

Schwermetallrückhaltevermögen von Filterschichten bei der Versickerung von Niederschlagsabflüssen

1. Einführung
2. Ziel und Methodik von Säulenuntersuchungen zur Beurteilung von Filterschichten
3. Ergebnisse und Diskussion
4. Zusammenfassung/Schlussfolgerungen

Bernd Haller



Baden-Württemberg

REGIERUNGSPRÄSIDIUM KARLSRUHE

Aqua Urbanica 2023 und Versickerung von Niederschlagsabflüssen?

- altes Thema
- im ATV-/DWA-Regelwerk seit 1999 verankert
- für die Planer und Anwender alles bekannt und klar!

oder?

- alte Themen kommen (immer) wieder
- Stoffe und Anforderungen verändern sich
- neue Gedanken und neue Akteure

Sprechen wir über die (rechtlichen) Rahmenbedingungen bei der (dezentralen) Versickerung von Niederschlagswasser



Rahmenbedingungen: Wasserrecht

- § 48 Abs. 1 Satz 1 WHG verpflichtet, dass eine Erlaubnis für das Einbringen und Einleiten von Stoffen in das Grundwasser nur erteilt werden darf, wenn eine **nachteilige Veränderung** der Wasserbeschaffenheit **nicht zu besorgen ist**.
- **Besorgnisgrundsatz** könnte nach § 48 Abs. 1 Satz 2 über eine Rechtsverordnung nach § 23 Abs.1 WHG definiert werden.
- **Besorgnis** liegt bereits dann vor, wenn eine noch so entfernte Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer nachteiligen Veränderung nach menschlicher Erfahrung gegeben ist.



Rahmenbedingungen: Wasserrecht

- Nach § 55 Abs. 2 WHG soll Niederschlagswasser ortsnah versickert, werden.
- § 46 WHG eröffnet inzwischen dem Bund die Möglichkeit das Einleiten von Niederschlagswasser in das Grundwasser durch schadlose Versickerung **erlaubnisfrei** zu stellen.
- Rahmenbedingungen können auch hier in einer Rechtsverordnung nach § 23 Abs. 1 geregelt werden.

Bis dahin: Einzelfallprüfung erforderlich?

Eine Alternative (bis zu einer Rechtsverordnung des Bundes):

Prüfung (der Schadlosigkeit) für bestimmte Konstellationen der Versickerung durch die Länder - bis hin zur Definition des Rahmens für eine erlaubnisfreie Versickerung.



Ein Baustein dazu waren: Säulenversuche

Methodik/Rahmenbedingungen:



- zwei identische Versuchsreihen (je 12 Säulen),
- 120 Beschickungen mit 300 bzw. 600 mm über etwas mehr als 2 Jahre
- Säulen: D=150mm, Gesamtstärke: 50 cm.
- Stärke der Oberbodenschichten: 15 bzw. 30 cm mit Rheinsandunterbau
- stark variierende Bodenausstattung bezüglich Feinanteil und Humus (ansteigend von Boden 1-6); darunter auch eine Säule mit SM-Vorbelastung
- Bodeneigenschaften: pH: 5,5 - 7,6; Humusgehalt: 3,4 - 9,4%; CaCO_3 : 0,3 – 7,6 % ,T+U: 5,8 - 91,2%
- Rheinsand: pH: 7,6; T+U: 1,3%; Humusgehalt: 0,2 %; CaCO_3 : 5,8%



Niederschlagswasser: Dachabflüsse

- **Dachabflüsse**

- 100% gelöste Schwermetalle
- Hohe gleichzeitig vorhandene **Schwermetallkonzentrationen**
(im Mittel: 2.275 µg Zn/l, 19 µg Cd/l, 667 µg Cu/l und 299 µg Pb/l);
>> der 5 fachen Konzentrationen „normaler“ Dachabflüsse
- **max. Zulaufmengen:** 163,8 g Zn/m²,
1,3 g Cd/m²,
48,0 gCu/m² und
21,0 gPb/m²
- keine gelösten oder partikulären C_{org}-gehalte
- geringe Pufferkapazität

Bewusste Worst-Case-Betrachtung



Ergebnisse – Ablaufkonzentrationen Säulen

Zulauf
 Zn 2.275 µg/l
 Cd 19 µg/l
 Cu 667 µg/l

Säule Nr.	Aufbau	Beschickungshöhe Einzelgabe mm	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l
1	Rheinsand	300	14	0,05	3,3
2	15 cm Boden 1/35 cm Rheinsand	300	15	0,05	6,0
3	15 cm Boden 2/35 cm Rheinsand	300	14	0,05	9,2
4	15 cm Boden 3/35 cm Rheinsand	300	16	0,05	8,0
5	15 cm Boden 4/35 cm Rheinsand	300	15	0,05	7,4
6	15 cm Boden 5/35 cm Rheinsand	300	15	0,05	7,5
7	30 cm Boden 6/20 cm Rheinsand	300	18	0,05	11,2
8	30 cm Boden 1/20 cm Rheinsand	300	15	0,07	12,9
9	30 cm Boden 2/20 cm Rheinsand	300	15	0,07	10,0
10	30 cm Boden 3/20 cm Rheinsand	300	14	0,06	18,1
11	30 cm Boden 4/20 cm Rheinsand	300	16	0,05	10,5
12	30 cm Boden 5/20 cm Rheinsand	300	14	0,07	7,8
13	Rheinsand	600	25	0,06	5,0
14	15 cm Boden 1/35 cm Rheinsand	600	15	0,05	6,4
15	15 cm Boden 2/35 cm Rheinsand	600	20	0,05	6,3
16	15 cm Boden 3/35 cm Rheinsand	600	23	0,06	10,7
17	15 cm Boden 4/35 cm Rheinsand	600	30	0,10	10,0
18	15 cm Boden 5/35 cm Rheinsand	600	22	0,08	8,4
19	30 cm Boden 6/20 cm Rheinsand	600	23	0,06	13,4
20	30 cm Boden 1/20 cm Rheinsand	600	17	0,06	5,1
21	30 cm Boden 2/20 cm Rheinsand	600	15	0,07	5,5
22	30 cm Boden 3/20 cm Rheinsand	600	15	0,06	10,3
23	30 cm Boden 4/20 cm Rheinsand	600	19	0,06	9,1
24	30 cm Boden 5/20 cm Rheinsand	600	26	0,13	10,3

Wirkungsgrade der Säulen

Säule Nr.	Aufbau	Beschickungshöhe	Wirkungsgrade %		
		Einzelgabe mm	Zn	Cd	Cul
13	Rheinsand	600	98,9	99,7	99,3
14	15 cm Boden 1/35 cm Rheinsand	600	99,3	99,7	99,0
15	15 cm Boden 2/35 cm Rheinsand	600	99,1	99,7	99,1
16	15 cm Boden 3/35 cm Rheinsand	600	99,0	99,7	98,4
17	15 cm Boden 4/35 cm Rheinsand	600	98,7	99,5	98,5
18	15 cm Boden 5/35 cm Rheinsand	600	99,0	99,6	98,7
19	30 cm Boden 6/20 cm Rheinsand	600	99,0	99,7	98,0
20	30 cm Boden 1/20 cm Rheinsand	600	99,3	99,7	99,2
21	30 cm Boden 2/20 cm Rheinsand	600	99,3	99,6	99,2
22	30 cm Boden 3/20 cm Rheinsand	600	99,3	99,7	98,5
23	30 cm Boden 4/20 cm Rheinsand	600	99,2	99,7	98,6
24	30 cm Boden 5/20 cm Rheinsand	600	98,9	99,3	98,5



Diskussion Ablaufkonzentrationen

- Insgesamt sehr geringe Ablaufkonzentrationen **der Säulen**.
- Wirkungsgrade der hochbelasteten **Säulen** > 98%.
- Ablaufkonzentrationen/Wirkungsgrade der Säulen alleine noch nicht aussagekräftig für Wirkung der einzelnen Boden-/Filterschichten.
- Feststoffwerte und Profile zusätzlich erforderlich.
- Kupfer erschien bei den Konzentrationen der „*interessante*“ Parameter zu sein.



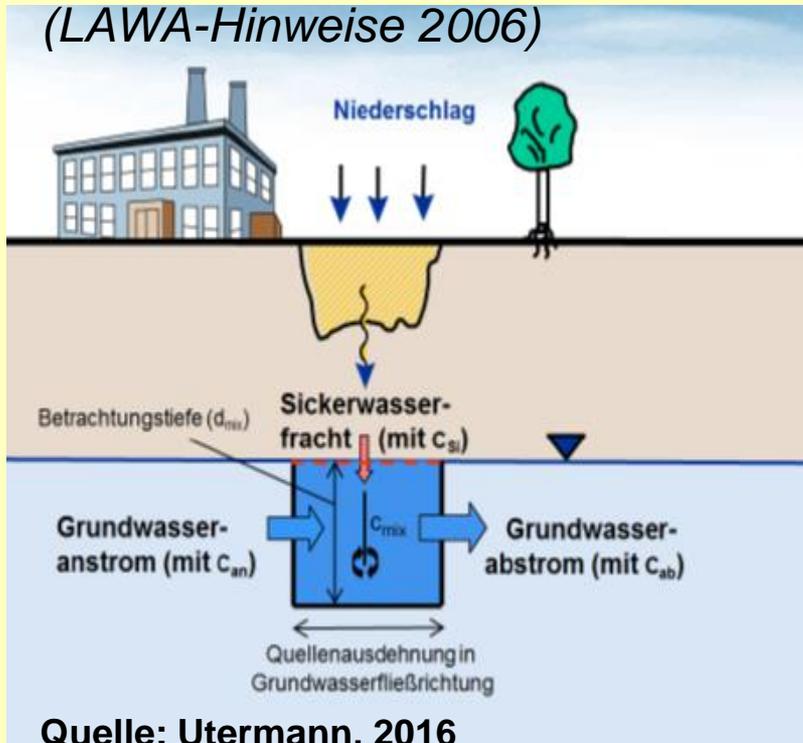
Exkurs: Beurteilung über Geringfügigkeitsschwellenwerte



Exkurs: Beurteilung anhand Geringfügigkeitsschwellenwerte

Die Beurteilung der Zulässigkeit einer Versickerung muss vorrangig anhand der erwarteten Belastung des zu versickernden Niederschlagswassers sowie der Konstruktion und Gestaltung der Anlagen erfolgen; die Gewährleistung muss, dass am Übergang zum ungestörten Unterboden die GFS-Werte eingehalten werden.

(LAWA-Hinweise 2006)



Quelle: Utermann, 2016
(„Nachsorge“)

- Alles okay, wenn die GFS schon im Ablauf der Anlage eingehalten werden.
- Alles okay, wenn die GFS am Übergang Sickerwasser-Grundwasser **unter-schritten** sind.
- Werden die GFS-Werte **erreicht oder überschritten**, so bedeutet das nicht, dass eine Erlaubnis nicht erteilt werden kann.
- Vielmehr ist bei unter Einbeziehung der örtlichen bzw. regionalen Gegebenheiten, der Dauer und der räumlichen Ausdehnung der Überschreitung sowie der verlagerbaren Stofffrachten weiter zu prüfen. (LAWA 2017)



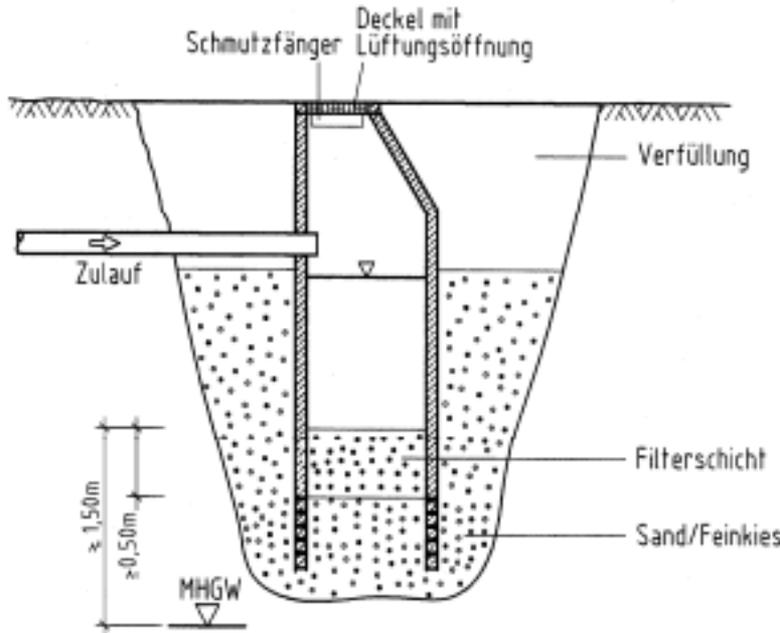
Beurteilung über (aktuelle) Geringfügigkeitsschwellenwerte

Säule Nr.	Aufbau	Beschickungshöhe Einzelgabe mm	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l
1	Rheinsand	300	14	0,05	3,3

2 zentrale Fragen:

1. Was ist nach 30 cm (oder weniger)?
2. Wie sieht es mit der Besorgnis für das Grundwasser aus?

9			15	0,07	10,0
10			14	0,06	18,1
11			16	0,05	10,5
12			14	0,07	7,8
13			25	0,06	5,0
14			15	0,05	6,4
15			20	0,05	6,3
16			23	0,06	10,7
17			30	0,10	10,0
18			22	0,08	8,4
19			23	0,06	13,4
20			17	0,06	5,1
21			15	0,07	5,5
22			15	0,06	10,3
			19	0,06	9,1
			26	0,13	10,3



Was bringen die Feststoffwerte?

Tabelle 2: Kupfer-Feststoffgehalte am Ende der Untersuchungen (0-15 cm und > 15-50 cm)

Säule Nr.	Aufbau	0-15 cm mg/kg	>15-50 cm mg/kg	Anfangsgehalt mg/kg	
				0-15 cm	15-50 cm
13	Rheinsand*	263,7	15,6	2,5	2,5
14	15 cm Boden 1/35 cm Rheinsand	233,6	3,6	3,7	2,5
15	15 cm Boden 2/35 cm Rheinsand	193,2	5,4	5,0	2,5
16	15 cm Boden 3/35 cm Rheinsand	205,0	15,2	20,5	2,5
17	15 cm Boden 4/35 cm Rheinsand	188,0	13,8	21,7	2,5
18	15 cm Boden 5/35 cm Rheinsand	172,7	28,4	38,5	2,5

* Die Feststoffgehalte am Ende der Untersuchung für 30 cm Rheinsand betrug 147,6 mg/kg. Darunter (30 – 50 cm) fanden sind geringfügig erhöhte Werte von 3,7 mg/kg.

Tabelle 3: Kupfer-Feststoffgehalte am Ende der Untersuchungen (0-30 cm und > 30-50 cm)

Säule Nr.	Aufbau	0-30 cm mg/kg	>30-50 cm mg/kg	Anfangsgehalt mg/kg	
				0-30 cm	30-50 cm
19	30 cm Boden 6/20 cm Rheinsand	240,3	20,1	137	2,5
20	30 cm Boden 1/20 cm Rheinsand	84,6	3,7	3,7	2,5
21	30 cm Boden 2/20 cm Rheinsand	97,3	3,7	5,0	2,5
22	30 cm Boden 3/20 cm Rheinsand	115,4	13,0	20,5	2,5
23	30 cm Boden 4/20 cm Rheinsand	135,4	7,9	21,7	2,5
24	30 cm Boden 5/20 cm Rheinsand	138,9	18,3	38,5	2,5

Rechnerische Wirkungsgrade für SM-Bindevermögen

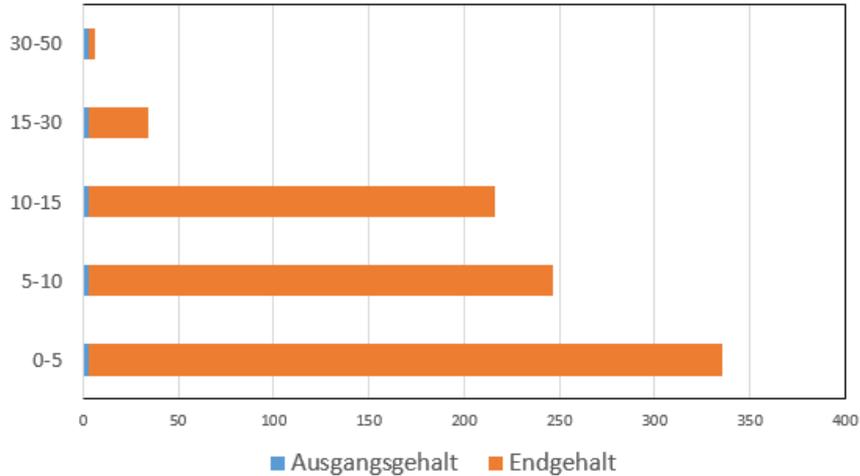
Säule Nr.	Aufbau	Zink	Kupfer
13	Rheinsand 15 cm	45,1	> 99
14	15 cm Boden 1	81,8	> 99
15	15 cm Boden 2	76,0	89,2
16	15 cm Boden 3	59,6	87,4
17	15 cm Boden 4	52,6	78,7
18	15 cm Boden 5	42,0	63,7
13	Rheinsand 30 cm	90,9	> 99
19	30 cm Boden 6	68,9	97,9
20	30 cm Boden 1	75,5	76,6
21	30 cm Boden 2	84,3	87,4
22	30 cm Boden 3	73,6	89,9
23	30 cm Boden 4	89,7	> 99
24	30 cm Boden 5	73,3	95,0

- 15 cm sind für unsere Fragestellung zu gering!
- Auch auf diesem Weg: Wirkungsgrade > 90% bei Worst-Case Bedingungen möglich.

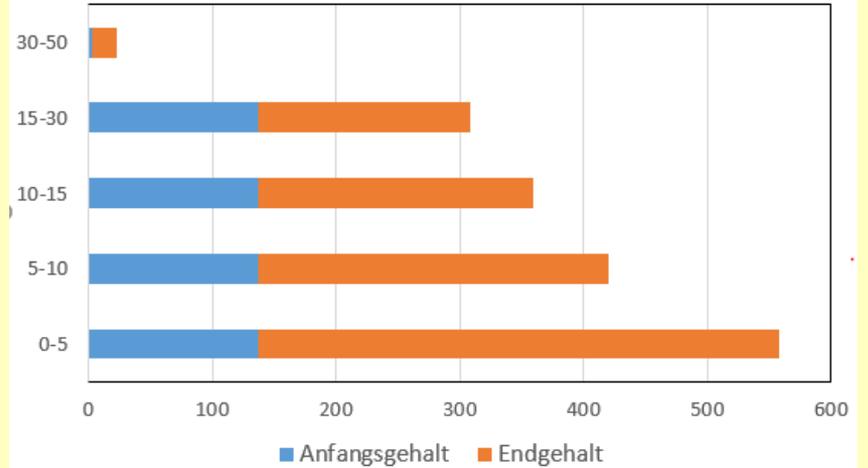


Aber die Wirkungsgrade lieferten nicht alle Antworten!

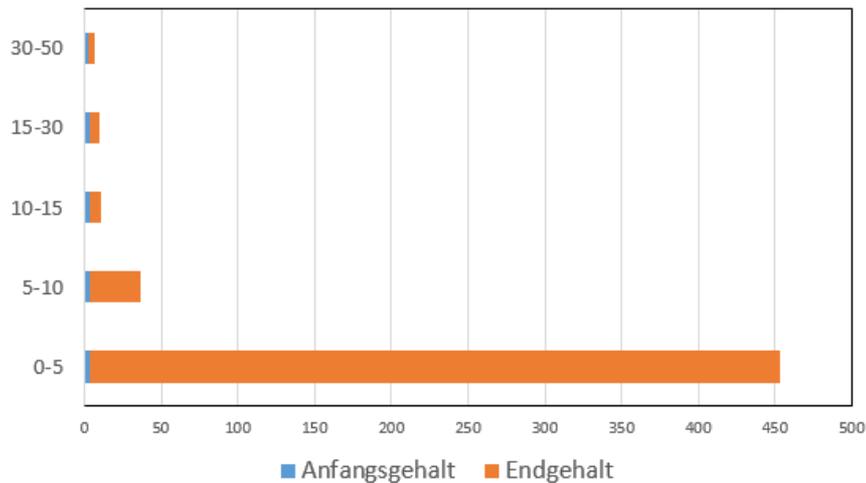
Feststoffgehalte mg/kg - Profil Säule 13



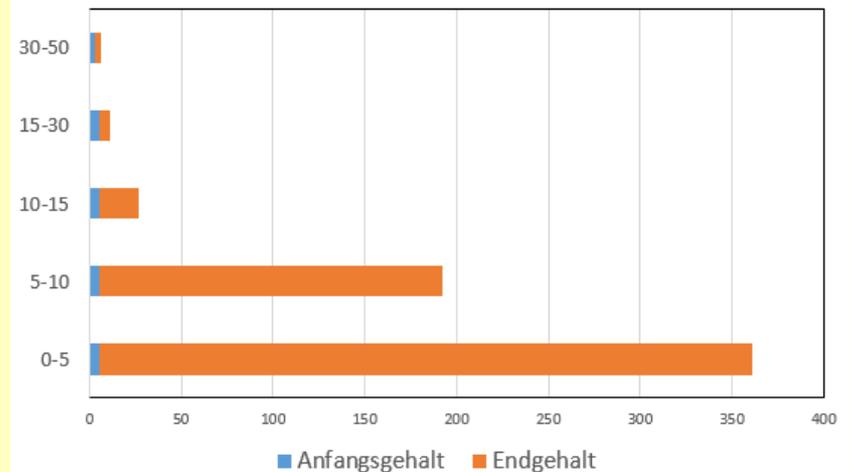
Feststoffgehalte mg/kg - Profil Säule 19



Feststoffgehalte mg/kg - Profil Säule 20

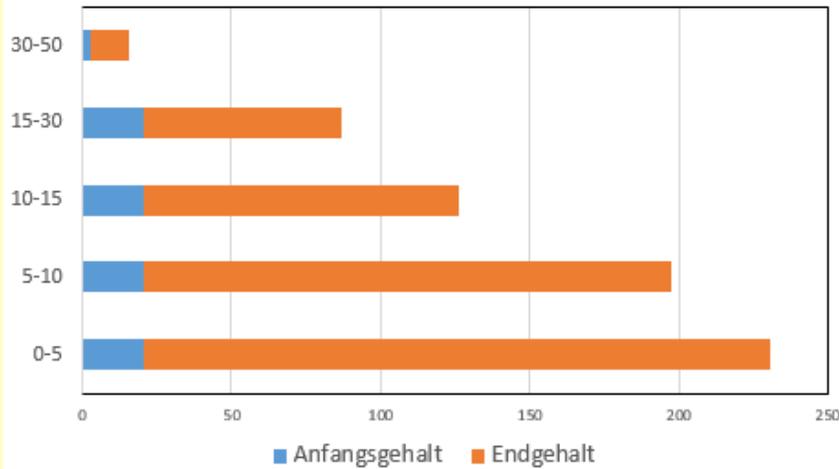


Feststoffgehalte mg/kg - Profil Säule 21

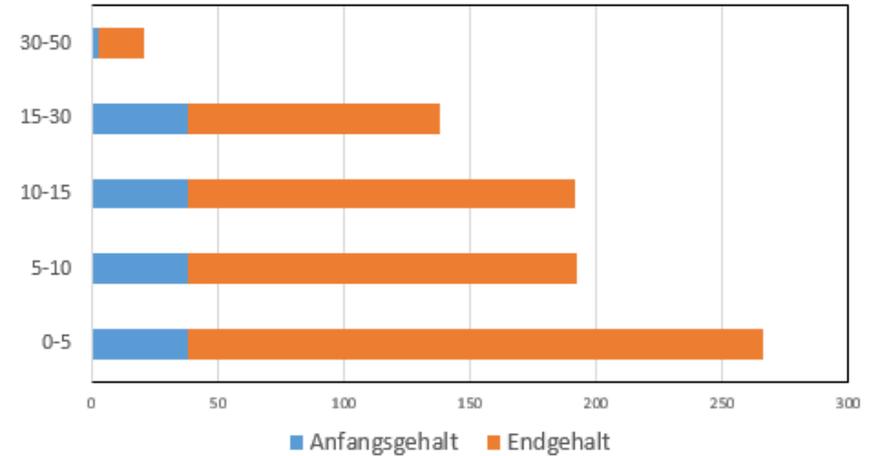


Bewertung über die Profile

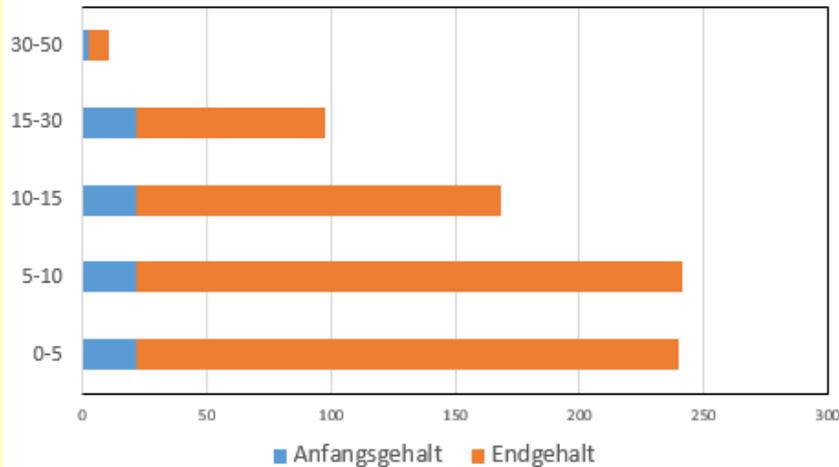
Feststoffgehalte mg/kg - Profil Säule 22



Feststoffgehalte mg/kg - Profil Säule 24



Feststoffgehalt mg/kg - Profil Säule 23



- Einfluss Sichtstärke
- unterhalb 30 cm nur sehr geringe Zunahme



Zusammenfassung/Schlussfolgerungen

- Säulenuntersuchungen waren wichtiger Baustein zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Filter-/Bodenschichten.
- Abflüsse von Dachflächen sind für dezentrale Anlagen eine „Herausforderung“.
- Worst-Case-Ansatz (hohe Beschickungsraten, keine Partikel und alles gelöst) ist bei der Bewertung zu beachten.
- Die Wirkungsgrade von realen Anlagen sind höher.



Zusammenfassung/Schlussfolgerungen

- Stoffrückhalt über Boden-/Filterschichten funktioniert, auch langfristig (abhängig von Flächenkategorie und hydr. Belastung der Anlagen).
- Schadloze Versickerung bedarf Mindestmächtigkeit.
- Grobporenfluss ist bei bindigen/humosen Böden eine zu beachtende Randbedingung.
- Bei 30 cm keine Durchbruchtendenz.
- Stoffgehalt liegen unterhalb von 30 cm im Bereich der natürlichen Anfangsgehalte von natürlichen Böden.
- Filterschichten (carbonathaltiger Rheinsand 0-2) erreichen gleichwertige Leistung von Bodenschichten.



Zusammenfassung/Schlussfolgerungen

- Auch bei erhöhten Feststoffgehalte ($>$ Vorsorgewerte oder Verwertungsgrenzen nach BBodSchV) können die Boden-/Filterschichten die Funktion SM-Bindung übernehmen.
- Die Frachten nach 30 cm Filterschicht sind so gering, dass bei der Versickerung von Dachflächen der Kat. D und den $A_{\text{Bem}}/A_{\text{S}}$ -Verhältnissen der Anlagen im Grundwasser keine Überschreitung der GFS zu besorgen ist.
- Eine schadlose Versickerung für Dachabflüsse ist möglich.

Vielen Dank für Ihr Interesse!

