

Langjährige Betriebserfahrungen mit Rinnenfiltern in urbanen Standorten mit und ohne Vegetationseinfluss

Claus Huwe

Garching, 09. Oktober 2023



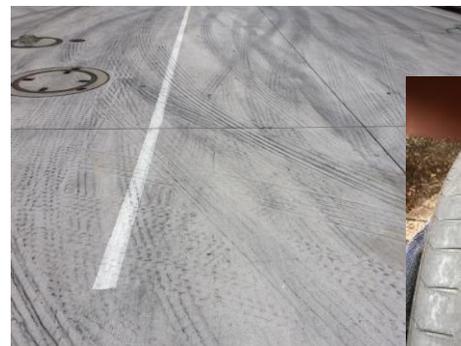


Schadstoffbelastung im Regenwasserabfluss von Verkehrsflächen

Schadstoffe / Schadstoffgruppen		
Zehr- / Nährstoffe	anorganische Schadstoffe	organische Schadstoffe
CSB / BSB	Schwermetalle Cd, Pb, Ni, Zn, Cu	MKW
NH4-N		PAK
P		Pthalate
		Bisphenol A

(rot) prioritäre Stoffe

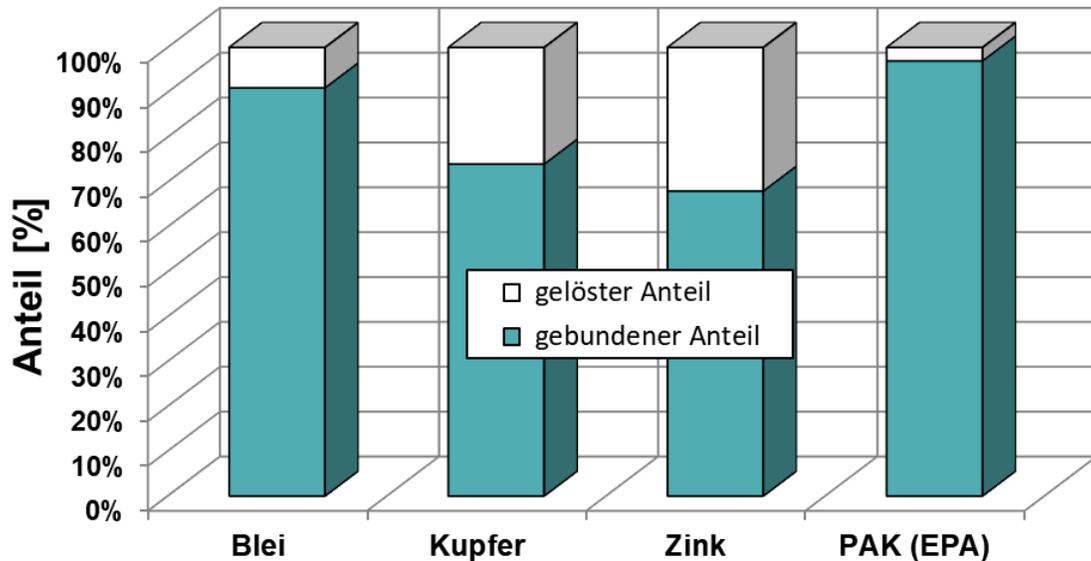
Unvollständig verbrannte Treibstoffrückstände, Tropföle, Reifen- und Fahrbahnabriebe, Bremsstäube, Korrosion, Feinstaubablagerungen, Mikroplastik, etc.



ca. 110.000 t
Reifenabrieb in
Deutschland jedes Jahr

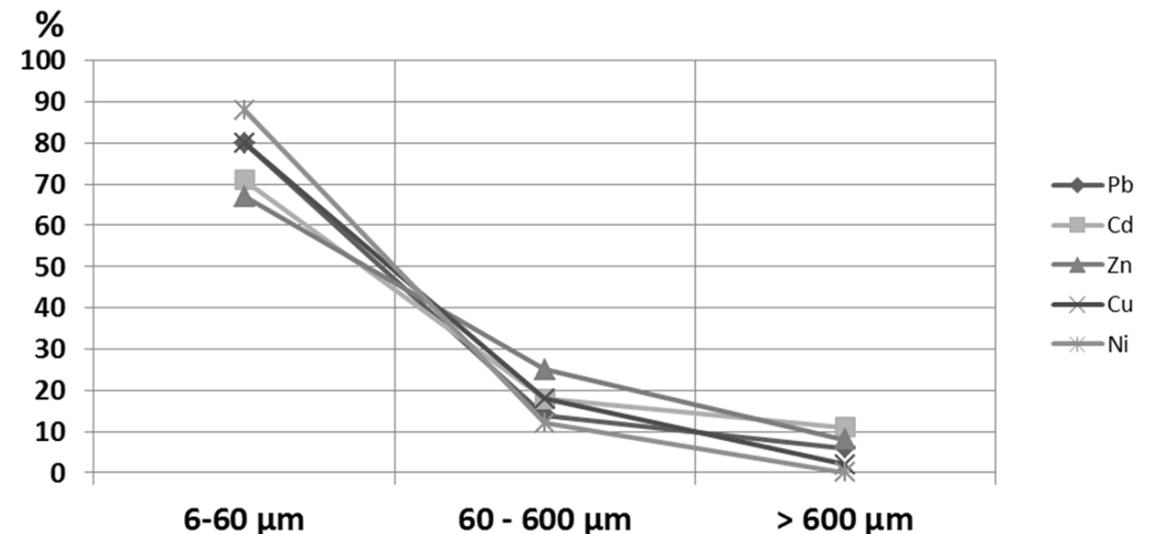
Schadstoffcharakteristiken im Verkehrsflächenabfluss

Partikuläre und gelöste Schadstoffanteile



Quelle: nach Grothehusmann, D;
Behandlungsanlagen für Straßenabflüsse. DWA Regenwassertage, Schleswig (2008)

Anteil der Schwermetallbelastung an unterschiedlichen Kornfraktionen im Verkehrsflächenabfluss



Anteil der Schwermetallbelastung an unterschiedlichen Kornfraktionen im Verkehrsflächenabfluss [Xanthopoulos. 1990]

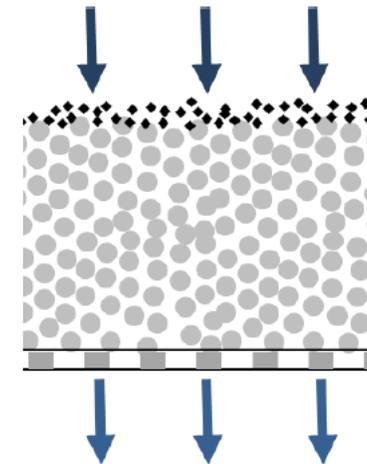
Anforderungen an das untersuchte Filterrinnensystem

gem. DWA-M179gd – Emissionsorientiert - Einleitung in Oberflächengewässer DWA-A102-2

- ❑ Mindestanforderungen:
 - ❑ Filterflächenverhältnis $A_F / A_{E,b,a} \geq 0,8 \%$
 - ❑ max. flächenspezifische Belastung $\leq 7 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
 - ❑ Filtermächtigkeit $> 0,2 \text{ m}$
- ❑ Filtergeschwindigkeit
 - ❑ $v_F \leq 2,5 \text{ m/h} \rightarrow \eta_{AFS63} = 95 \%$
- ❑ kein Dauereinstau der Sedimente
 - ❑ vorrangig Oberflächenfiltration
 - ❑ aerobes Sedimentdepot
 - ❑ einfache Sedimententnahme

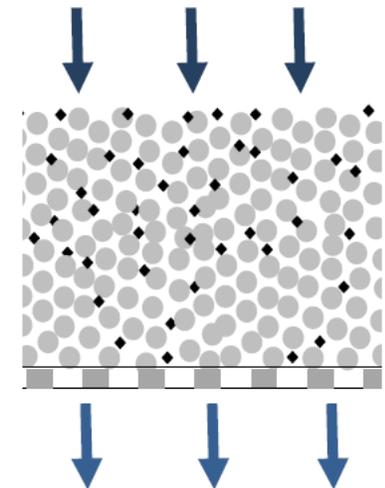


Oberflächenfiltration



bevorzugte Betriebsform

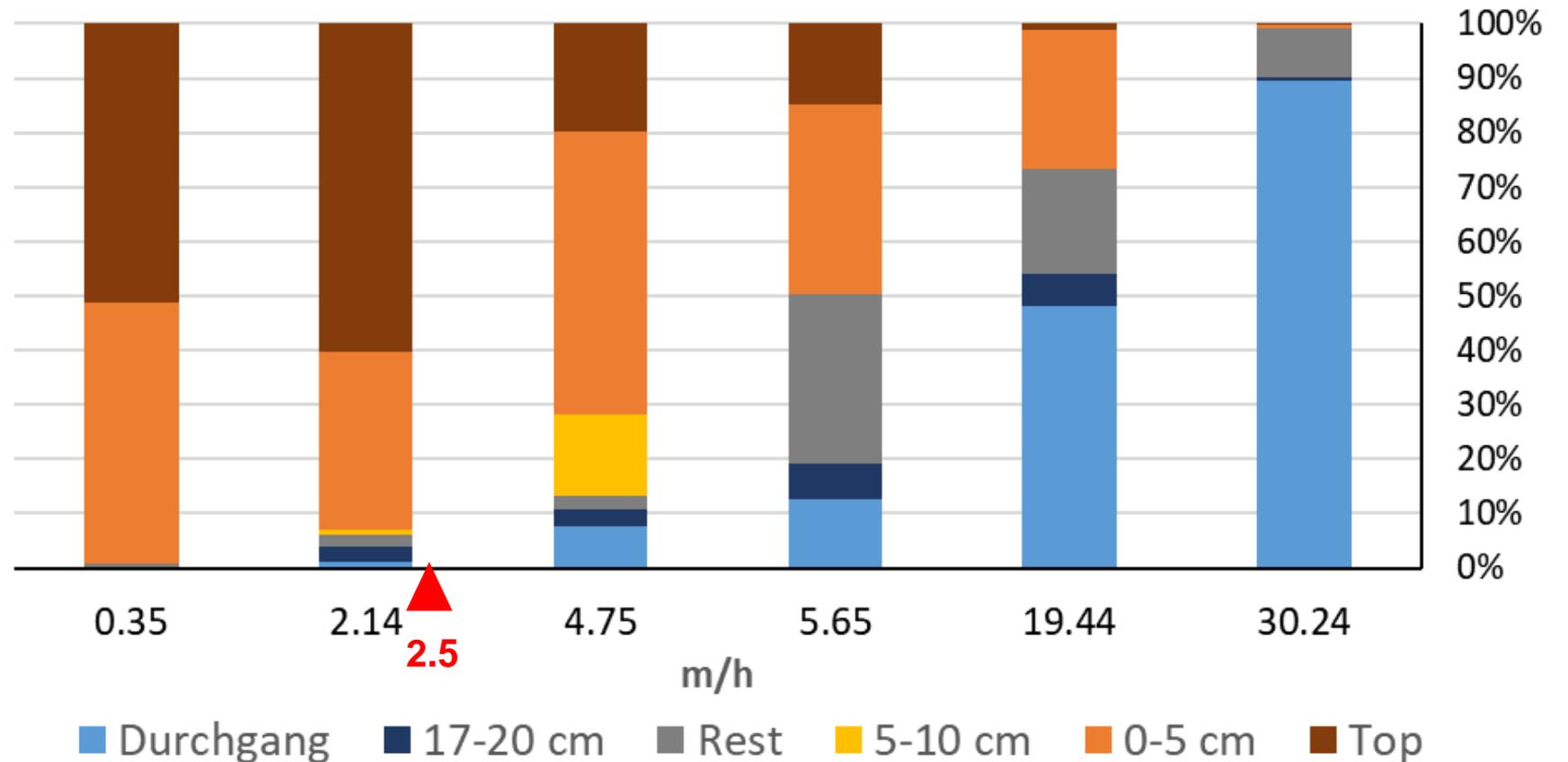
Raumfiltration



Im Mittel lag die Durchlässigkeit des verwendeten Filtersubstrates aller im Feld untersuchten Filterrinnen mit $70.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ in der Größenordnung der Filtergeschwindigkeitsanforderung: $v_F \leq 2,5 \text{ m/h}$.

Rückhalt und vertikale Feinpartikelverteilung - Filtersäule DN100

AFS63 (Millisil W4 gesiebt) - Durchgang und vertikale Verteilung im Filter in Abhängigkeit von der Filtergeschwindigkeit v_F



Sedimentakkumulation in Abhängigkeit von der Filterflächengröße

Feststoffquelle ($A_{E,b,a,i}$)		Feststoffsenke - Filterfläche in % von $A_{E,b,a,i}$ ($A_f/A_{E,b,a,i}$)					
		0.10%		1%		2%	
DWA-A 102-2 AFS63 kg/(ha*a)		AFS63 kg/(m ² Af*a)	Partikelfracht (gesamt*) kg/(m ² Af*a)	AFS63 kg/(m ² Af*a)	Partikelfracht (gesamt*) kg/(m ² Af*a)	AFS63 kg/(m ² Af*a)	Partikelfracht (gesamt*) kg/(m ² Af*a)
Kat. I	280	28	121.3	2.8	12.1	1.4	6.1
Kat. II	530	53	229.7	5.3	23.0	2.7	11.5
Kat. III	760	76	329.3	7.6	32.9	3.8	16.5

* Annahme AFS63 entspricht 30% von der Gesamtpartikelfracht

Vgl.: DWA-M 179gd (14.06.2023) - maximale flächenspezifische Belastung ≤ 7 kg/(m²*a)

Wirkung des Eintrags von Vegetationsresten



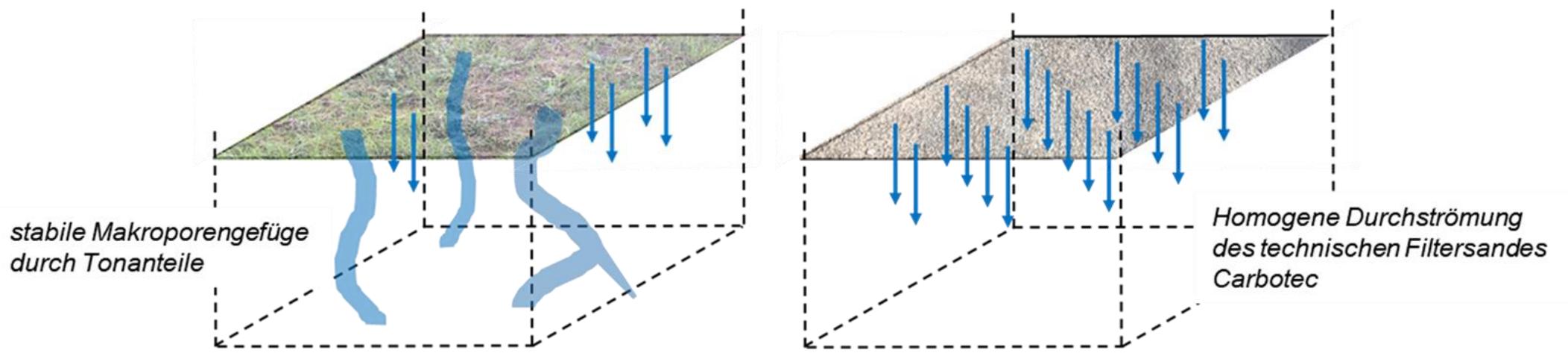
Aerobe Zersetzung und Mineralisierung von Vegetationsresten an der Filteroberfläche des trocken fallenden Rinnenfiltersystems

Filtersubstrat – Technischer Filtersand (0/2) gem. DWA-A 178

Der k_f -Wert **in m/s** ist eine hydraulische Leistungsangabe ermittelt aus dem Durchstrom **$m^3 / (m^2 * s)$** .

Stofflich betrachtet ist die Angabe in **m/s** aber nur sinnvoll, wenn die Durchströmung (= Filtration), je **m^2** durchströmter Fläche, homogen (also gleichmäßig) erfolgt ohne Vorzugsströmungen durch nur wenige Grobporen im Bodenkörper.

Insbesondere Tonanteile begünstigen die Entwicklung gefügestabiler Makroporen.



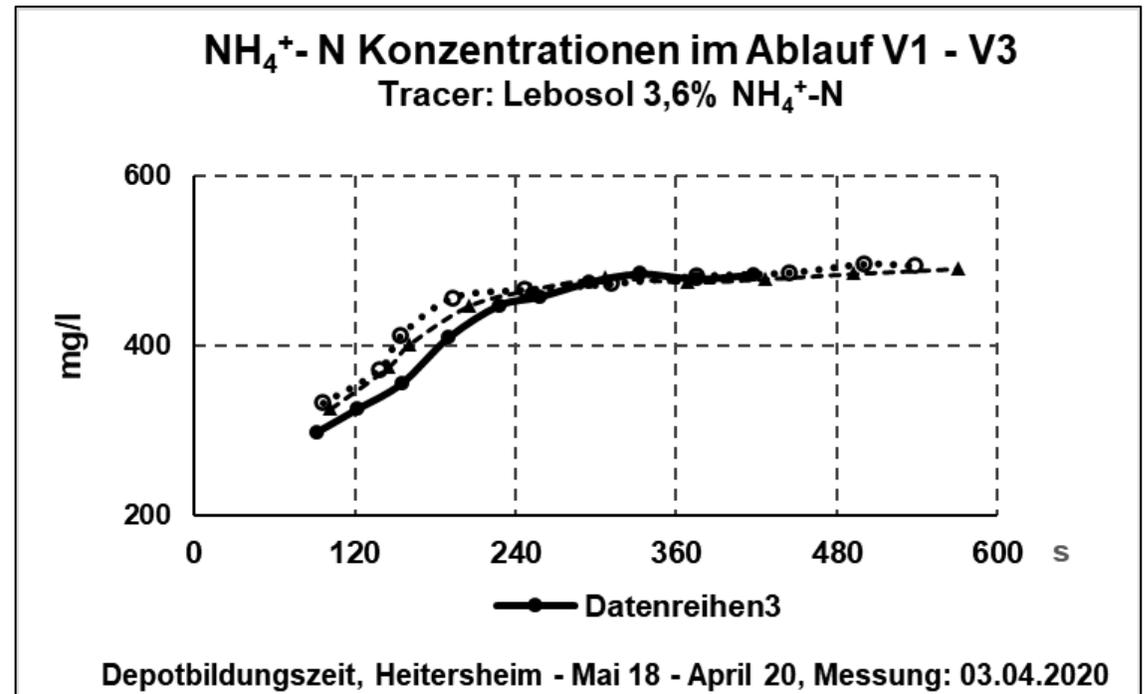
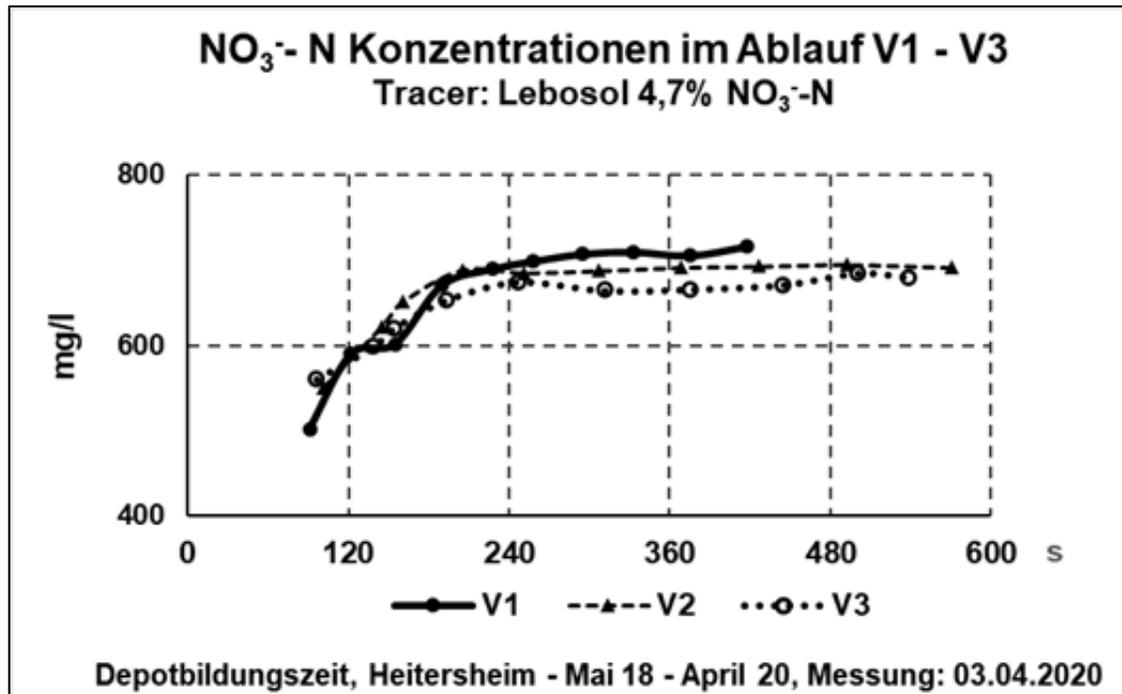
Unterschiedliche Reinigungsleistung trotz gleicher k_f -Werte

Traceruntersuchung an Rinnenfilter mit technischem Filtersand (0/2)



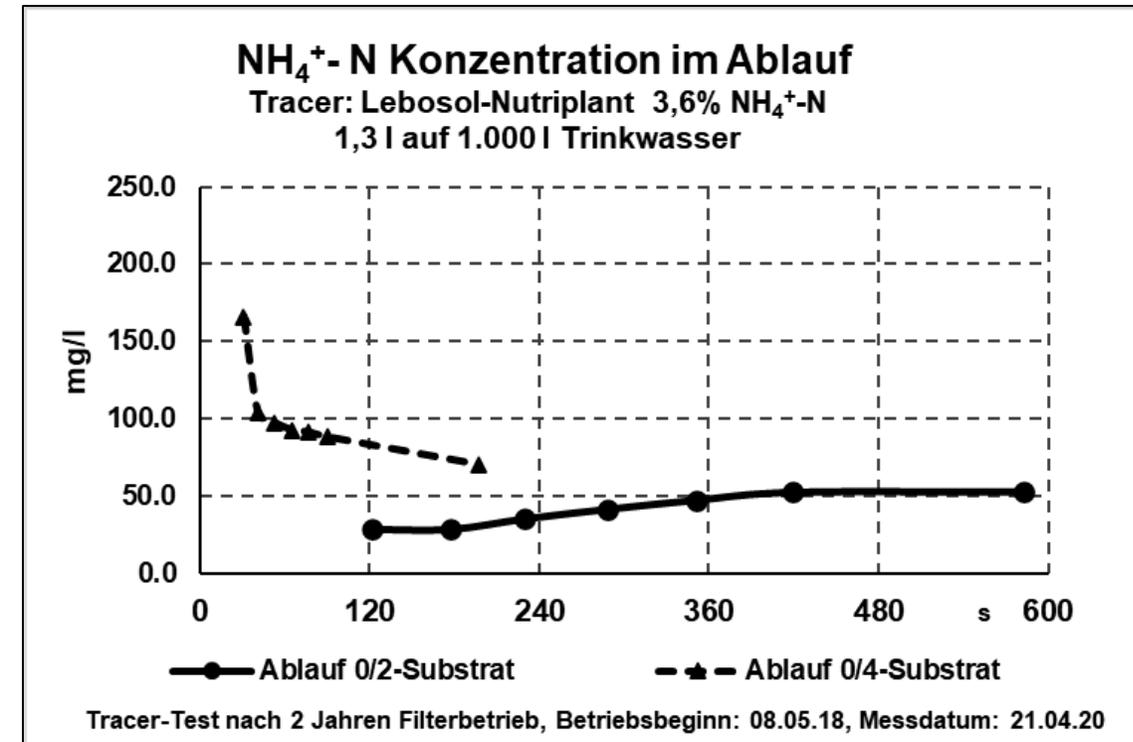
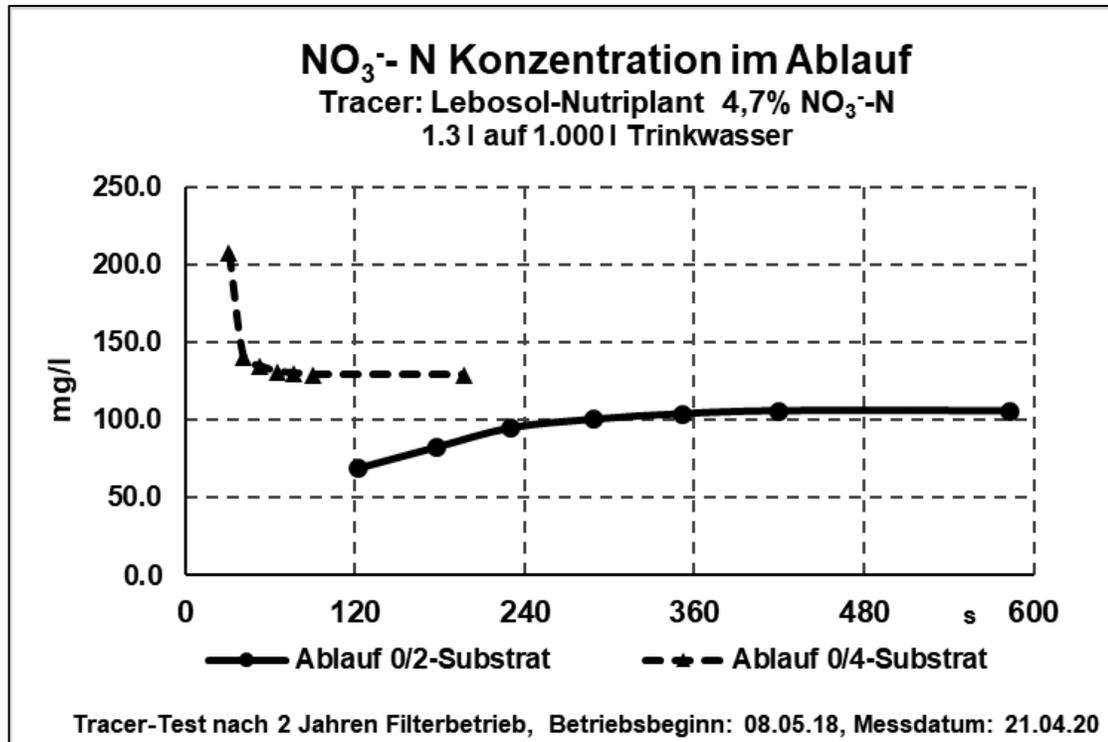
Untersuchung auf Filterkurzschlussgefahren bei starkem Regenwurmbesatz an Rinnenfiltern im Altbestand

Tracer-Ablaufkonzentrationen bei Verwendung eines 0/2-Substrats



Untersuchung nach 24-monatiger Sedimentakkumulation im Rinnenfilter Heitersheim

Vergleich der Ablaufkonzentrationen zwischen 0/2 und 0/4 Substrat an der Versuchsanlage Augsburg



Grobporengeschwindigkeit Flächendurchlässigkeit

Substrat	t(s) / Filterhöhe (0.2 m)	V zum Erstaustritt		k _f -Wert (Fläche)	
		v _{bp} (m/s)	v _{bp} (m/h)	k _f (m ³ /m ² /s)	k _f (m/h)
0/4	31	6.45E-03	23.2	6.09E-04	2.2
0/2	122	1.64E-03	5.9	2.06E-04	0.7

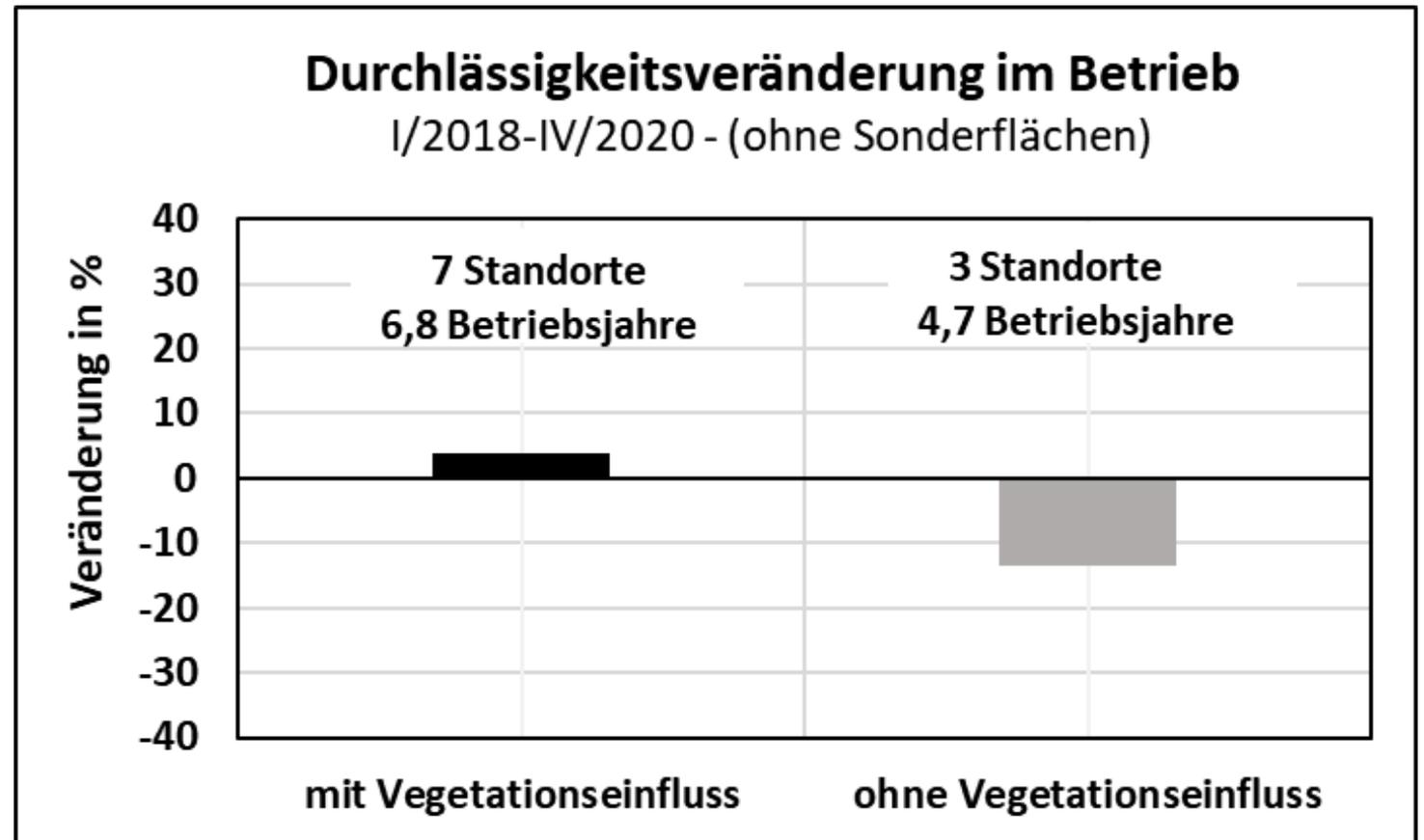
Feinpartikelbelastung und k_f -Wert der Rinnenfilter

Rinnenfilter	Vegetationseintrag	T+U in $\text{kg/m}^2\text{A}_f^* \text{a}$	k_f^* in 10-5m/s
Heilbronn	-	0.57	149
Gottenheim	+	0.64	40.7
Biblis	-	1.4	143
Heitersheim	+	1.56	110
Ihringen	+	1.62	105
Großgerau	+	1.96	38.3
Augsburg-R	+	2.08	19.5
Ø		1.4	86.5
Landshuterallee	+	4.25	40.2
Salzburg**	-	4.6	4.9
Neuenstadt	-	5.04	14.6
Unterschleißheim**	-	5.14	0.9
Ø		4.75	15.1

* Mittelwert der letzten 2 Messungen

**Sonderflächen (Industriestandorte)

Durchlässigkeitsentwicklung im Betrieb

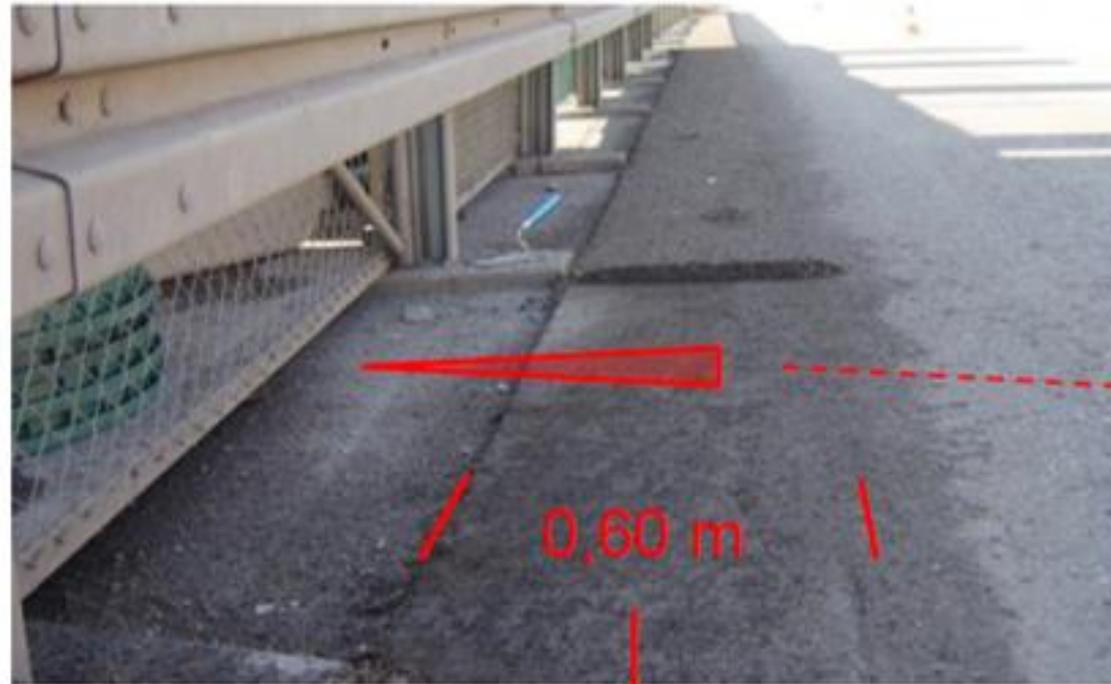


Zinkgehalte der Rinnenprofile am Untersuchungsende (IV/2020)

Filtertiefe in cm	0 – 5		10 – 15		Regenwürmer	Vegetationseintrag
	Betriebsjahre	Zn in mg/kg	Δ in %			
Unterschleißheim	3	9772	60.1	99	-	-
Neuenstadt	5.5	1211	13.4	99	-	-
Salzburg	4.6	786	11	99	-	-
Landshuter Allee	1.8	675	12.8	98	+	+
Walldorf-K	9.5	437	10.6	98	Geotextil	+
Biblis	4	401	11.7	97	-	-
Augsburg-R	7.1	784	29.8	96	+	+
Heilbronn	8.1	261	10.4	96	-	-
Ihringen	5.3	325	17	95	+	+
Walldorf-S	9.5	435	31.7	93	+	+
Großgerau	5.3	51.6	6.6	87	+	+
Bochum, R3a	8.2	299	49.9	83	+	+
Heitersheim	6.2	171	37.7	78	+	+
Gottenheim	5.1	10.7	6.4	40	+	+
Ø n = 14	5.9	1100	22	98		

Durchschnittlicher Ausgangsgehalt des Filtermaterials 9,8 mg Zn/kg

Bedeutung des Sekundärfilters am Beispiel Eisen



Versuchsanlage Augsburg
27.02.2010

Abreicherung der Grobstoffe
entlang des Fließweges

Sand und Kies > 63 µm



8% elementares Eisen

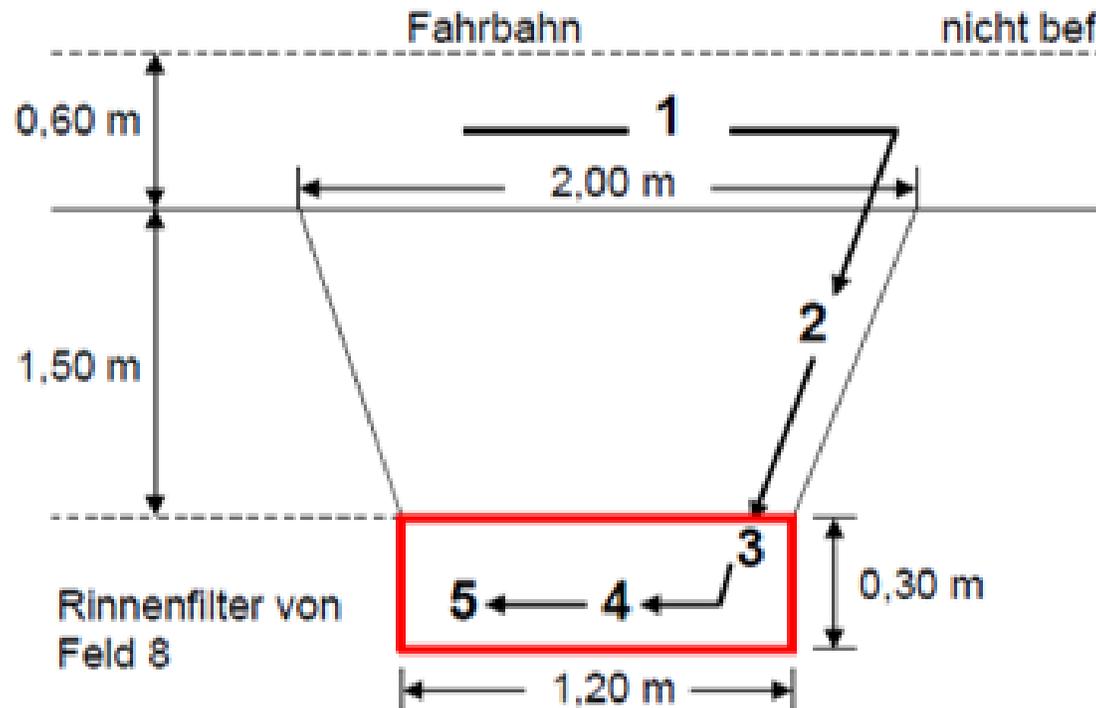


Ton und Schluff < 63 µm



Quelle: S. Fuchs
Suspended Solid Management in
Urban Systems - 10/09/2013
Karlsruher Institut für Technologie
Institut für Wasser und
Gewässerentwicklung

Fracht und Konzentrationsverteilung entlang des Fließweges



Sediment	T+U in%	Fe in %	Zn in mg/kg
1 unbefahrene Fahrbahn	0,30	8,07	3394
2 Betonbankett	9,70	4,15	1156
3 Schwemmfächer	16,3	2,99	820
4 Filteroberfläche, zulaufnah	17,4	1,21	322
5 Filteroberfläche, zulauffern	17,6	0,98	211

Abfluss- und daher unbedingt Behandlungsrelevant

Probenahme von 1 und 2 Ende Quartal 2/09, Sedimentationszeit 3 Monate (Quartal 2/09)

Probenahme von 3 bis 5 Ende Quartal 3/09, Sedimentationszeit 6 Monate (Quartal 2 und 3/09)

Versuchsanlage Derchingerstraße in Augsburg

Fazit

- ❑ Das untersuchte Rinnenfiltersystem entspricht der im DWA-M 179gd angeführten Reinigungsleistung bezüglich Partikelrückhalt und kann somit entsprechend dem Bemessungsverfahren nach DWA-A 102-2 mit 95% Reinigungsleistung verwendet werden.
- ❑ Die vertikalen Filterdepots der untersuchten Filterrinnen belegen die oberflächennahe Filtrationswirkung des verwendeten Filtersubstrates auch für das Leitschwermetall Zink.
- ❑ Ein Eintrag von Vegetationsresten führt zu einem belebten oberflächennahen aeroben Sedimentdepot / Sekundärfilter, erhält dauerhaft eine hohe hydraulische Filterleistung und gewährleistet einen problemlosen Einbau in der Kombination mit urbanem Grün.
- ❑ An Standorten ohne Vegetation und hohen mineralischen Feinpartikellasten sollten Filterflächenverhältnisse für störungsfreien Betrieb nicht zu klein gewählt werden.
- ❑ Bei Verwendung der Raumfiltration sollte zeitnah die Erschöpfung der Beladungskapazität des Filtervolumens überwacht werden um Durchbrüche / Kurzschlüssigkeiten zu erkennen.