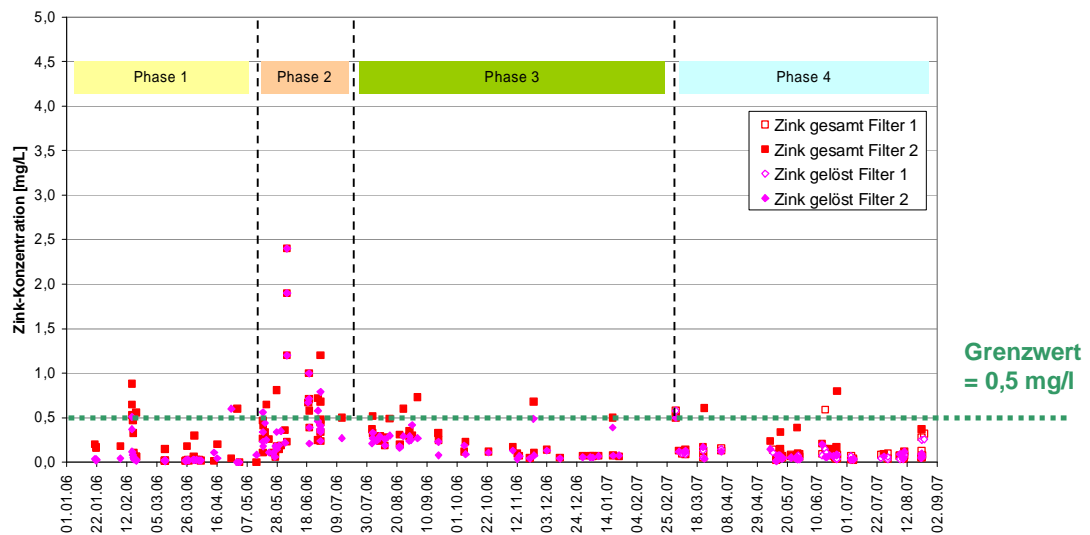


Abb. 8: Zink-Ablauf-Konzentrationen des Filter-Systems 2 (Aktivkoks/Zeolith) im Untersu-chungszeitraum von Jan. 2006 – Aug. 2007

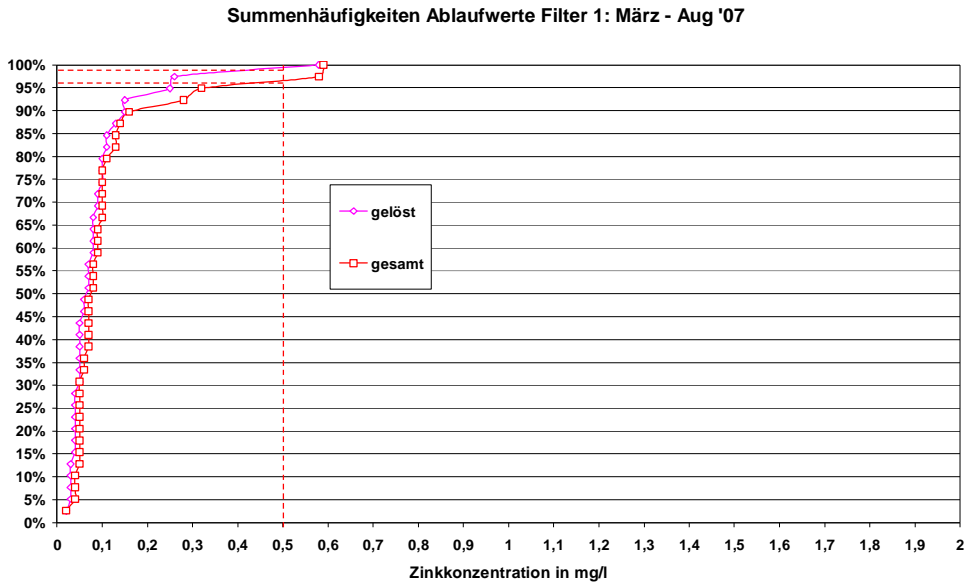


Abb. 9: Summenhäufigkeiten der Zink-Ablaufkonzentrationen von Filtersystem 1 im Untersuchungszeitraum von März bis August 2007

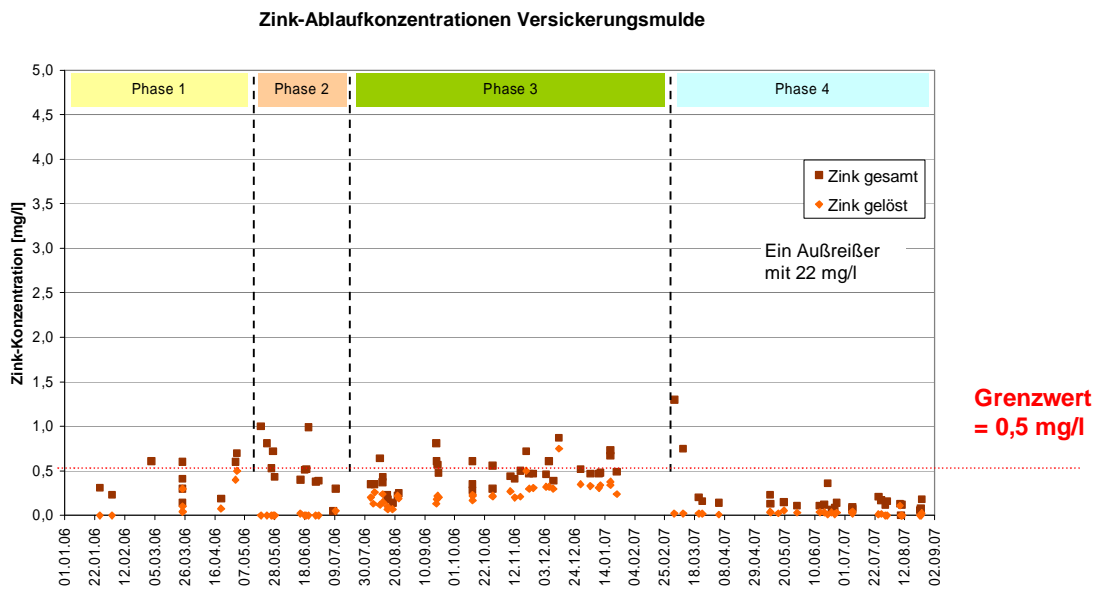


Abb. 10: Zink-Ablauf-Konzentrationen der Versickerungsmulde im Untersuchungszeitraum vom Januar 2006 – August 2007

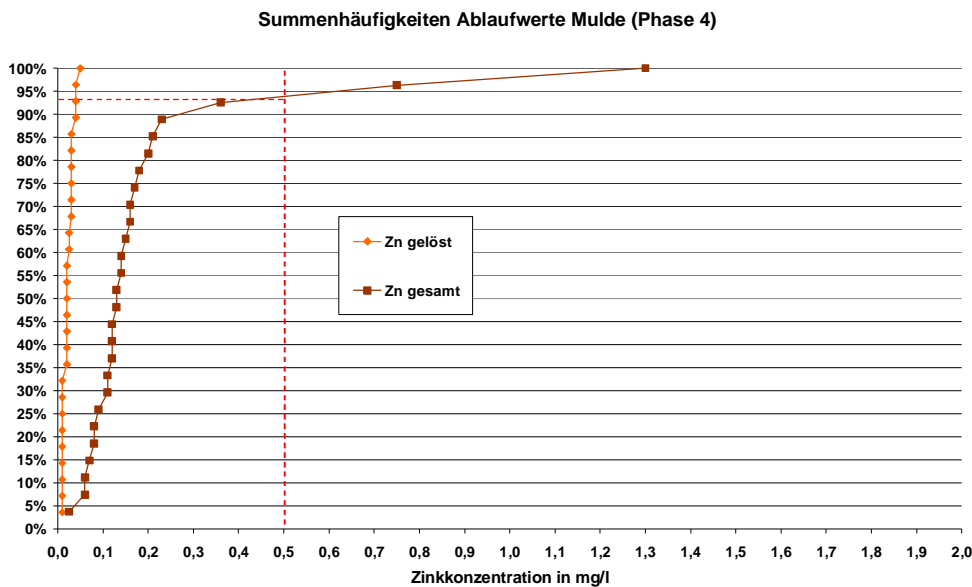


Abb. 11: Summenhäufigkeiten der Zink-Ablaufkonzentrationen der Versickerungsmulde im Untersuchungszeitraum von Februar bis August 2007

## 5 Zusammenfassender Vergleich der Filtersysteme

Durch die Versuchsanlage in Wahlscheid konnten verschiedene am Markt erhältliche Systeme getestet werden. Die Filtermaterialien basierten auf Zeolith bzw. Calcium-Silikat-Hydrat, zum Teil in Mischung mit anderen Adsorbentien wie Aktivkoks.

Tabelle 4 fasst die wesentlichen Beobachtungen der labor- und großtechnischen Versuche zusammen.

Trotz sehr guter Ergebnisse in den parallel durchgeführten Laborversuchen zeigte das System mit Calcium-Silikat-Hydrat-Füllung (Filter 3) die schwächste Leistung.

Die Zeolith gefüllten Systeme wiesen ein sehr stabiles Zinkeliminationsverhalten auf. Unterschiede in der Leistung ergaben sich zum einen durch die gewählte Konstruktion – kompakte Filtersysteme gegenüber extensiven Mulden –, zum anderen durch beigemischten Adsorbentien und Substrate. Obwohl sich in der Reinigungsleistung kaum Unterschiede zeigten, kann durch die Beimischung von Aktivkoks offensichtlich der Eintrag von Organika (Baum-Pollen) deutlich besser abgepuffert werden. Auch das technisch weniger komplizierte Muldensystem erwies sich diesbezüglich als robuster. Erforderlich sind 1 Schacht DN 1000 für maximal 500 m<sup>2</sup> angeschlossene Fläche bzw. 1 Schacht DN 1500 für maximal 1000 m<sup>2</sup> angeschlossene Fläche.

Gegenüber der Filterkonstruktion mit Edelstahlblechen (Filter 1 und 2) zeigten die alternativen Konstruktionen in Filter 3 eine schlechte Leistung (1. Jahr: Poren-Beton-Platten, 2. Jahr: Filtereinsätze aus Kunststoff/Edelstahl).

Aufgrund der Einfachheit und guten Leistungsfähigkeit weist bei ausreichendem Platz ein Muldensystem mit speziellem Substrat deutliche Vorteile auf. Technisch leicht überlegen, aber auch aufwändiger, ist das Filtersystem mit Aktivkoks/Zeolith-Mischung in Filtern mit Edelstahlblechen. Bei großen Dachflächen und beengten Platzverhältnissen erscheint dies als System der Wahl.

Für einen stabilen Betrieb der Filter ist der Eintrag von Grob- und Feststoffen, z.B. Laub, durch geeignete Systeme wie Laubabscheider zu minimieren. Die Laborversuche konnten zudem zeigen, dass durch geeignete Auswahl des Rigolenmaterials (vorzugsweise Sand) ein zusätzlicher Zink-Rückhalt des behandelten Niederschlagswassers möglich ist.

Tabelle 4: Vergleich der Filtersysteme und Filtermaterialien

Anlagentyp	Filter 1	Filter 2	Filter 3	Mulde
Filtermaterial / Filteraufbau	Zeolith / Edelstahl- bleche	Aktivkoks- Zeolith / Edelstahl- bleche	Calcium- Silikat- Hydrat / Porenbe- tonplatten	Lava, Basalt, Bims, Zeolith, Kalkstein
Reinigungsleistung				
Elimination Zink, gelöst	+++	+++	–	+++
Elimination Zink, gesamt	+++	+++	–	++
Rückhalt anderer Spurenschwermetalle	gut	mäßig bis gut	gut	gering, Auswa- schung möglich
Weitere Aspekte				
Geschätzte Mindeststandzeit des Filtermaterials	2 - 3 Jahre	2 - 3 Jahre	2 - 3 Jahre	
Empfindlichkeit gegenüber partikulärem und organischen Eintrag	hoch	gering	sehr hoch	sehr gering
Platzbedarf	gering	gering	gering	sehr hoch
Wartungsaufwand	mittel	gering	hoch	sehr gering

+++ = > 95% / ++ = 90 - 95% / + = 75 - 90% / – = 50 - 75 %



## 6 Fazit

Durch die untersuchten Filtersysteme und Versickerungsmulden ist bei geeigneter Auswahl und Anlagendimensionierung ein stabiler und sehr guter Rückhalt von Zink von bis zu 99% möglich. Hierdurch kann der geforderte Grenzwert von 0,5 mg/l Gesamtzink prozess-stabil eingehalten werden. Das Filtermaterial ist aufgrund einer vorläufigen Schätzung frühestens nach ca. 2 bis 3 Jahren zu erneuern. Dies wäre gegebenenfalls durch eine weitere Überwachung der Anlage in Wahlscheid zu verifizieren.

Das Niederschlagswasserleitungssystem ist auf die gewählte Technik auszulegen. Hierfür sollten Zulaufschächte beschichtet werden und Grobstoffe, wie Laub, sind vor der Filtration bzw. Versickerung durch Laubabscheider in den Fallrohren zurückzuhalten.

Bochum, im Januar 2008

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Nolting

Hochschule Bochum  
Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft  
Lennershofstr. 140  
44801 Bochum

e-Mail: [bernd.nolting@hs-bochum.de](mailto:bernd.nolting@hs-bochum.de)