

Kurzfassung des Abschlussberichtes

Modifikation eines dezentralen Behandlungssystems für Niederschlagswasser von Verkehrsflächen und Nachweis des Leistungsvermögens unter realen Bedingungen

September 2008

Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes
Nordrhein-Westfalen
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf

Bearbeitung: Hochschule Ostwestfalen-Lippe,
Abteilung Höxter
An der Wilhelmshöhe 44
37671 Höxter

Dipl.-Ing. Volker Pick

Prof. Dr.-Ing. Joachim Fettig

Prof. Dipl.-Ing. Manfred Mieth

Bearbeitung

Prof. Dr.-Ing. Joachim Fettig
Projektleitung

Prof. Dipl.-Ing. Manfred Miethe

Dipl.-Ing. Volker Pick

Dipl.-Ing. Henrike Liebe

Westfälisches Umwelt Zentrum (WUZ)

Geschäftsstelle Höxter

Höxter, den 29.09.2008

Prof. Dr.-Ing. J. Fettig

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Aufbau des Prüfstandes | 2 |
| 3 | Synthetisches Straßenablaufwasser | 3 |
| 4 | Beschreibung des CENTRIFOEL[®]-Systems | 5 |
| 5 | Defizite und Untersuchungskriterien | 6 |
| 6 | Verbesserung der Abscheideleistung | 6 |
| 6.1 | Anlagenmodifikation | 6 |
| 6.2 | Methodik | 7 |
| 6.3 | Ergebnisse | 9 |
| 6.3.1 | Reinigungsleistung | 9 |
| 6.3.2 | Verhalten des beladenen Systems bei hoher hydraulischer Belastung ("Selbstreinigung") | 9 |
| 6.3.3 | Ableitung des maximalen Volumenstroms | 10 |
| 7 | Verringerung der Verblockungsneigung des Koaleszenzfilters | 10 |
| 8 | Modifikation zur Erleichterung bei der Anlagenreinigung | 11 |
| 9 | Erfahrungen aus dem Betrieb des modifizierten Systems unter realen Bedingungen | 11 |
| 9.1 | Voraussetzungen und Vorgehen | 11 |
| 9.2 | Hydrologische Verhältnisse und Anlagenhydraulik | 12 |
| 9.3 | Reinigungsleistungen | 13 |
| 9.4 | Fazit | 15 |
| 10 | Zusammenfassende Bewertung des Systems | 16 |
| 11 | Literatur | 18 |

1 Einleitung

Im Zeitraum 2005 - 2006 wurden durch den Auftragnehmer im Rahmen eines durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz geförderten Forschungsvorhabens Untersuchungen zur Wirksamkeit und zum Betriebsverhalten eines dezentralen Behandlungssystems der Marke „Centrifoeel“ für Niederschlagswasser von Verkehrsflächen durchgeführt [1]. Dabei zeigten sich Defizite in den Bereichen Störanfälligkeit, Abscheideleistung für suspendierte Stoffe und Wartungsarbeiten. Die hieraus resultierenden kurzen Wartungsintervalle wirken sich auch nachteilig auf die Betriebskosten aus. Eine Empfehlung des Systems als Alternative zu einer zentralen Lösung konnte daher nicht ohne Einschränkungen ausgesprochen werden.

Im Rahmen dieses weiterführenden Vorhabens wurden Untersuchungen mit dem Ziel einer Optimierung des Systems durchgeführt. Um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, wurde hierzu im Wasserbaulabor der Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Standort Höxter, ein Teststand eingerichtet, mit dem dezentrale Behandlungssysteme definierten hydraulischen und stofflichen Belastungssituationen ausgesetzt werden können. Auf der Grundlage von Literaturdaten wurden zwei unterschiedliche synthetische Ablaufwässer hergestellt und in verschiedenen Konzentrationsstufen eingesetzt. Ergänzend wurde die Leistungsfähigkeit des modifizierten Systems unter realen Bedingungen überprüft.

Die Ziele der durchgeführten Untersuchungen lauteten:

- Verbesserung der Abscheideleistung
- Erhöhung der Wartungsintervalle auf einen ca. sechsmonatigen Zeitraum
- Erleichterungen bei der Anlagenreinigung

2 Aufbau des Prüfstandes

Der Prüfstand besteht aus einem Grundsystem für die Zu- und Ableitung des Wassers und die Stoffaufgabe sowie eine an das jeweils zu untersuchende System angepasste Versuchsfläche. In Abbildung 1 ist das Fließbild und in Abbildung 2 ein Photo des Prüfstandes dargestellt.

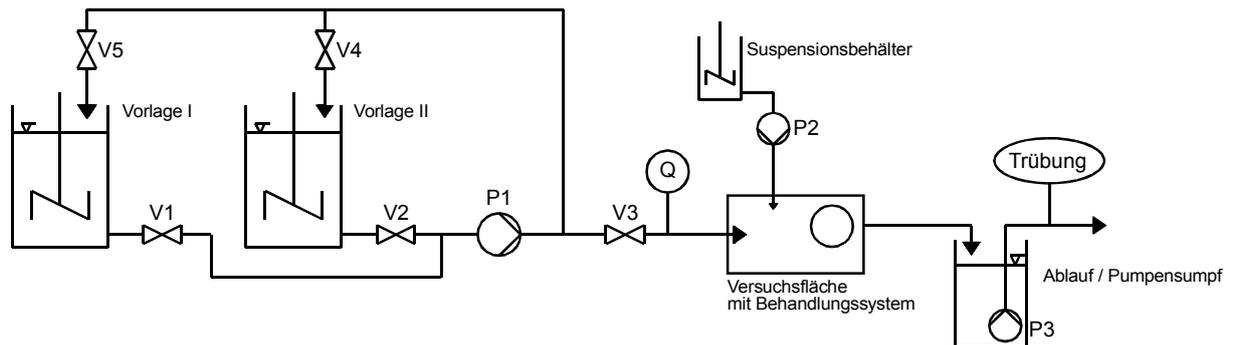


Abbildung 1: Fließbild des Prüfstandes



Abbildung 2: Prüfstand mit Vorlagebehältern, Pumpen sowie Centrifloel-System mit Aufsatz

3 Synthetisches Straßenablaufwasser

Die Zusammensetzung des synthetischen Straßenablaufwassers wurde nach Auswertung der Literatur zur Charakterisierung der im abfließenden Niederschlagswasser von Verkehrsflächen enthaltenen Stoffe festgelegt. Demzufolge kann die Hauptbelastung von Straßenabflüssen über den Parameter Abfiltrierbare Stoffe (AFS) erfasst werden. Zahlreiche Untersuchungen haben darüber hinaus gezeigt, dass die Kornfraktion mit einem Durchmesser < 1 mm zu den überwiegenden Anteilen der Gesamtfracht an Schwermetallen (80%) und organischen Stoffen (CSB-Anteil $>90\%$) beiträgt [3] [4] [5].

Um Aussagen zur Reinigungsleistung bei jahreszeitlichen Schwankungen (Winter- und Sommerhalbjahr) der Abwasserzusammensetzung treffen zu können, wurden zwei synthetische Wässer mit unterschiedlicher Zusammensetzung eingesetzt:

- Mineralische Inhaltsstoffe, stellvertretend für das Winterhalbjahr
- Mineralische und organische Inhaltsstoffe, stellvertretend für das Sommerhalbjahr

In Abbildung 3 sind ausgewählte Korngrößenverteilungskurven der im Niederschlagsabfluss von Verkehrsflächen enthaltenen Feststoffe dargestellt. Für das synthetische Testgemisch (Basisgemisch mineralisch) wurde eine Zusammensetzung gewählt, die den mittleren Bereich der gefundenen Korngrößenverteilungen von $< 0,032 - 1,0$ mm abdeckt. Die Siebkennlinie ist ebenfalls in Abbildung 3 dargestellt. Als Ausgangsmaterial wurde Wesersand verwendet, der nach Trocknung in unterschiedliche Siebschnitte fraktioniert wurde.

Der Anteil an natürlichen organischen Stoffen im Straßenablauf (kleine Äste, Blattreste, Blüten, Pollen etc.) weist in Abhängigkeit von Standort und Jahreszeit unterschiedlich hohe Werte auf. Die am Einbauort der Versuchsanlage aus der vorangegangenen Untersuchung [1] gefundenen Anteile liegen, bezogen auf die Trockensubstanz, im Mittel bei ca. 10 - 30% und entsprechen somit in der Größenordnung dem von XANTHOPOULOS in [5] aufgeführten Wert von 33 %. Für das zweite Testwasser wurde daher ein 30 %iger Anteil an organischer Substanz gewählt, die aus getrockneter Blumenerde bekannter Zusammensetzung bereitgestellt und dem mineralischen Basisgemisch zugesetzt wurde.

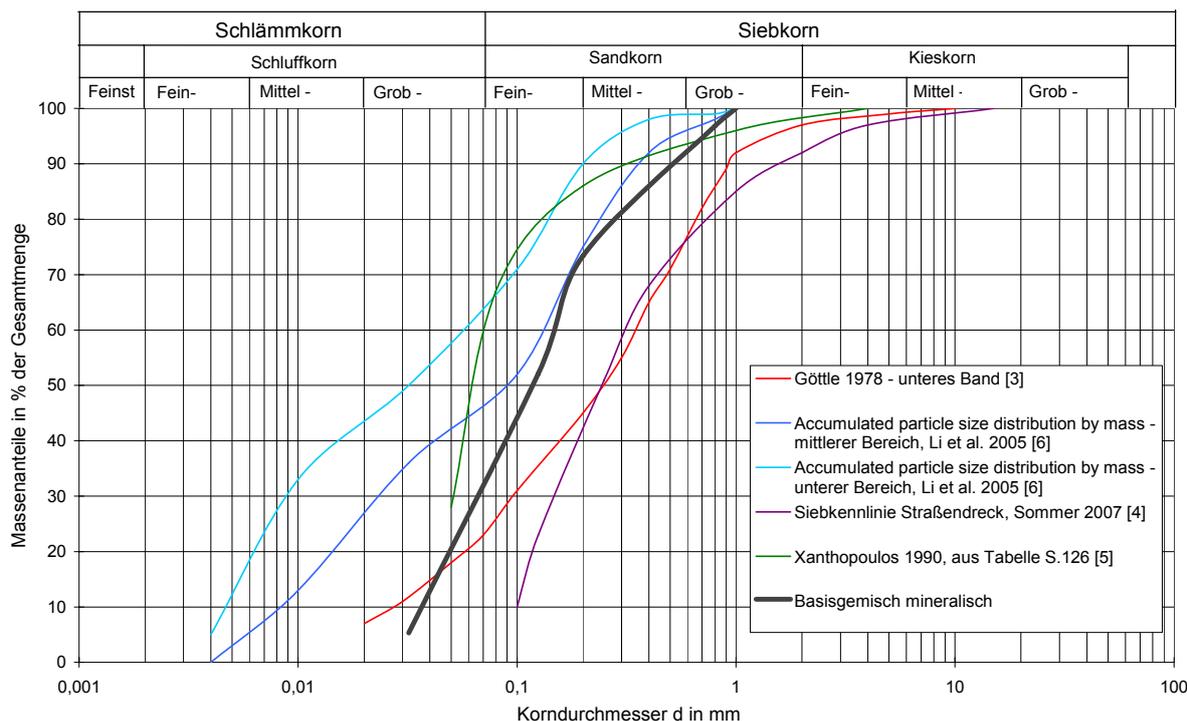


Abbildung 3: Korngrößenverteilungen der im Niederschlagsabfluss von Verkehrsflächen enthaltenen Feststoffe; Darstellung ausgewählter Literaturdaten [3] [4] [5] [6] und Ableitung für das synthetische Testgemisch

Die Festlegung der Zulaufkonzentration an abfiltrierbaren Stoffen für die durchgeführten Versuche orientierte sich an Werten aus der Literatur. Aus der dort verzeichneten erheblichen Bandbreite wurden folgende charakteristischen Werte gewählt:

- AFS = 50 mg/l, stellvertretend für eine geringe Belastung
- AFS = 150 mg/l, stellvertretend für eine mittlere bis höhere Belastung

Mit den beiden Stoffgemischen wurden im Suspensionsbehälter Stammsuspensionen in Hörteraner Leitungswasser hergestellt. Durch Verdünnung mit Hörteraner Leitungswasser aus den Rührbehältern wurden dann direkt auf der Aufgabevorrichtung die Zulaufkonzentrationen eingestellt.

4 Beschreibung des CENTRIFOEL®-Systems

Der CENTRIFOEL® Straßenablauf ist ein Produkt der Firma Valperz-Scarabaeus GmbH mit Sitz in 51580 Reichshof. Das Unternehmen bewirbt auf seiner Internet-Seite mit Hinweis auf den Runderlass des Ministeriums (Runderlass des MURL vom 18.5.1998 (MBI. NRW. 1998 S. 654)) dieses System als geeignete Alternative zu konventionellen Reinigungsverfahren [2]. Ein Vertrieb findet durch die Firma Roval Umwelt Technologie Vertriebsgesellschaft mbH mit Sitz in Gummersbach statt. Das als Leichtstoffabscheider mit integriertem Nassschlammfang ausgeführte System, im folgenden vereinfacht Centrifoel-System genannt, dient der Reinigung von schwach belastetem Niederschlagswasser und soll laut Herstellerangaben bei der Abscheidung von Schwermetallen, Schlamm, Mineralöl und Kohlenwasserstoffen einen Wirkungsgrad von 90 % bis 99 % erreichen [2]. Die hydraulische Belastbarkeit wird mit einem Volumenstrom von 5 l/s angegeben. Die maximal an ein System anzuschließende Fläche soll 400 m² betragen. Das im Rahmen dieser Untersuchung eingesetzte Centrifoel-System entspricht in der Ausführung dem des in [1] beschriebenen. Daher wird auf eine detaillierte Darstellung der Anlagenteile und ihrer Funktionen im Rahmen dieses Berichtes verzichtet. In Abbildung 4 ist ein Photo des Straßeneinlaufes und in Abbildung 5 ein Übersichtsbild mit der Bezeichnung der einzelnen Anlagenteile dargestellt.



Abbildung 4. Centrifoel – Straßenablauf ohne Aufsatz

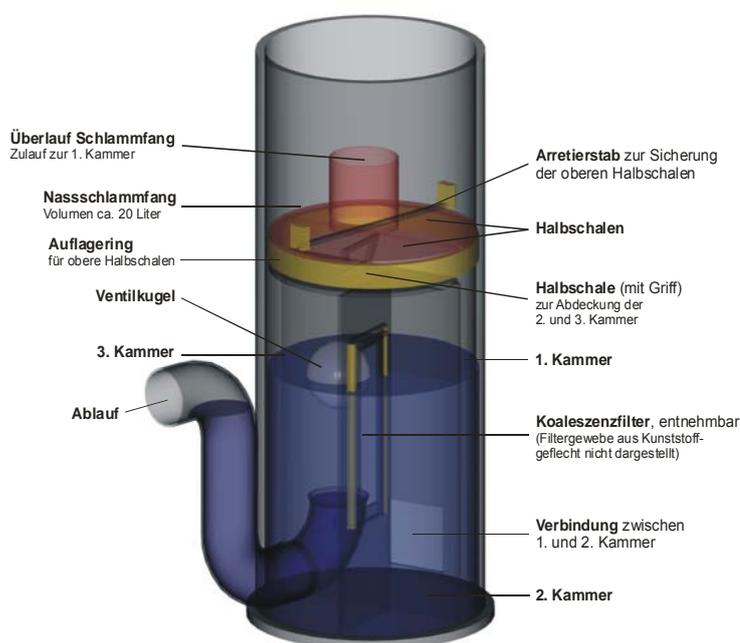


Abbildung 5: Schematische Darstellung des unmodifizierten Centrifoel-Systems als 3D-Modell im befüllten Zustand mit Kennzeichnung der einzelnen Bestandteile

5 Defizite und Untersuchungskriterien

Während der ersten Untersuchungsphase im Zeitraum 2005 - 2006 ergaben sich Defizite im Bereich der Störanfälligkeit (Verblockungsneigung des sogenannten Koaleszenzfilters) sowie der Abscheideleistung des Straßenablaufes für absetzbare Stoffe. Darüber hinaus wurden Probleme im Bereich der Anlagenwartung aufgeführt, die durch geeignete Maßnahmen behoben werden sollten [1]. Die im Rahmen dieses Projektes untersuchten Kriterien leiten sich aus diesen Defiziten ab:

- Verbesserung der Abscheideleistung
- Erhöhung der Wartungsintervalle auf einen ca. sechsmonatigen Zeitraum durch Verringerung der Verblockungsneigung des Koaleszenzfilters bei gleichzeitiger Verbesserung der hydraulischen Leistungsfähigkeit
- Erleichterungen bei der Anlagenreinigung

6 Verbesserung der Abscheideleistung

6.1 Anlagenmodifikation

Die Reinigungsleistung des Centrifloel-Systems im Auslieferungszustand des Jahres 2005 sollte mit der eines modifizierten Systems verglichen werden. Aus den Ergebnissen sollen Aussagen zur Eignung und ggf. auch Vorschläge für eine weitere Optimierung abgeleitet werden.

Aufgrund der Auslegung des Systems als Leichtstoffabscheider erscheint der bodennahe Durchbruch in der Trennwand zwischen der 1. und 2. Kammer nicht geeignet für die Abscheidung von Feststoffteilchen. Bei höheren Volumenströmen kann ein Austrag der Sedimente und Schwebstoffe bis in die 3. Kammer angenommen werden. Durch den Einbau einer Vorrichtung zur Erzwingung einer Strömungsumlenkung, unmittelbar hinter den Durchbruch in der zweiten Kammer, soll die Abscheidung von Feststoffen verbessert werden. Das Wasser, welches aus der ersten Kammer in die zweite fließt, soll dort in eine aufsteigende Strömungsrichtung umgelenkt werden, bevor ein Ablauf in die dritte Kammer erfolgt. Abbildung 6 zeigt eine vereinfachte dreidimensionale Ansicht des Centrifloel-Systems mit eingebauter Strömungsumlenkung zur Verdeutlichung der vorgesehenen Platzierung.

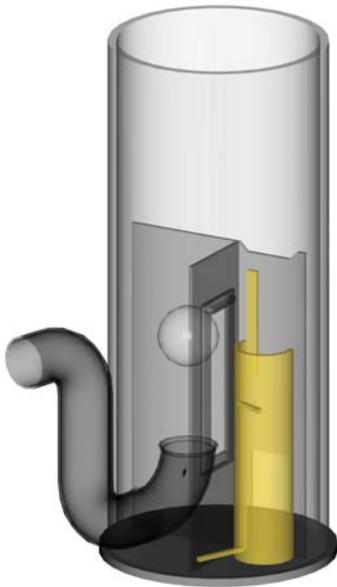


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Centrifoel-Systems mit eingebauter Strömungsumlenkung (gelb dargestellt); auf die Darstellung der weiteren Anlagenbestandteile wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet

6.2 Methodik

Die Beurteilung der Abscheideleistung des unmodifizierten und des modifizierten Straßenablaufes sollte unter reproduzierbaren Bedingungen durch eine Beaufschlagung mit standardisierten synthetischen Niederschlagswässern erfolgen. Durch eine Bilanzierung des Zu- und Ablaufes bei unterschiedlichen hydraulischen und stofflichen Belastungszuständen sollten Aussagen zur Auswirkung der betreffenden Modifikation auf das Anlagenverhalten abgeleitet werden. Der Bilanzraum wurde, der Aufgabenstellung entsprechend, auf das Centrifoel-System ohne vorgeschalteten Trockenschlammfang (Laubeimer) festgelegt (Abbildung 7). Die Ermittlung der Wirkungsgrade erfolgte ausschließlich über die im Ablauf der Anlage gemessenen Parameter. Eine Untersuchung der Feststoffverteilung innerhalb der einzelnen Anlagenteile, die in Abbildung 7 schematisch dargestellt sind, erfolgte im Rahmen dieses Vorhabens nicht.

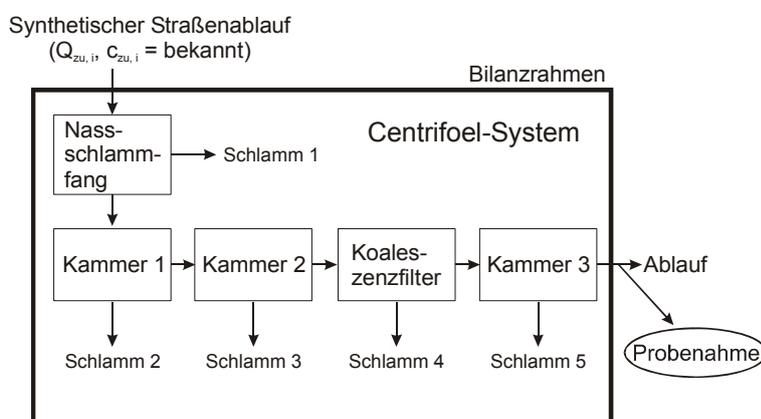


Abbildung 7: Schematische Darstellung des untersuchten Bilanzrahmens

Insgesamt wurden am Prüfstand 4 Versuchsreihen mit unterschiedlichen Zulaufkonzentrationen und -zusammensetzungen durchgeführt (Tabelle 1). Innerhalb der einzelnen Versuchsreihen wurde die Abscheideleistung für jeweils 3 bzw. 4 Betriebspunkte untersucht (Tabelle 2).

Tabelle 1: Versuchsreihen mit den jeweiligen Konzentrationen und Zusammensetzungen

| Versuchsreihe | Konzentration / Zusammensetzung | Modifikation |
|---------------|--|--------------|
| 1 | c(AFS)=50 mg/l, mineralisch | ohne Einbau |
| | | mit Einbau |
| 2 | c(AFS)=150 mg/l, mineralisch | ohne Einbau |
| | | mit Einbau |
| 3 | c(AFS)=50 mg/l, mineralisch/organisch | ohne Einbau |
| | | mit Einbau |
| 4 | c(AFS)=150 mg/l, mineralisch/organisch | ohne Einbau |
| | | mit Einbau |

Tabelle 2: Volumenströme, Zeitintervalle und Beprobungsbeginn bei den einzelnen Betriebspunkten

| Betriebspunkt | Q | Zeit | V | Beprobungs- beginn | V(Beprobungsbeginn) | Anmerkung |
|---------------|-------|-------|-----|-----------------------|---------------------|------------------------|
| () | (l/s) | (Min) | (l) | (Min) | (l) | |
| 1 | 2 | 5 | 600 | 2 | 240 | alle Versuchsreihen |
| 2 | 0,5 | 10 | 300 | 4 | 120 | alle Versuchsreihen |
| 3 | 0,2 | 12 | 144 | 10 | 120 | alle Versuchsreihen |
| 4 | 5 | 0,75 | 225 | 0 (sofort) | 0 | Versuchsreihen 2 und 4 |

Für die Durchführung der Versuchsreihen wurde folgendes Vorgehen festgelegt:

- Beaufschlagung des Systems mit synthetischem Niederschlagswasser (Leitungswasser und Feststoffzusatz) bei der gewählten stofflichen Zusammensetzung (Konzentration und Gemischart) gemäß der in Tabelle 2 dargestellten Reihenfolge ohne Zwischenreinigung.
- Zeitproportionale Beprobung des Ablaufes im stationären Betrieb ($Q_{zu, i}$ und $c_{zu, i}$ = konstant).
- Überprüfung der Selbstreinigungsneigung des Systems durch kurzfristige ($t = 45$ Sekunden) Beaufschlagung mit einem Volumenstrom von $Q = 5$ l/s ohne Feststoffdosierung (Betriebspunkt 4); dabei Beprobung des Ablaufes über den gesamten Zeitraum

6.3 Ergebnisse

6.3.1 Reinigungsleistung

- **Abfiltrierbare Stoffe:** Der Wirkungsgrad des Systems zur Abscheidung von Feststoffen nimmt erwartungsgemäß mit zunehmendem Volumenstrom ab. Durch den Einsatz des hier getesteten Einbaus zur Strömungsumlenkung in die zweite Kammer des Centrifloel-Systems kann eine Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Feststoffabscheidung für die eingesetzten Testgemische um ca. 6 - 7 % erzielt werden. Je nach Stoffkonzentration und -zusammensetzung liegen die erreichten Gesamtwirkungsgrade für das modifizierte System zwischen 81 und 70 % (Abbildung 8). Dabei werden die organisch/mineralischen Stoffgemische schlechter abgeschieden als die rein mineralischen.
- **Glühverlust:** Innerhalb der Versuchsreihen mit Einsatz des mineralisch/organischen Testgemisches erfolgte eine zusätzliche Bestimmung des Glühverlustes der abfiltrierbaren Stoffe im Ablauf der Anlage. Gegenüber dem Ausgangswert von 30 % im Anlagenzulauf werden im Ablauf durchweg höhere Glühverluste verzeichnet. Dies zeigt ein schlechteres Absetzverhalten der organischen Stoffe, welches auf deren geringere Dichte im Vergleich zu den mineralischen Stoffen zurückgeführt wird.

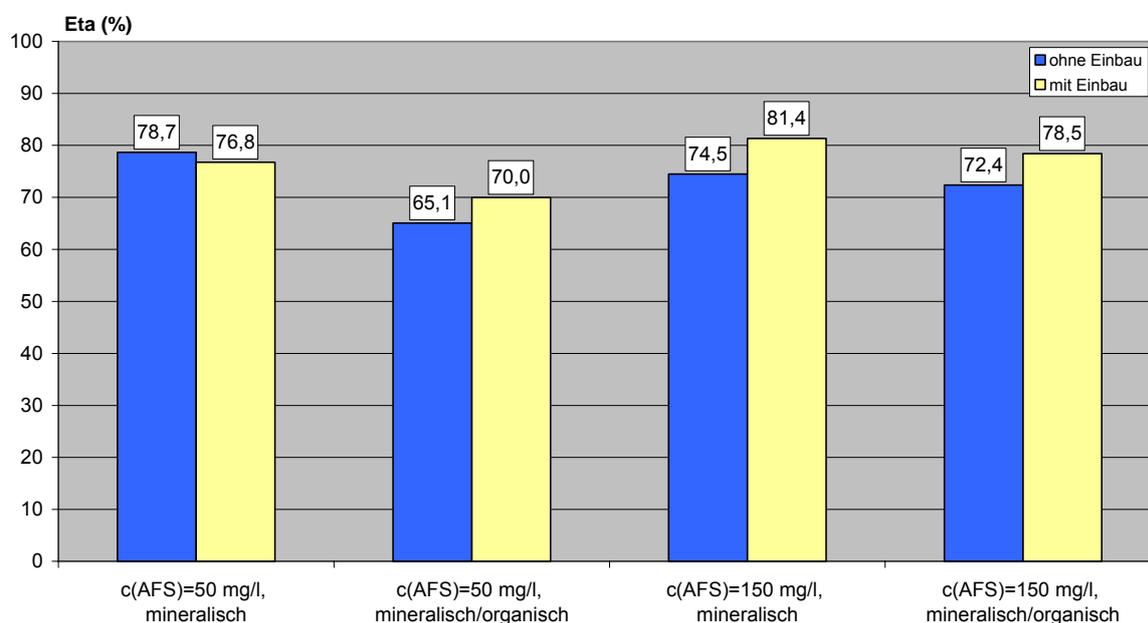


Abbildung 8: Gesamtwirkungsgrade des unmodifizierten und des modifizierten Systems für die Abscheidung mineralischer und mineralisch/organischer Stoffe in Abhängigkeit von der Zulaufkonzentration

6.3.2 Verhalten des beladenen Systems bei hoher hydraulischer Belastung ("Selbstreinigung")

Zwischen dem unmodifizierten und dem modifizierten System ist kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Feststoffaustrages bei Beaufschlagung mit einem Volumenstrom von $Q_{zu} = 5$ l/s erkennbar. Dagegen zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit von der Feststoffzusammensetzung: Bei dem Einsatz des Feststoffgemisches mit organischem Anteil liegen die Ablaufkonzentrationen mit 126 mg/l bzw. 131,3 mg/l erheblich höher als bei Einsatz des rein mineralischen Gemisches, bei dem 90,2 mg/l bzw. 95,6 mg/l ermittelt wurden. Dies wird auf den vermehrten Austrag organischer Feststoffteilchen zurückgeführt. Der ermittelte Glühverlust beträgt 51 % für das unmodifizierte und 52 % für das modifizierte System.

Bei einem Einsatz des rein mineralischen Testgemisches werden 16 - 18 % der im System gespeicherten Feststoffe innerhalb der untersuchten 45 Sekunden ausgetragen. Demgegenüber liegt der Stoffaustrag beim Einsatz des mineralisch/organischen Testgemisches signifikant höher. Hier werden 24 - 25 % der gespeicherten Feststoffe ausgetragen. Das modifizierte System weist hierbei nur einen um 1 - 2 % besseren Rückhalt auf als das unmodifizierte. Ein wirksamer Schutz gegen den Stoffaustrag bei hoher hydraulischer Belastung ist demnach durch den Einsatz der Strömungsumlenkung nicht zu erzielen.

6.3.3 Ableitung des maximalen Volumenstroms

Die Ergebnisse zeigen, dass schon ein Volumenstrom von $Q = 2$ l/s gegenüber $Q = 0,2$ l/s zu einer deutlichen Abnahme des Wirkungsgrades um einen zweistelligen Prozentwert führt. Bei der vom Hersteller angegebenen Belastung von 5 l/s werden bereits sedimentierte Feststoffe aus dem System ausgetragen (Selbstreinigung) und gelangen als Zusatzbelastung in die Kanalisation bzw. die Vorflut. Hydraulische Belastungen des Systems mit Volumenströmen, die über 2 - 3 l/s liegen, sind daher zu vermeiden.

7 Verringerung der Verblockungsneigung des Koaleszenzfilters

Eine Verblockung des sogenannten Koaleszenzfilters wurde in der Untersuchungsphase des vorangegangenen Forschungsvorhabens in 2005 - 2006 vor allem durch Blattreste, Blüten und erdiges Material verursacht, das sich bei zunehmender Betriebsdauer als

Anschwemmschicht auf die aus Kunststoff bestehende Filterwolle legte und somit den hydraulischen Durchsatz erheblich verminderte. In der Folge kam es auch bei Niederschlagsereignissen mittlerer Intensität gehäuft zu Überstausituationen.

Aufgrund der Maschenweite des eingesetzten Kunststoffsiebes, die im Millimeterbereich liegt, ist für feinere Teilchen bei Einsatz eines gereinigten Koaleszenzfilters kein Stoffrückhalt zu erwarten. Hier können lediglich gröbere Stoffe (z.B. Blätter) abgeschieden werden, die dann zu einer Abnahme der Durchlässigkeit führen und somit die Wartungshäufigkeit unnötig erhöhen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand erscheint ein Verzicht auf den Koaleszenzfilter im Centrifool-System vertretbar. Das Wartungsintervall könnte so mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Betriebszeit von sechs Monaten ausgedehnt werden.

8 Modifikation zur Erleichterung bei der Anlagenreinigung

Zwischenzeitlich wurden durch den Hersteller folgende Modifikationen des ursprünglichen Systems durchgeführt, die zu einer erheblichen Erleichterung bei der Anlagenwartung führen:

- Ersatz der beiden Halbschalen des Nassschlammfangs durch eine einzelne Kreisschale mit Griff zur Entnahme mittels Hakenstab
- eine neue Arretiervorrichtung als Ersatz für den Arretierstab zur Fixierung der früher eingesetzten Halbschalen.
- Wegfall der unteren Halbschale zur Abdeckung der Kammern Zwei und Drei; hierdurch wesentliche Erleichterung bei der Schlammabsaugung

9 Erfahrungen aus dem Betrieb des modifizierten Systems unter realen Bedingungen

9.1 Voraussetzungen und Vorgehen

Die Ergebnisse aus den Laboruntersuchungen wurden über einen Zeitraum von sechs Monaten (April bis September 2008) unter realen Bedingungen überprüft. Dazu wurde das

System aus der vorangegangenen Untersuchung [1] mit dem Einbau zur Strömungsumlenkung ausgerüstet und der Zu- und Ablauf der Anlage beprobt.

Eine detaillierte Beschreibung des Gewerbegebietes, dessen Belastungssituation und der an die Versuchsanlage angeschlossenen Fläche sowie der Verfahrensweise zur Probenahme und Bestimmung des Durchflusses sind in [1] dargestellt. Die Sonde des Q-Loggers wurde im Rahmen der jetzt durchgeführten Untersuchungen ausschließlich in der zweiten Kammer des Centrifloel-Systems eingesetzt, um dort die Höhe des Wasserspiegels in Abhängigkeit von der Regenspende und der Betriebsdauer zu ermitteln. Das Vorgehen entspricht somit der Phase I des vorangegangenen Forschungsvorhabens.

Um zusätzlich eine Aussage zum Einfluss der Strömungsumlenkung auf die Verblockungsneigung des Koaleszenzfilters im modifizierten System auf die hydraulische Leistungsfähigkeit und die stoffliche Abscheidung unter realen Bedingungen treffen zu können, wurde folgendes Vorgehen beschlossen:

1. Viermonatiger Betrieb des modifizierten Systems mit eingebautem Koaleszenzfilter. Hierdurch sollten Aussagen zum Einfluss der Strömungsumlenkung auf die Stoffabscheidung und die Verblockungsneigung des Koaleszenzfilters getroffen werden.
2. Vollständige Anlagenreinigung nach vier Monaten.
3. Einmonatiger Betrieb des modifizierten Systems ohne Koaleszenzfilter. Hierdurch sollten Aussagen zum Einfluss des Koaleszenzfilters auf den Stoffrückhalt im System getroffen werden.
4. Abschließende Anlagenreinigung

9.2 Hydrologische Verhältnisse und Anlagenhydraulik

Die Aufarbeitung der hydrologischen und hydraulischen Messwerte erfolgte analog der in [1] beschriebenen Vorgehensweise. Daher wird auf eine detaillierte Darstellung an dieser Stelle verzichtet. Der Durchfluss durch das modifizierte Centrifloel-System wurde im Rahmen dieser Untersuchung ausschließlich auf Basis des kalibrierten KOSIM-Modells bestimmt, welches in [1] angelegt worden war.

Die einzelnen Betriebsphasen und die dafür ermittelten Volumina sind in Tabelle 3 als Summenwerte zusammengefasst. Das resultierende Volumen aus den Niederschlägen wurde mit der an die Anlage angeschlossenen Fläche von 400 m² berechnet. Deutlich zu erkennen ist die starke Überhöhung der mit Hilfe des Q-Loggers ermittelten Volumina für die

Betriebsphase I mit eingebautem Koaleszenzfilter im Vergleich zu den Daten aus der KOSIM-Simulation. Bei ausgebautem Koaleszenzfilter kann in der Betriebsphase II eine sehr gute Übereinstimmung der gemessenen Werte mit denen aus der KOSIM-Simulation beobachtet werden. Hieraus wird die Verblockung des Koaleszenzfilters bei zunehmender Betriebsdauer und zunehmendem Durchsatz deutlich, die aufgrund des zunehmenden Aufstaus einen erhöhten Durchfluss vorspiegelt.

Tabelle 3: Zusammenfassende Übersicht über die hydrologischen und hydraulischen Daten der einzelnen Betriebsphasen des modifizierten Systems

| Phase | Zeitraum Start Ende | H _N | V _N A = 400m ² | V _{Q-Logger} | V _{KOSIM} | Bemerkungen |
|--------------|---------------------------|----------------|---|-----------------------|--------------------|--|
| () | () | (mm) | (m ³) | (m ³) | (m ³) | () |
| Probebetrieb | 03.04.2008 11.04.2008 | 15,10 | 6,04 | 4,08 | 1,97 | Probebetrieb, anschließend Anlage komplett gereinigt |
| I | 11.04.2008 27.08.2008 | 275,43 | 110,17 | 368,72 | 37,18 | 1. – 4. Betriebsmonat, anschließend Anlage komplett gereinigt |
| II | 27.08.2008 24.09.2008 | 41,14 | 16,46 | 7,13 | 7,40 | 5. Betriebsmonat ohne Koaleszenzfilter, anschließend Anlage komplett gereinigt |

Zur Beurteilung des hydraulischen Verhaltens des modifizierten Centrifloel-Systems wurden ausgewählte Regenereignisse mit unterschiedlicher Intensität und Wiederkehrhäufigkeit und deren Auswirkung auf das Abflussverhalten ausgewertet. Dabei zeigte sich, wie bereits in der vorangegangenen Untersuchung, dass die hydraulische Leistungsfähigkeit des Centrifloel-Systems maßgeblich über den eingebauten Koaleszenzfilter begrenzt wird. Dessen rasche Neigung zur Verblockung mit feinen Feststoffteilchen und Blättern führt bereits nach wenigen Regenereignissen zu einem überproportionalen Anstieg des Flüssigkeitsstandes im System. Der Einbau zur Erzwingung einer Strömungsumlenkung führt bezüglich dieses Aspektes nicht zu einer Verbesserung der Situation.

9.3 Reinigungsleistungen

Nachfolgend werden die Wasserqualitätsparameter, die während des Betriebs des modifizierten Systems unter realen Bedingungen ermittelt wurden, dargestellt. Alle Analysen erfolgten aus homogenisierten Proben, die den Kammern 1 und 3 entnommen worden waren.

- pH-Wert: Die Mittelwerte betragen pH = 7,1 für den Zulauf und pH = 7,2 für den Ablauf.
- Leitfähigkeit: Die arithmetischen Mittelwerte betragen 63 µS/cm für den Zulauf und 64 µS/cm für den Ablauf.

- Trübung: Die arithmetischen Mittelwerte betragen 22 TE(F) für den Zulauf und 17 TE(F) für den Ablauf. Es findet somit eine Verminderung der Trübung um ca. 22 % statt. Hierbei ist zu beachten, dass die Probenahme des Zulaufes in Kammer Eins der Anlage erfolgte (vgl. [1]), also nach der Abscheidung größerer und schwererer Teilchen im Nassschlammfang.
- Abfiltrierbare Stoffe: Die arithmetischen Mittelwerte betragen 30 mg/l für den Zulauf und 25 mg/l für den Ablauf, d.h., es findet bei dem Durchfluss durch die Anlage eine Reduzierung dieser Konzentration um im Mittel 17 % statt. Der Betrieb ohne Koaleszenzfilter (Betriebsphase II) weist, wie bereits in der Untersuchung von 2005 – 2006 keine signifikant höheren Ablaufwerte auf als der Betrieb mit Koaleszenzfilter.
- Glühverlust: Die arithmetischen Mittelwerte der Glühverluste betragen 48 % für den Zulauf und 54 % für den Ablauf. Die stets höheren Ablaufwerte decken sich mit den Ergebnissen aus den Versuchsreihen mit synthetischem Ablaufwasser, d.h., die organischen Komponenten werden auch hier schlechter abgeschieden als die anorganischen.

Zur Bestimmung des Gesamtwirkungsgrades für die Abscheidung von Feststoffen wurden für die einzelnen Wartungsintervalle die Massensummen im Zu- und Ablauf der Anlage ermittelt. Für die Zulaufseite wurde hierbei auch der im Nassschlammfang zurückgehaltene Feststoff berücksichtigt. Die Massensummen im Zu- und Ablauf der Anlage sind in Abbildung 9 für die einzelnen Wartungsintervalle mit dem jeweils erzielten Wirkungsgrad η dargestellt. Für die Betriebsphase I mit eingebautem Koaleszenzfilter wird ein Wirkungsgrad für die Feststoffabscheidung von 53 % ermittelt. Für die Betriebsphase II ohne Koaleszenzfilter beträgt der Wirkungsgrad 30 % und liegt somit unter dem des Systems mit eingebautem Koaleszenzfilter. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass in der Betriebsphase II lediglich zwei abflusswirksame Regenereignisse stattgefunden haben, von denen das erste mit einer recht hohen hydraulischen Belastung von $Q_{zu} = 3,1 \text{ l/s}$ auch bei einem System mit eingebautem Koaleszenzfilter zu einem vergleichbaren Ergebnis geführt hätte. Darüber hinaus kann angenommen werden, dass der mit Feststoffen beladene Koaleszenzfilter in der Betriebsphase I bei stärkeren Regenereignissen einen verbesserten Rückhalt von abfiltrierbaren Stoffen bewirkt hat. Allerdings geht dieser vermeintliche Vorteil mit einer erheblich reduzierten hydraulischen Leistungsfähigkeit einher, was an den Rückstauhöhen in Abhängigkeit der Regenspenden im System während der ersten Betriebsphase abzulesen ist.

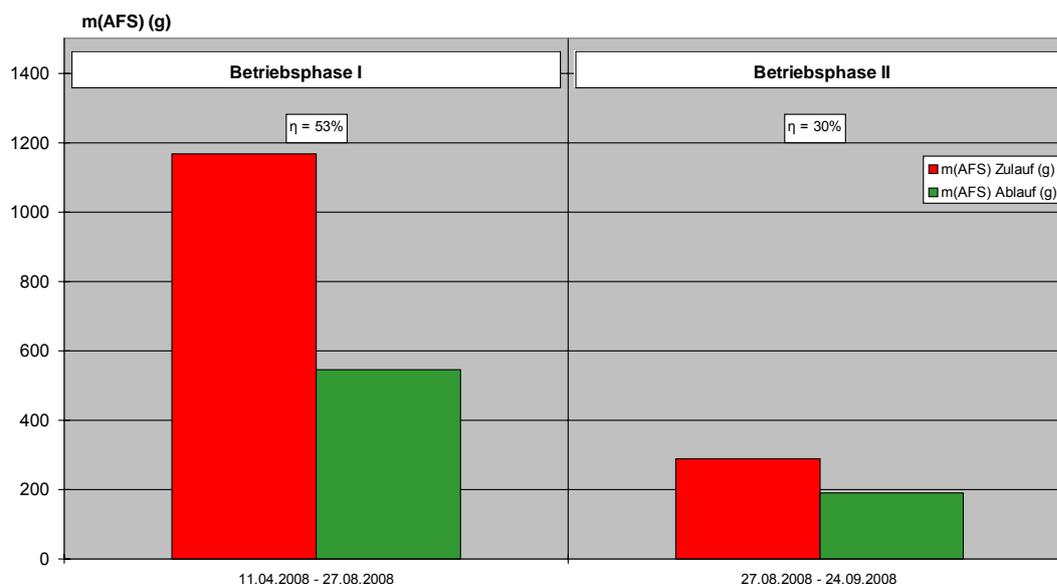


Abbildung 9: Massensummen an abfiltrierbaren Stoffen im Zu- und Ablauf der modifizierten Versuchsanlage innerhalb der einzelnen Wartungsintervalle und daraus ermittelte Gesamtwirkungsgrade.

9.4 Fazit

Die am Prüfstand unter kontrollierten Bedingungen ermittelte Verbesserung der Feststoffabscheidung des modifizierten Systems um ca. 6 - 7 % konnte unter realen Betriebsbedingungen, vermutlich aufgrund der dort mehrfach aufgetretenen Niederschlagsereignisse mit einem resultierenden Volumenstrom von $Q_{zu} > 2 - 3$ l/s, nicht bestätigt werden. Während der Betriebsphase I trat dieser Lastfall insgesamt neunmal auf, in der Betriebsphase II ohne Koaleszenzfilter einmal bei insgesamt zwei Ereignissen.

Bei einem Vergleich der Zu- und Ablaufwerte des Parameters Abfiltrierbare Stoffe für den Betrieb der Anlage mit und ohne Koaleszenzfilter ist kein signifikanter Unterschied zu beobachten. Bezogen auf den Gesamtwirkungsgrad wird zwar für die Betriebsphase I mit eingebautem Koaleszenzfilter ein besserer Wert erzielt als in der Betriebsphase II ohne Filter, allerdings traten in der Phase II nur zwei abflusswirksame Niederschlagsereignisse auf, von denen das maßgebende einen maximalen Zulauf von $Q_{zu} = 3,1$ l/s aufweist. Konzentrationsbezogen ist die Differenz der abfiltrierbaren Stoffe zwischen Zulauf und Ablauf mit der Betriebsphase I vergleichbar. Bei einer Begrenzung des Zulaufvolumenstromes auf $Q_{zu} = 2 - 3$ l/s werden deshalb keine signifikanten Unterschiede zwischen einem Betrieb ohne und mit (gereinigtem) Koaleszenzfilter erwartet.

10 Zusammenfassende Bewertung des Systems

Die für eine noch ausreichende Abscheideleistung vertretbare maximale hydraulische Leistungsfähigkeit wurde mit $Q_{zu} = 2 - 3$ l/s ermittelt und liegt damit erheblich unter dem vom Hersteller angegebenen Wert von $Q_{zu} = 5$ l/s. Neben der erwartungsgemäßen Abnahme des Wirkungsgrades mit zunehmendem Volumenstrom wurde bei einer Beaufschlagung des Systems mit $Q_{zu} = 5$ l/s ein Austrag bereits gespeicherter Feststoffe nachgewiesen.

Das Eintreten dieses Betriebszustandes (Selbstreinigung) ist unter realen Bedingungen zum Schutz der Vorflut auf jeden Fall zu vermeiden. Dies kann durch eine Vorrichtung zum Abschlagen von höheren Volumenströmen, z.B. über einen Notüberlauf (Bypass) im oberen Teil des Nassschlammfangs direkt in den Ablaufsiphon des Systems, erreicht werden. Der Hersteller führt zur Zeit Untersuchungen zu einer konstruktiven Umsetzung durch.

Bei der Überprüfung des modifizierten Systems unter realen Bedingungen konnten die im Wasserbaulabor ermittelten Ergebnisse bezüglich der verbesserten Abscheideleistung nicht bestätigt werden. Dies wird vor allem auf die recht häufig aufgetretenen hydraulischen Überlastungssituationen mit Volumenströmen von $Q_{zu} > 2 - 3$ l/s zurückgeführt. Nach der Integration eines Notüberlaufes werden hier wesentlich bessere Werte erwartet, die in der Größenordnung der am Prüfstand erzielten liegen sollten.

Im Wesentlichen decken sich die Ergebnisse der hydraulischen und stofflichen Untersuchungen unter realen Bedingungen mit denen aus dem vorangegangenen Vorhaben der Jahre 2005/2006. Der Koaleszenzfilter wurde aufgrund seiner Neigung zur Verblockung und der damit einhergehenden Einschränkung der hydraulischen Leistungsfähigkeit als Schwachstelle des Systems bestätigt. Daher wird die Empfehlung ausgesprochen, diesen aus dem System zu entfernen, wenn keine anderen Gründe dagegen sprechen. Beispielsweise kann der Rückhalt des Filters für Laubbestandteile aufgrund einer nachgeschalteten Rigole durchaus gewünscht sein. Dann muss aber eine entsprechende Anpassung der Wartungsintervalle erfolgen, die ohne Koaleszenzfilter im Bereich eines halben Jahres liegen können.

Die vom Hersteller zwischenzeitlich durchgeführten Modifikationen des Nassschlammfangs mit dem Ziel, die Wartungsarbeiten zu erleichtern, stellen gegenüber dem Auslieferungszustand des Systems im Jahr 2005 eine erhebliche Verbesserung dar.

Als Fazit kann eine Empfehlung des Systems als Alternative zu einer zentralen Behandlung des Niederschlagswassers unter folgenden Bedingungen gegeben werden:

- Begrenzung des Durchflusses auf $Q_{zu} = 2 - 3 \text{ l/s}$
- Verzicht auf den Koaleszenzfilter
- Anlagenwartung im halbjährlichen Abstand

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen deutlich, dass eine Beurteilung des Betriebsverhaltens dezentraler Anlagen unter realen Bedingungen schwierig ist und auf jeden Fall lange Einsatzzeiten erfordert. Demgegenüber können mit Hilfe des entwickelten Prüfstandes und des synthetischen Straßenablaufwassers sehr viel schneller Daten zum hydraulischen Verhalten und zu den Abscheideleistungen ermittelt werden. Insbesondere die hydraulische Überlastsituation, die im Hinblick auf die damit verbundenen Belastungsspitzen im Ablauf sehr kritisch ist, kann mit dem Prüfstand eindeutig nachgewiesen werden.

11 Literatur

- [1] Pick, V., Fettig, J., Miethe, M.: Wirksamkeit eines dezentralen Behandlungssystems für Niederschlagswasser von Verkehrsflächen.
Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Auftrage des MUNLV, Höxter 2006.
- [2] <http://www.centrifoel.de/oeko.html>
Valpertz-Scarabaeus GmbH, Abruf: Juni 2005.
- [3] Göttle, A. (1978): Ursachen und Mechanismen der Regenwasserverschmutzung - Ein Beitrag zur Modellierung der Abflussbeschaffenheit in städtischen Gebieten.
Institut für Bauingenieurwesen Technische Universität München, Berichte aus Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, Heft Nr. 23.
- [4] Sommer, H.: Behandlung von Straßenabflüssen.
Dissertation, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, 2007.
- [5] Xanthopoulos, C. (1990): Niederschlagsbedingter Schmutzstoffeintrag in Kanalsystemen -Erneute Bilanzierung aufgrund weitergehender Erfassung von Ereignissen.
Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Heft 58, S. 117-145.
- [6] Li, Y., Lau, S., Kayhanian, M., Stenstrom, M.: Particle Size Distribution in Highway Runoff.
J. Environm. Engrg. 131 (2005) 9, 1267-1276.