



**RKB Benteler Straße mit  
nachgeschaltetem Bodenfilter  
- Messtechnische Begleitung -  
Stadtentwässerungsbetrieb Paderborn**

Auftraggeber	Stadtentwässerungsbetrieb Paderborn Pontanusstraße 55, 33102 Paderborn
Auftragnehmer	Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH Stiftstraße 12, 30159 Hannover
Sachbearbeitung	Dr.-Ing. Ulrich Kasting
Berichtsdatum	September 2011



## **Erläuterungsbericht**

### **RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter - Messtechnische Begleitung -**

#### **Paderborn**

Aufgestellt:

Hannover, den 28.09.2011

**ifs** Ingenieurgesellschaft für  
Stadthydrologie mbH  
Hannover

Dr.-Ing. Dieter Grotehusmann

.....

#### **Projektbearbeitung**

Dr.-Ing. Ulrich Kasting

.....



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Veranlassung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>1</b>
2.1	Einzugsgebiet.....	1
2.2	Beckenanlage .....	3
2.3	Hydrologische Langzeitsimulation .....	5
2.4	Messkonzept und messtechnische Ausstattung.....	7
2.5	Sedimentuntersuchungen.....	10
2.6	Plausibilitätsprüfungen Konzentrationsmesswerte.....	10
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>10</b>
3.1	Wasserbilanz .....	10
3.2	Konzentrationen.....	11
3.3	Wirkungsgrade.....	15
3.4	Sedimentuntersuchungen.....	16
3.5	Infiltrationsraten .....	20
3.6	Einstauverhalten im Messzeitraum.....	21
3.7	Weitere Hinweise zum Betrieb im Messzeitraum.....	23
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>26</b>

## Literatur

## Anlagen



## **Anlagenverzeichnis**

*Anlage 1: Tagesübersicht Wasserbilanz*

*Anlage 2: Konzentrationen*



## 1 Veranlassung

Das im Trennverfahren kanalisierte Gewerbegebiet Marienloher Str. im Ortsteil Schloss Neuhaus der Stadt Paderborn entwässert die Niederschlagsabflüsse in einen nordwestlich der Benteler Straße vorhandenen Graben, der in die Lippe mündet.

Die anfallenden Niederschlagsabflüsse sind entsprechend den örtlichen Verhältnissen als belastet gem. Anlage 1 zum RdErl. vom 26.05.2004 (MUNLV NRW) einzustufen. Aufgrund der geplanten Erweiterungen wurde dem Betreiber in Verbindung mit der zu beantragenden Verlängerung für die bestehende Einleitungserlaubnis die Herstellung eines Regenklärbeckens mit einer nachgeschalteten Bodenfilteranlage empfohlen. Die Entwurfsplanung für diese Anlage wurde vom Ingenieurbüro Pruss u. Partner/Lippstadt (September 2007) aufgestellt. Die Behandlungsanlage wurde im Frühjahr 2009 fertig gestellt. Bis September 2010 dauerte die Etablierungsphase für den Schilfbewuchs des Bodenfilters, so dass die Anlage nachfolgend durch die STEB in Betrieb genommen werden konnte.

Die Bodenfilteranlage soll den Drosselabfluss aus dem Regenklärbecken behandeln. Bei einem geringen Flächenbedarf soll die Anlage mit einer hohen hydraulischen Belastung betrieben werden. Die geplante Betriebsweise weicht damit von den bisherigen Empfehlungen (Retentionsbodenfilter, Handbuch für Planung, Bau und Betrieb, MUNLV 2003) ab. Systematische Erfahrungen zum Betriebsverhalten solcher hoch belasteter Anlagen liegen bislang nicht vor.

Daher soll eine messtechnische Begleitung dieser Anlage erfolgen, um Erfahrungen mit dem Anlagenbetrieb zu sammeln und diesen zu optimieren. Die Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie (**ifs**) wurde mit dem Schreiben vom 20.11.2008 vom Stadtentwässerungsbetrieb Paderborn (STEB) mit der Durchführung der Untersuchung beauftragt.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Einzugsgebiet

Das ca. 15,6 ha große Einzugsgebiet der Regenwasserbehandlungsanlage (RWBA) ist in Bild 2-1 dargestellt. Im Ist-Zustand sind nach Auskunft der STEB (Herr Lummer) ca. 7,5 ha  $A_{E,b}$  befestigt. Für den Plan-Zustand ist ein Anschluss von 12,6 ha  $A_{E,b}$  vorgesehen. Das von den befestigten Flächen abfließende Wasser wird über einen Regenwasserkanal der RWBA zugeführt. Im Einzugsgebiet befinden sich u.a. ein Baumarkt und ein Einkaufsmarkt mit großen Parkflächen, die häufige Fahrzeugwechsel aufweisen (Bild 2-2 u. Bild 2-3).



Bild 2-1: Einzugsgebiet (aus: Übersichtslageplan Ing.-Büro Pruss u. Partner)



Bild 2-2: Baumarkt im Einzugsgebiet



Bild 2-3: Einkaufsmarkt im Einzugsgebiet

## 2.2 Beckenanlage

Die Regenabflüsse werden über zwei Regenwasserkanäle dem Stauraumkanal mit oben liegender Entlastung (SKO) zugeleitet. Aus dem SKO werden die Regenabflüsse über einen Pumpenschacht und eine Druckleitung dem Bodenfilter zugeführt. Die Pumpe wird in Abhängigkeit vom Wasserstand im SKO gesteuert.

Der Bodenfilter weist zunächst eine in betonbauweise ausgeführt Absetzstufe auf, in die das Wasser aus dem SKO gepumpt wird. Von dort erfolgt die Verteilung über 7 Rohre DN 100 zum Bodenfilter. Der Bodenfilter ist mit einer 0,5 m starken Filterschicht über einer Dränageschicht ausgeführt. Die Filterschicht ist mit Schilf bestanden. Die Filterschicht besteht aus einem Filtersand mit einer Kornverteilung nach Bild 2-4. Es handelt sich um einen stark Mittel-sandbetonten Filtersand, der die Kriterien an die Kornverteilung des DWA-M 178 erfüllt.

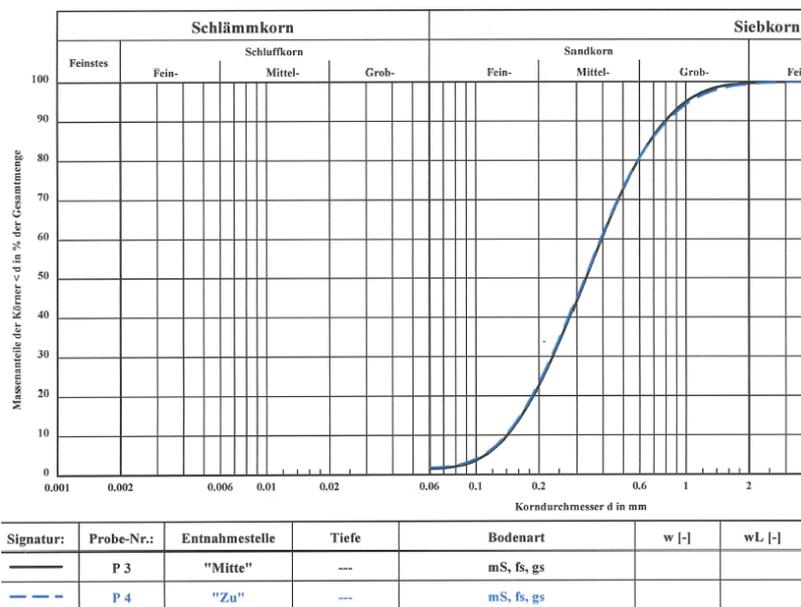


Bild 2-4: Korngrößenverteilung Filtersubstrat, Probenahme September 2010 zu Beginn des Versuchsbetriebes, Mischprobe aus dem Zulaufbereich und Mitte der Anlage.

Die infiltrierten Abflüsse werden über eine Dränageschicht (45 cm Dränagekies 2/8 mm, Dränagerohre DN 150/ DN 200 mm) zu einem Ablaufschacht transportiert und dort mit einem Anstauregelorgan gedrosselt. Die Abflüsse aus dem Bodenfilter werden in einem Graben, der auch die Überläufe aus dem SKO aufnimmt, der Lippe zugeführt. Einzelne Kennwerte der Beckenanlage sind Tabelle 2-1 zu entnehmen.

Die Beckenanlage wurde 2009 gebaut. Die Etablierungsphase für das Schilf dauerte bis September 2010, so dass die Anlage nachfolgend in Betrieb gehen konnte. Eine Übersicht der Anlage zeigen Bild 2-5 – Bild 2-7.

Tabelle 2-1: Kenndaten der RWBA

Einzugsgebiet			Ist-Zustand	Plan-Zustand
Einzugsgebiet	$A_{ges}$	[ha]	15,6	15,6
befestigte Fläche	$A_{E,b}$	[ha]	7,5	12,6
mittlerer Befestigungsgrad	$\psi$	[%]	48	81
<b>SKO</b>				
Länge		[m]	82	siehe Ist-Zust.
DN		[mm]	1400	siehe Ist-Zust.
nutzbares Retentionsvolumen <sup>4)</sup>		[m <sup>3</sup> ]	126	siehe Ist-Zust.
spez. Retentionsvolumen		[m <sup>3</sup> /ha $A_{E,b}$ ]	16,8	10,0
Fördermenge Pumpe	$Q_p$	[l/s]	4,0	4,0
spez. Fördermenge Pumpe	$q_p$	[l/(s·ha $A_{E,b}$ )]	0,53	0,32
<b>Absetzstufe Bodenfilter</b>				
Länge		[m]	8,0	siehe Ist-Zust.
Breite		[m]	1,0	siehe Ist-Zust.
Dauerstautiefe		[m]	1,5	siehe Ist-Zust.
Dauerstauvolumen		[m <sup>3</sup> ]	12,0	siehe Ist-Zust.
spez. Dauerstauvolumen		[m <sup>3</sup> /ha $A_{E,b}$ ]	1,6	1,0
nutzbares Retentionsvolumen		[m <sup>3</sup> ]	4,0	siehe Ist-Zust.
Oberflächenbeschickung		[m/h]	1,8	siehe Ist-Zust.
<b>Bodenfilter</b>				
mittl. Länge <sup>1)</sup>	L	[m]	16,0	siehe Ist-Zust.
mittl. Breite <sup>1)</sup>	B	[m]	8,5	siehe Ist-Zust.
Bodenfilteroberfläche	$A_{RBF}$	[m <sup>2</sup> ]	136	siehe Ist-Zust.
spez. Bodenfilteroberfläche		[m <sup>2</sup> /ha $A_{E,b}$ ]	18,1	10,8
Oberkante Filteraufbau		[mNN]	103,1	siehe Ist-Zust.
Überlaufhöhe		[mNN]	103,6	siehe Ist-Zust.
nutzbare Einstauhöhe	$h_{RBF}$	[m]	0,50	siehe Ist-Zust.
Böschungsneigung	1:m	[-]	2	siehe Ist-Zust.
mittl. Länge <sup>2)</sup>		[m]	17	siehe Ist-Zust.
mittl. Breite <sup>2)</sup>		[m]	9,5	siehe Ist-Zust.
nutzbares Retentionsvolumen <sup>3)</sup>	$V_{RBF}$	[m <sup>3</sup> ]	78	siehe Ist-Zust.
spez. Retentionsvolumen		[m <sup>3</sup> /ha $A_{E,b}$ ]	10,4	6,2
mittl. Drosselabflusspende	$q_{Dr,RBF}$	[m/s]	2,9E-05	2,2E-05
mittl. Drosselabflusspende	$q_{Dr,RBF}$	[l/(s·m <sup>2</sup> )]	0,029	0,022
mittl. Drosselabfluss <sup>5)</sup>	$Q_{Dr,RBF}$	[l/s]	4	3

1) an der Beckensohle

2) bei Beginn Überlauf

3) inklusive Retentionsvolumen Absetzstufe

4) ohne Berücksichtigung Einstau des Zuleitungssystems

5) während des Untersuchungszeitraums 4 l/s (geplant 3 l/s)



Bild 2-5: Blick über den Bodenfilter von der Vorstufe zum Ablaufbauwerk



Bild 2-6: Blick auf die Vorstufe mit der Abflussverteilung (7 DN 100) und dem Standrohr für den Anschluss des Dränsammlers



Bild 2-7: Blick in das Ablaufbauwerk mit einstellbarer Abflussdrosselung (rechts), Ablauf zur Lippe mit Schieber und einmündender Umlaufleitung für Betriebszwecke

### 2.3 Hydrologische Langzeitsimulation

Die hydraulische Belastung des Bodenfilters wird mit einer Langzeitsimulation abgeschätzt. Für die Parameter der Abflussbildung werden die Standardwerte nach Tabelle 2-2 gewählt. Die Abflusskonzentration wird mit 10 Minuten

angenommen. Für die Nachrechnung werden Niederschlagsdaten der STEB (Station 8003 Paderborn) der Jahre 1963 – 1991 verwendet.

Tabelle 2-2: Eingangsparmeter Bodenfilter und Niederschlagsdaten

<b>Abflussbildung auf undurchlässigen Flächen</b>		
Benetzungsverlust	$V_{ben}$	0,5 mm
Muldenverlust	$V_{muld}$	1,8 mm
Anfangsabflussbeiwert	$\Psi_a$	0,3
Endabflussbeiwert	$\Psi_e$	0,85
<b>Abflussbildung auf durchlässigen Flächen</b>		
Anfangsinfiltrationsrate	$f_0$	167 l/(s·ha)
Endinfiltrationsrate	$f_e$	17 l/(s·ha)
Rückgangskonstante	$k$	0,06 1/min
Regenerationskonstante	$k_D$	0,00051/min
Benetzungsverlust	$V_{ben}$	5 mm
Muldenverlust	$V_{muld}$	4 mm
Anfangsabflussbeiwert	$\Psi_a$	0
max. Endabflussbeiwert	$\Psi_e$	0,4

Die Ergebnisse der Langzeitsimulation sind in Tabelle 2-3 aufgeführt. Bei den Rechenläufen wurde bezogen auf das Einzugsgebiet der unterschiedliche Anschlussgrad für den Ist- und Planzustand unterschieden. Es zeigt sich, dass die hydraulische Flächenbelastung im Plan-Zustand mit 165 m/a deutlich über der Empfehlung des MUNLV (2003) mit 40 – 50 m/a bzw. des DWA-M 178 mit 50 m/a liegt, was für diese Pilotanlage als platzsparender Bodenfilter aber auch erfolgen sollte. Im Ist-Zustand liegt die hydraulische Flächenbelastung für die Pumpleistung aus dem SKO mit 4 l/s mit 140 m/a etwas geringer.

Im Vorfeld des Baus wurde mit den Planungsbeteiligten diskutiert, ob aufgrund der geringeren angeschlossenen Fläche im Ist-Zustand die Filterfläche für den Versuchsbetrieb verkleinert werden sollte, was konstruktiv jedoch zu aufwändig gewesen wäre. Daher wird für den Versuchsbetrieb die Pumpleistung aus dem SKO von 4 l/s auf etwa 6 l/s erhöht, um die hydraulische Flächenbelastung des Filters zu erhöhen.

Tabelle 2-3: Ergebnisse der Langzeitsimulation

			Plan-Zustand $Q_p=4$ l/s	Ist-Zustand $Q_p=4$ l/s	Ist-Zustand $Q_p=6$ l/s
mittl. Jahresniederschlag	N	[mm]	729	729	729
mittl. Abflussbeiwert	$\Psi_m$	[ - ]	0,51	0,30	0,30
mittl. Zufluss zur RWBA	$V_{QR}$	[m³/a]	57.433	34.448	34.448
mittl. Entlastungsvolumen SKO	$V_{QE,SKO}$	[m³/a]	34.513	15.206	12.851
mittl. Zufluss zum RBF	$V_{QRBF}$	[m³/a]	22.920	19.241	21.597
mittl. Abfluss RBF	$V_{QE}$	[m³/a]	22.949	19.271	20.932 <sup>1)</sup>
mittl. hydr. Flächenbelastung	$h_F$	[m/a]	169	142	154
mittl. Entlastungsvolumen RWBA	$V_{QE}$	[m³/a]	34.513	15.206	13.554 <sup>1)</sup>
Anzahl Überläufe (SKO)		[Stck]	1.802	1.269	1.114
Entlastungshäufigkeit (SKO)	$n_{RBF}$	[1/a]	62	44	38
Entlastungsrate	$e_G$	[%]	60	44	39
hydraulischer Wirkungsgrad	$\eta_{hyd,G}$	[%]	40	56	61

<sup>1)</sup> Eine Entlastung am RBF tritt aufgrund der Steuerung der Pumpe nicht auf. Der rechnerisch ermittelte Überlauf am RBF wird vereinfacht zu 50% dem Abfluss des RBF bzw. zu 50% der Entlastung des SKO zugeordnet.

### Hinweise:

Zielvorgaben zum erforderlichen hydraulischen Wirkungsgrad bzw. zur zulässigen Entlastungshäufigkeit, die von der Gewässerseite hergestellt werden müssten, sind nicht bekannt.

Zur Vermeidung von hydraulischem Stress im Gewässer werden nach Merkblatt BWK-M 3 in Abhängigkeit vom Wiederbesiedlungspotenzial des Gewässers Entlastungshäufigkeiten von  $n=0,5$  –  $n=2$  empfohlen, die von der hier untersuchten Anlage deutlich überschritten werden. Sollte hydraulischer Stress im Gewässer vorliegen, wäre bei einem solchen Anlagentyp somit eine Retention zu ergänzen.

## **2.4 Messkonzept und messtechnische Ausstattung**

Als messtechnische Ausstattung wurde folgendes Messkonzept umgesetzt:

- Zuflussmessung Bodenfilter: MID des STEB, (Überprüfung durch Vergleichsmessung mit US-Laufzeitverfahren durch IFS am 20.10.2010 )
- Abflussmessung Bodenfilter: Wasserstandsmessung (Drucksonde) im Ablauf Bodenfilter am Dreieckswehr und Wasserstands-Abfluss-Beziehung
- Überlaufmessung SKO: Wasserstandsmessung (Drucksonde) im Überlaufbauwerk (Überlaufschwelle) und Wasserstands-Abfluss-Beziehung (Kalibrierung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung wurde von der STEB nicht beauftragt)
- Wasserstandsmessung auf und im Bodenfilter mit Drucksonden
- Probenahme im Zu- und Ablauf Bodenfilter mit automatischen Probennehmern; volumenproportionale Ansteuerung; Kühlung; 12 Probenahmeflaschen, die mit je 5 Teilproben à 200 ml befüllt werden
- Niederschlagsmessung mit Regenschreiber
- Steuerrechner vor Ort: Anlagenkontrolle und Organisation des Probenahmebetriebes; Messdatenerfassung und -speicherung vor Ort und Datenfernübertragung, Fremddatenzugriff

Die Messdaten wurden in einer Datenbank abgelegt und für Regenereignisse grafisch ausgewertet. Bild 2-8 und Bild 2-9 zeigen exemplarisch für das Ereignis Nr. 1 vom 05.12.2010 die Auswertung der Messdaten. Ausgewertet sind Zu- und -Ablauf RBF mit der jeweiligen Zu- und Ablaufsumme, Ereignisbetrieb und die Probenahmezeitpunkte (senkrechte Striche, Zahl über dem Strich ist die Nr. der Probenflasche), Überlaufsumme SKO, Niederschlag und die Wasserstände im Bodenfilter. Bei dem Ereignis ist dem Bodenfilter während eine Wassermenge von 296 m<sup>3</sup> zugeflossen. Die Begrenzung des Zuflusses auf 6 l/s durch das Schachtpumpwerk und die volumenproportionale Probenahme ist zu erkennen. Durch die Länge des Ereignisses bzw. die Einstellung der Probenahme kann nicht der gesamte Zulauf beprobt werden. Ein Überlauf des SKO fand bei diesem Ereignis nicht statt.

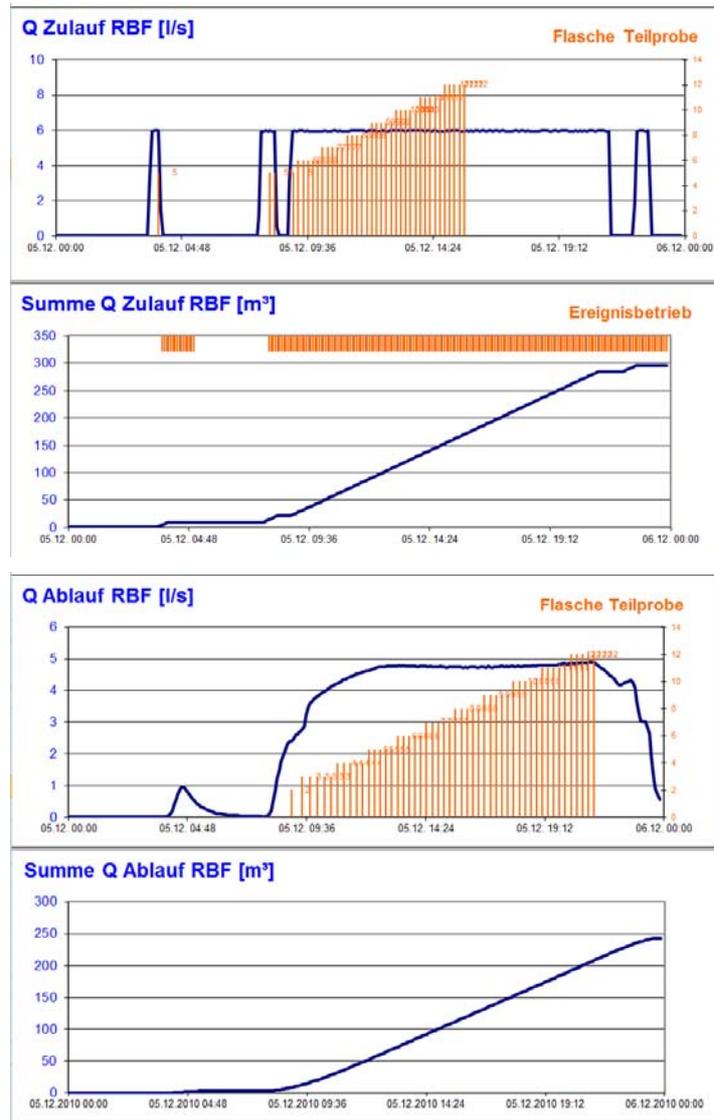


Bild 2-8: Messdatendarstellung für das Ereignis vom 05.12.2010, Teil 1

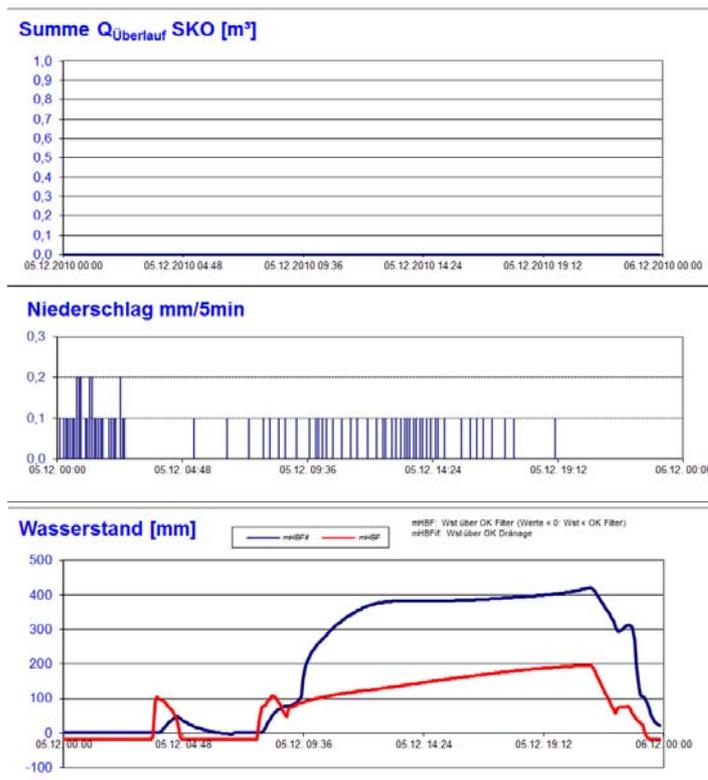


Bild 2-9: Messdatendarstellung für das Ereignis vom 05.12.2010, Teil 2

Die Analyse der Wasserproben (je Ereignis eine Mischprobe für den Zu- und Ablauf) erfolgte durch Beauftragung durch den STEB im Labor UCL bzw. beim STEB auf die Parameter nach Tabelle 2-4.

Tabelle 2-4: Untersuchte Parameter und Bestimmungsmethoden (Auskunft STEB)

Parameter	Messverfahren	Bestimmungsgrenze (mg/l)	Labor
pH-Wert	DIN 38404-C5		STEB
AFS	DIN 38409 H2-2		STEB
Cl	DIN EN ISO 10304 (1/2)	1	UCL
CSB	DIN 38409-H41-1	15	UCL
Cd	DIN EN ISO 17294; DIN EN ISO 11885	0,0001/0,0003	UCL
Cr	DIN EN ISO 17294; DIN EN ISO 11885	0,001/0,005	UCL
Cu	DIN EN ISO 17294; DIN EN ISO 11885	0,001/0,005	UCL
Fe	DIN EN ISO 11885	0,01	UCL
Na	DIN EN ISO 11885	1	UCL
Ni	DIN EN ISO 17294	0,001/0,005	UCL
Pb	DIN EN ISO 17294	0,001/0,0005	UCL
Zn	DIN EN ISO 17294; DIN EN ISO 11885	0,01/ 0,001	UCL
KW- Index	EN ISO 9377-2 (DEV H53)	0,1	UCL
$\Sigma$ PAK n. EPA	EN ISO 17933 (F18)	Je PAK 0,02 µg/L	UCL

## 2.5 Sedimentuntersuchungen

Das Filtersubstrat wurde insbesondere in den oberen Schichten (Sedimentablagerungen) auf die Korngrößenverteilung (Sieb/Schlämmanalyse nach DIN 18123) untersucht. Die Untersuchungen wurden vom Labor Prof. Rizkallah + Partner, Hannover durchgeführt.

## 2.6 Plausibilitätsprüfungen Konzentrationsmesswerte

Um Messwerte zu erkennen, die möglicherweise auf eine Fehlmessung / Verunreinigung / Ablesefehler o.ä. zurückzuführen sind, wird ein Ausreißertest (4-sigma-Test) in Anlehnung an SACHS (1981) zur Erkennung von Unplausibilitäten durchgeführt. Nach SACHS darf bei Stichproben von mehr als 10 Einzelwerten ein Wert als Ausreißer verworfen werden, wenn er außerhalb des 4-sigma-Bereiches nach folgender Gleichung liegt. Dabei ist darauf zu achten, dass Mittelwert und Standardabweichung ohne den ausreißerverdächtigen Wert berechnet werden.

$$\mu \pm 4 \cdot \sigma$$

mit  $\mu$  Mittelwert der Stichprobe

$\sigma$  Standardabweichung der Stichprobe

Während der Plausibilitätsprüfung wurden vereinzelte Auffälligkeiten dem Labor bzw. STEB (Frau Westermann) gemeldet und durch Nachanalyse bestätigt bzw. korrigiert. Der 4-sigma-Test für die letztendlichen Konzentrationsangaben zeigte dann keine ausreißerverdächtigen Werte mehr an.

Bei den Schwermetallen Cadmium, Kupfer, Blei und Zink, für die sowohl der Gesamtgehalt als auch der gelöste Anteil bestimmt wird, erfolgte eine weitere Plausibilitätsprüfung (der gelöste Anteil muss kleiner als der Gesamtgehalt sein). Durch diese Kontrolle mussten einige Nachuntersuchungen durch das Labor erfolgen. Jedoch zeigt sich, dass nicht in jedem Fall der gelöste Anteil niedriger als der Gesamtgehalt liegt, was auch aus anderen Untersuchungen bekannt ist (GROTEHUSMANN/KASTING 2009). Nach bisherigen Erfahrungen ist das Phänomen darauf zurückzuführen, dass die Messergebnisse eine Streuung aufweisen, so dass bei geringen Unterschieden zwischen Gesamtgehalt und gelöstem Anteil der Messwert für den gelösten Anteil durch die Streuung der Analyseergebnisse auch höher liegen kann.

## 3 Ergebnisse

Die über den Untersuchungszeitraum erhobenen Messdaten und Analyseergebnisse wurden ausgewertet. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Abschnitten zusammengestellt.

### 3.1 Wasserbilanz

Für die Regenwasserbehandlungsanlage ist in Anlage 1 die Wasserbilanz für jeden Tag aufgeführt. Bei der Interpretation dieser Daten ist auf folgendes zu achten.

Die Messung des Überlaufs am SKO weist teilweise unplausible Werte auf. Dies macht sich insbesondere in Zeiten bemerkbar, wo durch Außerbetriebnahme des Bodenfilters oder langanhaltende Zuflüsse (ggf. auch verursacht durch Fremdwasser) es zu einem lang anhaltenden Überlauf gekommen ist. Ursache für die Ungenauigkeiten der Messung liegen in der langen Überlaufschwelle des Überlaufbauwerks in Verbindung mit geringen Überfallhöhen. Eine zeitweilige Beeinflussung durch Rückstau aus dem Vorfluter kann ebenfalls aufgetreten sein. Eine genauere Erfassung der Überläufe

wäre nur durch eine aufwändigere Messeinrichtung möglich gewesen, die aufgrund der begrenzten finanziellen Mittel nicht möglich war.

Neben den Zu- und Abflüssen ist weiterhin der effektive Niederschlag berechnet, indem der Zufluss zum Bodenfilter und ggf. der Überlauf am SKO auf die befestigte Einzugsgebietsfläche bezogen wird. Aus effektivem Niederschlag und Niederschlag ergibt sich der mittlere Abflussbeiwert. Dieser Wert liegt an einigen Tagen über 1, was zunächst verwundert. Jedoch geht in den effektiven Niederschlag der gesamte Zufluss zur Filteranlage mit ein, bei dem auch Abflüsse von unbefestigten Flächen bzw. Fremdwasserabflüsse durch hohe Grundwasserstände mit enthalten sind, die über die Regenmenge auf den befestigten Flächen nicht mit erfasst werden. Weiterhin gehen in den Effektivniederschlag die teilweisen unplausiblen Überlaufwerte des SKO mit ein. Dies führt dazu, dass sich rechnerisch Abflussbeiwerte von über 1 ergeben.

Bei den Bilanzwerten wurde die Summe der Einzelmesswerte immer über den jeweiligen Tag gebildet. Geht ein Zuflussereignis über das Tagesende hinaus, ist die Zulaufsumme am Bodenfilter am Vortag erhöht und die Ablaufsumme am Bodenfilter entsprechend am Nachfolgetag.

In Tabelle 3-1 ist aus den Tageswerten die Wasserbilanz für die einzelnen Monate des Messzeitraums aufgeführt. Zu erkennen ist, dass der Bodenfilter mit einer Wassersäule von etwa 152 mWS/a beschickt wurde. In Abgleich mit dem berechneten mittleren Werte von 154 mWS/a nach Tabelle 3-1 zeigt sich, dass der Messzeitraum mittlere Verhältnisse repräsentiert. Gegenüber der empfohlenen mittleren Belastung nach DWA-M 178 von 50 mWS/a zeigt sich jedoch, dass der Filter deutlich höher beschickt wurde.

Tabelle 3-1: Wasserbilanz im Untersuchungszeitraum

	Niederschlag N	Zulauf BF	Zulauf BF	Ablauf BF
	[mm]	[m³]	[mWS]	[m³]
Okt. 2010	24,6	728	5,4	1.226
Nov. 2010	102,7	3.871	28,5	3.418
Dez. 2010	44,2	1.448	10,6	1.021
Jan. 2011	91,7	2.724	20,0	2.523
Feb. 2011	32,8	1.296	9,5	1.153
Mär. 2011	3,7	306	2,2	265
Apr. 2011	40	1.508	11,1	1.298
Mai 2011	29,3	167	1,2	145
Jun. 2011	33,8	1.527	11,2	1.509
Jul. 2011	61,3	1.619	11,9	1.630
Aug. 2011 <sup>1)</sup>	110,4	2.189	16,1	2.168
Sep. 2011 <sup>2)</sup>	123,1	3.324	24,4	3.324
<b>Summe</b>	<b>697,6</b>	<b>20.706</b>	<b>152</b>	<b>19.681</b>

1) Abschätzung für Zeitraum 24.8. - 31.8. über Niederschlagssumme 36 mm (aus Sammelkanne),  $\Psi=0,9$  und 40% behandelte Wassermenge.

2) Abschätzung Zu- und Ablauf über gemessene Niederschlagssumme  $\Psi=0,9$  und 40% behandelte Wassermenge.

### 3.2 Konzentrationen

Die gemessenen Zu- und Ablaufkonzentrationen für die volumenproportional beprobten Ereignisse bzw. Bilanzierungszeiträume sind in Anlage 2 aufgeführt. Neben den Min./Max., Median, Mittelwert und Quantilsauswertungen ist der frachtgewogene Konzentrationsmittelwert angegeben, der wie folgt berechnet wurde:

$$c_{m,Z} = \frac{\sum (c_{i,Z} \cdot VQ_{i,Z})}{\sum VQ_{i,Z}} \quad c_{m,A} = \frac{\sum (c_{i,A} \cdot VQ_{i,Z})}{\sum VQ_{i,Z}}$$

mit	$c_{m,Z}$	frachtgewogene Zulaufkonzentration Gesamtmittel
	$c_{m,A}$	frachtgewogene Ablaufkonzentration Gesamtmittel
	$c_{i,Z}$	mittlere Zulaufkonzentration im Bilanzierungszeitraum i
	$c_{i,A}$	mittlere Ablaufkonzentration im Bilanzierungszeitraum i
	$VQ_{i,Z}$	beprobtes Zuflussvolumen im Bilanzierungszeitraum i

Erfolgt bei einigen Analysen eine Unterschreitung der Bestimmungsgrenze, so wird dies folgendermaßen berücksichtigt. Bei Unterschreitung der Bestimmungsgrenze wird der Messwert mit der halben Bestimmungsgrenze berücksichtigt, wenn 10 % der Messwerte größer als die Bestimmungsgrenze sind; ansonsten mit dem Wert Null.

Im Ablauf kommt es bei den Parametern Cd (filt. u. ges.), PAK und KW-Index häufig bzw. bei allen Messwerten zu einer Unterschreitung der Bestimmungsgrenze. Wird bei allen Analysen die Bestimmungsgrenze unterschritten, wird dies in der Tabelle durch „ < Bestimmungsgrenze“ (<BG) angegeben.

Die mittleren Konzentrationen für das Messprogramm sind in Tabelle 3-2 aufgeführt. Um die Zu- und Ablaufkonzentrationen einzuordnen, erfolgt in Tabelle 3-3 für den Zulauf und in Tabelle 3-4 für den Ablauf ein Vergleich Konzentrationsdaten anderer Messvorhaben.

Tabelle 3-2: Gemessene Konzentrationen Zulauf / Ablauf RBF Benteler Straße Paderborn

Parameter	Einheit	Zulauf RBF Paderborn		Ablauf RBF Paderborn	
		Median	fg. Mittelwert	Median	fg. Mittelwert
pH-Wert <sup>1)</sup>	[-]	7,80	7,74	8,04	8,03
LF <sup>1)</sup>	[µS/cm]	150	648	239	758
Abs. Stoffe	[mL/L]	0,45	0,76	<0,1	<0,1
AFS	[mg/l]	24	30	2	3
CSB hom	[mg/l]	32,5	37,6	7,5	14,1
Cl	[mg/l]	8	152	9	212
Na	[mg/l]	6	92	6	136
Fe	[mg/l]	0,75	1,03	0,05	0,10
Cu	[mg/l]	0,0201	0,0242	0,0065	0,0112
Cd	[mg/l]	<0,0002	0,0002	<0,0001	<0,0001
Cr	[mg/l]	0,0042	0,0052	0,0017	0,0023
Ni	[mg/l]	0,0026	0,0042	0,0014	0,0016
Pb	[mg/l]	0,0041	0,0050	<0,0005	0,0011
Zn	[mg/l]	0,22	0,23	0,01	0,02
KW-Index	[mg/l]	<0,1	0,22	<0,05	<0,05
PAK (EPA)	[µg/l]	<0,02	0,03	<0,01	<0,01
Pb (Filtr.)	[mg/l]	<0,0005	0,0007	<0,0005	0,0006
Cd (Filtr.)	[mg/l]	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001
Cu (Filtr.)	[mg/l]	0,0108	0,0137	0,0072	0,0111
Zn (Filtr.)	[mg/l]	0,14	0,14	0,01	0,02

1) Angabe des Mittelwertes

Tabelle 3-3: Gemessene Konzentrationen Zulauf RBF Benteler Straße Paderborn und Vergleich

Parameter	Einheit	Zulauf RBF Paderborn fg. Mittelwert	Straßenabfluss Median <sup>1)</sup>	Zulauf RBF Köln-Ost Wests. <sup>2)</sup> mit großer Vorstufe	Zulauf RBF 05/09 Berlin <sup>2)</sup> mit großer Vorstufe
AFS	[mg/l]	30	155	4	23
Cu	[mg/l]	0,0242	0,11	0,0315	0,0263
Cd	[mg/l]	0,0002	0,0036	0,0003	0,0001
Pb	[mg/l]	0,0050	0,18	0,0049	0,0049
Zn	[mg/l]	0,23	0,46	0,10	0,11
KW-Index	[mg/l]	0,22	1,44	0,14	0,04
PAK (EPA)	[µg/l]	0,03	5,19	0,15	0,28

<sup>1)</sup> frachtgewichteten Konzentrationsdaten von stark befahrenen Straßen (Zusammenstellung in: KASTING 2003)

<sup>2)</sup> Mittelwerte nach GROTEHUSMANN/KASTING (2009)

Für die Zulaufwerte werden die Ergebnisse in Tabelle 3-3 zum einen mit Messdaten aus dem direkten Straßenabfluss aus einer Literaturlauswertung bzw. mit Zulaufkonzentrationen von untersuchten Bodenfilteranlagen an Autobahnen verglichen. Erwartungsgemäß liegt bei der Anlage in Paderborn die Zulaufkonzentrationen deutlich geringer als im direkten Straßenabfluss, da der Anlage in Paderborn ein SKO vorgeschaltet ist, der gröbere Sedimente zurückhalten wird. Weiterhin ist gegenüber den Autobahnabflüssen mit einer potenziell geringeren Belastung in dem Gewerbegebiet in Paderborn zu rechnen.

Gegenüber den beiden angegebenen Bodenfilteranlagen, die groß dimensionierte Vorstufen (106 m<sup>3</sup>/ha A<sub>E,b</sub> in Köln und 75 m<sup>3</sup>/ha A<sub>E,b</sub> in Berlin) aufweisen, liegt die AFS Konzentration im Zulauf zur Anlage in Paderborn jedoch höher, was ebenfalls plausibel ist, da für den SKO bei der Anlage in Paderborn mit 17 m<sup>3</sup>/ha (Ist-Zustand) eine geringere Reinigungsleistung anzunehmen ist. Jedoch ist diese Tendenz nicht bei jedem der untersuchten Parameter zu erkennen, was auf eine möglicherweise geringere Belastung der Zuflüsse in Paderborn mit Schwermetallen bzw. PAK zurückzuführen ist.

Für den Ablauf erfolgt in Tabelle 3-4 der Vergleich der Ablaufkonzentration der Anlage in Paderborn mit Ablaufwerten anderer Bodenfilteranlagen. Der Vergleich zeigt relativ ähnliche Ablaufwerte, so dass für den Filter in Paderborn eine funktionierende Filtrationsleistung festzustellen ist mit einer üblichen Reinigung der Zuflüsse.

Tabelle 3-4: Gemessene Konzentrationen Ablauf RBF Benteler Straße Paderborn und Vergleich

Parameter	Einheit	Ablauf RBF Paderborn fg. Mittelwert	RBF Köln-Ost Westseite <sup>1)</sup> Ablauf	RBF 05/09 Berlin <sup>1)</sup> Ablauf
AFS	[mg/l]	3	3	8
Cu	[mg/l]	0,0112	0,0228	0,0093
Cd	[mg/l]	<0,0001	0,00007	<0,0001
Pb	[mg/l]	0,0011	0,0025	0,0015
Zn	[mg/l]	0,02	0,049	0,038
KW-Index	[mg/l]	<0,05	0,13	<0,05
PAK (EPA)	[µg/l]	<0,01	0,02	0,13

<sup>1)</sup> Mittelwerte nach GROTEHUSMANN/KASTING (2009)

Exemplarisch erfolgt in Bild 3-1 – Bild 3-4 für ausgewählte Parameter eine Ergebnisdarstellung mit Box-Whisker-Plots dargestellt. Durch die Gegenüberstellung der Zu- und Ablaufkonzentrationen in diesen Darstellungen lässt sich auf die Reinigungsleistung der Anlagen schließen.

In Bild 3-1 ist der deutliche Rückhalt der abfiltrierbaren Stoffe (AFS) durch die Filtrationsleistung des RBF zu erkennen. Bei den Schwermetallen ist zu erkennen, dass es auch zu einem Rückhalt von gelösten Schwermetallen (Bild 3-3 und Bild 3-5) kommt, die durch Adsorptionsprozesse im Filtermaterial bzw. an

den eingetragenen Sedimenten an der obersten Filterschicht sich anlagern. Jedoch ist die Reinigungsleistung bei den gelösten Schwermetallen geringer als bei den Schwermetallen gesamt (Bild 3-2 und Bild 3-4). Somit steht der Rückhalt partikulär gebundener Schwermetalle bei der Reinigungsleistung des Bodenfilters im Vordergrund, so dass die Filtration der wesentliche Reinigungsmechanismus ist.

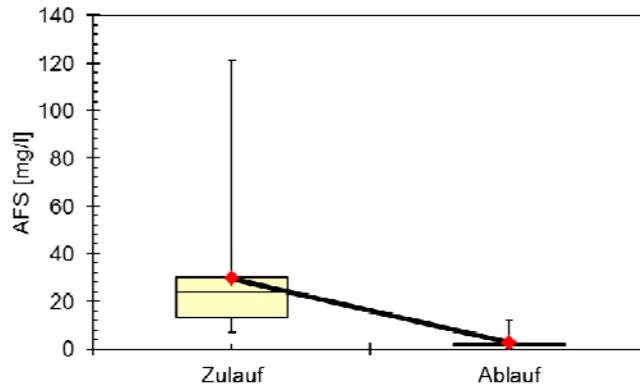


Bild 3-1: Darstellung der AFS-Konzentrationen mit Minimum/Maximum, 25%- u. 75%-Perzentil, Median (—) und fg. Mittelwert (rote Raute)

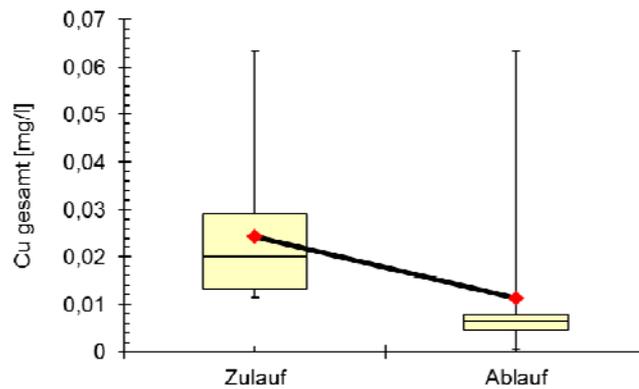


Bild 3-2: Darstellung der Kupfer (gesamt)-Konzentrationen mit Minimum/Maximum, 25%- u. 75%-Perzentil, Median (—) und fg. Mittelwert (rote Raute)

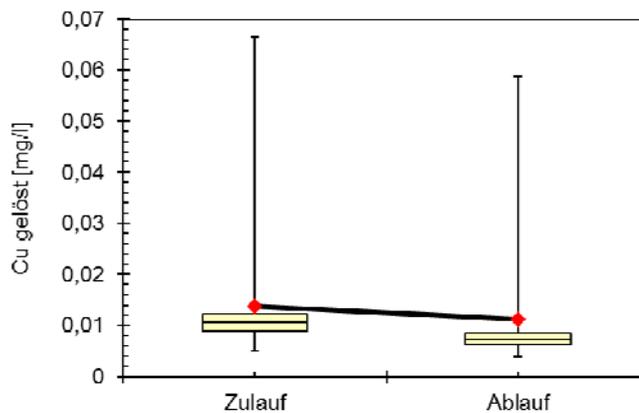


Bild 3-3: Darstellung der Kupfer(gelöst)-Konzentrationen mit Minimum/Maximum, 25%- u. 75%-Perzentil, Median (—) und fg. Mittelwert (rote Raute)

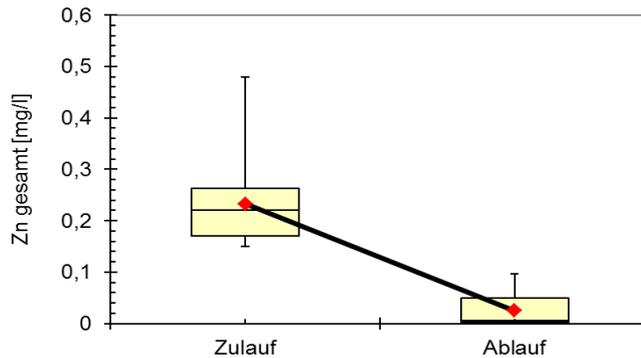


Bild 3-4: Darstellung der Zink (gesamt)-Konzentrationen mit Minimum/Maximum, 25%- u. 75%-Perzentil, Median (—) und Mittelwert fg. (rote Raute)

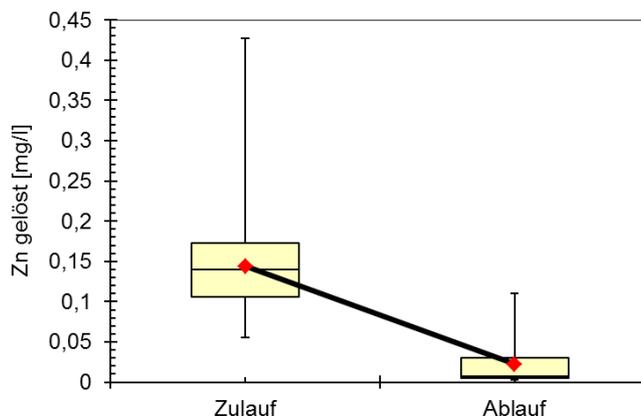


Bild 3-5: Darstellung der Zink (gelöst)-Konzentrationen mit Minimum/Maximum, 25%- u. 75%-Perzentil, Median (—) und Mittelwert fg. (rote Raute)

### 3.3 Wirkungsgrade

Mit den gemessenen frachtgewogenen Zu- und Ablaufkonzentrationen werden für jeden Parameter die jeweiligen Wirkungsgrade wie folgt berechnet:

$$\eta = \left(1 - \frac{c_{m,A} \cdot \sum VQ_a}{c_{m,Z} \cdot \sum VQ_z}\right) \cdot 100$$

mit	$\eta$	Wirkungsgrad (Fracht)
	$c_{m,Z}$	frachtgewogene Zulaufkonzentration Gesamtmittel
	$c_{m,A}$	frachtgewogene Ablaufkonzentration Gesamtmittel
	$\sum VQ_z$	Zulaufvolumen im Untersuchungszeitraum
	$\sum VQ_a$	Abflaufvolumen im Untersuchungszeitraum

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3-5 aufgeführt. Durch die Unterschreitung der Bestimmungsgrenzen in den Ablaufwerten ist bei den Parametern PAK und KW-Index die Ablaufkonzentration gleich Null gesetzt und der Wirkungsgrad somit mit 100 % angegeben. Bei der Interpretation dieser Werte ist zu berücksichtigen, dass bei kleineren Bestimmungsgrenzen sich andere Werte ergeben würden.

Die Wirkungsgrade liegen in einem üblichen Bereich für Bodenfilteranlagen im Trennsystem bzw. zur Straßenwasserbehandlung.

Tabelle 3-5: Frachtgewogene Wirkungsgrade [%]

Parameter	Einheit	Zulauf	Ablauf	Wirkungsgrad
		fg. Mittelwert	fg. Mittelwert	
AFS	[mg/l]	30	3	91%
CSB hom.	[mg/l]	37,6	14,1	65%
Fe	[mg/l]	1,03	0,10	91%
Cu	[mg/l]	0,0242	0,0112	56%
Cd <sup>1)</sup>	[mg/l]	0,0002	<0,0001	100%
Cr	[mg/l]	0,0052	0,0023	58%
Ni	[mg/l]	0,0042	0,0016	65%
Pb	[mg/l]	0,0050	0,0011	79%
Zn	[mg/l]	0,23	0,02	90%
KW-Index <sup>1)</sup>	[mg/l]	0,22	<0,05	100%
PAK (EPA) <sup>1)</sup>	[µg/l]	0,03	<0,01	100%
Pb (Filtr.)	[mg/l]	0,0007	0,0006	17%
Cd (Filtr.) <sup>1)</sup>	[mg/l]	0,0001	<0,0001	100%
Cu (Filtr.)	[mg/l]	0,0137	0,0111	24%
Zn (Filtr.)	[mg/l]	0,14	0,02	85%

<sup>1)</sup> Durch Unterschreitung der BG bei allen Messwerten im Ablauf wird Ablaufkonzentration = 0 gesetzt -> Wirkungsgrad ergibt sich zu 100%

### 3.4 Sedimentuntersuchungen

In regelmäßigen Abständen wurden Sedimentuntersuchungen durchgeführt, um den Eintrag von Feinststoffen auf den Bodenfilter zu erfassen. In Tabelle 3-6 sind die Ergebnisse der Untersuchungen aufgeführt.

Tabelle 3-6: Ton- und Schluffgehalte der Sedimentprobenahmen

Probenahmetermin	Entnahmetiefe	Ton- u. Schluffgehalt [%]		
		Zulauf	Mitte	Ablauf
29.09.2010	0 - 0,5 cm	1 - 2	1 - 2	5
29.09.2010	2 - 5 cm	k.A.	k.A.	1 - 2
07.01.2011	0 - 0,5 cm	2 - 3	2 - 3	k.A.
07.01.2011	2 - 5 cm	1	k.A.	k.A.
19.04.2011	<b>0 - 0,1 cm</b>	11	k.A.	11
19.04.2011	<b>0,1 - 0,5 cm</b>	7	k.A.	7
13.09.2011	0 - 0,5 cm	20	6	5
13.09.2011	2 - 5 cm	1	k.A.	1

Zu Beginn der Beschickung des Bodenfilters wies das Filtersubstrat die bereits in Bild 2-4 dargestellte Korngrößenverteilung auf mit einem Ton- und Schluffgehalt von etwa 1 – 2 %. Nur im Ablaufbereich war eine feine Sedimentschicht vorhanden mit einem Ton- und Schluffgehalt von etwa 5 %, die vermutlich auf Biomassenwachstum während der Etablierungsphase zurückzuführen ist. Eine entsprechende Sedimentschicht wurde hier vor Beginn der Versuche angetroffen (Bild 3-6).



Bild 3-6: Filteroberkante Bereich Ablauf vor Inbetriebnahme

Über die Betriebszeit hinweg ist in Tabelle 3-6 eine deutliche Zunahme des Ton- und Schluffgehaltes zu erkennen, der auf die eingetragenen Feststoffe aus dem Regenwasserabfluss zurückzuführen ist. Bei der Probenahme im April 2011 wurde die oberste Schicht des Filters detaillierter untersucht. In der feinen obersten Schicht (0-1 mm) liegt der Ton- und Schluffgehalt mit 11% deutlich höher als in der etwas tieferen Schicht von 2-5 mm mit 7 % bzw. im Ausgangssubstrat mit 1-2 %.

Zum Ende des Untersuchungszeitraums wurde am 13.09.2011 der höchste Ton- und Schluffgehalt der Sedimentschicht im Zulaufbereich mit 20 % gemessen. Der organische Anteil der Sedimentproben (oberste Schicht 0-0,5 cm) zu diesem Zeitpunkt lag im Zulaufbereich mit 25 % deutlich höher als im Ablaufbereich mit 15%.

Diese Sedimentschicht ist in Bild 3-7 beispielhaft durch einen Schurf im Zulaufbereich des Bodenfilters zu erkennen, der im April 2011 nach den intensiven Belastungen des Filters in der Winterzeit durchgeführt wurde. Erkennbar ist die nur wenige Millimeter dicke Sedimentschicht an der Filteroberkante, die sich deutlich durch die braune Färbung von der Hauptfilterschicht abhebt.



Bild 3-7: Schurf an der Filteroberkante Bereich Zulauf, 19.04.2011

Weiterhin sind in Bild 3-8 zum gleichen Untersuchungszeitraum Schurfe in unterschiedlichen Tiefen durchgeführt worden. Auch hier ist die Sedimentschicht in den obersten 0-5 mm deutlich zu erkennen.

Insgesamt zeigen die Sedimentuntersuchungen, dass sich die Filtrationswirkung direkt an der Filteroberkante und damit in den obersten Millimetern des Filters einstellt. Von der Korngrößenverteilung her werden die „kolmationsrelevanten“ Stoffe in den Filter eingetragen. In der Sedimentschicht, die erwartungsgemäß im Zulaufbereich des Bodenfilters stärker ausgebildet ist als im Ablaufbereich, liegt der Ton- und Schluffgehalt daher höher, als nach DWA-M 178 für das Filtersubstrat im Einbauzustand mit 5% gefordert wird. Für den sicheren Betrieb des Filters ist es somit erforderlich, dass die Filterschicht gut durchwurzelt ist, der Filter regelmäßig abtrocknet und durch die Schilfstreu sich ein gut strukturiertes Sediment bildet, so dass sich eine abdichtende Wirkung des Sedimentes nicht ausbilden kann.

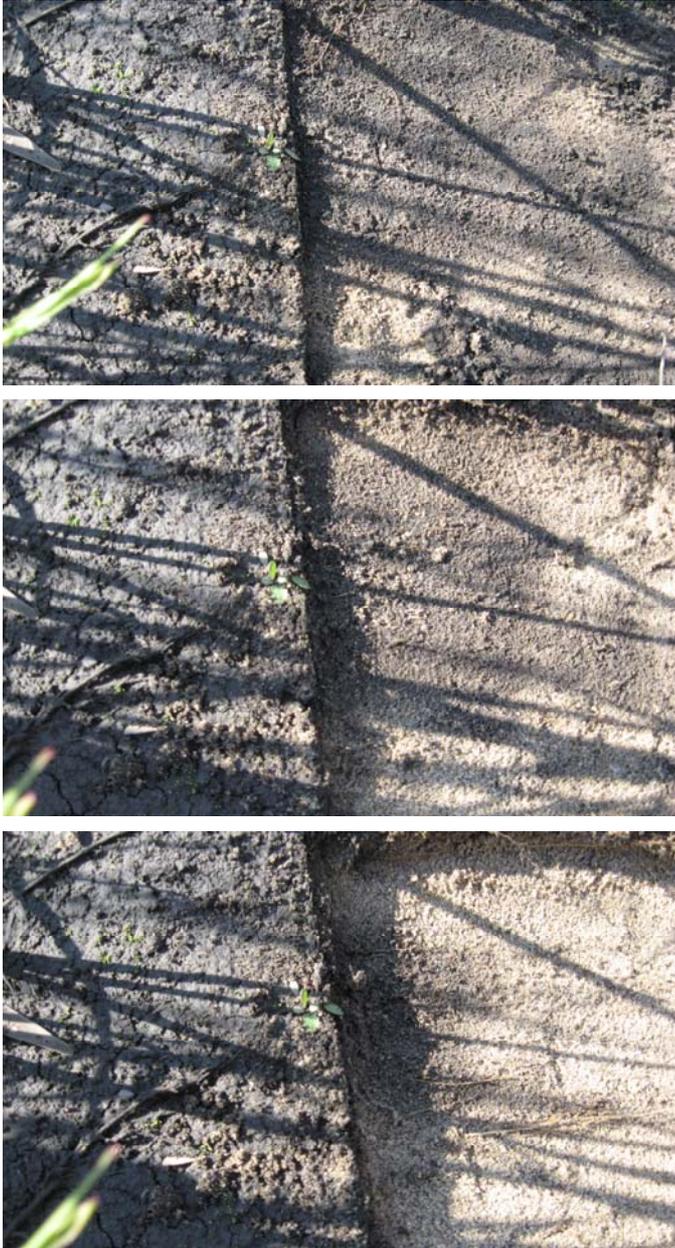


Bild 3-8: Schurf an der Filteroberkante Bereich Zulauf, linke Seite ohne Schurf; rechte Seite mit Schurf 1 mm (Bild oben), Schurf 5 mm (Bild Mitte) und Schurf 10 mm (Bild unten) jeweils unter Filteroberkante, 19.04.2011

### Sedimentprobe SKO

Zum Ende des Versuchszeitraums wurde vom STEB eine Sedimentprobe aus dem Pumpenschacht des SKO entnommen. Der eigentliche Stauraumkanal wies nach optischer Prüfung keine Sedimentablagerungen auf. Im Pumpenschacht war eine Sedimentmenge von überschläglich 3 m<sup>3</sup> vorhanden. Der Schlamm wies einen hohen Wassergehalt von  $w=3,04$  und einen organischen Anteil von 0,5 auf. Aufgrund des hohen Wassergehaltes und des hohen organischen Anteils konnte aus der Probe keine Korngrößenverteilung bestimmt werden. Es ist jedoch zu erwarten, dass sich im Pumpenschacht insbesondere die größeren Sedimente aus der Sandfraktion abgelagert haben.

### 3.5 Infiltrationsraten

Parallel zu den Feststoffuntersuchungen wurde auf dem Bodenfilter auch die Infiltrationsraten nach DIN 19682-7 mit dem Doppelzylinderinfiltrimeter bestimmt bzw. die Drosselabflüsse des Filters ausgewertet.

In Bild 3-9 sind zunächst die gemessenen Drosselabflüsse (maximale Tageswerte) aus dem Filter über den Untersuchungszeitraum aufgeführt für Ereignisse, bei denen die maximale Einstauhöhe auf dem Filter  $\geq 10$  cm betrug. Bei diesen Ereignissen ist eine ausreichende Zuflussmenge zum Filter vorhanden, so dass die Drossel im Filter bei ausreichender Durchlässigkeit des Filters anspricht. Die Zieleinstellung für die Drossel beträgt 4 l/s. Die Auswertung zeigt, dass nur zu bestimmten Zeiträumen die Durchlässigkeit des Filters so groß war, dass der Ablauf im Filter durch die Drossel auch tatsächlich gedrosselt werden konnte. Dass es dabei teilweise zu Werten bis 5 l/s im Ablauf gekommen ist, ist ggf. auf Ungenauigkeiten in der DrosselEinstellung zurückzuführen.

Wesentlich sind in der Auswertung die Zeiträume, bei der der Drosselabfluss von 4 l/s nicht erreicht wird. Dies trat insbesondere im Dezember 2010 und Januar/Februar 2011 auf, wo der Drosselabfluss fast bis auf 0 l/s absank. Die fortgeschrittene Kolmation zu diesen Zeitpunkten wird damit dokumentiert. In der Folgezeit wurde jeweils eine Beschickungspause mit dem Betreiber des Bodenfilters (STEB, Herr Horst) abgestimmt, um eine Abtrocknung und damit Regeneration des Filters zu ermöglichen, was auch Erfolg hatte, wie den nachfolgenden Ereignissen zu entnehmen ist.

Ein weiterer Abfall der Durchlässigkeit des Filters ist nach einer längeren Trockenperiode im April 2011 aufgetreten, wobei die Ursache dafür nicht klar ist. Möglicherweise hat die starke Austrocknung des Bodens zu einer Verringerung der Durchlässigkeit geführt.

Weiterhin kam es im August nach den vielen Niederschlägen, bei dem der Filter über 3 Wochen hinweg fast jeden Tag mit Wasser beaufschlagt wurde, zu einem weiteren Abfall der Durchlässigkeit, wobei hier überwiegend Abflüsse von noch mehr als 2 l/s möglich waren. Die Durchlässigkeit regeneriert sich jedoch im September wieder, wie die Versickerungsversuche nach Bild 3-10 zeigen.

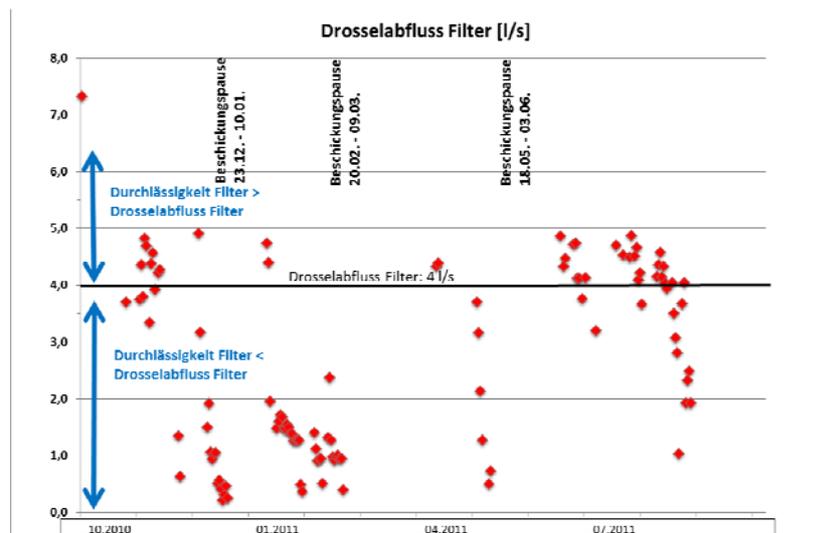


Bild 3-9: Überblick über die Drosselabflüsse

Neben der Auswertung der Drosselabflüsse wurden auch die Infiltrationsraten bestimmt (Bild 3-10). Die Werte für den Zeitpunkt vom 29.09.2010 spiegeln die Durchlässigkeit des Filters nach dem Bau und der Einfahrphase wieder. Die

Werte liegen in einem engen Bereich von  $2\text{--}3 \cdot 10^{-4}$  m/s. Die Versuche zu den beiden nachfolgenden Zeitpunkten wurden immer nach bzw. während der Beschickungspausen durchgeführt, als sich die Durchlässigkeit des Filters wieder etwas regeneriert hatte.

Beim Versuch vom 07.01.2011 wurde für den Zulaufbereich der direkte Einfluss der Sedimentschicht untersucht, indem der Versuch einmal auf der Sedimentschicht (mit Sedim.) bzw. nach Abtrag der Sedimentschicht durchgeführt wurde. Die Zunahme der Durchlässigkeit ohne die Sedimentschicht ist zu erkennen. Allerdings zeigt der Versuch auch, dass nach der Beschickungspause die Durchlässigkeit mit  $1,2 \cdot 10^{-4}$  m/s deutlich höher ist, als vor dem Beginn der Beschickungspause, wo der maximale Abfluss bei 0,22 l/s lag, was einer Durchlässigkeit von  $1,2 \cdot 10^{-6}$  m/s entspricht. Die Zunahme der Durchlässigkeit durch Außerbetriebnahme des Filters und Abtrocknung der Filterfläche ist somit erkennbar.

Bei den Versuchen zum Ende des Untersuchungszeitraums hin, wurde wieder eine gute Durchlässigkeit des Filtersubstrates mit der aufliegenden Sedimentschicht festgestellt.

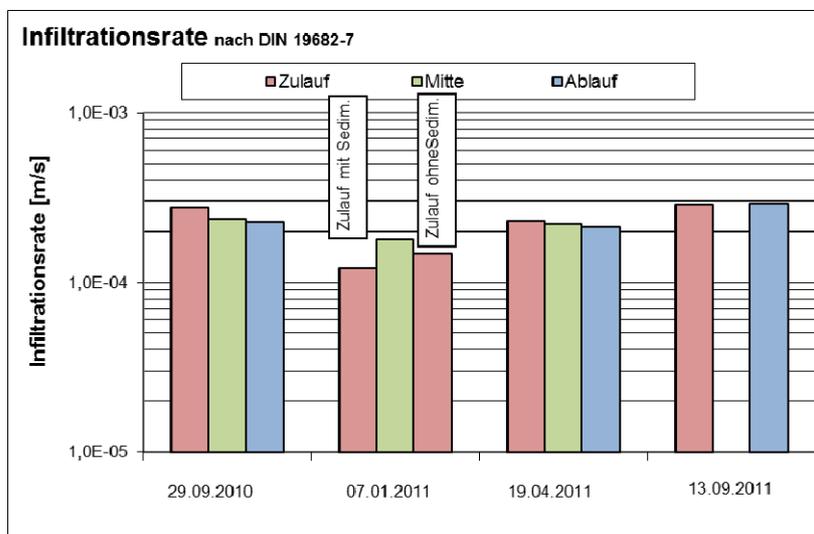


Bild 3-10: Ergebnis der Versickerungsversuche

Insgesamt zeigen die obigen Auswertungen, dass die Durchlässigkeit des Filtersubstrates mit der sich einstellenden Sedimentauflage keine konstante Größe darstellt, sondern Schwankungen unterworfen ist. Kritisch für den Betrieb der Anlage ist ein so deutliches Absinken der Durchlässigkeit, dass der Filter nicht mehr leerlaufen kann und infolgedessen die Filteroberfläche nicht mehr abtrocknen kann, wie es bei dieser Untersuchung zweimal vorgekommen ist.

### 3.6 Einstauverhalten im Messzeitraum

Die Steuerung des Zulaufs zum Bodenfilter war zu Beginn des Messzeitraums so eingestellt, dass sobald ein Wasserstand im SKO überschritten war, ein Zulauf zum Filter erfolgt. Bei den starken Regenfällen im November (13.11.2010 Niederschlag 45mm) führte diese Steuerung zu einer Überflutung, da kein Endkriterium für das Erreichen des max. Einstaus im Filter vorgegeben war.

In der Folge wurde daher vom STEB ein Begrenzungskriterium eingeführt, wobei der maximale Einstau im Filter auf etwa 30 – 35 cm festgelegt wurde, was etwas weniger als der in der Planung vorgesehene Einstauwasserstand auf dem Bodenfilter von 50 cm ist.

Die hohen Regenfälle im November und Dezember führten dann dazu, dass der Filter über lange Zeiträume permanent mit Wasser beschickt wurde, so dass ein Abtrocknen der Filterfläche nicht möglich war. In der Zeit vom 10.12. – 20.12. war ein dauerhafter Wasserstand auf dem Filter vorhanden (Bild 3-11). Da die Durchlässigkeit des Filters in dieser Zeit stark nachließ, so dass nur noch Abflüsse zwischen 0,2 – 0,4 l/s und nicht mehr die vorgesehenen 4 l/s abfließen, wurde, wie bereits erwähnt, der Filter bis zum 09.01.2011 außer Betrieb genommen, um eine Regeneration der Durchlässigkeit zu erreichen. Die durchgeführten Versickerungsversuche vom 07.01.2011 zeigten dann an, dass eine ausreichende Durchlässigkeit wieder gegeben war (siehe Abschnitt 3.5).

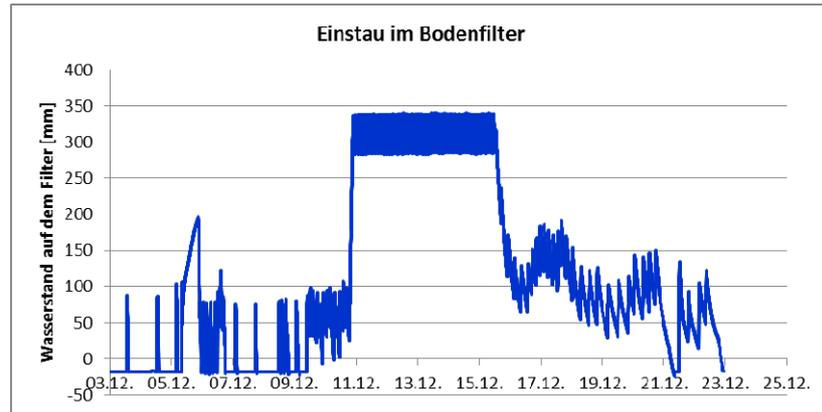


Bild 3-11: Einstauverhalten des Filters im Dezember 2010

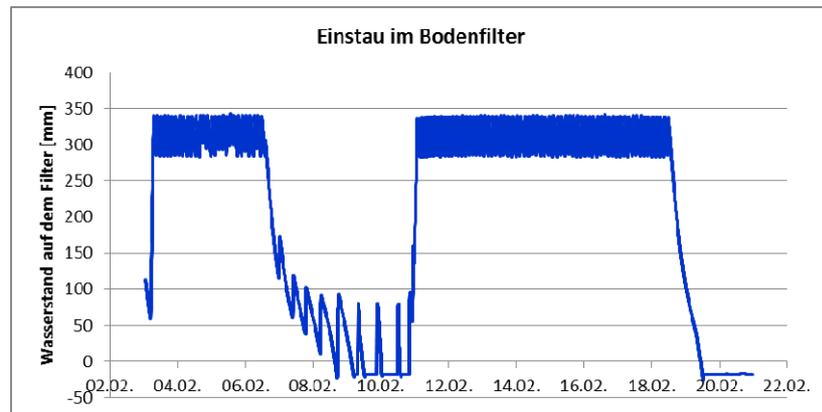


Bild 3-12: Einstauverhalten des Filters im Februar 2011

Jedoch stellte sich durch die Beschickungsart des Bodenfilters im Februar 2011 eine ähnliche Situation mit lang anhaltenden Einstaudauern wieder ein (Bild 3-12), so dass in der Folge eine erneute Außerbetriebnahme vom 20.02. – 09.03. erfolgte. Eine Behandlung der Regenabflüsse aus dem Einzugsgebiet war in dieser Zeit auf dem Bodenfilter nicht möglich. Auch in dem vorgelagerten SKO wird in dieser Zeit keine Behandlung der Abflüsse stattgefunden haben, da nach Füllung des SKO die Gebietsabflüsse gleich über den vorgelagerten Überlauf entlastet wurden.

Wahrscheinlich sind für die vorgenannten langen Einstauzeiten des Filters zusätzlich zum Regenabfluss auch noch Fremdwasserabflüsse mit verantwortlich, da der Anlage mehr Wasser zuffloss, als über den Niederschlag und den Abflüssen von den versiegelten Flächen zu erwarten wäre (Anlage 1). Eine Quantifizierung des Fremdwasseranfalls ist mit dem gewählten Messkonzept (keine kontinuierliche Erfassung der Abflüsse im Zulaufkanal) jedoch nicht möglich. Eine alleinige Quantifizierung der Fremdwassermenge über die Was-

serbilanz ist aufgrund möglicher Abflüsse von unversiegelten Flächen und den bereits genannten Ungenauigkeiten bei der Erfassung der Überlaufwassermenge am SKO nicht möglich. Generell wurden Probleme mit Fremdwasser vom STEB (Auskunft Herr Lummer) für den hier vorliegenden Niederungsbe- reich der Lippe bestätigt.

Um eine Abtrocknung des Filters nach jedem Beschickungsereignis zu errei- chen und damit die festgestellten langen Einstauzeiten zu vermeiden, wurde die Programmierung einer frei zu wählenden Beschickungspause vorgeschla- gen. Die Steuerung sollte dabei so ergänzt werden, dass eine erneute Beschi- ckung des Filters erst dann erfolgt, wenn die Beschickungspause nach der Filterentleerung verstrichen ist. Die Programmierung wurde im Untersu- chungszeitraum jedoch nicht umgesetzt.

### 3.7 Weitere Hinweise zum Betrieb im Messzeitraum

#### Fremdbewuchs auf der Filteroberfläche

Im Frühjahr 2011 war insbesondere im Zulaufbereich der Anlage starker Fremdbewuchs durch Gras vorhanden (Bild 3-13), der durch den Betrieb des STEB entfernt wurde.



Bild 3-13: Fremdbewuchs auf der Filteroberfläche (19.04.2011)

#### Spärlicher Schilfaustrieb im Frühjahr

Weiterhin konnte im Frühjahr 2011 nur ein sehr spärlicher Austrieb des Schilfs auf dem Bodenfilter beobachtet werden. Im Vergleich dazu war der Schilfaustrieb eines Bodenfilters im Mischsystem zum gleichen Zeitpunkt in Paderborn schon wesentlich stärker ausgeprägt (Bild 3-14), was auf die län- gere Betriebszeit des Filter und die bessere Nährstoffversorgung durch die Anlage im Mischsystem zurückgeführt wurde. Vom Betrieb des STEB wurde der untersuchte Bodenfilter daher nachgedüngt und, bedingt durch die Tro- ckenzeit im Frühjahr 2011, vom 19.05. – 03.06.2011 auch eingestaut. Der starke Schilfaustrieb während dieser Zeit ist in Bild 3-15 zu erkennen.



*Bild 3-14: Später Austrieb des Schilfs Bodenfilter Benteler Straße (Foto oben 19.04.2011) im Vergleich mit Bodenfilter Benhausen im Mischsystem (unten, Foto HORST, Mitte April 2011)*



*Bild 3-15: Austrieb Schilf nach Düngung und Filtereinstau 11.06.2011)*

#### Abtrocknung der Filteroberfläche

Das beginnende Aufreißen der Sedimentoberfläche infolge von Abtrocknungsprozessen ist in Bild 3-16 zu erkennen. Solche Abtrocknungsprozesse sind wesentlich, um die Durchlässigkeit des Filters zu erhalten.



*Bild 3-16: Rissbildung der Sedimentoberfläche auf dem Filter nach einer Abtrocknungszeit am 19.04.2011*

#### Mähen des Schilfbewuchs zum Winter?

Im Untersuchungszeitraum wurde das Schilf zum Winter hin nicht vom Betrieb des STEB geschnitten, wie es in Paderborn bei den Bodenfiltern im Mischsystem üblich ist (Auskunft Herr Horst). Bei den Filtern im Mischsystem ist im Frühjahr ein stärkerer Schilfaustrieb festzustellen als bei dem untersuchten Filter im Trennsystem. Ob der stärkere Austrieb auf die bessere Nährstoffversorgung im Mischsystem oder auf das Mähen des Schilfs zurückzuführen ist, wurde nicht untersucht. Der STEB will in Zukunft beide Betriebsweisen für die Filter im Trennsystem untersuchen.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Für das Gewerbegebiet Marienloher Str. ist aufgrund des Trennerlasses eine Regenwasserbehandlung erforderlich, die in einem Stauraumkanal mit oben liegender Entlastung und einer nachgeschalteten Bodenfilteranlage für den Drosselabfluss erfolgt.

Die Bodenfilteranlage ist zur Begrenzung des Flächenbedarfs gegenüber den Empfehlungen aus den Regelwerken kleiner dimensioniert worden, so dass sich eine hohe hydraulische Belastung des Filters ergibt. Im ersten Betriebsjahr wird die Filteranlage messtechnisch begleitet, um Erfahrungen solch hoch belasteter Anlagen zu sammeln. Folgende Ergebnisse lassen sich aus dieser Untersuchung zusammenfassen:

- Nach der **Langzeitsimulation** wird der Filter im Plan-Zustand (voller Anschluss des Einzugsgebietes) im Mittel mit 165 m/a und im Ist-Zustand mit 140 m/a belastet, was deutlich über dem empfohlenen Wert des DWA-M 178 mit 50 m/a liegt.

Nach der Langzeitsimulation sind rd. 60 % des Niederschlagsabflusses im Bodenfilter behandelt worden.

- Im Untersuchungszeitraum vom Oktober 2010 – September 2011 wurde der Bodenfilter mit 152 m belastet, so dass in Bezug auf den Zulauf mittlere Verhältnisse im Untersuchungszeitraum vorlagen.
- Die gemessenen **Zulaufkonzentrationen** liegen erwartungsgemäß geringer als im direkten Straßenabfluss, wie er aus Literaturwerten bekannt ist, da dem Filter als weitere Behandlung der SKO vorgeschaltet ist.
- Die **Ablaufkonzentration** der untersuchten Filteranlage zeigt im Vergleich mit Ablaufwerten anderer Filteranlagen relativ ähnliche Ablaufwerte, so dass eine funktionierende Filtrationsleistung festzustellen ist mit einer üblichen Reinigung der Zuflüsse
- Die gemessenen **Wirkungsgrade** liegen folglich in einem üblichen Bereich für Bodenfilteranlagen im Trennsystem bzw. zur Straßenwasserbehandlung.
- Durch die eingetragenen Feststoffe aus dem Regenwasserabfluss wurde eine deutliche Zunahme des Ton- und Schluffgehaltes von 1–2 % im Ausgangssubstrat auf teilweise bis zu 11 % in der obersten **Sedimentschicht** festgestellt. Dabei liegt in der feinen obersten Schicht (0–1 mm) der Ton- und Schluffgehalt mit 11% deutlich höher als in der etwas tieferen Schicht von 2–5 mm mit 7 %. Die Filtrationswirkung, die sich in den obersten Millimetern des Filters abspielt, wird somit deutlich.
- In der Betriebszeit ließ die Durchlässigkeit des Filtersubstrates durch die eingetragenen Sedimente und die ständige Beschickung des Filters so stark nach (**Kolmation**), dass der Filter außer Betrieb genommen werden musste. In diesen Zeiträumen erfolgte keine Behandlung der Regenabflüsse im Filter. Durch diese Maßnahmen konnte eine Abtrocknung der Filteroberfläche erfolgen, die zur Sedimentstrukturierung auf dem Filter und in Kombination mit dem Schilfaustrieb im Frühjahr zur Regeneration der Durchlässigkeit führte.

Insgesamt zeigen die Untersuchungen, dass der Bodenfilter im Untersuchungszeitraum zu zwei Zeitpunkten fast vollständig kolmatisierte, so dass eine Behandlung der Regenabflüsse aus dem SKO nicht mehr möglich war. Als Ursache werden zwei Faktoren gesehen:

1. Die Bodenfilterfläche ist im Vergleich zur angeschlossenen Einzugsgebietsfläche sehr klein, was sich in der hohen hydraulischen Belastung ausdrückt. Diese liegt um fast das 3-fache über dem empfohlenen Wert des DWA-M 178. Durch die hohe hydraulische Belastung ist die Abtrocknungsmöglichkeit der Filteroberfläche bei der untersuchten Anlage deutlich eingeschränkt. Eine Abtrocknung der Filteroberfläche ist jedoch unerlässlich, damit die eingetragenen Sedimente abtrocknen und die Durchlässigkeit wieder hergestellt wird.
2. Wahrscheinlich haben auch Fremdwasserabflüsse einen Einfluss auf den langanhaltenden Einstau des Filters und damit die Kolmationseffekte gehabt. Eine Quantifizierung des Einflusses ist mit dem Messkonzept jedoch nicht möglich.

Um eine Abtrocknung des Filters nach jedem Beschickungsereignis zu erreichen wurde die Programmierung einer frei zu wählenden Beschickungspause für die Steuerung des Zulaufs (= Außerbetriebnahme des Bodenfilters) im Projektverlauf vorgeschlagen, die jedoch nicht umgesetzt wurde. Zum jetzigen Zeitpunkt liegen noch keine Erfahrungen vor, wie groß solche Beschickungspausen definiert werden müssten, um die festgestellten Kolmationserscheinungen zu vermeiden. Bei den nach DWA-M 178 bemessenen Bodenfilteranlagen ist eine Außerbetriebnahme zur Kolmationsvermeidung nicht vorgesehen.

#### Ausblick weiterer Betrieb Bodenfilter Benteler Straße

Durch die hohe hydraulische Belastung sind auch in Zukunft Kolmationsprobleme beim Bodenfilter Benteler Straße zu erwarten. Dies stellt nach den bisherigen Erfahrungen eine besondere Anforderung an den Betrieb der Anlage, da das Einstau- und Leerlaufverhalten des Filters insbesondere in Zeiten starker Niederschläge überwacht werden muss, so dass Kolmationserscheinungen erkannt und Gegenmaßnahmen getroffen werden können. Die Programmierung von Beschickungspausen zur Verminderung der die Kolmationsneigung wurde bereits vorgeschlagen. Bei der Wahl von Beschickungspausen ist zwischen der ausreichenden Abtrockenzeit der Filterfläche und der behandelten Wassermenge abzuwägen. Hier könnten unterschiedliche lange Beschickungspausen im Sommer und Winter zur Optimierung beitragen.

Es wird empfohlen, das Einstau- und Leerlaufverhalten des Filters und auch den Fremdwasserabfluss aus dem Gebiet zumindest im nächsten Betriebsjahr zu überwachen, um Kolmationsneigungen zu erkennen. Treten wieder Kolmationserscheinungen auf, könnte die Frage beantwortet werden, ob die Ursache nur in der hohen Filterbelastung liegt oder auch stark durch den Fremdwasserzufluss oder ggf. auch durch andere Faktoren bedingt ist.

#### Ausblick Pilotanlage als Standardentwässerungsanlage

Die Regenwasserbehandlungsanlage an der Benteler Straße bestehend aus SKO und nachgeschaltetem klein dimensionierten Bodenfilter zur Behandlung der Drosselabflüsse aus dem SKO stellt aufgrund der Abweichungen zum Regelwert eine Pilotanlage dar.

Der zukünftige Betrieb der Anlage wird zeigen, ob auch in den Folgejahren Kolmationserscheinungen auftreten und ob diesen ggf. durch eine entsprechende Steuerung begegnet werden können.

Treten weiterhin Kolmationserscheinungen auf, wovon derzeit auszugehen ist, wird der personelle Aufwand zum Betrieb der Anlage als hoch eingestuft. Ob auch mit hohem betrieblichen Aufwand die Durchlässigkeit der Anlage erhalten werden kann, ist derzeit unklar. Möglicherweise kann dies nur durch eine entsprechend geringere behandelte Wassermenge erreicht werden. Ob dies zulässig ist, wäre mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen.

Die zukünftigen Erfahrungen mit dem Bodenfilter werden zeigen, ob der Vorteil des geringeren Platzverbrauchs durch den hydraulisch hoch belasteten Bodenfilter durch den höheren Aufwand beim Betrieb und Unterhaltung des Filters aufgehoben werden. Auch wird sich zeigen, ob die behandelte Wassermenge, die dem Entwurf der Behandlungsanlage zugrunde liegt, im Betrieb auch tatsächlich erreicht werden kann.

Daher wird empfohlen, die Betriebsergebnisse der Pilotanlage in den nächsten Jahren auszuwerten, bevor der Typ der Pilotanlage Benteler Straße als Standardtyp zur Behandlung von Regenwasser in Paderborn eingesetzt wird. Derzeit wird es als wahrscheinlich angesehen, dass die hydraulische Belastung der Pilotanlage von ca. 169 m/a (Plan-Zustand) verringert werden muss, damit ein funktionierender und wirtschaftlicher Betrieb der Bodenfilteranlage erfolgen kann.

#### Ausblick zum Trennerlass

Das System der Regenwasserbehandlung an der Benteler Straße aus SKO mit nachgeschaltetem Retentionsbodenfilter (RBF) zur biologischen Behandlung der Drosselabflüsse des SKO ist ein System, das sich aus den Anforderungen des sog. Trennerlasses in NRW ergibt. Die Besonderheit dieses Systems liegt darin, dass der RBF selbst eine weitere Vorstufe mit Dauerstau und den eigentlichen Filter aufweist, so dass eine Abfolge von SKO, Vorstufe und Filter vorhanden ist. Der SKO mit seinem Speichervolumen von 10 m<sup>3</sup>/ha  $A_{E,b}$  dient dabei dem Auffangen und Zwischenspeichern des Regenabflusses, der behandelt werden soll. Da der Drosselabfluss bei der Anlage Benteler Straße nicht der bereits ausgelasteten Kläranlage zugeführt werden soll, erfolgt hier die Behandlung in einem RBF, wie es der Trennerlass vorsieht.

Die Systemanordnung der Benteler Straße ist im Regelwerk der DWA (DWA-M 178) für den Einsatz von Bodenfilteranlagen nicht vorgeschlagen. Das DWA-M 178 sieht die Regenwasserbehandlung in einer Retentionsbodenfilteranlage vor, bei der die Vorstufe des Filters entweder als Regenklärbecken mit Dauerstau (RKBmD) oder als Regenklärbecken ohne Dauerstau (RKBoD) ausgebildet wird. Beim RKBoD wird der Drosselabfluss zur Kläranlage geleitet. Die Überlaufwassermenge wird in beiden Fällen auf dem RBF behandelt (beim Filter Benteler Straße ist es der Drosselabfluss des SKO). Der Filter erhält einen Beckenüberlauf, der auch vor der Vorstufe angeordnet werden kann. In Abhängigkeit vom Behandlungsziel wird von der Genehmigungsbehörde festgelegt, welcher Anteil des Zuflusses im Filter behandelt werden soll (sog. hydraulische Wirkungsgrad).

In Bezug auf die Übertragung des Systems der Pilotanlage auf andere Standorte sollte überlegt werden, ob der bauliche Aufwand für die Kombination aus SKO (bzw. RKBoD) und dem nachgeschalteten kleinen Bodenfilter nicht verhältnismäßig groß ist, wenn die eigentliche Regenwasserbehandlung im Bodenfilter erfolgt. Alternativ wäre zu überlegen, ob auf den SKO verzichtet und stattdessen ein größerer Bodenfilter gebaut wird, so dass sich eine geringere hydraulische Belastung der Filterfläche ergibt, um das Kolmationsrisiko zu begrenzen. Bei der Bemessung des Bodenfilters könnte durch örtliche Festlegung des hydraulischen Wirkungsgrades ebenfalls ein Wert festgelegt werden, der der theoretisch behandelten Wassermenge der Pilotanlage entspricht. Unabhängig von dieser Überlegung gibt es örtliche Situationen, bei denen aufgrund der begrenzten Höhenverhältnisse eine Beschickung des Filters nicht im freien Gefälle erfolgen kann. In diesen Fällen muss der Zu- oder Ablauf des Filters gepumpt werden, so dass es Fälle geben wird, bei denen vor dem RBF die Anordnung eines Speicher- und Pumpbauwerks erforderlich ist, wie es bei der Anlage Benteler Straße der Fall ist.

Die Pilotanlage behandelt im Planzustand lediglich rd. 40 % der gesamten Zuflussmenge. Die Anlage deckt jedoch die emissionsbezogenen Anforderun-

gen des Trennerlasses an die Regenwasserbehandlung (RKBoD mit mind. 10 m<sup>3</sup>/ha mit biologischer Behandlung des Beckeninhaltes im RBF) ab.

Bei vielen Fließgewässern steht Bezug auf den Gewässerschutz der Frachtrückhalt im Vordergrund. Hier könnte im Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden überlegt werden, ob statt einer Behandlung von rd. 40 % der Wassermenge an jeder Einleitstelle (wie hier beim RBF Benteler Str.) ins entsprechende Gewässer nur an einer Stelle eine Behandlung mit einem höherem hydraulischen Wirkungsgrad (z.B. < 80%) erfolgt. Bei einer gleichen Frachtlastung würde so die Anzahl der Betriebspunkte für die Regenwasserbehandlung verringert werden können und darüber hinaus auch ggf. eine Einsparung an Baukosten erzielt werden können.

## Literatur

- DWA (2005): Merkblatt DWA-M 178, Empfehlungen für Planung, Konstruktion und Betrieb von Retentionsbodenfilteranlagen zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, Juni 2005
- GROTEHUSMANN; D, U. KASTING (2009) Vergleich der Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern und Versickeranlagen an Bundesfernstraßen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1024, 2009
- KASTING, U. (2003): Reinigungsleistung von zentralen Anlagen zur Behandlung von Abflüssen stark befahrener Straßen, Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft der Universität Kaiserslautern Band 17, Dissertation, 2003
- MUNLV (2003): Retentionsbodenfilter – Handbuch für Planung, Bau und, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, 2003
- SACHS, L. (1981): Angewandte Statistik, 6. Auflage, 1981, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo

## **Anlagen**

Anlage 1 Tagesübersicht Wasserbilanz

Anlage 2 Konzentrationen



## **Anlage 1**

### **Tagesübersicht Wasserbilanz**



RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.10.10	0,1	0,1		0	9	21	0,4	0	0	0	0,3	0,2	-18	-18	1	1	-19
02.10.10	0,1	0,1		0	9	21	0,4	0	0	0	0,3	0,2	-18	-19	1	1	-19
03.10.10	0,1	0,1		0	9	21	0,4	0	0	0	0,3	0,2	-19	-20	1	1	-20
04.10.10	0,1	0,1		0	9	19	0,5	0	0	0	0,2	0,2	-19	-20	1	1	-20
05.10.10	1,5	1,5		0	116	189	0,6	0	6	0	7,3	0,2	212	-19	699	-3	-487
06.10.10	0,1	0,1		0	9	24	0,4	0	0	0	0,4	0,2	-18	-19	1	1	-20
07.10.10	0,1	0,1		0	9	18	0,5	0	0	0	0,2	0,2	-18	-18	1	1	-19
08.10.10	0,1	0,1		0	9	16	0,6	0	0	0	0,2	0,2	-17	-19	1	1	-19
09.10.10	0,1	0,1		0	9	14	0,6	0	0	0	0,2	0,2	-17	-18	1	1	-18
10.10.10	0,1	0,1		0	9	14	0,7	0	0	0	0,2	0,1	-17	-18	1	1	-18
11.10.10	0,1	0,1		0	9	13	0,7	0	0	0	0,2	0,1	-17	-18	1	1	-18
12.10.10	0,1	0,1		0	9	12	0,7	0	0	0	0,1	0,1	-17	-18	1	1	-18
13.10.10	0,3	0,3		0	19	33	0,6	0	6	0	4,2	0,1	68	-20	72	-3	-4
14.10.10	0,1	0,1		0	9	18	0,5	0	0	0	0,2	0,2	-18	-18	1	1	-19
15.10.10	2,0	2,0		139	9	16	0,6	25	0	0	0,2	0,2	-17	-18	1	1	-19
16.10.10	9,9	9,9		732	9	19	0,5	45	0	0	0,2	0,2	-18	-18	1	1	-19
17.10.10	0,1	0,1		0	9	17	0,5	0	0	0	0,2	0,2	-17	-18	1	1	-19
18.10.10	0,1	0,1		0	9	15	0,6	0	0	0	0,2	0,2	-18	-18	1	1	-19
19.10.10	0,7	0,7		46	9	15	0,6	10	0	0	0,2	0,2	-17	-18	2	1	-19
20.10.10	4,6	4,6		156	192	305	0,6	34	6	0	8,0	0,2	313	-18	776	-4	-463
21.10.10	0,2	0,2		0	17	45	0,4	0	6	0	4,3	0,3	69	-19	75	-3	-6
22.10.10	0,1	0,1		0	9	22	0,4	0	0	0	0,3	0,2	-17	-18	2	1	-19
23.10.10	0,5	0,5		0	38	65	0,6	0	6	0	6,5	0,2	72	-19	446	-4	-374
24.10.10	0,7	0,7		0	54	105	0,5	0	6	0	6,6	0,3	72	-19	459	-3	-386
25.10.10	0,2	0,2		0	16	39	0,4	0	6	0	4,0	0,3	71	-18	58	-3	13
26.10.10	0,1	0,1		0	9	21	0,4	0	0	0	0,3	0,2	-17	-18	1	1	-18
27.10.10	0,1	0,1		0	9	17	0,5	0	0	0	0,2	0,2	-17	-18	1	1	-18
28.10.10	0,1	0,2	1,90	0	14	27	0,5	0	6	0	4,1	0,0	70	-18	57	-3	14
29.10.10	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-17	-18	1	1	-18
30.10.10	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-17	-18	1	1	-18
31.10.10	1,7	1,1	0,63	0	81	64	1,3	0	6	0	3,7	0,0	151	-18	616	-4	-466
Summe	24,6	24,0		1.074	728	1.226											

Hinweise: Gemessene Niederschlagsdaten liegen erst ab dem 28.10.2010 vor; bis zu diesem Zeitpunkt wird vereinfacht der effektive Niederschlag angegeben.

Bis zum 27.10. wird der Zu- und Ablauf leicht überschätzt, da die Messingnale noch nicht endkalibriert sind.

Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter

Druckhöhe im BF: Gemessen auf Höhe Oberkante Dränage

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.11.10	0	0,0		0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-17	-18	1	1	-18
02.11.10	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-17	-18	2	1	-19
03.11.10	5,5	1,9	0,35	0	143	95	1,5	0	6	0	3,7	0,0	159	-18	625	-3	-466
04.11.10	1,4	2,7	1,91	0	200	136	1,5	0	6	6	4,4	3,6	444	146	874	589	-430
05.11.10	4	3,0	0,74	0	222	155	1,4	0	6	0	3,8	0,0	308	-18	672	-2	-364
06.11.10	16,5	14,1	0,85	603	451	339	1,3	75	6	0	4,8	1,9	637	-18	911	92	-274
07.11.10	0,1	0,8	7,75	0	58	129	0,4	0	6	0	4,7	0,0	596	-20	864	-3	-267
08.11.10	0	0,1		0	7	3	2,6	0	6	0	0,8	0,0	72	-18	26	-4	46
09.11.10	5,2	1,8	0,35	0	138	71	1,9	0	6	0	3,3	0,0	266	-19	445	-3	-179
10.11.10	9,4	6,3	0,67	25	444	330	1,3	14	6	0	4,4	3,3	592	184	785	448	-193
11.11.10	5,2	3,3	0,64	0	251	227	1,1	0	6	0	4,6	0,0	654	-18	849	-3	-195
12.11.10	7,2	5,0	0,70	89	289	246	1,2	104	6	0	3,9	0,4	693	-1	678	14	15
13.11.10	44,9	64,8	1,44	4.346	515	329	1,6	949	6	6	13,4	2,6	701	362	669	273	32
14.11.10	3,1	11,0	3,56	313	515	348	1,5	43	6	6	4,2	3,9	691	677	784	662	-92
15.11.10	0	2,3		0	176	221	0,8	0	6	0	4,3	0,8	677	7	792	24	-115
16.11.10	0	1,5		0	114	74	1,5	0	6	0	1,4	0,2	94	-19	39	4	55
17.11.10	0	1,1		0	86	58	1,5	0	6	0	1,5	0,1	86	-20	42	-1	44
18.11.10	0	0,9		0	65	46	1,4	0	6	0	1,6	0,0	82	-18	49	-3	33
19.11.10	0	0,2		0	18	58	0,3	0	6	0	1,6	0,0	77	-18	51	-3	26
20.11.10	0	0,0		0	0	70	0,0	0	0	0	0,8	0,8	-18	-18	27	27	-45
21.11.10	0	0,0		0	0	70	0,0	0	0	0	0,8	0,8	-18	-18	27	27	-45
22.11.10	0	0,0		0	0	70	0,0	0	0	0	0,8	0,8	-18	-18	27	27	-45
23.11.10	0	0,0		0	0	70	0,0	0	0	0	0,8	0,8	-18	-18	27	27	-45
24.11.10	0	0,0		0	0	70	0,0	0	0	0	0,8	0,8	-18	-18	27	27	-45
25.11.10	0	0,0		0	0	70	0,0	0	0	0	0,8	0,8	-18	-18	27	27	-45
26.11.10	0	0,7		0	53	74	0,7	0	6	0	1,3	0,5	215	-18	40	19	175
27.11.10	0	0,7		0	53	26	2,0	0	6	0	0,6	0,0	105	-20	24	-3	81
28.11.10	0	0,3		0	25	16	1,6	0	6	0	0,6	0,0	86	-22	24	-3	62
29.11.10	0,2	0,4	2,25	0	34	14	2,5	0	6	0	0,6	0,0	89	-19	23	-3	66
30.11.10	0	0,2		0	14	8	1,7	0	6	0	0,6	0,0	77	-19	23	-4	54

Summe 102,7 123,3 5.376 3.871 3.418

Hinweise: Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter  
Druckhöhe im BF: Gemessen auf Höhe Oberkante Dränage

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.12.10	0	0,2		0	15	7	2,2	0	6	0	1,2	0,0	78	-19	45	-4	33
02.12.10	0	0,2		0	16	7	2,3	0	6	0	1,2	0,0	86	-18	49	-4	37
03.12.10	0	0,1		0	8	4	2,3	0	6	0	1,3	0,0	88	-18	53	-4	35
04.12.10	1	0,1	0,10	0	7	3	2,7	0	6	0	0,8	0,0	87	-18	39	-4	48
05.12.10	7,6	3,9	0,52	0	296	243	1,2	0	6	0	4,9	0,0	196	-19	421	-3	-224
06.12.10	0	1,2		0	90	70	1,3	0	6	0	3,2	0,0	123	-21	76	-4	47
07.12.10	0	0,2		0	17	10	1,8	0	6	0	1,7	0,0	76	-21	48	-4	28
08.12.10	1,5	0,4	0,27	0	30	20	1,5	0	6	0	2,1	0,0	83	-21	49	-3	34
09.12.10	1,2	0,8	0,63	0	56	40	1,4	0	6	0	1,4	0,0	97	-22	34	-3	64
10.12.10	0,3	0,8	2,64	0	59	46	1,3	0	6	0	1,5	0,1	108	-1	35	-1	73
11.12.10	8,3	20,5	2,47	1.392	147	107	1,4	58	6	0	1,9	1,0	339	283	47	30	292
12.12.10	0,8	4,8	6,06	237	127	83	1,5	26	6	0	1,1	0,8	340	283	32	27	308
13.12.10	1,1	1,6	1,44	0	118	75	1,6	0	6	0	0,9	0,8	341	283	29	26	313
14.12.10	0,2	1,7	8,54	0	128	82	1,6	0	6	0	1,0	0,9	341	284	30	27	310
15.12.10	0	1,1		0	83	75	1,1	0	6	0	1,0	0,5	341	114	30	15	310
16.12.10	2,1	0,7	0,35	0	55	29	1,9	0	6	0	0,5	0,2	184	66	17	6	167
17.12.10	0,4	0,8	1,93	0	58	41	1,4	0	6	0	0,6	0,3	192	87	19	11	173
18.12.10	0,1	0,5	5,00	0	38	23	1,6	0	6	0	0,4	0,2	154	47	12	2	142
19.12.10	3,7	0,4	0,09	0	26	14	1,9	0	6	0	0,2	0,1	115	29	4	-2	110
20.12.10	0,6	0,5	0,79	0	36	21	1,7	0	6	0	0,3	0,2	150	50	9	2	141
21.12.10	0	0,3		0	19	12	1,7	0	6	0	0,5	0,0	134	-24	15	-4	120
22.12.10	0	0,2		0	16	10	1,6	0	6	0	0,2	0,0	122	-22	5	-4	117
23.12.10	7,1	11,3	1,60	850	0	0	0,0	21	0	0	0,0	0,0	-17	-18	0	0	-18
24.12.10	1,4	10,9	7,79	818	0	0		11	0	0	0,0	0,0	-17	-18	0	0	-18
25.12.10	0	4,8		361	0	0		9	0	0	0,0	0,0	-16	-18	1	0	-17
26.12.10	5,5	6,0	1,10	453	0	0		9	0	0	0,0	0,0	-17	-18	1	0	-18
27.12.10	0,3	11,8	39,17	881	0	0		14	0	0	0,0	0,0	-17	-18	1	0	-18
28.12.10	0	10,9		818	0	0		11	0	0	0,0	0,0	-17	-18	0	0	-18
29.12.10	0	1,7		131	0	0		7	0	0	0,0	0,0	-17	-18	0	0	-18
30.12.10	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-17	-18	0	0	-18
31.12.10	1	12,3	12,30	923	0	0		16	0	0	0,0	0,0	-17	-17	1	0	-18
Summe	44,2	110,8		6.863	1.448	1.021											

Hinweise: Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter  
 Druckhöhe im BF: Gemessen auf Höhe Oberkante Dränage  
 Vom 23.12. - 10.01. Zulauf außer Betrieb gesetzt, um Abtrocnung Filter zu ermöglichen.

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.01.11	0,9	13,6	15,12	1.020	0	0		22	0	0	0,0	0,0	-17	-18	1	0	-18
02.01.11	0,5	10,2	20,38	764	0	0		10	0	0	0,0	0,0	-17	-18	1	0	-18
03.01.11	0,3	10,6	35,24	793	0	0		11	0	0	0,0	0,0	-17	-18	1	0	-18
04.01.11	0	10,7		799	0	0		10	0	0	0,0	0,0	-17	-18	1	0	-18
05.01.11	0	9,1		685	0	0		9	0	0	0,0	0,0	-17	-18	1	0	-18
06.01.11	14,4	25,0	1,73	1.872	0	0	0,0	82	0	0	0,0	0,0	-17	-20	1	0	-18
07.01.11	3,4	16,7	4,91	1.253	0	2	0,0	51	0	0	0,0	0,0	-19	-25	1	0	-21
08.01.11	2,3	13,7	5,97	1.030	0	2	0,0	112	0	0	0,0	0,0	-24	-25	1	0	-25
09.01.11	10	19,4	1,94	1.455	0	2	0,0	46	0	0	0,0	0,0	-22	-25	1	0	-23
10.01.11	0	8,2		404	211	161	1,3	9	6	0	4,7	0,0	337	-22	697	0	-360
11.01.11	0	1,8		0	134	170	0,8	0	6	0	4,4	0,9	332	-18	660	21	-328
12.01.11	12,1	9,9	0,82	570	170	127	1,3	89	6	0	2,0	1,0	340	69	50	23	289
13.01.11	20,5	39,5	1,92	2.826	133	133	0,4	71	6	0	k.A.	1,3	340	283	35	28	305
14.01.11	5,7	22,7	3,99	1.577	128	128	0,0	47	6	0	k.A.	11,8	340	283	30	28	309
15.01.11	2,2	15,4	7,01	1.030	126	126	0,6	134	6	0	k.A.	1,2	340	283	30	26	311
16.01.11	0	7,5		429	132	117	1,1	14	6	0	1,5	1,2	340	283	31	26	309
17.01.11	0	3,4		122	134	126	1,1	13	6	0	1,6	1,3	340	283	34	28	307
18.01.11	4,8	9,4	1,95	546	157	140	1,1	93	6	0	1,7	1,5	340	283	35	32	304
19.01.11	6,6	13,0	1,97	832	143	133	1,1	66	6	0	1,7	1,4	339	283	35	30	305
20.01.11	0	4,8		222	137	121	1,1	21	6	0	1,5	1,3	340	283	31	28	308
21.01.11	0,1	1,7	17,02	0	128	121	1,1	0	6	0	1,5	1,3	339	283	32	29	308
22.01.11	1,3	2,9	2,24	79	139	126	1,1	17	6	0	1,5	1,4	340	283	33	30	307
23.01.11	0,2	2,2	10,77	29	132	118	1,1	16	6	0	1,5	1,3	340	283	32	27	308
24.01.11	0,6	1,7	2,91	0	131	115	1,1	0	6	0	1,4	1,3	340	283	30	27	310
25.01.11	5,8	14,2	2,44	949	112	110	1,0	99	6	0	1,4	1,2	339	283	30	25	310
26.01.11	0	1,8		14	121	103	1,2	14	6	0	1,3	1,1	340	284	27	24	313
27.01.11	0	1,5		0	115	104	1,1	0	6	0	1,3	1,1	339	283	27	24	312
28.01.11	0	1,5		0	111	104	1,1	0	6	0	1,3	1,1	339	282	27	24	311
29.01.11	0	0,8		0	62	78	0,8	0	6	0	1,3	0,5	337	94	27	9	310
30.01.11	0	0,5		0	34	34	1,0	0	6	0	0,5	0,3	141	47	9	3	133
31.01.11	0	0,4		0	33	24	1,4	0	6	0	0,4	0,2	103	-10	6	-5	97
Summe	91,7	293,7		19.301	2.724	2.523											

Hinweise: Vom 23.12. - 10.01. Zulauf außer Betrieb gesetzt, um Abtrocknung Filter zu ermöglichen.

Vom 13.1. - 15.1. ist die Ablaufmessung BF durch Rückstau aus der Lippe beeinflusst. Für die Ablaufsumme wird vereinfacht die Zulaufsumme angesetzt

Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter

Druckhöhe im BF: Gemessen auf Höhe Oberkante Dränage

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.02.11	0,8	0,3	0,41	0	25	19	1,3	0	6	0	0,4	0,1	99	-24	12	-5	87
02.02.11	0,5	1,0	1,98	0	74	58	1,3	0	6	0	1,4	0,1	302	-21	30	-4	271
03.02.11	3,9	2,6	0,67	89	108	77	1,4	21	6	0	1,1	0,4	341	59	24	6	317
04.02.11	0,3	1,2	3,84	0	86	72	1,2	0	6	0	0,9	0,8	341	284	19	16	322
05.02.11	0	1,0		0	79	74	1,1	0	6	0	0,9	0,8	343	284	19	17	324
06.02.11	0	0,7		0	54	70	0,8	0	6	0	0,9	0,4	341	115	20	8	321
07.02.11	0	0,3		0	23	26	0,9	0	6	0	0,5	0,2	172	39	9	-2	164
08.02.11	0	0,2		0	17	15	1,2	0	6	0	0,2	0,1	93	-22	1	-4	92
09.02.11	0	0,2		0	16	13	1,2	0	6	0	1,0	0,0	81	-22	28	-4	53
10.02.11	1,3	0,5	0,41	0	40	19	2,1	0	6	0	1,3	0,0	161	-21	32	-4	129
11.02.11	11,5	10,3	0,90	591	182	151	1,2	66	6	0	2,4	1,2	340	154	149	27	191
12.02.11	5,2	8,0	1,53	490	106	92	1,2	36	6	0	1,3	0,9	341	285	28	20	313
13.02.11	4,6	7,9	1,72	510	85	78	1,1	51	6	0	1,0	0,8	341	284	21	17	320
14.02.11	0,2	1,2	6,01	0	90	74	1,2	0	6	0	0,9	0,8	341	285	19	16	322
15.02.11	3,2	3,8	1,18	199	83	78	1,1	40	6	0	1,0	0,8	341	283	20	18	321
16.02.11	0	1,2		0	94	79	1,2	0	6	0	1,0	0,8	342	283	21	18	321
17.02.11	0	1,1		0	82	77	1,1	0	6	0	0,9	0,8	341	284	20	18	321
18.02.11	0	0,7		0	52	69	0,8	0	5	0	0,9	0,4	339	108	21	6	318
19.02.11	0	0,0		0	0	11	0,0	0	0	0	0,4	0,0	107	-25	5	-4	102
20.02.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-16	-18	0	0	-16
21.02.11	0	0,0		0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	350	-19	0	0	
22.02.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-17	-20	0	0	-17
23.02.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-19	0	-32	-3
24.02.11	0	0,0	0,00	0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-3	-32	-32	29
25.02.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-32	29
26.02.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-32	29
27.02.11	1,3	0,0	0,00	0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-3	-32	-32	29
28.02.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-32	29
Summe	32,8	42,3		1.879	1.296	1.153											

Hinweise: Vom 20.02. - 09.03. Zulauf außer Betrieb gesetzt, um Abtrocknung Filter zu ermöglichen durch Ergänzung Programmierung Steuerung.

Am 21.2. Werte Ablaufmessung durch Austausch Probenehmer beeinflusst. Ablauf gleich Zulauf gesetzt.

Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter; Wasserstand im BF: Werte <0 --> Wasserstand < Oberkante Dränage

Kalibrierung und Neuausrichtung der Wasserstandssonden 23.02.2011

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-32	29
02.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-32	29
03.03.11	0	0,9		0	71	71	0,0	0	6	0		0,0	352	-3	923	-32	-571
04.03.11	0	1,2		0	88	88	0,0	0	6	0		3,2	344	245	916	685	-572
05.03.11	0	0,0		0	0	29	0,0	0	0	0	3,1	0,0	236	-5	677	-37	-440
06.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-32	29
07.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-32	29
08.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-32	29
09.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-31	-32	28
10.03.11	0,2	0,1	0,51	0	8	2	3,7	0	5	0	1,0	0,0	92	-4	16	-35	76
11.03.11	0	0,0		0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-31	-37	28
12.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-32	29
13.03.11	0,4	0,0	0,00	0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-4	-32	-32	28
14.03.11	0,5	0,1	0,26	0	10	3	2,8	0	5	0	1,2	0,0	88	-4	33	-37	55
15.03.11	0	0,1		0	7	2	3,2	0	5	0	1,0	0,0	88	-4	12	-37	76
16.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-33	29
17.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-3	-32	-33	29
18.03.11	0,4	0,3	0,63	0	19	8	2,4	0	5	0	1,3	0,0	88	-4	42	-36	46
19.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-33	29
20.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-5	-32	-33	29
21.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-33	29
22.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-33	29
23.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-33	29
24.03.11	0	0,2		0	18	7	2,5	0	5	0	1,3	0,0	89	-4	46	-37	43
25.03.11	0	0,2		0	18	8	2,2	0	5	0	1,3	0,0	88	-4	49	-36	39
26.03.11	0,1	0,0	0,00	0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-33	29
27.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-5	-32	-33	29
28.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-4	-32	-33	29
29.03.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-33	29
30.03.11	0,1	0,0	0,00	0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-4	-32	-33	29
31.03.11	2	0,9	0,44	0	66	45	1,5	0	5	0	4,2	0,0	91	-4	74	-37	17
Summe	3,7	4,1		0	306	265											

Hinweise: Vom 20.02. - 09.03. Zulauf außer Betrieb gesetzt, um Abtrocknung Filter zu ermöglichen durch Ergänzung Programmierung Steuerung.  
 Am 3./4.3. Werte Ablaufmessung wahrscheinlich durch Abschieberung Ablauf beeinflusst. Ablauf gleich Zulauf gesetzt.  
 Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter; Wasserstand im BF: Werte <0 --> Wasserstand < Oberkante Dränage  
 Kalibrierung und Neuausrichtung der Wasserstandssonden 23.02.2011

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.04.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-4	-32	-33	29
02.04.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-6	-32	-33	28
03.04.11	16,5	10,3	0,62	527	245	158	1,6	169	6	0	4,3	0,0	218	-5	55	-36	163
04.04.11	3,7	6,2	1,66	157	305	255	1,2	21	6	0	4,4	0,0	299	-5	55	-36	244
05.04.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-32	-33	28
06.04.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-6	-32	-33	28
07.04.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-32	-33	28
08.04.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-6	-32	-33	28
09.04.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-7	-32	-33	28
10.04.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-7	-32	-33	29
11.04.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-7	-32	-33	28
12.04.11	3,3	1,6	0,50	0	123	85	1,5	0	6	0	4,2	0,0	99	-5	73	-37	27
13.04.11	0,1	0,0	0,00	0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-4	-32	-33	28
14.04.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-32	-33	29
15.04.11	0	0,2		0	18	7	2,7	0	6	0	1,4	0,0	91	-7	10	-37	80
16.04.11	0	0,2		0	18	8	2,3	0	6	0	1,5	0,0	90	-10	12	-37	77
17.04.11	0	0,2		0	19	8	2,2	0	6	0	1,7	0,0	90	-10	16	-36	74
18.04.11	0	0,2		0	18	8	2,3	0	6	0	1,7	0,0	90	-10	18	-36	73
19.04.11	0	0,3		0	19	10	1,9	0	6	0	1,1	0,0	90	-6	46	-36	44
20.04.11	0	0,3		0	19	20	1,0	0	6	0	1,9	0,0	90	-7	46	-36	44
21.04.11	0	0,3		0	19	20	1,0	0	6	0	1,9	0,0	89	-7	50	-36	40
22.04.11	0	0,3		0	19	20	1,0	0	6	0	1,9	0,0	89	-7	53	-36	36
23.04.11	0	0,2		0	18	19	1,0	0	6	0	1,9	0,0	89	-7	52	-36	37
24.04.11	0	0,3		0	19	19	1,0	0	6	0	1,9	0,0	91	-12	54	-36	36
25.04.11	0	0,2		0	19	19	1,0	0	6	0	1,9	0,0	89	-7	50	-37	39
26.04.11	0	0,2		0	18	18	1,0	0	6	0	1,8	0,0	89	-5	38	-37	51
27.04.11	9,8	6,6	0,68	247	252	209	1,2	62	6	0	3,7	0,0	350	-4	555	-37	-205
28.04.11	6,6	3,7	0,57	64	216	218	1,0	58	6	0	3,2	2,1	352	176	349	76	3
29.04.11	0	1,7		0	125	141	0,9	0	6	0	2,1	1,3	352	293	82	-10	270
30.04.11	0	0,2		0	18	57	0,3	0	6	0	1,3	0,1	294	-9	-10	-37	304
Summe	40,0	33,4		995	1.508	1.298											

Hinweise: Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter; Wasserstand im BF: Werte <0 --> Wasserstand < Oberkante Dränage

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.05.11	0	0,2		0	18	19	0,9	0	6	0	0,5	0,0	139	-7	-28	-37	167
02.05.11	0	0,2		0	18	18	1,0	0	6	0	0,7	0,0	114	-8	-21	-37	135
03.05.11	0,3	0,0	0,00	0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-3	-5	-32	-33	29
04.05.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-3	-4	-32	-33	29
05.05.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-3	-5	-32	-33	29
06.05.11	0,1	0,0	0,00	0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-32	-33	29
07.05.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-31	-33	28
08.05.11	0	0,2		0	17	15	1,1	0	6	0	1,8	0,0	90	-4	44	-38	46
09.05.11	0	0,2		0	17	17	1,0	0	5	0	1,9	0,0	91	-5	56	-36	35
10.05.11	0	0,0		0	0	1	0,2	0	1	0	0,0	0,0	-4	-6	-32	-33	28
11.05.11	0	0,2		0	17	15	1,2	0	6	0	3,1	0,0	89	-6	42	-36	48
12.05.11	0,8	0,0	0,00	0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-33	-33	29
13.05.11	0	0,0		0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-33	-33	29
14.05.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	-4	-6	-33	-33	29
15.05.11	8,6	9,8	1,14	735	0	0		206	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-33	-33	29
16.05.11	3,1	11,8	3,80	882	0	0		30	0	0	0,0	0,0	-4	-4	-32	-33	28
17.05.11	1,2	7,8	6,47	583	0	0		10	0	0	0,0	0,0	-4	-4	-33	-33	28
18.05.11	1,9	0,9	0,46	23	42	33	1,3	2	6	0	0,8	0,0	178	-5	725	-33	-547
19.05.11	0,5	0,3	0,55	0	21	5	3,9	0	6	0	0,4	0,0	91	-4	654	-38	-563
20.05.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	75	60	644	628	-568
21.05.11	0	0,0		0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	60	45	628	614	-569
22.05.11	1,3	0,0	0,00	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	45	33	614	601	-569
23.05.11	0	10,1		757	0	0		16	0	0	0,0	0,0	33	-6	601	555	-568
24.05.11	0,1	12,2	122,01	915	0	0		16	0	0	0,0	0,0	-3	-10	555	391	-558
25.05.11	0	10,3		769	0	0		16	0	0	0,0	0,0	-3	-5	391	328	-394
26.05.11	0	8,3		604	17	1	12,0	16	6	0	0,1	0,0	156	-4	725	298	-569
27.05.11	2,7	8,0	2,97	601	0	3	0,0	89	0	0	0,0	0,0	143	127	712	697	-569
28.05.11	0	10,8		806	0	3	0,0	15	0	0	0,0	0,0	127	111	697	681	-570
29.05.11	0	9,2		691	0	3	0,0	15	0	0	0,0	0,0	111	99	681	669	-570
30.05.11	0	11,6		870	0	2	0,0	15	0	0	0,0	0,0	99	84	669	626	-570
31.05.11	8,7	22,5	2,59	1.691	0	1	0,0	89	0	0	0,0	0,0	95	84	665	655	-570
Summe	29,3	134,6		9.927	167	145											

Hinweise: Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter; Wasserstand im BF: Werte <0 --> Wasserstand < Oberkante Dränage  
Einstau Bodenfilter vom 18.5. - 3.6. zur Wasserversorgung des Schilfs

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.06.11	0,1	10,0	100,24	586	166	186	0,9	15	6	0	17,0	0,0	326	-8	664	-37	-338
02.06.11	0	0,2		0	18	26	0,7	0	6	0	2,4	0,0	91	-9	59	-37	32
03.06.11	0	0,2		0	18	18	1,0	0	6	0	2,2	0,0	90	-9	41	-37	49
04.06.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-31	-33	27
05.06.11	2,6	0,8	0,30	0	58	50	1,2	0	6	0	4,2	0,0	94	-6	516	-33	-422
06.06.11	0	0,0		0	0	5	0,0	0	0	0	2,1	0,0	-4	-5	21	-38	-25
07.06.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-5	-5	-33	-33	29
08.06.11	7,7	6,6	0,86	228	271	270	1,0	36	6	0	4,9	0,0	348	-8	710	-37	-362
09.06.11	0	0,2		0	17	19	0,9	0	6	0	2,2	0,0	92	-8	32	-36	60
10.06.11	3,6	1,6	0,44	0	119	77	1,5	0	6	0	4,3	0,0	237	-7	515	-37	-278
11.06.11	1,1	1,0	0,89	0	73	117	0,6	0	6	0	4,5	0,0	268	-7	547	-37	-278
12.06.11	0	0,2		0	18	17	1,0	0	6	0	2,2	0,0	92	-8	25	-37	67
13.06.11	0	0,3		0	20	19	1,1	0	6	0	2,3	0,0	92	-9	50	-37	41
14.06.11	0,6	0,5	0,77	0	35	33	1,0	0	6	0	3,2	0,0	93	-9	249	-37	-156
15.06.11	0	0,3		0	19	19	1,0	0	6	0	2,3	0,0	92	-10	47	-37	45
16.06.11	5	2,4	0,47	0	176	121	1,5	0	6	0	4,7	0,0	322	-5	648	-33	-326
17.06.11	0,7	0,5	0,66	0	35	89	0,4	0	6	0	4,7	0,0	346	-10	653	-34	-307
18.06.11	5,6	2,8	0,49	0	208	154	1,4	0	6	0	4,1	0,0	348	28	442	-37	-94
19.06.11	1,2	1,0	0,85	0	76	132	0,6	0	6	0	4,1	0,0	348	13	432	-39	-84
20.06.11	0	0,0		0	0	2	0,0	0	0	0	0,1	0,0	31	-10	-33	-33	64
21.06.11	3,3	1,2	0,38	0	93	48	1,9	0	6	0	3,8	0,0	270	-5	367	-36	-97
28.06.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	32	9	-33	-34	64
29.06.11	2,2	1,0	0,46	0	76	61	1,2	0	5	0	4,1	0,0	123	0	491	-38	-368
30.06.11	0,1	0,4	4,21	0	32	42	0,7	0	5	0	2,9	0,0	95	16	159	-37	-65
Summe	33,8	31,2		814	1527	1509											

Hinweise: Datenausfall in der Zeit vom 22.06.2011 - 27.06.2011

Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter; Wasserstand im BF: Werte <0 --> Wasserstand < Oberkante Dränage  
Einstau Bodenfilter vom 18.5. - 3.6. zur Wasserversorgung des Schilfs

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.07.11	2,1	0,9	0,41	0	65	62	1,0	0	5	0	3,2	0,0	112	12	227	-37	-114
02.07.11	0,1	0,0	0,00	0	0	2	0,0	0	0	0	0,1	0,0	37	2	-33	-33	70
03.07.11	0,5	0,1	0,27	0	10	10	1,0	0	5	0	2,2	0,0	94	-7	30	-37	64
04.07.11	0	0,0		0	0	2	0,0	0	0	0	0,0	0,0	20	-10	-33	-33	53
05.07.11	0	0,0		0	0	2	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-32	-33	29
06.07.11	0	0,2		0	17	16	1,0	0	5	0	2,2	0,0	94	-5	47	-44	47
07.07.11	0	0,2		0	18	17	1,1	0	5	0	2,2	0,0	93	-9	47	-44	46
08.07.11	0,4	0,3	0,66	0	20	19	1,0	0	5	0	2,4	0,0	93	7	63	-45	30
09.07.11	0	0,3		0	19	18	1,1	0	5	0	2,3	0,0	93	-11	61	-47	32
10.07.11	0,1	0,2	2,40	0	18	17	1,0	0	5	0	2,3	0,0	94	-9	50	-48	44
11.07.11	0	0,2		0	18	17	1,1	0	5	0	2,4	0,0	94	-10	61	-48	32
12.07.11	4,7	0,6	0,13	0	47	27	1,7	0	6	0	3,8	0,0	96	-9	401	-49	-305
13.07.11	0,2	1,5	7,50	0	112	131	0,9	0	6	0	4,7	0,0	234	-9	650	-43	-416
14.07.11	0,8	0,4	0,47	0	28	27	1,0	0	6	0	3,4	0,0	95	-8	273	-47	-177
15.07.11	1	0,6	0,58	0	44	41	1,1	0	6	0	3,5	0,0	96	-9	301	-47	-205
16.07.11	1,3	0,0	0,03	0	3	1	2,7	0	6	0	0,0	0,0	93	-5	-29	-50	122
17.07.11	3,3	2,0	0,62	0	153	155	1,0	0	6	0	4,5	0,0	196	-8	580	-45	-384
18.07.11	0,8	0,4	0,54	0	32	30	1,1	0	6	0	3,9	0,0	96	-9	411	-49	-315
19.07.11	0,3	0,0	0,00	0	0	2	0,0	0	0	0	0,1	0,0	-4	-5	-38	-49	33
20.07.11	0,1	0,0	0,00	0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-49	-52	45
21.07.11	8,8	7,0	0,80	410	117	73	1,6	551	6	0	4,5	0,0	233	-9	568	-53	-334
22.07.11	0	1,3		0	95	138	0,7	0	6	0	4,9	0,0	346	-8	666	-47	-320
23.07.11	0,3	0,1	0,36	0	8	7	1,2	0	6	0	1,7	0,0	96	-9	23	-50	72
24.07.11	11,9	6,3	0,53	245	228	177	1,3	54	6	0	4,5	0,0	332	-4	562	-47	-230
25.07.11	1,9	5,1	2,68	148	234	294	0,8	32	6	0	4,7	0,1	351	-9	609	-40	-258
26.07.11	13,7	12,0	0,87	728	171	127	1,3	535	6	0	4,1	0,0	347	-4	417	-46	-70
27.07.11	8,9	22,4	2,52	1.449	232	234	1,0	1815	6	0	4,2	0,1	347	-8	458	-41	-111
28.07.11	0	1,0		0	78	130	0,6	0	6	0	3,7	0,0	346	-9	318	-46	28
29.07.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-5	-5	-46	-51	42
30.07.11	0,1	0,3	2,51	0	19	16	1,1	0	5	0	2,2	0,0	94	-5	32	-51	62
31.07.11	0	0,2		0	17	16	1,1	0	5	0	2,2	0,0	94	-5	29	-49	65
Summe	61,3	61,3		2980	1619	1630											

Hinweise: Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter; Wasserstand im BF: Werte < 0 --> Wasserstand < Oberkante Dränage  
Einstau Bodenfilter vom 19.5. - 3.6. zur Wasserversorgung des Schilfs

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.08.11	0	0,3		0	20	19	1,1	0	5	0	2,3	0,0	94	-5	36	-49	58
02.08.11	0	0,2		0	18	18	1,0	0	5	0	2,2	0,0	94	-5	35	-49	59
03.08.11	2,9	1,2	0,42	0	90	58	1,6	0	6	0	4,2	0,0	165	-5	470	-49	-305
04.08.11	0,4	0,9	2,34	0	70	88	0,8	0	6	0	4,4	0,0	220	-5	532	-47	-312
05.08.11	3,3	2,0	0,61	0	150	159	0,9	0	6	0	4,6	0,0	332	-5	595	-45	-264
06.08.11	4,3	1,9	0,44	0	141	98	1,4	0	6	0	4,1	0,0	244	-5	481	-46	-237
07.08.11	0	0,8		0	61	104	0,6	0	6	0	4,3	0,0	313	-5	531	-47	-217
08.08.11	7,9	5,0	0,63	131	244	188	1,3	112	6	0	4,0	0,0	346	-5	413	-48	-67
09.08.11	2,9	2,5	0,87	0	189	240	0,8	0	5	0	3,9	1,1	347	8	396	-2	-49
10.08.11	0	0,0		0	0	8	0,0	0	0	0	1,1	0,0	53	-6	-3	-48	56
11.08.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-48	-53	44
12.08.11	12,4	9,0	0,73	413	262	210	1,2	390	6	0	4,0	0,0	348	-5	466	-53	-118
13.08.11	0,2	1,6	8,24	0	124	178	0,7	0	6	0	3,5	0,0	344	-7	276	-41	68
14.08.11	15	11,5	0,77	667	198	154	1,3	165	6	0	3,1	0,0	345	-5	184	-45	161
15.08.11	1,3	2,2	1,73	0	168	204	0,8	0	5	0	2,8	1,0	349	107	128	-3	221
16.08.11	0	0,0		0	0	14	0,0	0	0	0	1,0	0,0	105	-6	-3	-48	109
17.08.11	0	0,0		0	0	1	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-4	-5	-48	-52	43
18.08.11	10	6,1	0,61	388	67	31	2,2	81	6	0	3,7	0,0	202	-5	331	-54	-129
19.08.11	2,9	4,4	1,52	49	281	269	1,0	26	6	0	4,0	1,9	346	206	433	15	-87
20.08.11	0	0,5		0	38	80	0,5	0	5	0	1,9	0,1	345	-10	15	-37	330
21.08.11	1,8	0,5	0,26	0	35	10	3,4	0	5	0	2,3	0,0	171	-5	46	-48	125
22.08.11	0,1	0,1	1,12	0	8	34	0,2	0	5	0	2,5	0,0	199	-7	71	-47	128
23.08.11	9	6,3	0,70	436	35	10	3,4	440	6	0	1,9	0,0	171	-5	15	-48	156
24.08.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
25.08.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
26.08.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
27.08.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
28.08.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
29.08.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
30.08.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
31.08.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0

Summe 74,4 57,1 1953 1217 1196

Hinweise: Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter; Wasserstand im BF: Werte < 0 --> Wasserstand < Oberkante Dränage  
Ausfall der Messeinrichtung vom 24.08. - 02.09. durch Blitzeinschlag

RKB Benteler Straße mit nachgeschaltetem Bodenfilter, Messtechnische Begleitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum	Nieder- schlag N	effektiver Nieder- schlag N <sub>eff</sub>	N <sub>eff</sub> /N	Überlauf SKO	Zulauf BF	Ablauf BF	Zulauf / Ablauf	max. Überlauf SKO	max. Zulauf BF	min. Zulauf BF	max. Ablauf BF	min. Ablauf BF	max. Wasser- stand auf BF	min. Wasser- stand auf BF	max. Druck- höhe im BF	min. Druck- höhe im BF	Zeile 14 - Zeile 16
	[mm]	[mm]	[ - ]	[m³]	[m³]	[m³]	[ - ]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
01.09.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
02.09.11	0	0,0		0	0	0		0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
03.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	352	0	496	0	-144
04.09.11	19,9	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	347	289	496	489	-149
05.09.11	0,1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	348	289	491	481	-144
06.09.11	1,8	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	348	289	488	481	-139
07.09.11	7	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	347	288	488	483	-141
08.09.11	6,3	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	345	289	487	483	-143
09.09.11	1,9	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	344	120	486	458	-141
10.09.11	0,3	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	120	-13	458	424	-338
11.09.11	6,7	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	-4	-5	424	417	-428
12.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	-4	-5	419	413	-422
13.09.11	0,4	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	860	-5	2458	-42	-1597
14.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	7	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,1	0,1	-4	-5	-41	-42	37
15.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	6	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,1	0,1	-4	-5	-41	-41	37
16.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	6	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,1	0,1	-4	-5	-41	-41	37
17.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	5	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,1	0,1	-4	-4	-41	-41	37
18.09.11	4,2	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	5	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,1	0,0	-4	-5	-41	-41	37
19.09.11	0,1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	3	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	0,0	-4	-5	-41	-41	37
20.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	3	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	0,0	-4	-5	-41	-41	37
21.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	3	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	0,0	-4	-4	-41	-41	37
22.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	2	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	0,0	-4	-4	-41	-41	37
23.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	2	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	0,0	-4	-4	-41	-41	37
24.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	2	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	0,0	-3	-4	-41	-41	38
25.09.11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	0,0	0,0	-4	-4	-41	-41	38

Summe 123,1 57,1 0 0 38

Hinweise: Wasserstand auf BF: Werte < 0 --> Wasserstand < OK Filter; Wasserstand im BF: Werte < 0 --> Wasserstand < Oberkante Dränage

Ausfall der Messeinrichtung vom 24.08. - 02.09. durch Blitzeinschlag

Ausfall Datenübertragung MID im Zulauf BF durch kaputtes Bauteil STEB (damit keine Angabe Neff.)

Fehlmessung Ablauf BF vom 3.9. - 14.09. durch Verkrautung vor dem Wehr.

## **Anlage 2**

### **Konzentrationen**



Mischproben Zulauf Retentionsbodenfilter (RBF) Benteler Straße																				
Datum Proben-abholung	pH	LF	Abs. Stoffe	Abfil-trierbare Stoffe	CSB hom	Cl	Na	Fe	Cu	Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	KW-Index	PAK (EPA)	Pb (Filtr.)	Cd (Filtr.)	Cu (Filtr.)	Zn (Filtr.)
		[µS/cm]	[mg/L]	[g/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
07.12.2010	7,61	3610	0,3	0,048	49	1200	697	0,96	0,0266	0,00016	0,0032	0,0022	0,0053	0,37			0,00025	0,00012	0,0118	0,22
13.12.2010	7,46	2420	0,1	0,058	53	773	495	3,60	0,0234	0,00011	0,0024	0,0017	0,0069	0,42	0,750	0,115	0,00025	0,00005	0,0102	0,18
14.01.2011	7,92	1439	0,3	0,014	34	334	177	1,40	0,0201	0,00005	0,0062	0,0068	0,00005	0,27			0,00025	0,00005	0,0141	0,18
20.01.2011	7,85	1129	0,05	0,010	18	239	137	0,42	0,0134	0,00005	0,0056	0,0050	0,0034	0,21	0,05	0,01	0,0017	0,00005	0,0098	0,26
07.02.2011	7,98	1797	0,1	0,023	19,0	415	264	0,91	0,014	0,00014	0,005	0,0028	0,0034	0,23			0,0013	0,0001	0,0110	0,16
18.02.2011	7,79	934	0,2	0,007	7,5	184	113	0,16	0,0114	0,00242	0,0011	0,0019	0,0026	0,19			0,00025	0,00005	0,0083	0,17
04.04.2011	7,89	125	0,6	0,121	102	10,5	9,9	4,80	0,0543	0,00015	0,0114	0,0073	0,0200	0,48	0,290	0,01	0,00025	0,00005	0,0174	0,43
29.04.2011	7,80	274	0,4	0,027	70	12,3	9,3	0,25	0,029	0,00010	0,0026	0,0025	0,0033	0,15			0,00025	0,00005	0,0132	0,14
17.06.2011	7,80	105	1,1	0,025	51	3,7	3,1	1,10	0,020	0,00010	0,001	0,0026	0,0056	0,26	0,05	0,01	0,00025	0,00005	0,0112	0,11
21.06.2011	7,64	71	1,2	0,028	30	2,3	7,6	1,20	0,0173	0,00010	0,0053	0,001	0,0047	0,19	0,05	0,01	0,00025	0,00005	0,0106	0,07
08.07.2011	7,73	195	0,2	0,011	40	9,5	6	0,34	0,0115	0,00005	0,002	0,0018	0,0013	0,23			0,0005	0,0001	0,0115	0,16
14.07.2011	7,81	182	1,0	0,040	68	7,1	5	0,64	0,0202	0,00005	0,003	0,0022	0,0047	0,25	0,05	0,01	0,00025	0,00005	0,0089	0,11
19.07.2011	7,62	93	1,0	0,012	39	73,8	3	0,31	0,0118	0,00005	0,002	0,0017	0,0018	0,24			0,0005	0,00005	0,0109	0,15
27.07.2011	8,08	63	0,5	0,038	20	2,4	3	0,78	0,0632	0,00005	0,0029	0,0018	0,0038	0,20			0,00025	0,00005	0,0664	0,056
28.07.2011	7,65	65	0,6	0,024	24	2,4	3	0,75	0,0307	0,00026	0,0095	0,0049	0,0089	0,16			0,0059	0,0003	0,0160	0,10
05.08.2011	7,88	175	0,2	0,0200	46	6,1	5,2	0,68	0,0304	0,00010	0,0070	0,0043	0,0046	0,17			0,00025	0,00005	0,0104	0,120
09.08.2011	8,00	86	0,4	0,0240	26	2,7	3,0	0,75	0,0308	0,00010	0,0113	0,0211	0,0044	0,15			0,00025	0,00005	0,0063	0,059
15.08.2011	7,42	66	2,5	0,0276	25	4,2	1,9	0,46	0,0127	0,00005	0,0029	0,0014	0,0035	0,17			0,00025	0,00005	0,0051	0,080
19.08.2011	7,46	71	1,5	0,0200	31	1,7	2,3	1,10	0,0193	0,0003	0,0103	0,0052	0,0062	0,27			0,0006	0,00005	0,0071	0,13
24.08.2011	7,48	67	2,5	0,0124	7,5	1,9	2,2	0,43	0,0115	0,00010	0,008	0,0041	0,0031	0,17			0,00025	0,00005	0,0074	0,14
25 % Quantil	7,62	71	0,20	0,0135	23,0	3	3	0,43	0,0132	0,00005	0,0026	0,0018	0,0033	0,17	0,05	0,01	0,0003	0,00005	0,0088	0,11
Median	7,80	150	0,45	0,0238	32,5	8	6	0,75	0,0201	0,00010	0,0042	0,0026	0,0041	0,22	0,05	0,01	0,0003	0,00005	0,0108	0,14
arith. Mittelwert	7,74	648	0,74	0,0294	38,0	164	97	1,05	0,0236	0,00022	0,0052	0,0041	0,0049	0,24	0,21	0,03	0,0007	0,00007	0,0134	0,15
fg. Mittelwert			0,76	0,0295	37,6	152	92	1,03	0,0242	0,00019	0,0052	0,0042	0,0050	0,23	0,22	0,03	0,0007	0,00007	0,0137	0,14
75 % Quantil	7,88	983	1,03	0,0304	49,5	198	119	1,10	0,0290	0,00014	0,0073	0,0049	0,0054	0,26	0,23	0,01	0,0005	0,00005	0,0122	0,17
Min	7,42	63	0,05	0,0073	7,5	2	2	0,16	0,0114	0,00005	0,0010	0,0010	0,0001	0,15	0,05	0,01	0,0003	0,00005	0,0051	0,06
Max	8,08	3610	2,50	0,1210	102,0	1200	697	4,80	0,0632	0,00242	0,0114	0,0211	0,0200	0,48	0,75	0,12	0,0059	0,00030	0,0664	0,43
Standardabw.	0,19	978	0,73	0,0253	23,2	314	188	1,15	0,0139	0,00052	0,0034	0,0044	0,0041	0,09	0,28	0,04	0,0013	0,00006	0,0128	0,08

grau kursiv hinterlegt = halbe Bestimmungsgrenze

Mischproben Ablauf Retentionsbodenfilter (RBF) Benteler Straße																				
Datum Proben- abholung	pH	LF	Abs. Stoffe	Abfil- trierbare Stoffe	CSB hom	Cl	Na	Fe	Cu	Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	KW-Index	PAK (EPA)	Pb (Filtr.)	Cd (Filtr.)	Cu (Filtr.)	Zn (Filtr.)
		[µS/cm]	[mL/L]	[g/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
07.12.2010	7,79	3040	0,0	0,004	7,50	995	684	0,084	0,0079	0,0000	0,0018	0,0015	0,00059	0,01			0,00025	0,0000	0,0096	0,027
13.12.2010	8,44	5250	0,0	0,012	24	1740	1100	0,560	0,0077	0,0000	0,0019	0,0013	0,00110	0,035	0,00	0,00	0,00025	0,0000	0,0076	0,022
14.01.2011	7,74	490	0,0	0,005	7,50	230	142	0,180	0,0076	0,0000	0,0005	0,0005	0,00025	0,049			0,00025	0,0000	0,0075	0,036
20.01.2011	7,94	1259	0,0	0,001	7,50	274	154	0,051	0,0063	0,0000	0,0037	0,0037	0,0017	0,087	0,00	0,00	0,0014	0,0000	0,0081	0,110
07.02.2011	7,8	1427	0,0	0,002	7,50	530	331	0,140	0,0067	0,0000	0,0029	0,002	0,0016	0,050			0,0019	0,0000	0,0075	0,047
18.02.2011	7,9	912	0,0	0,001	24	177	110	0,024	0,0005	0,0000	0,0012	0,0015	0,00025	0,050			0,00025	0,0000	0,0053	0,056
04.04.2011	8,2	159	0,1	0,010	22	9,7	10,0	0,220	0,0120	0,0000	0,0105	0,0050	0,0050	0,0150	0,00	0,00	0,0005	0,0000	0,0128	0,005
29.04.2011	8,1	328	0,0	0,001	35	12,4	9,2	0,049	0,0154	0,0000	0,0005	0,0017	0,00025	0,0050			0,00025	0,0000	0,0159	0,0290
17.06.2011	8,0	196	0,0	0,002	17	4,6	4,7	0,070	0,0071	0,0000	0,0005	0,0005	0,00025	0,0110	0,00	0,00	0,00025	0,0000	0,0074	0,0063
21.06.2011	8,2	145	0,0	0,001	7,50	2,1	6,0	0,170	0,0048	0,0000	0,0022	0,0010	0,0010	0,0960	0,00	0,00	0,00025	0,0000	0,0066	0,0050
08.07.2011	8,3	289	0,0	0,003	7,50	9,7	5,7	0,025	0,0063	0,0000	0,0016	0,0014	0,00025	0,0035			0,00025	0,0000	0,0068	0,0035
14.07.2011	8,1	282	0,0	0,002	24	8,8	6,5	0,043	0,0068	0,0000	0,0018	0,0014	0,00025	0,0025	0,00	0,00	0,00025	0,0000	0,0070	0,0070
19.07.2011	8,1	192	0,0	0,002	17	31,9	3,7	0,052	0,0061	0,0000	0,0017	0,001	0,00025	0,0035			0,00025	0,0000	0,0062	0,0035
27.07.2011	8,1	125	0,0	0,001	16	2,1	2,9	0,043	0,0633	0,0000	0,0017	0,0005	0,00025	0,0025			0,00025	0,0000	0,0587	0,0025
28.07.2011	8,0	128	0,0	0,001	7,50	1,8	3,4	0,076	0,0307	0,0000	0,0084	0,004	0,0077	0,0550			0,0047	0,0004	0,0169	0,0480
05.08.2011	8,03	280	0,0	0,0022	20	6,3	5,6	0,026	0,0061	0,0000	0,0005	0,0005	0,00025	0,0025			0,00025	0,0000	0,0067	0,0080
09.08.2011	8,11	177	0,0	0,0003	7,50	3,4	3,1	0,031	0,0042	0,0000	0,0012	0,0005	0,00025	0,0025			0,00025	0,0000	0,0062	0,0070
15.08.2011	8,00	144	0,0	0,0007	7,50	3,1	2,4	0,044	0,0035	0,0000	0,0019	0,0005	0,00025	0,0080			0,00025	0,0000	0,0038	0,0025
19.08.2011	7,97	198	0,0	0,0019	7,50	2,4	2,6	0,047	0,0037	0,0000	0,0005	0,0005	0,00025	0,0025			0,00025	0,0000	0,0053	0,0085
24.08.2011	7,96	140	0,0	0,0013	7,50	2,2	1,9	0,024	0,0036	0,0000	0,0005	0,0022	0,00025	0,0025			0,00025	0,0000	0,004	0,0025
25 % Quantil	7,96	156	0,00	0,0012	7,5	3	3	0,04	0,0047	0,00000	0,0005	0,0005	0,0003	0,00	0,00	0,00	0,0003	0,00000	0,0062	0,00
Median	8,04	239	0,00	0,0016	7,5	9	6	0,05	0,0065	0,00000	0,0017	0,0014	0,0003	0,01	0,00	0,00	0,0003	0,00000	0,0072	0,01
arith. Mittelwert	8,03	758	0,01	0,0028	14,1	202	129	0,10	0,0105	0,00000	0,0023	0,0016	0,0011	0,02	0,00	0,00	0,0006	0,00002	0,0105	0,02
fg. Mittelwert			0,01	0,0027	14,1	212	136	0,10	0,0112	0,00000	0,0023	0,0016	0,0011	0,02	0,00	0,00	0,0006	0,00002	0,0111	0,02
75 % Quantil	8,10	596	0,00	0,0026	20,5	190	118	0,10	0,0078	0,00000	0,0020	0,0017	0,0010	0,05	0,00	0,00	0,0003	0,00000	0,0085	0,03
Min	7,7	125	0,00	0,0003	8	2	2	0,02	0,0005	0,00000	0,0005	0,0005	0,0003	0,00	0,00	0,00	0,0003	0,00000	0,0038	0,00
Max	8,4	5250	0,10	0,0120	35	1740	1100	0,56	0,0633	0,00000	0,0105	0,0050	0,0077	0,10	0,00	0,00	0,0047	0,00038	0,0587	0,11
Standardabw.	0,16	1269	0,02	0,0031	8,4	438	282	0,12	0,0139	0,00000	0,0026	0,0013	0,0019	0,03	0,00	0,00	0,0011	0,00008	0,0119	0,03
grau kursiv hinterlegt = halbe Bestimmungsgrenze																				
grau kursiv fett hinterlegt = nahezu alle Wert < BG: Wert =0																				

