

Hydraulische Leistung von Rinnenfiltern zur dezentralen Regenwasserbehandlung Ergebnisse eines BMBF geförderten Forschungsvorhabens

Tagung / 4.12.2019 / Hamburg

Sauber in den Fluss!

Ziele, Strategien und Systeme kommunaler Straßenabwasserreinigung



BMBF gefördertes Forschungsvorhaben: Förderkennzeichen: 02WQ1380A, 02WQ1380B

Dipl.-Agrar Ing. Claus Huwe, Hauraton GmbH & Co.KG

Anlass der Untersuchung

- Hydraulische Filterregeneration über Sediment- und Filtermaterial kann unter Umständen sehr aufwändig sein
- Sediment- und Filtermaterialentnahme kann kontraproduktiv sein, da sie den hydraulisch sensibleren Ausgangszustand wiederherstellt
- Vegetationsreste sind eine Abflussressource, die für eine hohe hydraulische Filterleistung genutzt werden kann
- Die Untersuchungen sollen klären, ob die gezielte Förderung der Sekundärfilterschicht nicht nur zur Erhöhung der stofflichen sondern auch der hydraulischen Filterleistung führt

Charakteristik der trockenfallenden Oberflächenfiltration

- Dränablaufkonzentration, im Unterschied zur Sedimentation, unabhängig von der Regenintensität
- Nur geringer Leistungseinbruch bei winterlicher Salzlasterlast
- Keine Dauerstauereffekte wie bei zwangsläufig eingestauten Sedimentationsanlagen
- Trockenfallende Oberflächenfiltration ermöglicht biogene Regeneration der Filterhydraulik
- Option der Sekundärfilternutzung kann nicht nur die stoffliche sondern auch die hydraulische Leistung steigern

30 cm mächtige Sekundärfilterschicht einer trockenfallenden 50 Jahre alten Versickerungsanlage

Beispiel für eine sehr lange Nutzungsdauer des Sekundärfilters



Tiefe [cm]	T + U [%]	GV [%]	CaCO ₃ [%]	Zn [mg/kg]
0-15	80,0	17,4	0,20	936
15-30	83,0	15,1	0,25	876
35-45	42,6	1,98	8,07	62,2
55-65	41,4	1,42	10,0	32,6

Sedimentauflagenoberfläche



auf Filtersubstrat - 0/2

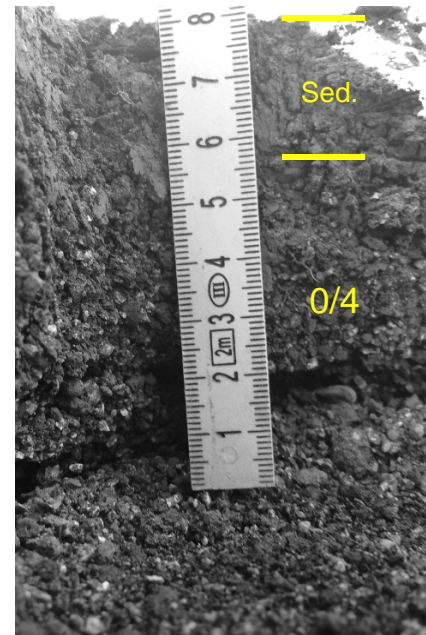
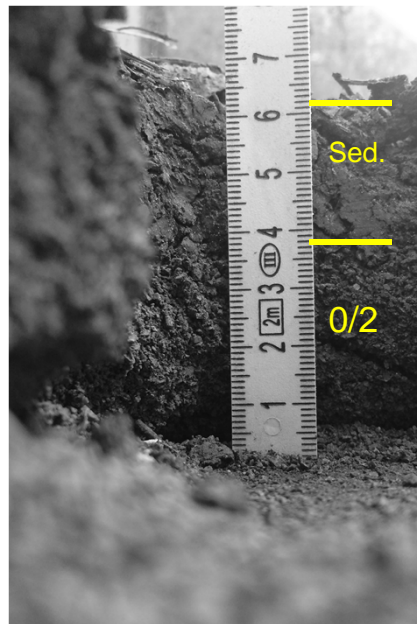


auf Filtersubstrat - 0/4

Versuchsanlage Augsburg / Filtereinbau 01.04.2014 - Bild: 10.12.2015

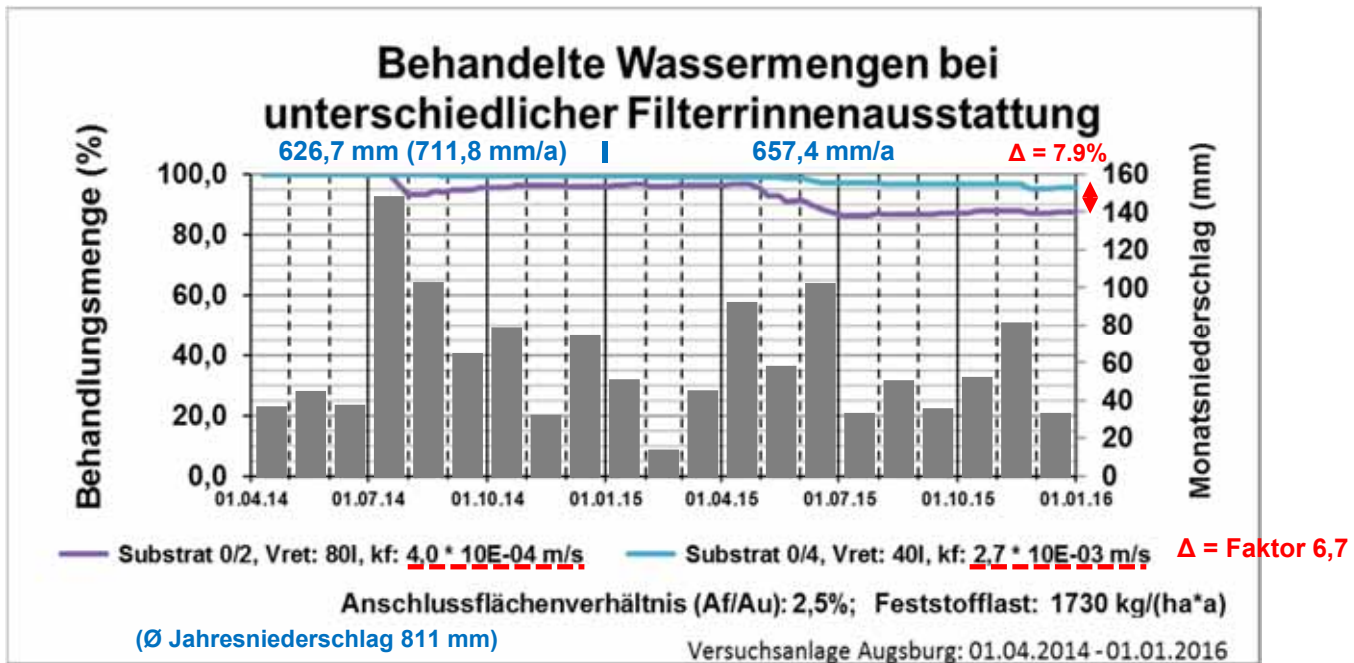
Sedimentauflagenhöhe

Identische Auflagenhöhen trotz unterschiedliche Substratsieblinien



Versuchsanlage Augsburg – 28.05.2018
(nach 48-monatigem Betrieb)

Hydraulische Behandlungsleistung in Abhängigkeit von Filterkorngröße und Retentionsvolumen

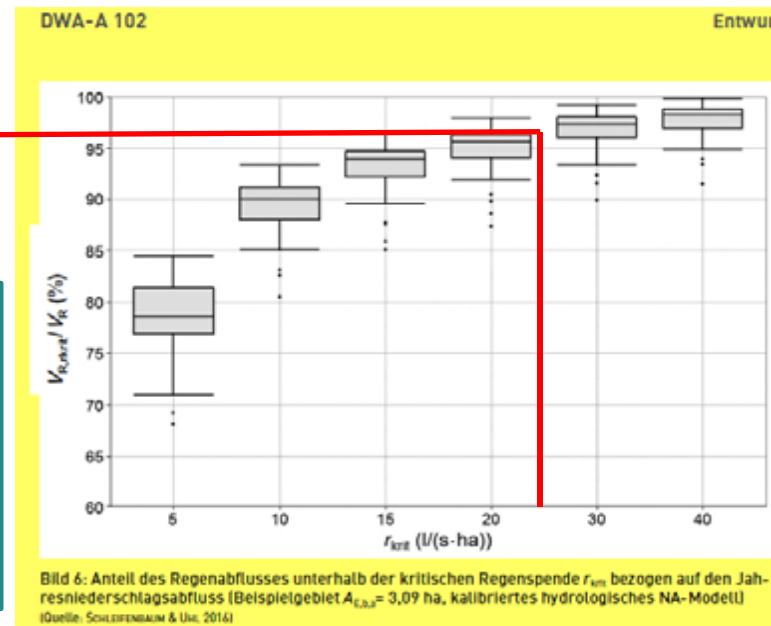


Der Gesamtwirkungsgrad

ergibt sich aus Anlagenwirkungsgrad und behandeltem Jahresabflussmengenanteil

Der modellierte Niederschlagsabfluss bis zu einer kritischen Regenspende von 25 l/(s*ha) beträgt 97% vom Gesamtjahresabfluss.

97% vom Gesamtjahresabfluss behandelt mit einem Wirkungsgrad von 98% bei geeigneten Filtersystemen zum AFS63-Massenrückhalt, ergibt einen Gesamtwirkungsgrad von 95% bezogen auf die Gesamtjahresfracht AFS63.



Langjährige Sekundärfilterbildung bei der Rinnenfiltration erlaubt eine vollständige Nutzung der Abflussressourcen



Ressource	Grobpartikel	Feinpartikel	Erhöhung
Vegetationsreste	+	+	Stoffbindung, k_f -Wert
Carbonat	+	+	Stoffbindung, pH-Pufferung
Eisen	+	+	Stoffbindung

Bei zentralen Filtern gelangen nur die Feinpartikel auf die Filteroberfläche

Das abflussbürtige Eisen kann bei der dezentralen Filtration vollständig genutzt werden

- Ergebnisse einer Bankettuntersuchung an der A4, südlich Köln -

- 50% des Eisens war grobpartikulär
- Das grobpartikuläre Eisen setzt sich auf dem Bankett vollständig ab
- Das im Bankettsediment deponierte grobpartikuläre Eisen oxidiert zu Eisenhydroxid
- Das aus dem grobpartikulären Eisen gebildete Eisenhydroxid ist eine zusätzliche Binderreserve für gelöste Schwermetalle (Zn, Cd, Cu)

Sehr geringer und sehr hoher Glühverlust von Sedimenten in Abhängigkeit der Baumzahl



Baumzahl/haA _u	0	40
GV _{ges} in %	11,3	49,8
GV _{T+U} in %	18,5	42,4
GV _{S+G} in %	4,73	65,4

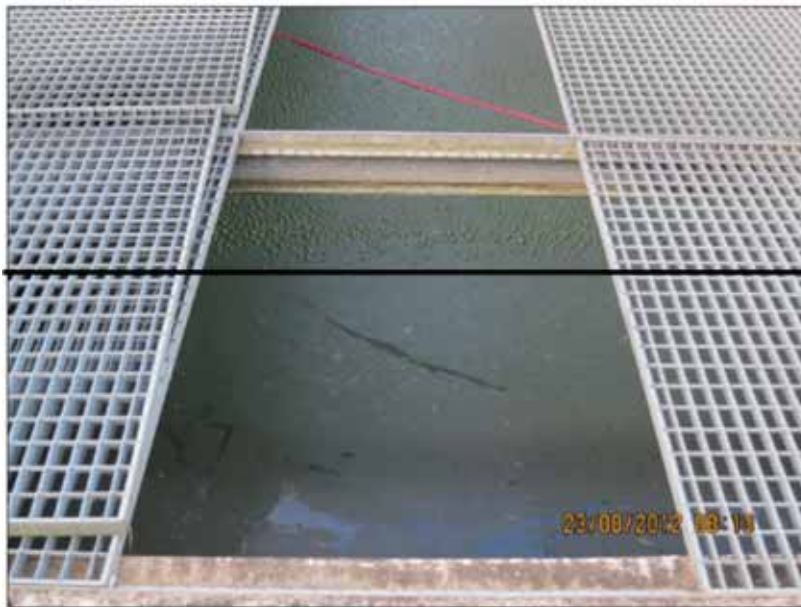
0 Bäume, Augsburg, Derchingerstraße, 2003
 40 Bäume, Berlin, Onkeltomstraße, 2005

Starke k_f -Wert Abnahme durch Dauereinstau trotz geringer Glühverluste



Geringe Vegetationsrückstände, $GV_{\text{ges}} = 11,3 \%$

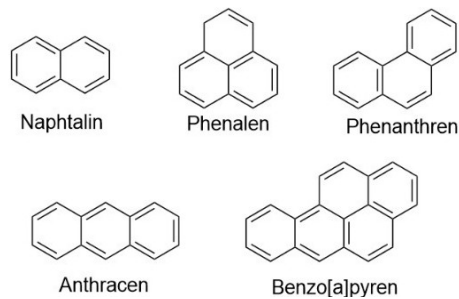
Hohe Stofffreisetzung aus GV-reichem Sediment in Abhängigkeit der Einstauzeit



Einstauzeit in Tagen	<7	>7
Probenanzahl	n = 15	n = 23
CSB in mg/l	55,4	104
NH ₄ -N in mg/l	3,47	11,7
PO ₄ -P in mg/l	0,38	0,75

GV des Sedimentes : 45,0 %, Parkplatzabflüsse Berchem 2011 - 2016

Trockenfallender Filterbetrieb erlaubt die Abnahme von MKW und PAK₁₆ durch Mineralisation



Depotzeit	1 Monat ¹	9 Jahre ²
MKW in mg/kg	2.286	130
PAK ₁₆ in mg/kg	11,8	1,62

Derchingerstraße, Augsburg

1 Mittelwert der Quartalsmischproben 3/2009 – 2/2010,
Beprobung über Feststoffsammler mit monatlicher Räumung

2 Lysimetersediment nach 9-jährigem Betrieb, Vorhaben der LfU Bayern,
Probenahme am 16.11.2005, n = 4, S4, S5, S9, S10

Beispielhafte Ergebnisse von Felduntersuchungen Jahresgang der Salzkonzentration von Straßenabflüssen

Quartale	4	1	2	3
	in $\mu\text{S}/\text{cm}$			
A6, Steinsfurt	1.726	6.860	188	108
Derchingerstraße, Augsburg	1.146	6.103	186	111

A6, Steinsfurt: 2/2009 – 3/2010, nach Grotehusmann u.a. (2012)

Derchingerstraße, Augsburg, 9-jähriger Durchschnitt, nach Nadler/Meißner (2007)

Beispielhafte Ergebnisse von Felduntersuchungen Salz erhöht maßgeblich die Feinpartikelfracht von Autobahnabflüssen

- nach Grotehusmann u.a. (2013) -

Autobahn	Lf ¹	T+U
	in $\mu\text{S}/\text{cm}$	in $\text{kg}/\text{ha}^*\text{a}$
Großburgwedel	1.521	203
Kirchhorst	2.490	321
Steinsfurt	4.293	698

¹ Mittelwert von Quartal 4 und 1

Methodik der Erhebungsuntersuchung

Untersuchungsumfang

- 16 Rinnenstandorte
- Pro Standort 3 Varianten:
V1: Referenz, V2: FOK geharkt, V3: Sekundärfilterschicht aufgebracht

Hydraulik

- K_f -Messung über Einstau von 2 - 5 m Rinnenlänge
- K_f -Messung alle 2 - 4 Monate über 30 Monate

Stoffdepot

- Zeitintegral 2 - 8 Jahre
- Vertikale Auflösung in cm 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm

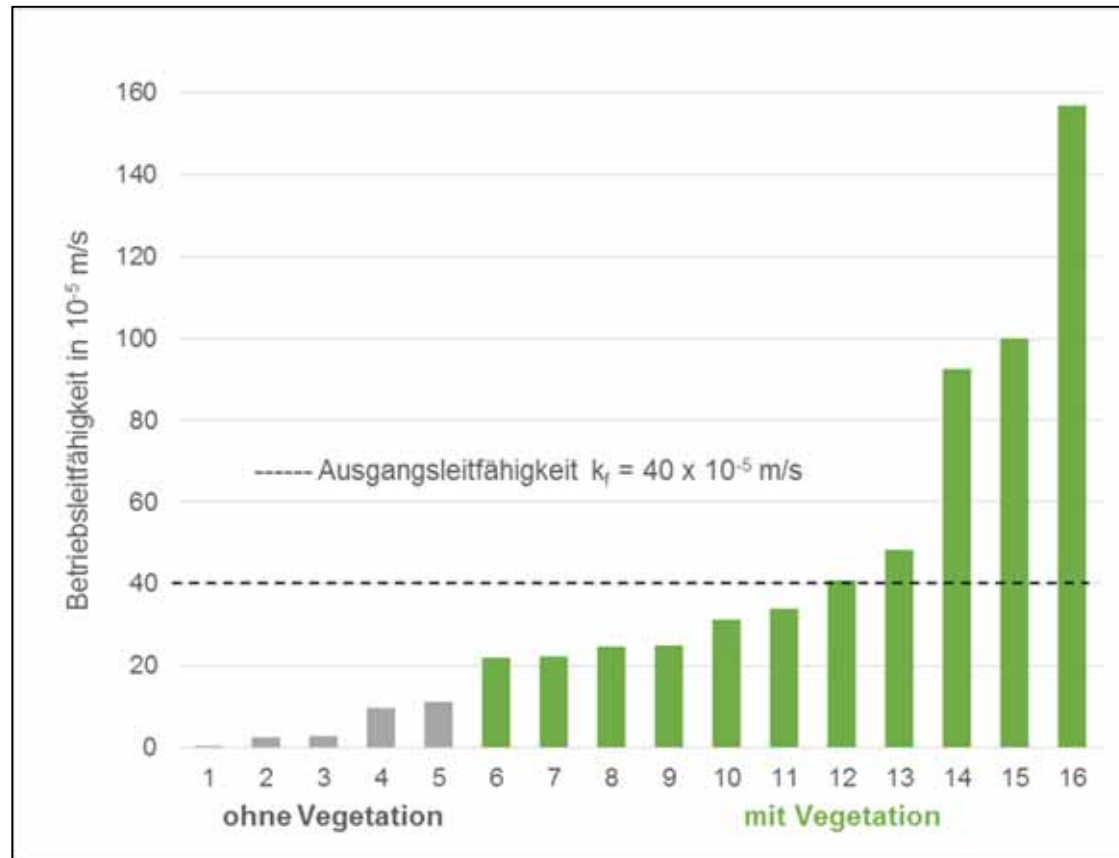
Lage der untersuchten Standorte



Messung der hydraulischen Filterleistung



Betriebsleitfähigkeit





Rinnenfilter mit hohem Anteil an Vegetationsresten

Oben: Schwarze Sekundärfilterschicht mit Feinpartikelaggregation bzw. hoher hydraulischen Filterleistung

Unten: Graue Primärfilterschicht
Zwischen Primär- und Sekundärfilter ist keine feinpartikuläre Sperrschicht vorhanden

Vertikales Stoffdepot eines Rinnenfilters bei hohem Anfall an Vegetationsresten und hoher hydraulischer Leistung ($k_f = 157 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$) nach 4,5 Betriebsjahren

Tiefe		GV	Zn	Cd	Cu	Pb	
in cm		in %	in mg/kg				
8 – 3	Sed	23,3	742	0,35	47,8	19,7	Filterkuchen
3 – 0	Sed	10,9	634	0,23	52,5	18,3	
0 – 5	FiM	2,47	138	0,11	18,4	7,1	Filtersubstrat
5 – 10	FiM	0,82	9,1	< 0,10	1,6	2,4	
10 – 15	FiM	0,69	8,4	< 0,10	1,9	2,6	

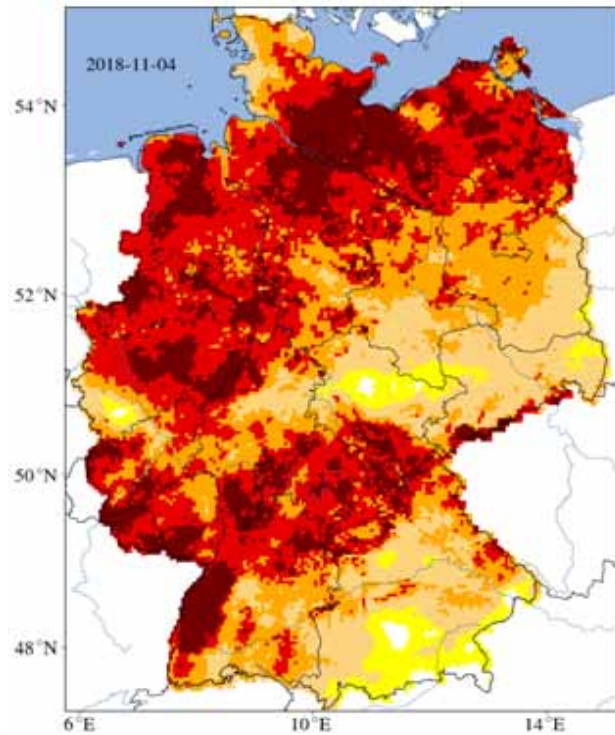
Sed: Sediment; FiM: Filtermaterial, Rinnenfilter S1, Rinne 1, $k_f = 66 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

Zusammenfassung

- Die vorgenommene Erhebungsuntersuchung zeigt, dass Vegetationsreste für trockenfallende Rinnenfilter nicht nur die stoffliche sondern auch die hydraulische Leistung markant erhöhen
- Bei Standorten mit hoher Feinpartikellast und wenig Vegetationsresten wird geprüft, ob die Ausbringung einer Sekundärfilterschicht die hydraulische Filterleistung dauerhaft erhöht
- Bei Rinnenfiltern mit vielen Vegetationsresten können die Betriebs- k_f -Werte über dem hydraulischen Ausgangszustand liegen. Diese Rinnenfilter zeigen bisher keine Einbußen in der stofflichen Filterleistung
- Rinnenfilter sind prädestiniert auch die grobpartikulären Vegetationsreste, Carbonat und Eisen für die Filtration zu nutzen (Abflussressourcen). Die langjährige Nutzung der Sekundärfilterschicht senkt den Betriebsaufwand, schont die Sandlagerstätten, mindert die Abfallmenge und erhöht markant die hydraulische und stoffliche Filterleistung

Abweichung der Bodenfeuchte (06.11.2018) vom langjährigen Zustand (1951- 2015)

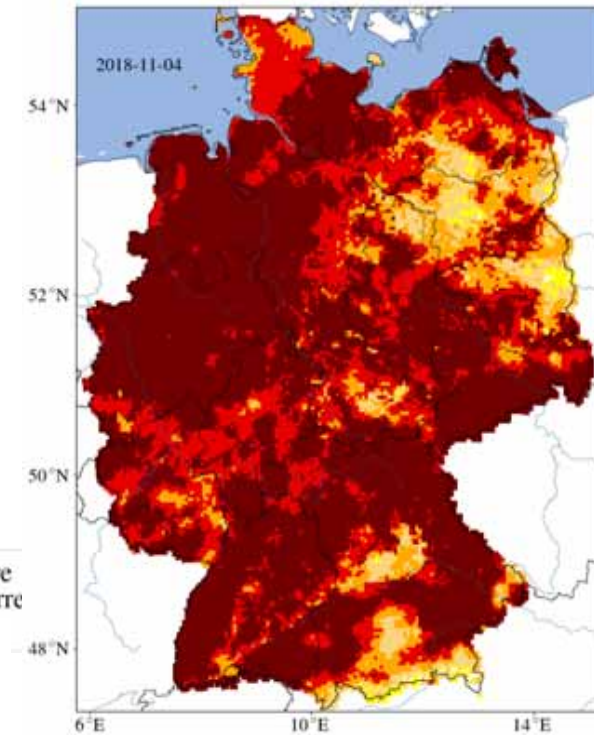
Oberboden bis 25 cm Tiefe

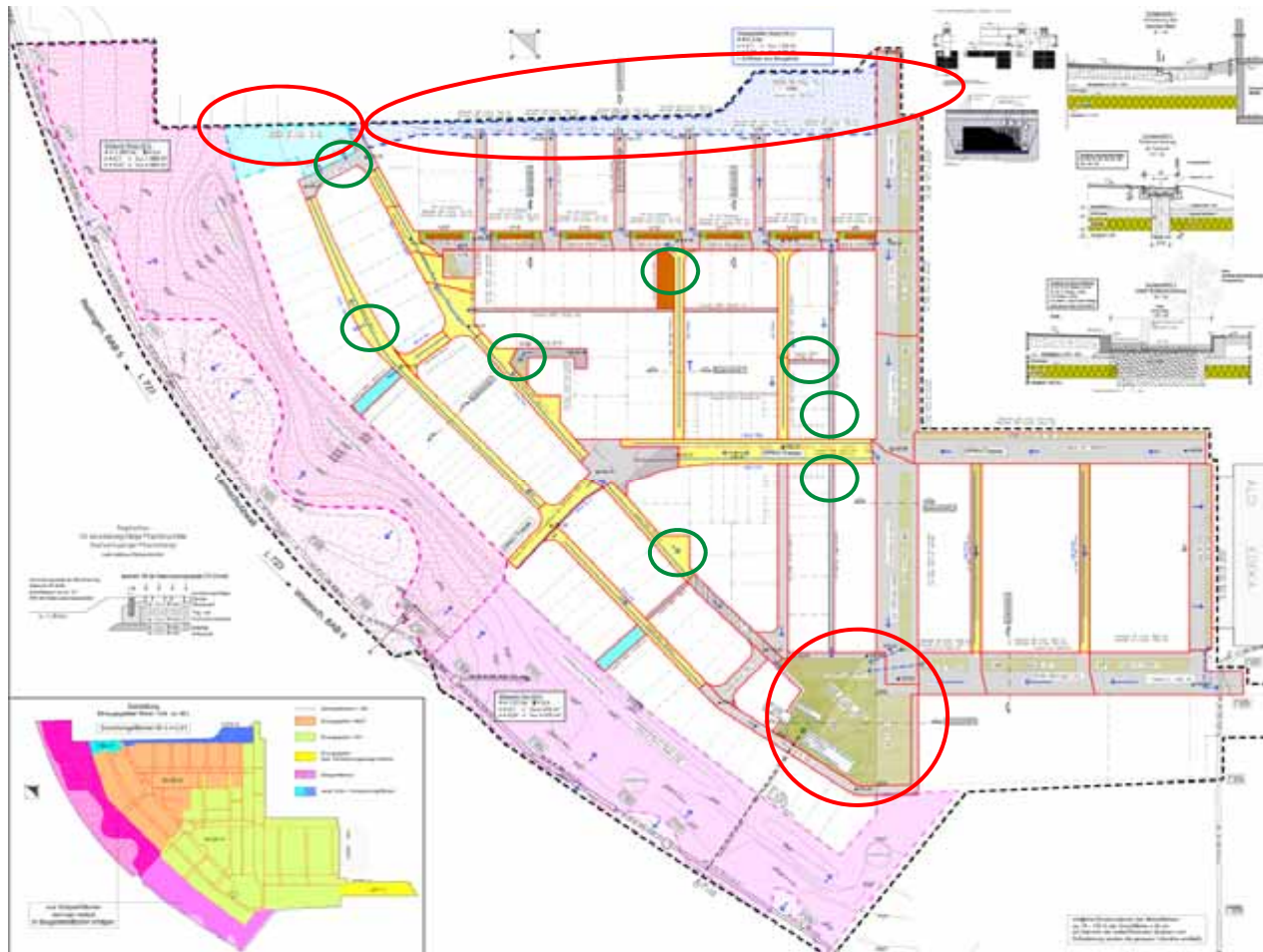


■ außergewöhnliche Dürre ■ schwere Dürre
■ extreme Dürre ■ moderate Dürre

Quelle: <https://www.ufz.de/index.php?de=37937>
(06.11.2018)

Bodenschicht bis ca. 1.8 m Tiefe





Oberflächen- entwässerung

Vorgaben (für $n = 0,01$)

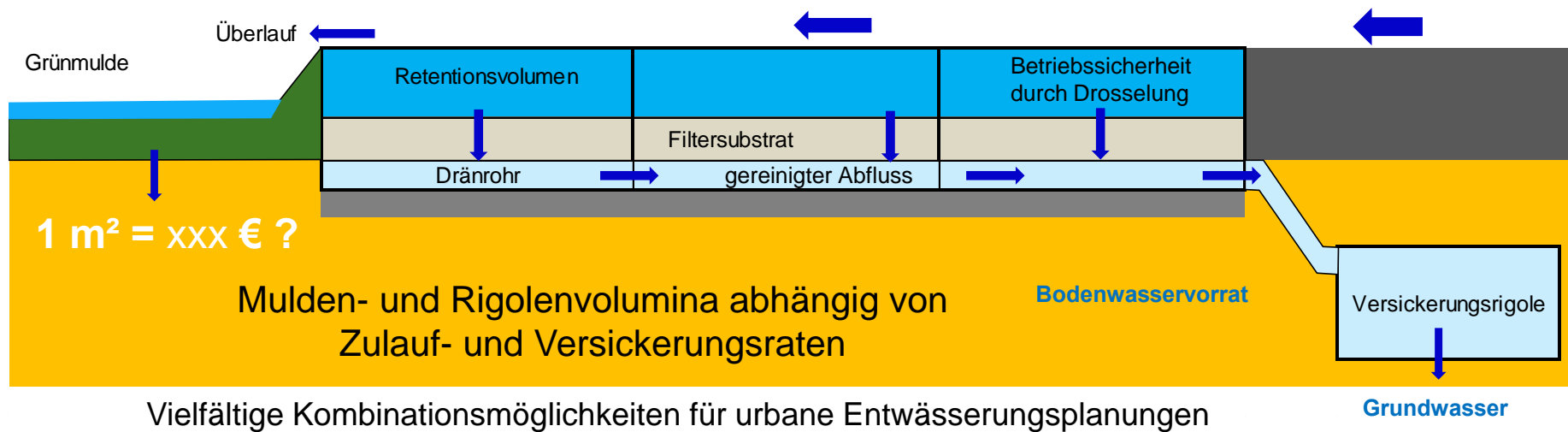
Dezentrale Behandlung und **unterirdische** Versickerung von Niederschlagswasser bis zum 10-jährigen Niederschlagsereignis auf allen privaten und **kommunalen** Flächen.

Niederschlagsmengen oberhalb des 10-jährigen bis zum 100-jährigen Niederschlagsereignisses werden über lineare Strukturen auf kommunalen Flächen zu **zentralen Versickerungs- / Muldensystemen** abgeleitet.

Regenwassermanagement

Filtersystem mit Grünmulde zur Aufnahme von Starkregen

Entwässerungsbemessung z.B. 15 l/(s*ha) oder 1 – 100-jährig mit/ohne Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100/EN 752



Starkniederschläge

Behandlung und Ableitung



oberflächennahe Kombinationsmöglichkeiten mit Grünmuldensystemen

Ableitung von Extremniederschlägen oberhalb eines dafür geeigneten linearen Filterrinnensystems im Straßenprofil.



Grünmulden - Flächeneinsparnis durch vorgeschaltetes flächenneutrales Behandlungssystem

KOSTRA (DWD)	Prozentuale Niederschlagsmengen vom 100-jährigen Ereignis (Walldorf)				
	1	2	5	10	100
T					
D					
% von T 100 D = 15 min	35%	44%	57%	67%	100%
% von T 100 D = 60 min	31%	42%	55%	66%	100%
% von T 100 D = 360 min	39%	48%	61%	68%	100%

ca. $6000 \text{ m}^2 A_u \Rightarrow$ Muldenflächenbedarf ca. $600 \text{ m}^2 A_s$ (10% von A_u) $\times 500 \text{ €/m}^2 = 300.000 \text{ €}$



Wartungskosten

Maßnahme	Häufigkeit	Material	Personal und Geräte	Dauer je Standort	Personal Fahrzeug	mittlere Gesamtkosten/a
Pos. 1	1 a ⁻¹	-	1 Pers.	0,7 h	40 €/h	63,00 €/a
Inspektion			Fahrzeug	0,7 h	50 €/h	
Pos. 2	0,15 a ⁻¹	-	1 Pers.	1,1 h	40 €/h	21,89 €/a
Räumung Rinnensediment			Saug- / Kehrfahrzeug ¹	1,1 h	95 €/h	
Pos. 3	0,15 a ⁻¹	412 €	1 Pers.	2,7 h	40 €/h	98,29 €/a
2 cm Substratersatz ²			Transportfahrzeug ¹	2,7 h	50 €/h	
angeschlossene Entwässerungsflächengröße		1000 m ²	bei einem Feststoffanfall von 750 kg/(ha*a)			183,18 €/a
			und einem Filterflächenverhältnis (Af/Au) von 2 %			
			entsprechend einem mittlerem Wartungskostenaufwand von 0,18 € / m ² Au * a			
DRAINFIX®CLEAN 400 Typ 01H		Länge des gewählten Rinentyps DRAINFIX CLEAN		54 m		

¹ Die Kosten für das Transport. Saug- / Kehrfahrzeug beinhalten 1 Person

Auf Grund der hohen Variabilität anfallender Schmutzmengen und Schadstoffgehalte sind Entsorgungskosten nicht enthalten. Ebenso müssen standortsbezogene zusätzliche Aufwandskosten (Anfahrt, Verkehrsicherung) berücksichtigt werden.