

ERLÄUTERUNGSBERICHT

„Vergleichende Untersuchung zur
Wirksamkeit des HydroSystems
„heavy traffic“ und eines
Regenklärbeckens“

3P Technik Filtersystem GmbH



ERLÄUTERUNGSBERICHT

„Vergleichende Untersuchung zur Wirksamkeit
des HydroSystems „heavy traffic“
und eines Regenklärbeckens“

3P Technik Filtersystem GmbH

1	Veranlassung und Ziele	4
2	Möglichkeiten und Grenzen der Vergleichbarkeit	5
3	Filterschachtsystem der Firma 3P Technik Filtersysteme GmbH	7
4	Versuchsanlage „Standort RKB Kulloch“	9
4.1	Einzugsgebiet und Regenklärbecken	9
4.2	Beschreibung der Versuchsanlage	9
4.3	Technische Ausrüstung der Versuchsanlage - Messtechnik	11
4.3.1	Kontinuierliche Parametermessung durch Photometersonden	12
4.3.2	Durchflussmessung im Zuflussbereich des Regenklärbeckens	16
4.3.3	Durchflussmessung im Zuflussbereich des Filterschachtsystems	17
4.3.4	Füllstandsmessungen	18
5	Untersuchung zur Wirkung des Systems „heavy traffic“	19
5.1	Rahmenbedingungen und Konzept der vergleichenden Untersuchungen	19
5.2	Messergebnisse der kontinuierlichen Parametermessung „AFS“	21
5.3	Messergebnisse der kontinuierlichen Parametermessung „AFS“ unter Berücksichtigung der überproportionalen Beschickung	24
5.3.1	Anpassung der Messergebnisse unter Berücksichtigung der überproportionalen Beschickung	24
5.3.2	Ergebnisse mit Proportionalitätsfaktor	26
5.4	Betriebsbegleitung und Betriebszeitraum	27
6	Zusammenfassung der Ergebnisse und Bewertung des Systems	31

Verzeichnis der Anhänge

- Anhang 1: Wartungsprotokoll
- Anhang 2: Messergebnisse der kontinuierlichen Parametermessung „AFS“
Messergebnisse der kontinuierlichen Parametermessung „AFS“ unter Berücksichtigung der überproportionalen Beschickung

1 Veranlassung und Ziele

Gesteigerte Anforderungen an die Behandlung von Oberflächenabflüssen haben zur Entwicklung alternativer Behandlungssysteme geführt. Maßgebliche Hinweise zu den Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung enthält das Merkblatt DWA-M 153 (2007). Mit dem Runderlass vom 26. Mai 2004 „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ (sogenannter „Trennerlass“, 2004) ist die Diskussion über die dezentrale Behandlung von Oberflächenabflüssen in NRW maßgeblich belebt worden. Dezentrale Systeme zeichnet die ortsnahe Behandlung der Oberflächenabflüsse aus, so dass eine Vermischung mit behandlungspflichtigen Abflüssen vermieden wird. Es handelt sich bei diesen Systemen um kompakte Systemeinheiten. Diese lassen sich grob in drei Kategorien

- Straßeneinlaufeinsätze
- Rinnensysteme
- Schachtsysteme

einteilen.

Für diese Systeme besteht gemäß dem sog. „Trennerlasses NRW“ die Forderung, dass „... im Zulassungsverfahren nachgewiesen wird, dass hinsichtlich des Schadstoffrückhaltes und des dauerhaften Betriebs eine Vergleichbarkeit vorliegt“. Dabei bezieht sich die Vergleichbarkeit auf „herkömmliche Systeme“, die in erster Linie durch Regenklärbecken repräsentiert werden. Für die Einleitung der mit diesen Systemen behandelten Abflüsse in Oberflächengewässer ist derzeit kein Bauartzulassungsverfahren abschließend entwickelt.

Eine Möglichkeit zur dezentralen Behandlung von Niederschlagsabflüssen stellt das HydroSystem „heavy traffic“ der Firma 3P Technik Filtersystem GmbH (3P) dar.

Die Firma 3P Technik Filtersysteme GmbH beauftragte die Dr. Pecher AG, eine Untersuchung hinsichtlich der Wirksamkeit des HydroSystems „heavy traffic“ im Vergleich zu einem klassischen Regenklärbecken durchzuführen.

2 Möglichkeiten und Grenzen der Vergleichbarkeit

Die Forderung der „Vergleichbarkeit“ umfasst sowohl betriebliche Aspekte als auch die Wirkung, also das Stoffrückhaltevermögen der jeweiligen Systeme. Allein durch die konstruktive Gestaltung der Systeme (Filterschächte und Regenklärbecken) bestehen maßgebliche Unterschiede.

Beispiele für Unterschiede hinsichtlich der „Wirkung“

- **Hydraulische Bedingungen und Kapazität:** Der Bemessungszufluss (Q_{krit}) in ein Regenklärbecken übersteigt den Zufluss in ein dezentrales System häufig um ein Vielfaches und ist in der Praxis sowohl von den Flächen als auch von der konstruktiven Gestaltung abhängig.
- **Angeschlossene Fläche:** An ein RKB sind in der Regel unterschiedliche Flächen angeschlossen. Bei dezentralen Systemen beschränkt sich die Fläche zumeist auf eine bestimmte Nutzungsart (Parkplatz, Dachfläche etc.).
- **Größe und konstruktive Gestaltung:** RKB werden zumeist in Betonbauweise oder als offene Erdbecken ausgebildet.
- **Wirkprinzip und Wirkungsgrad:** Die Wirkung eines RKB beruht auf der Sedimentation und der Flotation von Feststoffen. Die hier untersuchten Filterschachtsysteme weisen zusätzlich chemisch/physikalische Wirkprinzipien auf. Diese umfassen u. a. die Sorption von Stoffen, aber auch Stoffumwandlungsprozesse (Fällung).

Beispiele für Unterschiede hinsichtlich des „Betriebs“

- **Filtration vs. Sedimentation:** Die hier untersuchten Filtersysteme erfordern systembedingt andere betriebliche Maßnahmen als ein RKB.
- **Betriebspunkte:** Dezentrale Systeme stellen kleine Einheiten mit einer vergleichsweise hohen Anzahl an Betriebspunkten dar.
- **Hydraulische Kapazität:** Der Bemessungszufluss (Q_{krit}) in ein Regenklärbecken übersteigt den Zufluss in ein dezentrales System häufig um ein Vielfaches.
- **Größe und konstruktive Gestaltung:** Die Reinigung von Filtereinheiten in Schachtbauwerken umfasst weitgehend andere Arbeitsschritte.

Insofern ist eine direkte vergleichende Gegenüberstellung nicht ganz einfach. Es ist allerdings davon auszugehen, dass die Forderung des Trennerlasses einen relativen Systemvergleich meint bzw. fordert.

Die Herausforderung bei der Entwicklung dezentraler Filtersysteme ist letztlich der Kompromiss zwischen „Wartung“ und „Wirkung“. Filtersysteme können ohne große Mühe so konzipiert werden, dass ein überdurchschnittlich hohes Stoffrückhaltevermögen erreicht werden kann. Allerdings würde der hohe Wirkungsgrad einen entsprechend hohen Betriebsaufwand erfordern.

Dabei ist allerdings nicht generell von höheren Aufwendungen und Kosten für dezentrale Systeme auszugehen (Grüning et al., 2010).

Der hier durchgeführte Vergleich des Filterschachtsystems der Firma 3P Technik erfolgt mit dem realen Zufluss eines RKB. Dabei wird aus dem Zuflussbereich des RKB ein definierter Volumenstrom in das Filterschachtsystem gepumpt. Die jeweils zurückgehaltenen Frachten werden für einzelne Regenereignisse miteinander verglichen.

3 Filterschachtsystem der Firma 3P Technik Filtersysteme GmbH

Bei dem System „heavy traffic“ handelt es sich um in Schachtsysteme integrierte Filterelemente, die gemäß Herstellerangabe eine Behandlung des Wassers durch Sedimentation, Adsorption, Filtration und chemische Fällung bewirken. Die Filtereinheiten (Kartuschen) werden in einen Standardbetonschacht oder Kunststoffschacht mit einem Durchmesser von 1000 mm angeordnet. Das System eignet sich je nach Filtertyp für die Behandlung von Abflüssen von Dachflächen und Verkehrsflächen mit einer Flächengröße bis 500 m².

Der Zulauf erfolgt über einen Absturz in den unteren Teil des Schachtes. Das Regenwasser wird tangential in den hydrodynamischen Abscheider eingeleitet. Ein Teil der Feststoffe gelangt in den strömungsberuhigten Sedimentationsraum. Der durch den Zyklonabscheider mechanisch vorbehandelte Abwasserstrom wird anschließend im Aufstromverfahren über den hydrostatischen Druckausgleich durch vier mittig im Reinigungsschacht angeordnete Filterelemente geführt. Dabei werden Feinstoffe aus dem Wasser gefiltert sowie ein Großteil der gelösten Schadstoffe ausgefällt und adsorptiv gebunden. Anschließend kann das behandelte Wasser direkt dem natürlichen Wasserkreislauf zugeführt werden. Der Filter ist rückspülbar und im Falle einer völligen Verschlämzung leicht austauschbar (HydroCon, 2010). Bild 1 zeigt das skizzierte Schachtsystem und das Funktionsprinzip des Systems „heavy traffic“.

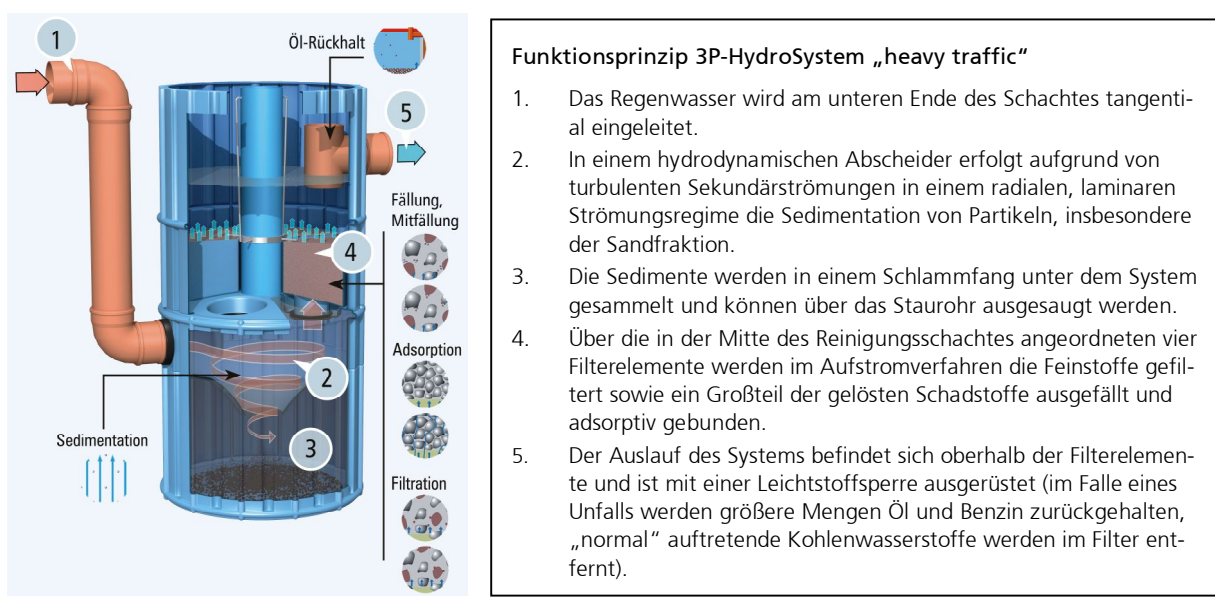


Bild 1 Systemskizze des Filterschachtsystems „heavy traffic“ (3P, 2009)

Der hydraulische Druck, der im System durch den Aufstrom des Niederschlagswassers von unten nach oben erzeugt wird, soll laut Hersteller durch die Mindesthöhe des Notüberlaufrohres (DN 200) erreicht werden. Zuflüsse, die über der Durchflusskapazität des Filtersystems liegen, werden über den Notüberlauf abgeschlagen. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass die Filterelemente einem hydraulischen Druck oberhalb ihrer Kapazität ausgesetzt werden. In Tabelle 1 sind die vom Hersteller genannten Kenngrößen des Filtersystems zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 1 Kenngrößen des HydroSystems „heavy traffic“

Kenngröße	Einheit	Wert
Schachtdurchmesser (DN)	mm	1.000
max. anzuschließende Fläche/Schacht	m ²	500
Maximalzufluss im Lieferzustand	l/s	9 l/s
Standzeit Filter	a	k. A.
Notüberläufe	1/a	3

4 Versuchsanlage „Standort RKB Kulloch“

4.1 Einzugsgebiet und Regenklärbecken

Das Einzugsgebiet der Versuchsanlage liegt auf dem Lichtscheider Höhenrücken im Stadtteil Cronenberg. Im Norden des Einzugsgebietes schließt die Hahnerberger Straße, die als Haupt Verbindungsweg zwischen Elberfeld und Cronenberg mit einem Verkehrsaufkommen von rund 15.000 Fahrzeugen pro Tag stark frequentiert ist, an die Niederschlagswasserkanalisation an. Im Süden und Südwesten befinden sich Privatgärten und Einfamilienhaussiedlungen. Die Versuchsanlage „Kulloch“ befindet sich auf einer großräumig aufgeschütteten Fläche zwischen einem Industriebetrieb und der stillgelegten Gleisanlage „Sambatrasse“.

Das gesamte Einzugsgebiet hat eine Größe von $A_{E,k} = 19,32$ ha. Der abflusswirksame Flächenanteil beträgt 11,28 ha. Die befestigten Flächen wurden in die Kategorien I (unverschmutztes Niederschlagswasser) und II (gering verschmutztes Niederschlagswasser), die nicht klärpflichtig sind, sowie in die behandlungspflichtige Kategorie III (stark verschmutztes Niederschlagswasser) unterteilt. Tabelle 2 zeigt die Kategorisierung der einzelnen Flächen.

Tabelle 2 Kategorisierung der einzelnen Flächen im Einzugsgebiet des RKB gemäß Trennerlass

Flächenart/ befestigte Flächen	A _{E,b} in ha			
	Kategorie I	Kategorie II	Kategorie III	Summe
Dachflächen	3,71	1,23	0,07	5,01
Städtische Straßenflächen	0,78	1,07	1,87	3,72
Sonstige versiegelte Flächen	0,56	2,48	0,06	3,10
Summe	5,05	4,78	2,00	11,83

4.2 Beschreibung der Versuchsanlage

Als Referenzsystem zur vergleichenden Gegenüberstellung der Reinigungswirkung des Filterschachtsystems wurden Untersuchungen auf einer Versuchsanlage der WSW Energie & Wasser AG (Wuppertal) durchgeführt, die in Kooperation mit der Dr. Pecher AG (Erkath) betrieben wird. Bei dem Referenzsystem handelt sich um ein im Grundriss rechteckiges Durchlaufbecken im Hauptschluss. Die Entleerung erfolgt durch füllstandsgeregelte Pumpen, die den Beckeninhalt nach Regenende in das Schmutzwassernetz einleiten.

Ohne Betrieb der Pumpen kann das Becken auch alternativ als Regenklärbecken mit Dauerstau betrieben werden. Das Becken entlastet über einen Klärüberlauf und ein Trennbauwerk in ein Regenrückhaltebecken. Das Volumen des RKB beträgt $155,7 \text{ m}^3$. Für die Bemessung des RKB wurde ein kritischer Oberflächenabfluss (Q_{krit}) von $169,2 \text{ l/s}$ zugrunde gelegt. Daraus ergibt sich eine Oberflächenbeschickung von $q_{A, \text{RKB}} = 8,46 \text{ m/h}$. Aus der im Projektverlauf neuen und detaillierten Aufnahme der Flächen (Tabelle 2) resultiert ein vermindertes Q_{krit} für den Betrieb von 127 l/s .

Die Wirkung des Beckens wird durch einen vorgelagerten Stauraumkanal zusätzlich positiv beeinflusst. Über eine Länge von $65,25 \text{ m}$ verläuft ein Kreisprofil (DN 1000), das in Kombination mit dem RKB über diesen Haltungsabschnitt wie ein Stauraumkanal mit unten liegender Entlastung (SKU) wirkt. Bei starken Niederschlagsereignissen oder bei dem Betrieb des RKB mit Dauerstau beträgt das durch den Einstau des Stauraumkanals erweiterte statische Kanalvolumen $51,25 \text{ m}^3$ und macht damit zusätzlich über 40% des eigentlichen Beckenvolumens aus.

Unter Berücksichtigung des verminderten Q_{krit} in das RKB beträgt die Oberflächenbeschickung $6,4 \text{ m/h}$. Die Oberflächenbeschickung (q_A) für dieses kombinierte Bauwerk „RKB + SK“ beträgt lediglich $3,7 \text{ m/h}$ und liegt damit deutlich unter der Maximalvorgabe von 10 m/h .

Das Volumen des RRB wird mit 1.930 m^3 angegeben. Das behandelte Niederschlagswasser wird gedrosselt in den Burgholzbach eingeleitet, der in die Wupper mündet. Das Filterschachtsystem ist im Zuflussbereich des RKB angeordnet.

Bild 2 zeigt den schematischen Aufbau der Versuchsanlage Kulloch mit RKB, RRB und dem Filtersystem.

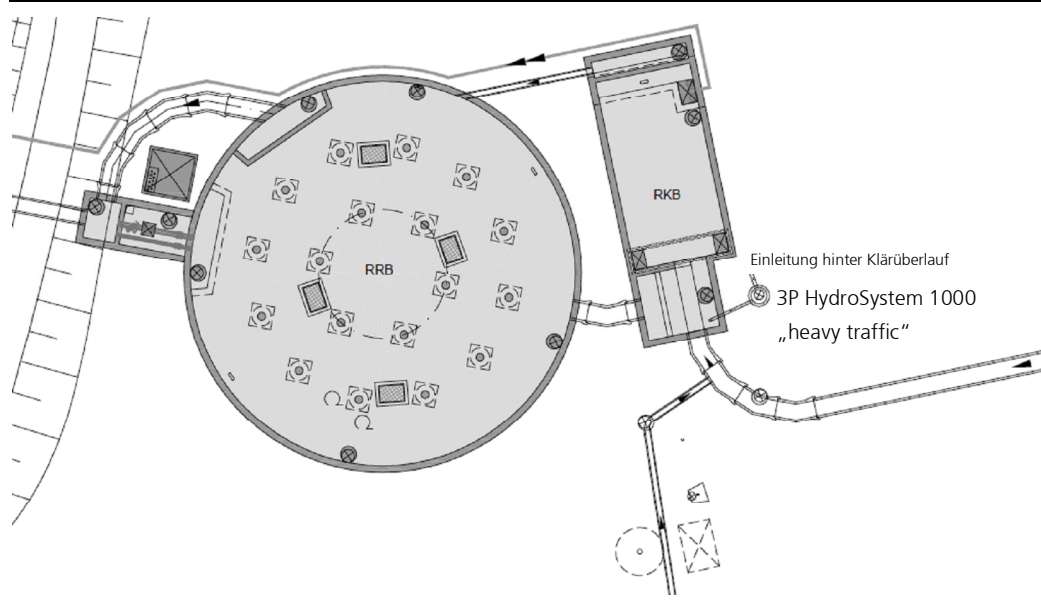


Bild 2 Lageplan der Versuchsanlage „Kulloch“

4.3 Technische Ausrüstung der Versuchsanlage - Messtechnik

Zur kontinuierlichen Beschickung des Filtersystems während eines Niederschlagsereignisses wurde eine Tauchpumpe im Zulauf des RKB installiert.

Für eine vergleichende Untersuchung der Reinigungswirkung sind im Zulauf zum RKB sowie in den Abläufen des RKB und des Filterschachtes Photometersonden zur kontinuierlichen Erfassung der Parameter AFS_{eq} , $NO_{3, eq}$, $CSB_{f, eq}$ und CSB_{eq} installiert.

Zur Betriebsüberwachung wird der Füllstand im RKB sowie im Staurohr des Filterschachtes erfasst. Bild 3 zeigt die Anordnung der Pumpe und der Messtechnik. Mit dieser Anordnung kann die Langzeitwirkung im direkten Vergleich zum RKB untersucht werden. Zusätzlich wurden die Daten des auf der Versuchsanlage installierten Niederschlagsschreibers der WSW verwendet.

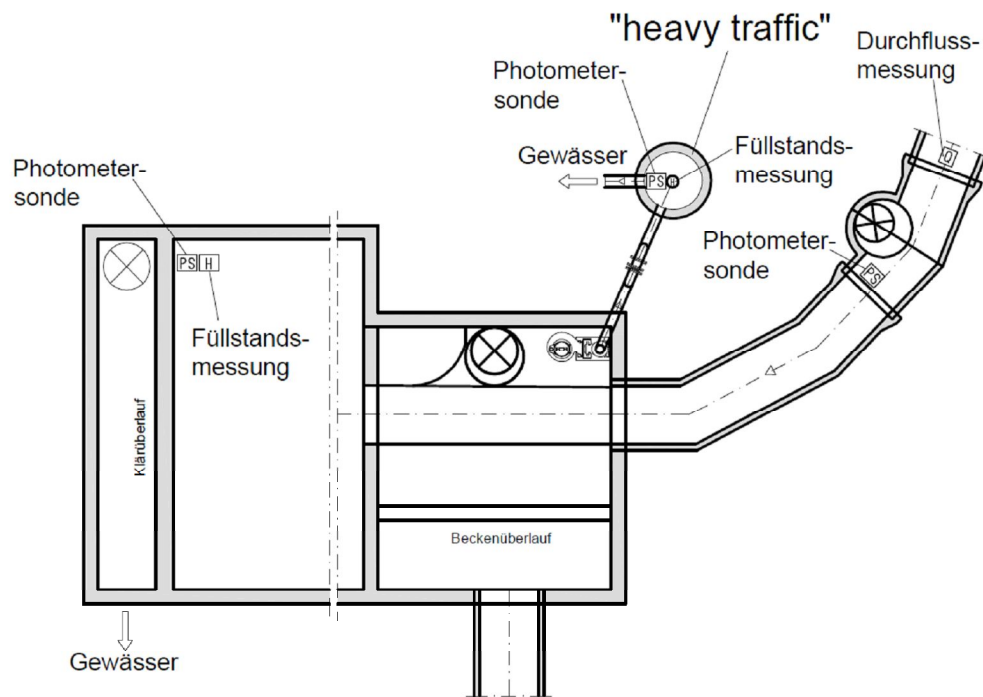


Bild 3 Einbauorte der Messtechnik auf der Versuchsanlage „Kulloch“

4.3.1 Kontinuierliche Parametermessung durch Photometersonden

Der Konzentrationsverlauf von gewässerverunreinigenden Stoffen in der Kanalisation folgt keinen allgemeingültig beschreibbaren Regeln. In Abhängigkeit von einer Fülle an Randbedingungen können ausgeprägte Spülstöße und Konzentrationsschwankungen auftreten. Neben der Charakteristik des Einzugsgebietes (Geländestruktur, Flächennutzung etc.) beeinflussen die Kanalisation (Gefälle, Speicher- und Abschlagsbauwerke etc.) sowie das Niederschlagsgeschehen (Intensität, Trockenphasen, Gebietsvariabilität etc.) das Verhalten von Stoffakkumulation und Stoffabtrag. Die Erfassung dieser hochdynamischen Prozesse kann durch Probenahmegeräte bestenfalls zur nachträglichen Analyse eines zeitlichen Ausschnitts des Systemverhaltens dienen. Eine Methode zur kontinuierlichen Bestimmung der Abwasserzusammensetzung ist die messtechnische Erfassung der Durchlässigkeit des ultravioletten Lichtes durch das Medium als Stoffäquivalenzgröße zu bekannten Parametern der Wasseranalytik. Diese Eigenschaft kann zur orientierenden Messung gelöster organischer Wasserverunreinigungen herangezogen werden (DEV, 2007). Die Überwachung mit dieser Technik durch eine Photometersonde bietet den Vorteil einer kontinuierlichen Messwertaufnahme. Photometersonden liefern ein Parame-

teräquivalent durch Aufnahme eines Messspektrums im UV/Vis-Bereich (Sturmwöhrer et al., 2002).

Übliche Indikatorparameter, wie z. B. CSB, AFS, SAK oder Stickstoff lassen sich mit diesem Messkonzept sicher nachweisen (u. a. Grüning, 2001 und 2005; Grüning und Hoppe, 2007). Im Rahmen der hier durchgeführten vergleichenden Untersuchungen wurde eine Photometer-Tauchsonde mit einer Messspaltweite von 5 mm der Fa. s::can (Wien) eingesetzt, die für den Einsatz in Regenwasser geeignet ist.

Die Messung im Medium erfolgt durch eine geregelte Xenon-Lampe über einen Spektralbereich zwischen 200 und 750 nm (Bild 4).

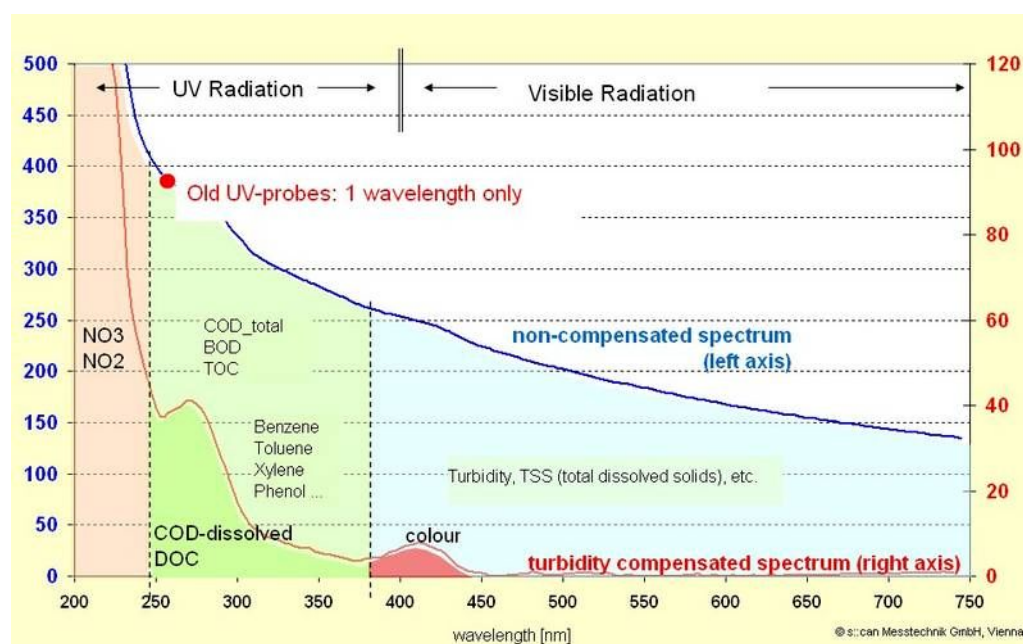


Bild 4 Darstellung der UV/Vis-Wellenlängen und charakteristischer Absorptionsbanden relevanter Parameter (s::can Messtechnik GmbH)

Die Reinigung des Messfensters erfolgt über eine Luftdruck-Reinigung. Die Reinigungsintervalle (Dauer eines Reinigungsintervalls und zeitlicher Abstand zwischen den einzelnen Intervallen) sowie die Stärke des Luftdrucks können messstellenspezifisch im Rahmen der

Inbetriebnahme und Testphase gewählt und an mögliche Änderungen der Abwasserzusammensetzung (z. B. bei Anschluss neuer Gebiete oder Nutzungsänderungen) angepasst werden.

Das Auslesen oder Betreiben der Sonde ist über eine Schnittstelle zu einem Laptop oder durch einen s::can-Bedienrechner (Bild 5) möglich. Als aktuelle Messwerte können die Adsorption (z. B. SAK254) oder die dazu korrelierten Werte (z. B. AFS_{eq} und CSB_{eq}) angezeigt und gespeichert werden. Das Gerät verfügt über einen internen Speicher.



Bild 5 s::can-Bedienrechner der Sonden Zulauf und Ablauf RKB (links) und 3P (rechts)

Der Einsatz von Photometersonden (Tabelle 3) ermöglicht eine kontinuierliche Aufzeichnung des Parameters AFS. Dieser Parameter spielt bei der Beurteilung der stofflichen Belastung von Gewässern durch Niederschlagswasser eine wesentliche Rolle, da die Belastungen durch die Parameter CSB_r , CSB und NO_3^- im Trennsystem zumeist vernachlässigt werden können. Um die Reinigungswirkung der Systeme miteinander vergleichen zu können, wurde im Zulauf zum RKB sowie in den Abläufen des RKB und des Filterschachtes jeweils eine Photometersonde installiert (Bild 6 und Bild 7).

Tabelle 3 Seriennummern der eingesetzten Photometersonden

Messstelle	Spaltweite	Seriennummer
Zulauf RKB	5 mm	80207062
Ablauf RKB	5 mm	08510058
Ablauf 3P	5 mm	80207053



Bild 6 Photometersonde in Zulauf (links) und Ablauf des RKB (rechts)

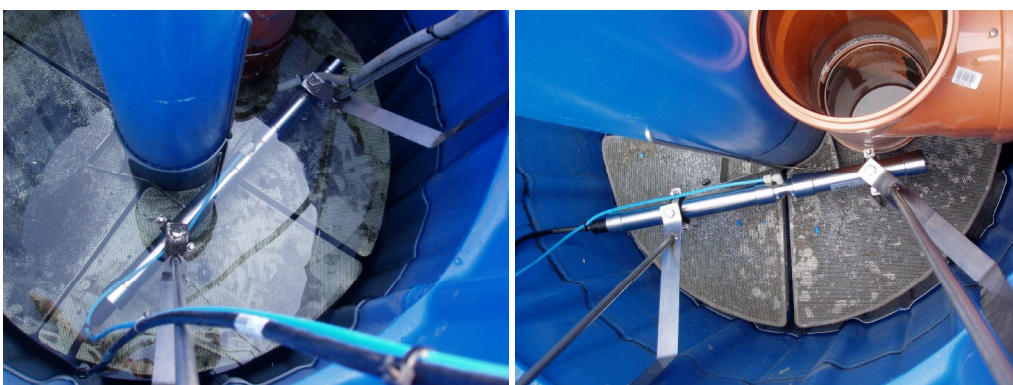


Bild 7 Photometersonde im Ablauf des Filtersystems „heavy traffic“

4.3.2 Durchflussmessung im Zuflussbereich des Regenklärbeckens

Die Ermittlung des Zuflussvolumenstroms ins RKB und die Steuerung des Pumpenbetriebs zur Beschickung des Filterschachtes erfolgt mit einem OCM Pro der Fa. Nivus (Ser. Nr. Sensor 814PK22628) nach dem Ultraschall-Kreuzkorrelations-Verfahren mit einem Kombisensor zur gleichzeitigen Erfassung von Fließgeschwindigkeit und Füllhöhe (Bild 8).



Bild 8 Einbaulage von OCM und Messwertumformer der Zulaufmessung

Die Füllhöhe kann bei diesem Gerät über einen Ultraschallsensor und einen Drucksensor erfasst werden. Bei der Höhenmessung mit Ultraschall arbeitet der waagrecht liegende Sensorkristall nach dem Ultraschalllaufzeitverfahren. Um die Schalllaufzeit in Abhängigkeit von der Wassertemperatur korrigieren zu können, wird diese ständig mit erfasst.

Zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit wird ein kurzes Ultraschallbündel mit einem definierten Winkel in das Messmedium eingestrahlt. Die in dem Messpfad befindlichen Teilchen reflektieren dieses Ultraschallsignal. Nach einer definierten Zeit wird ein zweiter Ultraschallimpuls in das Medium eingestrahlt. Aus den beiden Reflexionsmustern werden mit dem Kreuzkorrelationsverfahren alle nicht eindeutig identifizierbaren Signale verworfen, so dass dann zwei verschobene ähnliche Signalmuster ausgewertet werden können. Über diese Muster werden unter Berücksichtigung der Höhenstandsmessung 16 Messfenster gelegt und für jedes Messfenster die Zeitverschiebung bestimmt, um somit für jedes Messfenster die Fließgeschwindigkeit zu ermitteln. Die Daten werden im 1-Minuten-Intervall auf der Speicherkarte archiviert.

4.3.3 Durchflussmessung im Zuflussbereich des Filterschachtsystems

Zur Erfassung des Zuflusses in das Filterschachtsystem wurde im Zulauf eine gedückerte magnetisch-induktive Durchflussmessung (DN 100, Fa. Endress und Hauser) installiert.

Die Grundlage für die magnetisch-induktive Durchflussmessung ist das Faraday'sche Induktionsgesetz. Wird in einem Magnetfeld ein Leiter bewegt, so wird in ihm eine Spannung induziert. Bei der gerätetechnischen Ausnutzung dieses Messprinzips durchfließt der leitfähige Messstoff (Wasser/Abwasser) die Messstrecke, in der senkrecht zur Fließrichtung ein Magnetfeld erzeugt wird.

Die induzierte Messspannung U_E wird von zwei angeordneten Elektroden abgegriffen und ist der magnetischen Induktion B , dem Elektrodenabstand D sowie der mittleren Fließgeschwindigkeit v proportional. Da die magnetische Induktion B und der Elektrodenabstand D in dieser Anwendung konstante Werte sind, ergibt sich eine direkte (proportionale) Abhängigkeit zwischen Messspannung U_E und der mittleren Strömungsgeschwindigkeit v .

Aus der Berechnung des Volumenstroms folgt, dass die Messspannung U_E linear und proportional zum Volumendurchfluss ist. Im Messumformer wird die induzierte Messspannung in normierte, analoge und digitale Signale umgesetzt.

Die Daten wurden über einen separaten Datenlogger (USB-Log) im 1-Minuten-Intervall gespeichert (Bild 9)



Bild 9 Durchflussmessung Zulauf „heavy traffic“

4.3.4 Füllstandsmessungen

Die Füllstandsmessung im RKB erfolgt über eine Füllstandsmessung nach dem Ultraschall-Laufzeit-Prinzip. Der Ultraschallsensor, der senkrecht zur Wasseroberfläche montiert wird, erzeugt einen Ultraschallimpuls, der vom Messmedium reflektiert und als Echo vom Sender empfangen wird. Aus der Ultraschall-Laufzeit wird im Messwertumformer der Füllstand errechnet. Die Daten werden über das Leitsystem der WSW archiviert und der Dr. Pecher AG zur Verfügung gestellt.

Zur Erfassung des Füllstands im Überstaurohr des Filterschachtes wurde eine Drucksonde installiert. Die Daten wurden über einen separaten Datenlogger (USB-Log) im 1-Minuten-Intervall gespeichert (Bild 10).

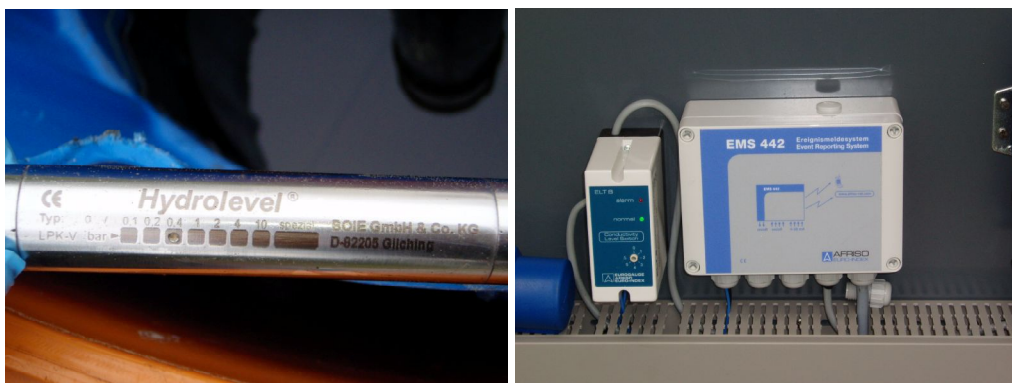


Bild 10 Füllstandsmessung Hydrolevel (links) und Messwertumformer (rechts)

5 Untersuchung zur Wirkung des Systems „heavy traffic“

5.1 Rahmenbedingungen und Konzept der vergleichenden Untersuchungen

Das in Kapitel 4 vorgestellte Regenklärbecken in Wuppertal-Cronenberg wurde im Rahmen der vergleichenden Untersuchung ausschließlich im Dauerstau betrieben. Das RKB wurde mit einer kritischen Regenspende von 15 l/(s·ha) und einem daraus resultierenden kritischen Regenabfluss von 169,2 l/s bemessen. Die Oberflächenbeschickung (q_A) für das kombinierte Bauwerk („RKB + SK“) von 3,7 m/h liegt deutlich unter der Maximalvorgabe von 10 m/h. Der Q_{krit} -Wert des 3P-Filtersystems beträgt bei einer Anschlussfläche von 500 m² 0,75 l/s.

Nach Vorgaben des Herstellers wurde keine zuflussproportionale Beschickung des 3P-Filters bei einem Regenereignis vorgenommen, sondern ein konstanter Zufluss von 1,5 bis 1,9 l/s in das Filtersystem gefördert. Damit wurde der eigentliche Bemessungszufluss um mehr als das Doppelte überschritten (2- bis 2,5-fache des Q_{krit} -Wertes).

Die in Kapitel 4.3 beschriebenen Messgeräte zur Erfassung des Zuflusses, des Füllstands sowie zur Erfassung der stofflichen Zusammensetzung des Wassers wurden wöchentlich gewartet und gereinigt (Inaugenscheinnahme, Datensichtung). In Anhang 1 sind die durchgeführten Arbeiten dokumentiert. Die hierdurch ermittelten Konzentrationen an AFS, CSB_f , CSB_{eq} und NO_3^- wurden mit Hilfe der Software AquaZIS verwaltet und können in Bezug auf Datum und Uhrzeit u.a. als Excel-Datei exportiert werden. Im Anschluss wurden die Daten der Messungen (Durchfluss, Füllstand, Konzentration und Niederschlag) als einzelne Ganglinien dargestellt und anhand ihrer Verläufe bzw. Daten miteinander verglichen.

Der Fokus der Auswertung lag auf der vergleichenden Reinigungsleistung von RKB und Filtersystem hinsichtlich des Parameters AFS, da für das Filtersystem der Nachweis der Vergleichbarkeit mit einem RKB erbracht werden sollte.

Die Auswertung der Messergebnisse erfolgte unter der Berücksichtigung folgender Grundlagen:

- Ein exakter Zusammenhang zwischen dem Zufluss und der AFS-Fracht ist aufgrund der hohen Dynamik der Niederschlags-, Abfluss- sowie Akkumulations- und Remobilisierungsprozesse nicht generell zu bestimmen.
- Bei kleinen Zuflüssen wurde teilweise ein unproportionaler Eintrag von AFS in das Filtersystem beobachtet. Dies könnte auf Ablagerungen im Pumpensumpf zurückgeführt werden, die bei einem Betrieb der Pumpe remobilisiert und in das Filtersystem gefördert wurden.

- Der dem RKB vorgeschaltete Stauraumkanal bewirkt eine Vorreinigung des zufließenden Wassers. Daher ist das RKB in Kulloch hinsichtlich des AFS-Rückhaltes überdurchschnittlich im Vergleich mit anderen RKB (siehe DWA-Seminar: Straßenentwässerung, 2009).
- Die unterschiedlichen Bauweisen von RKB und Filtersystem sorgen für unterschiedliche Ablagerungen von AFS. Während das Filtersystem gleichmäßiger durchströmt werden kann und sich dadurch Stoffe auch gleichmäßiger ablagern können, gibt es im RKB Zonen, in denen sich u. U. vermehrt Stoffe ablagern. Erfolgt ein Zufluss zum RKB, können diese Ablagerungen aufgewirbelt werden, was zu einem AFS-Austrag führen kann, der höher ist als der aktuelle AFS-Eintrag durch den Zulaufstrom (negativer Rückhalt).
- Durch die Remobilisierung von Feststoffen können erhöhte Konzentrationen vor und nach Niederschlagsereignissen bzw. Druckluftreinigungen der Sonden auftreten.

Die Selektion von aussagekräftigen Niederschlagsereignissen wurde nach folgenden Kriterien vorgenommen:

- Die Messwerte der s::can-Sonden von Zulauf, RKB und 3P-Filtersystem (in mg/l), der kontinuierliche Zulauf (in l/s) sowie der Füllstand im Filter (in m) wurden in einem gemeinsamen Zeitraum miteinander verglichen.
- Das Niederschlagsereignis lieferte analoge Kurven, d.h., es lag eine zeitliche Übereinstimmung bei allen s::can-Sonden vor.
- Die s::can-Sonden zeigten einen deutlichen AFS-Anstieg bei Zulauf, RKB und Filter auf (keine alternierenden AFS-Werte vor und nach dem Ereignis).
- Es wurden nur Ergebnisse ausgewertet, deren AFS-Konzentration im Zulauf mindestens 10 mg/l betrug.

Nach der Auswahl der verwertbaren Ereignisse wurden die Daten aus AquaZIS u.a. in Form von Excel-Tabellen exportiert. Die weitere Aufbereitung der Daten erfolgte schließlich durch tabellarische Auflistung der exportierten Daten als Mittelwerte. Die AFS-Fracht (in kg) des RKB wurde mit der Angabe von Ereignisdauer (in s), Zufluss (in l/s) und AFS-Konzentration (in mg/l) berechnet. Die Reinigungsleistung (η) des RKB wurde anhand der zurückgehaltenen AFS-Fracht (in kg und in %) ermittelt (Anhang 2: Tabelle 1).

Um die Reinigungsleistung (η) des Regenklärbeckens und des Filtersystems vergleichen zu können, wurde eine Bilanzierung der jeweiligen Zu- und Abflusfrachten durchgeführt. Hierfür wurden aus den gemessenen AFSeq-Konzentrationen und den Abflussvolumen-

strömen die Zu- und Abflurruchten und der sich daraus ergebene Wirkungsgrad in % (bezogen auf den Zulauf) ermittelt.

Insgesamt wurden die Daten von 20 Einzelereignissen im Versuchszeitraum 24.07. - 15.11.2009 ausgewertet.

Ab dem 16.11.2011 entlastete das System bei vorgegebenen 2,4-fachen des Bemessungszuflusses bei jedem Niederschlagsereignis. Es ist anzunehmen, dass bei einer zuflussproportionalen Beschickung bis zu dem Bemessungszufluss von 0,75 l/s das System zu diesem Zeitpunkt noch nicht seine Kapazitätsgrenze erreicht hätte.

5.2 Messergebnisse der kontinuierlichen Parametermessung „AFS“

Bild 11 zeigt beispielhaft den Verlauf der Ganglinien für das Regenereignis am 06.10.2009.

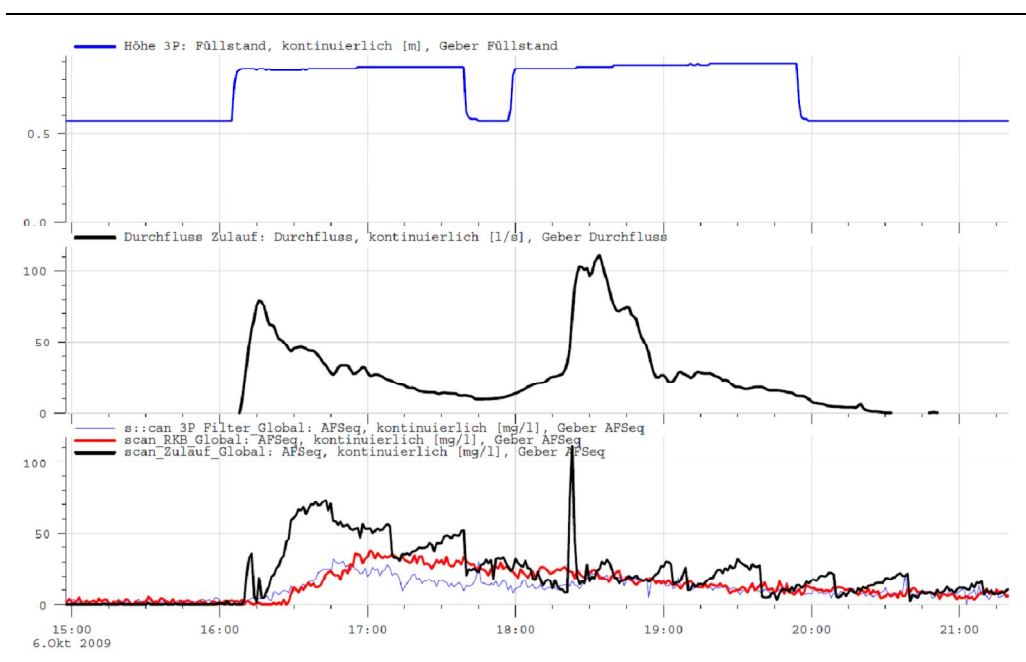


Bild 11 Beispielhafter Verlauf der Ganglinien für das Regenereignis am 06.10.2009

Der prozentuelle AFS-Rückhalt bei einem definierten Durchfluss wurde gemittelt und der Rückhalt in den dimensionslosen Wirkungsgrad η übertragen.

Dieser berechnet sich folgendermaßen:

$$h_{c,AFS} = 1 - \frac{c_{AFS,AB}}{c_{AFS,ZU}}$$

$h_{c,AFS}$ Konzentrationswirkungsgrad für AFS [–]

$c_{AFS,AB}$ Konzentration AFS im Zulauf [mg/l]

$c_{AFS,ZU}$ Konzentration AFS im Ablauf [mg/l]

Für den Zeitraum Versuchszeitraum vom 24.07. - 15.11.2009 ergibt sich ein mittlerer AFS-Rückhalt des RKB von etwa 63 %. Der Rückhalt für das Filtersystem 3P liegt bei 57 % (Tabelle 4). Das Filtersystem mit einer 2.4-fachen Beaufschlagung der kritischen Regenspende zeigt bei dieser Auswertung im Vergleich zum RKB somit einen um etwa 6 % geringeren Rückhalt.

Tabelle 4 Vergleichende Gegenüberstellung des AFS-Rückhalts des RKB und des Filtersystems „heavy traffic“ Versuchszeitraum 24.07. - 15.11.2009

Zeitraum		AFS-Rückhalt			
Beginn des Ereignisses	Ende des Ereignisses	Dauer	RKB in %	3P in %	Vergleich 3P in %
21.07.09 - 20:46	21.07.09 - 22:18	1:32	66,73	76,97	10,24
21.07.09 - 22:34	21.07.09 - 23:39	1:05	65,57	78,80	13,23
30.07.09 - 01:36	30.07.09 - 02:03	0:27	73,77	67,31	-6,46
30.07.09 - 02:13	30.07.09 - 02:55	0:42	55,56	55,47	-0,08
20.08.09 - 13:07	20.08.09 - 13:26	0:19	73,91	87,66	13,75
25.08.09 - 05:11	25.08.09 - 05:59	0:48	84,77	70,82	-13,95
25.08.09 - 09:52	25.08.09 - 11:45	1:53	31,03	40,74	9,70
29.08.09 - 15:39	29.08.09 - 15:47	0:08	95,95	88,91	-7,04
01.10.09 - 12:10	01.10.09 - 12:43	0:33	89,11	49,78	-39,33
05.10.09 - 15:33	05.10.09 - 17:14	1:41	71,43	41,30	-30,13
05.10.09 - 21:47	05.10.09 - 22:29	0:42	49,36	31,69	-17,67
06.10.09 - 16:09	06.10.09 - 17:38	1:29	53,81	62,40	8,59
06.10.09 - 17:55	06.10.09 - 19:53	1:58	19,05	35,58	16,53
07.10.09 - 22:01	07.10.09 - 23:22	1:21	56,43	51,43	-5,00
10.10.09 - 02:28	10.10.09 - 03:24	0:56	31,40	28,32	-3,08
10.10.09 - 13:52	10.10.09 - 14:43	0:51	81,46	65,99	-15,47
10.10.09 - 15:03	10.10.09 - 15:50	0:47	36,90	45,40	8,50
10.10.09 - 16:59	10.10.09 - 17:45	0:46	81,35	73,79	-7,56
10.10.09 - 18:51	10.10.09 - 19:25	0:34	10,29	25,68	15,38
12.11.09 - 09:31	12.11.09 - 11:10	1:39	61,30	40,85	-20,45
Mittelwerte (Mittelwerte aller Einzelereignisse)			62,97	57,12	-5,85

5.3 Messergebnisse der kontinuierlichen Parametermessung „AFS“ unter Berücksichtigung der überproportionalen Beschickung

5.3.1 Anpassung der Messergebnisse unter Berücksichtigung der überproportionalen Beschickung

Zusätzlich wurden die auf der Versuchsanlage gemessenen Werte unter Berücksichtigung der überproportionalen Beschickung ausgewertet. Grundlage für diese Ergebnisanpassung waren Daten aus Labormessungen der Fa. 3P-Technik und Messergebnisse des TÜV Rheinland (Prüfstelle LGA Würzburg). Die dortigen Messungen zum Frachtrückhalt erfolgten mit Millisil H4 als AFS-Äquivalent. Dabei wurde eine proportionale Abhängigkeit des AFS-Rückhaltes (in %) vom Durchflussvolumen (in l/s) ermittelt. In beiden Versuchsreihen wurde bei der Erhöhung des Durchflusses von 0,15 auf 2,0 l/s eine lineare Abnahme des AFS-Rückhaltes von durchschnittlich 97,5 auf etwa 84 % beobachtet (Bild 12).

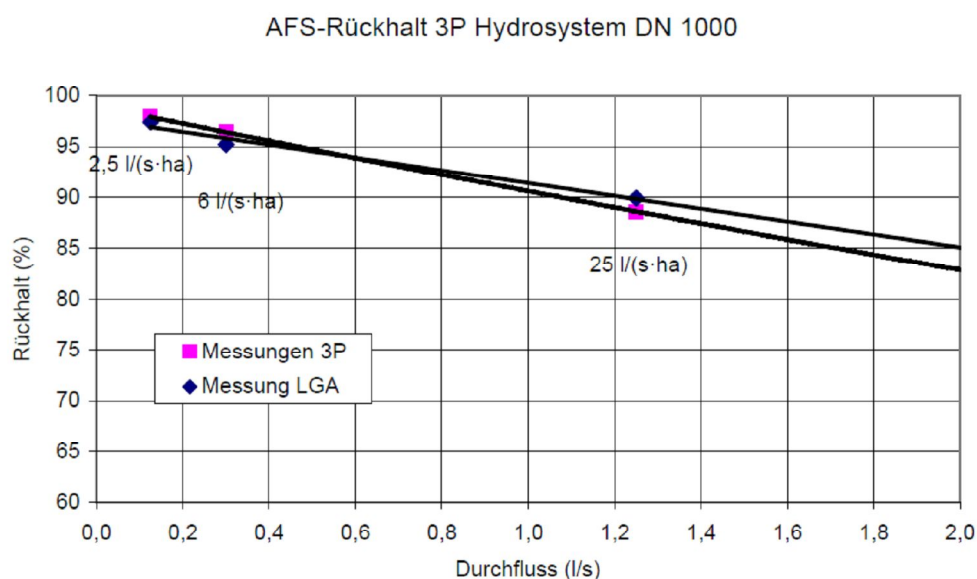


Bild 12 AFS-Rückhalt des Hydrosystems in Messungen von 3P und der LGA

Die im Rahmen der durchgeführten großtechnischen Untersuchungen in Wuppertal ermittelten Ergebnisse wurden entsprechend vermindert. Dazu wurden für beide Messreihen die aus der Graphik ablesbaren Werte für den AFS-Rückhalt in Abhängigkeit vom Durchfluss entnommen. Auf der Versuchsanlage Kulloch wurden Durchflüsse von 1,5 bis

1,9 l/s das Filtersystem gepumpt. Daher wurden auch nur Werte für den AFS-Rückhalt in diesem Bereich aus der Graphik (Bild 12) abgelesen.

Die entsprechenden Korrekturdaten enthält Tabelle 5. Die Mittelwerte beider Versuchsergebnisse flossen als Faktoren zur Korrektur der überproportionalen Beschickung des Hydrosystems in die Auswertungen ein, indem die ermittelten Ablauffrachten durch Multiplikation mit den entsprechenden Faktoren reduziert wurden (Anhang 2, Tabelle 2).

Der Darstellung in Bild 12 ist weiterhin zu entnehmen, dass die Zuflüsse von 1,8 l/s einer Regenspende von 36 l/s · ha) entspricht.

Tabelle 5 Linearität zwischen Durchfluss und AFS-Rückhalt und daraus resultierender Faktor zur Reduktion der Frachten aus dem Filter zur Berücksichtigung des gesteigerten Zuflusses (Untersuchungen der Fa. 3P-Technik und LGA, Würzburg)

Durchfluss in l/s	AFS-Rückhalt in %			Faktor „Ablauf“
	LGA	3P	Mittelwert	
1,5	88,1	86,6	87,4	0,874
1,6	87,5	85,9	86,7	0,867
1,7	86,9	85,0	86,0	0,860
1,8	86,3	84,0	85,2	0,852
1,9	85,6	83,4	84,5	0,845

Die Übertragbarkeit dieser Daten zur Reduktion der Ergebnisse aus der großtechnischen Untersuchungen sind differenziert zu werten, da das verwendete Prüfmaterial (Milisil) vergleichsweise hohe Absetzwirkungen aufweist. Andererseits ist aufgrund der deutlich höheren hydraulischen Belastung eine Verminderung des Rückhaltevermögens nachvollziehbar. Diese kann beispielsweise durch Verwirbelungen, Begrenzungen der Absetzbarkeit in der mechanischen Stufe oder durch höhere Scherkräfte zustande kommen. Ein wissenschaftlicher Nachweis dieser Zusammenhänge erfolgte an dieser Stelle allerdings nicht.

5.3.2 Ergebnisse mit Proportionalitätsfaktor

Die Anpassung der Messdaten durch den oben beschriebenen Proportionalitätsfaktor ergibt für das Filtersystem einen AFS-Rückhalt in Höhe von etwa 63,4 %. Die Reinigungsleistung des Filtersystems liegt damit etwa 0,4 % über der des RKB (Tabelle 6).

Tabelle 6 Vergleichende Gegenüberstellung des AFS-Rückhalts des RKB und des Filtersystems „heavy traffic“ 24.07. - 15.11.2009

Zeitraum			AFS-Rückhalt		
Beginn des Ereignisses	Ende des Ereignisses	Dauer	RKB in %	3P in %	Vergleich 3P in %
21.07.09 - 20:46	21.07.09 - 22:18	1:32	66,73	80,04	13,30
21.07.09 - 22:34	21.07.09 - 23:39	1:05	65,57	81,62	16,05
30.07.09 - 01:36	30.07.09 - 02:03	0:27	73,77	72,14	-1,63
30.07.09 - 02:13	30.07.09 - 02:55	0:42	55,56	62,06	6,51
20.08.09 - 13:07	20.08.09 - 13:26	0:19	73,91	89,21	15,30
25.08.09 - 05:11	25.08.09 - 05:59	0:48	84,77	75,14	-9,64
25.08.09 - 09:52	25.08.09 - 11:45	1:53	31,03	49,03	18,00
29.08.09 - 15:39	29.08.09 - 15:47	0:08	95,95	90,46	-5,49
01.10.09 - 12:10	01.10.09 - 12:43	0:33	89,11	57,21	-31,90
05.10.09 - 15:33	05.10.09 - 17:14	1:41	71,43	50,40	-21,03
05.10.09 - 21:47	05.10.09 - 22:29	0:42	49,36	41,80	-7,56
06.10.09 - 16:09	06.10.09 - 17:38	1:29	53,81	67,97	14,15
06.10.09 - 17:55	06.10.09 - 19:53	1:58	19,05	45,11	26,07
07.10.09 - 22:01	07.10.09 - 23:22	1:21	56,43	58,62	2,19
10.10.09 - 02:28	10.10.09 - 03:24	0:56	31,40	38,93	7,53
10.10.09 - 13:52	10.10.09 - 14:43	0:51	81,46	71,02	-10,44
10.10.09 - 15:03	10.10.09 - 15:50	0:47	36,90	53,48	16,58
10.10.09 - 16:59	10.10.09 - 17:45	0:46	81,35	77,67	-3,68
10.10.09 - 18:51	10.10.09 - 19:25	0:34	10,29	36,68	26,38
12.11.09 - 09:31	12.11.09 - 11:10	1:39	61,30	49,60	-11,70
Mittelwerte (Mittelwerte aller Einzelereignisse)			62,97	63,39	0,43

5.4 Betriebsbegleitung und Betriebszeitraum

In dem ausgewerteten Betriebszeitraum vom 24.07. bis zum 15.11.2009 wurde das Filtersystem „heavy traffic“ ohne Störungen betrieben. Lediglich in den Sommermonaten bildete sich durch die oberirdische Betriebsweise des Filterschachtes ein dünner Algentepich auf den Filterkartuschen aus, der regelmäßig entfernt wurde. Dies hatte jedoch keinen Einfluss auf den Betrieb.

Die Wartung der Systeme und die Datensicherung erfolgte turnusmäßig jede Woche. Die durchgeführten Arbeiten (Wartungsprotokoll) sind im Anhang 1 zusammengefasst.

Nach der Installation der Filterkartuschen am 24.07. wurde das Filtersystem mit einem erhöhten Zulaufvolumenstrom von kontinuierlich 1,5 - 1,9 l/s beschickt. Ab einem Füllstand im Überstaurohr von 1,30 m (Eintauchtiefe bei Trockenwetter 0,55 m) entlastet das System. Im Betriebszeitraum nach dem 15.11.2009 reichte die Durchlässigkeit des Systems nicht mehr aus, so dass bei der konstanten Beschickung jedes Regenereignis zu einer Entlastung führte (Bild 13). Bild 14 zeigt die Verunreinigung des Zulaufsiebes zu diesem Zeitpunkt. Durch den Filterkuchen wird die Durchlässigkeit bis zu einem Versagen des Filters reduziert. Die Standzeit des Filters betrug mit dem erhöhten Zulaufvolumenstrom knapp vier Monate.

In einem weiteren Schritt wurde eine Reinigung der Filterkartuschen am 19.04.2010 durch ein spezielles Spülverfahren der Fa. 3P durchgeführt. Hierdurch konnte eine wesentliche Verbesserung der Durchlässigkeit bewirkt werden. Bild 15 zeigt die Füllstände im Überlaufrohr vor (1,20 m bis 1,30 m) und Bild 16 nach der Reinigung (0,60 m bis 0,75 m) für einen Zulaufvolumenstrom von 0,75 l/s.

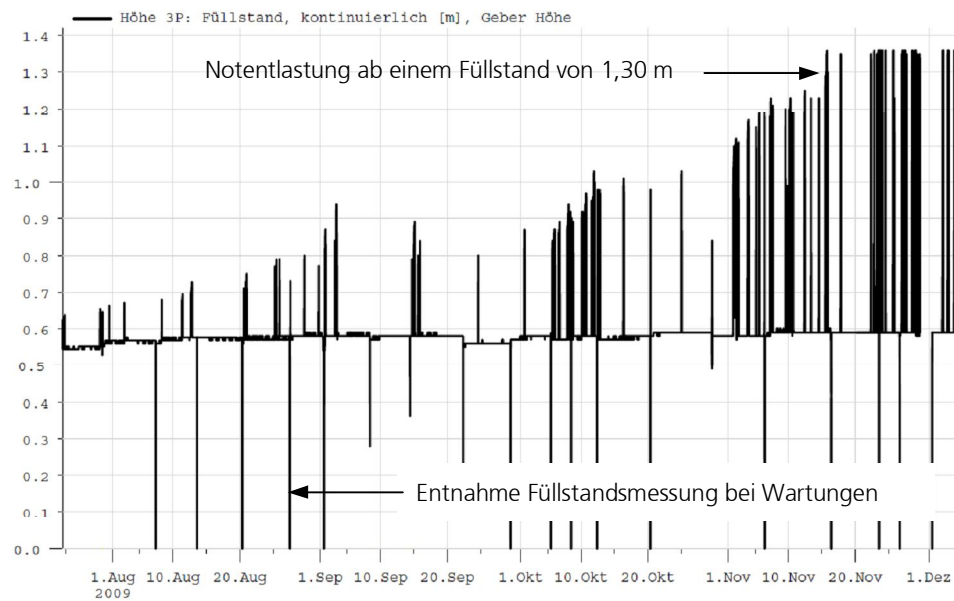


Bild 13 Füllstandsmessung im Überlaufrohr

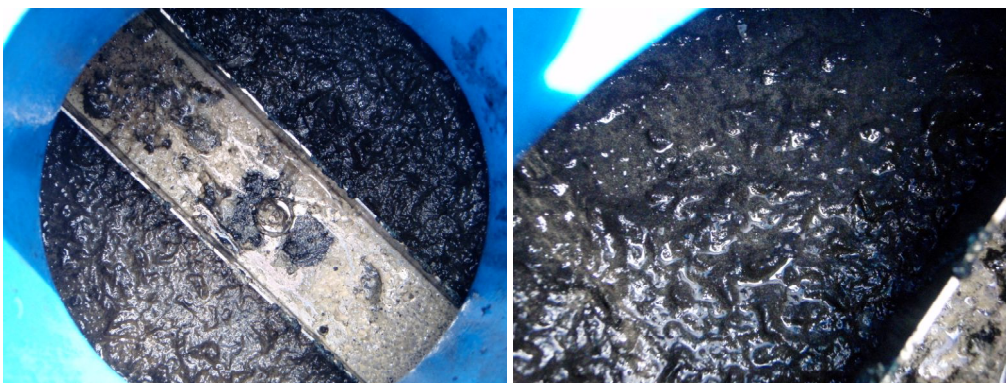


Bild 14 Filtererschöpfung durch Ausbildung Filterkuchen auf dem Zulaufsieb

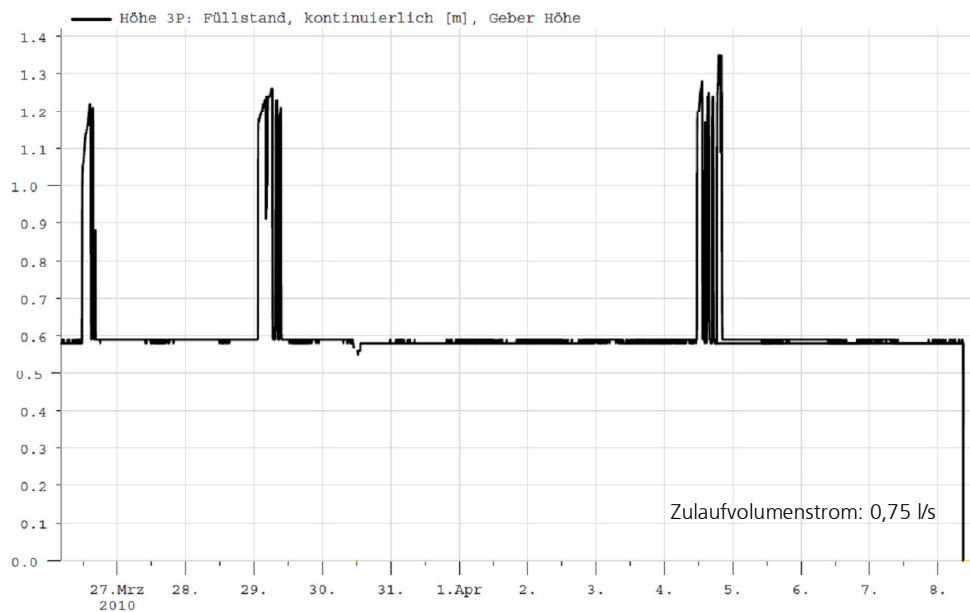


Bild 15 Füllstandsmessung Überlaufrohr 25.03. - 06.04.2010 vor der Filterspülung

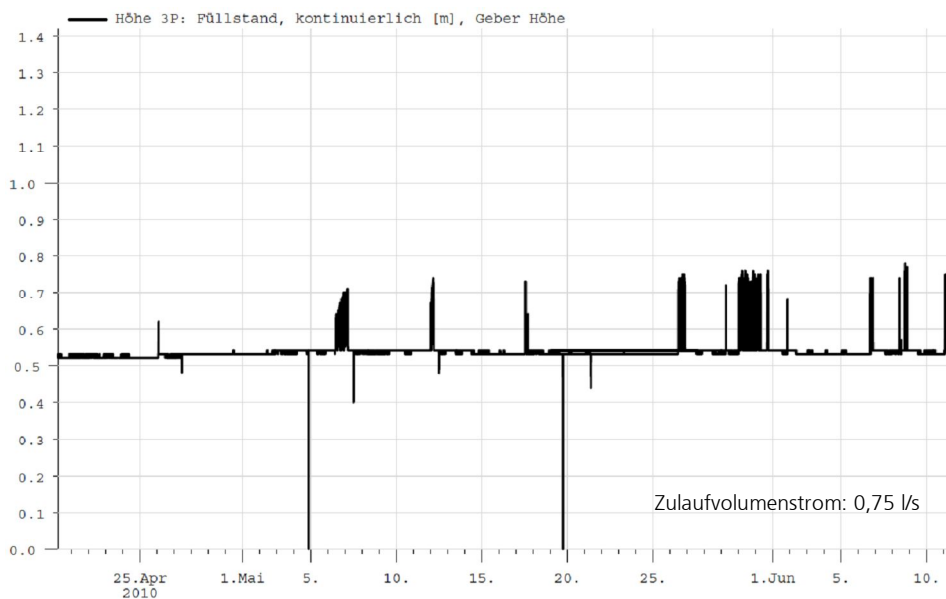


Bild 16 Füllstandsmessung Überlaufrohr 06.05. - 11.06.2010 nach der Filterspülung

Tabelle 7 zeigt eine Auswertung des Zuflussvolumens, der Niederschlagsmenge und des daraus ermittelten Zuflusses in den Filterschacht bei einer Anschlussfläche von 500 m² für den ausgewerteten Versuchszeitraum.

Durch die kontinuierliche Beschickung des Filtersystems betrug das eingeleitete Zuflussvolumen das 4-fache gegenüber dem Volumen das durch Oberflächenabflüsse bei Niederschlag über den gleichen Zeitraum von einer Anschlussfläche von 500 m² in das System geflossen wäre.

Die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme für eine niederschlagsreiche Region (Wuppertal) liegt bei ca. 1116 mm. Für eine Anschlussfläche von 500 m² ergibt sich ein Abflussvolumen von 558 m³. Während der Versuchsphase wurde mit 671 m³ demnach das 1,2-fache der Jahresniederschlagsmenge mit dem Filterschachtsystem behandelt.

Tabelle 7 Statistische Auswertung des Versuchszeitraumes 27.07. - 15.11.2009

Betriebsparameter	24.07. - 15.11.09
Betriebsdauer	100 h 39 min
Zuflussvolumen in m ³	671
Niederschlag in mm	330
Abfluss aus Niederschlag in m ³	165

6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Bewertung des Systems

Die vergleichenden Untersuchungen des Filtersystems „heavy traffic“ der Fa. 3P Technik erfolgte im Zeitraum von Juli bis November 2009. In diesem Zeitraum wurden 20 Regenereignisse ausgewertet.

Während des gesamten Untersuchungszeitraums erfolgte eine überproportionale Beaufschlagung des Filters mit etwa 1,8 l/s. Zu berücksichtigen sind dabei die bewusste kontinuierliche Zusatzbeaufschlagung des Systems um den Faktor 2,4 (1,8 l/s statt des maximalen Bemessungszuflusses Q_{krit} von 0,75 l/s) und die überproportionale Beschickung im Vergleich zum tatsächlichen Niederschlagsabfluss (4- bis 6-fache).

Dieser Wert übersteigt den kritischen Regenwasserzufluss für das Filtersystem um den Faktor 2,4. Nach rund 3,5 Monaten Betriebszeit erfolgte erstmals ein Überstau des Filtersystems. Durch die Stoffbeladung war somit nur noch eine eingeschränkte hydraulische Durchlässigkeit gewährleistet.

Das Filtersystem „heavy traffic“ zeigte im Vergleich zur eingetragenen Fracht im Zulauf einen AFS-Rückhalt von etwa 57 % und war bei überproportionaler Beschickung (2,4-fache Beaufschlagung) damit etwa 6 % weniger effektiv als das RKB, das etwa 63 % AFS zurückhielt.

Die Referenzuntersuchungen erfolgten mit einem RKB im Dauerstaubetrieb. Dieses RKB weist durch die Kombination mit einem vorgelagerten Stauraumkanal eine vergleichsweise niedrige Oberflächenbeschickung von 3,7 m/h auf, die deutlich über den Dimensionierungsvorgaben von 10 m/h liegt. Der Frachtrückhalt des RKB lag dabei für Einzelereignisse über 90 %, obwohl ebenfalls Resuspendierungseffekte festgestellt wurden. Insgesamt ist die Wirkung des hier vorgestellten RKBmD deutlich überdurchschnittlich zu werten. Generell ist für RKB von einem geringeren Stoffrückhalt auszugehen.

Um den Einfluss des überproportionalen Zuflusses zu kompensieren, wurden die Messergebnisse zusätzlich unter Berücksichtigung eines Proportionalitätsfaktors angepasst. Dieser Faktor wurde durch Messungen der Fa. 3P-Technik und des LGA mit dem Prüfstoff Milisil ermittelt. Die gemessenen Ablaufrachten des Filtersystems wurden durch Multiplikation mit dem Proportionalitätsfaktors reduziert. Hierdurch erhöht sich der für das Filtersystem unter Betriebsbedingungen ermittelte Wert für den AFS-Rückhalt, so dass das Filtersystem mit etwa 63,4 % eine leicht höhere Reinigungsleistung (+0,4 %) gegenüber dem RKB vorweist.

Unter Berücksichtigung der Jahresniederschlagssumme für Wuppertal wurde aufgrund des überproportionalen Zuflusses das 1,2-fache der durchschnittlichen Jahresfracht mit dem Filtersystem behandelt.

Bei einer Beschickung des Filtersystems mit maximal 0,75 l/s kann, je nach Charakteristik des Einzugsgebiets, von einem deutlich höheren AFS-Rückhalt und einer Verlängerung der Standzeit ausgegangen werden.

Die Wirkungsgrade des Filtersystems und des RKB bezüglich des Feststoffrückhalts sind nach vorliegenden Ergebnissen vergleichbar.

Erkrath, 4. April 2011

DR. PECHER AG

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning

LITERATUR

ATV (Hrsg.) (1996) Planung von Entwässerungsanlagen. Merkblatt ATV-M 101, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA), Hennef, Mai 1996

BWK (Hrsg.) (2001): Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse. Merkblatt 3, Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK), April 2001

DWA (Hrsg.) (2007) Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. Merkblatt DWA-M 153, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, August 2007

DWA (Hrsg.) (2009) Straßenentwässerung. Tagungsunterlagen der DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V., Seminar Entwässerungssysteme am 19. November 2009 in Lehrte

Geiger W. und Dreiseitl H. (1995) Neue Wege für das Regenwasser. R. Oldenbourg Verlag, München Wien

Grüning H. (2001) Steuerstrategien durch Online-Messtechnik bei Mischwasserabfluss. VDI/VDE und ATV-DVWK-Tagung "Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen - Konzepte, Erfahrungen, Trends" am 20./21. November 2001 in Wuppertal, S. 193-202

Grüning H. (2001) Stoffkonzentrationsmessungen im Kanalnetz – Möglichkeiten und Kosten am Beispiel eines Testgebietes. Seminar: „Online-Messung in Kanalisationsnetzen“, der Ruhr-Universität Bochum, am 29. September in Mainz, erschienen in: Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft der Ruhr-Universität Bochum, Bd. 40, S. 71-87

Grüning, H. (2005) Einsatz von Photometersonden zur Stoffparametermessung für die Bewirtschaftung des Entlastungssammlers Wupper. Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen. Gemeinschaftstagung der ATV-DVWK und VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) am 22./23. November 2005 in Wuppertal, S. 233-240

Grüning H. und Hoppe H. (2007) Vergleichende Untersuchungen zu Regenklärbecken und Filtersystemen. Tagungsunterlagen der DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V., 6. Regenwassertage am 11./12. Juni 2007 in Passau

Grüning H., Giga A. und Quarg-Vonscheidt J. (2010) Vergleichende Gegenüberstellung von Regenklärbecken und dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen. Tagungsunterlagen der DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V., 9. Regenwassertage am 8./9. Juni 2010 in Bremen

HydroCon (2010) Hydraulische und stoffliche Grundlagen für das 3P HydroSystem 1000 „heavy traffic“, Münster, 2010

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH (2007): Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung. <<http://www.sieker.de>> (19.09.2007)

MUNLV (2004) RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz - IV-9 031 001 2104 - v. 26.05.2004) „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung in Trennsystemen“, Düsseldorf

Sommer, H. und Post, M. (2009) Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen. Übersicht verfügbarer Anlagen. Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt

Strecker, P. (2009) Untersuchungen zur Wirkung konventioneller und weitergehender Regenwasserbehandlungssysteme. Diplomarbeit an der Ruhr-Universität Bochum (unveröffentlicht)

Sturmwöhrer K., Matsché N. und Winkler S. (2002). Influence of changes of the wastewater composition on the applicability of UV-absorption measurements at combined sewer overflows. Water Science and Technology, 47(2), 73-78

Welker, A. und Dittmer, U. (2005) Belastung von Verkehrsflächenabflüssen mit Schwermetallen und PAK. GWF Wasser Abwasser, 146 (4), S. 320-332

ANHANG 1: WARTUNGSPROTOKOLL

Datum	Name/Kürzel	Tätigkeiten
24.07.2009,	Hr. Dierkes, ANG, STK, CTC	Einbau neuer Filterkartuschen, wöchentliche Wartung*, Volumenstrom kontinuierlich auf 1,8 l/s, Schaltschwel- len Pumpensteuerung auf 15 l/s EIN, 10 l/s AUS
30.07.2009	ANG, CTC	wöchentliche Wartung*
07.08.2009	ANG, CTC	wöchentliche Wartung*
13.08.2009	ANG, CTC	wöchentliche Wartung*
20.08.2009	ANG, CTC	wöchentliche Wartung*
27.08.2009	ANG, CTC	wöchentliche Wartung*, Intensivreinigung Scan-RKB
01.09.2009	ANG, TIH, JUQ	wöchentliche Wartung*, Pumpensumpf verschlammte, Termin Donnerstag zum Aussaugen, s::can 3P - AFS trotz Intensivreinigung auf bis zu 10mg/l
03.09.2009	ANG, STK	Reinigung Pumpensumpf wegen Regen abgebrochen
08.09.2009,	CTC, STK	wöchentliche Wartung*, Con::stat vom Zulauf ausge- fallen/defekt
10.09.2009	CTC, STK	wöchentliche Wartung*, Con::stat vom Zulauf weiter- hin defekt
11.09.2009	Hr. Schukat (WSW)	Con::stat-Messwertumformer getauscht, Gerät bootet: Einstellungen notwendig, Connector auf COG-Port 4 erkannt
14.09.2009	CTC, STK	wöchentliche Wartung*, Parametrisierung Austausch- Con::stat durchgeführt
22.09.2009	CTC, STK	wöchentliche Wartung*
29.09.2009	CTC, ANG	wöchentliche Wartung*, Nachkommastellen aller Messumformer auf Null gesetzt
05.10.2009	ANG, TIH	wöchentliche Wartung*
12.10.09	CTC, ANG	wöchentliche Wartung*, Spaltöffnung s::can-Sonde im RKB senkrecht zum Wasserspiegel gedreht
20.10.09	ANG, ROW	wöchentliche Wartung*
29.10.09	ANG, TIH	wöchentliche Wartung*, Umstellung auf Winterzeit
06.11.09	ANG, CTC	wöchentliche Wartung*, Intensivreinigung der s::can- Sonden durchgeführt,
10.11.09	CTC, ROW	wöchentliche Wartung*, Intensivreinigung der s::can-

		Sonden
16.11.09	ANG, MAP	wöchentliche Wartung*, Luftschauch 3P-Filter-s::can-Sonde gelöst
23.11.09	ANG, MAP	Daten Auslesen
26.11.09	CTC, ANG	wöchentliche Wartung*
1.12.09	CTC, ANG	wöchentliche Wartung*; Intensivierung der s::can-Sonden durchgeführt
7.12.09	ANG	Daten ausgelesen (nur USB-Datenlogger)
8.12.09	CTC, ROW	wöchentliche Wartung*, EasyLog (inkompatibel); Intensivierung der s::can-Sonden durchgeführt
17.12.09	ANG	Daten ausgelesen (nur EasyLog)
18.12.09	CTC/ROW	Wöchentliche Wartung*, 3P-Schacht außer Betrieb genommen
25.03.10	ANG/KAS	Wöchentliche Wartung*, Wiederinbetriebnahme 3P-Schacht, nachdem kein Eis den Betrieb behindern kann, Pumpenleistung auf etwa 0,75 l/s gedrosselt
30.03.10	ANG/CTC	Wöchentliche Wartung*, Umstellung auf Sommerzeit
08.04.10	ANG/KAS	Wöchentliche Wartung*, Filterschacht 3P trotz vermindertem Zufluss übergelaufen, Ende der Untersuchungsphase

wöchentliche Wartung*
• Sonden gereinigt • Daten ausgelesen (s::can-Sonden, OCM; USB-Datenlogger) • Uhrzeiten abgeglichen

Mitarbeiter Dr. Pecher AG:

ANG Andreas Giga
 CTC Cathrin Campen
 JUQ Dr. Jürgen Quarg-Vonscheidt
 KAS Katharina Sosinka
 MAP Mario Parente
 ROW Robin Westhoff
 STK Stefan Kutsch
 TIH Timm Höltgen

ANHANG 2: MESSERGEBNISSE DER KONTINUIERLICHEN PARAMETERMESSUNG „AFS“

Tabelle 1 Messergebnisse der kontinuierlichen Parametermessung „AFS“

Zeitraum				Mittelwerte (aus AquaZIS)					Fracht AFS _{ges}				AFS-Rückhalt		
Beginn des Ereignis-ses	Ende des Ereignis-ses	Dauer in h und min	Dauer in s	Durchfluss RKB in l/s	Durch-fluss 3P in l/s	AFS Zulauf RKB in mg/l	AFS Ablauf RKB in mg/l	AFS Ablauf 3P in mg/l	AFS Zulauf RKB in kg	AFS Ablauf RKB in kg	AFS Zulauf 3P in kg	AFS Ab-lauf 3P in kg	RKB in % (bez. auf Zulauf)	3P in % (bez. auf Zulauf)	Vorteil 3P in %
21.07.2009 20:46	21.07.2009 22:18	1:32	5520	123,76	1,60	52,00	17,30	11,97	35,52	11,82	0,46	0,11	66,73	76,97	10,24
21.07.2009 22:34	21.07.2009 23:39	1:05	3900	36,97	1,60	45,60	15,70	9,67	6,57	2,26	0,28	0,06	65,57	78,80	13,23
30.07.2009 01:36	30.07.2009 02:03	0:27	1620	31,22	1,80	18,30	4,80	5,98	0,93	0,24	0,05	0,02	73,77	67,31	-6,46
30.07.2009 02:13	30.07.2009 02:55	0:42	2520	24,15	1,80	18,90	8,40	8,42	1,15	0,51	0,09	0,04	55,56	55,47	-0,08
20.08.2009 13:07	20.08.2009 13:26	0:19	1140	98,44	1,50	50,60	13,20	6,25	5,68	1,48	0,09	0,01	73,91	87,66	13,75
25.08.2009 05:11	25.08.2009 05:59	0:48	2880	27,33	1,80	24,30	3,70	7,09	1,91	0,29	0,13	0,04	84,77	70,82	-13,95
25.08.2009 09:52	25.08.2009 11:45	1:53	6780	39,95	1,70	23,20	16,00	13,749	6,28	4,33	0,27	0,16	31,03	40,74	9,70
29.08.2009 15:39	29.08.2009 15:47	0:08	480	39,09	1,70	46,90	1,90	5,20	0,88	0,04	0,04	0,00	95,95	88,91	-7,04
01.10.2009 12:10	01.10.2009 12:43	0:33	1980	24,45	1,80	30,30	3,30	15,22	1,47	0,16	0,11	0,05	89,11	49,78	-39,33
05.10.2009 15:33	05.10.2009 17:14	1:41	6060	26,32	1,90	25,20	7,20	14,79	4,02	1,15	0,29	0,17	71,43	41,30	-30,13
05.10.2009 21:47	05.10.2009 22:29	0:42	2520	14,48	1,80	23,30	11,80	15,92	0,85	0,43	0,11	0,07	49,36	31,69	-17,67
06.10.2009 16:09	06.10.2009 17:38	1:29	5340	32,67	1,80	44,60	20,60	16,77	7,78	3,59	0,43	0,16	53,81	62,40	8,59
06.10.2009 17:55	06.10.2009 19:53	1:58	7080	37,70	1,80	21,00	17,00	13,53	5,61	4,54	0,27	0,17	19,05	35,58	16,53
07.10.2009 22:01	07.10.2009 23:22	1:21	4860	31,22	1,80	14,00	6,10	6,80	2,12	0,93	0,12	0,06	56,43	51,43	-5,00
10.10.2009 02:28	10.10.2009 03:24	0:56	3360	39,41	1,80	12,10	8,30	8,67	1,60	1,10	0,07	0,05	31,40	28,32	-3,08
10.10.2009 13:52	10.10.2009 14:43	0:51	3060	73,61	1,80	48,00	8,90	16,33	10,81	2,00	0,26	0,09	81,46	65,99	-15,47
10.10.2009 15:03	10.10.2009 15:50	0:47	2820	41,66	1,80	18,70	11,80	10,21	2,20	1,39	0,09	0,05	36,90	45,40	8,50
10.10.2009 16:59	10.10.2009 17:45	0:46	2760	61,58	1,80	54,70	10,20	14,34	9,30	1,73	0,27	0,07	81,35	73,79	-7,56
10.10.2009 18:51	10.10.2009 19:25	0:34	2040	46,24	1,80	13,60	12,20	10,11	1,28	1,15	0,05	0,04	10,29	25,68	15,38
12.11.2009 09:31	12.11.2009 11:10	1:39	5940	24,52	1,80	38,50	14,9	22,77	5,61	2,17	0,41	0,24	61,30	40,85	-20,45
Mittelwerte (Mittelwerte aller Einzelereignisse)									5,58	2,07	0,19	0,08	62,97	57,12	-5,85

Tabelle 2 Messergebnisse der kontinuierlichen Parametermessung „AFS“ unter Berücksichtigung der überproportionalen Beschickung

Zeitraum				Mittelwerte (aus AquaZIS)					Fracht AFS _{ges}						AFS-Rückhalt		
Beginn des Ereignis-ses	Ende des Ereignis-ses	Dauer in h und min	Dauer in s	Durchfluss RKB in l/s	Durch-fluss 3P in l/s	AFS Zulauf RKB in mg/l	AFS Ablauf RKB in mg/l	AFS Ablauf 3P in mg/l	AFS Zulauf RKB in kg	AFS Ablauf RKB in kg	AFS Zulauf 3P in kg	AFS Ab-lauf 3P in kg	Faktor (3P/LGA)	AFS Ablauf 3P in kg (reduziert)	RKB in % (bez. auf Zulauf)	3P in % (bez. auf Zulauf)	Vorteil 3P in %
21.07.2009 20:46	21.07.2009 22:18	1:32	5520	123,76	1,60	52,00	17,30	11,97	35,52	11,82	0,46	0,11	0,867	0,09	66,73	80,04	13,30
21.07.2009 22:34	21.07.2009 23:39	1:05	3900	36,97	1,60	45,60	15,70	9,67	6,57	2,26	0,28	0,06	0,867	0,05	65,57	81,62	16,05
30.07.2009 01:36	30.07.2009 02:03	0:27	1620	31,22	1,80	18,30	4,80	5,98	0,93	0,24	0,05	0,02	0,852	0,01	73,77	72,14	-1,63
30.07.2009 02:13	30.07.2009 02:55	0:42	2520	24,15	1,80	18,90	8,40	8,42	1,15	0,51	0,09	0,04	0,852	0,03	55,56	62,06	6,51
20.08.2009 13:07	20.08.2009 13:26	0:19	1140	98,44	1,50	50,60	13,20	6,25	5,68	1,48	0,09	0,01	0,874	0,01	73,91	89,21	15,30
25.08.2009 05:11	25.08.2009 05:59	0:48	2880	27,33	1,80	24,30	3,70	7,09	1,91	0,29	0,13	0,04	0,852	0,03	84,77	75,14	-9,64
25.08.2009 09:52	25.08.2009 11:45	1:53	6780	39,95	1,70	23,20	16,00	13,749	6,28	4,33	0,27	0,16	0,860	0,14	31,03	49,03	18,00
29.08.2009 15:39	29.08.2009 15:47	0:08	480	39,09	1,70	46,90	1,90	5,20	0,88	0,04	0,04	0,00	0,860	0,00	95,95	90,46	-5,49
01.10.2009 12:10	01.10.2009 12:43	0:33	1980	24,45	1,80	30,30	3,30	15,22	1,47	0,16	0,11	0,05	0,852	0,05	89,11	57,21	-31,90
05.10.2009 15:33	05.10.2009 17:14	1:41	6060	26,32	1,90	25,20	7,20	14,79	4,02	1,15	0,29	0,17	0,845	0,14	71,43	50,40	-21,03
05.10.2009 21:47	05.10.2009 22:29	0:42	2520	14,48	1,80	23,30	11,80	15,92	0,85	0,43	0,11	0,07	0,852	0,06	49,36	41,80	-7,56
06.10.2009 16:09	06.10.2009 17:38	1:29	5340	32,67	1,80	44,60	20,60	16,77	7,78	3,59	0,43	0,16	0,852	0,14	53,81	67,97	14,15
06.10.2009 17:55	06.10.2009 19:53	1:58	7080	37,70	1,80	21,00	17,00	13,53	5,61	4,54	0,27	0,17	0,852	0,15	19,05	45,11	26,07
07.10.2009 22:01	07.10.2009 23:22	1:21	4860	31,22	1,80	14,00	6,10	6,80	2,12	0,93	0,12	0,06	0,852	0,05	56,43	58,62	2,19
10.10.2009 02:28	10.10.2009 03:24	0:56	3360	39,41	1,80	12,10	8,30	8,67	1,60	1,10	0,07	0,05	0,852	0,04	31,40	38,93	7,53
10.10.2009 13:52	10.10.2009 14:43	0:51	3060	73,61	1,80	48,00	8,90	16,33	10,81	2,00	0,26	0,09	0,852	0,08	81,46	71,02	-10,44
10.10.2009 15:03	10.10.2009 15:50	0:47	2820	41,66	1,80	18,70	11,80	10,21	2,20	1,39	0,09	0,05	0,852	0,04	36,90	53,48	16,58
10.10.2009 16:59	10.10.2009 17:45	0:46	2760	61,58	1,80	54,70	10,20	14,34	9,30	1,73	0,27	0,07	0,852	0,06	81,35	77,67	-3,68
10.10.2009 18:51	10.10.2009 19:25	0:34	2040	46,24	1,80	13,60	12,20	10,11	1,28	1,15	0,05	0,04	0,852	0,03	10,29	36,68	26,38
12.11.2009 09:31	12.11.2009 11:10	1:39	5940	24,52	1,80	38,50	14,9	22,77	5,61	2,17	0,41	0,24	0,852	0,21	61,30	49,60	-11,70
Mittelwerte (Mittelwerte aller Einzelereignisse)									5,58	2,07	0,19	0,08	0,86	0,07	62,97	63,39	0,43