



IKT – Institut für
Unterirdische Infrastruktur

PRÜFBERICHT

Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit und des stofflichen Rückhaltevermögens der Niederschlagswas- serbehandlungsanlage RAUSIKKO HydroMaxx in Anlehnung an die DIBt-Zulassungsgrundsätze

Auftraggeber: REHAU AG+Co
Ytterbium 4, 91058 Erlangen

Bearbeitung: IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Exterbruch 1, 45886 Gelsenkirchen

Prüfbericht Nr.: D00875

Datum: 04. Juli 2014

ANSPRECHPARTNER AUFTRAGGEBER:

Herr Dipl.-Ing. Martin Schön Tel.: 09131 92-5484

ANSPRECHPARTNER BEARBEITUNG:

Herr Marcel Goerke, M.Sc. Tel.: 0209 17806-34

Dieses Dokument besteht aus 20 Seiten.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Der Prüfbericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH vervielfältigt werden.

Marcel Goerke, M.Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dipl.-Ing. Christoph Bennerscheidt
stellv. Leiter der Prüfstelle für Durchflussmessung

Inhaltsverzeichnis

1	Beschreibung der untersuchten Anlage.....	3
2	Prüfregenspenden, Durchlaufzeiten und hydraulische Leistungsfähigkeiten.....	4
3	Ermittlung des Rückhalts von Feststoffen.....	6
4	Ermittlung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen	10
5	Ermittlung des Rückhaltes von Schwermetallen	12
6	Ermittlung des Rückhaltes von Schwermetallen unter Salzeinfluss.....	16
7	Zusammenfassung der labortechnischen Untersuchungen.....	19
8	Literatur	20

1 Beschreibung der untersuchten Anlage

Bei der untersuchten Anlage handelt es sich um den Prototypen einer dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlage (Wasserbehandlungsanlage) der Firma REHAU AG+Co in modularer Bauweise.

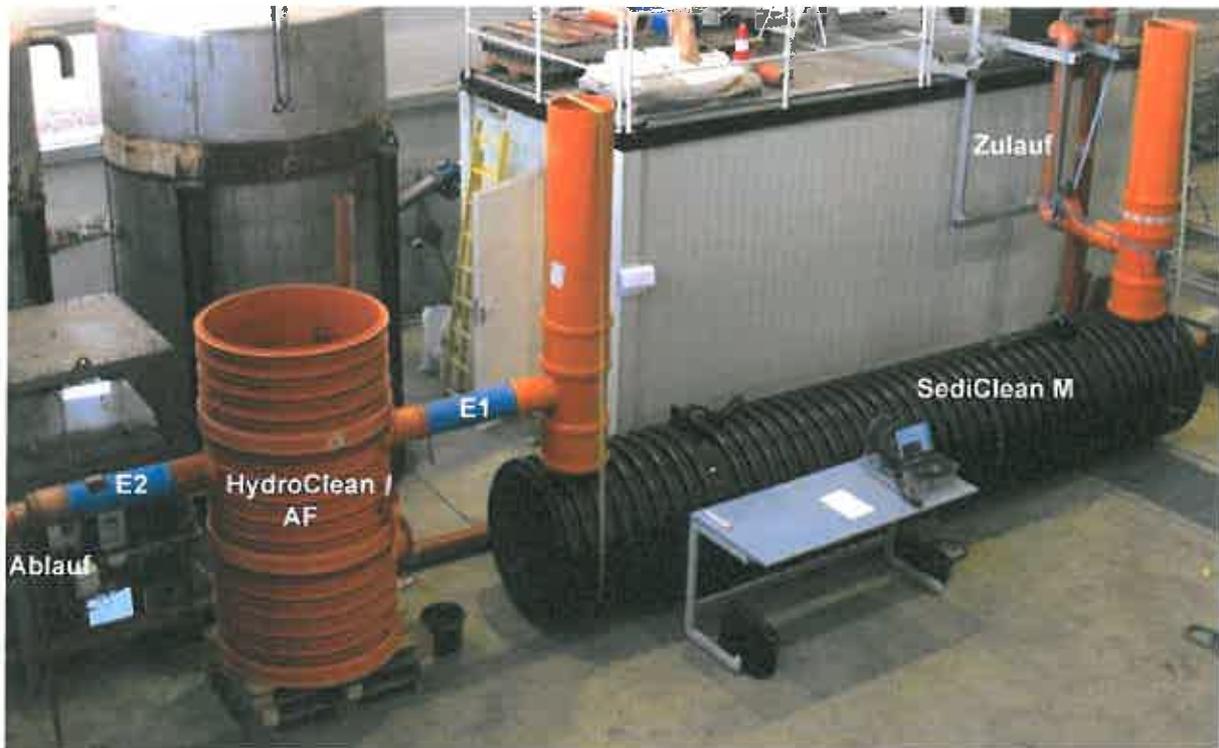


Abb. 1: Niederschlagswasserbehandlungsanlage RAUSIKKO HydroMaxx der Firma REHAU AG+Co mit Zulauf (rechts), dem Sedimentationsrohr, der Entnahmestelle E1, dem Filterschacht und der Entnahmestelle E2 gefolgt vom Ablauf.

Laut Herstellerangaben kann an die Anlage eine Fläche von bis zu 2000 m² angeschlossen werden. Die Niederschlagswasserbehandlungsanlage besteht aus einem Sedimentationsrohr (Fassungsvermögen 4,8 m³) und einem Substratfilterschacht. Während der Prüfungen waren zwei Probennahmestellen (Entnahmestelle E1 und E2) im System verbaut. Die Entnahmestelle 1 (E1) war nach dem Auslauf aus dem Sedimentationsrohr und somit vor dem Zulauf zum Substratfilterschacht angeordnet. Die Entnahmestelle 2 (E2) war am Auslauf des Substratfilterschachtes und somit am Auslauf des Gesamtsystems angeordnet.

In Tabelle 1 sind die durchgeführten Prüfungen dargestellt. Für die Versuche wurden zwei unterschiedliche Versuchseinrichtungen benutzt. Die hydraulische Leistungsfähigkeit, der Rückhalt an feinkörnigen mineralischen AFS sowie der Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen wurden an der Originalanlage mit der Versuchseinrichtung 1 durchgeführt (vgl. Abb. 1). Der Rückhalt der gelösten Stoffe Kupfer und Zink wurde an einem Filterabschnitt mit der Versuchseinrichtung 2 ermittelt.

Tabelle 1: Durchgeführte Prüfungen an der modularen Niederschlagswasserbehandlungsanlage.

Durchgeführte Prüfungen	
Versuchseinrichtung 1	
Hydraulische Leistungsfähigkeit	X
AFS mineralisch, feinkörnig (Millisil W4)	X
Mineralölkohlenwasserstoff (Heizöl EL)	X
Versuchseinrichtung 2	
Schwermetallrückhalt (Zn und Cu)	X
Rücklöseverhalten unter Salzeinwirkung	X

2 Prüfredenspenden, Durchlaufzeiten und hydraulische Leistungsfähigkeiten

Die Prüfungen der hydraulischen Leistungsfähigkeiten erfolgten mit unterschiedlichen Zuflussmengen.

Die Zuflussmengen [l/s] werden unter Einbeziehung der vom Hersteller angegebenen angeschlossenen Fläche von 2000 m² bei Prüfredenspenden von 2,5 l/(s*ha), 6,0 l/(s*ha), 25 l/(s*ha) bzw. 100 l/(s*ha) berechnet (vgl. [1]).

Tabelle 2: Prüfredenspenden und Volumenströme bei einer angeschlossenen Fläche von 2000 m².

Teilprüfung [Nr.]	Regenintensität [l/s*ha]	Volumenstrom*1 [l/s]
1	2,5	0,5
2	6,0	1,2
3	25	5,0
4	100,0	20,0

Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

Bei der Überprüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit zeigte sich, dass die Abdeckung des Filtersubstrats zusätzlich gegen Auftrieb gesichert und abgedichtet werden musste. Dies wurde durch den Auftragnehmer durchgeführt.

Die hydraulische Leistungsfähigkeit wurde nach diesen Veränderungen und der erneuten Befüllung der Substratfilterkammer geprüft. Es erfolgte eine schrittweise Steigerung der Zuflussmenge bis zum Überstau des Filterelementes. Die hydraulische Leistungsfähigkeit betrug ca. 20 l/s (vgl. Abb. 2). Resultierend aus diesen Ergebnissen wurde vom Hersteller eine bauliche Modifikation am Filterschacht vorgenommen: Zur Überstausicherung wurde der schwarze Deckel auf der Filterkammer mit einer umlaufenden Dichtung versehen und durch vier Spannhebel gegen Aufschwimmen gesichert. Zudem wird die Abdeckung der Zulaufkammer (rechts) zukünftig nur eine Wartungsöffnung erhalten (statt drei) und gegen Überstau entweder mit einem PSI-Verschlussstopfen (wie bei der geprüften Anlage im IKT, vgl. Abb. 3, links) oder mit einem Überstaurauch und aufgesetztem Deckel gesichert. Die konstruktive Ausbildung vor der Modifikation ist in Abb. 3, links, nach der Modifikation in Abb. 3, rechts dargestellt.

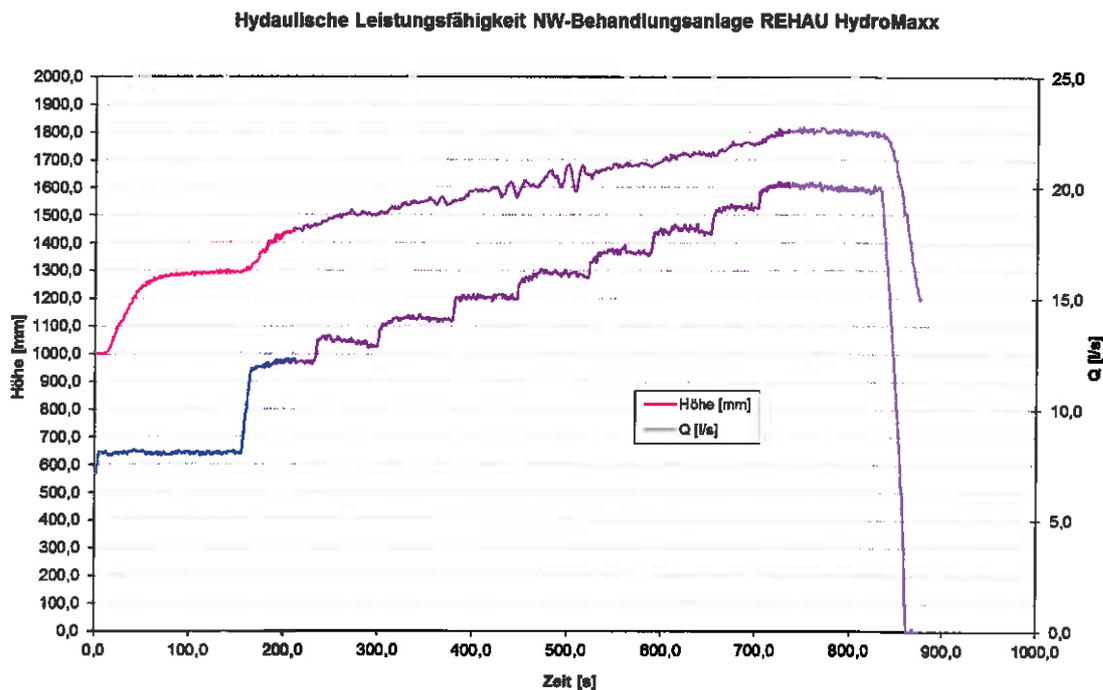


Abb. 2: Hydraulische Leistungsfähigkeit der modularen Niederschlagswasserbehandlungsanlage HydroMaxx: Wasserstands- und Durchflusskennlinien.



Abb. 3: Konstruktive Ausbildung der Abdeckung des Filtersubstrats sowie der Wartungsöffnungen mit Verschlussstopfen: **Links:** Situation während der Versuchsdurchführung im IKT am Prototypen des HydroClean AF. **Rechts:** Modifizierte Bauform des HydroClean AF auf Basis der Versuche am Prototypen ¹ (Bildquelle REHAU AG + Co.).

3 Ermittlung des Rückhalts von Feststoffen

Im Anschluss an die Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit wurde im nächsten Schritt der Rückhalt von feinkörnigen, mineralischen, abfiltrierbaren Stoffen (AFS) an zwei Entnahmestellen ermittelt (vgl. Abb. 1).

Ermittlung des Rückhalts feinkörniger, mineralischer AFS

In Anlehnung an die Zulassungsgrundsätze für „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen“ (Februar 2011) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) [1] wurde der Rückhalt von feinkörnigen, mineralischen, abfiltrierbaren Stoffe (AFS) durch die Aufbringung eines Quarzmehls (MILLISIL W4) der Quarzwerke GmbH mit einer Jahresfracht in Höhe von 50 g/m² angeschlossener Fläche ermittelt. Die AFS wurden dem Beschickungsvolumenstrom in drei Teilprüfungen im Verhältnis 3:2:1 mittels eines Banddosierers zugegeben (vgl. Tabelle 3) und decken einen Korngrößenbereich von 0 bis 200 µm ab. Im Rahmen eines vierten Teilversuchs wurde untersucht, inwieweit die zurückgehaltenen feinkörnigen mineralischen AFS bei einem stärkeren Regenerereignis in Höhe von 100 l/s*ha ausgespült werden.

¹ Nicht Teil der Prüfungen im IKT.

Tabelle 3: Versuchsparameter zur Ermittlung des Rückhaltes feinkörniger, mineralischer, abfiltrierbarer Stoffe (AFS).

Teilprüfung [Nr.]	Regenintensität [l/s*ha]	Volumenstrom [l/s] *1 *2	Quarzmehl		Prüfdauer [min]	Proben [Anzahl]
			[kg] *2	[g/l]		
1	2,5	0,50	50,00	3,47	480	10
2	6,0	1,20	33,33	2,31	200	10
3	25,0	5,00	16,67	1,16	48	10
4	100,0	20,00	0,00	0,00	15	15
Summe			100,00		743	45

*1 berechnet aus Multiplikation der maximal anzuschließenden Fläche (2.000 m²) mit der jeweiligen Prüfregenspende

*2 einzuhalten mit einer maximalen Abweichung von ± 5 % [1]

Proben wurden an den Entnahmestellen E1 und E2 entnommen (vgl. Abb. 1). In den Teilprüfungen 1-3 wurden nach der jeweiligen Vorlaufzeit 5-mal in gleichen Abständen über die Prüfzeit verteilt Proben entnommen. Alle Proben wurden nach der Versuchsdurchführung mittels Unterdruck-Membranfiltration analysiert. Eingesetzt wurden Filter mit einer Maschenweite von 0,45 µm mit einem Durchmesser von 90 mm.

Ergebnisse: Rückhalt feinkörniges, mineralisches AFS

Die Beurteilung des Rückhalts erfolgte durch den Vergleich zwischen der zugegebenen Konzentration im Zulauf (Zugabekonzentration) und der im Ablauf ermittelten Konzentration (Auslaufkonzentration) an AFS. Zur Ermittlung der Auslaufkonzentration wurde die in den Zulassungsgrundsätzen [1] angegebene Formel (vgl. Formel 1) zur Berechnung herangezogen. Dazu wird das während der Teilprüfungen 1 bis 3 tatsächlich eingestellte Beschickungsvolumen ($V_{Pr,n}$) mit der gemittelten Ablaufkonzentration (C_n) multipliziert. Der Ausspülversuch (Teilprüfung 4) wird in dieser Berechnungsform mit einem Faktor von 0,5 berücksichtigt. Die jeweils ermittelten Frachten (B_{1-4}) der Teilprüfungen werden anschließend zu einer Gesamtfracht B_{ges} aufsummiert.

Formel 1: Ermittlung der Ablauffracht gem. DIBt, 2011 [1].

$$B_{ges} = V_{Pr,1} \cdot C_1 + V_{Pr,2} \cdot C_2 + V_{Pr,3} \cdot C_3 + 0,5 \cdot (V_{Pr,4} \cdot C_4)$$

Darin bedeuten:

B_{ges} Gemittelte Ablauffracht gesamt [mg]

$V_{Pr,n}$ Beschickungsvolumen der Teilprüfung [l]

C_n Gemittelte Ablaufkonzentration der Teilprüfung [mg/l]

Die während der Versuchsdurchführung eingestellten und aufgezeichneten Daten sowie die Ergebnisse der Teilprüfungen sind zusammenfassend in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Versuchsp Parameter und Ergebnisse der Versuche zur Ermittlung des Rückhaltes feinkörniger, mineralischer, abfiltrierbarer Stoffe an der Entnahmestelle 2.

Teilprüfung		1*1	2*2	3*2	4*3
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,499	1,20	5,00	19,39
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	480	200	48	14
Volumen	[l]	14 397	14 400	14 400	15 422
Zugabekonzentration i. M. C_E	[g/l]	3,46	2,31	1,04	0,00
Auslaufkonzentration i. M. C_A	[g/l]	0,068	0,115	0,186	0,120
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	98,02	95,02	82,01	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]	93,41 **			
Geforderter Gesamtrückhalt gem. DIBt	[%]	≥ 92,00			
*1	10 Proben				
*2	10 Proben				
*3	10 Proben				
**	basiert auf ungerundeten Werten				

Zulaufkonzentration: $C_{Ges, 1} = 1,67 \text{ g/l}$

Ablaufkonzentration: $C_{Ges, 2} = 0,11 \text{ g/l}$

Der rechnerische Durchgang ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen Ablaufkonzentration und Zulaufkonzentration [%] zu:

$$\text{Durchgang, Entnahmestelle 2} = \frac{0,11 \frac{\text{g}}{\text{l}}}{1,67 \frac{\text{g}}{\text{l}}} \times 100 = 6,59\%$$

Der Rückhalt, Entnahmestelle 2 ergibt sich somit zu $100 \% - 6,59 \% = 93,41 \%$

Tabelle 5: Versuchsparameter und Ergebnisse der Versuche zur Ermittlung des Rückhaltes feinkörniger, mineralischer, abfiltrierbarer Stoffe an der Entnahmestelle 1.

Teilprüfung		1* ¹	2* ²	3* ²	4* ³
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,499	1,20	5,00	19,39
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	480	200	48	14
Volumen	[l]	14 397	14 400	14 400	15 422
Zugabekonzentration i. M. C _E	[g/l]	3,46	2,31	1,04	0,00
Auslaufkonzentration i. M. C _A	[g/l]	0,299	0,310	0,229	0,017
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	91,30	86,6	77,9	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]		87,43 ^{*4}		
Geforderter Gesamtrückhalt gem. DIBt	[%]		≥ 92,00		
*1	10 Proben				
*2	10 Proben				
*3	10 Proben				
*4	basiert auf ungerundeten Werten				

Zulaufkonzentration: C_{Ges, 1} = 1,67 g/l

Ablaufkonzentration: C_{Ges, 2} = 0,21 g/l

Der rechnerische Durchgang ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen Ablaufkonzentration und Zulaufkonzentration [%] zu:

$$\text{Durchgang, Entnahmestelle 1} = \frac{0,21 \frac{\text{g}}{\text{l}}}{1,67 \frac{\text{g}}{\text{l}}} \times 100 = 12,57\%$$

Der Rückhalt, Entnahmestelle 1 ergibt sich somit zu 100 % - 12,57 % = **87,43 %**

4 Ermittlung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen

Mit dieser Prüfung wird ermittelt, wie hoch die Menge der von der Anlage zurückgehaltenen Mineralölkohlenwasserstoffen ist. Die Prüfung erfolgt ebenfalls in Anlehnung an die Zulassungsgrundsätze für „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen“ (Februar 2011) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) [1].

Die durch die Anlagengeometrie berechnete 1,5-fache Prüfdauer ist jeweils größer als die Mindestprüfdauern. Vor diesem Hintergrund wurden die Mindestprüfdauern für die Teilprüfungen 1 bis 3 (TP 1 bis TP3) auf 270 Minuten (TP 1), 110 Minuten (TP 2) und 23 Minuten (TP 3) festgelegt.

Beschreibung des Versuchs zur Ermittlung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW)

Zunächst wurde die Gesamtfracht an Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) in Abhängigkeit der angegebenen maximalen Anschlussfläche ermittelt. Mit einer angenommenen Jahresfracht an Kohlenwasserstoffen von 0,68 g MKW/m² [1] und einer angeschlossenen Fläche von 2.000 m² ergibt dies eine aufzubringende Menge an MKW in Höhe von 1360 g. Die Prüfung wurde unter Verwendung von Heizöl EL durchgeführt.

Tabelle 6: Parameter der Versuche zur Ermittlung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen.

Teilprüfung	Regenintensität	Soll-Volumenstrom	Soll-MKW		Soll-Prüfdauer
			[g] *3	in 5 min [g/l]	
[Nr.]	[l/s*ha]	[l/s] *1 *2	[g] *3		[min]
1	2,5	0,50	453,3	3,022	270
2	6,0	1,20	453,3	1,259	110
3	25,0	5,00	453,3	0,302	23
4	100,0	20,00	0,000	0,0	15
<u>Summe:</u>			<u>1360</u>		<u>418</u>

*1 berechnet aus Multiplikation der maximal anzuschließenden Fläche (2.000 m²) mit der jeweiligen Prüfregenspende

*2 einzuhalten mit einer maximalen Abweichung von $\pm 5\%$ [1]

*3 einzuhalten mit einer maximalen Abweichung von $\pm 2\%$ [1]

Die Gesamtmenge an MKW von 1360 g wurde jeweils zu einem Drittel (Verhältnis 1:1:1) innerhalb der ersten fünf Minuten der drei Teilprüfungen zudosiert.

In Anlehnung an [1] wurden in den Teilprüfungen 1 -3 gleichmäßig über die Prüfzeit verteilt 10-mal zwei Teilproben à 75 ml mit einem Messzylinder aus Glas entnommen und zu zwei Mischproben zusammengefügt (Doppelbestimmung). In Teilversuch 4 wurden mit Erreichen des erforderlichen Volumenstroms 4-mal zwei Teilproben à

200 ml mit einem Messzylinder aus Glas entnommen und ebenfalls zu zwei Mischproben zusammengefügt. Die Analyse der gewonnenen Proben erfolgte im Hygieneinstitut des Ruhrgebiets. Der Rückhalt der Gesamtanlage wurde analog zum Vorgehen zur Bestimmung des Rückhaltes von feinkörnigen, mineralischen, abfiltrierbaren Stoffen (AFS) unter Verwendung der Formel 1 errechnet.

Ergebnisse: Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW)

Die während der Versuche eingestellten und aufgezeichneten Daten sowie die Gesamtergebnisse der Probenanalysen sind nachfolgend in Tabelle 7 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 7: Versuchparameter und Ergebnisse der Versuche zur Ermittlung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen an der Entnahmestelle 2

Teilprüfung		1	2	3	4
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,50	1,2	5,0	20,00
Tatsächliche Versuchdauer	[min]	270	115	27	12,5
Volumen	[l]	8.100	8.293,2	8.296,7	13.828,3
Zugabekonzentration i. M. C_E [mg/l]		55,93	54,62	54,60	0,00
Auslaufkonzentration i. M. C_A [mg/l]		0,16	0,21	0,54	0,23
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M. [%]		99,71	99,62	99,01	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt [%]		99,33			
Geforderter Gesamtrückhalt gem. DIBt [%]		≥ 80,00			

Tabelle 8: Versuchsparameter und Ergebnisse der Versuche zur Ermittlung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen an der Entnahmestelle 1

Teilprüfung		1	2	3	4
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,50	1,2	5,0	20,00
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	270	115	27	12,5
Volumen	[l]	8.100	8.293,2	8.296,7	13.828,3
Zugabekonzentration i. M. C_E [mg/l]		55,93	54,62	54,60	0,00
Auslaufkonzentration i. M. C_A [mg/l]		0,18	0,24	1,25	0,22
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M. [%]		99,68	99,56	97,71	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt [%]				93,87	
Geforderter Gesamtrückhalt gem. DIBt [%]				≥ 80,00	

5 Ermittlung des Rückhaltes von Schwermetallen

Im Rahmen einer Vorprüfung wird ermittelt, wie hoch die Menge der von der Anlage zurückgehaltenen Schwermetalle Kupfer (Cu) und Zink (Zn) ist. Die Prüfung erfolgt in Anlehnung an Abschnitt 4.3.6.2 der Zulassungsgrundsätze für „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen“ (Februar 2011) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) [1]. Die Prüfung wurde an einem Filterelement (siehe Abb. 5) durchgeführt. Die Geometrie (siehe Abb. 4) wurde vorab mit dem Auftraggeber abgesprochen: Die Prüfsäule hat eine Länge von 300 mm und einen Durchmesser von 100 mm. Am unteren Ende ist für den Zulauf ein Stutzen angebracht, der Auslauf erfolgt am oberen Ende der Säule offen. Das Granulat ist beidseitig mit demselben Sieb begrenzt, wie es auch im Filterschacht Verwendung findet.

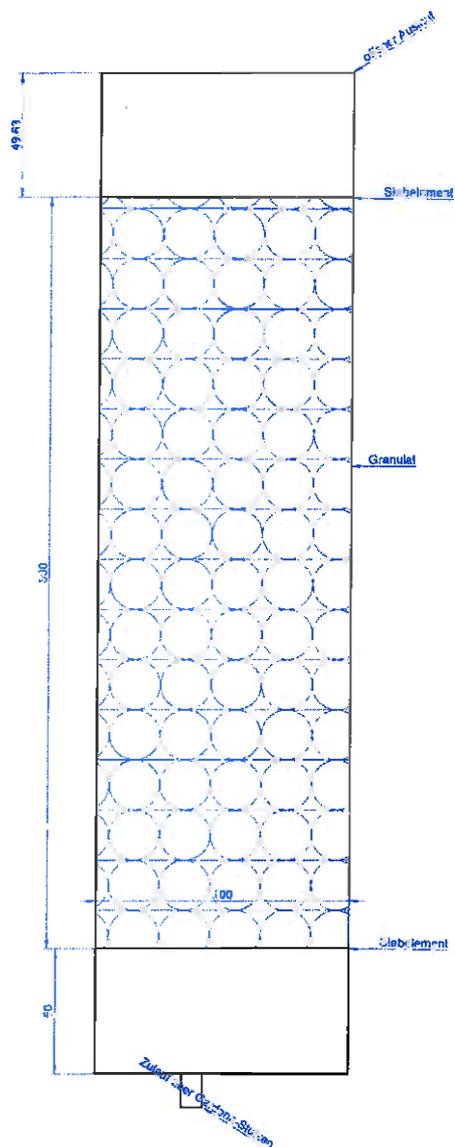


Abb. 4: Geometrie des Filterelements



Abb. 5: Filterelement mit Zufluss am unteren und Auslauf, sowie Probenahme am oberen Ende, eingebaut in der Prüfanordnung 2

Beschreibung des Versuchs zur Ermittlung des Schwermetallrückhalts

Das Filterelement wurde für die in Tabelle 9 eingestellten Parameter mit einer Schwermetalllösung bestehend aus der Jahresfracht an Kupfer (Cu) und Zink (Zn) beschickt. Die angenommene Jahresfracht an Cu betrug $15,5 \text{ mg/m}^2$, die von Zn $135,0 \text{ mg/m}^2$ [1]. Dies ergibt bei einer Konzentration von $6,25 \text{ mg/l}$ bzw. $0,72 \text{ mg/l}$ und einer angeschlossenen Fläche von 2.000 m^2 einer einzubringenden Menge in Höhe von 243 mg Cu und $2,121 \text{ mg Zn}$.

Tabelle 9: Parameter der Versuche zur Ermittlung des Schwermetallrückhalts

Teilprüfung	Regenintensität	Soll-Volumenstrom	Cu-Fracht	Zn-Fracht	Soll-Prüfdauer
[Nr.]	[l/s*ha]	[l/min] ^{*1 *2}	[g/l] ^{*3}	[g/l] ^{*3}	[min]
1	2,5	0,2356	0,081	0,707	480
2	6,0	0,5649	0,081	0,707	200
3	25,0	2,3561	0,081	0,707	48
Summe:			0,243	2,121	

*1 berechnet aus Multiplikation der maximal anzuschließenden Fläche (2 000 m²) mit der jeweiligen Prüfregenspende

*2 einzuhalten mit einer maximalen Abweichung von ± 10 % [1]

*3 einzuhalten mit einer maximalen Abweichung von ± 5 % [1]

In Anlehnung an [1] wurden in den Teilprüfungen 1-3 gleichmäßig über die Prüfzeit verteilt 4-mal zwei Doppelproben à 100 ml mit einem Messzylinder aus Glas entnommen. Die Analyse der gewonnenen Proben erfolgte im Hygiene-Institut des Ruhrgebiets. Die Prüfung ist bestanden, wenn die Gesamtkonzentration an Zink und Kupfer die jeweils zulässige Ablaufkonzentration nicht und keine der drei Teilprüfungskonzentrationen das Zweifache der maximalen Ablaufkonzentration überschreitet.

Tabelle 10: Versuchsparameter der Versuche zur Ermittlung des Schwermetallrückhalts

Teilprüfung		1 ^{*1}	2 ^{*2}	3 ^{*2}
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/min]	0,230	0,541	2,273
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	494	201	50
Volumen	[l]	113,524	108,780	113,625
Zugabekonzentration Cu i. M. C _E	[mg/l]	0,077	0,077	0,077
Zugabekonzentration Zn i. M. C _E	[mg/l]	0,703	0,703	0,703
max. Ablaufkonzentration Cu	[mg/l] ^{*4}		0,144	
max. Ablaufkonzentration Zn	[mg/l] ^{*4}		1,875	

*1 4 Doppelbeprobungen

*2 4 Doppelbeprobungen

*3 4 Doppelbeprobungen

*4 gemäß [1]

Ergebnisse: Rückhalt von den Schwermetallen Cu und Zn

Die während der Versuche eingestellten und aufgezeichneten Daten sowie die Gesamtergebnisse der Probenanalysen sind in den nachfolgenden Tabellen (Tabelle 11, Tabelle 12, Tabelle 13 u. Tabelle 14) dargestellt.

Tabelle 11: Ergebnisse der Teilprüfung 1 des Schwermetallrückhalts

Probe		Probe-konzentration Cu	Probe-konzentration Zn	Bemerkungen
[Nr.]		[mg/l]	[mg/l]	[-]
1	*	0,008	0,005	
2	*	0,007	0,005	
3	*	0,007	0,005	
4	*	0,007	0,005	
5	*	0,008	0,005	
6	*	0,006	0,005	
7	*	0,006	0,005	
8		0,018	0,010	
Mittelwert		0,008	0,006	
max. Ablaufkonz.		0,272	3,732	

* Werte für Zn unter der Nachweisgrenze von 0,005

Tabelle 12: Ergebnisse der Teilprüfung 2 des Schwermetallrückhalts

Probe		Probe-konzentration Cu	Probe-konzentration Zn	Bemerkungen
[Nr.]		[mg/l]	[mg/l]	[-]
1	*	0,013	0,005	
2	*	0,008	0,005	
3	*	0,000	0,000	
4	*	0,010	0,005	
5		0,006	0,005	
6		0,000	0,000	
7		0,008	0,005	
8		0,007	0,005	
Mittelwert		0,007	0,004	
max. Ablaufkonz.		0,272	3,732	

Tabelle 13: Ergebnisse der Teilprüfung 3 des Schwermetallrückhalts

Probe	Probe-konzentration Cu	Probe-konzentration Zn	Bemerkungen
[Nr.]	[mg/l]	[mg/l]	[-]
1	0,019	0,124	
	0,019	0,128	
2	0,021	0,246	
	0,020	0,257	
3	0,020	0,316	
	0,018	0,335	
4	0,025	0,400	
	0,024	0,377	
Mittelwert	0,021	0,273	
max. Prüfkonz.	0,272	3,732	

Tabelle 14: Gesamtergebnisse des Schwermetallrückhalts nach Abschnitt 4.3.6.3

Gesamtergebnisse			
		IST [mg/l]	max. zulässig [mg/l]
Cu-C _{ges}	[mg/l]	0,01250	Cu-C _{zul} 0,1360
Zn-C _{ges}	[mg/l]	0,09475	Zn-C _{zul} 1,8660

6 Ermittlung des Rückhaltes von Schwermetallen unter Salzeinfluss

Die Prüfung des Rückhaltevermögens von Schwermetallen unter Salzeinfluss wurde nach einer Ruhezeit von ca. 48 Stunden nach Prüfungsende des Schwermetallrückhalts am selben Filterelement durchgeführt.

Beschreibung des Versuchs zur Ermittlung des Schwermetallrückhalts

Zur Bewertung des Rücklöseverhalten wurde eine Tausalz-Wasser-Lösung bestehend aus 150 l demineralisiertem Wasser ($\leq 200 \mu\text{S/cm}$) und 1,5 kg Salz nach TL Streu hergestellt (vgl. Tabelle 17). Die Durchströmung des Filterelements erfolgt mit den in Tabelle 17 dargestellten Parametern. Der Gehalt an Kupfer und Zink der Tausalzlösung wurde bestimmt und ist in Tabelle 15 zu ersehen. Es wurden gleichmäßig verteilt über die Prüfzeit viermal zwei Wasserproben genommen, wobei mit

der ersten Probennahme gewartet wurde, bis das Wasser im Filterelement einmal ausgetauscht war. Die maximal zulässigen Ablaufkonzentrationen ergeben sich bei dieser Prüfung aus der Vorbelastung an Kupfer und Zink der Tausalzlösung und der zulässigen Ablaufkonzentration, vgl. Tabelle 17). [1]

Tabelle 15: Konzentration an Kupfer und Zink in der Tausalzlösung (Messwert Tausalzlösung)

Metall	Messwert Tausalzlösung
[-]	[mg/l]
Kupfer (Cu)	0,021
Zink (Zn)	0,023

Tabelle 16: Maximal zulässige Ablaufkonzentration bei der Prüfung des Rücklöseverhaltens von Schwermetallen unter Salzeinfluss.

Metall		Maximal zulässige Ablaufkonzentration*1
[-]		[mg/l]
Kupfer (Cu)	$0,05 + (\text{Messwert Tausalzlösung}) = 0,05 + 0,021 =$	0,071
Zink (Zn)	$0,5 + (\text{Messwert Tausalzlösung}) = 0,50 + 0,023 =$	0,523

*1 gemäß [1]

Tabelle 17: Volumenstrom bei der Prüfung des Rücklöseverhalten von Schwermetallen unter Salzeinfluss

Teilprüfung	Regenintensität	Soll-Volumenstrom	Zulaufkonzentration Tausalz	Soll-Prüfdauer
[Nr.]	[l/s*ha]	[l/min] *1	[g/l]	[min]
3	25,0	2,3561	10	48

*1 berechnet aus Multiplikation der maximal anzuschließenden Fläche (2.000 m²) mit der jeweiligen Prüfregenspende
 *2 einzuhalten mit einer maximalen Abweichung von ± 10 % [1]
 *3 einzuhalten mit einer maximalen Abweichung von ± 5 % [1]

Tabelle 18: Ist-Werte für Volumenstrom und Konzentration bei der Prüfung des Rücklöseverhalten von Schwermetalle unter Salzeinfluss.

Teilprüfung	Regenintensität	Ist-Volumenstrom	Zulaufkonzentration Tausalz	Ist-Prüfdauer
[Nr.]	[l/s*ha]	[l/min] *1	[g/l]	[min]
1	25,0	2,323	10	49

*1 berechnet aus Multiplikation der maximal anzuschließenden Fläche (2.000 m²) mit der jeweiligen Prüfregenspende

*2 einzuhalten mit einer maximalen Abweichung von ± 10 % [1]

*3 einzuhalten mit einer maximalen Abweichung von ± 5 % [1]

Ergebnisse: Rücklöseverhalten von Schwermetallen unter Salzeinfluss

Tabelle 19: Ergebnisse der Einzelproben bzgl. des Rücklöseverhaltens von Cu und Zn

Prob e	Probekonzentration Cu	Probekonzentration Zn	Mittelwertkonzentrationen Cu	Mittelwertkonzentrationen Zn	Bemerkungen
[Nr.]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[-]
1	0,1200	0,0260	0,0120	0,0270	
	0,0120	0,0280			
2	0,0120	0,0270	0,0110	0,0250	
	0,0100	0,0230			
3	0,0110	0,0250	0,0105	0,0215	
	0,0100	0,0180			
4	0,0090	0,0280	0,0090	0,0275	
	0,0500	0,0060			

Tabelle 20: Gesamtergebnisse bzgl. des Rücklöseverhaltens von Cu und Zn

Gesamtergebnis			
		Gem. Ablaufkonzentration	Zul. Ablaufkonzentration
Cu-C _{ges}	[mg/l]	0,0106	0,071
Zn-C _{ges}	[mg/l]	0,0253	0,523

7 Zusammenfassung der labortechnischen Untersuchungen

Anlagenbezeichnung:	Modulare Niederschlagswasserbehandlungsanlage RAUSIKKO HydroMaxx
Hersteller:	REHAU AG+Co

Hydraulische Leistungsfähigkeit

Ergebnis: Leistungsfähigkeit ca. 20 l/s

Stoffrückhalt bei einer angeschlossene Fläche: 2000 m²

Feinkörnige, mineralische abfiltrierbare Stoffe (AFS)

Prüfparameter:	MILLISIL W4 Korngrößenbereich 0 µm bis 200 µm
Gesamtergebnis:	bestanden, 93,4 % Rückhalt an Entnahmestelle 2

Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW)

Prüfparameter	Heizöl EL $\rho = \text{ca. } 0,84 \text{ g/cm}^3$
Gesamtergebnis:	bestanden, 99,3 % Rückhalt an Entnahmestelle 2

Rückhalt von Schwermetallen (Kupfer und Zink)

Gesamtergebnis für Cu	bestanden
Gesamtergebnis für Zn	bestanden

Rückhalt von Schwermetallen (Kupfer und Zink) unter Salzeinfluss

Gesamtergebnis für Cu	Zulässige Ablaufkonzentration (0,071 mg/l) eingehalten
Gesamtergebnis für Zn	Zulässige Ablaufkonzentration (0,523 mg/l) eingehalten

8 Literatur

- [1] Zulassungsgrundsätze für „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen“, Teil 1: Anlagen zum Anschluss von Kfz-Verkehrsflächen bis 2000 m² und Behandlung des Abwassers zur anschließenden Versickerung im Boden und Grundwasser, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Februar 2011.