

BODENÖKOLOGISCHES LABOR BREMEN GMBH

REINIGUNG VON BELASTETEN NIEDERSCHLAGSABFLÜSSEN



Prüfstrecke

D-Rainclean® - Sickermulde

August 2018

Im Auftrage: **Funke Kunststoffe GmbH**

Aufgabenstellung

Die Behandlung von belastetem Oberflächenwasserabfluss von Straßen stellt besondere Anforderungen an die Reinigungstechnik. Mit substratgefüllten Sickermulden werden am Markt seit Jahren Lösungen zur Reinigung von belastetem Oberflächenwasser angeboten.

Das System D-Rainclean-Sickermulde wurde in den letzten 10 Jahren umfangreich im Zuge der Erteilung (2006) und Verlängerungen (2011/2016) der DIBt-Zulassung untersucht. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Laborversuche.

Der Vorteil von Laborversuchen liegt darin, dass diese unter genau definierten und reproduzierbaren Randbedingungen stattfinden. Jedoch ist es nicht möglich, in Laborversuchen die Vielfalt und Variabilität der Einflüsse und die Schwankungen der Zulaufkonzentrationen des praktischen Betriebes abzubilden. Deshalb sind Praxisversuche als Ergänzung zu den Versuchen unter Laborbedingungen von großer Bedeutung.

Aus diesem Grund wurde Ende 2012 eine Prüfstrecke entlang einer stark befahrenen Landstraße mit 6.500 – 7.000 DTV errichtet. Die Straße wird von vielen landwirtschaftlichen Fahrzeugen befahren.

D-Rainclean

Im Bereich des abfließenden Regenwassers kommt es schon an gering befahrenen Straßen und häufig frequentierten Parkplätzen zu einer Bedrohung der Grundwasserqualität.

Abrieb von Reifen, Bremsen und Straßenbelag, Verlust von Treibstoff, Schmiermittel und Frostschutz führt zusammen mit den Abgasen zu einer deutlich erhöhten Schadstoffkonzentration im abfließenden Niederschlagswasser.

Die Schmutzfracht kann durch:

- Filtration,
- Adsorption und Einlagerung,
- Ionenaustausch,
- Fällung und durch
- biologischen Abbau

vor dem Erreichen des Grundwassers entfrachtet werden.

Es ist besser durch Schutzmaßnahmen zu verhindern, dass Fremdstoffe und Schadstoffe ins Wasser gelangen, als sie hinterher durch aufwendige chemisch-physikalisch- und biologische Verfahren wieder zu entfernen (DVGW 1982: 11-12).

Mit der Reinigung belasteter Niederschlagsabflüsse im Straßenrandbereich wird eine flächenhafte Schutzstrategie möglich.

Damit wird ein nachhaltiges Ziel des „Integrierten Gewässerschutzes“ erreicht.

Untersuchungsumfang

Messung Input max. 1 x pro Monat auf:

- Messung Regenmenge (kontinuierlich)
- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- CSB
- PO4-P
- Schwermetalle (Cd, Zn, Cu, Pb) (durch Eurofins*)
- AFS
- MKW
- PAK (1 x pro 3 Monate) (durch Eurofins*)

Messung Output max. 1 x pro Monat auf:

3

- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- CSB
- PO4-P
- Schwermetalle (Cd, Zn, Cu, Pb) (durch Eurofins*)
- AFS
- MKW
- PAK (1 x pro 3 Monate) (durch Eurofins*)

Probenahme und Analytik

Die Untersuchungsverfahren sind in den Analysenprotokollen dargestellt. Es kamen nur DIN-Verfahren zur Anwendung. Die einzelnen Verfahren sind im Anhang dargestellt.

**Eurofins ist ein nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium.*

Standort

Der Standort liegt im Landkreis Wesermarsch, Niedersachsen.



Abb. 1: Prüfstrecke an der L 875, Bildmitte: Einlauf für unbehandeltes Straßenabfluss-wasser

4

Die Prüfstrecke (Abb. 1) befindet sich an der

- L 875, Kreis Brake
- Abschnitt 90
- Station 2,217 bis 2,207
- km 12,732 und km 12,742
- 6.000 bis 7.000 DTV (Verkehrszählung 2010)

In der Abb. 2 befinden sich die Sickermulden mit D-Rainclean auf der rechten und linken Bildseite, der Einlauf für Straßenablaufwasser befindet sich mittig im Bild.

Die Straße hat eine Asphaltdecke und über ihre gesamten Breite ein einseitiges Gefälle zur Sickermulde hin.

Die Straßenbreite im Versuchsabschnitt beträgt 7,2 m. Durch das Gefälle der Straße werden ca. 40 – 50 m² in die insgesamt vier laufende Meter D-Rainclean-Sickermulde entwässert. Das entspricht 10 bis 12 m² zu entwässernde Fläche je Meter Sickermulde.

In den folgenden Abb. 2 und 3 ist die Prüfstrecke im Detail dargestellt.

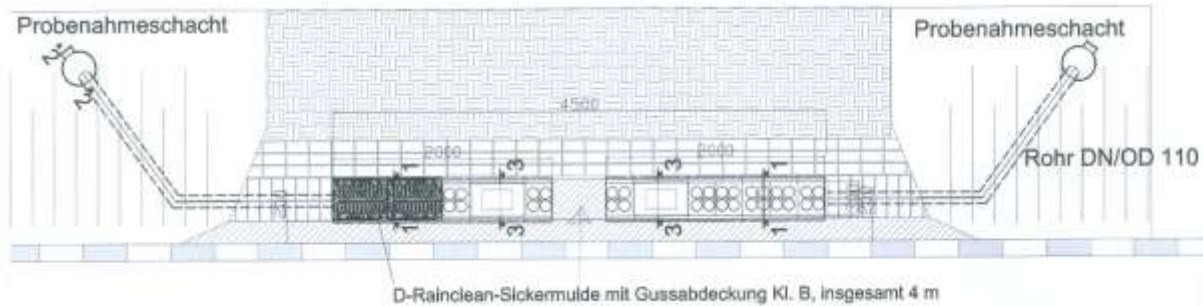


Abb. 2: Aufbau der Prüfstrecke in der Draufsicht

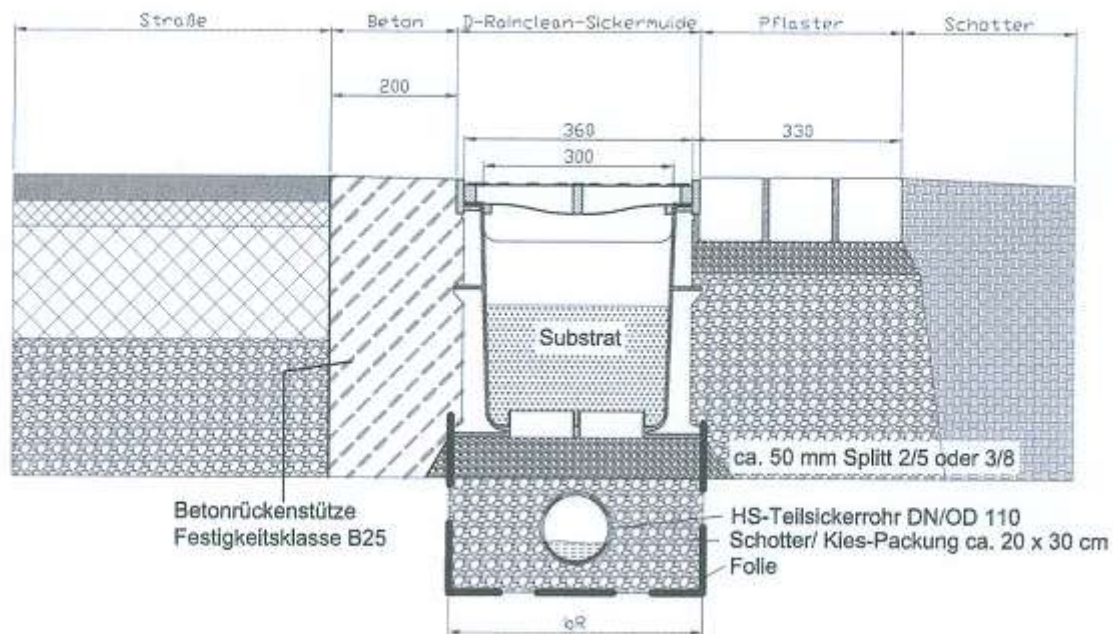


Abb. 3: Schnitt durch die Sickermulde mit unten liegendem Teilsickerrohr

Ergebniszusammenstellung

Ergebnisse der Beprobungen:

- Der Eintrag an abfiltrierbaren Stoffen (AFS) bei im Mittel 584 mg/l ist entsprechend hoch. Der Rückhalt in D- Rainclean liegt mit 37 mg/l im Ablauf im Mittel bei **93,7 %**.
- Der CSB wird durch die Substratpassage von 150 mg/l auf 49 mg/l (D- Rainclean) reduziert. Das entspricht einer CSB Reduktion von **67 %** in D- Rainclean.
- Im Straßenwasserabfluss wird eine Phosphatkonzentration (Pges) von 0,88 mg/l gemessen. Nach der Passage durch D- Rainclean liegt der P- Gehalt bei 0,33 mg/l.
Der Wirkungsgrad der P-Reduktion liegt bei D-Rainclean bei **61 %**.
- Erwartungsgemäß wird der Kupfer- und Zinkgehalt durch die Substratpassage reduziert. Die Inputkonzentrationen liegen für Kupfer im Mittel bei 0,040 mg/l und für Zink bei 0,223 mg/l.
Kupfer wird in D-Rainclean mit **74,9 %** zurückgehalten. Werden nur Kupfer-Input-Konzentrationen > 0,04 mg/l zugrunde gelegt, wird ein Rückhalt von 80 % erreicht.
Zink wird in D-Rainclean durchschnittlich mit etwa **84,1 %** zurück gehalten.
Blei wird in D-Rainclean mit **82,2%** zurück gehalten.
- Die Mineralölwasserstoffe wurden zu **90,3 %** eliminiert.
- Bei der ersten Beprobung ist der Eintrag von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) mit 4,34 µg/l hoch. In D-Rainclean werden die PAK bis unterhalb der Bestimmungsgrenze reduziert.
Eine Beprobung im September 2013 mit 0,026 µg/l, September 2014 mit 0,24 µg/l mit Fluoranthen und Pyren im Input wurde durch die Substratpassage auf unterhalb der Bestimmungsgrenze reduziert. Die Beprobung im März 2015 mit einem Inputgehalt von 0,623 µg/l zeigt eine Reduzierung auf 0,086 µg/l, was einem Rückhalt von 86 % entspricht.
- Der pH- Wert des Input- Wassers ist mit 7,4 unerwartet hoch, was an dem Asphalt/Splitt Belag liegen kann. Nach der Passage durch D- Rainclean wird der pH –Wert von 7,4 auf 7,9 angehoben

In den Zulassungsgrundsätzen für „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen“ des DIBt, Berlin, werden folgende Wirkungsgrade als Mindestvoraussetzung für eine baurechtliche Zulassung gefordert:

Die an der Prüfstrecke gemessene Reduzierung der Schadstoffeinträge wird in der folgenden Tabelle 1 dargestellt. Die Vorgaben der Schadstoffminderung in den DIBt Zulassungsgrundsätzen werden bis auf Kupfer erreicht.

	AFS (%)	Zink (%)	Kupfer (%)	MKW (%)
gemessene Reduzierung (Schadstoffbindung)	93,7	84,1	74,9 (80)	90,3
DIBt Zulassungsgrundsätze	> 92	> 70	> 80	> 80

Tab. 1: gemessene Schadstoffreduzierung und DIBt Zulassungsgrundsätze

Vergleicht man die gemessenen Wirkungsgrade von 2013 und 2017, so ist eine Verbesserung der Rückhalte erkennbar (siehe auch Abb. 16).

Die Ergebnisse der Probenahme vom 16.12.2012 (PAKs) sind in Tabelle 1 dargestellt. Sie werden Vergleichswerten gegenüber gestellt. (siehe Tabelle).

Probe	INPUT	Vergleichs- werte¹	D-Rainclean
Parameter	Ergebnis		Ergebnis
Naphthalin	3,5		< 0,05
Acenaphthylen	< 0,05		< 0,05
Acenaphthen	0,24		< 0,05
Fluoren	0,26		< 0,05
Phenanthren	0,25		< 0,05
Anthracen	< 0,01		< 0,01
Fluoranthren	0,037		< 0,01
Pyren	0,053		< 0,01
Benz (a) anthracen	< 0,01		< 0,01
Chrysen	< 0,01		< 0,01
Benz (b) fluoranthren	< 0,01		< 0,01
Benz (k) fluoranthren	< 0,01		< 0,01
Benz (a) pyren	< 0,01		< 0,01
Indeno (1,2,3cd) pyren	< 0,01		< 0,01
Dibenz (ah) anthracen	< 0,01		< 0,01
Benz (ghi) perylen	< 0,01		< 0,01
Summe PAK nach EPA	4,34	1,5 - 7,0	(n.b.*)
pH - Wert	7,85	6,4 – 7,6	7,91

Tabelle 1: Ergebnisse der Untersuchung der Beprobung vom 16.12.2012

¹ Schmitt, T. G., A.Welker et.al, 2010: Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren. DWA Abschlussbericht.

In Abb. 4 bis 9 werden die Ergebnisse der Probenahmen von Dezember 2013 bis Dezember 2016 jeweils als Input- und Output-Gehalte dargestellt.

Der Verlauf der Gehalte abfiltrierbarer Stoffe (AFS) zeigt einen erhöhten Eintrag im November 2014 und im Januar 2015. Der mittlere Eintrag beträgt 584 mg/l und ist auf Grund des großen Anteils landwirtschaftlicher Fahrzeuge überdurchschnittlich hoch. Der AFS Rückhalt beträgt im Mittel 93,7 %.

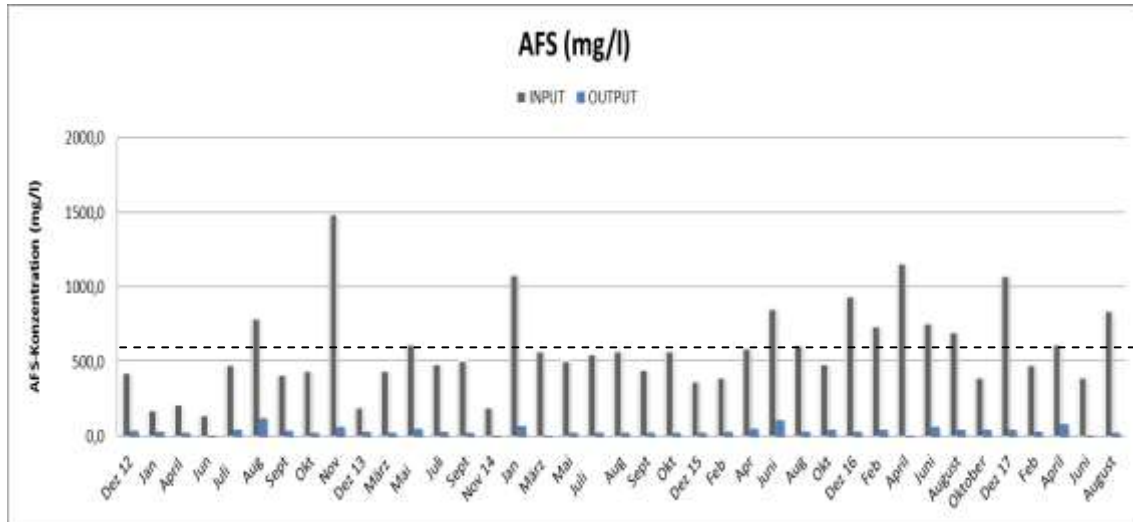


Abb. 4: Input- und Output-Gehalte an abfiltrierbaren Stoffen (AFS), Dez 2012 bis August 2018, gestrichelte Linie: Mittelwert der Input-Werte

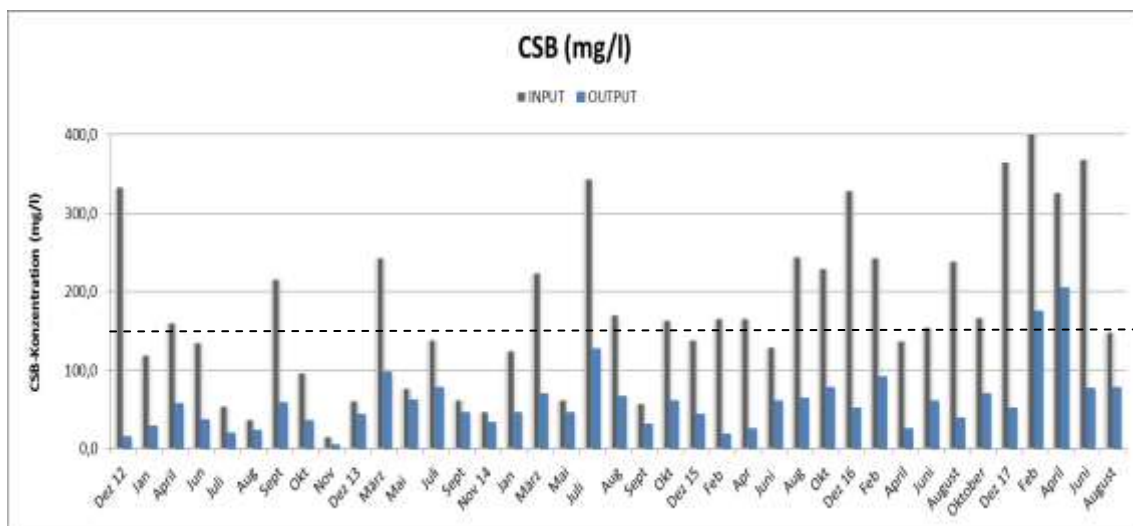


Abb. 5: Input- und Output-Gehalte des chem. Sauerstoffbedarfes (CSB), Dezember 2012 bis August 2018, gestrichelte Linie: Mittelwert der Input-Werte

Der mittlere CSB- Eintrag beträgt 150 mg/l (Abb. 5). Die CSB- Reduzierung beträgt im Mittel 67 %.

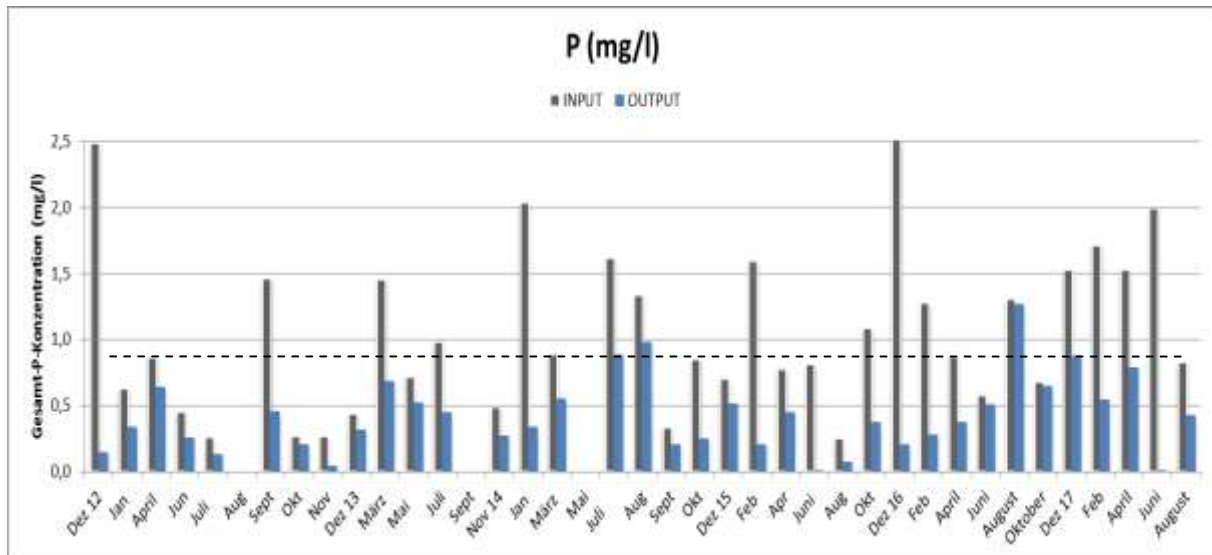


Abb. 6: Input- und Output-Gehalte Phosphat (mg/l, Dezember 2012 bis August 2018, gestrichelte Linie: Mittelwert der Input-Werte

Der mittlere Phosphat-Eintrag beträgt 0,88 mg/l (Abb. 6). Die Phosphat- Reduzierung beträgt im Mittel 61 %.

9

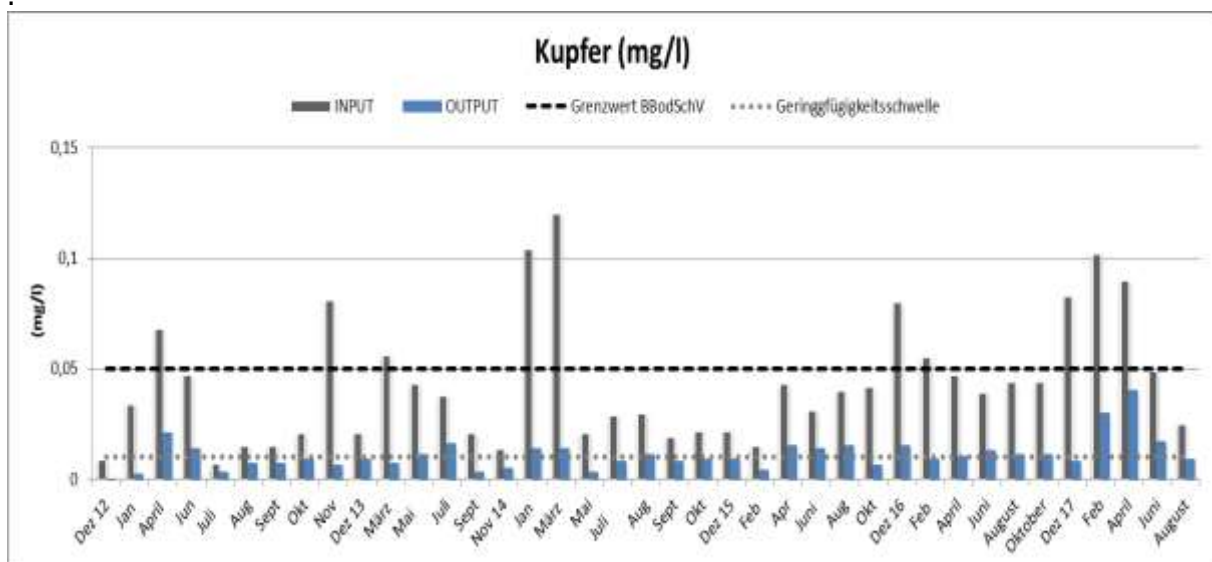


Abb. 7: Input- und Output-Gehalte Kupfer (mg/l), Dez 2012 bis Aug.2018, gestrichelte Linie: Grenzwert nach BBSchV, gepunktete Linie: Geringfügigkeitsschwellwert für Kupfer

Der mittlere Kupfer- Eintrag beträgt 0,04 mg/l (Abb. 7). Die Kupfer- Reduzierung beträgt im Mittel 76,4 %, bei insgesamt geringen Kupfer-Input-konzentrationen.

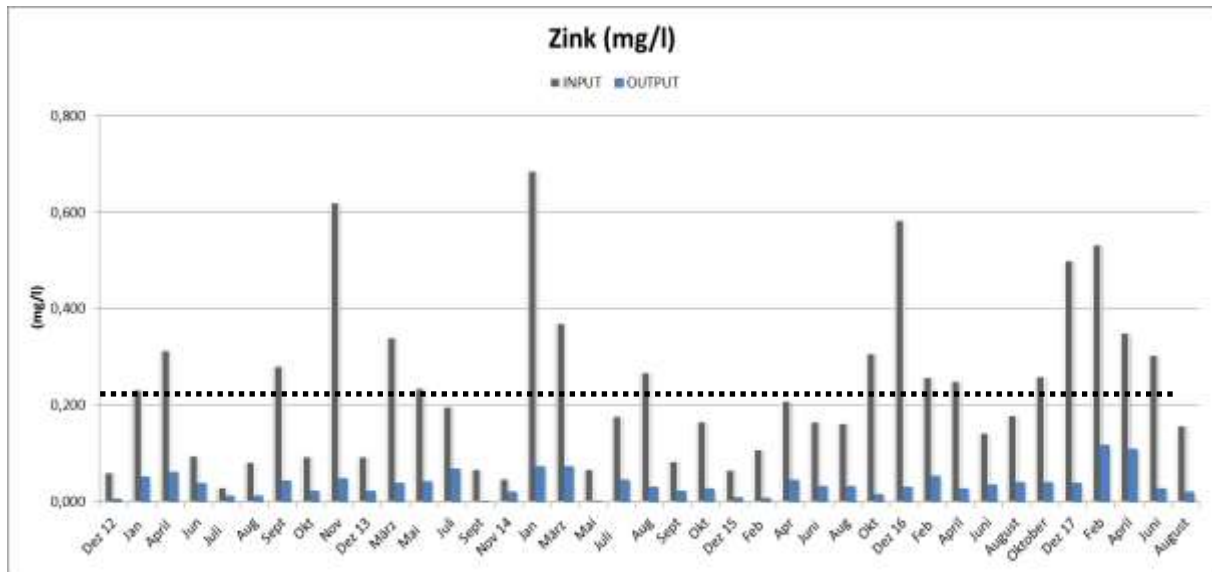


Abb. 8: Input- und Output-Gehalte Zink (mg/l), Dezember 2012 bis August 2018, gestrichelte Linie: Mittelwert der Input-Werte

In Mittel beträgt der Zink- Eintrag 0,22 mg/l (Abb. 8). Der mittlere Zinkrückhalt beträgt 84,1 %.

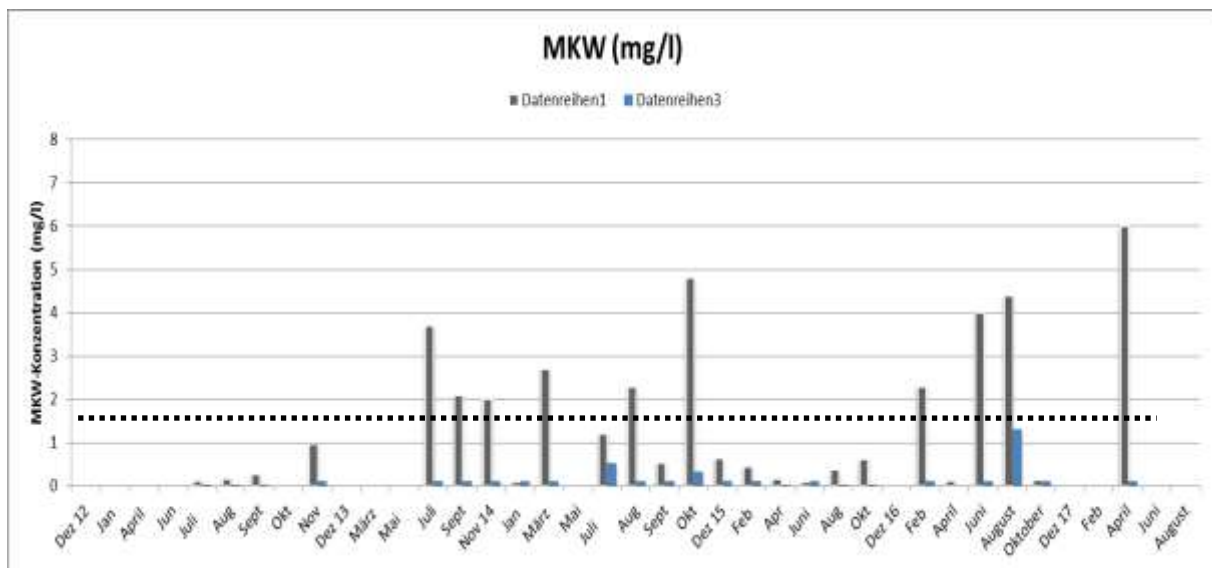


Abb. 9: Input- und Output-Gehalte Mineralölkohlenwasserstoffe (mg/l) Dezember 2012 bis August 2018, gestrichelte Linie: Mittelwert der Input-Werte

In Mittel beträgt der Eintrag an Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) 1,64 mg/l (Abb. 9). Der mittlere MKW- Rückhalt beträgt 90,3 %.

Hygienische Aspekte

Es wurde geprüft, ob die Durchströmung des Substrates mit belastetem Oberflächenwasser eine seuchenhygienische Wirkung hat.

Dazu wurde das belastete Oberflächenwasser und das gereinigte Wasser im Institut für allgemeine Hygiene, Krankenhaushygiene und Umwelthygiene auf

- E.coli und
- Intestinale Enterokokken

untersucht.

Die Untersuchungsergebnisse vom 07.09.2013

	INPUT	OUTPUT	
E. coli/ml MPN	74.640	< 56	DIN EN ISO 9308-3
Intestinale Enterokokken/ml	19	0	DIN EN ISO 7899-2

Tab. 4: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse vom 07.09.2013

Die Untersuchungsergebnisse vom 30.10.2013

	INPUT	OUTPUT	
E. coli/ml MPN	< 56	< 56	DIN EN ISO 9308-3
Intestinale Enterokokken/ml	30	10	DIN EN ISO 7899-2

Tab. 5: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse vom 30.10.2013

Die Untersuchungsergebnisse vom 29.11.2013

	INPUT	OUTPUT	
E. coli/ml MPN	2.303	< 56	DIN EN ISO 9308-3
Intestinale Enterokokken/ml	2.400	40	DIN EN ISO 7899-2

Tab. 5: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse vom 29.11.2013

Nach den bis dato vorliegenden Ergebnissen der mikrobiologischen Untersuchungen vom 07.09.2013, vom 30.10.2013 und vom 29.11.2013 ist eine Reduzierung der Indikatororganismen E. coli und Intestinale Enterokokken nachweisbar.

Vergleichswerte von Schadstoffgehalten in Straßenabflüssen

Die Vergleichswerte wurden unterschiedlichen Studien entnommen:

- ¹ Schmitt, T. G., A. Welker et.al, 2010: Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren. DWA Abschlussbericht.
- ² Sieker, H., H. Sommer: 2007, Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen im Trennsystem
- ³ Stadtentwässerungsbetriebe Köln, 2011: Abschlussbericht, Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung in Trennsystemen
- ⁴ Meißner 2006 (7.000 DTV)

*AFS_{Fein}: < 63 µm

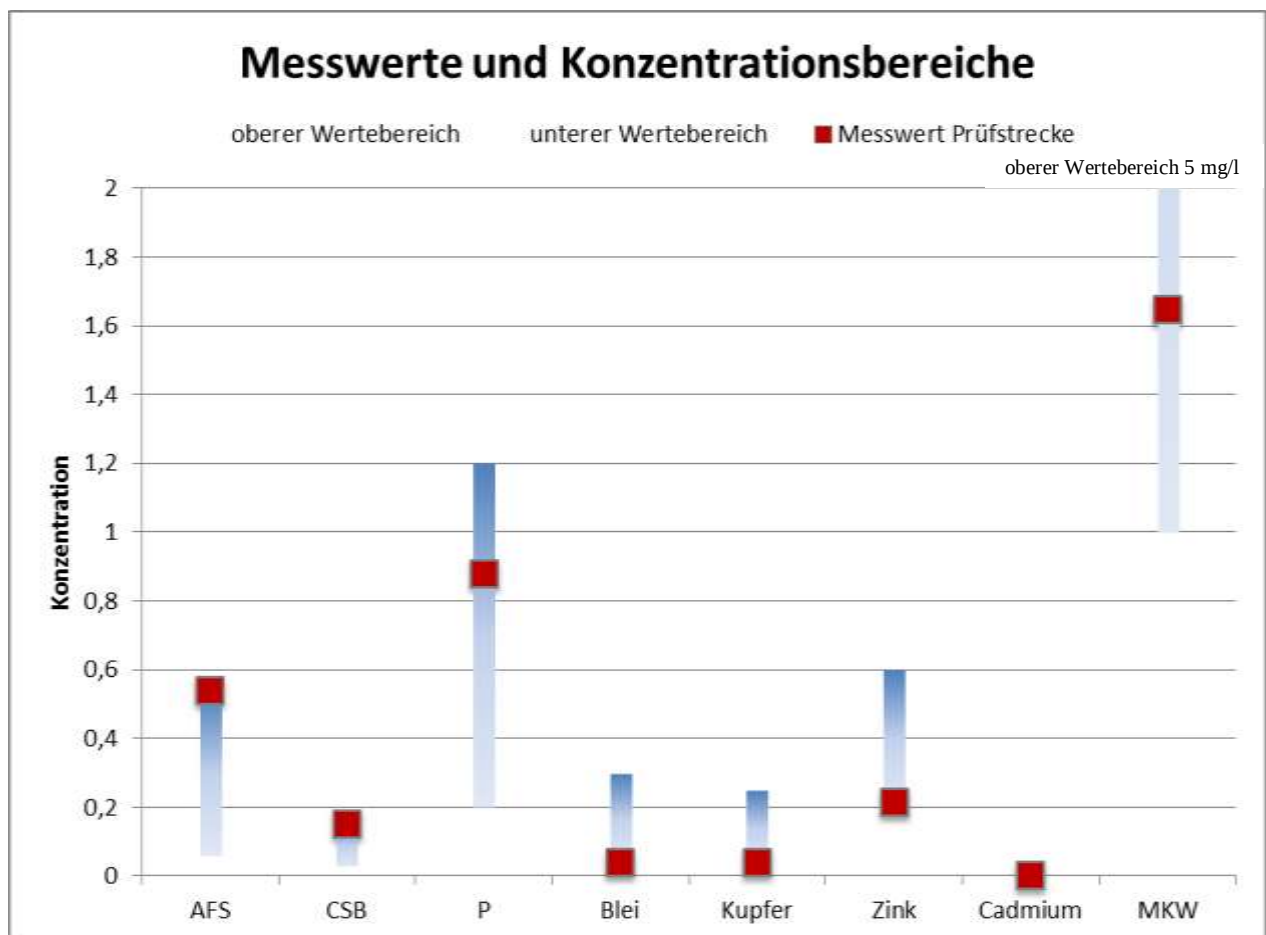


Abb.10: Straßenablaufwerte der L 875 im Vergleich mit Literaturwerten

Die Mittelwerte der Inhaltsstoffe verschiedener Straßenablaufwerte wurden der Literatur entnommen (T.G. SCHMITT, A. WELKER et.al., 2010 und S. FUCHS, XANTHOPOULOS, 1996, SCHÄFER, 1999).

Die Ablaufwerte der Prüfstrecke an der Landstraße L 875 mit einem DTV von etwa 6.500 Kfz/24 h zeigen bei dem Eintrag von abfiltrierbaren Stoffen (AFS), CSB und Phosphat erhöhte Werte im Vergleich zu den erhobenen Literaturdaten (Abb.10), was auf den erheblichen landwirtschaftlichen Verkehr zurückzuführen ist.

	oberer Wertebereich	unterer Wertebereich	Messwert Prüfstrecke
AFS	0,4	0,06	0,54 g/l
CSB	0,15	0,03	0,15 g/l
P	1,2	0,2	0,88 mg/l
Blei	0,3	0,05	0,051 mg/l
Kupfer	0,25	0,03	0,040 mg/l
Zink	0,6	0,2	0,215 mg/l
Cadmium	0,006	0,0005	0,0010 mg/l
MKW	5	1	1,647 mg/l
PAK	5	1,5	0,826 µg/l

Tab. 6: oberer und unterer Wertebereich und gemittelter Messwert aus der Prüfstrecke

Die Schwermetalleinträge liegen dagegen unterhalb der Mittelwerte aus Literaturdaten (Tab. 6).

Auffällig sind die geringen PAK Konzentrationen. Die Ursache könnte sein, dass es sich auf der Landstraße um einen kontinuierlichen Verkehrsfluss handelt, ohne Stopp- und Startphasen der Fahrzeuge.

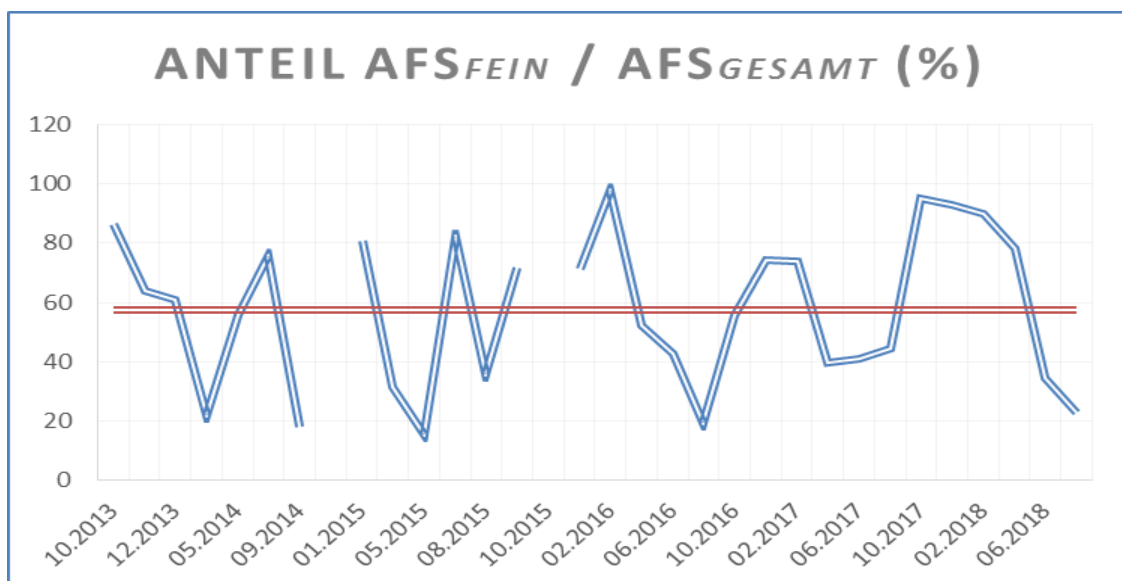


Abb. 11: Prozentualer Anteil von AFS_{fein} zu AFS_{gesamt}

Der prozentuale Anteil von AFS_{fein} zu AFS_{gesamt} liegt im Mittel bei 57,5 % (Abb. 11).

Beurteilung der Ergebnisse

Der Wirkungsgrad über den bisherigen Probenzeitraum wird in Abb. 12 bis 15 als Eliminationsraten in % für D-Rainclean dargestellt.

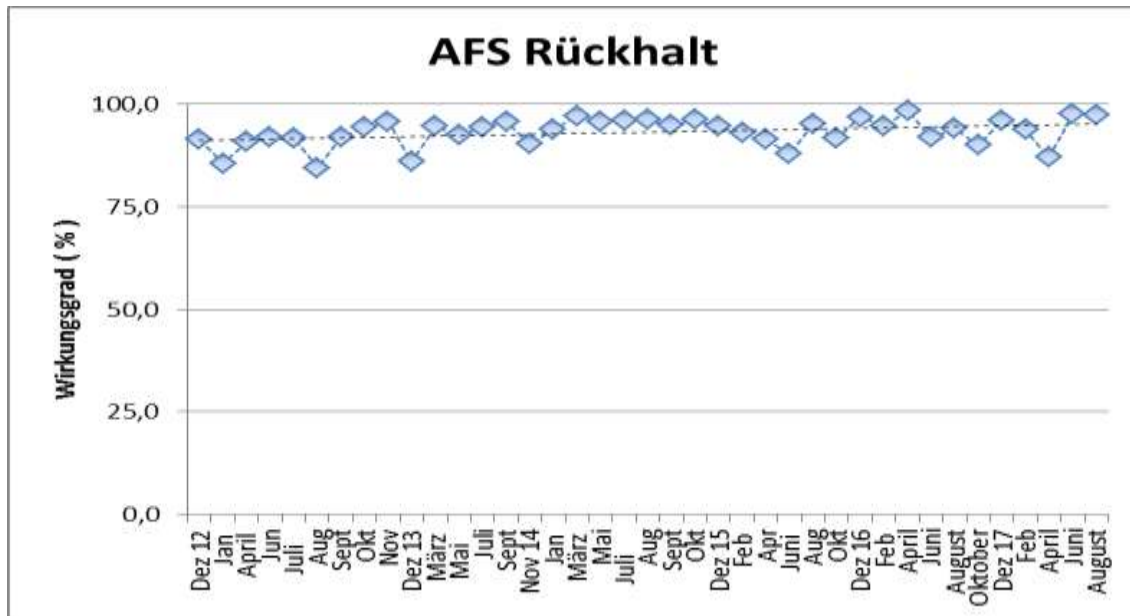


Abb. 12: Verlauf der Eliminationsrate (%) für AFS mit Trendlinie

14

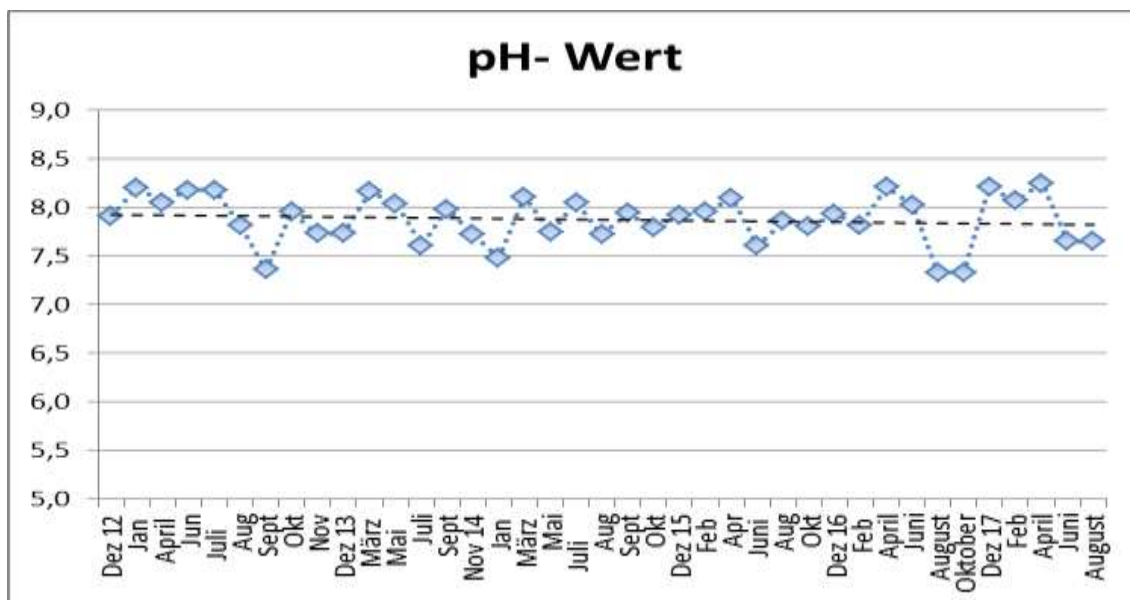


Abb. 13: pH- Wert Entwicklung mit Trendlinie

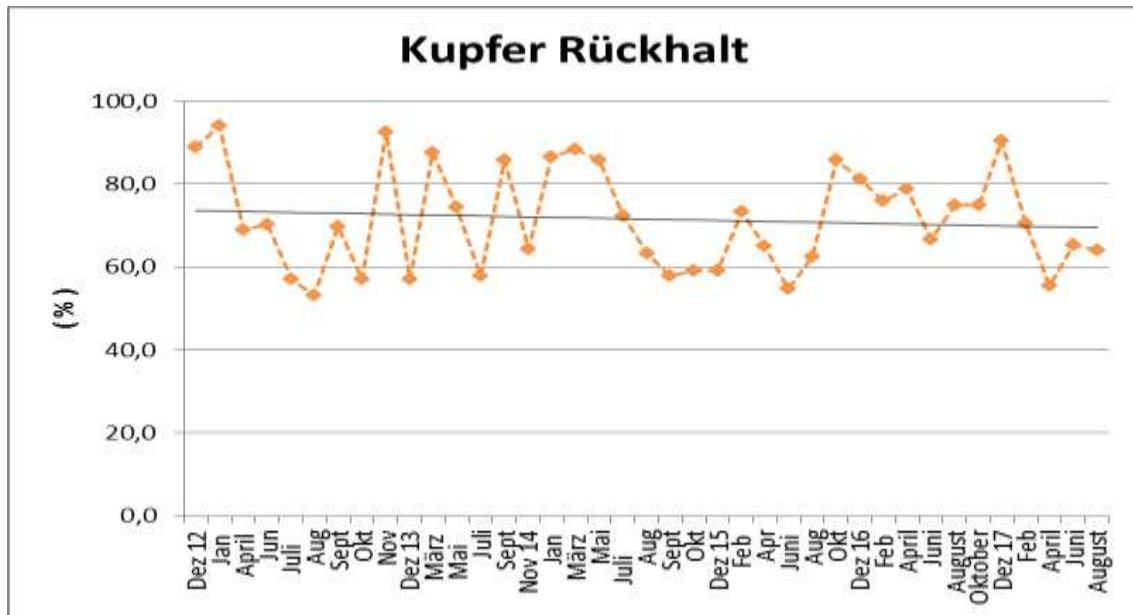


Abb. 14: Verlauf der Eliminationsrate (%) für Kupfer mit Trendlinie

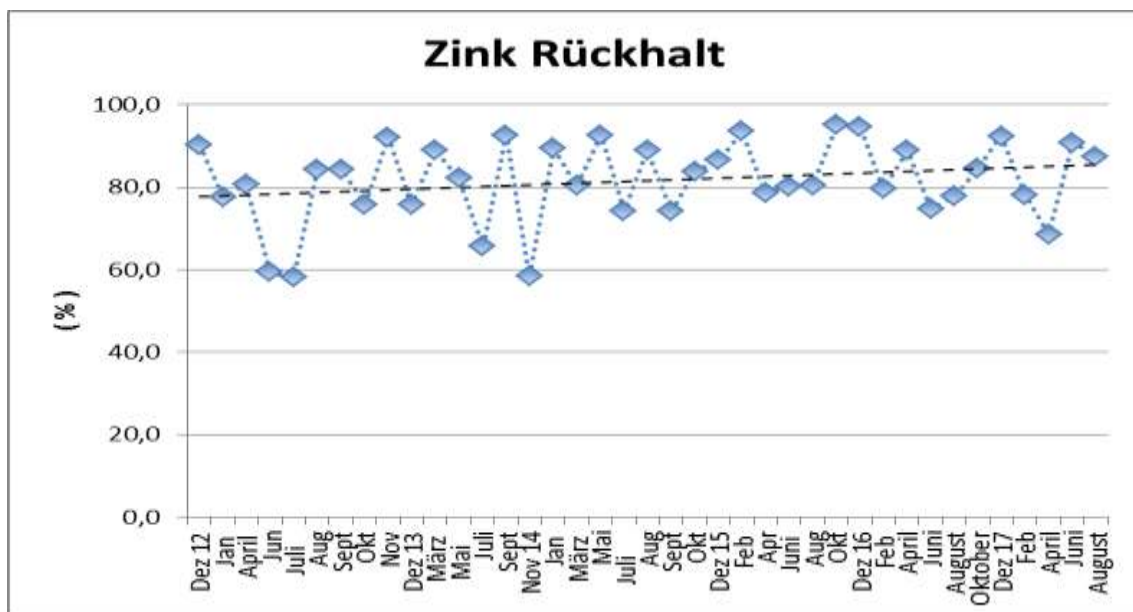


Abb. 15: Verlauf der Eliminationsrate (%) für Zink mit Trendlinie

Durch den Eintrag von Straßenschmutz verändern sich die Adsorptionsbedingungen in D-Rainclean. Dabei ist im Untersuchungszeitraum eine Verbesserung der Zinkadsorption zu erkennen (Abb. 15).

Die erreichten Wirkungsgrade für den Rückhalt von Zink und Kupfer fallen hinter denen aus Labor- und Prüfungsergebnissen zurück. In Labor- und Prüfungsaufbauten wird in der Regel mit stark erhöhten Schwermetallkonzentrationen gearbeitet, um in einem überschaubaren Untersuchungszeitraum die Belastung mehrerer Jahre simulieren zu können. Dabei werden im Labor und Technikum bei hohen Zulaufkonzentrationen prozentual höhere Rückhaltegrade erreicht. Im Praxisbetrieb mit viel geringeren Zulaufkonzentrationen und weiteren äußeren Einflüssen sind so hohe Rückhaltegrade nicht erreichbar.

Daher sind die erreichten Werte als sehr gut einzustufen.

Der Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen wurde an 21 Probenahmetagen gemessen. Im Mittel liegt der Rückhalt bei 90,3 % (Abb. 16). Die Trendlinie zeigt eine steigende Tendenz, was auf eine Adaptation der ölabbauenden Mikroorganismen hindeutet.

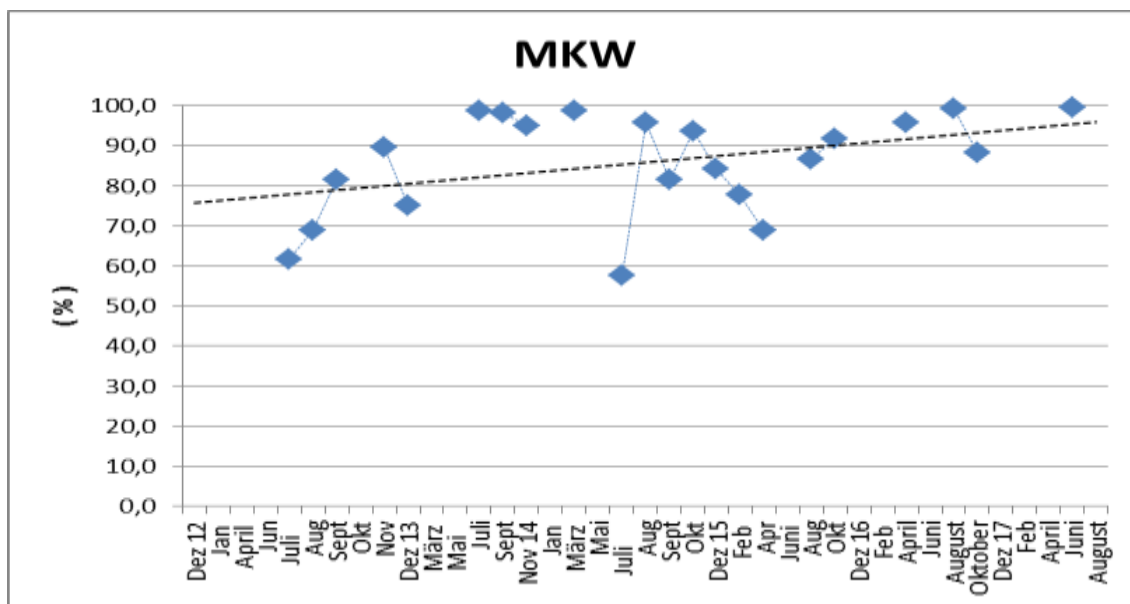


Abb. 16: Verlauf der Eliminationsrate (%) für die MKW mit Trendlinie

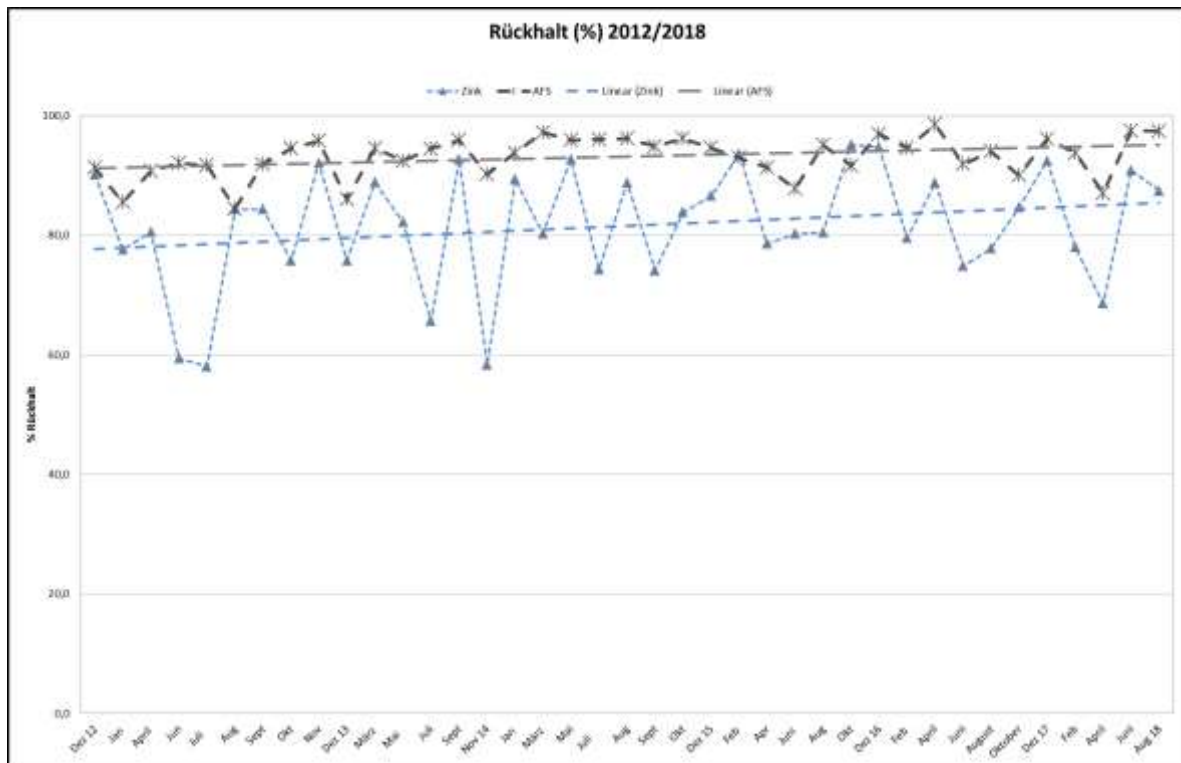


Abb. 17: Verlauf der Eliminationsrate (%) für Zink mit Trendlinie

Im Untersuchungszeitraum ist tendenziell eine Verbesserung der Zinkadsorption zu erkennen (Abb. 17).

17

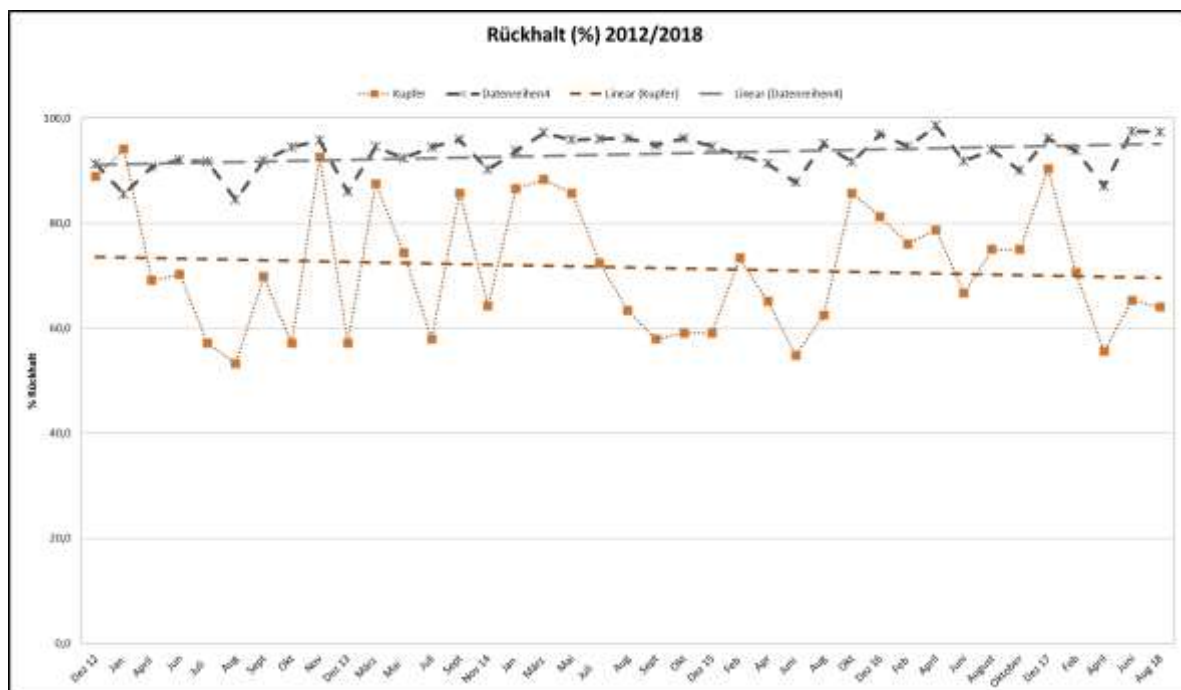


Abb. 18: Verlauf der Eliminationsrate (%) für Kupfer mit Trendlinie

Der Rückhalt von abfiltrierbaren Stoffe (AFS) ist sehr hoch und verbessert sich jährlich um ca. 1 %.

Der prozentuale Kupferrückhalt ist stark schwankend (Abb. 18). Das liegt hauptsächlich daran, dass die Kupferkonzentrationen im Zulauf teilweise sehr gering sind. Unabhängig von der Zulaufkonzentration ist die Kupferbelastung des Ablaufwassers mit im Mittel 9 µg/l weit unterhalb der Prüfwerte der BBodSchV (50 µg/l) und im Bereich der Geringfügigkeitsschwellwerte der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

Zusammenfassung

Als Ergänzung zu umfangreichen Laborversuchen wurde Ende 2012 eine Prüfstrecke an der L 875, Landkreis Wesermarsch mit 6.500-7.000 DTV errichtet.

Die Ergebnisse der Beprobungen von Dezember 2012 bis August 2018 zeigen, dass eine erhebliche Reduzierung der Schmutzfracht im Straßenablaufwasser mit substratgefüllten Sickermulden möglich ist.

Die Ablaufwerte unterhalb der Sickermulde lagen bei den untersuchten Substanzen durchgehend weit unterhalb der Prüfwerte der Bundesbodenschutz-Verordnung (Wirkungspfad Boden-Grundwasser).

Der Rückhalt an abfiltrierbaren Stoffen beträgt im Mittel **93,7 %**.

Der Zinkrückhalt liegt bei **84,1 %**, der Kupferrückhalt bei **74,9 %** und der Bleirückhalt bei **82,2 %**.

Die CSB Reduktion beträgt **67 %** und die P-Reduktion **61 %**. Die Mineralöl-Kohlenwasserstoffe wurden zu **90,3 %** eliminiert.

Die Ergebnisse dieser mehrjährigen Studie zeigen, dass die D-Rainclean-Sickermulde im praktischen Betrieb mit wechselnden Belastungsereignissen hohe Reinigungsleistungen erzielt.

19

Lemwerder, der 09.10.2018

Renate Nowotny
Bodenökologisches Labor Bremen GmbH

Dr. Thomas Schriefer