Inhalt

3P Hydrosystem 1000 heavy traffic 02-03

DiBt Zulassungen..... 04-25

LfU Zulassungen..... 26-39

Referenzen 41

3P Hydrosystem Schweiz 42-43

Prüfungen Dr. Pecher..... 44-83

Prüfungen Trennerlass NRW 84-87

Prüfungen Hamburg Harburg 89-99

Prüfungen Fachhochschule Münster
Prof. Dr. Uhl 101-134

Unterirdische Regenwasserversickerung mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung - das 3P Hydrosystem heavy traffic

mit DIBt Zulassung

Problematik

Regenwasserbehandlungsanlagen vor Versickerungsanlagen, insbesondere vor Versickerungsblöcken und Sickerschächten können Boden und Grundwasser bei der Versickerung von Verkehrsflächenabflüssen nur nachhaltig schützen, wenn sie einwandfrei funktionieren und betriebssicher sind. Schwermetalle wie Zink, Blei, Kupfer oder Cadmium sowie Kohlenwasserstoffe in Form von Mineralölen und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK´s) kommen zweifelsfrei in zu hohen Konzentrationen im Regenabfluss vor und müssen vor der Versickerung zurückgehalten werden. Das ist besonders wichtig, wenn keine belebte Bodenzone verwendet wird.

Auf dem Markt erscheinen zurzeit eine ganze Reihe von dezentralen Behandlungssystemen für solche Regenabflüsse, die alle relevanten Stoffe in einem ausreichenden Maß zurückhalten sollen. Da die Technologie neu ist und teilweise nicht ausreichend erprobt, können Wasserbehörden und Planer nur selten einschätzen, ob eine Anlage wirklich zuverlässig die gesetzten Behandlungsziele erreichen kann und vor allem dauerhaft betriebssicher funktioniert. Damit ist ein Einsatz immer mit gewissen Risiken behaftet. Es fehlt bisher eine reproduzierbare Prüfmethode, die eine Eignung der Anlage seitens einer unabhängigen Stelle feststellen kann.

Bauaufsichtliche Zulassung

Eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) in Berlin schafft hier Abhilfe. Wie schon von wasserdurchlässigen Flächenbelägen bekannt, können jetzt auch dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen eine abZ bekommen, wenn Sie gemäß den Zulassungsgrundsätzen für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen des DIBt geprüft worden sind. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden für solche Bauprodukte und Bauarten im Anwendungsbereich der Landesbauordnungen erteilt, für die es keine allgemein anerkannte Regeln der Technik, insbesondere DIN Normen, gibt oder die von diesen wesentlich abweichen. Sie sind zuverlässige Verwendbarkeitsnachweise von Bauprodukten bzw. Anwendbarkeitsnachweise von Bauarten im Hinblick auf bautechnische Anforderungen an Bauwerke.

Für die abZ werden die Anlagen von einer unabhängigen und vom DIBt zugelassenen Prüfstelle auf Ihre Funktion geprüft. Darüber hinaus werden der Betrieb und die Wartung begutachtet. Oberstes Ziel ist der dauerhafte Schutz des Bodens und des Grundwassers nach den jeweils geltenden Deutschen Regelungen und Richtlinien. Da sich diese unter anderem im Rahmen der bevorstehenden Umsetzung der Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzungen und Verschlechterungen (GWRL), die am 16. Januar 2007 in Kraft getreten ist, ändern können, wird eine abZ für die Dauer von fünf Jahren ausgestellt und kann jederzeit an Gesetzes-änderungen angepasst werden. **Als erste zugelassene Anlage mit der Nummer Z-84.2-4 steht mit dem 3P Hydrosystem heavy traffic** jetzt eine Anlage zur Verfügung, die alle Prüfbedingungen erfüllt hat Abbildung 1). Die wasserrechtlichen Anforderungen im Sinne der „Verordnungen der Länder zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten und Bauarten durch Nachweise nach den Landesbauordnungen (WasBauPVO) werden erfüllt. Werkseigene Produktionskontrollen und eine Fremdüberwachung sichern die Eigenschaften des Produktes ab.

Funktionsprinzip

Die Behandlungsanlage besteht aus einem Polyethylen-Einsatz und wird in einem Außenschacht installiert, der den verkehrstechnischen Belastungen genügen muss. Neben Betonschächten nach DIN EN 1917 V 4034-1 sind auch Kunststoffschächte mit eigener abZ einsetzbar. Das Regenwasser von der zu entwässernden Fläche wird im unteren Bereich der Behandlungseinheit radial eingeleitet. Hier findet in einem hydrodynamischen Abscheider aufgrund von turbulenten Sekundärströmungen in einem radialen, laminaren Strömungsregime die Sedimentation von Partikeln, insbesondere der Sandfraktion, durch die Gravitationskraft statt. Diese werden über eine Öffnung im unteren Teil des Reinigungsschachtes in einem strömungsberuhigten Schlammsammelraum unter dem System aufgefangen, der über einen Wartungsrohr entleert werden kann.

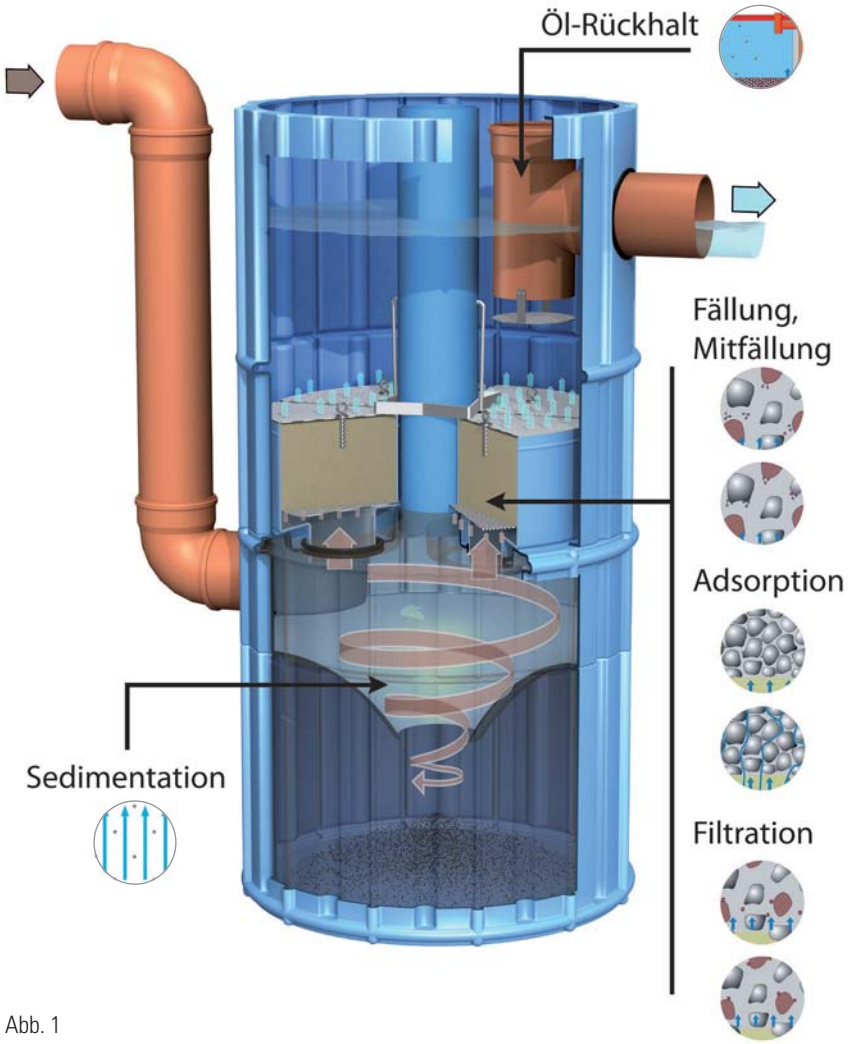


Abb. 1

In der Mitte der Behandlungsanlagen befinden sich vier Filterelemente. Mit diesen Filtern werden im Aufstromverfahren Feinstoffe gefiltert und ein Großteil der gelösten Schadstoffe wird ausgefällt und adsorptiv gebunden. Der Filter ist rückspülbar und im Falle einer völligen Verschlämmung austauschbar. Da sich der Schacht nach oben verengt, besteht der Filtereinsatz aus mehreren Teilen, damit der Filter problemlos aus dem Schacht gehoben und ausgetauscht werden kann. Die Standzeit des Filters liegt im Regelfall bei drei Jahren. Der Schlammfang mit 320 ltr. muss in Intervallen zwischen einem und fünf Jahren ausgesaugt werden. In den Filterelementen findet über die Prozesse Filtration, Adsorption (Ionenaustausch) und chemische Fällung die Reinigung des Wassers von Feststoffen, Schwermetallen, Kohlenwasserstoffen und Nährstoffen statt. Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass einmal zurückgehaltene Schwermetalle nicht über Tausalzeinträge im Winter rückgelöst werden. Die Prozesse sind in Abbildung 1 (links unten) grafisch dargestellt.

Einsatzgebiete

Die abZ für das 3P Hydrosystem heavy traffic gilt für den Anschluss von Kfz-Verkehrsflächen ohne Beschränkung der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) bis zu einer Größe von 500 m². Ausgenommen sind Flächen, auf denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird. Das ablaufende Wasser ist zur Versickerung vorgesehen. Es gilt als unbedenklich im Sinne der DWA-A 138. Damit kann es in nahezu allen Versickerungsanlagen versickert werden, insbesondere über unterirdische Anlagen wie Rigolen oder Sickerschächte. Die Verwendung der Anlage zur Behandlung von Flächen mit starker Verschmutzung (z.B. durch Fuhrunternehmen, Wochenmärkte oder Reiterhöfe) ist grundsätzlich möglich, bedarf aber einer Erlaubnis/Genehmigung der zuständigen Wasserbehörde und unterliegt ggf. zusätzlicher Einbau-, Betriebs- oder Wartungsbestimmungen.

Betrieb und Wartung

Da der Niederschlagswasserabfluss von Verkehrsflächen eine ganze Reihe unerwünschter Stoffe enthält, die im Filtersystem zurückgehalten werden, müssen die Anlagen in regelmäßigen Zeitabständen gewartet und gereinigt werden. Eine entsprechende Wartungsanleitung ist dem Betreiber zu übergeben. Die Wartung muss von einem Fachkundigen durchgeführt werden. Vom Betreiber der Anlage ist ein entsprechender Wartungsvertrag mit dem Fachkundigen abzuschließen.

In Abständen von höchstens 12 Monaten ist eine Kontrolle der Durchlässigkeit der Filtereinsätze notwendig. Dies passiert im eingebauten Zustand (Abbildung 2). Außerdem ist der Schlammspiegel im Schlammsammelraum zu messen (Abbildung 3). Bei Bedarf muss dieser ausgepumpt und ordnungsgemäß entsorgt werden.

Die Filtereinsätze sind in einem Abstand von höchstens drei Jahren auszutauschen (Abbildung 4). Die gebrauchten Filtereinsätze werden beim Austausch in eine dichte Wanne gelegt und zum Hersteller zurückgeschickt. Alle Arbeiten sind in einem Betriebsbuch zu dokumentieren.

Zusammenfassung

Mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik in Berlin steht ein zuverlässiger Verwendbarkeitsnachweis für Anlagen zur Reinigung von Niederschlagswasserabflüssen von Verkehrsflächen zur Verfügung. Anlagen mit abZ werden unabhängig auf den Stoffrückhalt, die Umweltverträglichkeit und die Funktion geprüft. Das ablaufende Wasser wird als unbedenklich gemäß Arbeitsblatt A 138 der DWA eingestuft, kann also über nahezu alle Versickerungsanlagen, insbesondere unterirdische Anlagen wie Rigolen versickert werden.

Das 3P Hydrosystem heavy traffic besitzt als erstes Schachtsystem die abZ, welche auch den Betrieb und die Wartung regelt. An das System können 500 m² Verkehrsfläche unabhängig von der DTV angeschlossen werden. Einmal pro Jahr wird die Anlage gewartet, die Filterelemente müssen nach drei Jahren ausgetauscht werden. Die alten Filterelemente werden dabei zum Hersteller im Tauschverfahren zurückgeschickt, um eine ordnungsgemäße Entsorgung zu gewährleisten.

Abb. 2: Messung der Durchlässigkeit der Filterelemente

Abb. 3: Messung des Schlammspiegels mit Schlammteller

Abb. 4: Entnahme eines Filterelements

Abb. 2

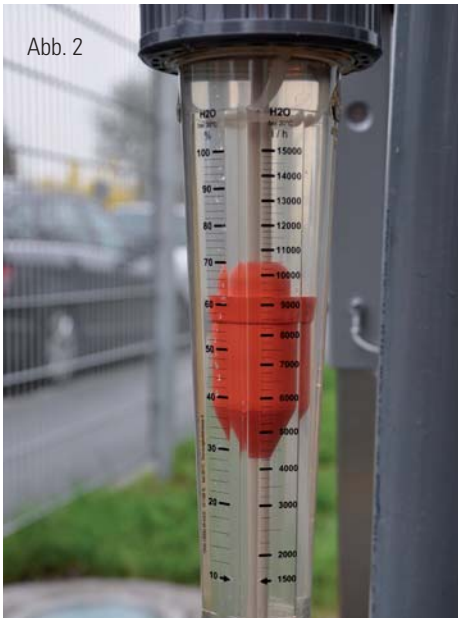


Abb. 3

Abb. 4

Hydrosystem 1000 heavy traffic

Für Verkehrsflächen ohne Beschränkung der Verkehrsstärke

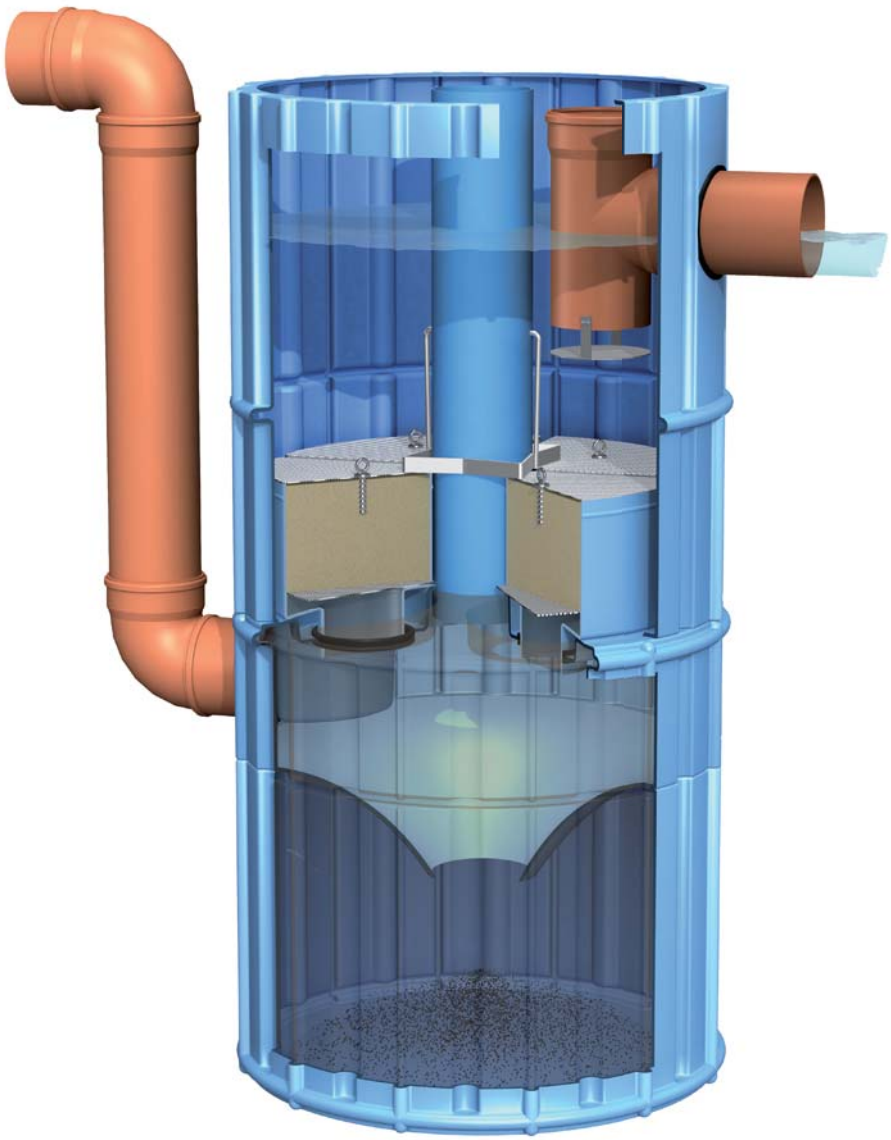
DIBt-Zulassung Z-84.2-4 seit 11.05.2010

„Das Wasser gilt als unbedenklich im Sinne von DWA-A-138“, dass heißt es darf zum Beispiel in unterirdische Versickerungsanlagen (Rigolen, Hohlkörper, Sickerschächte) eingeleitet werden.

Rückhalt an Feststoffen (AFS):	≥ 92 %
Rückhalt an Mineralöl (MKW):	≥ 80 %
Rückhalt an gelöstem Kupfer:	≥ 80 %
Rückhalt an gelöstem Zink:	≥ 70 %

Das Wasser erfüllt die Vorgaben der BBodSchV bereits am Ablauf der Anlage. Durch die weitere Untergrundpassage stehen zusätzliche Sicherheiten zur Verfügung.

Die Zulassung regelt auch die Überwachung der Produktion und die Wartung der Anlagen. Die Filter werden vom Hersteller zurückgenommen, eine fachgerechte Entsorgung ist gesichert. Ein Wartungsvertrag mit einer Fachfirma für ganz Deutschland ist verfügbar.



DIBt

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Deutsches Institut für Bautechnik
ANSTALT DES ÖFFENTLICHEN RECHTS

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten
Bautechnisches Prüfamt
Mitglied der Europäischen Organisation für
Technische Zulassungen EOTA und der Europäischen Union
für das Agrément im Bauwesen UEAtc

Tel.: +49 30 78730-0
Fax: +49 30 78730-320
E-Mail: dibt@dibt.de

Datum: 12. Mai 2010

Geschäftszeichen: II 32-1.84.2-1/07

Zulassungsnummer: **Z-84.2-4**

Geltungsdauer bis: **11. Mai 2015**

Antragsteller:

3P Technik Filtersysteme GmbH
Öschstraße 14, 73072 Donzdorf

Zulassungsgegenstand:

Anlage zur Behandlung von mineralölhaltigen Niederschlagsabflüssen für die Versickerung
3P Hydrosystem heavy traffic

Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen.
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst elf Seiten und zehn Anlagen.

Deutsches Institut für Bautechnik
3

I. ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

1 Mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Zulassungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.

2 Sofern in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Anforderungen an die besondere Sachkunde und Erfahrung der mit der Herstellung von Bauprodukten und Bauarten betrauten Personen nach den § 17 Abs. 5 Musterbauordnung entsprechenden Länderregelungen gestellt werden, ist zu beachten, dass diese Sachkunde und Erfahrung auch durch gleichwertige Nachweise anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union belegt werden kann. Dies gilt ggf. auch für im Rahmen des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) oder anderer bilateraler Abkommen vorgelegte gleichwertige Nachweise.

3 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.

4 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.

5 Hersteller und Vertreiber des Zulassungsgegenstandes haben, unbeschadet weiter gehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", dem Verwender bzw. Anwender des Zulassungsgegenstandes Kopien der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zur Verfügung zu stellen und darauf hinzuweisen, dass die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung an der Verwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden Kopien der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zur Verfügung zu stellen.

6 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nicht widersprechen. Übersetzungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.

7 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.

Deutsches Institut für Bautechnik 3

DIBt

II. BESONDERE BESTIMMUNGEN

1 Zulassungsgegenstand und Anwendungsbereich

1.1 Zulassungsgegenstand sind Anlagen zur Behandlung von mineralölhaltigen Niederschlagsabflüssen von Kfz-Verkehrsflächen Typ 3P Hydrosystem heavy traffic gemäß den Angaben der Anlage 1, im weiteren als Abwasserbehandlungsanlagen bezeichnet. Die Abwasserbehandlungsanlagen können dauerhaft Niederschlagsabflüsse, die ihr von Kfz-Verkehrsflächen einer Größe von bis zu 500 m^2 zugeleitet werden, unter festgelegten Bedingungen so behandeln, dass das Wasser anschließend in Boden und Grundwasser versickert werden kann.

1.2 Die Abwasserbehandlungsanlagen sind zusammen mit einem zusätzlichen Außenschacht für den Einbau in befahrbare und nicht befahrbare Bereiche vorgesehen.

1.3 Die Verwendung der Abwasserbehandlungsanlagen in anderen Anwendungsbereichen und/oder unter anderen Bedingungen als in der Zulassung geregelten, ist im Einzelfall nur möglich nach Klärung der Zulässigkeit einer solchen Einleitung bzw. der ggf. erforderlichen zusätzlichen Anforderungen mit der zuständigen Wasserbehörde.

1.4 Die Abwasserbehandlungsanlagen dürfen nicht verwendet werden zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen

- von Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen und
- von Flächen, auf denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird.

1.5 Mit dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung werden neben den bauaufsichtlichen auch die wasserrechtlichen Anforderungen im Sinne der "Verordnungen der Länder zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten und Bauarten durch Nachweise nach den Landesbauordnungen" (WasBauPVO) erfüllt.

2 Bestimmungen für die Bauprodukte und die Bauart

2.1 Allgemeines

Die Abwasserbehandlungsanlage besteht aus einem Schachtelement aus Kunststoff mit Zu- und Ablauf, 4 Filtereinsätzen Typ ht und weiteren Einbauteilen gemäß den Angaben der Anlagen 1 und 2. Die Filtereinsätze bestehen aus mit Substrat gefüllten Filterbehältern gemäß den Angaben der Anlage 3. Das Substrat bewirkt den Rückhalt von Kohlenwasserstoffen und Schwermetallen.

2.2 Aufbau und Eigenschaften

2.2.1 Aufbau und Eigenschaften der Abwasserbehandlungsanlage

Der Aufbau der Abwasserbehandlungsanlage entspricht den Angaben der Anlagen 1 und 2.

Die Abwasserbehandlungsanlage wurde nach den "Zulassungsgrundsätzen für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen" – Entwurf Februar 2010 – des DIBt geprüft und beurteilt.

In den Prüfungen hat die Abwasserbehandlungsanlage die geforderten Durchflüsse erreicht. Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle (Leitparameter Kupfer und Zink) wurden entsprechend den Vorgaben der Zulassungsgrundsätze zurückgehalten. Damit werden die gesetzlichen Anforderungen des Boden- und Gewässerschutzes erfüllt.

2.2.2 Eigenschaften der Schachtelemente

Die Schachtelemente bestehen aus Polyethylen mit beim DIBt hinterlegten Herstellerbezeichnung und Eigenschaften. Sie entsprechen hinsichtlich Form und Abmessungen den Angaben der Anlagen 1 und 2.

Deutsches Institut für Bautechnik
3

2.2.3 Eigenschaften der Filtereinsätze

Die Filtereinsätze Typ ht entsprechen den Angaben der Anlage 3. Sie bestehen im Wesentlichen aus einer in die Filterbehälter eingebrachten Schichtung der Komponenten Zeolith und Aktivkohle (Substrat). Aufbau und Zusammensetzung der Substratfüllung sind beim DIBt hinterlegt.

Das Substrat erfüllt die Anforderungen der "Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser" in der jeweils gültigen Fassung[1] unter Zugrundelegung der Geringfügigkeitsschwellenwerte der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (vgl. Anhang I-D.1).

2.3 Herstellung und Kennzeichnung der Bauprodukte

2.3.1 Herstellung der Schachtelemente

Die Schachtelemente sind gemäß den Angaben der Anlagen 1 und 2 werkmäßig im Rotationssinterverfahren herzustellen. Für die Herstellung sind nur die beim DIBt hinterlegten und mit Handelsnamen, Hersteller und Kennwerten genauer bezeichneten Formmassen zu verwenden.

2.3.2 Herstellung und Kennzeichnung der Filtereinsätze

Die Filtereinsätze sind werkmäßig herzustellen.

Das Substrat muss hinsichtlich Aufbau und Zusammensetzung der beim DIBt hinterlegten Rezeptur entsprechen. Die Filtereinsätze dürfen nur in den vom Antragsteller benannten Werken hergestellt werden.

Die Filtereinsätze müssen vom Hersteller auf der Grundlage dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder und mit der Typbezeichnung ht gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung mit dem Ü-Zeichen darf nur erfolgen, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 2.4 erfüllt sind.

2.3.3 Herstellung und Kennzeichnung der Abwasserbehandlungsanlage

Die Abwasserbehandlungsanlage ist durch Einbau der Filtereinsätze und der übrigen Einbauteile in das Schachtelement gemäß den Angaben der Anlagen 1 und 2 herzustellen.

Die Abwasserbehandlungsanlage muss vom Hersteller auf der Grundlage dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder und mit der Typbezeichnung 3P Hydrosystem heavy traffic gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung mit dem Ü-Zeichen darf nur erfolgen, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 2.4 erfüllt sind.

2.4 Übereinstimmungsnachweise

2.4.1 Übereinstimmungsnachweis für die Filtereinsätze

2.4.1.1 Allgemeines

Die Bestätigung der Übereinstimmung der Filtereinsätze mit den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jedes Herstellwerk mit einem Übereinstimmungszertifikat auf der Grundlage einer werkseigenen Produktionskontrolle und einer regelmäßigen Fremdüberwachung einschließlich einer Erstprüfung nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen erfolgen.

Für die Erteilung des Übereinstimmungszertifikats und die Fremdüberwachung einschließlich der dabei durchzuführenden Produktprüfungen hat der Hersteller der Filtereinsätze eine hierfür anerkannte Zertifizierungsstelle sowie eine hierfür anerkannte Überwachungsstelle einzuschalten.

Deutsches Institut für Bautechnik
3

[1] zuletzt: "Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser, Teil II – Fassung Mai 2008 –" in "Grundsätze und Analyseverfahren zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser", Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik

Die Erklärung, dass ein Übereinstimmungszertifikat erteilt ist, hat der Hersteller durch Kennzeichnung der Bauprodukte mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) unter Hinweis auf den Verwendungszweck abzugeben.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik ist von der Zertifizierungsstelle eine Kopie des von ihr erteilten Übereinstimmungszertifikates zur Kenntnis zu geben.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik ist zusätzlich eine Kopie des Erstprüfberichts zur Kenntnis zu geben.

2.4.1.2 Werkseigene Produktionskontrolle

In jedem Herstellwerk ist eine werkseigene Produktionskontrolle einzurichten und durchzuführen. Unter werkseigener Produktionskontrolle wird die vom Hersteller vorzunehmende kontinuierliche Überwachung der Produktion verstanden, mit der dieser sicherstellt, dass die von ihm hergestellten Bauprodukte den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

Die werkseigene Produktionskontrolle soll mindestens die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen einschließen.

- Beschreibung und Überprüfung der Filterbehälter und der Komponenten des Substrats:

  Die Übereinstimmung der Filterbehälter und der Komponenten des Substrats mit der beim DIBt hinterlegten Zusammensetzung ist durch Werksbescheinigungen durch die Lieferer der Filterbehälter und der Komponenten des Substrats nachzuweisen. Die Lieferpapiere sind bei jeder Lieferung auf Übereinstimmung mit der Bestellung zu kontrollieren.

- Kontrollen und Prüfungen, die während der Herstellung durchzuführen sind:

  Die Dosierung der Komponenten entsprechend dem beim DIBt hinterlegten Aufbau des Substrats ist zu protokollieren.

  Einmal pro Charge sind aus der laufenden Produktion Proben der Komponenten zu entnehmen und entsprechend dem Mischungsverhältnis im Filtereinsatz zu vermischen und hinsichtlich folgender Kennwerte zu kontrollieren:

  - Schüttdichte
  - Körnungslinie
  - pH-Wert
  - Glühverlust

  Einmal im Quartal sind aus der laufenden Produktion Proben der Komponenten zu entnehmen und entsprechend dem Mischungsverhältnis im Filtereinsatz zu vermischen und die Sorptionskapazität zu ermitteln.

  Die Prüfungen müssen entsprechend den im Kontrollplan festgelegten Prüfverfahren durchgeführt werden. Die Prüfwerte müssen die im Kontrollplan festgelegten Anforderungen erfüllen. Der Kontrollplan ist beim DIBt hinterlegt.

- Kontrollen und Prüfungen, die am fertigen Filtereinsatz durchzuführen sind:

  An jedem 25sten Filtereinsatz sind das Gewicht, der Füllgrad und der Schichtaufbau des Substrats zu prüfen. Hierzu ist ein Filtereinsatz aus der laufenden Produktion zu entnehmen. Das Gewicht ist durch Wiegen des Filtereinsatzes zu ermitteln. Der Füllgrad und der Schichtaufbau sind durch lagenweisen Ausbau des Substrats aus einem Filterelement zu überprüfen. Die Schichthöhen sind zu bestimmen.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Filtereinsatzes bzw. der Bestandteile
- Art der Kontrolle oder Prüfung
- Datum der Herstellung und der Prüfung des Substrats bzw. der Bestandteile

Deutsches Institut für Bautechnik

- Ergebnis der Kontrollen und Prüfungen und, soweit zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen

Die Aufzeichnungen sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind dem Deutschen Institut für Bautechnik, der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde oder der zuständigen Wasserbehörde auf Verlangen vorzulegen.

Bei ungenügendem Prüfergebnis sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des Mangels zu treffen. Nach Abstellung des Mangels ist - soweit technisch möglich und zum Nachweis der Mängelbeseitigung erforderlich - die betreffende Prüfung unverzüglich zu wiederholen. Substrat oder Bestandteile, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind so zu handhaben, dass Verwechslungen mit übereinstimmenden ausgeschlossen werden.

2.4.1.3 Fremdüberwachung der Herstellung des Filtereinsatzes

In jedem Herstellwerk ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung zweimal jährlich zu überprüfen. Sind zwei aufeinander folgende Fremdüberwachungen ohne Beanstandungen, kann die Fremdüberwachung auf einmal jährlich reduziert werden. Werden bei der jährlichen Fremdüberwachung Mängel festgestellt, ist die zweimal jährlich stattfindende Fremdüberwachung wieder einzuführen. Im Rahmen der Fremdüberwachung ist eine Erstprüfung des Substrats durchzuführen.

- Erstprüfung

  Für das bei Erteilung dieser Zulassung benannte Herstellwerk kann die Erstprüfung des Substrats entfallen, da die der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zugrunde liegenden Prüfungen an Proben aus der laufenden Produktion durchgeführt wurden.

  Bei Benennung anderer Herstellwerke oder bei Änderung der Produktionsvoraussetzungen ist eine Erstprüfung der Filtereinsätze durchzuführen.

  Im Rahmen der Erstprüfung sind aus der laufenden Produktion Proben der Komponenten des Substrats und ein fertiger Filtereinsatz zu entnehmen.

  Die Komponenten des Substrats sind entsprechend dem Mischungsverhältnis im Filtereinsatz zu mischen und hinsichtlich folgender Eigenschaften zu kontrollieren:

  - Körnungslinie
  - Schüttdichte
  - pH-Wert
  - Glühverlust
  - Sorptionskapazität

  An dem Filtereinsatz sind das Gewicht, der Füllgrad und der Schichtaufbau des Substrats zu prüfen. Das Gewicht ist durch Wiegen des Filtereinsatzes zu ermitteln. Der Füllgrad und der Schichtaufbau sind durch lagenweisen Ausbau des Substrats aus einem Filtereinsatzes zu überprüfen. Die Schichthöhen sind zu bestimmen.

  Es gelten die Prüfverfahren und die Anforderungen entsprechend dem beim DIBt hinterlegten Kontrollplan zur werkseigenen Produktionskontrolle.

- Fremdüberwachung

  Im Rahmen der Fremdüberwachung sind die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle zu kontrollieren sowie aus der laufenden Produktion Proben der Komponenten des Substrats und ein fertiger Filtereinsatz zu entnehmen.

  Die Komponenten des Substrats sind entsprechend dem Mischungsverhältnis im Filtereinsatz zu mischen und hinsichtlich folgender Eigenschaften zu kontrollieren:

  - Körnungslinie
  - Schüttdichte
  - pH-Wert

- Glühverlust
- Sorptionskapazität

An dem Filtereinsatz sind das Gewicht, der Füllgrad und der Schichtaufbau des Substrats zu prüfen. Das Gewicht ist durch Wiegen des Filtereinsatzes zu ermitteln. Der Füllgrad und der Schichtaufbau sind durch lagenweisen Ausbau des Substrats aus einem Filtereinsatzes zu überprüfen. Die Schichthöhen sind zu bestimmen.

Es gelten die Prüfverfahren und die Anforderungen entsprechend dem beim DIBt hinterlegten Kontrollplan zur werkseigenen Produktionskontrolle.

Die Probenahme und Prüfungen obliegen jeweils der anerkannten Prüfstelle.

Die Ergebnisse der Zertifizierung und der Fremdüberwachung sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind von der Zertifizierungsstelle bzw. der Überwachungsstelle dem Deutschen Institut für Bautechnik, der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde oder der zuständigen Wasserbehörde auf Verlangen vorzulegen.

2.4.2 Übereinstimmungsnachweis für die Abwasserbehandlungsanlage

2.4.2.1 Allgemeines

Die Bestätigung der Übereinstimmung der Abwasserbehandlungsanlage mit den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jedes Herstellwerk mit einer Übereinstimmungserklärung des Herstellers auf der Grundlage einer werkseigenen Produktionskontrolle erfolgen. Die Übereinstimmungserklärung hat der Hersteller durch Kennzeichnung der Bauprodukte mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) unter Hinweis auf den Verwendungszweck abzugeben.

In jedem Herstellwerk ist eine werkseigene Produktionskontrolle einzurichten und durchzuführen. Unter werkseigener Produktionskontrolle wird die vom Hersteller vorzunehmende kontinuierliche Überwachung der Produktion verstanden, mit der dieser sicherstellt, dass die von ihm hergestellten Bauprodukte den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

2.4.2.2 Werkseigene Produktionskontrolle

Die werkseigene Produktionskontrolle soll mindestens die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen einschließen.

- Beschreibung und Überprüfung der Ausgangsmaterialien

  Der Hersteller der Schachtelemente hat anhand von Bescheinigungen 3.1 B nach DIN EN 10204[2] der Hersteller der Ausgangsmaterialien nachzuweisen, dass die Formmasse für die Herstellung der Schachtelemente den festgelegten Anforderungen entspricht. Sofern diese Formmasse allgemein bauaufsichtlich zugelassen ist, ersetzt das bauaufsichtliche Übereinstimmungszeichen die Bescheinigung 3.1 B nach DIN EN 10204. Beim Hersteller der Abwasserbehandlungsanlage sind die Lieferpapiere bei jeder Lieferung auf Übereinstimmung mit der Bestellung zu kontrollieren.

- Kontrollen, die am Schachtelement durchzuführen sind:

  Die in den Anlagen 2 bis 4 festgelegten Maße sind mindestens an einem Element pro Lieferung zu kontrollieren.

  Sofern nach den einschlägigen DIN-Normen keine Toleranzen vorgegeben sind, gilt der Genauigkeitsgrad B nach DIN EN ISO 13920[3]. Für die äußere Wanddicke der Schachtelemente ist eine Toleranz von ± 1,0 mm einzuhalten.

  Jedes Schachtelement ist durch Füllen mit Wasser bis zur Oberkante über einen Zeitraum von mindestens 20 min auf Dichtheit zu prüfen. Es dürfen keine Leckagen auftreten.

- Kontrollen, die am Filtereinsatz durchzuführen sind:

Deutsches Institut für Bautechnik

[2] DIN EN 10204:2005-01 "Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen"
[3] DIN EN ISO 13920:1996-11 "Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen; Längen und Winkelmaße, Form und Lage"

Die Filtereinsätze sind auf ordnungsgemäße Kennzeichnung mit dem Ü-Zeichen nach Abschnitt 2.3.2 und der Typbezeichnung zu kontrollieren

- Kontrollen, die an der fertigen Abwasserbehandlungsanlage durchzuführen sind:

  Jede Anlage ist auf ordnungsgemäßen Einbau der Filtereinsätze zu überprüfen.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Bauprodukts
- Art der Kontrolle
- Datum der Herstellung und der Kontrolle
- Ergebnis der Kontrollen und, soweit zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen

Bei ungenügendem Prüfergebnis sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des Mangels zu treffen. Nach Abstellung des Mangels ist - soweit technisch möglich und zum Nachweis der Mängelbeseitigung erforderlich - die betreffende Prüfung unverzüglich zu wiederholen. Abwasserbehandlungsanlagen, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind so zu handhaben, dass Verwechslungen mit übereinstimmenden ausgeschlossen werden.

Die Aufzeichnungen sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind dem Deutschen Institut für Bautechnik, der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde oder der zuständigen Wasserbehörde auf Verlangen vorzulegen.

3 Bestimmungen für Planung und Bemessung

3.1 Allgemeines

Für Planung und Bemessung gelten die in den technischen Regeln gemäß Anlage 4 festgelegten Bestimmungen zur Planung und abwassertechnischen Bemessung von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, sofern im Folgenden nichts anders bestimmt ist.

3.2 Planung

Die Abwasserbehandlungsanlagen dürfen unter folgenden Voraussetzungen verwendet werden:

- Die Abwasserbehandlungsanlagen dürfen in/an Kfz-Verkehrsflächen (Straßen, Parkplätze etc.) eingebaut werden. Das Ablaufwasser ist zur Versickerung vorgesehen.
- Das Ablaufwasser gilt als unbedenklich im Sinne von DWA-A-138. Für die Planung der nachfolgenden Anlage zur Versickerung von Niederschlagswasser gilt DWA-A 138.
- Die Mächtigkeit des Sickerraumes muss gemäß DWA-A 138 mindestens 1 m betragen. Ist unterhalb des Ablaufs der Anlage eine Rigole angeordnet, so erhöht sich der notwendige Abstand zwischen dem Ablauf der Anlage und dem maßgeblichen Grundwasserstand um die Höhe der Rigole.
- Ein Einbau in Wasserschutzgebieten darf nur entsprechend der jeweiligen Verordnung im Einzelfall in Abstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde erfolgen.
- Die Verwendung der Abwasserbehandlungsanlage zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen von Flächen, Straßen, Plätzen und Höfen mit starker Verschmutzung (z. B. durch Landwirtschaft, Fuhrunternehmen und Wochenmärkten und auf Reiterhöfen) ist nur möglich mit Erlaubnis/Genehmigung der zuständigen Wasserbehörde und der Einhaltung von ggf. zusätzlichen Einbau-, Betriebs- und Wartungsbestimmungen.

3.3 Abwassertechnische Bemessung

An eine Abwasserbehandlungsanlage dürfen bis zu 500 m² Kfz-Verkehrsfläche angeschlossen werden.

Deutsches Institut für Bautechnik 3

Im Übrigen gilt für die abwassertechnische Bemessung der Abwasserbehandlungsanlage in Verbindung mit der nachgeordneten Anlage zur Versickerung von Niederschlagswasser und dem anstehenden Boden das Arbeitsblatt DWA-A 138.

Im Rahmen des Überflutungsnachweises für das Grundstück ist der maximale Durchfluss der Abwasserbehandlungsanlage zu berücksichtigen. Dieser ist vom Antragsteller anzugeben.

3.4 Bautechnische Bemessung

Die Abwasserbehandlungsanlagen können in befahrbaren und in nicht befahrbaren Bereichen eingebaut werden.

Sie sind so einzubauen, dass Lasten (Verkehr, Erddruck usw.) nicht auf die Schachtelemente der Abwasserbehandlungsanlage einwirken können. Hierzu sind sie in Schächte aus Beton, Typ 2 nach DIN EN 1917[4] in Verbindung mit DIN V 4034-1[5] (Beispiel siehe Anlage 5) oder in allgemein bauaufsichtlich zugelassenen Schachtsysteme aus Kunststoff (Beispiel siehe Anlage 6) einzubauen.

Die Außenschächte sind entsprechend den zu erwartenden verkehrstechnischen Belastungen auszuwählen. Sie müssen den jeweiligen einschlägigen technischen Regeln entsprechen.

Der statische Nachweis für Außenschächte aus Kunststoff ist entsprechend den Bestimmungen der hierfür geltenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für Schachtsysteme aus Kunststoff zu erbringen.

4 Bestimmungen für den Einbau

4.1 Allgemeines

Für den Einbau der Anlage sind die technischen Regeln gemäß Anlage 4 zu beachten sofern nachfolgend nichts anders bestimmt ist.

4.2 Einbauanleitung

Der Hersteller der Anlage muss jeder Anlage eine Einbauanleitung beifügen (siehe Anlagen 7 und 8). Der Einbau ist entsprechend der Einbauanleitung und der nachfolgenden Bestimmungen durchzuführen.

4.3 Anforderungen an den Einbauer der Anlage

Die Herstellung der Anlage ist durch Personen auszuführen, die über die dafür erforderlichen Fachkenntnisse verfügen.

4.4 Einbau

Der Einbau muss entsprechend den Planungen gemäß Abschnitt 3.2 erfolgen.

Die Anlage ist gemäß Abschnitt 3.4 entsprechend den Angaben der Anlagen 5 und 6 in Außenschächte einzubauen. Der Zulauf zur Abwasserbehandlungsanlage muss einen Absturz von 250 mm bis 500 mm aufweisen.

Der Einbauer muss den ordnungsgemäßen Einbau bestätigen.

Deutsches Institut für Bautechnik
3

5 Bestimmungen für die Wartung

5.1 Allgemeines

Der Durchsatz und der Stoffrückhalt können nur dauerhaft sichergestellt werden, wenn die Wartung entsprechend den nachfolgenden Bestimmungen durchgeführt wird.

4 DIN EN 1917:2003-04 "Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton"
5 DIN V 4034-1:2004-08 "Schächte aus Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonfertigteilen für Abwasserleitungen und -kanäle - Typ 1 und Typ 2 - Teil 1: Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität"

Für jede Anlage ist vom Auftragnehmer dem Auftraggeber eine Wartungsanleitung zu übergeben, die dem Betreiber auszuhändigen ist. Die Wartungsanleitung muss mindestens die Bestimmungen gemäß Abschnitt 5.2 und der Anlagen 9 und 10 enthalten.

Die Wartung ist von einem Fachkundigen[6] durchzuführen. Vom Betreiber der Anlage ist ein entsprechender Wartungsvertrag mit dem Fachkundigen abzuschließen.

Landesrechtliche Bestimmungen zur Kontrolle, Wartung und Überprüfung der Anlagen (Art und Umfang der Tätigkeiten, erforderliche Qualifikationen zur Durchführung der Tätigkeiten) bleiben unberührt.

Von dem Fachkundigen sind die jeweiligen Zeitpunkte und Ergebnisse der durchgeführten Kontrollen und Wartungen, sowie die Beseitigung eventuell festgestellter Mängel zu dokumentieren. Der Wartungsvertrag und die Unterlagen zu den durchgeführten Kontrollen und Wartungen sind vom Betreiber aufzubewahren und auf Verlangen den örtlich zuständigen Aufsichtsbehörden vorzulegen.

5.2 Wartung

Mindestens in Abständen von 12 Monaten oder wenn die Anlage häufiger überstaut als in der Bemessung vorgesehen sind die Anlagen auf ordnungsgemäßen Zustand zu prüfen. Dabei sind folgende Arbeiten auszuführen:

- Kontrolle der der Durchlässigkeit der Filtereinsätze, Reinigung oder Austausch sofern erforderlich
- Messung der Lage des Schlammspiegels, Entleerung sofern erforderlich
- Wiederbefüllung der Anlage mit Wasser bis zur Ablaufebene

Die Filtereinsätze sind mindestens im Abstand von 3 Jahren auszutauschen. Hierfür sind nur mit dem Übereinstimmungszeichen gemäß Abschnitt 2.3.2 gekennzeichnete Filtereinsätze zu verwenden.

Vor der Inbetriebnahme und danach in regelmäßigen Abständen von nicht länger als 5 Jahren ist die Abwasserbehandlungsanlage, nach vorheriger vollständiger Entleerung und Reinigung, durch einen Fachkundigen auf ihren ordnungsgemäßen Zustand und sachgemäßen Betrieb zu prüfen.

Es müssen dabei mindestens folgende Punkte geprüft bzw. erfasst werden:

- Angaben über den Ort der Prüfung, den Betreiber der Anlage unter Angabe der Bestandsdaten, den Auftraggeber, den Prüfer und die zuständige Behörde,
- baulicher Zustand der Abwasserbehandlungsanlage,
- Nachweis der ordnungsgemäßen Austauschs der Filtereinsätze und der Entsorgung der Schlammfanginhalte,
- Vorhandensein und Vollständigkeit erforderlicher Zulassungen und Unterlagen (Genehmigungen, Entwässerungspläne, Betriebs- und Wartungsanleitungen usw.),
- Bemessung, Eignung und Leistungsfähigkeit der Abwasserbehandlungsanlage in Bezug auf den tatsächlichen Abwasseranfall.

Zur Durchführung der Überprüfung ist ein Prüfbericht unter Angabe der Bestandsdaten und eventueller Mängel zu erstellen. Mängel sind, gegebenenfalls in Abstimmung mit der zuständigen Behörde, zu beseitigen.

Der Austausch der Filtereinsätze und sonstige Wartungsarbeiten sind in einem Betriebsbuch zu dokumentieren.

Deutsches Institut für Bautechnik
3

[6] Fachkundige Personen sind Mitarbeiter betreiberunabhängiger Betriebe, Sachverständige oder sonstige Institutionen, die nachweislich über die erforderlichen Fachkenntnisse für Betrieb, Wartung und Überprüfung der Abwasserbehandlungsanlagen im hier genannten Umfang sowie die gerätetechnische Ausstattung verfügen.
Im Einzelfall können diese Prüfungen bei größeren Betriebseinheiten auch von intern unabhängigen, bezüglich ihres Aufgabengebietes nicht weisungsgebundenen Fachkundigen des Betreibers mit gleicher Qualifikation und gerätetechnischer Ausstattung durchgeführt werden.

DIBt

5.3 Entsorgung

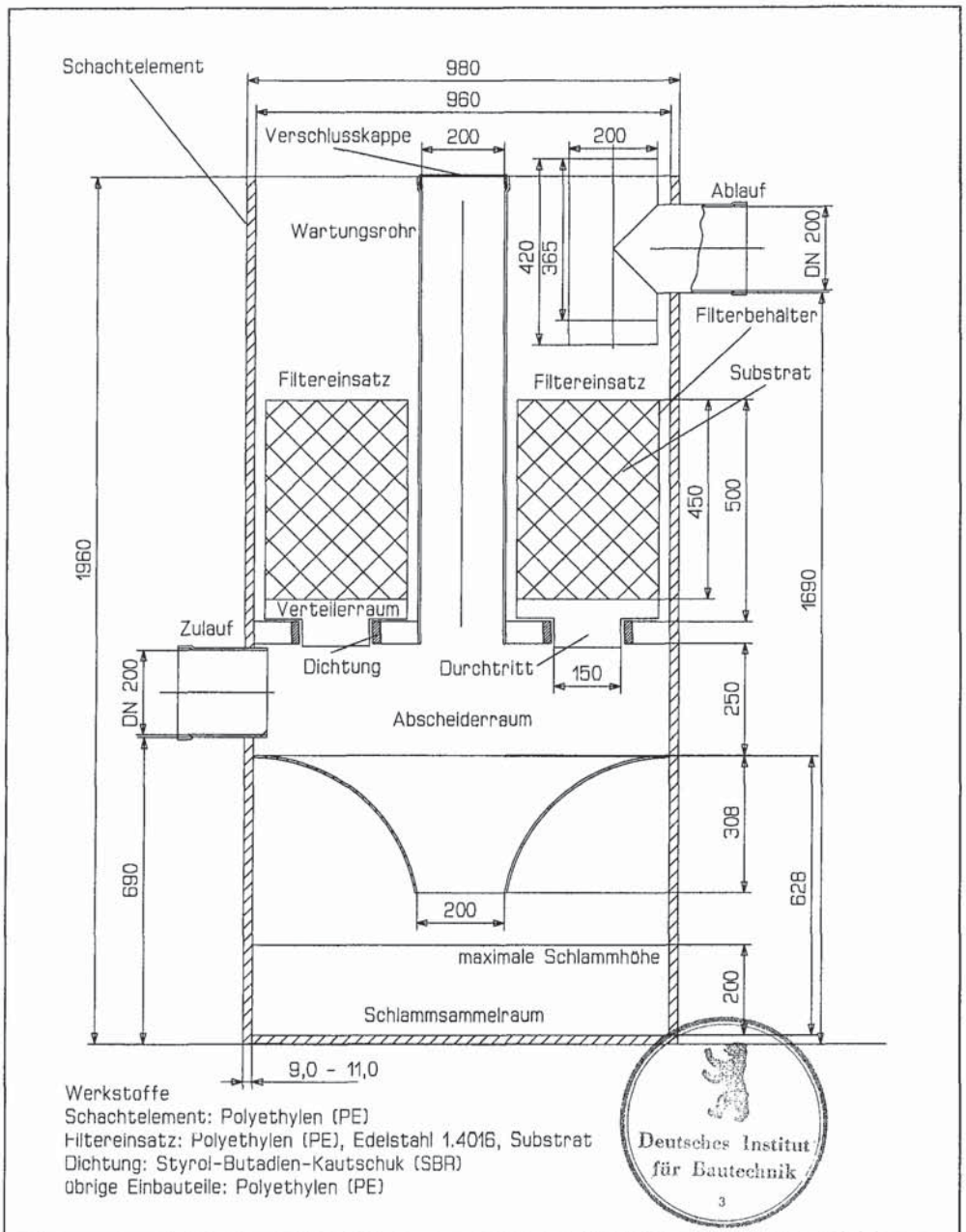
Gebrauchte Filtereinsätze sind an den Hersteller der Filtereinsätze zurückzusenden. Der Inhalt ist ordnungsgemäß zu entsorgen.

Der dem Schlammfang entnommene Schlamm enthält Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle und ist entsprechend den geltenden gesetzlichen Regelungen ordnungsgemäß zu entsorgen.

Herold

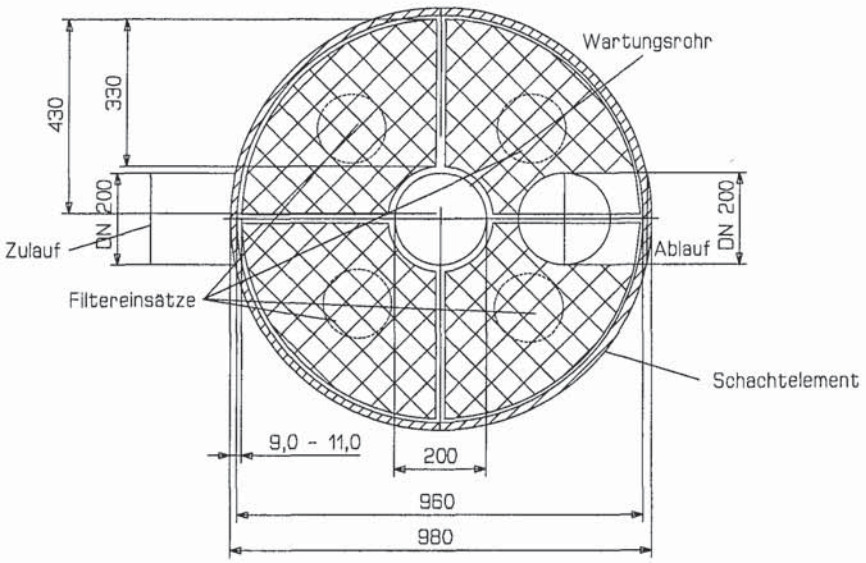
Beglaubigt

Z49112.09

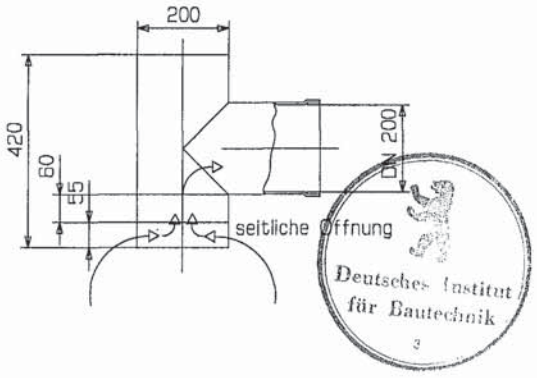


3P Technik Filtersysteme GmbH Oschstraße 14 73072 Donzdorf Fon +49 (0) 71 62 94 60 7 - 0 Fax +49 (0) 71 62 94 60 7 - 99	Anlage zur Behandlung von Niederschlagswasser 3P Hydrosystem heavy traffic	Anlage 1 zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-84.2-4 vom 12. Mai 2010

Draufsicht

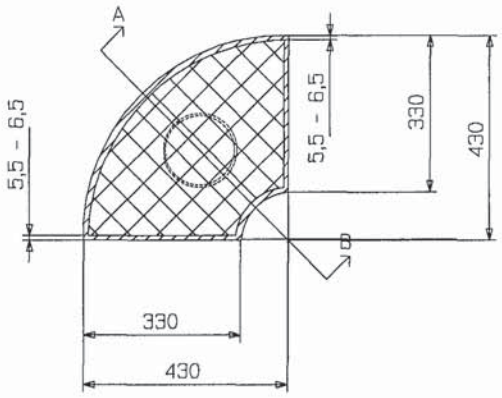


Detail Ablauf

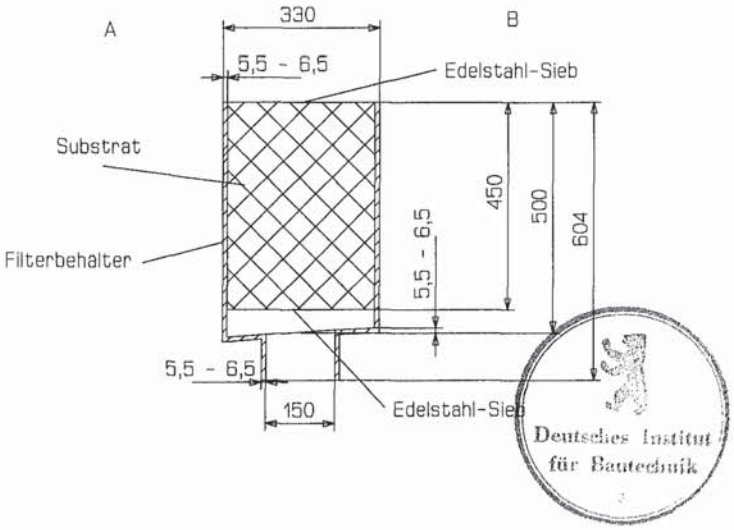


3P Technik Filtersysteme GmbH Oschstraße 14 73072 Donzdorf Fon +49 (0) 71 62 94 60 7 - 0 Fax +49 (0) 71 62 94 60 7 - 99	3P Hydrosystem heavy traffic Draufsicht Detail Ablauf	Anlage 2 zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-84.2-4 vom 12. Mai 2010

Draufsicht



Schnitt A-B



3P Technik Filtersysteme GmbH Oschstraße 14 73072 Donzdorf Fon +49 (0) 71 62 94 60 7 - 0 Fax +49 (0) 71 62 94 60 7 - 99	3P Hydrosystem heavy traffic Filtereinsatz ht	Anlage 3 zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-84.2-4 vom 12. Mai 2010

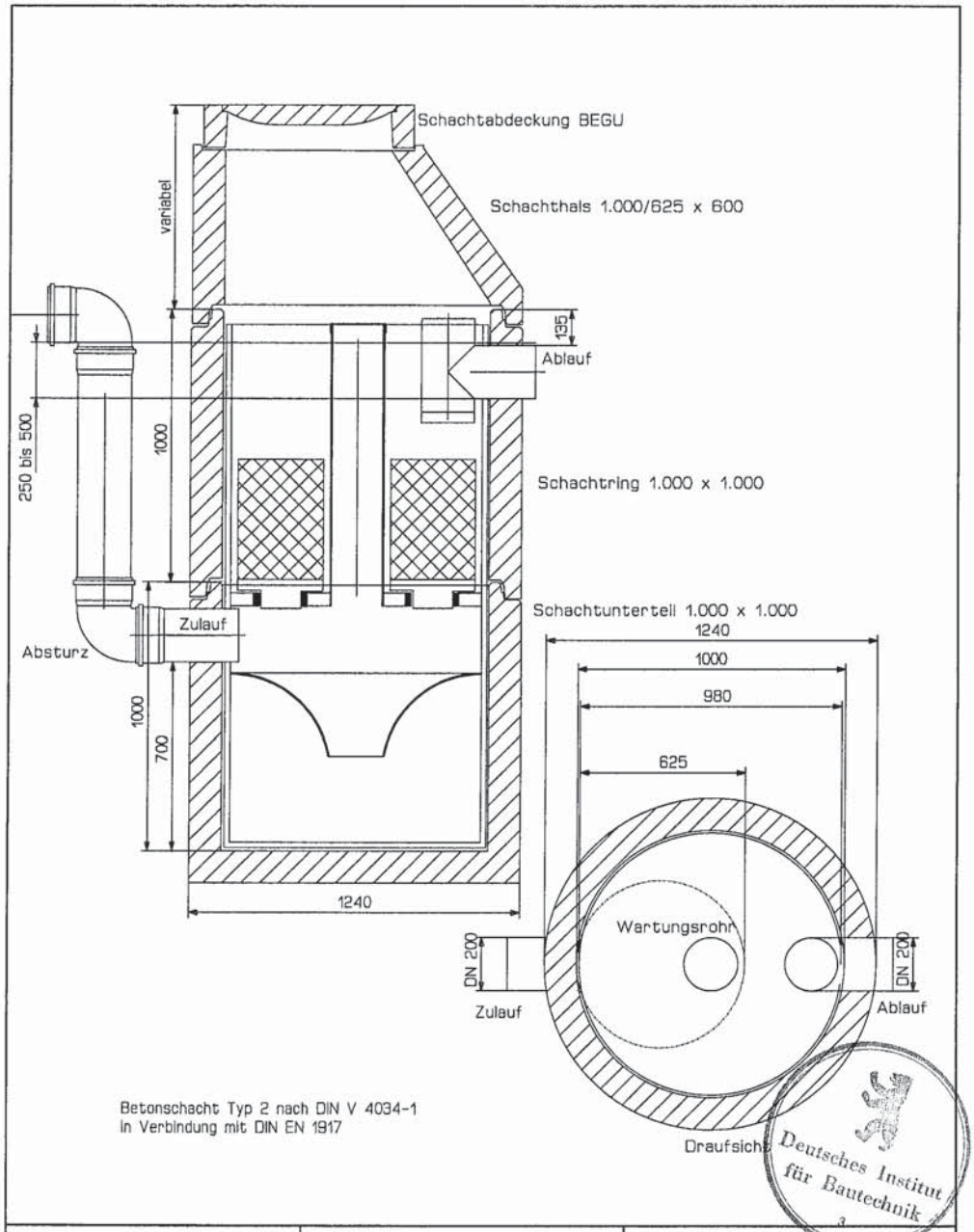
Technische Regeln für die Planung und Bemessung von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen

DWA-Arbeitsblatt A 138 Ausgabe April 2005	Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zu Versickerung von Niederschlagswasser; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall – DWA
ATV-DVWK-Merkblatt M 153 Ausgabe Februar 2000	Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Niederschlagswasser; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall – ATV-DVWK
RAS-Ew Entwurf 2003	Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil Entwässerung (RAS-Ew); Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV
DIN 18196:1988-10	Erd- und Grundbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 18130-1:1998-05	Baugrund – Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts – Teil 1: Laborversuche
DIN EN 752:2008-04	Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

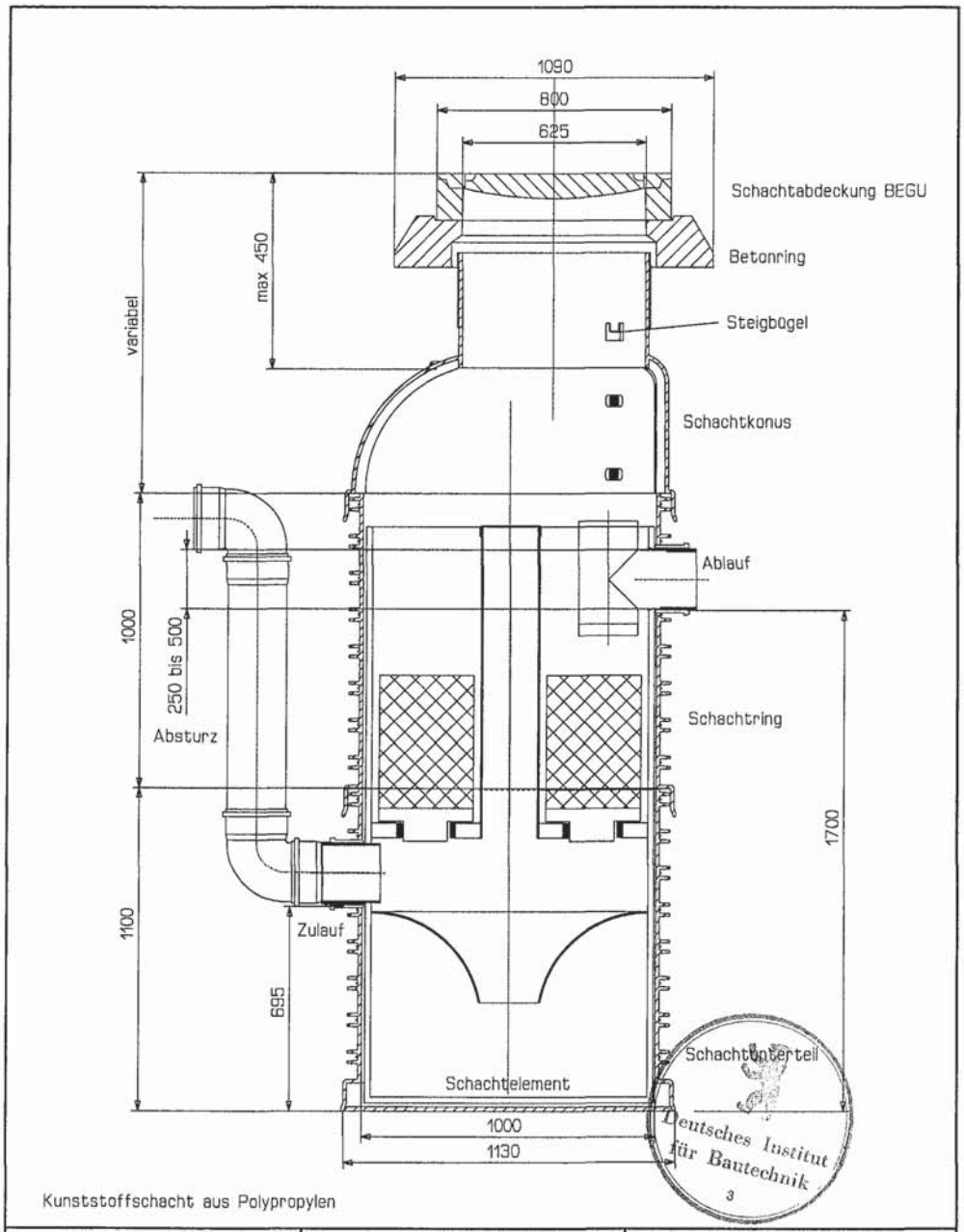
Deutsches Institut für Bautechnik
3

Anlage 4
zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-84.2-4
vom 12. Mai 2010

Z12511.10



3P Technik Filtersysteme GmbH Oschstraße 14 73072 Donzdorf Fon +49 (0) 71 62 94 60 7 - 0 Fax +49 (0) 71 62 94 60 7 - 99	3P Hydrosystem heavy traffic Einbau in Betonschacht	Anlage 5 zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-84.2-4 vom 12. Mai 2010



Kunststoffschacht aus Polypropylen

3P Technik Filtersysteme GmbH
Oschstraße 14

73072 Donzdorf

Fon +49 (0) 71 62 94 60 7 - 0
Fax +49 (0) 71 62 94 60 7 - 99

3P Hydrosystem
heavy traffic

Einbau in
Kunststoffschacht

Anlage 6

zur allgemeinen bauaufsichtlichen
Zulassung Nr. Z-84.2-4
vom 12. Mai 2010

Einbauanleitung 3P Hydrosystem heavy traffic

Wichtige Hinweise: Das 3P Hydrosystem muss während des Einbaus vor Verschmutzungen der Filtereinsätze geschützt werden! Das Schachtelement wird mit eingebauten Filtereinsätzen ausgeliefert.

1. Der Filter muss mit einem Absturz installiert werden. Der Abstand von der Sohle des ankommenden Rohres bis zur Sohle des Ablaufes muss eine Differenz von 250 mm bis 500 mm aufweisen.
2. Es dürfen keine Verschmutzungen von oben auf die Filtereinsätze gelangen. Die Filtereinsätze sind abzudecken oder vor Einbau des Systems zu entfernen und erst nach erfolgtem Einbau wieder einzusetzen. Durch die Baustelle verschmutzter Niederschlagswasserabfluss ist nach Anschluss des 3P Hydrosystems fachgerecht zu entsorgen (Schacht auspumpen). Erst dann sind die Filtereinsätze wieder einzubauen.
3. Sollten nach dem Einbau des Systems Pflasterarbeiten auf der zu entwässernden Fläche oder Erdarbeiten im Einzugsgebiet vorgenommen werden ist darauf zu achten, dass keine Fugenschlämme oder Mörtelreste in das System gelangen. Dies führt zum Zusetzen der Filtereinsätze, die dann gereinigt oder ausgetauscht werden müssen. Die Filtereinsätze sind vor entsprechenden Arbeiten zu entfernen und der anfallende verunreinigte Niederschlagswasserabfluss vom Spülen der Fläche ist über Pumpen fachgerecht zu entsorgen.
4. Die Gummidichtungen für die Filtereinsätze sind vor dem erneuten Einsetzen gründlich zu reinigen.

Sollte die Abwasserbehandlungsanlage in einen Kunststoffschacht eingebaut werden, so ist hierfür ein statischer Nachweis zu erbringen.

Einbau:
1. Die Abwasserbehandlungsanlage ist in den jeweiligen Außenschächten (bzw. Schachtbauteilen) vorzumontieren. Die Anschlüsse für Zu- und Ablauf sind herzustellen und zu dichten.
2. Ausheben der Baugrube und Abstützen der Wand entsprechend den geltenden technischen Regeln. Einbringen eines waagerechten, 10 bis 15 cm mächtigen Auflagers aus Sand oder Beton.
3. Schacht setzen und waagerechte Lage kontrollieren. Zulauföffnung und Ablauföffnung in die korrekten Richtungen ausrichten.
4. Zulaufleitung anschließen.
5. Baugrube zum Teil verfüllen und verdichten. Die Filtereinsätze sind vorher abzudecken oder herauszunehmen.

Anlage 7
zur allgemeinen bauaufsichtlichen
Zulassung Nr. Z-84.2-4
vom 12. Mai 2010

Deutsches Institut für Bautechnik
3

6. Ablaufleitung anschließen. Höhendifferenz zwischen Zulauf und Ablauf gemäß Herstellerinformationen beachten.
7. Weitere Schachtringe, Konus, eventuelle Ausgleichringe und BEGU-Abdeckung setzen.
8. Nach Einbau Filtereinsätze wieder einsetzen wenn diese herausgenommen wurden, bzw. Abdeckung entfernen.
9. T-Stück (Ablauf) von innen auf die Ablaufleitung setzen. T-Stück mit vorhandener Gewindestange sichern. Ausrichtung beachten (Einlaufschlitze müssen unten liegen).
10. Kontrollieren, ob Abschlusskappe auf dem Wartungsrohr, Auftriebssicherung für die Filtereinsätze und Auftriebssicherung für das Schachtelement ordnungsgemäß angebracht sind.

Jeder Anlage wird vom Hersteller eine ausführliche Einbauanleitung mitgeliefert, die zu beachten ist.

Vor Inbetriebnahme ist die Anlage auf ordnungsgemäßen Einbau durch einen Fachkundigen zu prüfen.

Deutsches Institut für Bautechnik 3

Anlage 8
zur allgemeinen bauaufsichtlichen
Zulassung Nr. Z-84.2-4
vom 12. Mai 2010

Betriebs- und Wartungsanleitung 3P Hydrosystrem heavy traffic

Aufgrund der anfallenden Schmutz- und Schadstoffe im Niederschlagswasserabfluss muss das 3P Hydrosystem heavy traffic wie alle abwassertechnischen Anlagen in regelmäßigen Abständen kontrolliert und gereinigt werden.
Bei Regenabflüssen mit untypisch geringen oder hohen Feststofffrachten können die Zeiträume von den nachfolgenden Vorgaben abweichen.

Jährliche Kontrollen:

- Sichtkontrolle des Systems: nach Öffnen der Schachtabdeckung ist im Inneren des Schachtes zu kontrollieren, ob alle funktionellen Bauteile vorhanden sind und sich in ordnungsgemäßen Zustand befinden (Filtereinsätze, Wartungsrohr, Auftriebssicherung, Ablaufrohr).
- Messung der Durchlässigkeit der Filtereinsätze: Hierzu ist der Deckel des Wartungsrohres abzunehmen. Über eine Pumpe, die ein Regelventil und einen Durchflussmesser in der Pumpleitung aufweist ist Wasser oberhalb der Filterelemente zu entnehmen und in das Wartungsrohr zu pumpen. Somit wird Wasser im Kreislauf gepumpt. Entsprechend dem vom Hersteller festgelegten Prüfplan ist zu ermitteln, wie hoch die Durchlässigkeit ist. Dabei ist die Höhendifferenz zwischen dem Wasserstand im Wartungsrohr und über den Filterelementen zu bestimmen. Diese darf maximal 30 cm betragen. Bei einer zu geringen Durchlässigkeit nach Wartungsanleitung (abhängig von den örtlichen Regenspenden und der angeschlossenen Fläche) sind die Filterelemente zu spülen oder auszutauschen. Nach den Arbeiten ist der Deckel des Wartungsrohres wieder anzubringen.
- Spülen der Filterelemente: Mittels einer geeigneten Druckluft- und Wasserspülvorrichtung gemäß Wartungsanleitung oder durch Ausbau und Spülung außerhalb des Schachtes sind die Filter zu reinigen. Die gereinigten Filterelemente sind im zweiten Fall nach der Reinigung des Schachtinneren wieder einzusetzen. Danach ist eine erneute Prüfung der Durchlässigkeit der Filtereinsätze erforderlich.
- Messung der Schlammhöhe: Mittels Rohrkamera und Messlatte, die in den Schlamm gesteckt wird, ist die Höhe der Sedimente im Schlammfang zu messen. Alternativ kann ein Schlammmessteller verwendet werden. Ist die maximale Schlammhöhe erreicht ist der Schlammsammelraum zu entleeren.

Anlage 9
zur allgemeinen bauaufsichtlichen
Zulassung Nr. Z-84.2-4
vom 12. Mai 2010

Deutsches Institut für Bautechnik
3

Entleeren des Schlammfanges

- Sofern der anfallende Schlamm den Schlammsammelraum gefüllt hat aber spätestens nach fünf Jahren ist der Schlammsammelraum zu entleeren.
- Hierzu ist der Verschluss auf dem Wartungsrohr abzunehmen. Der Saugschlauch eines Saugfahrzeugs ist über das Wartungsrohr in den Schlammsammelraum herabzulassen. Über diesen Saugschlauch ist der Schlammsammelraum anschließend zu entleeren. Es kann zusätzlich Wasser über das Wartungsrohr nachgepumpt werden um den Schlamm aufzulockern. Nach den Arbeiten ist der Deckel des Wartungsrohres wieder anzubringen. Der Schlamm ist ordnungsgemäß zu entsorgen.

Wechseln der Filtereinheit

- Spätestens nach drei Jahren Betrieb sind die Filtereinsätze auszutauschen. Hierzu sind die alten Einsätze aus dem Schachtelement herauszunehmen und durch neue zu ersetzen. Die alten Filtereinsätze sind zurück zum Hersteller zu verbringen, wo das Filtermaterial ordnungsgemäß zu entsorgen ist.
- Sollte es häufiger als in der Bemessung vorgesehen zu einem Rückstau des Wassers auf der zu entwässernden Fläche kommen so sind die Filter außerplanmäßig auf Durchlässigkeit zu prüfen. Sie können entweder gespült oder ausgetauscht werden, um eine ordnungsgemäße Funktion wieder sicherzustellen.

Unbedingt zu beachten:

- Das aus dem Schacht, dem Schlammsammelraum oder einer Einrichtung zum Spülen der Filtereinsätze abgepumpte Wasser darf nur zur Kläranlage abgeleitet werden. Es darf nicht unbehandelt in ein Gewässer, einen Regenwasserkanal oder in eine Versickerungsanlage gelangen.

Deutsches Institut für Bautechnik 3

Anlage 10
zur allgemeinen bauaufsichtlichen
Zulassung Nr. Z-84.2-4
vom 12. Mai 2010

Hydrosystem 400 / 400 Cu und 1000 metal

Für Dachflächen aus Kupfer und Zink

Bauartzulassung vom 29.12.2010 gemäß Bayerischem Wassergesetz Art. 41f

Behandlungsanlage für eine erlaubnisfreie Versickerung gemäß Niederschlagswasserfreistellungsverordnung (NWFreiV in der Fassung vom 01.10.2008) in Bayern

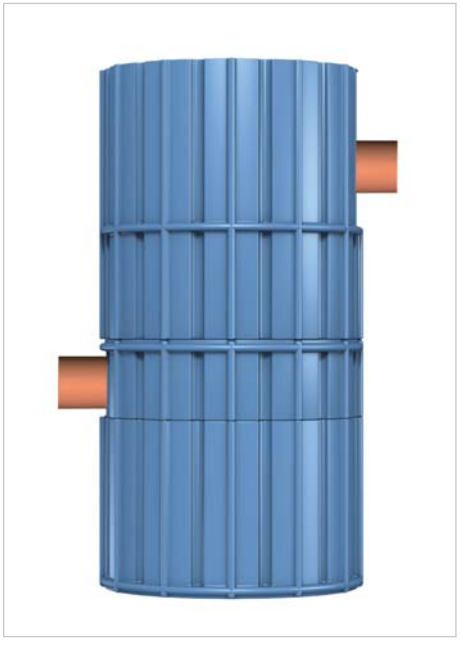
Geprüft über ein Jahr (18.09.2010 bis 10.08.2010) am Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität München an einem Dach in Garching.
Das Wasser aus der Anlage darf erlaubnisfrei auch über unterirdische Anlagen wie Rigolen oder Sickerschächte versickert werden.

Rückhalt an gelöstem Kupfer:
≥ 97 % (Ablauf ≤ 50 µg/l)

Rückhalt an gelöstem Zink:
≥ 90 % (Ablauf ≤ 500 µg/l)

Projekt: Zinkdach in Garching

Hydrosystem 400



Hydrosystem 1000

Hydrosystem 400 Cu

Bayerisches Landesamt für Umwelt

LfU Bayerisches Landesamt für Umwelt · 86177 Augsburg

Einschreiben mit Rückschein

EINGEGANGEN
22. FEB. 2011

3P Technik Filtersysteme GmbH
Oschstr. 14

73072 Donzdorf

Ihre Nachricht	Unser Zeichen	Bearbeiter/-in	Telefon/Fax	Datum
24.01.2011	66-4502-5531/2011	Florian Ettinger Florian.Ettinger@lfu.bayern.de	+49 (821) 9071-5745 +49 (821) 9071-5760	14.02.2011

Vollzug des Bayerischen Wassergesetzes, Art. 41f Bauartzulassung serienmäßig hergestellter abwassertechnischer Einrichtungen;
"3P Hydrosystem metal" für Niederschlagswasser von Metall(dach)flächen, Änderung der Bauartzulassung vom 29.12.2010

Anlage(n): Anlage 1 Vergleich der Behandlungsanlagen DN 400 und DN 1000
Anlage 2 Konstruktionszeichnungen DN 1000
Anlage 3 Betriebshandbuch und Montageanleitung DN1000

Das Bayerische Landesamt für Umwelt erlässt folgenden

Bescheid

1 Wasserrechtliche Bauartzulassung

Gemäß Art. 41f des Bayerischen Wassergesetzes (BayWG) in der Fassung vom 19.07.1994 zuletzt geändert durch Gesetz vom 27.7.2009 wird die wasserrechtliche Bauartzulassung LfU BY-41f-2010/2.0.0 vom 29.12.2010 für die

Fa. 3P Technik Filtersysteme GmbH
Öschstraße 14
D - 73072 Donzdorf

auf Antrag der Firma unter dem Kennzeichen **LfU BY-41f-2010/2.1.0**

wie folgt geändert:

Der Bauart nach zugelassen sind folgende, von der Fa. 3P hergestellte Anlagen vom Typ „3P Hydrosystem metal" zur Behandlung des Niederschlagswassers von Metall(dach)flächen zur anschließenden Versickerung:

5531/2011

Hauptsitz LfU
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86179 Augsburg

Telefon +49 821/9071-0
Telefax +49 821/9071-5556

Dienststelle Hof
Hans-Högn-Str. 12
95030 Hof

Telefon +49 9281/1800-0
Telefax +49 9281/1800-4519

www.lfu.bayern.de
poststelle@lfu.bayern.de

- 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 250 mm
- 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 500 mm
- 3P Hydrosystem metal DN 1000

Tabelle 1 dieses Bescheids konkretisiert die Anwendungsfälle im Rahmen dieser Bauartzulassung.
Dieser Bescheid versteht sich als Fortschreibung des Erstbescheids LfU BY-41f-2010/2.0.0.
Anlass für die Fortschreibung ist der Antrag der Fa. 3P Technik Filtersysteme GmbH, die bestehende Bauartzulassung auf eine Behandlungsanlage mit größerer Filterfläche zu übertragen.
Der vorliegende Bescheid ist befristet bis 31.12.2015. Ein Antrag auf Verlängerung ist rechtzeitig – mindestens sechs Monate vor Fristablauf – beim Landesamt für Umwelt zu stellen.
Der vorliegende Bescheid besteht aus 13 Seiten und 4+6+20 Seiten Anlagen.

1.1 Kurzbeschreibung

Die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal wird von unten nach oben durchströmt und im Dauerstau betrieben. Die wesentliche Reinigung erfolgt bei Durchströmung einer eingesetzten Filterkartusche.
Funktionsbedingt muss die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal mit einem zulaufseitigen Absturz (Höhendifferenz gegenüber Ablauf von mindestens 250 mm) angeschlossen werden.

Konstruktions- bzw. Handhabungsbedingt unterscheiden sich die Systeme DN 400 (Filterfläche: 0,0855 m²) und DN 1000 (Filterfläche: 0,499 m²) geringfügig. Die Modifikation wirkt sich jedoch nicht auf das Funktionsprinzip der Behandlungsanlage aus.

Alternativ zum mit Abschlusskappe verschlossenen Überstau- bzw. Absaugrohr (Notüberlauf) können beide Systeme mit dem Überlaufmeldesystem der Fa. AFRISO (alternative Vorkehrung gegen unkontrollierbares Überlaufen) ausgestattet werden. Dieses besteht aus:

- konduktivem Füllstandssensor
- Ereignismeldesystem EMS 442 (Alarm-Weiterleitung an AFRISO Net Webservice über SMS mit optionaler Weiterleitung an den Anlagenbetreiber)

1.1.1 Kurzbeschreibung 3P Hydrosystem metal DN 400

Die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal DN 400 besteht aus einem rotierten Polyethylen-Schachtbauwerk (max. Außendurchmesser 445 mm und 8 mm Wandstärke; werkseitige Dichtheitsprüfung) mit eingesetzter Filterkartusche. Zu- und Ablauf sind mit DN 100 angelegt.
Die gesamte Bauhöhe nach Anlagentyp beträgt 870 mm (Bauhöhe d. Filters 250 mm) oder 1130 mm (Bauhöhe d. Filters 500 mm).

Das Polyethylen-Schachtbauwerk beinhaltet:

- Schachtdeckel – Abdeckung aus Polyethylen

- geprüftes Dichtelement zwischen Filterkartusche und Polyethylen Schachtbauwerk mit folgenden Spezifikationen:
  - Material: Gummi
  - Öffnungsweite: 330 mm
  - Materialstärke: 22 mm

- Riegel zur Sicherung der Filterkartusche gegen Auftrieb (zweifach)

- Überstaurohr (Notüberlauf) – mit Abschlusskappe verschlossen

- Filterkartusche mit Öse für die Entnahme, bestehend aus:
  1. Gehäuse mit folgenden Spezifikationen:

- Material: Polyethylen
- Wandstärke: 5 mm
- max. Außendurchmesser: 360 mm
- Bauhöhe nach Anlagentyp: 285 mm (Bauhöhe d. Filters 250 mm) oder 510 mm (Bauhöhe d. Filters 500 mm)

2. Spaltsiebplatte (obere) mit folgenden Spezifikationen:
   - Material: Edelstahl
   - Schlitzweite: 1,8 mm

3. Spaltsiebplatte (untere) mit folgenden Spezifikationen:
   - Material: Edelstahl
   - Schlitzweite: 3,8 mm
   - offener Anteil: 39 %

4. Zeolithisches Adsorbermaterial (zweilagig),

- Grobschmutzrückhaltung, bestehend aus:
  1. hydrodynamischer Abscheider (gemeinsames Bauteil mit Schlammeimer)

  2. Vorratsraum zur Grobschmutzrückhaltung (Schlammfang oder Schlammeimer) inklusive Revisionsöffnung mit folgenden Spezifikationen (gemeinsames Bauteil mit hydrodynamischem Abscheider):
     - Material: Polyethylen
     - Wandstärke: 3 mm
     - max. Außendurchmesser: 320 mm
     - Bauhöhe: 240 mm (ohne hydrodyn. Abscheider) bzw. 335 mm (mit hydrodyn. Abscheider)

Abhängig vom Anwendungsfall kann die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal zusätzlich eine Teleskopverlängerung für das Schachtbauwerk aufweisen.

1.1.2 Kurzbeschreibung 3P Hydrosystem metal DN 1000

Die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal DN 1000 besteht aus einem Schachtelement (Außendurchmesser 990 mm und 10±1 mm Wandstärke) aus rotiertem Polyethylen mit vier eingesetzten Filtersegmenten (Filterkartuschen). Das Schachtelement ist jeweils werksseitig im Außenschacht (Standardbetonschacht DN 1000 oder Kunststoffschacht DN 1000) vormontiert. Zu- und Ablauf sind mit DN 200 angelegt. Die gesamte Bauhöhe des Schachtelements beträgt 1960 mm. Die gesamte Bauhöhe der Behandlungsanlage, inklusive Außenschacht, kann für die jeweilige Einbautiefe variieren.

Der **Außenschacht** ist ausgeführt, als:

- Standardbetonschacht entsprechend Typ 2 DIN EN 1917 i.V.m. DIN V 4034-1
  - Material: Beton
  - Wandstärke: 120 mm
  - Außendurchmesser: 1000 mm

  Der Standardbetonschacht besteht mindestens aus folgenden Bauteilen:
  - Schachtdeckel – BEGU Abdeckung
  - Schachthals (1000/625 • 600)
  - Schachtring (1000 • 1000)
  - Schachtunterteil (1000 • 1000)

  Abhängig von Anwendungsfall bzw. Einbautiefe kann der Außenschacht weitere Schachtringe aufweisen.

oder

- Kunststoffschacht (mit Dichtheitsnachweis)
  - Material: Polypropylen
  - max. Außendurchmesser: 1130 mm

  Der Kunststoffschacht besteht mindestens aus folgenden Bauteilen:
  - Schachtkonus
  - Schachtring
  - Schachtunterteil

  Abhängig von Anwendungsfall bzw. Einbautiefe kann der Außenschacht weitere Schachtringe aufweisen.

  Der Kunststoffschacht ist nach oben mit einem Betonring und einem Schachtdeckel (BEGU Abdeckung) abgeschlossen.

Das vormontierte Polyethylen-**Schachtelement** gemäß Konstruktionszeichnung der anliegenden Antragsunterlagen bzw. gemäß ergänzender Angaben aus Betriebshandbuch mit Montageanleitung der Fa. 3P beinhaltet:

- Ablaufeinrichtung (T-Stück in DN 200)
- vier geprüfte Dichtelemente zwischen Filterkartuschen und Schachtelement mit folgenden Spezifikationen:
  - Material: Gummi
  - Öffnungsweite: 150 mm
- Bügel zur Sicherung der Filterkartuschen gegen Auftrieb
- Absaugrohr DN 200 (Notüberlauf) – mit Abschlusskappe verschlossen

- vier Filterkartuschen (segmentförmig) mit Ösen für die Entnahme, bestehend aus:
  1. Gehäuse mit folgenden Spezifikationen:
     - Material: Polyethylen
     - Wandstärke: 6±0,5 mm
     - Segment-Radius: 430 mm
     - Bauhöhe: 604 mm
  2. Spaltsiebplatte (obere) mit folgenden Spezifikationen:
     - Material: Edelstahl
     - Schlitzweite: 2,0 mm
  3. Spaltsiebplatte (untere) mit folgenden Spezifikationen:
     - Material: Edelstahl
     - Schlitzweite: 3,4 mm
     - offener Anteil: 39 %
  4. Zeolithisches Adsorbermaterial (zweilagig),

1. hydrodynamischer Abscheider mit Abscheiderraum
2. Schlammsammelraum

1.2 Anwendungsfälle

Die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal kann im Rahmen der erlaubnisfreien Versickerung zur Vorreinigung des Niederschlagswassers von unbeschichteten Metall(dach)flächen dienen (vgl. Niederschlagswasserfreistellungsverordnung – NWFreiV in der Fassung vom 01.10.2008 in Verbindung mit den Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser – TRENGW vom 17.12.2008). Tabelle 1 dieses Bescheids konkretisiert die Anwendungsfälle im Rahmen dieser Bauartzulassung.

Tabelle 1: Zulässige Anwendungsfälle für Behandlungsanlagen vom Typ „3P Hydrosystem metal"

	3P Hydrosystem metal DN 400			3P Hydrosystem metal DN 1000	
	Bauhöhe des Filters 250mm	Bauhöhe des Filters 500mm			
zulässige Metall(dach)flächen	Zink	Zink	Kupfer	Zink	Kupfer
max. anschließbare Fläche	130 m²	130 m²	130 m²	650 m²	650 m²
max. Betriebsdauer D* der Filterkartusche	1 a	2 a	2,5 a	2 a	2,5 a

* rechnerische maximale Betriebsdauer bei Anschluss der hier angegebenen maximal anschließbaren Fläche F = 130 m² (DN400) oder F = 650 m² (DN1000). Sofern kleinere (Dach-)Flächen F` angeschlossen werden, kann die jeweilige Betriebsdauer D` unter Verwendung des Flächenverhältnisses wie folgt erhöht werden: D`= D · 130 m²/F` (DN400) oder D`= D · 650 m²/F (DN 1000). D` ist jeweils auf das nächste halbe oder volle Jahr abzurunden.

Der Einsatz der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal kann sowohl ober- als auch unterirdisch erfolgen. Wegen des Betriebs im Dauerstau ist die Anlage jedoch „frostfrei" zu installieren.

Die hydraulische Bemessung der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal ergibt eine überstaufreie Behandlung von 150 l/(s•ha), dabei erfolgt Rückstau in den zulaufseitigen Absturz.

1.3 Bestandteile der Bauartzulassung

Bestandteil dieser Bauartzulassung sind:

- Anlagen gemäß Erstbescheid BY-41f-2010/2.0.0 vom 29.12.2010
- Vergleich der Behandlungsanlagen 3P Hydrosystem metall DN 400 und DN 1000 (Anlage 1 des Antrags der Fa. 3P vom 24.01.2011)
- Konstruktionszeichnungen der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal DN 1000 (Anlage 2 des Antrags der Fa. 3P vom 24.01.2011)
- Betriebshandbuch und Montageanleitung der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal DN 1000 (Anlage 3 des Antrags der Fa. 3P vom 24.01.2011)

1.4 Widerrufsvorbehalt

Die Bauartzulassung kann widerrufen werden, wenn die ihr zu Grunde liegenden Festlegungen nicht eingehalten werden, wenn neue Erkenntnisse dies aus Gründen des Boden- oder Gewässerschutzes erfordern oder wenn die der Erteilung zugrunde liegenden Rechtsvorschriften geändert werden.

2 Zulässige Metallflächen

Die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal darf nur für zulässige Metall(dach)flächen gemäß Tabelle 1 dieses Bescheids eingesetzt werden.

3 Bedingungen und Auflagen für den Inhaber der Bauartzulassung und den Betreiber der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal

3.1

Änderungen oder Ergänzungen der Bauart und/oder Betriebsweise, auch Übertragung auf grö-

ßere und andersartige (Dach-)Flächen, bedürfen einer Änderung der wasserrechtlichen Bauartzulassung.

3.2

Die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal ist gemäß den Maßgaben dieser Bauartzulassung aufzustellen, in Betrieb zu nehmen, zu betreiben, zu überwachen, in Stand zu halten und zu prüfen.

3.2.1

Aufstellen, Anschließen, Instandhalten und Instandsetzen der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal dürfen nur von der Fa. 3P vorgenommen werden. Die Fa. 3P darf auch Betriebe mit dem Aufstellen und Anschließen der 3P Hydrosystem metal beauftragen, wenn diese Betriebe einschlägig fachkundig sind und durch die Fa. 3P eingewiesen wurden; die Einweisung ist durch die Fa. 3P zu dokumentieren.

3.2.2

Bei der Errichtung, Instandhaltung, Instandsetzung und Reinigung der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal sind die geltenden Unfallverhütungs- und Arbeitssicherheitsvorschriften zu beachten.

3.2.3

Ausgebautes Filtermaterial ist wiederzuverwerten oder in Abhängigkeit seiner Belastung ordnungsgemäß zu entsorgen.

3.3

Der schwermetallhaltige Dachabfluss muss der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal vollständig für eine Behandlung zugeführt werden.

3.3.1

Die erdverlegten Leitungen, die der Filteranlage das Abwasser zuführen und alle weiteren Anlagenteile, die vor der eigentlichen Behandlung mit dem Abwasser in Kontakt kommen, müssen dicht sein. Zur Beurteilung der wasserdichten Herstellung ist der Nachweis der Dichtheit mittels Dichtheitsprüfung entscheidend. Um die Dichtheit langfristig gewährleisten zu können, sind alle Leitungen gelenkig an die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal anzuschließen. Im Einzelfall kann auf den gelenkigen Anschluss verzichtet werden, wenn nachgewiesen wird, dass Zwängungsbeanspruchungen nicht auftreten oder von Schacht und Rohr schadlos aufgenommen werden können.

3.3.2

Unbehandeltes Niederschlagswasser der angeschlossenen Metall(dach)flächen darf grundsätzlich nicht versickert werden. Bei einem Überstau der Behandlungsanlage ist daher sicherzustellen, dass anfallendes Niederschlagswasser:

- in den Zulaufleitungen zurückgehalten wird (diese sind auf Dichtheit zu prüfen)

oder

- bei Austritt:
  - auf den umliegenden Flächen zuverlässig zurückgehalten wird (diese sind hierzu in geeigneter Weise herzustellen)

  oder
  - über Versickerung durch 30 cm bewachsenen Oberboden vorgereinigt wird (die umliegenden Flächen sind hierzu in geeigneter Weise herzustellen)

  oder
  - in die öffentliche Schmutz- oder Mischwasserkanalisation abgeleitet wird (die kommunale Entwässerungssatzung ist zu beachten)

3.3.3
Als Vorkehrung gegen unkontrolliertes Überlaufen ist es notwendig, dass ein Überstau vom Betreiber unverzüglich erkannt wird und eine ursächliche Funktionsstörung beseitigt werden kann. Dies kann durch einfache Sichtkontrolle während eines Regenereignisses oder durch die Nutzung eines elektrischen Überlaufmeldesystems erfolgen.
Nach jedem Überstauereignis sind alle Anlagenteile auf Funktionsfähigkeit zu prüfen und ggf. die erforderlichen Instandsetzungs- oder Wartungsarbeiten nach Maßgabe des anliegenden Betriebshandbuchs mit Montageanleitung durchzuführen.

3.3.4
Die Sicherheitsschaltungen eines elektrischen Überlaufmeldesystems sind für den jeweiligen Anwendungsfall nach Maßgabe der zugehörigen technischen Beschreibung auszuführen. Die Sicherheitseinrichtungen und -schaltungen dürfen nur bei der Fa. 3P, in einem von der Fa. 3P autorisierten Herstellerwerk oder durch einschlägig fachkundige Betriebe – wenn diese durch die Fa. 3P eingewiesen wurden – zusammengestellt werden. Erforderliche Beständigkeitsnachweise sind – abhängig von der Verwendung – für jede Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal zu führen. Die Funktion der Sicherheitseinrichtung ist bei jeder Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal vor Inbetriebnahme zu prüfen. Die Ergebnisse der Prüfungen sind zu dokumentieren und auf Verlangen dem Bayerischen Landesamt für Umwelt vorzulegen.

4 Bedingungen und Auflagen für den Inhaber der Bauartzulassung

4.1
Text und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen der Bauartzulassung nicht widersprechen.

4.2
Eine Änderung der Adresse, der Verkauf oder die Auflösung der Fa. 3P oder die Eröffnung eines Insolvenzverfahrens ist dem Bayerischen Landesamt für Umwelt unverzüglich anzuzeigen.

4.3
Die Eignung der funktions- bzw. sicherheitsrelevanten Komponenten (z. B. elektrische Schaltungen, Filtermaterial) ist für den vorgesehenen Anwendungsfall nachzuweisen. Diese Nachweise sind bei der Fa. 3P zu führen und auf Verlangen dem Bayerischen Landesamt für Umwelt vorzulegen.

4.3.1
Die Eignung von Bauteilen externer Hersteller (z. B. elektrische Schaltungen) ist für den Anwendungsfall durch Vorlage einer entsprechenden Zulassung oder durch Gutachten eines Sachverständigen nachzuweisen.

4.3.2
Die Einhaltung von Anordnung, Materialeigenschaft und Maßhaltigkeit (z.B. Filterkartuschen mit zweilagigem Filtermaterial) gemäß den Angaben dieser Bauartzulassung ist durch interne Qualitätskontrolle bei der Fa. 3P nachzuweisen.

4.4
Abweichungen von der technischen Beschreibung gemäß dieser Bauartzulassung und anliegendem Betriebshandbuch mit Montageanleitung sind beim Aufbau der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal nicht zulässig.

4.5
Die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal ist an einer geeigneten Stelle mit einem Herstellerschild zu kennzeichnen. Das Herstellerschild muss mindestens folgende Angaben enthal-

ten:
- Kennzeichen der Bauartzulassung
- Inhaber der Bauartzulassung
- Baujahr
- angeschlossene Flächengröße
- Ende der maximalen Betriebsdauer der aktuellen Filterkartusche gemäß Tabelle 1 dieses Bescheids

4.6

Dem Betreiber einer Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal sind folgende Unterlagen in vervielfältigten Exemplaren auszuhändigen:
- Abdruck dieser Bauartzulassung gemäß Nr. 1.3 einschließlich eventueller Nachträge
- Bestätigung des Werkprüfers über die durchgeführte Funktions-/Qualitätskontrolle der funktions- bzw. sicherheitsrelevanten Einrichtungen (insbesondere Filtermaterial)
- Zulassungen der verbauten Anlagenteile (z.B. allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen)
- technische Beschreibung mit Anlagenspezifischer Dokumentation und zugehörigem Funktionsschema (Betriebshandbuch und Montageanleitung für das 3P Hydrosystem metal)

4.7

Filterkartuschen sind nach Nr. 5.2.4 auszutauschen. Hierzu ist ein geeignetes System zu etablieren und dem Betreiber einer Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal bekannt und zugänglich zu machen.

4.8

Die Roteintragungen in den anliegenden Unterlagen dieser Bauartzulassung sind zu beachten.

5 Bedingungen und Auflagen für den Betreiber der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal

5.1

Bei der Aufstellung und dem Betrieb der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal sind die Regeln der Technik zu beachten.

5.1.1

Das Vorliegen der rechtlichen Rahmenbedingungen (NWFreiV und TRENGW) für eine erlaubnisfreie Versickerung ist eigenverantwortlich zu prüfen und sicherzustellen.
In diesem Zusammenhang sind bei der Versickerung des durch eine Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal vorgereinigten Niederschlagswassers Rigolen gegenüber Sickerschächten zu bevorzugen.

5.1.2

Insbesondere ist auf eine ausreichende hydraulische Bemessung der anschließenden Versickerungsanlage im Sinne des Arbeitsblattes DWA-A 138 zu achten.

5.2

Die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal darf nur entsprechend der technischen Beschreibung gemäß dieser Bauartzulassung und anliegendem Betriebshandbuch mit Montageanleitung betrieben werden.

5.2.1

Zur Inbetriebnahme der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal ist die Registrierung mittels Garantiekarte (Anlage zu Betriebshandbuch und Montageanleitung) bei der Fa. 3P vorzunehmen.

5.2.2

An einer Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal dürfen nur solche Flächen angeschlossen werden, für welche die Anlage geeignet ist (Tabelle 1 dieses Bescheids).

5.2.3

Die gemäß Nr. 4.6 dem Betreiber ausgehändigten Unterlagen sind vom Betreiber am Aufstellungsort aufzubewahren und den Behörden auf Verlangen vorzulegen.

5.2.4

Die Funktionsfähigkeit einer Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal ist nach den Maßgaben der vorliegenden Bauartzulassung und des Betriebshandbuchs und der Montageanleitung des Herstellers regelmäßig zu prüfen:

- Grobschmutzrückhaltung (Schlammfang oder Schlammsammelraum) und Filterkartusche(n) sind nach Betriebsstörung, mindestens aber halbjährlich – am besten nach Beendigung der Pollensaison und nach Abwurf der Blätter im Herbst – gemäß Herstellervorgabe zu reinigen und das anfallende Material ordnungsgemäß zu entsorgen
- Bei anhaltender Betriebsstörung, spätestens aber nach Ablauf der max. Betriebsdauer gemäß Anwendungsfall (Tabelle 1 dieser Bauartzulassung) ist jede Kartusche auszutauschen

5.2.5

Die Funktionsfähigkeit einzelner Teile – z. B. alternatives Überlaufmeldesystem – ist ggf. aufgrund der Maßgaben aus den jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen gesondert zu prüfen.

6 Hinweis

Die wasserrechtliche Bauartzulassung nach Art. 41f BayWG gilt ausschließlich in Bayern. Sie ist auf folgende, von der Fa. 3P hergestellte Typen der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal beschränkt:

- 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 250 mm
- 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 500 mm
- 3P Hydrosystem metal DN 1000

7 Kosten

Die Kosten des Bescheids hat der Antragssteller, die Fa. 3P Technik Filtersysteme GmbH, zu tragen.

8 Gründe

8.1 Antrag

Mit Schreiben vom 29.06.2009 hat die Fa. 3P Technik Filtersysteme GmbH, Öschstraße 14, 73072 Donzdorf, einen Antrag auf Erteilung der wasserrechtlichen Bauartzulassung für zwei Behandlungsanlagen vom Typ 3P Hydrosystem metal gestellt. Der Antrag wurde gemäß Schreiben der Fa. 3P vom 12.11.2009 überarbeitet und mit Schreiben der Fa. 3P vom 23.11.2010 präzisiert. Zu den mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt vereinbarten Untersuchungen wurden ein Zwischenbericht und ein Schlussbericht vorgelegt.
Folgende Unterlagen sind gemäß Antrag in die Bewertung eingeflossen:

- Überarbeitete Antragsunterlagen der Fa. 3P vom 12.11.2009
- Zwischenbericht der TU-München vom 19.08.2010
- Schlussbericht der TU-München vom 10.11.2010
- Betriebshandbuch und Montageanleitung der Fa. 3P vom 23.11.2010

Den Behandlungsanlagen 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 250 mm und 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 500 mm wurde daraufhin am 29.12.2010 die wasserrechtliche Bauartzulassung BY-41f-2010/2.0.0 erteilt.

Mit Schreiben vom 21.01.2011 hat die Fa. 3P Technik Filtersysteme GmbH, Öschstraße 14, 73072 Donzdorf, einen Antrag auf Übertragung der wasserrechtlichen Bauartzulassung BY-41f-2010/2.0.0 für das 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 500 mm, auf das 3P Hydrosystem metal DN 1000 gestellt. Dem Antrag waren zur Bewertung beigefügt:

- Vergleich der Behandlungsanlagen 3P Hydrosystem metall DN 400 und DN 1000
- Konstruktionszeichnungen der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal DN 1000
- Betriebshandbuch und Montageanleitung der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal DN 1000

8.2 Fachliche Beurteilung

Den Behandlungsanlagen:

- 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 500 mm
- 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 250 mm

wurde am 29.12.2010 bereits die wasserrechtliche Bauartzulassung BY-41f-2010/2.0.0 erteilt. Die Behandlungsanlagen wurden dazu vom 18.09.2009 bis 30.09.2010 auf Basis der „Prüfkriterien zur vorläufigen Beurteilung von Versickerungsanlagen zum Rückhalt von Metallionen aus Niederschlagsabflüssen von Metalldächern" des Bayerischen Landesamts für Umwelt vom 30.06.2008 (Az: 66-4402-26060/2008) beprobt. Die Übertragung der Zulassung von Zink- auf Kupfer(dach-)flächen wurde für den Einzelfall mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt abgestimmt und erforderliche Nachweise erbracht. Der Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft der TU München wurde als unabhängiges Hochschulinstitut mit den entsprechenden Untersuchungen beauftragt.

Die Versuchsanlagen erfüllten die geforderten Prüfkriterien:

- Angeschlossen wurde eine Titanzinkdachfläche (wasserwirtschaftliche Beurteilung wie Zinkdach) von 260 m², die strömungstechnisch zu gleichen Teilen auf die beiden beprobten Anlagen aufgeteilt wurde.
- Es befanden sich ausschließlich überwachte Bypass- oder Überlaufeinrichtungen in den Anlagen. Hydraulische Überlastung trat im Beprobungszeitraum auf und konnte geklärt und behoben werden. Für den Betrieb kann die Überlaufeinrichtung mittels Abschlusskappe verschlossen werden.
- Die Nachweise über Kalibrierung der MID und Dichtheit der Anlage wurden erbracht.
- Das erforderliche Spektrum an jahreszeitlichem Niederschlagsgeschehen wurde im Rahmen der Beprobung abgebildet. Es wurden insgesamt 20 repräsentative Ereignisse in den drei Klassen ausgewertet.
- Der Vorratsraum zur Grobschmutzrückhaltung (Schlammfang oder Schlammeimer) und die Filterkartusche wurden am 16.06.2010 bzw. am 02.07.2010 gereinigt. Für den Betrieb gelten daraus resultierende Wartungsvorgaben.
- Die Anforderungen an den Zink- und Kupferrückhalt (nur bei Bauhöhe des Filters von 500 mm) wurden erfüllt.
- Im Rahmen der Standzeituntersuchungen wurden je nach Anlagentyp und Anwendungsfall rechnerische Standzeiten von 1,2 bis 3 a belegt. Zur Ermittlung der maximalen Betriebsdauern der Filterkartuschen gemäß Tabelle 1 dieser Bauartzulassung wurden Sicherheitsabschläge berücksichtigt.
- Die Versuchsanlage 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 500 mm erfüllte die zusätzlichen Anforderungen zur Übertragung der Zulassung von Zink- auf Kupfer-(dach-)flächen.

Die Prüfkriterien zur vorläufigen Beurteilung von Versickerungsanlagen zum Rückhalt von Metallionen aus Niederschlagsabflüssen von Metalldächern" des Bayerischen Landesamts für Umwelt vom 30.06.2008 (Az: 66-4402-26060/2008) eröffnen die Übertragung der Zulassung auf

entsprechend dimensionierte Anlagen für andere Dachflächengrößen, sofern:
- im Versuch eine Dachfläche von mindestens 100 m² untersucht wurde und
- die Größe der Filterfläche der Dachfläche proportional angepasst wird.

Die Kriterien zur Übertragung der wasserrechtlichen Bauartzulassung sind für den beantragten Anwendungsfall erfüllt:
- Es wurde im Versuch eine Dachfläche von 130 m² angeschlossen (s.o.).
- Der Nachweis über die proportionale Anpassung der Filterfläche wurde für das 3P Hydrosystem metal DN 1000 in Anlage 1 der Antragsunterlagen der Fa. 3P Technik Filtersysteme GmbH, Öschstraße 14, 73072 Donzdorf, vom 21.01.2011 erbracht.

Die wasserrechtliche Bauartzulassung für das 3P Hydrosystem metal DN 400, Bauhöhe des Filters 500 mm, kann auf das 3P Hydrosystem metal DN 1000 übertragen werden.

Im Rahmen der erlaubnisfreien Versickerung (NWFreiV und TRENGW) kann die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal eine Vorreinigung des Niederschlagswassers von Zink- oder Kupfer(dach)flächen (zulässige Anwendungsfälle nach Tabelle 1 dieser Bauartzulassung) über 30 cm bewachsenen Oberboden ersetzen.
Die Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal soll dabei überwiegend dort verwendet werden, wo die Ausbildung einer herkömmlichen flächenhaften Versickerung über Oberboden nicht möglich bzw. nicht zumutbar oder verhältnismäßig ist.

Die vorhandenen Filtereinrichtungen gewährleisten, dass während eines durchschnittlichen Niederschlagsereignisses partikuläre und gelöste Stoffe, insbesondere die Schwermetalle Kupfer und Zink, aus dem (Dach-)Abfluss unmittelbar zurückgehalten werden.

Bei der Beurteilung der Bauart der Behandlungsanlage 3P Hydrosystem metal ist positiv zu berücksichtigen, dass Bauhöhe und Bauform einer anschließenden Versickerung über Rigolen entgegenkommt.

Bei ordnungsgemäßer Herstellung, Aufstellung und Betrieb gemäß dieser Bauartzulassung und dem vom Bauartzulassungsinhaber erstellten Betriebshandbuch mit Montageanleitung ist eine Gewässerverunreinigung nicht zu besorgen.

8.3 Rechtliche Beurteilung

Das StMUG wurde durch Art. 33 (2) BayWG in der Fassung vom 19.07.1994 zuletzt geändert durch Gesetz vom 27.07.2009 ermächtigt, durch eine Rechtsverordnung Maßgaben festzulegen, mit denen Anforderungen an das schadlose Versickern von Niederschlagswasser näher geregelt werden. Gemäß §3 (2) NWFreiV vom 01.01.2000 mit Änderung vom 01.10.2008 können zur Vorreinigung von Niederschlagswasser von unbeschichteten Kupfer-, Zink- oder Bleiblechflächen über 50 m² Anlagen verwendet werden, die nach Art. 41f BayWG der Bauart nach zugelassen sind.
Gemäß Art. 41f BayWG ist das Bayerische Landesamt für Umwelt für die Entscheidung über den Antrag und für den Erlass dieses Bescheides zuständig.

So lange keine anderslautende Verordnung durch den Bundesgesetzgeber auf Basis des §46 Absatz 2 in Verbindung mit §23 Absatz 1 WHG [in der Fassung vom 31.07.2009] besteht, hat die oben genannte Regelung auch nach Inkrafttreten des neuen WHG [in der Fassung vom 31.07.2009] und des neuen BayWG [in der Fassung vom 24.02.2010] Bestand.

Dem Antrag der Fa. 3P Technik Filtersysteme GmbH wird stattgegeben.

Die Kostenentscheidung beruht auf Art. 1, 2, 5 Abs. 1, Art. 6, 8, 10 und 11 Kostengesetz (KG) vom 20.02.1998 (GVBl S. 43 - BayRS 2013-1-1-F), zuletzt geändert durch § 2 des Gesetzes vom 20.12.2007 (GVBl S. 951) i. V. m. Tarif-Nr. 8.IV.0/1.26 des Kostenverzeichnisses zum KG.
Die festgesetzte Gebühr entspricht dem Verwaltungsaufwand und der Bedeutung der Angele-

genheit für den Antragsteller.

9 Rechtsbehelfsbelehrung

Gegen diesen Bescheid kann innerhalb eines Monats Klage beim Bayerischen Verwaltungsgericht Kornhausgasse 4, 86152 Augsburg, schriftlich oder zur Niederschrift des Urkundsbeamten der Geschäftsstelle dieses Gerichts erhoben werden. Die Klage muss den Kläger, den Beklagten (Freistaat Bayern) und den Gegenstand des Klagebegehrens bezeichnen und soll einen bestimmten Antrag enthalten. Die zur Begründung dienenden Tatsachen und Beweismittel sollen angegeben, der angefochtene Bescheid soll in Urschrift oder Abschrift beigefügt werden. Der Klage und allen Schriftsätzen sollen Abschriften für die übrigen Beteiligten beigefügt werden.

Hinweise zur Rechtsbehelfsbelehrung:

- Durch das Gesetz zur Änderung des Gesetzes zur Ausführung der Verwaltungsgerichtsordnung vom 22.06.2007 (GVBl Nr. 13 vom 29.06.2007, S. 390) wurde das Widerspruchsverfahren im Bereich des Umweltrechts abgeschafft. Es besteht keine Möglichkeit, gegen diesen Bescheid Widerspruch einzulegen.
- Die Klageerhebung in elektronischer Form (z. B. durch E-Mail) ist unzulässig.
- Kraft Bundesrecht ist bei Rechtsschutzanträgen zum Verwaltungsgericht seit 01.07.2004 grundsätzlich ein Gebührenvorschuss zu entrichten.

Prof. Dr.-Ing. Albert Göttle
Präsident

Danmark
(Denmark)
Esbjerg
Malmö
Kiel
Neumünster
Rostock
Stralsund
Greifswald
Cuxhaven
Lübeck
Bremerhaven
Schwerin
Neubrandenburg
Szczecin
Groningen
Oldenburg
(Oldb)
Assen
Bremen
Emmen
Hoorn
Zwolle
Almelo
Hannover
Braunschweig
Magdeburg
Frankfurt
(Oder)
Cottbus
Zielona
Detmold
Paderborn
Nijmegen
Dortmund
Göttingen
Wuppertal
Leipzig
Maastricht
Köln
Gera
Chemnitz
Jena
Bonn
Suhl
Liège
Zwickau
Koblenz
Frankfurt
am Main
Steinau an
der Straße
Praha
Wiesbaden
Bamberg
Bayreuth
Darmstadt
Plzeň
Luxembourg
Mannheim
Saarbrücken
Eschelbronn
Metz
Heilbronn
Regensburg
České
Budějovice
Karlsruhe
Aalen
Nancy
Ingolstadt
Passau
Strasbourg
Landshut
Ulm
Linz
Freiburg
Breisgau
Villingen-Schwenningen
Wels
Konstanz
Salzburg
Österreich
(Austria)
Belfort
Basel
Zürich
St. Gallen
Besançon

Das 3P Hydrosystem - Projekt Schweiz
Stadt Buochs im Kanton Nidwalden

Bereits im Jahr 1991 hat die Schweizer Regierung das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer erlassen. Mit Stand August 2010 wurde dieses nochmals überarbeitet und den neuen Anforderungen und Möglichkeiten angepasst.

Die Reinigung des Straßenabwassers in der Schweiz erfolgt noch heute hauptsächlich über Straßenabwasser Behandlungs-Anlagen (SABA). Diese benötigen jedoch sehr viel Platz und fordern einen hohen Wartungsaufwand. Um eine Alternative zu diesen zentralen Anlagen zu erproben, wurde im Februar 2008 in der Stadt Buochs im Kanton Nidwalden ein Hydrosystem verbaut. Durch seine herausragenden Filtereigenschaften, dem geringen Platzbedarf, Frostbeständigkeit und Schutz vor dem Auslösen bereits gebundener Schadstoffe durch Streusalz, war es hierfür geradezu prädestiniert.
Dieses Pilotprojekt wurde im Rahmen eines Kreuzungsumbaus zu einem Kreisverkehr möglich.

Das Hydrosystem heavy traffic wurde im Zeitraum Februar 2008 bis November 2010 einem Dauertest unterzogen um seine Leitungsfähigkeit darzustellen und die Möglichkeiten dieses Systems sowie den damit verbundenen Nutzen hervorzuheben.
Bei der erstmaligen Beprobung seit dem Einbau wurden im November 2010 hervorragende Ergebnisse erzielt: Alle Werte lagen in oder unter der zulässigen Toleranzbreite.
Das System arbeitete ohne weitreichende und aufwändige Wartung. Selbst längere Kälteperioden konnten ihm nichts anhaben.
Diese Eigenschaften machen das Hydrosystem auch in der Schweiz zu einem verlässlichen, ökolo-gischen und ökonomischen Partner bei der Erreichung der durch die Regierung und die nachfolgenden Generationen gesteckten Ziele.

Durch die stetige Weiterentwicklung wird unser Hydrosystem nicht nur effizienter, sondern auch einbaufreundlicher.

Abb. 1: Im Zuge der Umbauarbeiten wurde das Hydrosystem ohne signifikanten Zusatzaufwand und weitere Absperrmaßnahmen in den Verkehrsraum eingebracht.

Abb. 2: Der Einsatz von Böschungsverstärkungen und Abfangmaßnahmen ist während des Einbaus unbedingt erforderlich.

In der neuesten Generation ist bereits ein einbau- und steckfertiges System in einer monolithischen Bauweise aus speziellem Beton erhältlich. Dieses System ermöglicht und garantiert neben sehr kurzen Einbauzeiten auch eine sehr lange Lebensdauer. Das System wurde so entwickelt, dass nicht nur werksseitig montierte Einstiegshilfen, sondern auch Lastaufnahmepunkte zum Versetzen und Einbauen vorhanden sind. Der Lieferzustand ermöglicht es den Kunden das Hydrosystem im „plug and play" Verfahren einzubauen
und in Betrieb zu nehmen. Mit diesen Neuerungen wurde aus einem innovativen System ein einbaufreundlicher, fertig verrohrter und nutzerfreundlicher Partner bei der Reinhaltung unserer Gewässer.

Abb. 3 (oben): Das fertig eingebaute Hydrosystem muss nun nur noch an das Abwassersystem angeschlossen werden. Hier wurden die einzelnen Segmente noch wasserdicht verfugt. Das ist bei dem weiterentwickelten Hydrosystem durch die monolithische Bauweise nicht mehr notwendig.

Abb. 4 (unten): Das Projekt Buochs in abgeschlossenem Zustand. Die Entwässerung der Straßenfläche durch ein Hydrosystem 1000 heavy traffic.

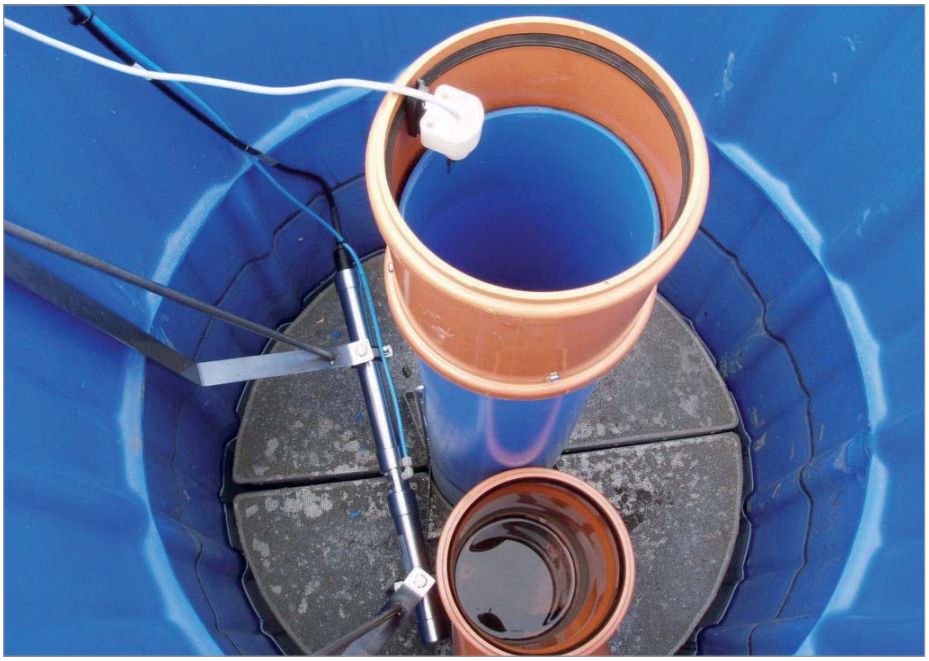
Hydrosystem 1000

Für abflusswirksame Flächen in Trennsystemen

Geprüft nach den Anforderungen des Trennerlass NRW (Runderlass vom 26. Mai 2004 „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“

Untersucht von Juli bis November 2009 von der Dr. Pecher AG an einem Regenklärbecken in Wuppertal.

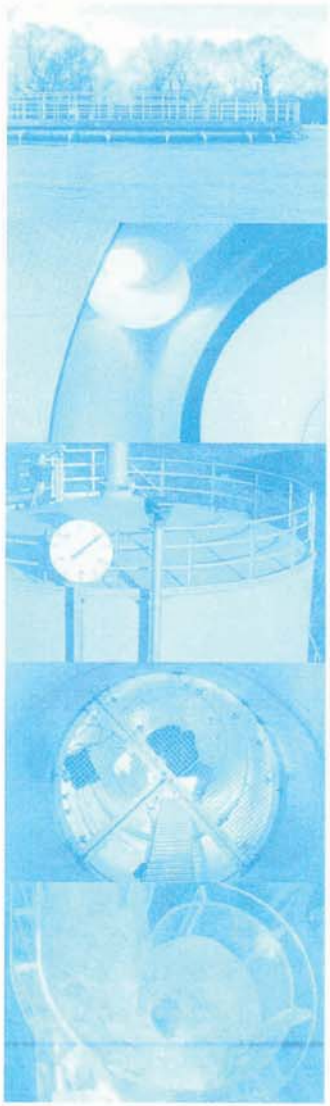
Der Rückhalt an Feststoffen (AFS) beträgt 57 %, allerdings wurde das System versuchsbedingt mit einer festen Regenspende beaufschlagt, die dem 2,4-fachen der kritischen Regenspende entspricht. Die 1,2 fache Jahresniederschlagsmenge wurde aufgebracht. „Bei einer Beschickung des Filtersystems mit maximal 0,75 l/s kann, je nach Charakteristik des Einzugsgebietes, von einem deutlich höheren AFS-Rückhalt und einer Verlängerung der Standzeit ausgegangen werden. Der Wirkungsgrad des Filtersystems und des RKB bezüglich des Feststoffrückhalts sind nach vorliegenden Ergebnissen vergleichbar.) (Dr. Pecher AG (2011): Erläuterungsbericht „Vergleichende Untersuchung zur Wirksamkeit des Hydrosystems „heavy traffic“ und eines Regenklärbeckens“)



ERLÄUTERUNGSBERICHT

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

3P Technik Filtersystem GmbH



Dr. Pecher AG
Klinkerweg 5 · 40699 Erkrath · www.pecher.de

ERLÄUTERUNGSBERICHT

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

3P Technik Filtersystem GmbH

Dr. Pecher AG
Klinkerweg 5 · 40699 Erkrath · www.pecher.de

pecher

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

pecher

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.

pecher

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.

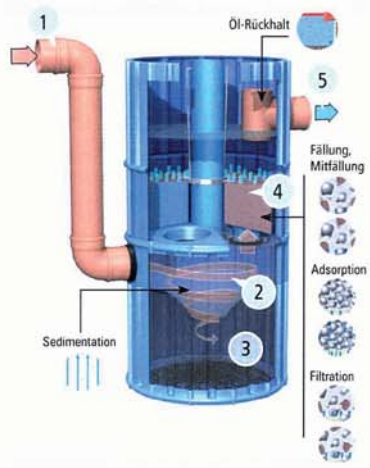
Dabei ist allerdings nicht generell von höheren Aufwendungen und Kosten für dezentrale Systeme auszugehen (Grüning et al., 2010).

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 Verschlämmung leicht austauschbar (HydroCon, 2010). Bild 1 zeigt das skizzierte Schachtsystem und das Funktionsprinzip des Systems „heavy traffic".



Funktionsprinzip 3P-HydroSystem „heavy traffic"

1. Das Regenwasser wird am unteren Ende des Schachtes tangential eingeleitet.
2. In einem hydrodynamischen Abscheider erfolgt aufgrund von turbulenten Sekundärströmungen in einem radialen, laminaren Strömungsregime die Sedimentation von Partikeln, insbesondere der Sandfraktion.
3. Die Sedimente werden in einem Schlammfang unter dem System gesammelt und können über das Staurohr ausgesaugt werden.
4. Über die in der Mitte des Reinigungsschachtes angeordneten vier Filterelemente werden im Aufstromverfahren die Feinstoffe gefiltert sowie ein Großteil der gelösten Schadstoffe ausgefällt und adsorptiv gebunden.
5. Der Auslauf des Systems befindet sich oberhalb der Filterelemente und ist mit einer Leichtstoffsperre ausgerüstet (im Falle eines Unfalls werden größere Mengen Öl und Benzin zurückgehalten, „normal" auftretende Kohlenwasserstoffe werden im Filter entfernt).

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

pecher

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	m²	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 Hauptverbindungsweg 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 (Erkrath) 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.

pecher

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 m³. Für die Bemessung des RKB wurde ein kritischer Oberflächenabfluss (Q_{krit}) von 169,2 l/s zugrunde gelegt. Daraus ergibt sich eine Oberflächenbeschickung von $q_{A, RKB} = 8{,}46$ 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 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 m³ und macht damit zusätzlich über 40 % des eigentlichen Beckenvolumens aus.

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

Das Volumen des RRB wird mit 1.930 m³ 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.

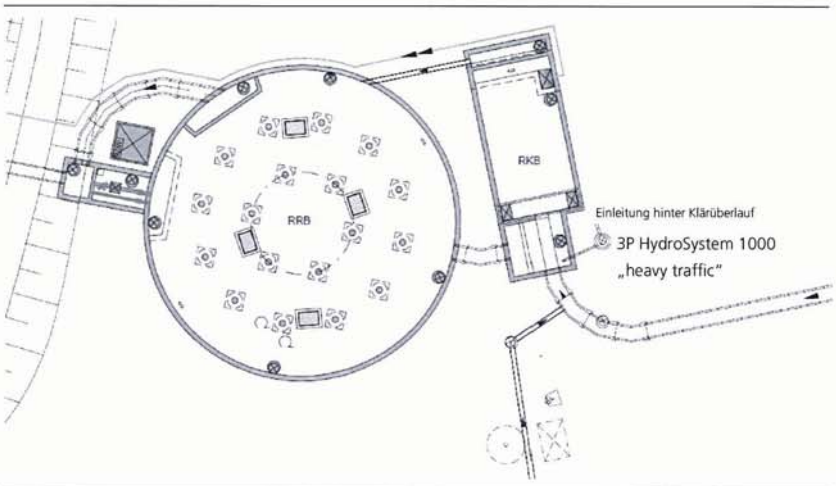


Bild 2 Lageplan der Versuchsanlage „Kulloch"

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.

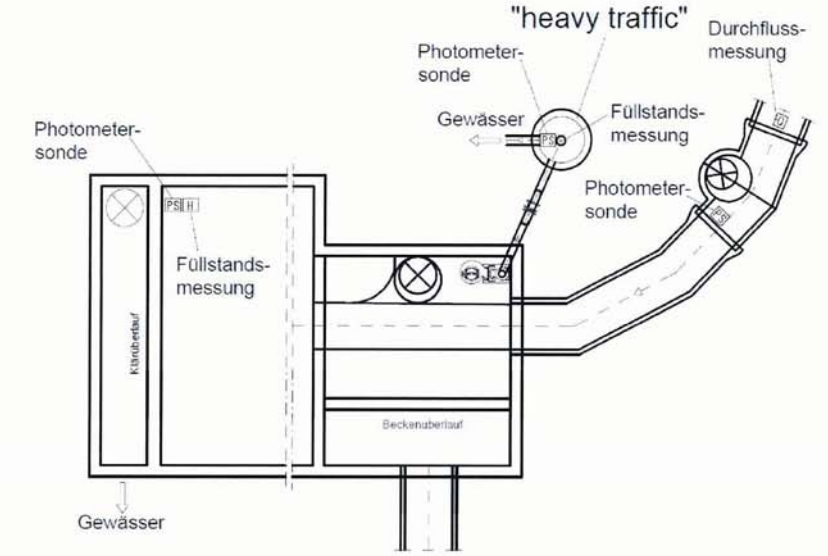


Bild 3 Einbauorte der Messtechnik auf der Versuchsanlage „Kulloch"

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).

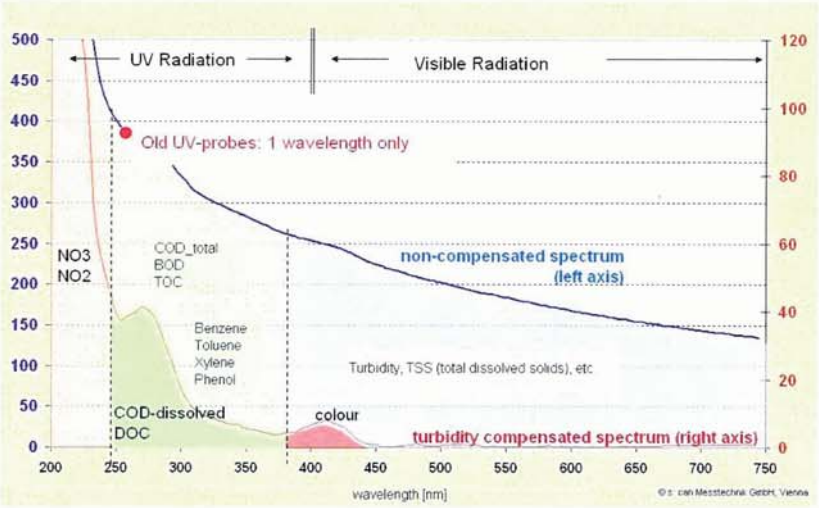


Bild 4 Darstellung der UV/Vis-Wellenlängen und charakteristischer Absorptionsbanden relevanter Parameter (s::can Messtechnik GmbH)

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_f, 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

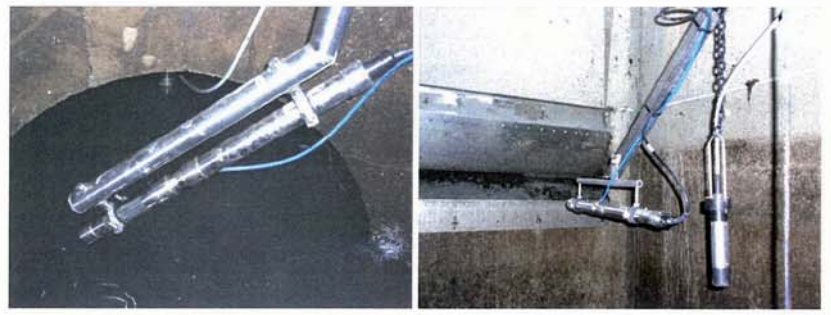


Bild 6 Photometersonde in Zulauf (links) und Ablauf des RKB (rechts)

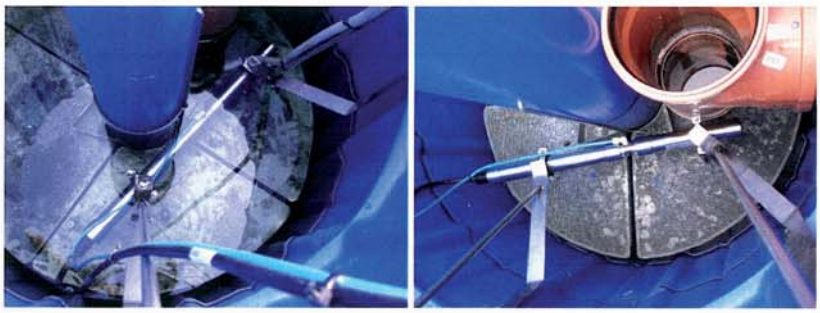


Bild 7 Photometersonde im Ablauf des Filtersystems „heavy traffic"

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 waagerecht 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 gedükerte 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 UE 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 UE und der mittleren Strömungsgeschwindigkeit v.

Aus der Berechnung des Volumenstroms folgt, dass die Messspannung UE 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 (qA) 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 zeichneten 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 Ablauffrachten durchgeführt. Hierfür wurden aus den gemessenen AFSeq-Konzentrationen und den Abflussvolumen-

strömen die Zu- und Ablauffrachten 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.

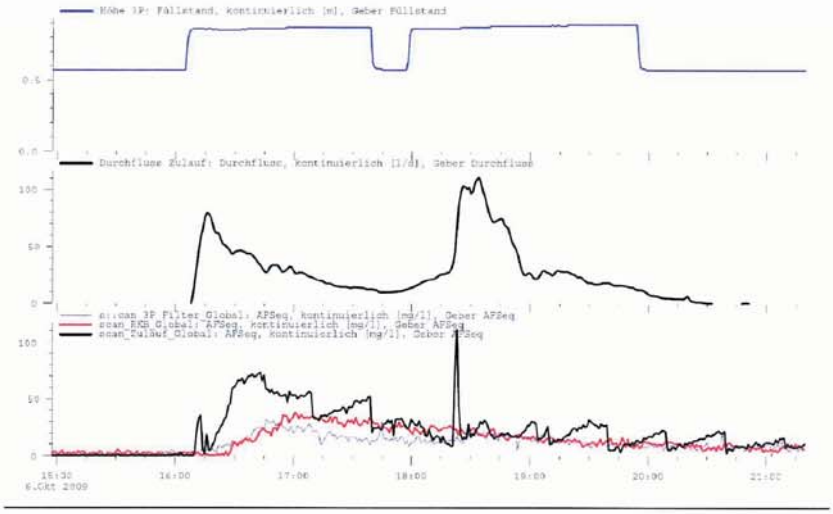


Bild 11 Beispielhafter Verlauf der Ganglinien für das Regenereignis am 06.10.2009

pecher

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

Dieser berechnet sich folgendermaßen:

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

$\eta_{c,AFS}$ *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).

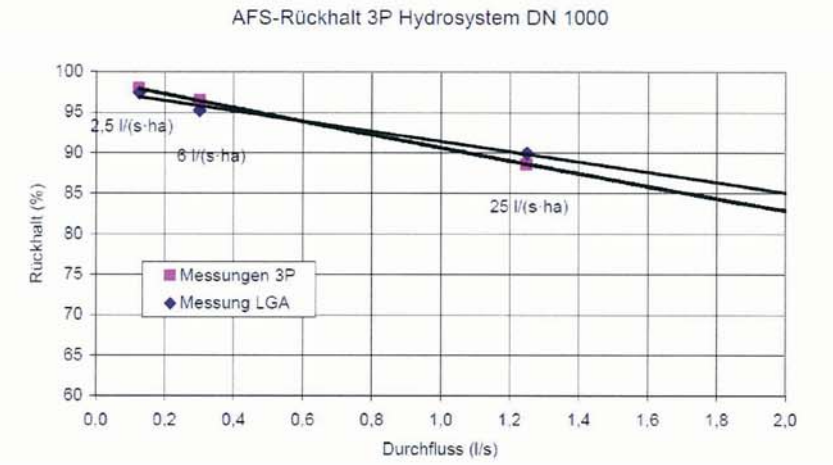


Bild 12 AFS-Rückhalt des Hydrosystems in Messungen von 3P und der LGA

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.

pecher

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 Algenteppich 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 kontinuierlich1,5 -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.

pecher

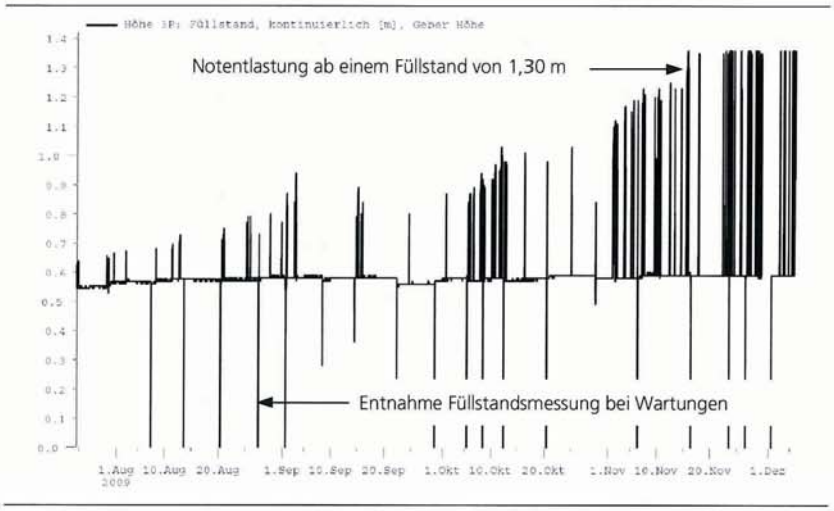


Bild 13 Füllstandsmessung im Überlaufrohr

Bild 14 Filtererschöpfung durch Ausbildung Filterkuchen auf dem Zulaufsieb

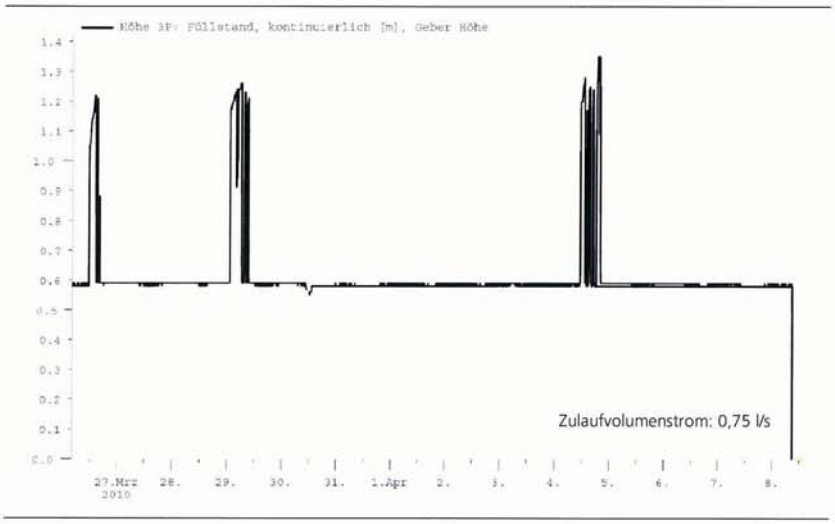


Bild 15 Füllstandsmessung Überlaufrohr 25.03. - 06.04.2010 vor der Filterspülung

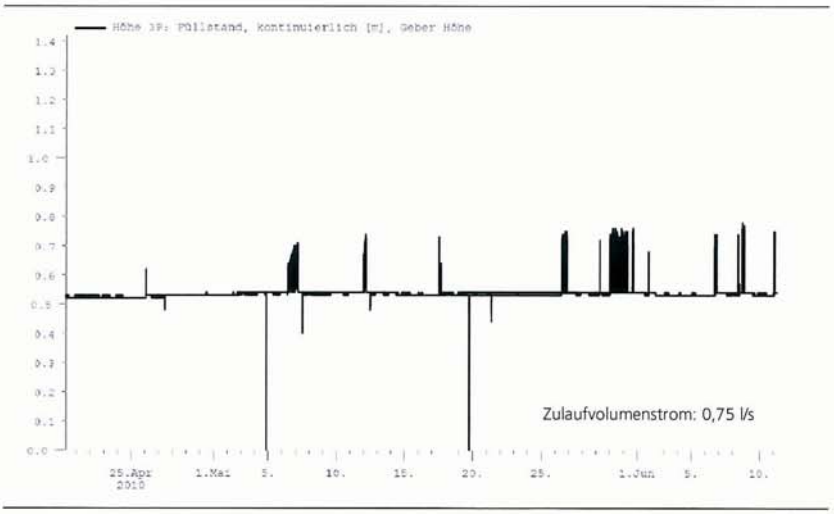


Bild 16 Füllstandsmessung Überlaufrohr 06.05. - 11.06.2010 nach der Filterspülung

pecher

Tabelle 7 zeigt eine Auswertung des Zuflussvolumens, der Niederschlagmenge 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 m³	671
Niederschlag in mm	330
Abfluss aus Niederschlag in m³	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 Ablauffrachten 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.

pecher

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

pecher

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, Schaltschwellen 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 verschlammt, 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 ausgefallen/defekt
10.09.2009	CTC, STK	wöchentliche Wartung*, Con::stat vom Zulauf weiterhin 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-

pecher

Vergleichende Gegenüberstellung
„heavy traffic" und RKB"

Anhang 1 Seite 2

		Sonden
16.11.09	ANG, MAP	wöchentliche Wartung*, Luftschlauch 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 Ereignisses	Ende des Ereignisses	Dauer in h und min	Dauer in s	Durchfluss RKB in l/s	Durchfluss 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 Ablauf 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 Ereignisses	Ende des Ereignisses	Dauer in h und min	Dauer in s	Durchfluss RKB in l/s	Durchfluss 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 Ablauf 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**

Hydrosystem 1000 heavy traffic

Für Verkehrsflächen in Trennsystemen

Geprüft nach den Anforderungen des Trennerlass NRW (Runderlass vom 26. Mai 2004 „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“

Untersucht von Oktober 2009 bis September 2010 von der Grontmij GmbH in Königswinter, ergänzende Untersuchungen im Labor vom Institut für unterirdische Infrastruktur (IKT) in Gelsenkirchen.

„ Die Erfahrungen in Königswinter mit dem Filterschacht 3P Hydrosystem der Firma 3P Filtertechnik GmbH zeigen, dass der Nachweis eines dauerhaften Betriebs durchaus gegeben sein kann. Das System erweist sich nach ca. einem Jahr störungsfreier Betriebsdauer als zuverlässig, unkompliziert und wartungsarm.“ (Koch, A. (2011): Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen, erste Erfahrungen)

Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen, erste Erfahrungen

Auszüge aus dem Erfahrungsbericht der Stadtbetriebe Königswinter verfasst durch Dipl. Ing. Albert Koch

Die emissionsbezogenen Anforderungen an die Niederschlagswasserbehandlung im Trennsystem werden in Nordrhein-Westfalen durch den RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vom 26.05.2004 (kurz: Trennerlass) geregelt. Die Klärpflicht des Niederschlagswassers wird seitdem von der Schadstoffbelastung der einzelnen Flächen abhängig gemacht, die an eine Einleitung angeschlossen sind. Diese emissionsbezogenen Anforderungen können durch Anforderungen, die sich aus den Gewässerzielen ergeben, ergänzt werden.

Insbesondere dann, wenn besondere Nutzungsanforderungen (z.B. Trinkwassergewinnung, Salmonidengewässer) bestehen oder in einem Maßnahmenplan nach der Wasserrahmenrichtlinie die Verringerung der Stofffrachten aus den Trennsystemen gefordert wird. Zur Feststellung der Klärpflicht werden die Herkunftsflächen nutzungsabhängig in drei Kategorien eingeteilt (unbelastet, schwach und stark belastet).
Die zentrale Behandlung in Regenklärbecken stellt die am häufigsten eingesetzte Verfahrensweise dar. Insbesondere bei städtischer Bebauung bzw. engen Platzverhältnissen sind die naturnahen Regenklärbecken nicht oder Regenklärbecken in Betonbauweise nur mit hohem Kostenaufwand umsetzbar. Folglich sind zur Einhaltung der Gewässerziele alternative Verfahren wie z.B. dezentrale Behandlungsanlagen erforderlich. Für die Behandlung des Niederschlagswassers z.B. von Flächen der Kategorie II gemäß Erlass ist die dezentrale Niederschlagswasserbehandlung bevorzugt anzuwenden. Voraussetzung für den genehmigungsfähigen Einsatz dezentraler Anlagen ist allerdings, dass hinsichtlich des Schadstoffrückhaltes und des dauerhaften Betriebs eine Vergleichbarkeit zu den aufgezählten zentralen Behandlungsverfahren vorliegt.

Um dieser Forderung nachzukommen, wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens eine Methode entwickelt, mit der sowohl ein zur zentralen Behandlung vergleichbarer Schadstoffrückhalt als auch ein vergleichbarer dauerhafter Betrieb aufgezeigt werden kann. Der Nachweis eines dauerhaften Betriebs soll hierbei mittels verschiedener Praxisversuche erbracht werden, in denen dezentrale Systeme über einen Zeitraum von ca. einem Jahr betrieben und beobachtet werden.

Abb. 1 Luftbild des Einzugsgebietes, Quelle: Google Earth

Kategorisierung der Flächen

Das Teileinzugsgebiet Hauptstraße/ Schallenbach ist aufgrund der Flächengröße und der Entwässerungsart für den Einsatz einer semizentralen Behandlungsanlage, die neben den dezentralen Systemen im Rahmen des Forschungsvorhabens untersucht werden sollen, gut geeignet.

Betrachtung des Einzugsgebietes Hauptstraße/Schallenbach:
Das Einzugsgebiet Hauptstraße/ Schallenbach befindet sich im nördlichen Teil von Königwinter in dem Ortsteil Niederdollendorf. Bei der im Trennsystem entwässerten Fläche handelt sich um eine reine Straßenfläche mit einer Größe von ca. 615 m² . Die Entwässerung erfolgt über zwei Sinkkästen direkt in den Schallenbach, einem kleinen, in diesem Bereich verrohrten Gewässer. Die Hauptstraße weist ein Verkehrsaufkommen von 6.500 Kfz/d auf, womit das abfließende Niederschlagswasser gemäß Trennerlass der Klärpflicht unterliegt.

Auswahl eines geeigneten Regenwasserbehandlungssystems

Wie bereits erläutert, wird die Klärpflicht des Niederschlagswassers gemäß Trennerlass von der Schadstoffbelastung der einzelnen Flächen abhängig gemacht, womit auch kleinräumige Gebiete und einzelne Flächen der Klärpflicht unterliegen können.
Der bisherige Grundsatz, das Niederschlagswasser zu sammeln, abzuleiten und mittels zentraler Anlagen zu behandeln (End-of-pipe-Lösung), kann in solchen Fällen nicht nur einen hohen Planungs- und Investitionsaufwand darstellen, sondern ist vielen Fällen kaum umzusetzen, wenn sich die Flächen im eng bebauten, innerstädtischen Bereich befinden.

Bei dem Trenngebiet Hauptstraße, Schallenbach, handelt es sich um eine Straßenfläche, die sich im Innenstadtbereich von Königswinter befindet. Die beengten Platzverhältnisse und die Größe der klärpflichtigen Fläche mit etwa 615 m² lassen unter Berücksichtigung einer wirtschaftlichen Umsetzung einer Regenwasserbehandlung nur eine dezentrale bzw. semizentrale Lösung zu. Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll eine semizentrale Anlage untersucht werden, weswegen für die Behandlung des Niederschlagswassers in Königswinter das System 3P Hydrosystem der Firma 3P Technik Filtersysteme GmbH ausgewählt wurde.

Einbau des Behandlungssystems 3P Hydrosystem

Der Einbau erfolgte im Kreuzungsbereich der Hauptstraße und „Am Schallenbach“.
Das System wurde in einen Standardbetonschacht DN 1000 eingesetzt, für dessen Einbau eine ca. 3,50 m tiefe Baugrube mit einer Fläche von etwa 2,0 m mal 2,0 m und ein entsprechender Verbau erforderlich war.
Die Entwässerung über die vorhandenen Straßenabläufe bleibt hierbei erhalten.
Für den Einbau des Systems sind konventionelle Baumaschinen für Erd-, Pflaster und Asphaltarbeiten erforderlich. Die gesamte Maßnahme konnte einschließlich der Baustelleneinrichtung in ca. drei Tagen erfolgen.

Voraussetzung für den Einsatz einer dezentralen oder semizentralen Behandlungsanlage in Königswinter war, dass das System über einen Notüberlauf verfügt, der die bisherige Entwässerungssicherheit gewährleistet.
Die Möglichkeit, den Notüberlauf konstant beobachten zu können, erschien gerade im Rahmen des Forschungsprojektes ebenfalls sinnvoll.

Da das Niederschlagswasser bei einem Versagen des Systems aufgrund der Höhenlage nicht über den integrierten Notüberlauf, sondern in die Sinkkästen und damit in den Straßenraum zurückstaut, wurde ein separater Notüberlauf vorgesehen, der in einen Schacht entwässert und das Niederschlagswasser unbehandelt zur Einleitungsstelle ableitet. Zur Überwachung des Überlaufs wurde eine Ultraschallsonde installiert, mittels derer ein Anspringen des Überlaufs überwacht werden kann.
Um Fehlermeldungen der Sonde auszuschließen, wird kontrolliert, ob ein benachbartes Regenüberlaufbecken ebenfalls mit einer Niederschlagsmenge beaufschlagt wurde.

Das auf dem Datenspeicher erfasste Notüberlaufverhalten kann ausgelesen und mit den erfassten Niederschlagsmengen der benachbarten Kläranlage abgeglichen werden.

Abb. 2: Ausheben der Baugrube

Betrieb des Behandlungssystems 3P Hydrosystem

Das 3P Filtersystem wurde im Oktober 2009 in Betrieb genommen. Die Betriebsüberwachung erfolgte bis März 2010 in einem Abstand von ca. einer Woche durch einen Mitarbeiter der Grontmij GmbH, die mit der Durchführung der Praxisuntersuchungen im Rahmen des Forschungsvorhabens beauftragt wurden.
Der Betrieb der Sonde zur Beobachtung des Überlaufs und das Auslesen der Daten erfolgte durch die Mitarbeiter der Stadtbetriebe Königswinter. Um das Notüberlaufverhalten bewerten zu können, wurden Niederschlagsereignisse ausgewertet, die von der nah gelegenen Kläranlage mittels Regenschreiber aufgezeichnet wurden.

**In den ersten Betriebsmonaten wurden bei den wöchentlichen Kontrollen keine Unregelmäßigkeiten festgestellt.
Der Herbst und die langanhaltende Winterperiode (Streumittel) stellten kein Problem dar und eine Reinigung war bis zur Berichtverfassung nicht erforderlich.**

Auch eine erhöhte Belastung durch Pflanzenpollen im Frühjahr führte zu keinerlei Beeinträchtigungen, die bei anderen Anlagen schon beobachtet wurden.

Der Notüberlauf ist zum ersten Mal Anfang Mai angesprungen. Die Auswertung des Regenschreibers ergab, dass in der Nacht vom 6. auf den 7. Mai 2010 ein Regenereignis von ca. 27 mm eingetreten war. In der Summe waren im Mai 2010 Niederschlagsmengen von ca. 70 mm gefallen. Seit März 2010 erfolgt die Betriebsüberwachung auf Grund des einwandfreien Betriebs in Abständen von ca. zwei bis drei Wochen.

Für die Kontrolle des Systems wird der Schachtdeckel geöffnet, die Anlage in Augenschein genommen und der mittels der optischen Kontrolle festgestellte Zustand des Systems in einem Überwachungsprotokoll dokumentiert. Ebenso wurde der Zeitliche Aufwand für die Kontrollen festgehalten.
Bei jeder Kontrolle wurde der Schlammspiegel im Sammelraum gemessen, der nach einer Betriebszeit von ca. einem Jahr etwa 6 cm beträgt. Gemäß den Angaben des Herstellers sollte ein Aussaugen des Schlammraumes bei einer Schlammspiegelhöhe von etwa 20 cm erfolgen. Hieraus kann geschlussfolgert werden, dass eine Reinigung frühestens nach einem Betriebsjahr erforderlich ist.

Kosten

Wirtschaftlichkeitsvergleiche von dezentralen zu zentralen Lösungen sind u.a. maßgeblich von den Betriebsaufwendungen und den Wartungsintervallen abhängig, die von der Verschmutzung der Oberflächenabflüsse beeinflusst werden.

In der Diskussion werden die Betriebskosten von Regenklärbecken häufig unterschätzt, wobei sie durch ihre zentrale Anordnung Vorteile aufweisen. Eine nachhaltige Planung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung muss auf alle Kostenfaktoren und auch auf die Bewertung von nicht monetären Aspekten eingehen.

Betrieb

Das 3P Hydrosystem wurde im Oktober 2009 in Betrieb genommen und ist demnach seit ca. einem Jahr im Einsatz. Die in dieser Zeit gewonnenen Erkenntnisse über die Betriebsaufwendungen der Anlage ermöglichen eine erste Einschätzung der Wiederholungshäufigkeiten für die Kontrolle, die Reinigung und die Wartung.

Die Betriebserfahrungen haben gezeigt, dass eine Inaugenscheinnahme der Anlage drei Mal pro Jahr erfolgen sollte, um die Funktionstüchtigkeit des Systems festzustellen.

Eine Reinigung des Schlammraumes und eine Spülung bzw. ein Austausch der Filter sollte gemäß der Angabe des Herstellers abhängig von der Belastung des Niederschlagswassers im Abstand von 1 bis 5 Jahren, bzw. bei einer Schlammspiegelhöhe von etwa 20 cm erfolgen. Nach bisherigem Kenntnisstand ist innerhalb des ersten Betriebsjahres keine Reinigung erforderlich.

Wartungsarbeiten, also Arbeiten die bau- oder maschinentechnisch zur Wiederherstellung der Funktionstüchtigkeit durchzuführen sind, waren bislang nicht erforderlich.

Eine erste Einschätzung der Standzeit des 3P Hydrosystems liegt bei mind. 12 Monaten, ein höherer Ansatz erscheint durchaus erreichbar.

Abb. 3: Blick in den eingebauten Filterschacht

Zusammenfassung

Die Erfahrungen in Königswinter mit dem Filterschacht 3P Hydrosystem der Firma 3P Filtertechnik GmbH zeigen, dass der Nachweis eines dauerhaften Betriebs durchaus gegeben sein kann. Das System erweist sich nach ca. einem Jahr störungsfreier Betriebsdauer als zuverlässig, unkompliziert und wartungsarm.

Die Baukosten für den Filterschacht sind grundsätzlich mit den Kosten eines Kontrollschachtes im Straßenraum vergleichbar.

Koch, A. (2010): Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen, erste Erfahrungen.- 11. Kölner Kanal und Kläranlagenkolloquium, 29. – 30.09.2010; Köln

Hydrosystem 1000 heavy traffic

Für die Behandlung von stark verschmutzten Straßenabflüssen

Langzeituntersuchung an einer stark befahrenen Bundesstraße (B75) in Hamburg Harburg

Untersuchung von zwei Hydrosystemen 1.000 heavy traffic von Dezember 2006 bis Dezember 2011 über fünf Jahre. An die Anlage sind etwa 2.300 m2 Straßenfläche angeschlossen.
Das Wasser läuft über einen Absetzschacht DN 2.500 in die Filteranlagen. Der Ablauf wird in ein Amphibienbiotop abgeschlagen.

Rückhalt an Feststoffen (AFS):	92 %
Rückhalt an Mineralöl (MKW):	86 %
Rückhalt an Kupfer:	85 %
Rückhalt an Zink:	87 %
Rückhalt an Blei:	88 %
Rückhalt an Pges:	81 %

Untersuchungsbericht

Ergebnisse des Betriebsjahres 2009

Untersuchungen einer Behandlungsanlage für Straßenabflüsse an der Bremer Straße in Hamburg-Harburg über einen Zeitraum von drei Jahren

11. Februar 2010

Verfasser: Dr.-Ing. C. Dierkes

3P Technik Filtersysteme GmbH, Öschstraße 14, 73072 Donzdorf

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 3
Ergebnisse der Beprobungen 3
Niederschlags- und Abflusssituation 3
Druckhöhen und Notüberläufe 4
Stoffrückhalt 6
Ausblick 8
Zusammenfassung 8

Einleitung

Der hier vorliegende Bericht ist eine Ergänzung des Berichts über die Anlage an der Bremer Straße in Hamburg-Harburg und beschreibt das Betriebsverhalten und den Rückhalt von Stoffen über das dritte Betriebsjahr 2009.

Ergebnisse der Beprobungen

Die Regenwasserbehandlungsanlage an der Bremer Straße wurde seit dem Einbau im Dezember 2006 durch eine händische Probenahme regelmäßig beprobt, um die Funktion und den Schadstoffrückhalt zu überwachen. Die Ergebnisse der ersten Jahre sind in einem Bericht aus dem Februar 2009 angegeben. Hier wird das Betriebsverhalten im dritten Jahr nach Inbetriebnahme geschildert. Die aktuellen Filterelemente sind jetzt seit zwei Jahren ohne Wartung in Betrieb.

Niederschlags- und Abflusssituation

Die Daten der Wetterstation Hamburg Fuhlsbüttel wurden zur Abschätzung der Niederschlagsmengen herangezogen, da sie im Internet frei verfügbar sind (www.wetteronline.de). Die Messstelle befindet sich zwar in einiger Entfernung in nördlicher Richtung von der Messstelle, die Tendenzen der Niederschläge dürften aber grundsätzlich übereinstimmen.

Da die Anlage am 06.12.2006 in Betrieb ging, werden die Niederschläge seit diesem Datum betrachtet. Die Monatssummen der Niederschläge sind in Abbildung 1 abgebildet. Dieser Bericht bezieht sich auf das komplette Betriebsjahr von Dezember 2008 bis Dezember 2009.

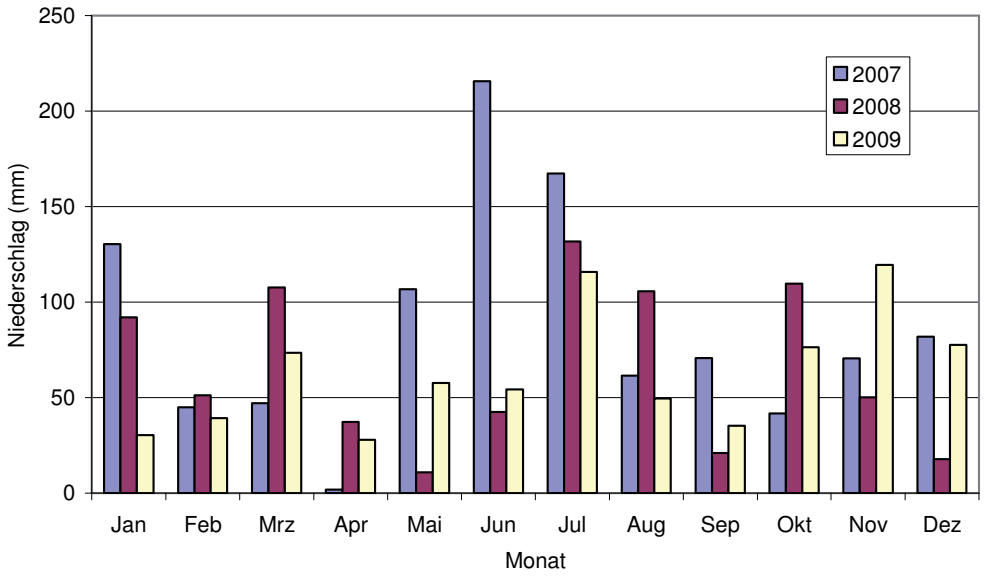


Abbildung 1: Monatsniederschläge in Hamburg von Januar 2007 bis Dezember 2009

Das Jahr 2009 weist mit 757 mm etwas geringere Niederschläge als die davor liegenden Jahre auf. Vor allem das erste Halbjahr ist trockener als die vorhergegangenen, dafür ist der Herbst 2009 deutlich nasser als der Herbst 2007 und 2008 (Abbildung 1).

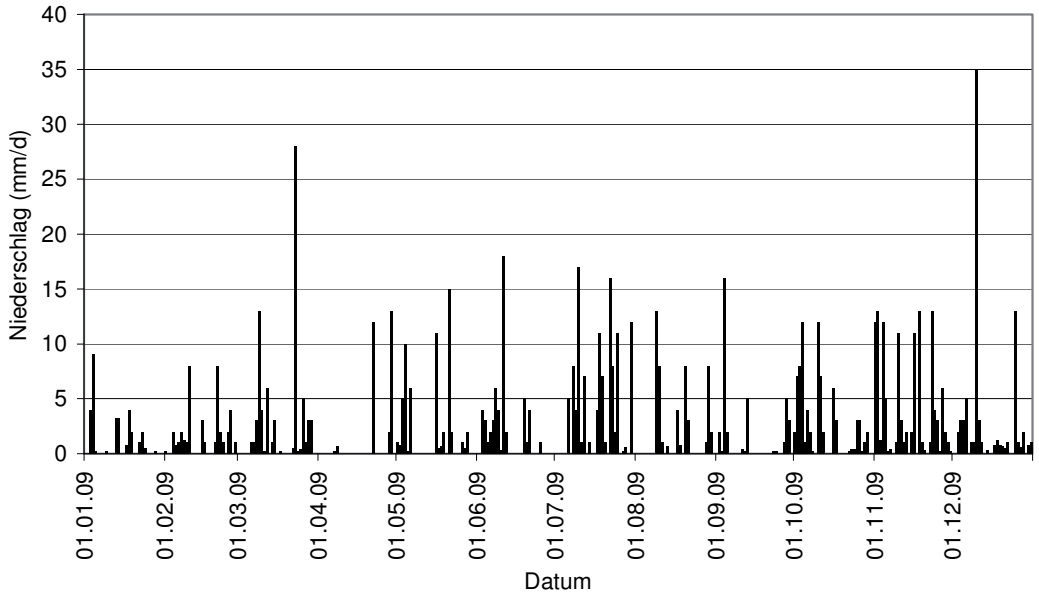


Abbildung 2: Tagesniederschläge über den Untersuchungszeitraum

Auch die Tagesniederschläge sind ausgeglichener. Der größte Tagesniederschlag im Dezember liegt bei lediglich 35 mm, in den Jahren zuvor wurden mehrfach fast 50 mm erreicht (Abbildung 2).

Für die Gesamtmenge an Wasser, die bis zum 31.12.2009 durch die Filteranlagen geflossen ist, bedeutet dies bei einer angeschlossenen Fläche von 2.300 m^2, dass ungefähr 5.400 m^3 Straßenabfluss bei einem angesetzten Abflussbeiwert von 0,9 in die Anlage gelangt sind. Davon fallen 1570 m^3 auf das Jahr 2009.

Druckhöhen und Notüberläufe

Auch 2009 wurden die Druckhöhen im System kontinuierlich aufgezeichnet, um die Notüberläufe festzustellen. Die Druckhöhen sind in Abbildung 3 dargestellt. Zweimal im Untersuchungszeitraum fiel die Batterie durch eine Korrosion an den Kontakten aus. Die Zeiträume sind im Diagramm wiedergegeben. 6 Überläufe wurden in der Messzeit detektiert, zwei davon erreichten allerdings gerade die Überlaufhöhe, hier ist nicht klar, ob es wirklich zu einem Überlauf gekommen ist. Die gemessene Überlaufdauer im Jahr 2009 beträgt 40 Minuten. Insgesamt beträgt die Gesamtdauer des Regenabflusses 2009 etwa 800 Stunden. Damit wurden mehr als 95 % der Jahresregenabflussmenge behandelt.

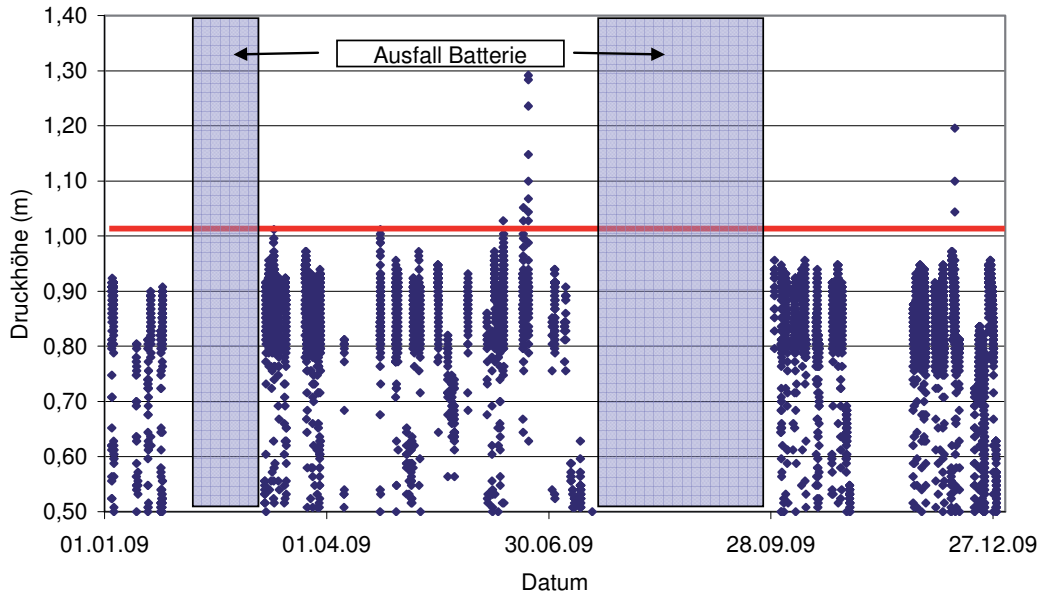


Abbildung 3: Druckhöhen im System über das Jahr 2009

Allerdings hat sich das Betriebsverhalten der Anlage im Vergleich der Jahre 2008 und 2009 deutlich verändert. Die Filter wurden trotz der extremen Bedingungen nach einem Jahr Betrieb nicht gespült. Lediglich die Schlammfänge wurden alle sechs Monate mit dem Absetzschacht zusammen entleert. Abbildung 4 zeigt die Druckhöhen im System in Bezug auf die Dauer des Regenablfusses.

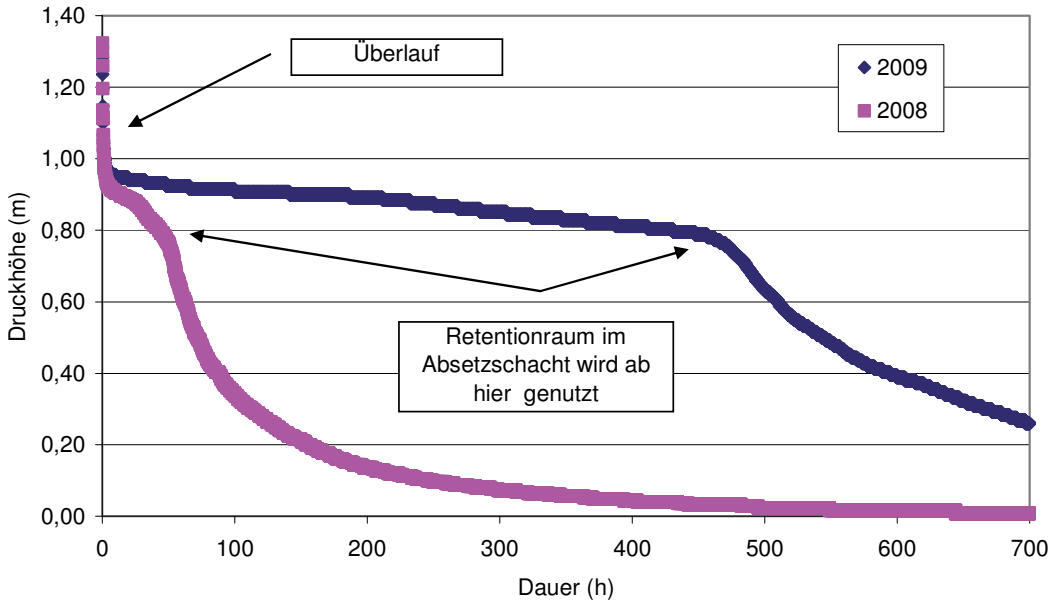


Abbildung 4: Betriebsverhalten im Vergleich zwischen 2008 und 2009

Hier kann man deutlich die abnehmende Durchlässigkeit des Filters erkennen. Ab einer Druckhöhe von 80 cm wird der Sedimentationsschacht mit eingestaut. Es wird also eine zusätzliche Retention genutzt. Dies war 2008 nur etwa 50 Stunden der Fall. 2009 war der Sedimentationsschacht etwa 450 Stunden als Retentionsvolumen in Betrieb.

Stoffrückhalt

Um Aussagen über den Stoffrückhalt zu treffen, wurden wie die Jahre zuvor in Abständen von ungefähr einem Monat bei Regenereignissen händisch Proben vom Zulauf und vom Ablauf der Anlage entnommen. Die Proben wurden mit Hilfe einer Tauchpumpe aus dem Verteilerschacht vor der Anlage und aus dem Wasser über dem Filter gepumpt.

Die Zulaufproben wurden aus dem Verteilerschacht und nicht aus dem Sedimentationsschacht entnommen, da vorrangig die Leistung der Filtersysteme untersucht werden sollte.

Die Parameter abfiltrierbare Stoffe (AFS) und die Schwermetalle Zink, Kupfer, Blei, Cadmium und die Kohlenwasserstoffe wurden analysiert. Abweichend zu den Beprobungen der Jahre 2007 und 2008 wurde statt ortho-Phosphat jetzt der Gesamt-Phosphorgehalt P_{ges} und statt des Ammonium wurde der Gesamt-Stickstoff N_{ges} bestimmt. Diese Entscheidung wurde getroffen, da diese Parameter im Ausland (vor allem in Australien und den USA) zur Bewertung von Regenwasserbehandlungsanlagen verwendet werden. Alle Messwerte des Jahre 2009 befinden sich in Anhang A. Für die früheren Messwerte sei auf den vorherigen Bericht verwiesen.

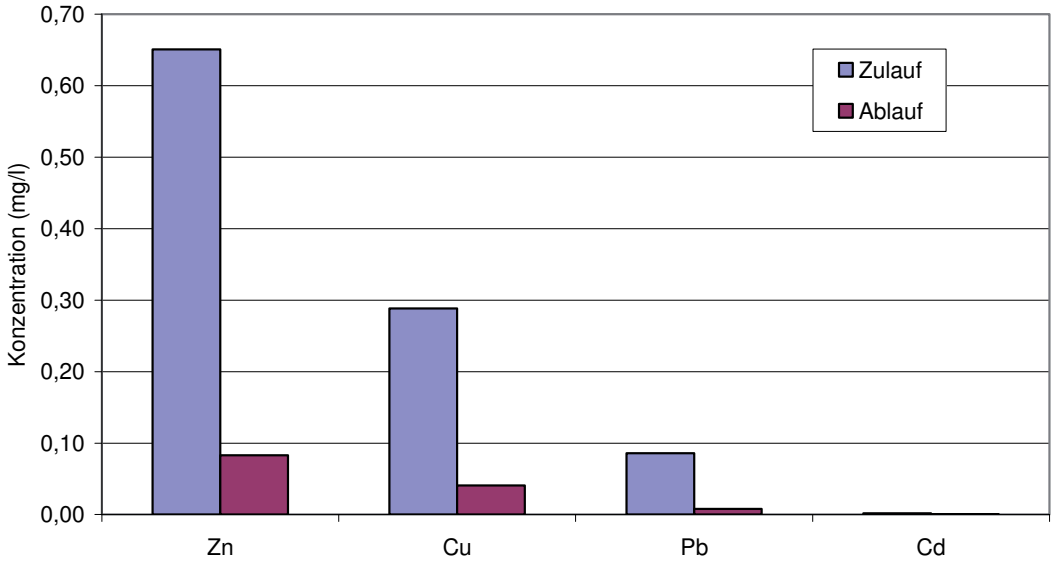


Abbildung 5: Mittlere Konzentrationen der Schwermetalle von Zulauf und Ablauf für das Jahr 2009

Abbildung 5 zeigt die mittleren Zulaufkonzentrationen und Ablaufkonzentrationen für die Schwermetalle. Beim Zink werden die Konzentrationen von 650 µg/l auf 80 µg/l reduziert. Damit sind die Werte mit den Vorjahren gut vergleichbar. Das gilt auch für Kupfer, Blei und Cadmium. Cadmium konnte im Ablauf nicht nachgewiesen werden.

In Abbildung 6 sind die Ergebnisse für Phosphor und Stickstoff sowie die Kohlenwasserstoffe dargestellt. Hier beträgt die Reduktion von P ähnlich der Reduktion von ortho-Phosphat der Vorjahre ungefähr 85 %. Der Gesamt-Stickstoff wird mit etwa 65 % reduziert. Bei den Kohlenwasserstoffen konnte der Zielwert von 0,2 mg/l eingehalten werden.

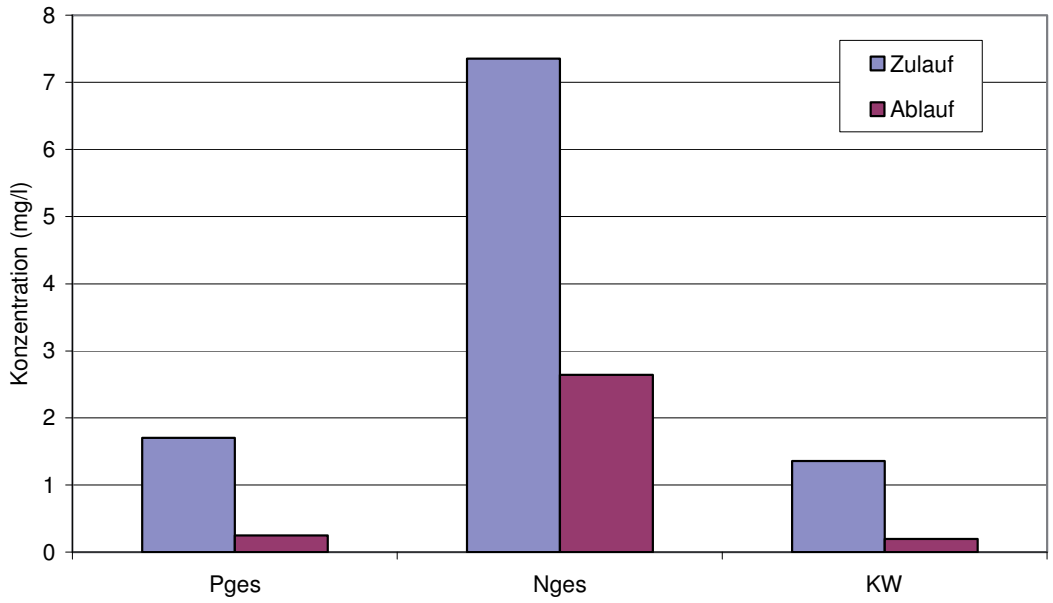


Abbildung 6: Zulauf- und Ablaufkonzentrationen von P, N und den Kohlenwasserstoffen

Einen Vergleich der Wirkungsgrade der Anlage für die drei Betriebsjahre zeigt die Abbildung 7. Die abfiltrierbaren Stoffe wurden mit etwa 92 % zurückgehalten. Für die Schwermetalle erkennt man eine konstante Reinigungsleistung über die drei Jahre zwischen 80 % und 90 %. Ortho-Phosphat und Gesamt-P wurden zu etwa 80 bis 85 % zurückgehalten. Während das Ammonium zu über 90 % entfernt wurde, beträgt der Rückhalt an Gesamt-N nur etwa 65 %. Das ist auf die nicht zu behandelnden Verbindungen wie Nitrat zurückzuführen. Der Kohlenwasserstoff-Rückhalt liegt bei etwa 90 %.

Die Ergebnisse der dreijährigen Beprobung der Regenwasserbehandlungsanlage zeigen, dass bis jetzt nahezu alle relevanten Stoffe in einem hohen Maße aus dem Straßenabfluss entfernt werden. Das Reinigungsergebnis zeigt sich über die drei Betriebsjahre sehr konstant.

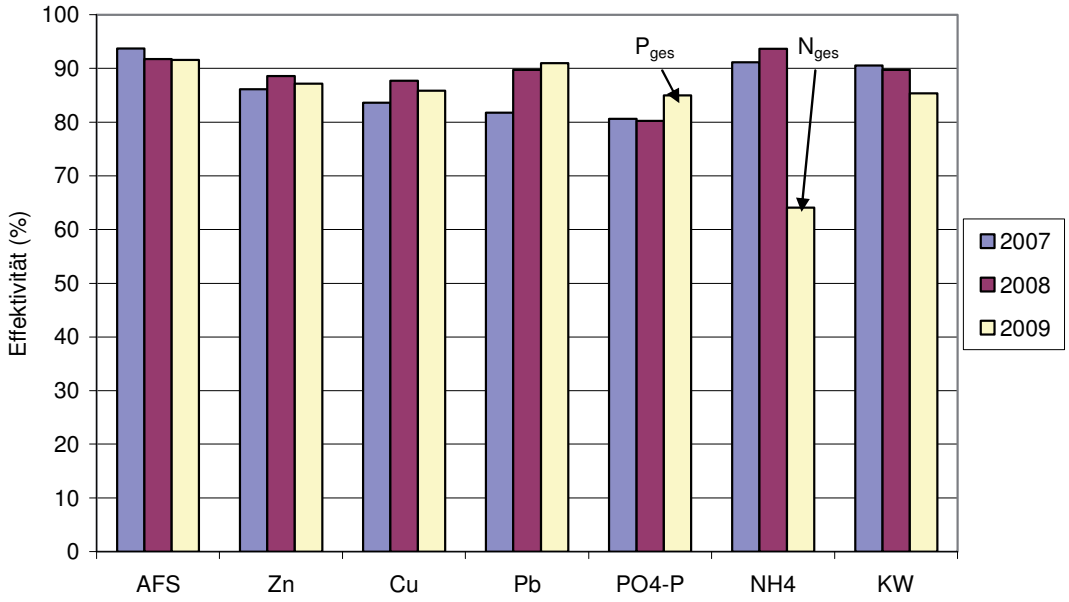


Abbildung 7: Wirkungsgrade der Anlage für die Jahre 2007, 2008 und 2009

Ausblick

Die Messungen und Beprobungen werden weiter durchgeführt. Nach dem Ende der Frostperiode im März/April 2010 werden zunächst die Filter vor Ort mit einem neuen Verfahren gespült um zu sehen, ob sich die Durchlässigkeit wieder herstellen lässt. Im Anschluss werden die Filterelemente dann gewechselt, da sie nach zwei Betriebsjahren unter diesen Bedingungen an die Kapazitätsgrenze kommen. Zukünftig werden die Spülungen einmal im Jahr durchgeführt. Die Schlammfänge werden weiterhin halbjährlich geleert.

Zusammenfassung

Seit dem Einbau der Filteranlagen an der B75 in Hamburg Harburg wurden über einen Zeitraum von drei Jahren in einem etwa einmonatigem Abstand Proben der Anlage bei Regenereignissen entnommen. Dabei wurde eine Menge von etwa 5.400 m^3 Wasser behandelt. Da im Gegensatz zur ursprünglichen Auslegung des Filtersystems mehr als das doppelte der undurchlässigen Fläche angeschlossen wurde, kam es 2009 zu etwa 4 bis 6 Regenereignissen, bei denen der interne Überlauf der Anlage einen Teilstrom an den Filtern vorbei führte (evtl. mehr durch einen temporären Ausfall der Messungen). Insgesamt wurden maximal 5 % der jährlich abfließenden Wassermenge so nicht über die Filter behandelt. Die Filter wurden über die letzten zwei Betriebsjahre absichtlich nicht gespült oder gereinigt. Lediglich die Schlammfänge wurden regelmäßig entleert.

Der Zulauf zum Filtersystem und der Ablauf wurden auf Feststoffe, Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe und Nährstoffe analysiert. Folgende Ergebnisse wurden dabei 2009 erzielt:

- Die abfiltrierbaren Stoffe werden um 92 % reduziert.
- Die konzentrationsbezogenen Wirkungsgrade für die Schwermetalle liegen zwischen 80 % und 90 %.
- P_{ges} wird zu etwa 85 % und N_{ges} zu 65 % aus dem Regenabfluss entfernt.
- Der Kohlenwasserstoffindex im Zulauf lag 2009 bei 1,4 mg/l und im Ablauf bei 0,2 mg/l.
- Die Zielkonzentrationen für das ablaufende Wasser, die soweit verfügbar den Prüfwerten der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung für den Pfad Boden-Grundwasser entnommen wurden, werden zurzeit ausnahmslos eingehalten, obwohl an die Anlage mehr als die doppelte Fläche angeschlossen ist, für die sie eigentlich ausgelegt wurde.

Positiv wirkt sich vor allem das flache Einzugsgebiet sowie ein gewisses Retentionsvolumen der Vorschächte und Rohrleitungen aus, die einen temporären Einstau des Wassers ermöglichen und so extreme Zulaufspitzen im Volumenstrom ausgleichen. Dies wurde im Jahr 2009 deutlich, da die Druckhöhen im System durch eine stärker werdende Kolmation der Filter ansteigen. Das wirkte sich aber noch nicht auf die Anzahl der Notüberläufe aus.

Eine jährliche Spülung der Filter scheint nach diesen Ergebnissen notwendig zu sein. Die Filter sollten unter diesen Bedingungen außerdem alle zwei Jahre gewechselt werden.

Die Anlage wird weiter beobachtet und beprobt, um die Entwicklung des Betriebsverhaltens weiter zu verfolgen.

Anhang A: Messwerte

Datum	AFS mg/l	Zn mg/l	Cu mg/l	Pb mg/l	Cd mg/l	P_{ges} mg/l	N_{ges} mg/l	KW mg/l
Zulauf								
12.01.2009	346	0,26	0,087	0,025	0,0007	0,22	2,10	0,6
12.02.2009	224	0,62	0,340	0,067	< 0,002	1,10	0,61	0,1
30.03.2009	136	0,11	0,035	< 0,005	< 0,0005	< 0,3	4,60	4,7
27.04.2009	545	0,14	0,057	< 0,01	< 0,0005	< 0,3	8,10	0,7
28.05.2009	37	4,30	2,300	0,510	0,0043	7,80	26,00	0,1
23.06.2009	234	0,20	0,089	0,024	< 0,0005	0,36	8,50	0,8
23.07.2009	576	0,06	0,028	0,005	< 0,0005	< 0,3	2,20	0,2
27.08.2009	213	0,95	0,049	0,098	0,001	1,80	15,00	5,0
25.09.2009	67	0,13	0,055	0,011	< 0,0005	0,81	8,40	0,1
27.10.2009	156	0,25	0,078	0,019	< 0,0005	0,70	4,20	1,3
27.11.2009	617	0,14	0,054	0,014	< 0,0005	0,84	1,20	< 0,2
Ablauf								[2]
12.01.2009	24	0,27	0,110	0,030	< 0,0005	0,39	2,00	0,9
12.02.2009	12,5	0,09	0,045	0,012	< 0,0005	< 0,3	0,60	0,1
30.03.2009	36	0,11	0,037	< 0,005	< 0,0005	< 0,3	4,00	0,5
27.04.2009	12,5	0,20	0,100	0,021	< 0,0005	0,53	5,30	0,1
28.05.2009	27	0,03	0,019	< 0,005	< 0,0005	0,42	2,80	0,1
23.06.2009	54	0,03	0,008	< 0,005	< 0,0005	< 0,3	1,30	0,1
23.07.2009	12,5	0,03	0,019	< 0,005	< 0,0005	< 0,3	1,80	0,1
27.08.2009	34	0,05	0,042	0,005	< 0,0005	< 0,3	5,00	0,2
25.09.2009	27	0,00	0,020	< 0,005	< 0,0005	< 0,3	3,10	0,0
27.10.2009	12,5	0,07	0,029	0,006	< 0,0005	0,06	2,90	0,2
27.11.2009	12,5	0,03	0,019	< 0,005	< 0,0005	0,44	0,25	0,1
Mittelwerte								
Mittelwert Zulauf	286	0,65	0,288	0,086	0,002	1,70	7,36	1,4
Mittelwert Ablauf	24	0,08	0,041	0,015	< 0,0005	0,37	2,64	0,2
Wirkungsgrad	92	87	86	91	-	85	64	85

Hydrosystem 1000 heavy traffic

Prüfungen Fachhochschule Münster Prof. Dr. Uhl

Für die Behandlung von Regenabflüssen im Trennsystem

Untersuchung von Regenwasserbehandlungsanlagen im Vergleich.

Laborversuche mit Tracern und Feststoffen (AFS) zur Verbesserung von Prüfverfahren. Untersucht wurde die Wirkung der Anlage über den gesamten hydraulischen Einsatzbereich bei variierenden Zulaufkonzentrationen. Eine Leistungsdiagnostik wurde entwickelt.

Rückhalt an Feststoffen (AFS) im Mittel: 93 %
Rückhalt an Feststoffen bei niedrigen Regenspenden: ≥ 90 %
Rückhalt an Feststoffen bei hohen Regenspenden (270 l/(sxha)) ≥ 48 %

Fachhochschule
Münster University of
Applied Sciences

Durchströmungsverhalten und Feststoffrückhalt der Anlage Hydrosystem

Auszug aus dem Schlussbericht:

Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren

August 2010

Fachbereich Bauingenieurwesen
Prof. Dr.-Ing. M. Uhl
Christian Maus, M.Sc.
Corrensstraße 25
48149 Münster

LWW
Labor für
Wasserbau und
Wasserwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis ..... **IV**

Abbildungsverzeichnis ..... **IV**

1 Einleitung **1**

2 Material und Methoden **1**

2.1 Beschreibung der Anlagen 1

2.2 Versuchsstand 2

2.3 Versuchsplan 3

2.4 Auswerteverfahren und Berechnungsgrößen 7

2.4.1 Verweilzeitverteilung 7

2.4.2 Beurteilung des Feststoffrückhalts 9

2.4.3 Modell zur Beschreibung der Sedimentationsleistung 12

3 Ergebnisse und Diskussion **14**

3.1.1 Hydraulische Leistungsfähigkeit 14

3.2 Verweilzeitverteilung 14

3.3 Feststoffrückhalt bei Versuchssetup 1 17

3.3.1 Frachtbilanzierung 17

3.3.2 Reproduzierbarkeit 17

3.3.3 Korngrößenverteilung 17

3.3.4 Remobilisierung 18

3.3.5 Konzentrationseinfluss 18

3.3.6 Versuchspausen 18

3.3.7 Einbaumängel 18

3.4 Feststoffrückhalt bei Versuchssetup 2 21

3.4.1 Wirkungsgrad 21

3.4.2 Trenngrad 21

3.4.3 Trennhazenzahl 22

4 Zusammenfassung **24**

5 Literaturverzeichnis **25**

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Ausgewählte Anlagenvarianten	2
Tabelle 3-2:	Übersicht der Versuche	4
Tabelle 3-3:	Zugrunde gelegte Größe der Entwässerungsflächen und hydraulische Belastung in Versuchssetup 1	5
Tabelle 3-4:	Untersuchungen an einzelnen Anlagenvarianten	6
Tabelle 3-5:	Indikatoren zur Charakterisierung der Verweilzeitverteilung	9
Tabelle 3-6:	Stoffdaten des MILLISIL-Mehls W4 nach Herstellerangaben	10
Tabelle 3-7:	Ergebnisse der Frachtbilanzierung	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Aufbau Hydrosystem	2
Abbildung 3-4:	Schematischer Aufbau des Versuchsstandes	3
Abbildung 3-5:	Gewichtete Verteilungsdichte des Aufgabegutes $q_{r,s}(x)$ sowie der feinen $\nu_{r,f}$ $q_{r,f}(x)$ und der groben Fraktion $\nu_{r,c}$ $q_{r,c}(x)$ eines Trennprozesses	11
Abbildung 3-6:	Trenngradkurve	12
Abbildung 3-7:	Verweilzeitdichteverteilung	16
Abbildung 3-8:	10%-Perzentil der Verweilzeitverteilung	16
Abbildung 3-9:	50%-Perzentil der Verweilzeitverteilung	16
Abbildung 3-10:	Differenz des 75% und 25% Perzentils der Verweilzeit-verteilung	16
Abbildung 3-11:	Gegenüberstellung der Frachtbilanzen aus Versuchssetup 1	19
Abbildung 3-12:	Reproduzierbarkeitsversuche	19
Abbildung 3-13:	Korngrößenverteilung des Referenzmaterials Millisil W4 im Zu- und Ablauf	19
Abbildung 3-14:	Remobilisierung	20
Abbildung 3-15:	Einfluss der Konzentration	20
Abbildung 3-16:	Absetzbarkeit des Millisil W4 im Imhoftrichter abhängig von der Absetzzeit	20
Abbildung 3-17:	Veränderung des -Wirkungsgrads über die Versuchsdauer	23
Abbildung 3-18:	Wirkungsgrad der Anlage unter stationären Versuchsbedingungen	23
Abbildung 3-19:	Trenngradkurven	23
Abbildung 3-20:	Reinigungsleistung der Anlage	23

1 Einleitung

Im Rahmen des Projekts „Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren“ wurden Vortests an dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen zur Ableitung und Absicherung von Vorgaben für ein allgemein gültiges Prüfverfahren für diese Anlagen durchgeführt.

Derzeit werden verschiedene dezentrale Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser in unterschiedlicher Baugröße angeboten, wobei die Bauweise und das verfahrenstechnische Prinzip oftmals gleich sind. Die Anlagen lassen sich wie folgt gruppieren:

- Sedimentationsrohr, Sedimentationsschacht, Hydrozyklon
- integrierte Filtration, nachgeschaltete Filtration

Zur praxisgerechten Ausgestaltung des Prüfverfahrens war zu klären, inwiefern die unterschiedlichen Baugrößen die klärtechnische Leistung signifikant beeinflussen. Hierzu wurden Vortests an einer Auswahl von Anlagen im Maßstab 1:1 durchgeführt. Im Rahmen der Vortests wurden folgende Punkte untersucht:

- Durchströmungsverhalten, Aufenthaltszeit und Partikelrückhalt der Anlagen
- Relevanz der Remobilisierung partikulärer Stoffe aus dem Stoffdepot der Anlagen im Verlauf von Maximalbelastungen
- Auswirkung typischer Einbaumängel auf das Durchströmungsverhalten
- Erfordernis der gesonderter Prüfungen unterschiedlicher Baugrößen eines Anlagentyps

Der vorliegende Bericht fasst die Untersuchungen an der Anlage Hydrosystem der Firma 3P Technik Filtersysteme GmbH zusammen.

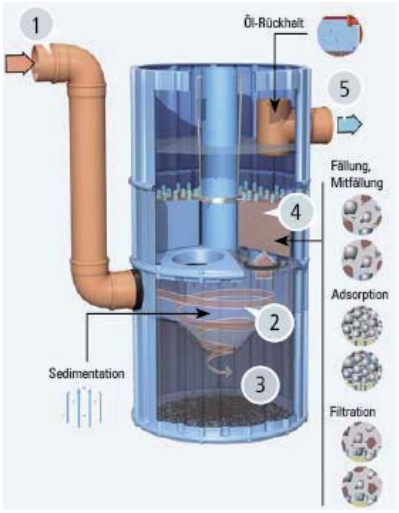
Das Gesamtprojekt wurde mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

2 Material und Methoden

Im Folgenden werden die untersuchten Anlagen und der Aufbau des Versuchsstands erläutert. Anschließend wird der Versuchsplan vorgestellt und danach die eingesetzten Verfahren und Berechnungsgrößen beschrieben.

2.1 Beschreibung der Anlagen

Das **Hydrosystem** der Firma 3P Technik Filtersysteme GmbH besteht aus einem hydrodynamischen Abscheider, in dem Feststoffe durch Sedimentation zurückgehalten werden. Diesem nachgeschaltet befindet sich ein Filter in der Anlage, mit dem eine weitergehende Reinigung durch Filtration, Fällung, und Adsorption erreicht werden soll. Die untersuchten Anlagenvarianten sind mit ihren geometrischen Abmessungen in Tabelle 2-1 aufgeführt.



(3P TECHNIK [2009])

Abbildung 2-1: Aufbau Hydrosystem

Tabelle 2-1: Ausgewählte Anlagenvarianten

Anlage		Abmessungen + Einbauten	anschließbare Fläche [m²]
3P Technik Hydrosystem	400 heavy traffic (HS 400)	Durchmesser 0,4 m Höhe 0,8 m	100
	1000 heavy traffic (HS 1000)	Durchmesser 1,0 m Höhe 2 m	500

2.2 Versuchsstand

Die dezentralen Behandlungsanlagen werden gemäß den Herstellerangaben im Versuchsstand aufgebaut (Abbildung 2-2). Die Beschickung der Anlagen erfolgt mit Kreiselpumpen aus einem bis zu 32 m² fassenden Speicher mit feststofffreiem Trinkwasser. Für die Durchflussmessung stehen zwei MIDs (Promag 50W DN25 und 53W DN150, Firma Endress und Hauser) zur Verfügung. Die Förderleistung der Pumpen wird ab einem Durchfluss von 4 l/s über Frequenzumrichter automatisch geregelt. Kleinere Durchflüsse werden manuell durch einen Schieber eingestellt.

In die Zulaufleitung zur Anlage kann mit Hilfe einer volumetrisch arbeitenden Feststoffdosierschnecke (Typ K-MV-KT20, Firma K-TRON Deutschland GmbH) Prüfmehl dosiert werden. Die gewünschte Feststoffkonzentration im Zulauf wird über die Förderleistung der Dosierschnecke eingestellt. An derselben Stelle erfolgt die Zugabe von gelöstem Tracer. Vor der zu untersuchenden Behandlungsanlage kann die Durchmischung des Prüfmehls und Tracers in einem Sichtrohr kontrolliert werden. Um eine möglichst gleichmäßige und gerichtete Strömung zu erzielen, wird die unmittelbare Zulaufleitung mindestens auf einer Strecke von 1 m von Richtungsänderungen freigehalten.

Direkt im Ablauf der Behandlungsanlagen erfolgt an einer gut durchmischten Stelle die Probenahme für die Feststoffuntersuchung und Tracermessung. Zur Verringerung des Wasserbedarfs kann über einen Schieberschacht feststofffreies Wasser im Kreis gepumpt werden bzw. belastetes Wasser entsorgt werden.

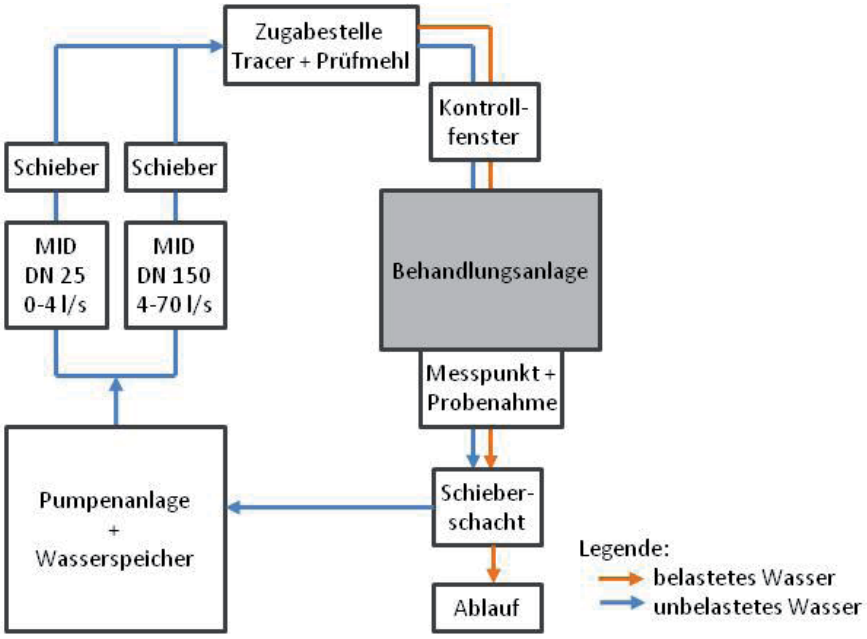


Abbildung 2-2: Schematischer Aufbau des Versuchsstandes

2.3 Versuchsplan

Die Versuche (Tabelle 2-2) werden in zwei Versuchssetups eingeteilt. Das Versuchssetup 1 (Prüfverfahren) basiert auf dem Jahresfrachtkonzept des DIBt-Prüfverfahrens für wasserdurchlässige Flächenbeläge. Im Versuchssetup 2 (Hydrodynamik) wird unter stationären Bedingungen die Wirksamkeit der Anlagen systematisch untersucht.

Tabelle 2-2: Übersicht der Versuche

	Versuch Nr.	hydraulische Belastung	Konzentration [mg/l]	Dauer	Bemerkung
Versuchssetup 1 Prüfverfahren	1.1	6 l/(s*ha)	2315	90 min	
	1.2.1	25 l/(s*ha)	232	30 min	Einfluss der Konzentration
	1.2.2	25 l/(s*ha)	1153	30 min	
	1.2.3	25 l/(s*ha)	2315	48 min	
	1.3	100 l/(s*ha)	-	15 min	Remobilisierung
	1.4	6 l/(s*ha)	2315	90 min	Reproduzierbarkeit
	1.5				Einbaumängel
Versuchssetup 2 Hydrodynamik	2.1	0,1 * Q_{max}	500	2*V/Q	
	2.2	0,2 * Q_{max}	500	2*V/Q	
	2.3	0,3 * Q_{max}	500	2*V/Q	
	2.4	0,4 * Q_{max}	500	2*V/Q	
	2.5	0,5 * Q_{max}	500	2*V/Q	
	2.6	0,6 * Q_{max}	500	2*V/Q	
	2.7	0,7 * Q_{max}	500	2*V/Q	
	2.8	0,8 * Q_{max}	500	2*V/Q	
	2.9	0,9 * Q_{max}	500	2*V/Q	
	2.10	1,0 * Q_{max}	500	2*V/Q	

Versuchssetup 1: Prüfverfahren

Im Rahmen dieses Vorhabens wird das Jahresfrachtkonzept des DIBt-Prüfverfahrens leicht modifiziert angewandt. Die Anlagen werden nur in zwei hydraulischen Belastungsstufen mit dem Prüfmehl beschickt. Die Prüfdauer ist gegenüber dem Ursprungskonzept etwas verkürzt. Die Anlagen werden zwischen den Beschickungseinheiten nicht gereinigt. Im Anschluss an die Feststoffbeschickungen findet ein Remobilisierungsversuch mit einer erhöhten hydraulischen Belastung statt. Neben der Leistungsfähigkeit der Anlagen sollen in den Versuchen der Einfluss unterschiedlicher Feststoffkonzentrationen im Zulauf und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse untersucht werden.

Versuch Nr. 1.1
Die Anlagen werden mit einer Regenspende von 6 l/(s*ha) beschickt. Die zugrunde gelegten Größen der Entwässerungsfläche und die resultierenden Durchflüsse für die Anlagen sind in Tabelle 2-3 aufgeführt. Die Konzentration des Prüfmehls im Zulauf der Anlage beträgt 2315 mg/l. Im Ablauf der Anlage werden Proben zur Analyse des nicht zurückgehaltenen Prüfmehls entnommen. Nach Beginn der Beschickung erfolgt die erste Probenahme, wenn das Anlagenvolumen theoretisch einmal durch den Anlagenzufluss ausgetauscht wurde. Die gesamte Versuchsdauer beträgt 90 min.

Versuch Nr. 1.2.1 - 1.2.3
Analog zu Versuch 1.1 wird für eine Regenspende von 25 l/(s*ha) der Feststoffrückhalt untersucht. Die Anlagen werden vor den Versuchen nicht gereinigt und es findet kein Austausch des aus dem vorherigen Versuch verbliebenen Wassers statt. Die Versuche 1.2.1 und 1.2.2 weisen eine geringere Konzentration des Prüfmehls auf als in Versuch 1.2.3, um zu klären, ob die Feststoffkonzentration einen Einfluss auf den Feststoffrückhalt hat. Die Versuchsdauer beträgt 48 min bzw. 30 min.

Versuch Nr. 1.3
Das in den vorherigen Versuchen abgelagerte Material wird einem Remobilisierungsversuch analog zum DIBt-Prüfverfahren unterzogen. Die hydraulische Belastung der Anlagen entspricht einer Regenspende von 100 l/(s*ha). Gegebenenfalls kann nach diesem Versuch die hydraulische Belastung der Anlage weiter erhöht werden, um das Anlagenverhalten auch unter extremen Belastungen zu untersuchen.

Versuch Nr. 1.4
An ausgewählten Anlagen wird die Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse des Versuchs Nr. 1.1 überprüft. Die Anlage wird dazu vor dem Versuch gereinigt, um die gleichen Randbedingungen wie in Versuch Nr. 1.1 einhalten zu können.

Versuch Nr. 1.5
Soweit bekannt, werden Auswirkungen möglicher Einbaumängel der Anlagen auf das Durchströmungs- und Absetzverhalten explorativ untersucht.

Tabelle 2-3: Zugrunde gelegte Größe der Entwässerungsflächen und hydraulische Belastung in Versuchssetup 1

Anlage		Fläche [m²]	Anlagen-volumen [l]	spez. Volumen [m³/ha]	Durchfluss bei Regenspende 6 l/(s*ha) [l/s]	25 l/(s*ha) [l/s]	100 l/(s*ha) [l/s]
3P Technik	HS 400	100	44*	4,4	0,06	0,25	1,0
	HS 1000	500	700*	14	0,30	1,25	5,0

*ohne Schlammauffangraum

Versuchssetup 2: Hydrodynamik

Im Versuchssetup 2 wird der funktionale Zusammenhang zwischen der hydraulischen Belastung und dem Wirkungsgrad ermittelt. Bei den Versuchen wird schrittweise die hydraulische Belastung der Anlagen in 10%-Schritten vom Maximaldurchfluss gesteigert. Der Maximaldurchfluss wurde durch Vorversuche festgelegt. Als limitierende Faktoren sind zum einen die Leistungsfähigkeit des Versuchsstandes zu nennen und zum anderen die tolerierbare Druckhöhendifferenz im Zu- und Ablauf der Anlagen.

Bei allen Versuchen zur Untersuchung des Feststoffrückhalts beträgt die Konzentration des Prüfmehls im Zulauf 500 mg/l. Dies ist ca. das 2-fache des oberen Quartils aus bisher gemessenen Konzentrationen in der Trennkanalisation (BROMBACH/FUCHS [2002]). Die Mindestversuchsdauer wird auf das 2-fache der hydrodynamischen Verweilzeit $\tau = V/Q$ festgelegt. Während der Versuche werden mehrere, zeitlich versetzte Proben genommen. Die Proben werden auf ihren AFS-Gehalt und der Korngrößenverteilung hin untersucht. Nach jedem Einzelversuch wird die Anlage gesäubert. Für jede hydraulische Belastungsstufe wird das Durchströmungsverhalten integral mit einem Tracerversuch erfasst.

Aufgrund der Anzahl der Anlagenvarianten wird das oben beschriebene Versuchsprogamm nicht für alle Anlagen komplett durchgeführt. Die durchgeführten Versuche sind in Tabelle 2-4 grau hinterlegt.

Tabelle 2-4: Untersuchungen an einzelnen Anlagenvarianten

	Versuch Nr.	3P Technik HS 400	3P Technik HS 1000
Versuchssetup 1 Prüfverfahren	1.1		
	1.2.1		
	1.2.2		
	1.2.3		
	1.3		
	1.4		
	1.5		
Versuchssetup 2 Hydrodynamik	2.1		
	2.2		
	2.3		
	2.4		
	2.5		
	2.6		
	2.7		
	2.8		
	2.9		
	2.10		

2.4 Auswerteverfahren und Berechnungsgrößen

2.4.1 Verweilzeitverteilung

Messtechnik

Das Durchströmungsverhalten der Anlage wird mit Hilfe von Tracerversuchen analysiert. Eingesetzt wird der Fluoreszenztracer Uranin. Bei Versuchsbeginn wird dazu eine definierte Tracermasse impulsartig in den Zulauf der zu untersuchenden Anlage gegeben. Im Ablauf sowie zur Kontrolle im Zulauf wird die Konzentration des Tracers kontinuierlich mit einem Lichtleiterfluorometer (Typ MKT-2, Sommer Mess-Systemtechnik, Koblach/Österreich) in situ gemessen. Das Lichtleiterfluorometer ist mit Anregungs- und Emissionsfiltern für die Uranindetektion ausgestattet und verfügt über zwei faseroptische Sonden, die jeweils über ein Lichtleiterkabel mit dem Gerät verbunden sind.

Methodik der Verweilzeitverteilung

Tracerganglinien können für stationäre und instationäre Verhältnisse mit Hilfe der Methodik der Verweilzeitverteilung ausgewertet werden (WERNER/KADLEC [1995]). Um die Verweilzeitverteilungen unterschiedlich großer Anlagenvolumina und hydraulischer Belastungen vergleichbar gegenüberzustellen, ist eine dimensionslose Darstellung der Konzentration und der Zeit erforderlich. Die normierte Konzentration C´ wird wie folgt berechnet:

$$C' = \frac{C}{M/V_R}$$

mit

C´	normierte Konzentration [-]
C	gemessene Konzentration des Tracers im Ablauf [mg/l]
M	Einspeisemasse Tracer [mg]
V_R	Reaktorvolumen [l]

In begründeten Fällen wird statt der Einspeisemasse M die wiedergefundene Tracermasse im Ablauf verwendet. Dies ist der Fall beim Hydrosystem, da aufgrund der sorptiven Eigenschaften des Substrats ein Teil des Tracers dauerhaft zurückgehalten wird. Ausgewertet werden Versuche, die eine Wiederfindungsrate von über 70% der zugefügten Tracermasse aufweisen. Bei sehr kleinen Durchflüssen, die eine lange Kontaktzeit des Tracers mit dem Substrat ermöglichen, sinkt die Wiederfindungsrate unter 70%. Diese Versuche werden bei der späteren Auswertung nicht berücksichtigt.

Die Zeit wird als durchflussgewichtete Zeit dargestellt. Diese normierte Darstellung der Zeit entspricht der aktuellen theoretischen Austauschrate des Reaktorvolumens unter Annahme einer idealen Pfropfenströmung. Zuerst wird dazu das Volumen V_{Aus}, das seit dem Beginn der Tracereinspeisung die Anlage verlassen hat unter Berücksichtigung des Durchflusses Q berechnet.

$$V_{Aus}(t) = \int_0^t Q(t) \cdot d(t)$$

mit

V_{Aus}	Abflussvolumen seit Tracereinspeisung [l]
t	Zeit seit Tracereinspeisung [s]
Q	Durchfluss [l/s]

Mit Hilfe von V_{aus} kann die dimensionslose durchflussgewichtete Zeit Φ berechnet werden:

$$\phi = V_{Aus} / V_R \qquad \text{und} \qquad d\phi = dV_{Aus} / V_R$$

Die entsprechende Verweilzeitverteilung unter Verwendung der normierten Konzentration C´ ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$C'(\phi) = \frac{C(\phi)}{M / V_R}$$

Durch Integration der Verweilzeitverteilungsfunktion C´(Φ) kann die Verweilzeitsummenfunktion (Übergangsfunktion) F(Φ) berechnet werden. Die Verweilzeitsummenfunktion gibt den Bruchteil der zu Versuchsbeginn eingebrachten Markierungssubstanz an, die die Anlage zu einer bestimmten Zeit wieder verlassen hat.

$$F(\phi) = \int_0^\phi C'(\phi) \cdot d\phi$$

Strömungsindikatoren

Tracerganglinien und die darauf basierenden Verweilzeitverteilungen lassen sich durch charakteristische Parameter beschreiben, die als Strömungsindikatoren bezeichnet werden und in STAMOU/ADAMS [1988] ausführlich beschrieben sind. Die in Tabelle 2-5 aufgeführten Indikatoren werden aus der Verweilzeitsummenfunktion F(Φ) ermittelt. So entspricht z.B. der Indikatorwert Φ_{10} gleich der durchflussgewichtete Zeit Φ bei der F(Φ) = 0,10 ist. Dies ist der Zeitpunkt, ausgedrückt als durchflussgewichtete Zeit, bei dem 10% der impulsartig zugefügten Tracermasse eine Anlage wieder verlassen hat.

Die ideale Durchströmung der Anlagen stellt in der Regel die Pfropfenströmung dar, die eine gleichmäßige und gerichtete Strömung aufweist. Strömungsindikatoren aus Traceruntersuchungen an realen Anlagen können mit den Werten des idealisierten Stofftransportmodells verglichen werden. Damit wird eine graduelle Einordnung der untersuchten Anlagen möglich.

Die Indikatoren werden drei verschiedene Strömungscharakteristika zugeordnet (Tabelle 2-5). Kurzschlussströmungen sind ein Indiz für ungünstige Anordnungen des Zu- und Ablaufes. Ein Teil des Tracers wird dabei sehr schnell auf kurzer Fließstrecke durch die Anlage geleitet. Bei einer für die Sedimentation gewünschten idealen Pfropfenströmung nimmt Φ_{10} den Wert 1 an. Liegt hingegen ein direkter Kurzschluss des Zu- und Ablaufs vor, infolgedessen das Anlagenvolumen nicht durchströmt wird, strebt Φ_{10} gegen 0. Ebenso führt eine starke

Durchmischung des Zulaufs mit dem bereits vorhandenen Anlageninhalt zu niedrigen Werte von Φ_{10}.

Die Parameter der hydraulischen Effizienz (Tabelle 2-5) können zur Abschätzung, des Anteils der nicht oder nur gering durchströmten Beckenbereiche verwendet werden. Im Falle einer idealen Pfropfenströmung werden alle Anlagenbereiche gleichmäßig durchströmt. Der Parameter Φ_{50} weist für diese Verhältnisse einen Wert von 1 auf. Die hydraulische Effizienz der Anlage kann durch Toträume reduziert werden, die den durchströmten Querschnitt der Anlage verringern. Dieses Systemverhalten kann durch einen niedrigen Indikatorwerte Φ_{50} erkannt werden.

Die Rückvermischung (Tabelle 2-5) beschreibt die Mischungsvorgänge infolge von Dispersions- und Diffusionsprozessen. Liegt im idealen Fall der Pfropfenströmung keine Rückvermischung vor, nimmt der Indikator $\Phi_{75} - \Phi_{25}$ den Wert 0 an. Niedrige Werte können auch durch ausgeprägte Kurzschlussströmungen verursacht werden. Mit zunehmender Dispersion steigt der Indikatorwert an.

Tabelle 2-5: Indikatoren zur Charakterisierung der Verweilzeitverteilung

Indikator		Erläuterung
Kurzschluss-strömung	Φ_{10}	Verweilzeit bis zum Austrag von 10% des Tracers aus der Anlage
Hydraulische Effizienz	Φ_{50}	Verweilzeit bis zum Austrag von 50% des Tracers aus der Anlage
Rückvermischung (Dispersion)	$\Phi_{75} - \Phi_{25}$	Verweilzeit zwischen dem Austrag von 25% und 75% des Tracers aus der Anlage

2.4.2 Beurteilung des Feststoffrückhalts

Für die Untersuchung des Feststoffrückhalts der Anlagen wird das Quarzmehl MILLISIL W4 der Quarzwerke GmbH aus Frechen eingesetzt. Die Herstellerangaben der physikalischen und chemischen Eigenschaften sind in Tabelle 2-6 zusammengefasst.

Zur Bestimmung des Feststoffrückhalts und der Korngrößenverteilung werden Wasserproben in Abhängigkeit von der hydrodynamischen Verweilzeit entnommen. Die Proben werden mittels Schöpfproben aus dem gut durchmischten Ablaufstrom entnommen. Eingesetzt werden 1l-Glasweithalsflaschen. Zu jeder Probenahmezeit werden zwei Teilproben entnommen.

Für die erste Teilprobe wird die Konzentration der AFS nach DIN 38409-2 [1987] ermittelt. Die Porenweite des eingesetzten Membranfilters beträgt 0,45 µm. Die zweite Teilprobe dient zur Analyse der Korngrößenverteilung.

Tabelle 2-6: Stoffdaten des MILLISIL-Mehls W4 nach Herstellerangaben

MILLISIL W4	**physikalische Eigenschaften**
Dichte (DIN EN ISO 787-10)	2,65 g/ml
pH-Wert (DIN ISO 10390)	7
Härte nach Mohs	7
Schüttdichte	1,3 g/cm³
Spez. Oberfläche (Blaine DIN 66126-2)	1300 cm²/g
	chemische Analyse (Gew.-%)
SiO_2	99
Al_2O_3	0,3
Fe_2O_3	0,05
CaO + MgO	0,1
$Na_2O + K_20$	0,2
Glühverlust 1000°C (DIN EN ISO 3262-1)	0,25
Feuchtigkeit (DIN ISO 787-2) (werkfrische Ware)	0,1

Wirkungsgrad für den Parameter AFS

Der Wirkungsgrad der Anlagen für AFS wird getrennt für jeden Probenahmezeitpunkt als konzentrationsbezogener Wirkungsgrad berechnet.

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

mit

$\eta_{c,AFS}$ Konzentrationswirkungsgrad für AFS [-]

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

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

Frachtbilanzierung

Eine Frachtbilanzierung wird unter Berücksichtigung der Versuche 1.1, 1.2.1 und 1.3 aus Versuchssetup 1 durchgeführt. Für jede Prüfregenspende wird eine zeitlich gemittelt Ablaufkonzentrationen aus den gemessenen Konzentrationen berechnet. Bei Versuch 1.1 wird eine einheitliche Prüfdauer von 200 min gemäß Jahresfrachtkonzept des DIBt-Prüfverfahrens berücksichtigt. Über die Zu- und Ablaufkonzentration und das während der jeweiligen Prüfregenspende durch die Anlage geflossene Volumen werden die Zu- und Ablauffracht berechnet. Der frachtbezogenen Wirkungsgrad der Anlagen ergibt sich aus der Summe der Ablauffrachten im Verhältnis zur Summe der Zulauffrachten

Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung wird mit Hilfe eines Bildanalyseverfahrens ermittelt. Eingesetzt wird das EyeTech-System der Firma Ankersmid GmbH. Das System kann in der eingesetz-

ten Konfiguration Korngrößen zwischen 2 und 600 µm bestimmen. Der Durchmesser der einzelnen Körner wird als mittlerer Feret-Durchmesser angegeben. Der Feret-Durchmesser wird nach dem Messschieberprinzip anhand der Projektion der einzelnen Teilchen ermittelt (ISO 9276-6 [2008]). Der mittlere Feret-Durchmesser ergibt sich aus insgesamt 36 Messrichtungen, die in 5° Grad Schritten erfasst werden. Zu jedem Teilchen wird zudem das Kornvolumen aus der Projektionsfläche unter Annahme einer idealen Kugel berechnet. Für jede Probe kann anschließend die Korngröße als Volumenverteilung dargestellt werden.

Charakterisierung eines Trennprozesses

In den untersuchten Anlagen werden durch Trennprozesse Feststoffe zurückgehalten. Die Anlagen nutzen dabei charakteristische Trenneigenschaften des Phasengemischs aus. Durch die Ermittlung des Trennerfolgs können die Leistungen der Anlagen in Abhängigkeit von den Trennmerkmalen der Feststoffe quantifiziert werden (SCHUBERT et al. [1979]). Im Fall des eingesetzten Quarzmehls kann, aufgrund der einheitlichen Dichte und der kompakten Kornform, der Korndurchmesser x als Trennmerkmal verwendet werden.

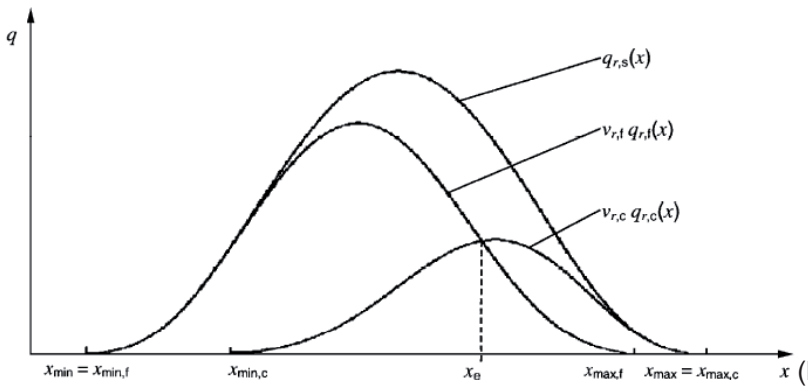
In einem realen Trennprozess wird das Aufgabegut (Index: s) in eine feine (Index: f) und eine grobe (Index: c) Fraktion getrennt (Abbildung 2-3). Da in der Regel die Trennung nicht perfekt ist, sind in der Größenklasse $x_{min,c} < x < x_{max,f}$ Partikel der gleichen Größe in beiden Fraktionen enthalten. Die Trennpartikelgröße x_e steht für Partikel, die mit gleicher Wahrscheinlichkeit im Feingut und Grobgut enthalten sind.

Der Trennerfolg kann nach DIN ISO 9276-4 [2006] als Trenngradkurve dargestellt werden (Abbildung 2-4). Die Trenngradkurve T(x) gibt an, welcher Anteil einer Merkmalsklasse x bis x+dx im Aufgabegut von einer Anlage abgetrennt wird. Im dargestellten Fall bedeutet dies:

T(x) = 0: Die Merkmalsklasse ist vollständig im Feingut enthalten

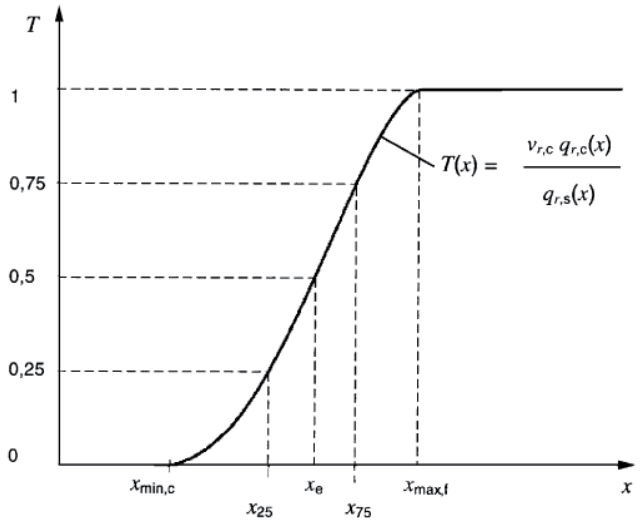
T(x) = 1: Die Merkmalsklasse ist vollständig im Grobgut enthalten

Im Übergangsbereich der Trennfunktion T(x) ist ein Teil des Aufgabegutes sowohl im Feingut wie auch im Grobgut enthalten.



(DIN ISO 9276-4 [2006])

Abbildung 2-3: ***Gewichtete Verteilungsdichte des Aufgabegutes $q_{r,s}(x)$ sowie der feinen $\nu_{r,f}$ $q_{r,f}(x)$ und der groben Fraktion $\nu_{r,c}$ $q_{r,c}(x)$ eines Trennprozesses***



(DIN ISO 9276-4 [2006])

Abbildung 2-4: Trenngradkurve

Die Trenngradkurven der dezentralen Anlagen werden für die Auswertung mit Hilfe der AFS-Konzentrationen und den Korngrößenverteilungen des Quarzmehls im Zu- und Ablauf der Anlagen bestimmt. Da die Merkmalklassen nicht beliebig klein gewählt werden können, muss mit Klassengrenzen statt der Verteilungsdichte $q_r(x)$ gearbeitet werden. Aus der Verteilungssummenfunktion $Q_3(x)$ ergibt sich der Trennfunktionswert T_i der Merkmalsklasse x_{i-1} bis x_i wie folgt:

$$T(x_{i-1\ldots}x_i) = T_i = 1 - \left(\frac{c_{AFS,AB}}{c_{AFS,ZU}} * \frac{Q_{3,f}(x_i) - Q_{3,f}(x_{i-1})}{Q_{3,s}(x_i) - Q_{3,s}(x_{i-1})} \right)$$

mit:

T_i Trenngrad der Merkmalsklasse x_{i-1} bis x_i [-]

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

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

$Q_{3,s}(x)$ Verteilungssummenfunktion der Mengenart Volumen des Aufgabeguts (Zulauf)

$Q_{3,f}(x)$ Verteilungssummenfunktion der Mengenart Volumen des Feinguts (Ablauf)

2.4.3 Modell zur Beschreibung der Sedimentationsleistung

Durch eine detaillierte Analyse der Versuchsergebnisse soll die Frage geklärt werden, ob unterschiedliche Baugrößen eines Anlagentyps einzeln geprüft werden müssen. Eine gesonderte Prüfung könnte grundsätzlich entfallen, wenn ein Modell gefunden wird, dass die Reinigungsleistung der Anlagen in Abhängigkeit von der hydraulischen und stofflichen Belastung hinreichend genau beschreiben kann.

GEIGER et al. [1998] zeigten, dass die Effektivität der Sedimentation durch den zweiparametrigen Modellansatz

$$E_{Norm} = 1 - 2^{-\left(\left(\frac{v_s}{q_A} / Ha_{T50}\right)^{\beta}\right)}$$

mit:

E_{Norm}	normierte Effektivität [-]
v_s	Partikelsinkgeschwindigkeit [m/h]
q_A	Oberflächenbeschickung [m/h]
Ha_{T50}	Trennhazenzahl [-]
β	Modellparameter zur Beschreibung der Trennschärfe [-]

gut abgebildet werden kann. Als Variablen zur Beschreibung der Betriebsgrößen der Anlage fließen die Partikelsinkgeschwindigkeit und die Oberflächenbeschickung in den Modellansatz ein. Das Verhältnis v_s/q_A wird auch als Hazenzahl ($Ha = v_s/q_A$) bezeichnet. Mit steigender Hazenzahl nimmt die Effektivität der Sedimentation zu. Die maßgebende Systemkonstante dieses Modells zur Beschreibung der Reinigungsleistung durch Sedimentation ist die Trennhazenzahl.

$$Ha_{T50} = \frac{v_{s,T50}}{q_A}$$

mit:

$v_{s,T50}$	Trennsinkgeschwindigkeit [m/h]

Je kleiner die Trennhazenzahl, desto besser ist die Reinigungsleistung einer Anlage bei gleicher Hazenzahl. GEIGER et al. leiteten aus einer Dimensionsanalyse ab und wiesen zusätzlich durch Versuch nach, dass das Verhältnis der Trennsinkgeschwindigkeit $v_{s,T50}$ und der Oberflächenbeschickung q_A für eine feste Geometrie konstant sein muss. Die Übertragbarkeit des Modells auf andere Baugrößen einer Anlage ist dann geben, wenn verschiedene Baugrößen einer Anlage die gleiche Trennhazenzahl aufweisen.

Die Trennhazenzahl lässt sich experimentell ermittelt, indem für unterschiedliche Oberflächenbeschickungen die Trennsinkgeschwindigkeit ermittelt wird. Über eine lineare Regression wird anschließend die Trennhazenzahl als Proportionalitätskonstante der beiden Größen bestimmt.

Die Trennsinkgeschwindigkeit ist definiert als Sinkgeschwindigkeit der Partikel, die mit gleicher Wahrscheinlichkeit entweder sedimentieren oder ausgetragen werden. In diesem Projekt wird die Trennsinkgeschwindigkeit mit Hilfe der Trenngradkurve ermittelt. Zuerst wird der Korndurchmesser $x_e = x_{T50}$ mit einem Trenngrad von 0,5 bestimmt. Anschließend wird über das Stokessche Gesetz für diesen Korndurchmesser die Sinkgeschwindigkeit ermittelt, die gleichbedeutend mit der Trennsinkgeschwindigkeit ist.

Für die Berechnung der Oberflächenbeschickung wird der gesamte Anlagenquerschnitt herangezogen.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1.1 Hydraulische Leistungsfähigkeit

Die Hydrosystem-Anlagen erzeugen durch den Filterwiderstand einen deutlichen Druckhöhenverlust. Der Notüberlauf der Anlage HS 1000 springt bei einem Druckhöhenverlust von 20 cm an, der bei einem Durchfluss von 14 l/s (r = 280 l/(s*ha)) erreicht wird. Die Anlage HS 400 kann mit maximal 1,5 l/s (r = 150 l/(s*ha)) beschickt werden, bevor die Druckhöhenverluste 25 cm übersteigen und der Notüberlauf anspringt. Die Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit erfolgte bei den Anlagen mit feststofffreiem Wasser und unbelegtem Filter. Sie bezieht sich auf neuwertige Anlagen vor Inbetriebnahme. Durch die Belegung der Filter können die Druckhöhenverluste im Praxisbetrieb deutlich größer sein.

3.2 Verweilzeitverteilung

Die Verweilzeitverteilungen sind exemplarisch für die Hydrosystem Typ 1000 in Abbildung 3-1 für verschiedene Durchflüsse dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Verweilzeitverteilungen der Anlage über den geprüften hydraulischen Belastungsbereich nicht konstant sind. Anhand der Lage und Form der Verweilzeitverteilung kann auf das Durchströmungsverhaltens der Anlage rückgeschlossen werden.

Die Verweilzeitverteilung des Hydrosystems wird durch den Hydrozyklon und den nachfolgenden Substratelement geprägt. Aufgrund der integralen Messung der Durchströmung kann das Systemverhalten der zwei Anlagenkomponenten jedoch nicht getrennt voneinander ausgewertet werden.

Die Strömung eines Hydrozyklons weicht von der einer längsdurchströmten Sedimentationsanlage ab. Die Strömung weist nach SCHUBERT et al. [1979] im Idealfall eine tangentiale Strömungskomponente aufgrund des tangentialen Einlaufs, eine radiale Komponente durch die konische Verjüngung sowie eine vertikale Strömungskomponente, die an der Auswand nach unten und im Innenbereich nach oben gerichtet ist, auf. Eine gute Trennwirkung setzt eine stabile Wirbelströmung voraus. Aufgrund dieses komplexen Strömungsmusters können jedoch keine allgemeingültigen Aussagen aus der Verweilzeitverteilung hinsichtlich günstiger Durchströmungsverhältnisse abgeleitet werden.

Die Durchströmung des Substratelements sollte idealer Weise über den gesamten Querschnitt gleichmäßig erfolgen. Aufgrund der Substrateigenschaften mit unterschiedlichen Porengrößen treten jedoch zwangsläufig Dispersionseffekte auf. Diese Dispersionseffekte könnten dafür verantwortlich sein, dass die Verweilzeitverteilung ein ausgeprägtes Tailing aufweist. Die vergleichsweise unveränderte Form der Verweilzeitverteilung bei unterschiedlichen Durchflüssen deutet auf ein gleichartiges Durchströmungsverhalten der gesamten Anlage im untersuchten hydraulischen Belastungsbereich hin. Das Anlagenvolumen wird dabei unterschiedlich stark durchströmt, worauf der relativ frühe Anstieg der Verweilzeitverteilung hinweist. Bei der Anlage ist eine leichte Vorverlagerung der Verweilzeitverteilung mit sinkendem Durchfluss zu erkennen.

Für die zwei Anlagenvarianten wurden drei ausgewählte Parameter zur Charakterisierung der Verweilzeitverteilung in Abhängigkeit vom Durchfluss ermittelt.

Das 10%-Perzentil der Verweilzeitverteilung Φ_{10}, dargestellt in Abbildung 3-2, ist ein Indikator für Kurzschlussströmungen. Die Verweilzeitverteilungen zeigen, dass bereits bei geringer hydraulischer Belastung nach 0,4 der durchflussgewichteten Zeit ein Teil des Tracers die Anlagen durchquert und den Ablauf erreicht. Alle Anlagen zeigen bei anwachsender hydraulischer Belastung eine leicht abnehmende Tendenz zur Kurzschlussströmung, wobei das Hydrosystem 400 ein etwas besseres Durchströmungsverhalten aufweist. Grund für das günstigere Durchströmungsverhalten könnte der tangentiale Zulauf dieser Anlage sein. Bei der größeren Variante wird der Zulauf mittels einer Leitwand erst in der Anlage umgelenkt. Zu vermuten ist, dass aufgrund der Leitwand die Strömung in der Anlage ungünstig beeinflusst wird.

Durch die Visualisierung der Strömung am Hydrosystem 1000 konnte die aufsteigende Front der Tracerwolken aus den vier getrennten Substratelementen beobachtet werden. Dabei zeigte das direkt nach dem Zulauf angeordnete Element einen früheren und farblich intensiveren Austritt des Tracers auf. Die Beobachtungen sind ein Indiz dafür, dass eine Kurzschlussströmung vorliegt und grundsätzlich nicht von einer gleichmäßigen Durchströmung der Substratelemente ausgegangen werden kann.

Das 50%-Perzentil der Verweilzeitverteilung Φ_{50} in Abbildung 3-3 beschreibt die mittleren Strömungsverhältnisse Die Untersuchungsergebnisse der Anlagen zeigen eine gute Nutzung des Anlagevolumens bei hohen Durchflüssen. Die Anlage Hydrosystem 400 zeigt wiederrum ein etwas günstigeres Verhalten auf. Die gleichmäßige Ausnutzung des Anlagenvolumens lässt bei geringer hydraulischer Belastung der Anlagen nach. Der Verlauf lässt aber vermuten, dass bei Durchflüssen unterhalb des hier untersuchten Bereiches die Werte weiter abnehmen. Durch das sorptive Filtermaterial sind Messungen in diesem hydraulischen Belastungsbereich jedoch nur eingeschränkt möglich.

Dispersionsprozesse verursachen eine Spreizung der Verweilzeitverteilung und führen zu einer Vergleichmäßigung der Konzentration. Als Indikator ist in Abbildung 3-4 die Differenz des 75%- und 25%-Perzentils der Verweilzeitverteilung dargestellt. Die zwei Hydrosystem-Anlagen zeigen im gesamten hydraulischen Belastungsbereich ein vergleichbares Systemverhalten auf.

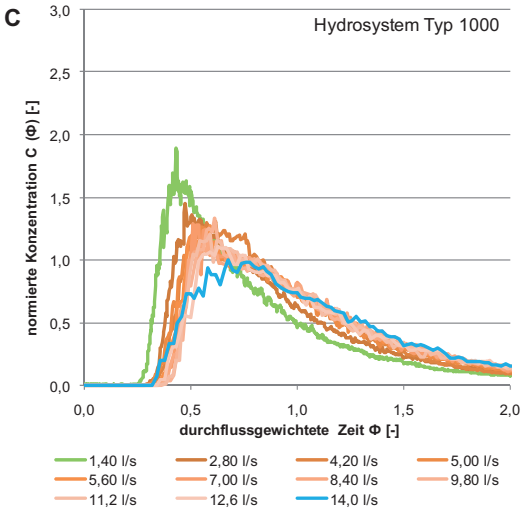


Abbildung 3-1: Verweilzeitdichteverteilung

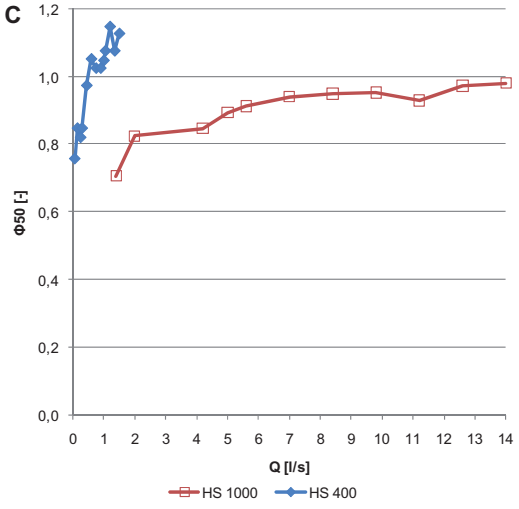


Abbildung 3-3: 50%-Perzentil der Verweilzeitverteilung

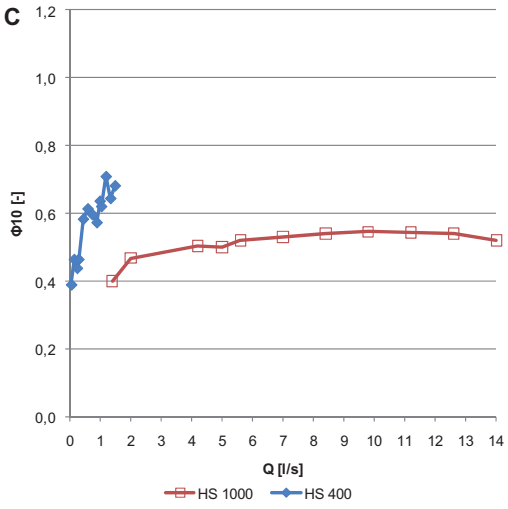


Abbildung 3-2: 10%-Perzentil der Verweilzeitverteilung

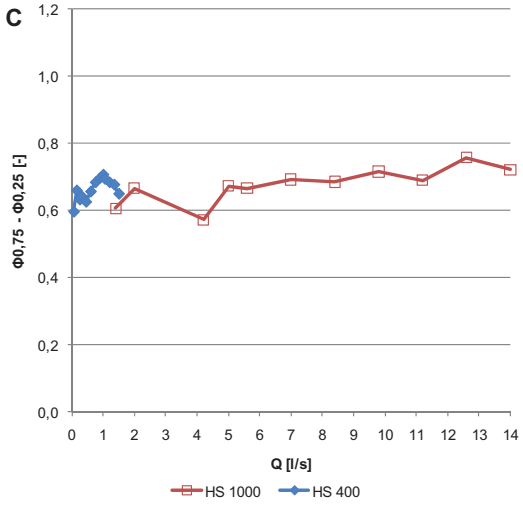


Abbildung 3-4: Differenz des 75% und 25% Perzentils der Verweilzeitverteilung

3.3 Feststoffrückhalt bei Versuchssetup 1

3.3.1 Frachtbilanzierung

Die Ergebnisse der Frachtbilanzierung sind in Abbildung 3-5 dargestellt. Die Anlage Hydrosystems 400 zeigt einen deutlich geringeren Feststoffrückhalt als die größere Anlagenvariante HS 1000 auf. Dies kann durch die höhere Oberflächenbeschickung des Filters im Vergleich zum Hydrosystem 1000 erklärt werden. In Tabelle 3-1 sind die Ergebnisse der Frachtbilanzierung zusammengefasst.

Bei der Bewertung der Gesamtrückhalteleistung sind die Abweichungen vom Jahresfrachtkonzept des DIBt-Prüfverfahrens hinsichtlich der leicht modifizierten Bilanzierungsmethode und der fehlenden 2,5 l/(s*ha) -Prüfregenspende zu beachten. Durch die Berücksichtigung einer Prüfregenspende 2,5 l/(s*ha) würde der Gesamtwirkungsgrad der Anlagen vermutlich etwas höher liegen.

Tabelle 3-1: Ergebnisse der Frachtbilanzierung

		3P Technik	
		HS 1000	HS 400
Gesamtmasse Zulauf	[kg]	16,7	3,3
Feststoffrückhalt gesamt	[%]	90,5	76,0
Feststoffaustrag bei 6 l/(s*ha)	[%]	1,5	2,6
Feststoffaustrag bei 25 l/(s*ha)	[%]	4,1	8,0
Feststoffaustrag durch Remobilisierung	[%]	3,9	13,5

3.3.2 Reproduzierbarkeit

Die Ergebnisse der Wiederholversuche sind Abbildung 3-6 dargestellt. Grundsätzlich zeigen die Versuche eine gute Reproduzierbarkeit. Der Wirkungsgrade der Wiederholversuche weichen in der Regel nicht mehr als 1 Prozentpunkt voneinander ab. Lediglich bei der Anlage RAUSIKKO Typ R9 liegen die Wirkungsgrade in einem Fall 3 Prozentpunkte auseinander.

3.3.3 Korngrößenverteilung

Anhand Abbildung 3-7 wird die feinere Korngrößenverteilung der Ablaufproben im Vergleich zum zugegebenen Material offensichtlich. Insbesondere die groben Kornfraktionen können in den Anlagen zurückgehalten werden. Ab einem Korndurchmesser von 90 µm wird das Prüfmehl bei den Prüfregenspenden 6 und 25 l/(s*ha) vollständig zurückgehalten.

3.3.4 Remobilisierung

Die analysierte Probe aus dem Remobilisierungsversuch in Abbildung 3-7 verdeutlicht die Remobilisierung auch gröberer Kornfraktionen bei hoher hydraulischer Belastung. Die dargestellt Proben wurden 8 min nach Versuchsbeginn genommen und stellen daher nur eine Momentaufnahme dar. Unberücksichtigt bei dieser Darstellung bleibt die Dynamik des Remobilisierungsprozesses.

Der Verlauf der Remobilisierung des zuvor sedimentierten Materials wird in Abbildung 3-8 deutlich. Zu Versuchsbeginn weisen die Anlagen einen sehr hohen Konzentrationspeak auf. Zu vermuten ist, dass in den Substratelementen während der vorausgegangenen Versuche Feststoffe zurückgehalten wurden, diese später jedoch bei höher hydraulischer Belastung wieder ausgespült werden.

3.3.5 Konzentrationseinfluss

Die Untersuchungen zum Konzentrationseinfluss zeigen keine eindeutige Beeinflussung des Wirkungsgrads von der Konzentration (Abbildung 3-9). Die Versuche sind bei Versuchsbeginn durch die Vorversuche beeinflusst, da keine Reinigung der Anlagen zwischen den Versuchen stattfand. Die Wirkungsgrade der Anlage Hydrosystem 1000 liegen für die drei untersuchten Zulaufkonzentrationen zum Versuchsende weniger als 1 Prozentpunkt auseinander.

3.3.6 Versuchspausen

Zur Klärung der notwendigen Versuchspausen zwischen den Einzelversuchen wurde das Absetzverhalten des Millisil W4 im Imhofftrichter untersucht. Der Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Absetzzeit ist in Abbildung 3-10 dargestellt. Nach 6 Stunden haben sich demnach 97% des Prüfmehls im Imhofftrichter abgesetzt. Für Folgeuntersuchungen wird als Mindestpause zwischen Einzelversuchen eine Wartezeit von 6 Stunden empfohlen.

3.3.7 Einbaumängel

Nach Inbetriebnahme des Hydrosystems 400 wurde eine Undichtigkeit zwischen Filterelement und Kunststoffgehäuse der Anlage festgestellt. Dadurch kann ein Teil des Volumenstroms am Filterelement unbehandelt vorbei fließen. Der Fehler konnte durch ein zusätzliches Verkeilen des Filterelements vor Beginn der Versuchsserie behoben werden. Die Undichtigkeit wurde dem Anlagenhersteller mitgeteilt. Laut Anlagenhersteller ist dieses Problem bei der neuen Anlagenserie behoben. In den Einbau- und Wartungshinweisen, die durch den Anlagenhersteller mitgeliefert wurden, ist keine Dichtheitsprüfung vorgesehen.

Gemäß Einbauanleitung muss kurz vor dem Hydrosystem ein Absturz der Zulaufleitung vorgesehen werden. Dies hat zur Folge, dass die direkte Zulaufleitung unter Rückstau steht. Genaue Längenangaben der rückgestauten Zulaufleitung fehlen. Bei den Versuchen an der FH Münster betrug die Länge 1 m. Aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten in der Zulaufleitung konnten sich dadurch bereits Feststoffe in der Zulaufleitung absetzen. Für die Durchführung eines Prüfverfahrens sollte die Zulaufgestaltung klar definiert werde, da diese die Leistungsfähigkeit der Anlage beinträchtigen kann.

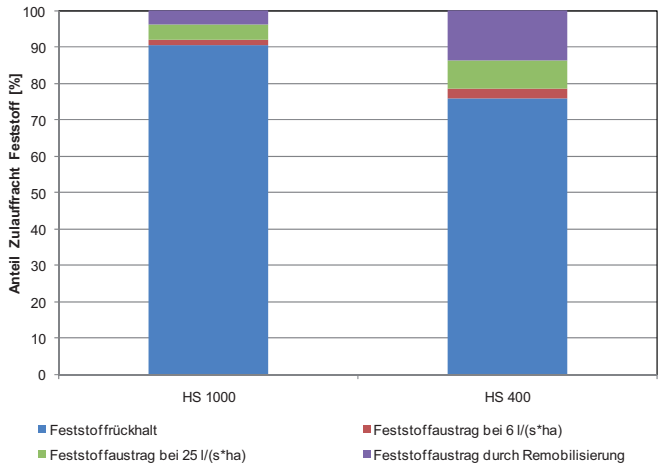


Abbildung 3-5: Gegenüberstellung der Frachtbilanzen aus Versuchssetup 1

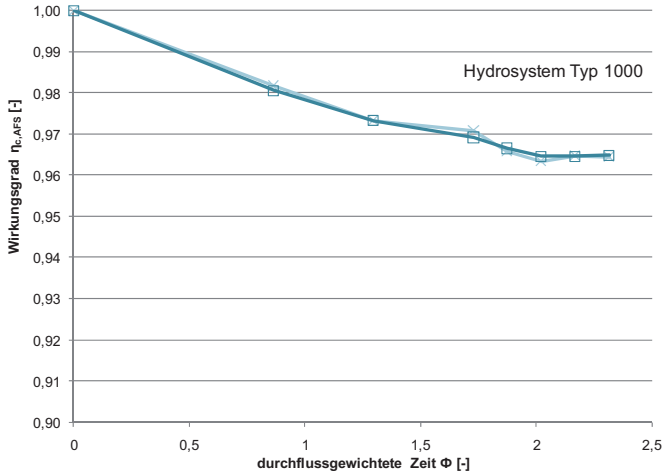


Abbildung 3-6: Reproduzierbarkeitsversuche

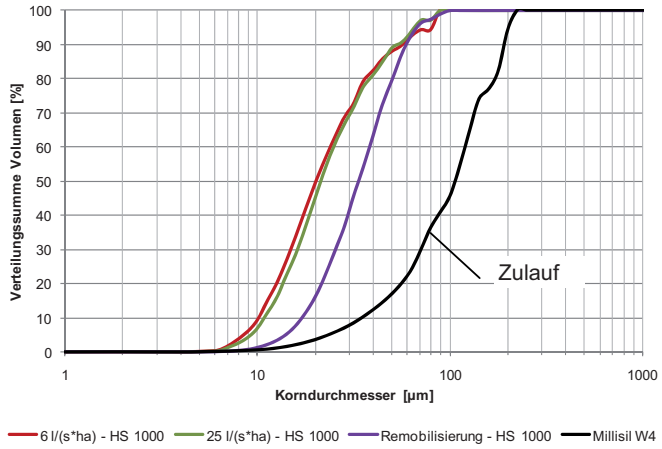


Abbildung 3-7: Korngrößenverteilung des Referenzmaterials Millisil W4 im Zu- und Ablauf

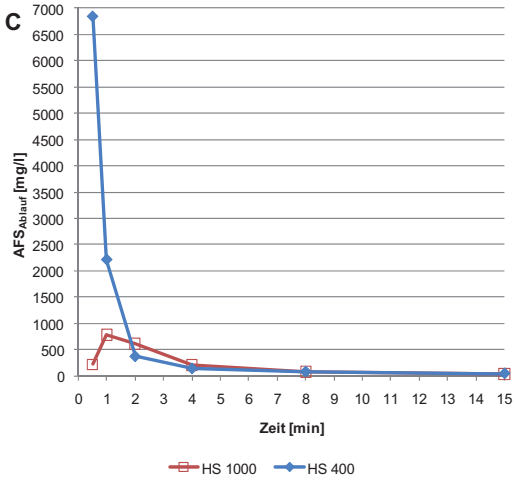


Abbildung 3-8: Remobilisierung

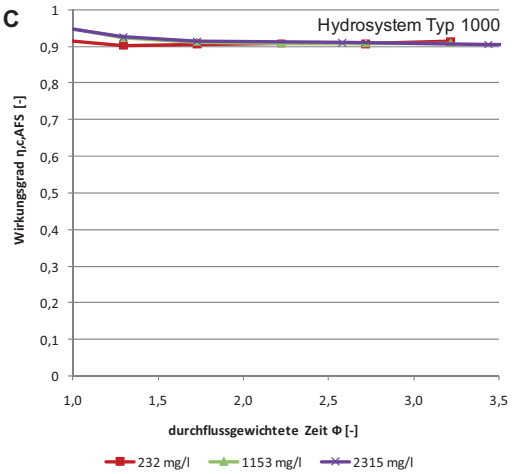


Abbildung 3-9: Einfluss der Konzentration

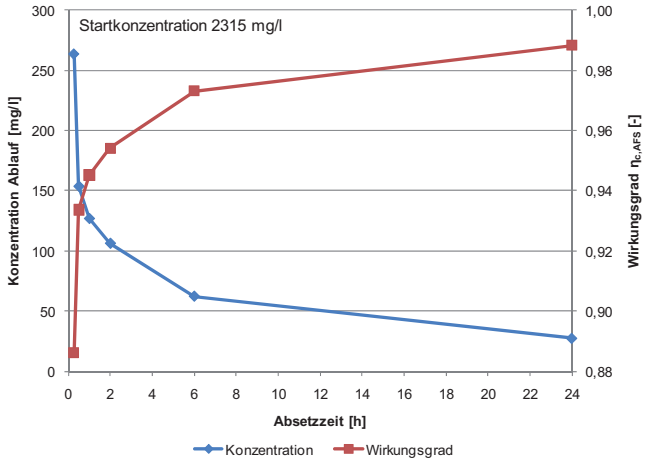


Abbildung 3-10: Absetzbarkeit des Millisil W4 im Imhoftrichter abhängig von der Absetzzeit

3.4 Feststoffrückhalt bei Versuchssetup 2

3.4.1 Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad der Anlagen für AFS nimmt mit zunehmender Belastungsdauer ab. In Abbildung 3-11 ist der Verlauf des Wirkungsgrads exemplarisch für die Anlage Hydrosystem 1000 dargestellt. Stationäre Verhältnisse werden bei der Anlage während der Versuchsdauer nicht ganz erreicht. Die Anlage Hydrosystem Typ 1000 zeigt noch bis zur 7-fachen theoretischen Austauschrate eine leichte Abnahme des Wirkungsgrades. Ein Grund könnte ein allmähliches Nachlassen des Feststoffrückhalts in den Substratelementen sein. Bei höheren Durchflüssen sind stärkere Schwankungen des Wirkungsgrads mit fortschreitender Versuchsdauer zu beobachten. Eine mögliche Erklärung für dieses Verhalten könnte das Erreichen der Aufnahmekapazität der Substratelemente und die einsetzende Remobilisierung des Prüfmehls sein.

Für beide Anlagen ist der Gesamtwirkungsgrad in Abhängigkeit vom Durchfluss in Abbildung 3-12 dargestellt. Die Wirkungsgrade beziehen sich auf das Versuchende und geben annähernd die Wirksamkeit unter stationären Verhältnissen wieder. Das Hydrosystem zeigt eine deutliche Abhängigkeit des Wirkungsgrads von den unterschiedlichen Baugrößen der Typen 1000 und 400 auf. Die niedrigste Belastungsstufe entspricht bei Typ 1000 einer Regenspende von 28 l/(s*ha) und 15 l/(s*ha) bei Typ 400. Beide Anlagen können bei dieser Belastung 90% des Millisil-Mehls zurückhalten.

3.4.2 Trenngrad

Die Trenngradkurven für die hydraulischen Belastungsstufen der Anlage Hydrosystem 1000 ist in Abbildung 3-13 dargestellt. Der Trenngrad kann auch als Wirkungsgrad der Anlage für eine definierte Korngrößenklasse interpretiert werden. Demnach kann die Schlämmkornfraktion (< 63 µm) nur bei geringen Durchflüssen von der Anlage nennenswert zurückgehalten werden. Demgegenüber zeigt die Anlage für die Kornfraktionen ab 125 µm einen Trenngrad von oftmals 100% auf, so dass diese Fraktionen vollständig zurückgehalten werden können. Lediglich bei sehr hohen Durchflüssen werden auch gröbere Partikel ausgetragen. Die korrespondierenden Regenspenden dieser Durchflüsse liegen jedoch in der Regel über dem für den realen Anlagenbetrieb relevanten Bereich von ca. 100 l/(s*ha). Die Steigung der Trenngradkurve gibt Auskunft über die Trennschärfe der Anlage. Eine geringe Steigung deutet auf einen unscharfen Trennprozess hin. Grundsätzlich nimmt die Steigung der Trenngradkurve mit höher hydraulischer Belastung der Anlage ab.

3.4.3 Trennhazenzahl

Die Reinigungsleistung der Anlage kann mit dem in Kapitel 2.4.3 vorgestellten Modell beschrieben werden. Die maßgebende Systemkonstante ist die Trennhazenzahl Ha_{T50}, deren Ermittlung in Abbildung 3-14 dargestellt ist. Folgende Trennhazenzahle Ha_{T50} wurde unter Berücksichtigung beider Anlagenvarianten ermittelt:

- Hydrosystem $Ha_{T50} = 0,38$ $R^2 = 0,77$

Die Anlagen zeigen im Vergleich zu dem von GEIGER et al. [2002] untersuchten rechteckförmigen Becken eine bessere Reinigungsleistung auf. Sie ermittelten in physikalischen Laborversuchen für dieses Becken eine Trennhazenzahl Ha_{T50} von 1,76 bei einem R^2 von 0,78.

Die untersuchten bauartgleichen Anlagen verhalten sich grundsätzlich ähnlich. Die unterschiedlichen Bauhöhen und Durchmesser können durch das Sedimentationsmodell beschrieben werden. Die Korrelation zwischen Trennsinkgeschwindigkeit $v_{S,T50}$ und Oberflächenbeschickung q_A weist mit $R^2 = 0,77$ eine vergleichbare Güte wie das Ergebnis von GEIGER et al. [2002] auf, bei dem nur eine Beckengeometrie in die Auswertung einfloss. Insofern ist das Modell in der Lage, die Unterschiede der Anlagenvarianten ohne weitere Parameter zu beschreiben. Anhand der ermittelten Güte der Korrelation wird jedoch auch deutlich, dass die Prozesse des Feststoffrückhalts in den Anlagen vermutlich komplexer sind, um vollständig mit diesem Modell erklärt werden zu können.

So weist die Anlage Hydrosystem Typ 1000 Auffälligkeiten bei hohen Oberflächenbeschickungen auf. Zu vermuten ist, dass die Ergebnisse durch Remobilisierungsprozesse in den Substratelementen beeinflusst sind, die durch das gewählte Modell nicht beschrieben werden können.

Insbesondere in dem für das Prüfverfahren interessanten hydraulischen Belastungsbereich weicht das reale Verhalten der Anlagen von der Modellvorstellung ab. Aufgrund der hohen Genauigkeitsanforderungen an ein Prüfverfahren erscheint daher die Übertragung einer Prüfung auf andere Baugrößen eines Anlagentyps mit diesem Modell nicht angebracht zu sein. Eine getrennte Prüfung wird daher empfohlen.

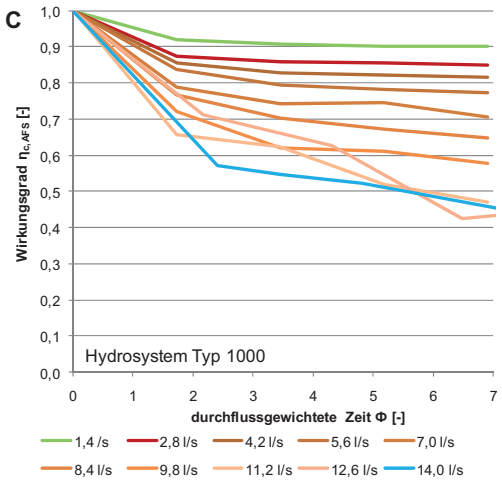


Abbildung 3-11: Veränderung des Wirkungsgrads über die Versuchsdauer

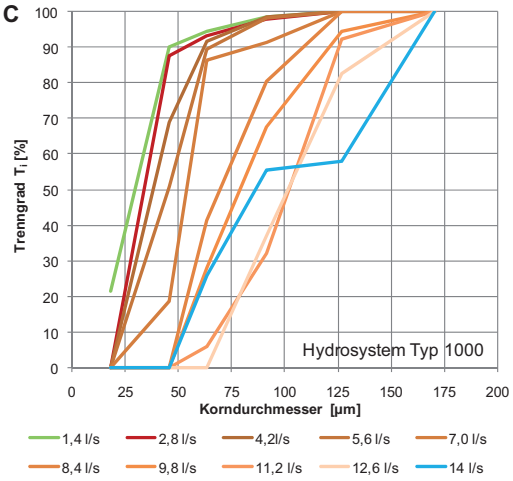


Abbildung 3-13: Trenngradkurven

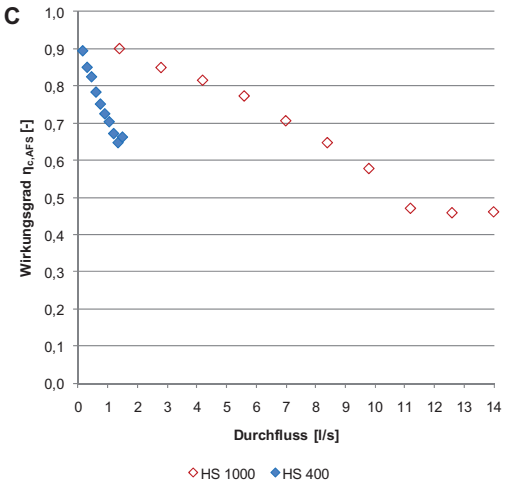


Abbildung 3-12: Wirkungsgrad der Anlage unter stationären Versuchsbedingungen

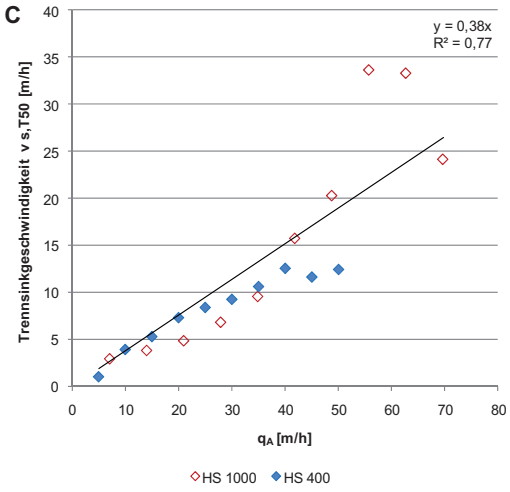


Abbildung 3-14: Reinigungsleistung der Anlage

4 Zusammenfassung

Ziel der gesamten Untersuchungen war die Ableitung und Absicherung von Vorgaben für ein allgemein gültiges Prüfverfahren für dezentrale Niederschlagswasserbehandlungsanlagen. In diesem Bericht sind die Versuchsergebnisse der RAUSIKKO-Sedimentationsanlagen dargestellt. Aus den Ergebnissen der Versuche im 1:1 Maßstab können folgende Hinweise für die RAUSIKKO-Sedimentationsanlagen gegeben werden:

- Bei höher hydraulischer Belastung kann von einer gleichmäßigeren Durchströmung der den Anlagen ausgegangen werden. Bei niedriger hydraulischer Belastung werden die Anlagen ungleichmäßiger durchströmt. Das Hydrosystem 400 weist vermutlich aufgrund der besseren Zulaufgestaltung eine günstigere Durchströmung als das Hydrosystems 1000 auf.
- Die Substratelemente des Hydrosystems 1000 werden vermutlich unterschiedlich stark durchströmt. Folglich würden dadurch die einzelnen Substratelemente mit einer unterschiedlich großen Fracht an Schadstoffen beschickt werden, wodurch das Reinigungspotential der Elemente nicht gleichmäßig ausgenutzt werden kann.
- Der Wirkungsgrad der Anlagen bezüglich Feststoffe ist abhängig von der Versuchsdauer. Stationäre Verhältnisse stellten sich bis zur 7-fachen theoretischen Verweilzeit nicht ein.
- Mit sinkender hydraulischer Belastung können Partikel mit kleineren Korndurchmessern und infolgedessen mit geringen Sinkgeschwindigkeiten von den Anlagen zurückgehalten werden. Der Wirkungsgrad einzelner Partikelfraktionen kann aus den ermittelten Trenngradkurven entnommen werden.
- Die bauartgleichen Anlagen verhalten sich nach dem angewendeten Modell zur Beschreibung der Sedimentation ähnlich. Die Trennhazenzahl als Modellparameter ermöglicht jedoch nicht die vollständige Erklärung der Leistungsunterschiede der Anlagen.
- Die Anlagen zeigen eine deutliche Remobilisierung von bereits abgelagerten Feststoffen für die untersuchten hydraulischen Belastungen auf. Vermutlich stammen diese Feststoffe aus den Substratelementen, die diese nicht sicher vor Remobilisierung schützen können. Ein sicherer Feststoffrückhalt erscheint daher nur mit dem vorgeschalteten Hydrozyklon möglich zu sein.

5 Literaturverzeichnis

3P Technik (2009): *Produktblatt: 3P Hydrosystem 1000 traffic*. http://www.3ptechnik.de/de/media/user/document/produkte/hydrosystem/1100110_Hydrosystem_1000_traffic.pdf

Brombach, H. und Fuchs, S. (2002): *Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen von Trocken- und Regenwetterabflüssen in Misch- und Trennkanalisationen*. ATV-DVWK-Forschungsfonds.

DIN 38409-2 (1987):*Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe (H) - Bestimmung des abfiltrierbaren Stoffe und des Glührückstandes (H2)*. Berlin: Beuth Verlag

DIN ISO 9276-4 (2006):*Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen - Teil 4: Charakterisierung eines Trennprozesses*. Berlin: Beuth Verlag

Geiger, W.F.,Frehmann, T.,Mietzel, T. und Ustohal, P. (2002): *Vergleichende Modelluntersuchungen zur Wirkungsweise von Regenentlastungen - Resuspension der Sedimente in Regenbecken.* Essen, Universität Essen-Siedlungswasserwirtschaft. GE 459/12-2 DGV. S. 1-40.

Geiger, W.F.,Hübner, M. und v. d. Woldenberg, L. (1998): *Vergleichende Modelluntersuchungen zur Wirkungsweise von Regenentlastungsanlagen*. Essen, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft und Abfallwirtschaft der Universität-GH Essen. Ge 459/12-1. S. 13.

ISO 9276-6 (2008):*Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen - Teil 6: Deskriptive und qualitative Darstellung der Form und Morphologie von Partikeln*.

Schubert, M.,Heidenreich, E.,Liepe, F. und Neeße, T. (1979): *Mechanische Verfahrenstechnik II*. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Stamou, A.I. und Adams, E.W. (1988): *Study of the Hydraulic Behavior of a Model Settling Tank Using Flow through Curves and Flow Patterns.* . Universität Karlsruhe. Sonderforschungsbericht 210. S. 92.

Werner, T.M. und Kadlec, R.H. (1995): *Application of residence time distrubutiion to stormwater treatment systems*. In: Ecological Engineering, 1996 (7). S. 213-234.

Anhang 1

Ergebnisse der Verweilzeitverteilung

Firma 3P Technik: Hydrosystem

Anlage	Durchfluss	Volumen	hyd. Verweilzeit	Strömungsindikatoren		
	Q	V	τ	Φ_{10}	Φ_{75}-Φ_{25}	Φ_{50}
	[l/s]	[l]	[min]	[-]	[-]	[-]
HS 1000	1,4	700	8,3	0,40	0,60	0,71
	2,8	700	4,2	0,47	0,66	0,82
	4,2	700	2,8	0,50	0,57	0,85
	5,0	700	2,3	0,50	0,67	0,89
	5,6	700	2,1	0,52	0,66	0,91
	7,0	700	1,7	0,53	0,69	0,94
	8,4	700	1,4	0,54	0,68	0,95
	9,8	700	1,2	0,55	0,71	0,95
	11,2	700	1,0	0,54	0,69	0,93
	12,6	700	0,9	0,54	0,76	0,97
	14,0	700	0,8	0,52	0,72	0,98
HS 400	0,06	44	12,2	0,39	0,59	0,76
	0,15	44	4,9	0,46	0,66	0,85
	0,25	44	2,9	0,44	0,63	0,82
	0,30	44	2,4	0,46	0,64	0,85
	0,45	44	1,6	0,58	0,62	0,97
	0,60	44	1,2	0,61	0,65	1,05
	0,75	44	1,0	0,60	0,68	1,02
	0,90	44	0,8	0,57	0,70	1,02
	1,00	44	0,7	0,64	0,70	1,05
	1,05	44	0,7	0,62	0,69	1,07
	1,20	44	0,6	0,71	0,68	1,15
	1,35	44	0,5	0,64	0,68	1,07
	1,50	44	0,5	0,68	0,65	1,13

Anhang 2

Ergebnisse zur Untersuchung des Feststoffrückhalts

Firma 3P Technik: Hydrosystem

Anlage	Versuch Nr.	Durchfluss Q [l/s]	Regenspende r [l/(s*ha]	Zeit t [min]	Zeit Φ [-]	Konzentration $c_{AFS,Zu}$ [mg/l]	Konzentration $c_{AFS,Ab}$ [mg/l]	Wirkungsgrad $\eta_{c,AFS}$ [-]
HS 1000	1.1	0,3	6	33,6	0,9	2315	42	0,98
		0,3	6	50,4	1,3	2315	62	0,97
		0,3	6	67,2	1,7	2315	68	0,97
		0,3	6	72,9	1,9	2315	79	0,97
		0,3	6	78,6	2,0	2315	85	0,96
		0,3	6	84,3	2,2	2315	82	0,96
		0,3	6	90,0	2,3	2315	82	0,96
	1.2.1	1,25	25	8,1	0,9	232	19	0,92
		1,25	25	12,1	1,3	232	23	0,90
		1,25	25	16,1	1,7	232	22	0,91
		1,25	25	20,8	2,2	232	21	0,91
		1,25	25	25,4	2,7	232	22	0,91
		1,25	25	30,0	3,2	232	20	0,91
	1.2.2	1,25	25	8,1	0,9	1158	47	0,96
		1,25	25	12,1	1,3	1158	89	0,92
		1,25	25	16,1	1,7	1158	102	0,91
		1,25	25	20,8	2,2	1158	107	0,91
		1,25	25	25,4	2,7	1158	107	0,91
		1,25	25	30,0	3,2	1158	105	0,91
	1.2.3	1,25	25	8,1	0,9	2315	98	0,96
		1,25	25	12,1	1,3	2315	174	0,93
		1,25	25	16,1	1,7	2315	198	0,91
		1,25	25	24,1	2,6	2315	210	0,91
		1,25	25	32,1	3,4	2315	220	0,91
		1,25	25	40,0	4,3	2315	225	0,90
		1,25	25	48,0	5,1	2315	235	0,90
	1.3	5	100	0,5	0,2	0	218	-
		5	100	1,0	0,4	0	783	-
		5	100	2,0	0,9	0	613	-
		5	100	4,0	1,7	0	204	-
		5	100	8,0	3,4	0	77	-
		5	100	15,0	6,4	0	39	-
	1.4	0,3	6	33,6	0,9	2315	45	0,98
		0,3	6	50,4	1,3	2315	62	0,97
		0,3	6	67,2	1,7	2315	71	0,97
		0,3	6	72,9	1,9	2315	78	0,97
		0,3	6	78,6	2,0	2315	82	0,96
		0,3	6	84,3	2,2	2315	82	0,96
		0,3	6	90,0	2,3	2315	82	0,96

Anlage	Versuch Nr.	Durchfluss Q [l/s]	Regenspende r [l/(s*ha]	Zeit t [min]	Zeit Φ [-]	Konzentration $c_{AFS,Zu}$ [mg/l]	Konzentration $c_{AFS,Ab}$ [mg/l]	Wirkungsgrad $\eta_{c,AFS}$ [-]
	2.1	1,4	28	14,4	1,7	500	40	0,92
		1,4	28	28,8	3,5	500	46	0,91
		1,4	28	43,2	5,2	500	49	0,90
		1,4	28	57,6	6,9	500	50	0,90
	2.2	2,8	56	7,2	1,7	500	64	0,87
		2,8	56	14,4	3,5	500	70	0,86
		2,8	56	21,6	5,2	500	73	0,85
		2,8	56	28,8	6,9	500	75	0,85
	2.3	4,2	84	4,8	1,7	500	72	0,86
		4,2	84	9,6	3,5	500	87	0,83
		4,2	84	14,4	5,2	500	89	0,82
		4,2	84	19,2	6,9	500	93	0,81
	2.4	5,6	112	3,6	1,7	500	82	0,84
		5,6	112	7,2	3,5	500	103	0,79
		5,6	112	10,8	5,2	500	108	0,78
		5,6	112	14,4	6,9	500	114	0,77
	2.5	7	140	2,9	1,7	500	107	0,79
		7	140	5,8	3,5	500	129	0,74
		7	140	8,6	5,2	500	127	0,75
		7	140	11,5	6,9	500	147	0,71
	2.6	8,4	168	2,4	1,7	500	116	0,77
		8,4	168	4,8	3,5	500	148	0,70
		8,4	168	7,2	5,2	500	164	0,67
		8,4	168	9,6	6,9	500	177	0,65
	2.7	9,8	196	2,1	1,7	500	139	0,72
		9,8	196	4,1	3,5	500	190	0,62
		9,8	196	6,2	5,2	500	194	0,61
		9,8	196	8,2	6,9	500	212	0,58
	2.8	11,2	224	1,8	1,7	500	171	0,66
		11,2	224	3,6	3,5	500	189	0,62
		11,2	224	5,4	5,2	500	240	0,52
		11,2	224	7,2	6,9	500	265	0,47
	2.9	12,6	252	2,0	2,2	500	144	0,71
		12,6	252	4,0	4,3	500	186	0,63
		12,6	252	6,0	6,5	500	287	0,43
		12,6	252	8,0	8,6	500	271	0,46
	2.10	14	280	2,0	2,4	500	215	0,57
		14	280	4,0	4,8	500	239	0,52
		14	280	6,0	7,2	500	276	0,45
		14	280	8,0	9,6	500	256	0,49

Anhang 2

Anlage	Versuch Nr.	Durchfluss Q [l/s]	Regenspende r [l/(s*ha]	Zeit t [min]	Zeit Φ [-]	Konzentration $c_{AFS,Zu}$ [mg/l]	Konzentration $c_{AFS,Ab}$ [mg/l]	Wirkungsgrad $\eta_{c,AFS}$ [-]
HS 400	1.1	0,06	6	10,7	0,9	2315	9	1,00
		0,06	6	16,0	1,3	2315	47	0,98
		0,06	6	21,4	1,7	2315	80	0,97
		0,06	6	38,5	3,1	2315	125	0,95
		0,06	6	55,7	4,5	2315	118	0,95
		0,06	6	72,8	5,9	2315	123	0,95
		0,06	6	90,0	7,3	2315	169	0,93
	1.2.1	0,25	25	2,6	0,9	232	110	0,52
		0,25	25	3,9	1,3	232	50	0,78
		0,25	25	5,2	1,8	232	84	0,64
		0,25	25	13,4	4,6	232	37	0,84
		0,25	25	21,7	7,4	232	47	0,80
		0,25	25	30,0	10,2	232	47	0,80
	1.2.2	0,25	25	2,6	0,9	1158	95	0,92
		0,25	25	3,9	1,3	1158	141	0,88
		0,25	25	5,2	1,8	1158	154	0,87
		0,25	25	13,4	4,6	1158	163	0,86
		0,25	25	21,7	7,4	1158	173	0,85
		0,25	25	30,0	10,2	1158	173	0,85
	1.2.3	0,25	25	2,6	0,9	2315	193	0,92
		0,25	25	3,9	1,3	2315	296	0,87
		0,25	25	5,2	1,8	2315	308	0,87
		0,25	25	15,9	5,4	2315	365	0,84
		0,25	25	26,6	9,0	2315	382	0,83
		0,25	25	37,3	12,7	2315	413	0,82
		0,25	25	48,0	16,3	2315	456	0,80
	1.3	1	100	0,5	0,7	0	6837	-
		1	100	1,0	1,4	0	2209	-
		1	100	2,0	2,7	0	367	-
		1	100	4,0	5,4	0	137	-
		1	100	8,0	10,9	0	77	-
		1	100	15,0	20,4	0	45	-
	1.4	0,06	6	10,7	0,9	2315	62	0,97
		0,06	6	16,0	1,3	2315	91	0,96
		0,06	6	21,4	1,7	2315	120	0,95
		0,06	6	38,5	3,1	2315	123	0,95
		0,06	6	55,7	4,5	2315	115	0,95
		0,06	6	72,8	5,9	2315	130	0,94
		0,06	6	90,0	7,3	2315	125	0,95
	2.1	0,15	15	8,6	1,8	500	35	0,93
		0,15	15	17,2	3,5	500	44	0,91
		0,15	15	25,8	5,3	500	48	0,90
		0,15	15	34,4	7,0	500	53	0,89
	2.2	0,3	30	4,3	1,8	500	52	0,90

Auszug Schlussbericht: Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren

Anlage	Versuch Nr.	Durchfluss Q [l/s]	Regenspende r [l/(s*ha]	Zeit t [min]	Zeit Φ [-]	Konzentration $c_{AFS,Zu}$ [mg/l]	Konzentration $c_{AFS,Ab}$ [mg/l]	Wirkungsgrad $\eta_{c,AFS}$ [-]
		0,3	30	8,6	3,5	500	65	0,87
		0,3	30	12,9	5,3	500	75	0,85
		0,3	30	17,2	7,0	500	75	0,85
	2.3	0,45	45	2,9	1,8	500	71	0,86
		0,45	45	5,7	3,5	500	80	0,84
		0,45	45	8,6	5,3	500	83	0,83
		0,45	45	11,5	7,0	500	88	0,82
	2.4	0,6	60	2,2	1,8	500	82	0,84
		0,6	60	4,3	3,5	500	106	0,79
		0,6	60	6,5	5,3	500	105	0,79
		0,6	60	8,6	7,0	500	108	0,78
	2.5	0,75	75	1,7	1,8	500	101	0,80
		0,75	75	3,4	3,5	500	112	0,78
		0,75	75	5,2	5,3	500	117	0,77
		0,75	75	6,9	7,0	500	124	0,75
	2.6	0,9	90	1,4	1,8	500	114	0,77
		0,9	90	2,9	3,5	500	124	0,75
		0,9	90	4,3	5,3	500	134	0,73
		0,9	90	5,7	7,0	500	137	0,73
	2.7	1,05	105	1,2	1,8	500	120	0,76
		1,05	105	2,5	3,5	500	140	0,72
		1,05	105	3,7	5,3	500	150	0,70
		1,05	105	4,9	7,0	500	148	0,70
	2.8	1,2	120	1,1	1,8	500	125	0,75
		1,2	120	2,2	3,5	500	147	0,71
		1,2	120	3,2	5,3	500	159	0,68
		1,2	120	4,3	7,0	500	164	0,67
	2.9	1,35	135	1,0	1,8	500	129	0,74
		1,35	135	1,9	3,5	500	160	0,68
		1,35	135	2,9	5,3	500	163	0,67
		1,35	135	3,8	7,0	500	176	0,65
	2.10	1,5	150	0,9	1,8	500	122	0,76
		1,5	150	1,7	3,5	500	156	0,69
		1,5	150	2,6	5,3	500	160	0,68
		1,5	150	3,4	7,0	500	169	0,66