

Betriebserfahrungen mit technischem Filtersand in Versickerungsmulden unterschiedlich belasteter Standorte

Alexandra Joos¹, Claus Huwe¹, Benedikt Lambert² und Stephan Fuchs³

¹ HAURATON GmbH & Co. KG, Werkstr. 13, 76437 Rastatt, Deutschland

² BIOPLAN-Landeskulturgesellschaft, Hebelstr 9, 74889 Sinsheim, Deutschland

³ Institut für Wasser und Umwelt, Fachbereich Wassergütewirtschaft, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Gotthard-Franz-Str. 3, 76131 Karlsruhe, Deutschland

Kurzfassung: Die Versickerungsmulden Zufahrt (MZ), Ladefläche (ML) und Hartdach (MD) entwässern Herkunftsflächen mit unterschiedlichen Belastungen. Bei MZ und ML wurde der ursprüngliche Muldenboden nach 13 Betriebsjahren durch carbonatreichen, technischen Filtersand ersetzt, nachdem eine relevante Zink-Tiefenverlagerung festgestellt wurde. Ursächlich hierfür war die hohe zulaufnahe Belastung, sowie die Ausbildung einer hydraulischen Kurzschlüssigkeit des bindigen Bodens. Drei Jahre nach der Sanierung zeigte sich beim Filtersand eine trennscharfe oberflächennahe Zink-Deponierung. Eine Tiefenverlagerung konnte unterbunden werden. Bei MD wurde von Beginn an ein carbonatarmer, technischer Filtersand verbaut. Dieser weist nach 14 Betriebsjahren noch gute Feststoff-Rückhalte an der Oberfläche auf, jedoch abnehmende pH-Werte und einen Verbrauch des geringen, reaktiven Carbonatvorrats. Neben einer funktionierenden Oberflächenfiltration wird bei technischen Filtersanden auch eine ausreichende Basenausstattung benötigt, wie sie bei Retentionsbodenfilteranlagen (RBF) gefordert wird. Insgesamt lassen sich die Anforderungen an das Filtermaterial für RBF auf Versickerungsmulden übertragen.

Key-Words: Basenausstattung, Retentionsbodenfilter, Schwermetalle, technische Filter, Tiefenverlagerung, Versickerungsmulde

1 Einleitung

Die Reinigungsleistung einer Versickerungsmulde wird in erster Linie durch das verwendete Filtermaterial bestimmt. Als Primärfilter sollte das Filtermaterial eine homogene Durchströmung begünstigen, einen hohen Fest- bzw. Feinstoffrückhalt ohne Kolmationsgefahr gewährleisten und gebundene Schadstoffe auch unter Frost-

und Tausalzeintrag dauerhaft sichern. Um diese Anforderung zu erfüllen, muss das Filtermaterial bestimmte Eigenschaften haben.

Jahrzehntelange Erfahrung aus dem Betrieb von Retentionsbodenfilteranlagen (RBF) haben zu einer sehr genauen Definition des Filtermaterials geführt, um lange Standzeiten und eine hohe Betriebssicherheit gewährleisten zu können (DWA-A 178). Als Grundeigenschaften werden eine gute Filtrationswirkung, mechanische Stabilität, sowie eine ausreichende Carbonatausstattung genannt. Meist wird hierfür sandiges, gebrochenes oder kantengerundetes Material mineralischen Vorkommens mit einer 0/2 mm Körnung empfohlen. Ein entscheidender Aspekt ist die Kolmationsresistenz. Um einer inneren Kolmation in Folge eines vermehrten Feinpartikeleintrags (z.B. unter Tausalzeinfluss im Winter) vorzubeugen, darf der Feinanteil des Filtermaterials nicht über 3 Massenprozent liegen (DWA-A 178). Neben der Frost- und Tausalzstabilität spielt der Feinpartikelanteil des Filtermaterials auch für die allgemeine Gefügestabilität eine entscheidende Rolle. Je höher der Anteil an Feinpartikeln (Ton- und Schluffgehalt), desto größer ist das Risiko für die Ausbildung von aggregatstabilen Makroporen, welche zu Vorzugsströmungen führen können (Grotehusmann 1995). Schadstoffe können so in tiefere Boden- bzw. Filterschichten transportiert werden und im Zeitverlauf das Grundwasser gefährden.

Die Erkenntnisse aus dem Betrieb von RBF lassen sich direkt auf Versickerungsmulden übertragen, wo vergleichbare hydraulische Belastungen und Reinigungsziele bestehen. Die vorliegenden Praxiserfahrungen verdeutlichen diesen Ansatz.

2 Material und Methoden

2.1 Versickerungsmulden Verkehrsflächen

2.1.1 Standorte und Anforderungen

Die Verkehrsflächen eines Industriestandortes werden über Versickerungsmulden entwässert. Eine Versickerungsmulde entwässert die LKW-Zufahrt mit Park- bzw. Haltemöglichkeiten für LKWs. Die Mulde LKW-Zufahrt (MZ) hat einen quadratischen Zuschnitt mit einem Zulauf vom Zufahrtsbereich (Einlaufpunkt 1; Abb. 1). Die Zufahrt wird täglich von ca. 50-60 LKWs befahren, die im anschließenden Verladebereich be- bzw. entladen werden und das Lager über die Zufahrt wieder verlassen. Der angeschlossene Verladebereich wird ebenfalls über eine Versickerungsmulde (ML) entwässert. Die Verladefläche wird durch die LKWs und zusätzlich durch Gabelstapler stark frequentiert. Das Anschlussflächenverhältnis beträgt bei beiden Mulden ca. 7 %. Die Mulden hängen baulich zusammen, sind jedoch hydraulisch getrennt. Eine Überstauung der Gesamtmulde ist bislang nicht vorgekommen. Die Mulde Ladefläche (ML) hat eine schmale, langgestreckte Geometrie mit dem Zulauf am schmalen Muldenende (Einlaufpunkt 2; Abb. 1).

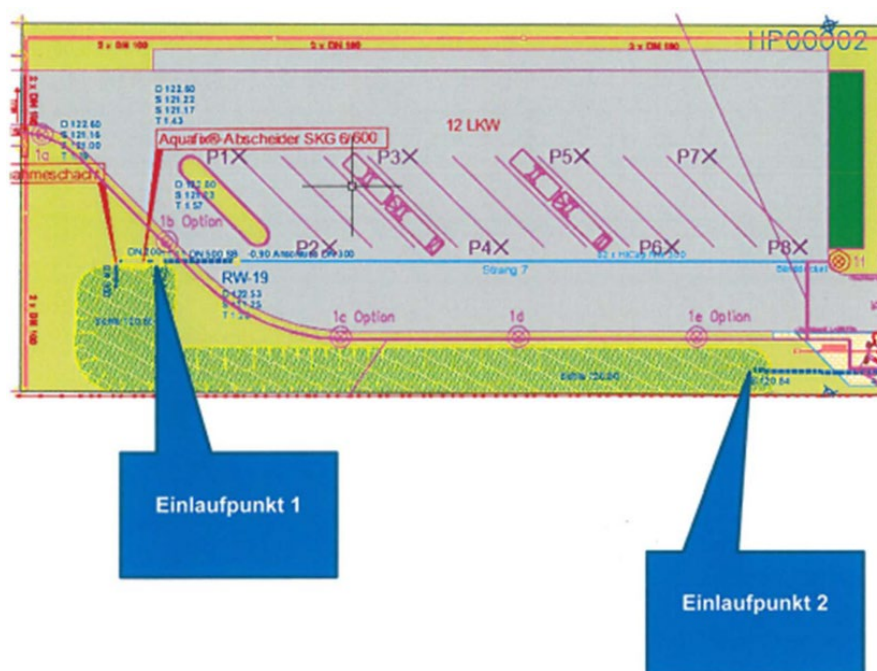


Abbildung 1: Lageplanskizze von Mulde Zufahrt (MZ; Einlaufpunkt 1) und Mulde Ladefläche (ML; Einlaufpunkt 2). Quelle: Prüfbericht Fader Umweltanalytik.

Die Versickerung erfolgte in beiden Mulden ursprünglich über eine bewachsene Bodenzone mit einer Mächtigkeit von 30 cm. Die bewachsene Bodenzone wurde aus dem Oberboden des Standorts gewonnen, der bindigen Charakter hat (Tabelle 1). Das Niederschlagswasser wurde jeweils über eine Abscheideranlage mit integriertem Schlammfang in die Mulden geleitet, die im Überstau betrieben wurde. Nach 13 Betriebsjahren wurden die Mulden aufgrund einer Tiefenverlagerung von Zink saniert. Bei der Sanierung wurde der Zulaufbereich von ML bis zu einer Tiefe von 60 cm und bei MZ bis zu einer Tiefe von 30 cm ausgehoben und mit einem carbonathaltigen, technischen Filtersand neu befüllt (Tabelle 1). Der Betrieb der Abscheider wurde 2 Jahre nach der Sanierung der Mulden eingestellt.

Tabelle 1: Bodeneigenschaften (in %) von MZ und ML mit (1) Referenzboden 0-22 cm, (2) Referenzboden 22-90 cm und (3) technischer Filtersand.

	1	2	3
Ton+Schluff	31,1	4,7	4,5
Feinsand	22,1	4,5	17,8
Mittelsand	39,1	72,1	44,7
Grobsand	7,7	18,7	32,7
< 2mm	94,5	70,4	99,7
Glühverlust	2,33	0,54	0,89
CaCO ₃	0,77	0,62	42,0
pH-Wert	-	6,7	8,0
Zink (mg/kg)	15,0	15,0	6,8

2.1.2 Untersuchung und Probenahme zum Schadstoffrückhalt

Nach 8 und 13 Betriebsjahren wurden MZ und ML gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis auf ihr Rückhaltevermögen von Zink untersucht. Hierzu wurden unmittelbar an den Zuläufen (Abstand 1 m) mittels Bohrstock durch sechs bis zehn Einstiche Bohrkerne bis 60 cm unter Geländeoberkante entnommen (Fader Umweltanalytik 2015, 2020). Es wurden Mischproben aus den Horizonten 0-5, 5-15, 15-30 cm (bewachsene Bodenzone) sowie 30-40, 40-50 und 50-60 cm (anstehender Boden) gebildet und auf Zinkgehalt untersucht. Nach 13 Betriebsjahren wurde der Muldenboden durch einen technischen Filtersand ersetzt. Drei Jahre nach der Sanierung wurde ein Bodenprofil im Abstand von 2 m vom Zulauf in ML ausgehoben und Bodenproben horizontweise auf Zink analysiert (Bioplan Landeskulturgesellschaft 2024). Eine Referenzbodenuntersuchung von Oberboden und anstehendem Boden erfolgte im Abstand von 50 m vom Zulauf ML. Die chemischen Analysen wurden in der Fraktion < 2 mm vorgenommen. Die Schwermetallbestimmung erfolgte über Königswasseraufschluss. Eine Untersuchung von MZ ist nach der Sanierung nicht erfolgt.

2.2 Versickerungsmulde Hartdach

2.2.1 Standort und Anforderung

Die Dachfläche eines Logistikzentrums wird über eine Versickerungsmulde entwässert (Abb. 2). Die Dachabdeckung ist aus beschichtetem Metall. Das Anschlussflächenverhältnis beträgt ca. 6 %. Die Mulde der Hartdachfläche (MD) hat eine rechteckige Form und wird über 2 Zuläufe an der Längsseite beschickt.



Abbildung 2: Versickerungsmulde Hartdach (MD; links) und Bodenprofil (rechts).
Quelle: Bioplan Landeskulturgesellschaft.

Anstelle der bewachsenen Bodenzone wurde von Beginn an ein 30 cm mächtiger, carbonatarmer Rheinsand verbaut (Tabelle 2). Der anstehende Boden (> 30 cm) besteht aus einem Sand-Kies-Gemisch und zeigt sich zum darüber befindlichen Filtersand filterstabil.

Tabelle 2: Korngrößenverteilung des technischen Filtersands (0-35 cm) von MD.

Korngrößen	Verteilung (%)
Ton+Schluff	1,3
Feinsand	26,3
Mittelsand	51
Grobsand	18,8
> 2 mm	2,6

2.2.2 Untersuchung und Probenahme zum Schadstoffrückhalt

Die Versickerungsmulde des Hartdachs wurde nach 9 und 14 Jahren auf die Rückhalteleistung von Zink und auf Veränderungen im Feinpartikelgehalt überprüft. Hierzu wurde jeweils zulaufnah (5 m vom Zulauf) ein Bodenprofil ausgehoben und horizontweise Mischproben gezogen (0-5, 5-15, 15-30, 30-35, 35-90 cm). Ausgangswerte (Nullwerte) wurden vor Inbetriebnahme erhoben. Die chemischen Analysen wurden in der Fraktion < 2 mm vorgenommen. Die Schwermetallbestimmung erfolgte über Königswasseraufschluss.

3 Ergebnisse

3.1 Zink-Rückhalt Mulde Zufahrt (MZ) und Mulde Ladefläche (ML) nach 8 Betriebsjahren

Die Proben aus dem Einlaufbereich von ML zeigen nach 8 Betriebsjahren Gehalte an Zink zwischen 893 mg/kg und 126 mg/kg (Tabelle 3). Es zeigt sich dabei ein vertikales Konzentrationsprofil. Der Vorsorgewert (Sand) gemäß Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) von 60 mg/kg wird bis in eine Tiefe von 60 cm überschritten. Ein ähnlicher Belastungsgradient, jedoch auf geringerem Konzentrationsniveau zeigt sich auch für den Einlaufbereich von MZ mit Werten zwischen 178 mg/kg (0-5 cm) und 43 mg/kg (50-60 cm). Im Einlaufbereich MZ ist der Zinkgehalt ab 30 cm Tiefe nur geringfügig erhöht und von der oberflächennahen Schicht (0-30 cm) abgegrenzt.

Tabelle 3: Zinkgehalte (inklusive Ausgangsgehalt) in den Einlaufbereichen MZ und ML nach 8 Betriebsjahren.

	MZ	ML
Tiefe (cm)	Zink (mg/kg)	
0-5	178	893
5-15	126	606
15-30	86	540
30-40	48	315
40-50	54	178
50-60	43	126

3.2 Zink-Rückhalt Mulde Zufahrt (MZ) und Mulde Ladefläche (ML) nach 13 Betriebsjahren

Die Proben aus dem Einlaufbereich ML zeigen nach 13 Betriebsjahren stark angestiegene Gehalte an Zink zwischen 1382 mg/kg und 234 mg/kg. Die Belastung hat sich im Vergleich zur Beprobung 5 Jahre zuvor über alle Horizonte hinweg verdoppelt (Tabelle 4). Der Vorsorgewert (Sand) gemäß BBodSchV von 60 mg/kg wird unterhalb von 30 cm um ein Mehrfaches überschritten, dabei ist weiterhin ein vertikales Konzentrationsprofil zu beobachten. Auf einem geringeren Konzentrationsniveau zwischen 82 mg/kg und 20 mg/kg zeigt sich dies auch für den Einlaufbereich MZ. Hier haben sich die Werte im Vergleich zur Beprobung 5 Jahre zuvor verringert.

Tabelle 4: Zinkgehalte (inklusive Ausgangsgehalt) in den Einlaufbereichen MZ und ML nach 13 Betriebsjahren.

	MZ	ML
Tiefe (cm)	Zink (mg/kg)	
0-5	82	1382
5-15	65	1232
15-30	63	850
30-40	48	613
40-50	20	331
50-60	20	234

Da eine Beeinträchtigung des Grundwasserpfades durch das eher gering lösliche und mobile Zink nicht mehr ausgeschlossen werden konnte, wurde eine Sanierung der Muldensohle genehmigt.

3.3 Zink-Rückhalt Mulde Ladefläche (ML) 3 Jahre nach Sanierung mit technischem Filtersand

Die Sanierung erfolgte mit einem carbonathaltigen, technischen Filtersand bis zu einer Tiefe von 30 cm im Zulaufbereich MZ bzw. bis zu einer Tiefe von 60 cm über eine Länge von 11 m vom Zulaufbereich ML (Abbildung 3).



Abbildung 3: Sanierung von MZ (links) und ML (Mitte) mit technischem Filtersand und Bodenprofil von ML (rechts, 2 m vom Zulauf) nach 3 Betriebsjahren.

Nach 3 Betriebsjahren zeigt der technische Filtersand den höchsten Rückhalt von Zink in den obersten Bodenschichten. Im Sediment (5-0 cm) wurde eine Zinkkonzentration von 2398 mg/kg gemessen. Es zeigt sich ein stark ausgeprägter Konzentrationsgradient mit zunehmender Tiefe (Tabelle 5). In den Bodenschichten 0-20 cm akkumulierten im technischen Filtersand 99,6 % des Zinks, während unterhalb von 20 cm nur noch 0,4 % des Zinks deponiert werden.

Tabelle 5: Zinkgehalte (ohne Ausgangsgehalt) des Einlaufbereiches von ML (2 m vom Zulauf) 3 Betriebsjahre nach der Sanierung mit technischem Filtersand.

ML		
Tiefe (cm)	Zink (mg/kg)	%
5-0	2398	
0-10	108	99,6
10-20	14,6	
20-30	1,5	
30-40	1,1	0,4
40-50	0	
50-60	0	

3.4 Zink-Rückhalt und Veränderungen im Stoffgehalt der Mulde Hartdach (MD) nach 9 und 14 Betriebsjahren

In der oberen Schicht des Filtersands (0-5 cm) stieg die Zinkkonzentration nach 9 Betriebsjahren von 8,9 mg/kg (Ausgangsgehalt) auf 383 mg/kg und sank nach 14 Jahren auf 257 mg/kg ab (Tabelle 6). Gleichzeitig nahm der exogene Eisengehalt in der oberen Schicht leicht zu. Der sandbürtige Carbonatgehalt von 5,7 % verringerte sich im Laufe der Betriebsjahre auf 0,23 % im 14. Betriebsjahr, parallel dazu sank der pH-Wert sukzessive ab. Es fand eine messbare Sedimentablagerung statt. Der Ton- und Schluffgehalt stieg von anfangs 1,4 % auf 13,6 % im 14. Betriebsjahr.

Tabelle 6: Zinkgehalte (inklusive Ausgangsgehalt) und Bodeneigenschaften der oberen Filtersandschicht (0-5 cm) von MD nach 9 und 14 Betriebsjahren, zulaufnahe Messung (5 m vom Zulauf).

Betriebsjahr	0	9	14
Zink (mg/kg)	8,9	383	257
Ton+Schluff (%)	1,4	5,7	13,6
CaCO ₃ (%)	5,7	0,58	0,23
Eisen (%)	-	0,52	1,27
Glühverlust (%)	-	1,88	7,72
pH-Wert	7,6	7,1	5,3

Nach 9 Betriebsjahren nahm der Zinkgehalt mit zunehmender Profiltiefe bis auf 15,7 mg/kg in 35-90 cm Tiefe ab (Tabelle 7). Nach 14 Betriebsjahren stellte sich in 15-30 cm Tiefe eine Zinkkonzentration von 141 mg/kg ein, die über dem Vorsorgewert (Sand) gemäß BBodSchV von 60 mg/kg liegt.

Tabelle 7: Zinkgehalte (inklusive Ausgangsgehalt) im Bodenprofil von MD nach 9 und 14 Betriebsjahren, zulaufnahe Messung (5 m vom Zulauf).

Betriebsjahre	9	14
Tiefe (cm)	Zink (mg/kg)	
0-5	383	257
5-15	-	41,6
15-30	-	141
30-35	19,7	-
35-90	15,7	-

4 Diskussion

4.1 Rückhalt von Zink aus Verkehrsflächenabflüssen

Die vertikalen Zinkwerte am Zulauf von ML weisen bereits nach 8 Betriebsjahren eine Überschreitung des Vorsorgewerts unterhalb von 30 cm Tiefe nach (Tabelle 3). Dennoch wurde aus gutachterlicher Sicht noch keine relevante Beeinträchtigung des Grundwasserpades besorgt (Fader 2015). Vielmehr wurde auf das Rückhaltevermögen im Bodenfilter aufgrund des abnehmenden Konzentrationsgradienten mit zunehmender Tiefe hingewiesen. Ähnliche Konzentrationsgradienten im Bodenfeststoff von Versickerungsanlagen nach mindestens 10 Betriebsjahren werden auch in der Studie von Kluge et al. (2016) beschrieben, allerdings auf niedrigerem Niveau. Bei ML führte dann die weitere Verschlechterung der Ergebnisse 5 Jahre später zur Empfehlung einer Sanierung bis zu einer Tiefe von 60 cm (Fader 2020). Betreiberseitig erfolgte zeitgleich eine prophylaktische Sanierung von MZ bis zu einer Tiefe von 30 cm.

Die Verdoppelung der Zinkwerte in ML vom 8. bis zum 13. Betriebsjahr entlang des gesamten Bodenhorizonts (0-60 cm) spiegeln eine hohe zulaufnahe Zinkbelastung der Mulde wider. In der Studie von Kluge et al. (2016) werden deutlich niedrigere Zinkgehalte im Feststoff von Muldensubstraten gezeigt. Hier überschreitet der Median der Zinkgehalte in der oberen Bodenschicht 0-10 cm nach mindestens 10 Betriebsjahren den Vorsorgewert Sand um den Faktor 2,3 (ca. 138 mg Zn/kg). Maximal wurden Werte von ca. 400 mg Zn/kg gemessen. In der zulaufnahen Bodenschicht 0-10 cm von ML beträgt die Zinkkonzentration nach 8 Jahren bereits 750 mg/kg und nach 13 Jahren sogar 1307 mg/kg Feststoff (Tabelle 3 bzw. 4; Werte gewichtet und gemittelt). Unterschiede in der Beschickung der untersuchten Versickerungsanlagen, sowie Art und Ort der Probenahmen bei Kluge et al. (2016) lassen allerdings keinen direkten Vergleich zu, sondern dienen einer groben Orientierung. In MZ werden deutlich geringere Zinkwerte gemessen als in ML. Dennoch liegt die Zinkbelastung in MZ in der Bodenschicht 0-10 cm (155 mg Zn/kg; Tabelle 3, Werte gewichtet und gemittelt) nach 8 Betriebsjahren im Vergleich zu Kluge et al. (2016) leicht über dem Median von ca. 138 mg Zn je kg Bodenfeststoff. Vom 8. Betriebsjahr (Tabelle 3) auf das 13. Betriebsjahr (Tabelle 4) verringerten sich die Zinkwerte in MZ. Da sich Schwermetalle nicht abbauen, ist die Verringerung der Werte im vorliegenden Fall nur über eine Abweichung der Probenahmestelle zu erklären. In Versickerungsmulden nimmt die Flächenbelastung mit zunehmender Entfernung vom Zulauf ab (Kluge et al. 2016, Joos et al. 2025) und ist häufig ungleich über die gesamte Mulde verteilt, sodass auch geringfügige Abweichungen beim Ort der Probenahme zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können.

Anhand eines Bodenprofils von ML konnte nach 13 Betriebsjahren dargestellt werden, wie sich die Horizonte schwärzlich verfärbt haben (Joos et. al. 2025), was den Eintrag des Verkehrsflächenabflusses wiedergibt. Hier hat der Muldenboden mit seinem

hohen Anteil an Ton und Schluff eine hydraulische Kurzschlüssigkeit entwickelt. Die Ausbildung stabiler Makroporen hat zusammen mit dem geringen Carbonatgehalt bereits nach wenigen Betriebsjahren zur Tiefenverlagerung von partikulärem und gelöstem Zink geführt. Als ebenfalls ursächlich für die frühe Tiefenverlagerung von Zink ist die hohe zulaufnahe Belastung anzusehen. Versickerungsmulden werden in der Regel für Niederschlagsereignisse bemessen (KOSTRA-DWD-Starkniederschlagsreihen), die wesentlich höher sind als der überwiegende Teil der tatsächlich stattfindenden Regenereignisse. Dadurch versickert das meiste Wasser zulaufnah und verursacht eine hohe punktuelle Schadstoffbelastung.

Die Sanierung mit technischem Filtersand zeigt in ML nach 3 Betriebsjahren einen ausgeprägten Zink-Konzentrationsgradienten mit einer Deponierung von 99,6% des Zinks in den oberen 20 cm (Tabelle 5). Das Bodenprofil zeigt neben der scharf abgetrennten Sedimentschicht auch den darunterliegenden homogenen Filterkörper (Abbildung 3). Die homogene Korn- und Porenverteilung im technischen Sand begünstigt eine gleichmäßige Durchströmung des Filters. Die stabile Sieblinie gewährleistet eine effiziente Oberflächenfiltration. Vergleichbare Ergebnisse sind aus dem Betrieb von RBF mit technischen Sanden bekannt (Lambert und Fuchs 2013). Für das Filtermaterial in RBF werden daher mittlerweile ausschließlich 0/2er Gesteinskörnungen mineralischen Vorkommens empfohlen (DWA-A 178), wohingegen technische Filtermaterialien für Versickerungsmulden nicht definiert sind (DWA-A 138-1).

4.2 Rückhalt von Zink aus dem Hartdachabfluss

Studien zeigen, dass der Zinkabtrag bei unbeschichteten Metaldächern im Bereich von 1,5 bis 5 g/m² pro Jahr liegen kann, abhängig von verschiedenen Umweltfaktoren und dem Alter des Daches (Hullmann et al. 2001, Bertling 2005). Bei einer geschätzten Regenmenge von 700-1000 l/m² pro Jahr ergibt das Zinkkonzentrationen im Ablauf zwischen 2000-5000 µg/l (Fuchs et al. 2007). Am Zulauf zu MD wurde bei einem Gewitterereignis eine Zinkkonzentration von 145 µg Zn/l gemessen (B. Lambert, unveröffentlichte Werte). Trotz des eher geringen Zinkeintrags aus dem Hartdach zeigt sich eine Abnahme im Zinkgehalt vom 9. auf das 14. Betriebsjahr in der zulaufnahen Filtermaterialsicht 0-5 cm. Zeitgleich nimmt der pH-Wert von 7,1 auf 5,3 ab (Tabelle 6). Die Sandschicht 0-5 cm kann kein gelöstes Zink mehr binden. Auf der anderen Seite nahm der Eisengehalt im Zeitverlauf zu (Tabelle 6). Dennoch bildete sich kein einheitlicher vertikaler Konzentrationsgradient aus. Ursache hierfür ist vermutlich der rasche Verbrauch des ohnehin geringen, reaktiven Carbonates. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit einer höheren Carbonat-Ausstattung als sie beim eingesetzten Rheinsand vorhanden ist. Andererseits zeigt der Filterkörper in seiner obersten Schicht eine signifikante Akkumulation von Feinanteilen (Ton und Schluff) mit zunehmender Betriebszeit, welche auch als trennscharfe Sedimentauflage sichtbar wird, und die funktionierende Oberflächenfiltration abbildet (Abbildung 2).

Die fehlende Kopplastigkeit des Vertikalprofiles im 14. Betriebsjahr zeigt, dass auch bei geringer Zink-Fracht und guter Filtrationsleistung, eine Tiefenverlagerung von gelöstem Zink auftreten kann (Tabelle 7). Ursache für die Verlagerung des Zinkes innerhalb des sandigen Filtermaterials dürfte der niedrige Carbonatgehalt des Filtermaterials nach 14 Betriebsjahren sein zusammen mit einem nur geringen oder fehlenden Eintrag von Carbonat aus dem Dachabfluss. Dies verdeutlicht, dass carbonat- und eisenarme (Dach-) Abflüsse höhere Ansprüche an den Carbonatgehalt des Filtermaterials stellen und eine Behandlung über die Oberflächenfiltration allein hier nicht ausreichend ist. Für Filtermaterial in RBF wird daher grundsätzlich eine ausreichende Basenausstattung von mind. 20% Calciumcarbonatgehalt gefordert (DWA-A 178). Die DWA-A 138-1 sieht carbonathaltige Sande lediglich im Versickerungsschacht Typ B verpflichtend vor, jedoch ohne genauere Spezifizierung.

5 Fazit

An Versickerungsmulden werden ähnliche hydraulische und stoffliche Anforderungen gestellt, wie an den Betrieb von RBF. Es ist demnach folgerichtig, die Anforderungen an das Filtermaterial in Versickerungsmulden an die erprobten Anforderungen für RBF anzulehnen. Im Gegensatz zur Herstellung einer bewachsenen Bodenzone mit am Standort gewonnenem Oberboden, kann ein technischer Filtersand reproduzierbar hergestellt werden. Standardisierte Filtersande besitzen eine gute Kalkulierbarkeit und haben bekannte Parameter, wie z.B. ihr Carbonatgehalt oder ihre hydraulische Leitfähigkeit. Sie sind einfach in der Herstellung, besitzen definierte Sieblinien, eine ausreichende Basenausstattung und gewährleisten eine sichere Oberflächenfiltration. Trockenfallend konzipiert entwickelt sich aus dem Sediment im Zeitverlauf ein Filterkuchen. Als Sekundärfilter steigert dieser die Schadstoffrückhalteleistung der Behandlungsanlage (DWA-A 138-1) und bestimmt mittelfristig die hydraulische Wirksamkeit (DWA-M 179-1). Wird ein Abschälen des Filterkuchens benötigt, kosten Entsorgung und Wiederherstellung den Bruchteil einer kompletten Sanierung.

Niederschlagsabflüsse sollten nach ihrer partikulären Eigenbindung unterschieden werden. Bei Niederschlagsabflüssen mit geringer partikulärer Eigenbindung (z.B. Hartdach, Metaldach) wird eine zusätzliche Ausstattung an schwer-löslichem Calciumcarbonat notwendig (> 80 %). Ebenfalls ist beim Einsatz von Filtermaterialien in Versickerungsmulden zwischen der Standardanwendung für Verkehrsflächenabflüsse (Rückhalt von AFS, Schwermetalle, MKW, PAK) und Sonderanwendungen (Rückhalt von gelöste CSB, Phosphor, gelöste organische Spurenstoffe) zu unterscheiden. Für Sonderanwendungen ist eine bedarfsorientierte Anpassung des Filtermaterials notwendig, z.B. durch die Einmischung von Eisenhydroxid oder Aktivkohle.

Für Standardanwendungen sind technische Filtermaterialien wie sie für RBF definiert werden eine effiziente und auf lange Sicht ökonomische Alternative zur bewachsenen Bodenzone.

6 Literatur

- Bertling S. (2005). Corrosion-induced metal runoff from external constructions and its environmental interaction. - A combined field and laboratory investigation of Zn, Cu, Cr and Ni for risk assessment. Doctoral Thesis, Division of Corrosion Science School of Industrial Engineering and Management Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Bioplan Landeskulturgesellschaft (2024). Untersuchungen an der Versickerungsmulde Ötigheim. Sinsheim, unveröffentlichter Bericht.
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (2020) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 126 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 (2020). DWA-A 102-2/BWK-A 3-2: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.; Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau.
- DWA-A 138-1(2024). Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - Teil 1: Planung, Bau, Betrieb. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef.
- DWA-A-178 (2019). Retentionsbodenfilteranlagen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef.
- DWA-M 179-1 (2024, im Gelbdruck). Dezentrale Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung. Teil 1: Allgemeines sowie Einleitung ins Oberflächengewässer. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef.
- Fader Umweltanalytik (2015). Überprüfung von Versickerungsmulde im Rahmen der Eigenkontrolle. Karlsruhe, unveröffentlichter Bericht.
- Fader Umweltanalytik (2020). Überprüfung von Versickerungsmulde im Rahmen der Eigenkontrolle. Karlsruhe, unveröffentlichter Bericht.
- Fuchs S., Wander R. und Scherer U. (2007). Relative Bedeutung der verschiedenen Zink-Emissionen für die regionalen Zinkkonzentrationen in deutschen Oberflächengewässern. FKZ 360 12 015 Endbericht. Institut für Wasser und Gewässerentwicklung der Universität Karlsruhe (TH).
- Grotehusmann D. (1995). Versickerung von Niederschlagsabflüssen unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes. Zeitschrift für Stadtentwässerung und Gewässerschutz Nr. 31, S. 75 – 96

Hullmann H., Kraft U. und Lichtnecker H. (2001). Einsatz von Kupfer und Zink bei Dächern, Dachrinnen und Fallrohren - Sachstandsbericht. hwp – hullmann, willkomm & partner, GbR; Hannover.

Joos A., Huwe C., Lambert B. und Fuchs S. (2025). Reinigungsleistung eines technischen Filtersands im Vergleich zur bewachsenen Bodenzone. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (72), Nr.1, DOI: 10.3242/kae2025.01.001

Kluge B., Kaiser M., Sommer H., Markert A., Pallasch M. und Facklam M. (2016). Leistungsfähigkeit und Zustand langjährig betriebener dezentraler Regenwasserversickerungsanlagen. Gwf-Wasser/ Abwasser, Juni 2016, DOI: 10.17560/gwfw.v157i06.1837

Lambert B. und Fuchs S. (2013). Erhebungsuntersuchung zur Optimierung der Retentionsbodenfilter in Baden-Württemberg. Im Auftrag des RP Karlsruhe/UVM Stuttgart.

Korrespondenz an:

Dr. Alexandra Joos
HAURATON GmbH & Co.KG, Werkstrasse 13, 76437 Rastatt, Deutschland
Telefon: +49 162 2301065
E-Mail: alexandra.joos@hauraton.com