

gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

INNOLET G[®] **(getaucht)**

Entwicklung und Erprobung der INNOLET-Filterpatrone
zur Nachrüstung vorhandener Straßengullys mit Nassschlammfang

Projekt gefördert von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

AZ: 26741-23

Endbericht

Aufgestellt:

Datum: 09.09.2011
Bearbeiter: Dr.-Ing. Harald Sommer (Ing.-ges Prof. Dr. Sieker mbH)
Dipl.-Ing. Mike Post (Ing.-ges Prof. Dr. Sieker mbH)
Dipl.-Ing. Norbert Nikisch (Hamburg Wasser)

Danksagung

gefördert durch




Deutsche Bundesstiftung Umwelt





www.dbu.de

Dieses Projekt wurde durch die **Deutsche Bundesstiftung Umwelt** gefördert.

Das Projekt wurde durchgeführt von:

 <p>KOMPETENZ IN SACHEN REGENWASSER INGENIEURGESELLSCHAFT PROF. DR. SIEKER MBH</p>	Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH Rennbahnallee 109A 15366 Hoppegarten 03342 3595-0 www.sieker.de
--	---

Wir bedanken uns für die freundliche Unterstützung durch:

 <p>HAMBURG WASSER</p>	Hamburg Wasser durch engagierte Mitarbeit und Unterstützung der Entwicklung des Filters und die zur Verfügung Stellung von Personal und Fahrzeugen.
 <p>HPA Hamburg Port Authority</p>	Hamburg Port Authority durch zur Verfügung Stellung der Straße, auf deren Gelände die Versuche stattfanden, und durch Personal und Fahrzeugen.
 <p>Hamburg</p> <p>Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt</p>	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg durch die Bereitstellung von Laborkapazitäten.
 <p>Funke Gruppe</p>	Fa. Funke Kunststoffe durch die Unterstützung der Entwicklung und die Produktion der Filters.



Inhalt

1	Einleitung	3
2	Anlass: Bisherige in Hamburg erprobte Lösung.....	6
3	Ziele des durchgeführten Vorhabens	6
4	Vorgehensweise.....	7
5	Durchgeführtes Untersuchungsprogramm.....	8
5.1	Auswertung Literatur	8
5.2	Entwicklung des Prototypen zum fertigen Modell	13
5.3	Untersuchungen Versuchsstand	16
5.4	Untersuchungen In-Situ	24
5.5	Betriebliche Untersuchung und Wartung	44
5.6	Prüfung von Trumme mit und ohne INNOLET G auf externem Prüfstand und Wertung des Prüfverfahrens.....	49
5.7	Kosten Investition/Betrieb/Wartung	52
6	Umweltentlastung.....	54
7	Übertragbarkeit und Verwertung der Ergebnisse	55
8	Verbreitung der Ergebnisse.....	56
9	Zusammenfassung.....	57
10	Offene Fragestellungen.....	58
11	Literatur.....	59
12	Anhang	60

1 Einleitung

Nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik wurden in Siedlungsgebieten die Regenabflüsse im Allgemeinen und die Straßenabflüsse im Besonderen bisher nahezu ausschließlich über Kanalisationen abgeleitet und zwar entweder nach dem Prinzip des Mischsystems gemeinsam mit dem anfallenden Schmutzwasser oder nach dem Prinzip des Trennsystems in einem eigenen Kanalnetz. In Neubaugebieten wird weit überwiegend das Trennsystem angewendet. In Bestandsgebieten überwiegt in Deutschland noch das Mischsystem (ca. 60 %). Trennsysteme finden sich in Bestandsgebieten vorwiegend in Norddeutschland. Hier ist das natürliche Ableitungsgefälle im Allgemeinen relativ gering, was für die vorliegende Zielstellung von Bedeutung ist. Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf Straßenabflüsse in Trennsystemen und zwar auf das Problem ihrer (teilweisen) Reinigung vor der Einleitung in die Gewässer.

Die strikte Ableitung des Regenwassers und dessen direkte Einleitung in die Gewässer erfüllt zwar das Ziel, innerhalb der Siedlungsgebiete einen angemessenen „Entwässerungskomfort“ herzustellen, hat aber andererseits hydrologisch nachteilige Konsequenzen: Verminderung der Grundwasserneubildung, Abflussverschärfung in den Gewässern im Regenwetterfall, Abflussverminderung in Niedrigwasserphasen, Verschmutzung der Gewässer durch Stoffeinträge. Man versucht diese Nachteile durch sogenannte „End-of-pipe-Lösungen“ wie Regenrückhaltebecken, Bodenfilterbecken, Stauraumkanäle usw. zu kompensieren, was jedoch nur sehr unvollkommen gelingt und außerdem hohe Kosten verursacht. Dieses gilt sowohl für Mischsysteme als auch für Trennsysteme und zwar deswegen, weil der Regenabfluss intermittierend und mit hohen Spitzenabflüssen auftritt (bis zum hundertfachen von Kläranlagenzuflüssen). Selbst wenn es gelingt, für Regenabflüsse bis zu einer bestimmten Abflusshöhe (z.B. dem zwanzigfachen von Kläranlagenzuflüssen) Reinigungsanlagen zu errichten, die diese Zuflüsse verarbeiten und angemessen reinigen können, bleibt bei Trennsystemen mit ihren typischen geringen Gefälleverhältnissen in Bezug auf die Gewässer das Problem, diese Zuflüsse mit entsprechend dimensionierten Pumpwerken heben zu müssen, um das für den Reinigungsprozess notwendige Gefälle zu erzielen.

Seit ca. 10 Jahren findet im Bereich der Entwässerung ein Paradigmenwechsel statt. Der Grund hierfür ist, dass die bisherige praktizierte weitgehende Ableitung von Niederschlagsabflüssen über konventionelle Trenn- oder Mischsysteme zu unübersehbaren Problemen geführt hat (s.o.).

Dass diese Probleme ernst zu nehmen sind, zeigen Auswertungen im Zuge der EU-Wasserrahmenrichtlinie. In vielen Einzugsgebieten liegt die Schmutzbelastung aus Niederschlagswasser heute höher als die aus der Summe der industriellen, gewerblichen und häuslichen Abwässer. Abb. 1: zeigt einen relativen Vergleich der siedlungsbedingten Emissionspfade für verschiedene Schwermetalle (BMU 2006). Da gleichzeitig in vielen Gewässern die Qualitätskriterien der EU-WRRL z.B. für Metalle nicht eingehalten werden (MUNLV 2005), ist der Handlungsbedarf hinsichtlich einer Verminderung der niederschlagsbedingten Emissionen offensichtlich.

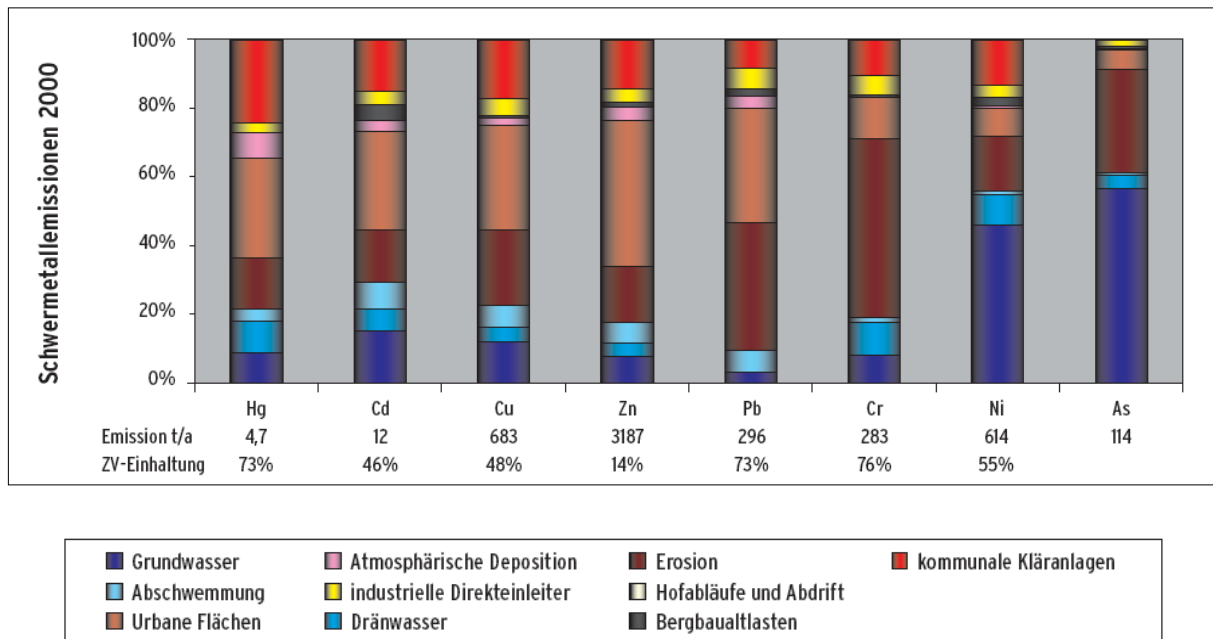


Abb. 1: Emissionspfade für Schwermetalle in Deutschland (BMU 2006)

Statt auf vollständige Ableitung setzen die Länder als wasserwirtschaftliche Aufsichtsbehörden zunehmend auf die Retention und Reinigung vor Ort. Dies ist mittlerweile in verschiedenen Landeswassergesetzen (z.B. Nordrhein-Westfalen, Brandenburg) festgelegt.

Zur Reinigung von verschmutzten Abflüssen stehen prinzipiell 3 Verfahren zur Verfügung:

- Chemische und biologische Umsetzung
- Sedimentation
- Filtration mit Adsorption

Als effektivste Reinigung hat sich für die besonderen Bedingungen der Regenabwasserbehandlung die Filtration mit Adsorption herausgestellt.

Besteht keine Möglichkeit innerhalb eines Trennsystems eine zentrale Regenwasserbehandlung zu realisieren, kommt folgende Überlegung zum Tragen: Selbst innerhalb flach geneigter Regenwasserkanalisationen der Trennsysteme ist ein natürliches Gefälle von Straßenoberfläche zum Rohrscheitel der unterirdisch verlaufenden Regenwasserkanalisation vorhanden, das für einen Reinigungsprozess mit senkrechter Filtration zu nutzen wäre. Der nutzbare Gefällesprung beträgt dabei in der Regel ca. 1-2 m.

Nach dieser „Verortung“ potentieller Reinigungsmöglichkeiten stellt sich als nächstes die Frage nach einer möglichen praktischen Umsetzung unter der Vorgabe, dass die in Bestandsstraßen vorhandenen Einlaufstellen aus wirtschaftlichen Gründen weiterhin zu nutzen sind. Die vorhandenen Einlaufstellen, gemeinhin als „Gullies“ bezeichnet, liegen etwa im Abstand von 30 – 50 m im Verlauf der Abflusssrinnen entlang der Bordsteinkanten mit einer Einzugsfläche von ca. 250 – 300 m².

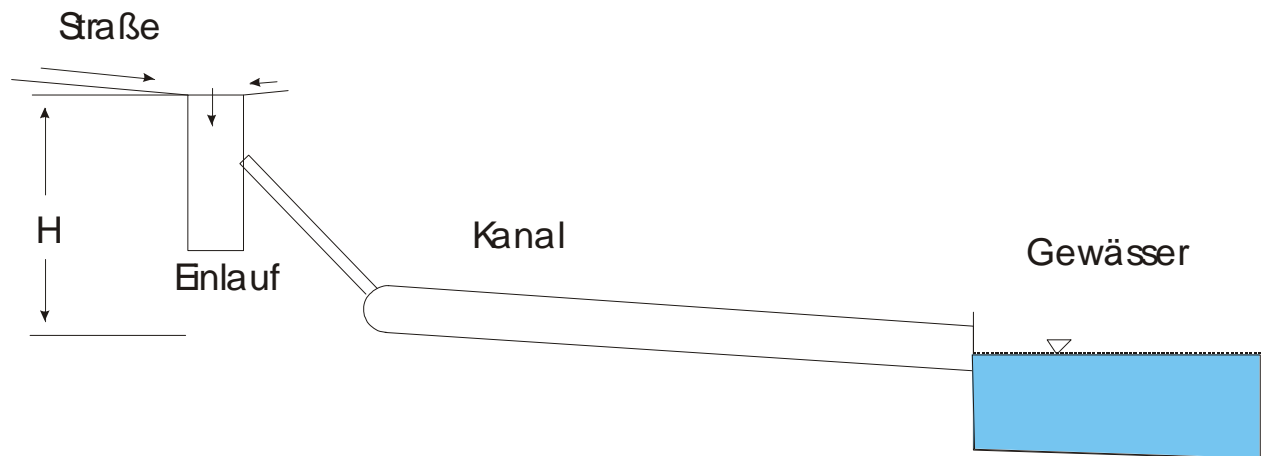


Abb. 2: Höhendifferenz von StraÙenoberkante zu Oberkante Kanal und Verhältnis zu anstehendem Gewässer

Die unter dem Namen INNOLET geführten Lösungen haben sich als grundsätzlich geeignet für die Behandlung von StraÙenablaufwasser herausgestellt. Die unter den bisherigen Bedingungen untersuchten Lösungen führten zu einem guten Erfolg und sollten deshalb praxis- und serienreif entwickelt und in Feldversuchen unter realen Wartungs- und Betriebsbedingungen getestet werden.

Die Aussage „Reinigung eines wesentlichen Teils“ bedeutet, dass man auf keinen Fall Lösungen erwarten darf, die es ermöglichen, beliebig hohe Abflussspenden dem Reinigungsvorgang zu unterziehen. Dieses ist auch bei den sog. „End-of-pipe-Lösungen“ aus wirtschaftlichen Gründen nicht realisierbar. Allerdings bedeutet die Festlegung einer Obergrenze der behandelbaren Abflussspenden von z. B. $15 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$, dass 90 % und mehr der jährlichen Abflüsse die Reinigungsstufe durchlaufen können. Für die restlichen Abflüsse, die sich in hohen Abflussspenden zeitlich konzentrieren, muss bei der Konzeption der Anlagenteile ein „bypass“ vorgesehen werden, der es gestattet, die Abflüsse ohne Abflussbehinderung abzuleiten.

Bei der Konzeption der Anlagenteile, die die Reinigung bewirken sollen, ist ferner zu berücksichtigen, dass nicht nur, wie bei konventionell ausgestatteten StraÙenabläufen, Grobstoffe und andere physikalisch absetzbare Stoffe zurückgehalten werden, sondern über adsorptive Prozesse auch in den StraÙenabflüssen enthaltene gelöste Stoffe in signifikanter Weise reduziert werden.

Bereits bei der Gestaltung der Anlagenteile muss auch die betriebliche Unterhaltung und die Angemessenheit ihrer Kosten bedacht werden. Hier spielen z.B. die notwendigen Reinigungszyklen, die bei konventionellen StraÙenabläufen in der Größenordnung von ca. 6 Monaten liegen, oder auch die Austauschzyklen eine Rolle. Auch die Technik der betrieblichen Unterhaltung (Reinigung vor Ort oder durch Modulaustausch) muss einkalkuliert werden.

2 Anlass: Bisherige in Hamburg erprobte Lösung

INNOLET wurde in seinen klassischen Bauformen (Filterpatrone und Rinne) im Rahmen zweier Fördervorhaben, BMBF und FSG (BMWI) entwickelt und auf seine Praxistauglichkeit untersucht. Dazu wurden die grundsätzlichen Eignungen der Filtermaterialien, die Erhaltung der Leistungsfähigkeit und der Einsatz im Straßenraum untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die gestellten Anforderungen erreicht werden konnten.

Im Rahmen von 2 von der EU geförderten INTERREG IIIb North Sea Region Vorhaben zusammen mit den Stadtentwässerungsbetrieben Hamburg und Hannover wurden die INNOLET Filterpatronen in 2 stark befahrenen Straßenzügen mit jeweils mehr als 35.000 bzw. 15.000 KFZ/d eingesetzt. Diese Straßen wurden regelmäßig durch die Straßenreinigung gewartet. Die dort vorhandenen konventionellen Gullys sind als Nassgullys ausgeführt und werden alle 1-2 Jahre gereinigt.

Beim Einsatz in der Bergedorfer Str. in Hamburg wurden erhöhte Einträge von Schmutzstoffen festgestellt. Die üblichen Einträge von 200 mg/l AFS werden in dieser Straße offensichtlich weit überschritten. Die Einträge bestehen zum einen aus sehr hohen Mengen organischen Blütenblätter und Blütenstaub. Zum anderen kommt es punktuell zu hohen Sandeinträgen. Beim Einsatz in der Fössestr. in Hannover-Linden wurden diese erhöhten Einträge nicht beobachtet.

Der hohe Eintrag in der Bergedorfer Straße in Hamburg führt zu einem Engpass im Einlaufbereich des Gullys und kann zum hydraulischen Verringern des Zuflussquerschnittes führen, so dass im Extremfall kein Wasser in den Kanal gelangt und auf der Straße dem nächsten Gully zuläuft.

Eine Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgte in einem Beitrag zur 11. ICUD 2008 (International Conference on Urban Drainage) in Edinburgh und in der Korrespondenz Abwasser 2/2009.

Es hatte sich gezeigt, dass die Filter in der damals vorliegenden Konstruktion noch nicht den betrieblichen Anforderungen der Hamburger Stadtentwässerung genügen. Insbesondere wurde das schnellere Zusetzen der Straßeneinlaufgitterroste bei hohen Frachtbelastungen verbunden mit höherem Unterhaltungsaufwand als nachteilig angesehen. Hier wurden zwischenzeitlich schon durch konstruktive Änderungen an der Ausgestaltung des Filterkörpers Verbesserungen herbeigeführt. Die hydraulischen Standzeiten der Filter waren in Bezug auf ihre hydraulische Durchlässigkeit (Filtermanteloberfläche ca. 1/4 Jahr) zu kurz für die Anforderungen vieler Straßenentwässerungsbetriebe hinsichtlich der Betriebsintervalle.

Ausschlaggebender für eine Neuentwicklung ist aber die Tatsache, dass das vorhandene INNOLET nicht ohne Umbau der Hamburger Nasstrumme eingebaut werden konnte. Dies verursachte Kosten, die es in einer zukünftigen Lösung zu vermeiden gilt.

3 Ziele des durchgeführten Vorhabens

Ziel des durchgeführten Forschungs- und Versuchsvorhabens war die Entwicklung und Erprobung eines in vorhandene Trummen mit Nassschlammfang nachrüstbaren Filters. Dies galt insbesondere für Trummen, die auf Grund der Bauart, wie z.B. der Standard Nasstrumme der Hamburger

Stadtentwässerung, ohne Umbau oder Erneuerung keine Möglichkeit für den Einbau einer INNOLET-Filterpatrone bieten.

Dieser Filter sollte dabei den maximalen Querschnitt im Einlauf beibehalten und die im Schlammfang sich ansammelnden Materialien zurückhalten. Gleichzeitig war es Ziel den Betriebsaufwand durch die Freihaltung des Zulaufquerschnittes gegenüber der Variante INNOLET Filterpatrone zu minimieren.

Die Entwicklung einer neuen Bauform sollte folgenden Kriterien genügen:

- a. Einfache Nachrüstung ohne Umbau der Nasstrumme
- b. Verhinderung der Verstopfungsgefahr am Gitterrost
- c. Nutzung des vorhandenen Schlamm-speichers (Nassschlammfang)
- d. Verhinderung des Austrages von Schwimmstoffen
- e. Filtration vor Ablauf in den Kanal

Dieser Filter sollte die Möglichkeit bieten möglichst auch in Nassgullys, wie sie in vielen weiteren Städten vorhanden sind, angewandt zu werden.

4 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise bei der Entwicklung und Erprobung basiert auf 3 Säulen:

- Erprobung des Filters am Versuchsstand im Technikumsmaßstab
- Erprobung des Filter in situ
- Test des Filters auf einem externen Prüfstand

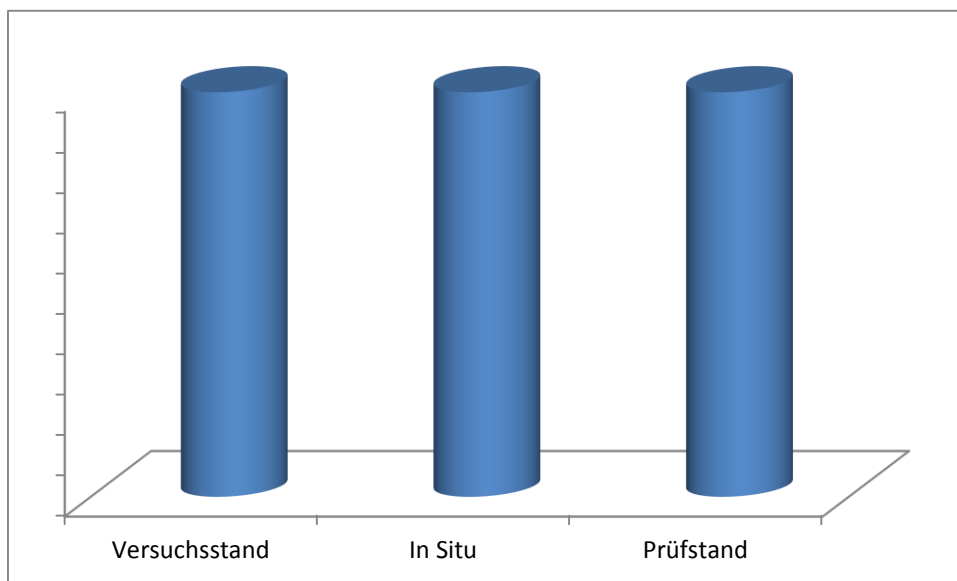


Abb. 3: Die 3 Säulen der Untersuchungen zu Leistungsfähigkeit und Betrieb der INNOLET G Anlagen

Durch diese Vorgehensweise können, im Gegensatz zu einer reinen Betrachtung auf Versuchs- oder Prüfstand, die in der Realität auftretenden vielfältigen Betriebsbedingungen besser mit in die Betrachtung einbezogen werden. Diese werden sowohl auf dem Versuchs- als auch auf dem Prüfstand nur ansatzweise abgebildet.

An dieser Kette hingelte sich das Versuchshaben zu INNOLET G lang, um ein möglichst umfassendes Bild über die zu entwickelnde Anlage zu bekommen.

5 Durchgeführtes Untersuchungsprogramm

5.1 Auswertung Literatur

Filtermaterialien können in der Regel im nicht ständig oder ständig eingestaumtem Zustand betrieben werden. Im nicht ständig getauchten Zustand findet ein Trockenfallen des Filtermaterials statt. Das Material trocknet weitgehend ab.

Im ständig getauchten Zustand bestehen andere Bedingungen. Das Material könnte sich u.U. auflösen. Die unteren anaeroben Bedingungen einsetzenden Prozesse zur Versauerung des Trümmilmilieus könnten dazu führen, dass Stoffe, die gebunden vorliegen wieder abgelöst werden können.

Der pH-Wert wirkt stark auf die Mobilität der Schwermetalle. Aus verschiedenen Untersuchungen ist bekannt, dass der Grund hierfür im Redoxpotential der einzelnen Ionen zu finden ist. Davon abhängig stellen sich die Konzentrationen und gebundenen Schwermetallionen ein.

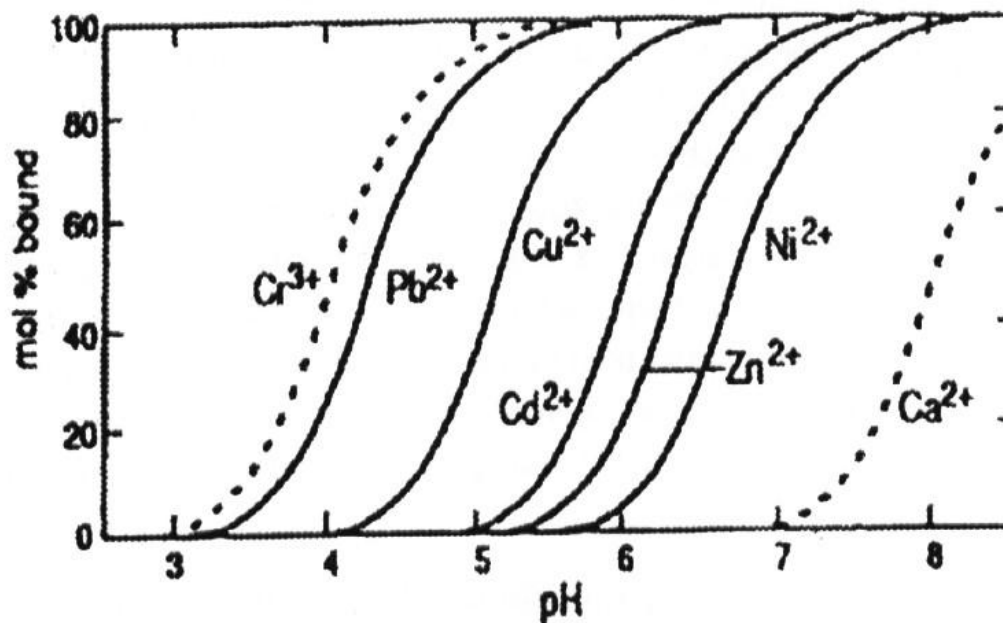


Abb. 4: Gebundene Schwermetallionen Cr, Pb, Cu, Cd, Zn, Ni, Ca in Abhängigkeit vom pH-Wert, aus: [Göttle, 1978]

Ebenfalls möglich ist die Bildung eines Bakterienrasens. Aus der Abwasserreinigung ist bekannt, dass durch den Bewuchs mit Bakterien auch eine biochemische Umsetzung insbesondere von organischen Stoffen stattfinden kann. Ebenso können Schadstoffe in der Bakterienmasse inkorporiert werden. Wachstums- und Abbauraten sind für Straßeneinläufe (Trummen) bislang noch nicht untersucht worden. Da die hydraulischen Bedingungen in der Trumme, gegenüber einer Kläranlage einen deutlich stärkeren Belastung aufweisen, ist der Umsatz bei der Passage des Filter wahrscheinlich vernachlässigbar. Allerdings werden bei längeren Standzeiten ohne Niederschlag biochemische Umsetzungsprozesse stattfinden.

Ein Beispiel für eine Anlage mit Filtermaterialien im Dauerstau ist REHAU/3P Hydrocon. Auch dort ist das Filtermaterial für Aufstromfiltration im ständig mit Wasser bedeckten Bereich oberhalb des Wirbelabscheiders untergebracht.

Für die Versuche wurde das bereits in der INNOLET Filterpatrone eingesetzte Filtermaterial als erst mal als geeignet angesehen, da in den vorherigen Anwendungen keine Zerfall unter wassergesättigten Bedingungen beobachtet wurde.

Eingetragene Feststoffe

Untersuchungen in Hannover [Hurlebusch, 1986] zeigen, dass es einen Rückhalt von Feststoffen, unterteilt nach Kornfraktionen, in Abhängigkeit vom Abfluss gibt. Dabei wurde festgestellt, dass es für die Kornfraktion $>1,6$ mm einen Rückhalt $>90\%$ gibt. Für kleinere Fraktionen sinkt der Rückhalt mit zunehmender Abflussmenge stark ab. Für kleine Fraktionen $<0,08$ mm liegt sie unter 10% .

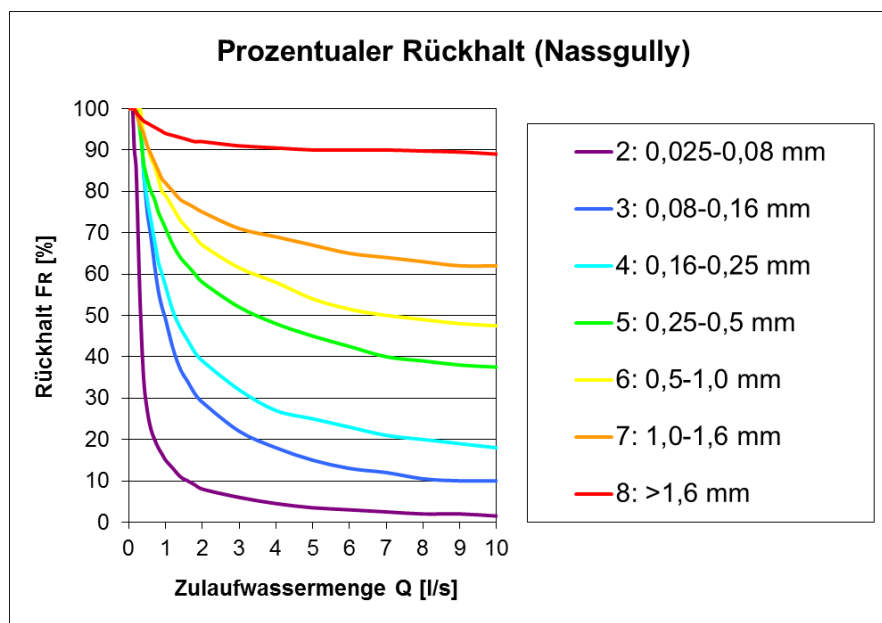


Abb. 5: Rückhaltung einzelner Korngrößenfraktionen im Nassgully bei unterschiedlichen Beschickung am Versuchsstand, nach [Hurlebusch 1986], aus [Stein, 2005]

RUMPF bestätigte diese Ergebnisse durch in-situ Untersuchungen. Es besteht nach diesen Untersuchungen eine nahezu lineare Abhängigkeit von eingetragener Fracht zu angeschlossener Fläche. Allerdings unterscheiden sich die Rückhalte in Abhängigkeit von der Art des Einlaufes. [Stein, 2005]

So wurden für Straßenabläufe mit Bodenablauf (Trockengully) Feststoffrückhaltewerte (AFS) von 8-16% registriert. Für Straßenabläufe mit Schlammraum wurden Rückhaltewerte an AFS von 20-35% registriert.

Andere Untersuchungen [Godehardt, 2002] zeigen, dass bei Sinkkästen mit trockenen Eimern Feinstanteile schneller ins Kanalnetz gelangen als bei nassen Sinkkästen. Letztere halten 20% mehr Feinstanteile zurück.

Diese Betrachtung ist interessant, wenn man den Anteil der Stoffgruppen am Gesamteintrag betrachtet.

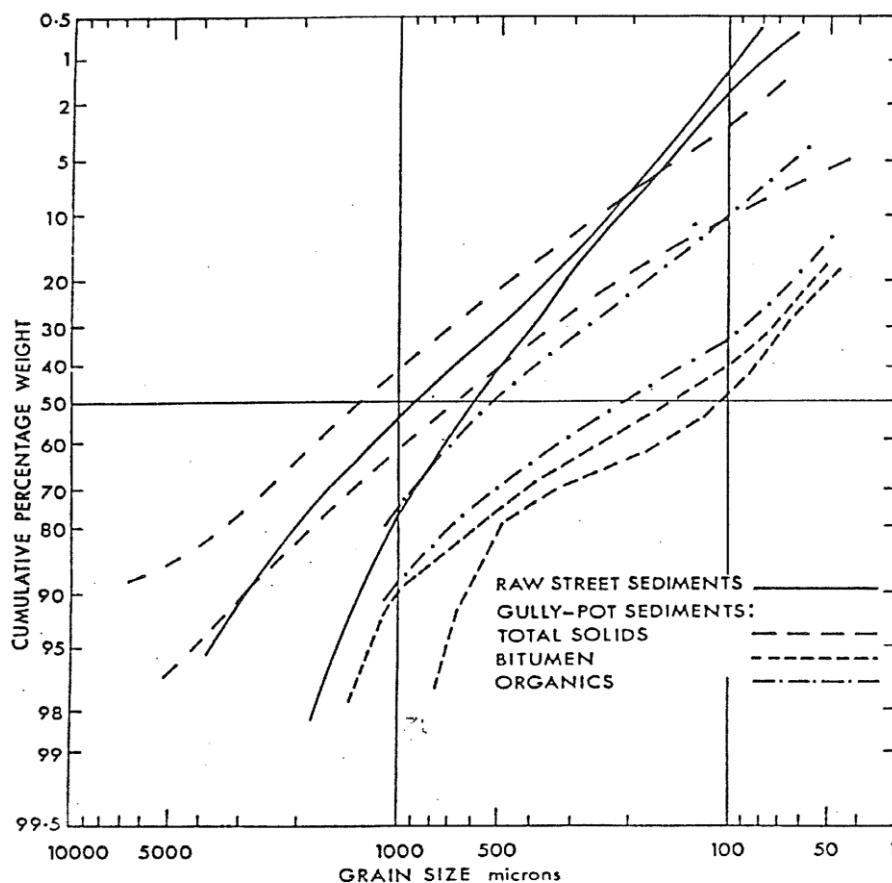


Abb. 6: Korngrößenverteilung unterschiedlicher Straßendreck und Straßeneinlaufsedimentfraktionen, aus: [Hurlebusch 1986]

In den von [Göttle, 1978] veröffentlichten Daten ist der Großteil der Schwermetalle an die Partikelfraktion zwischen 0,1 und 1 mm gebunden. Dagegen finden sich in den Anteilen unter 0,1 mm höhere Anteile an organischen Stoffen sowie auch Phosphor und Nitrat.

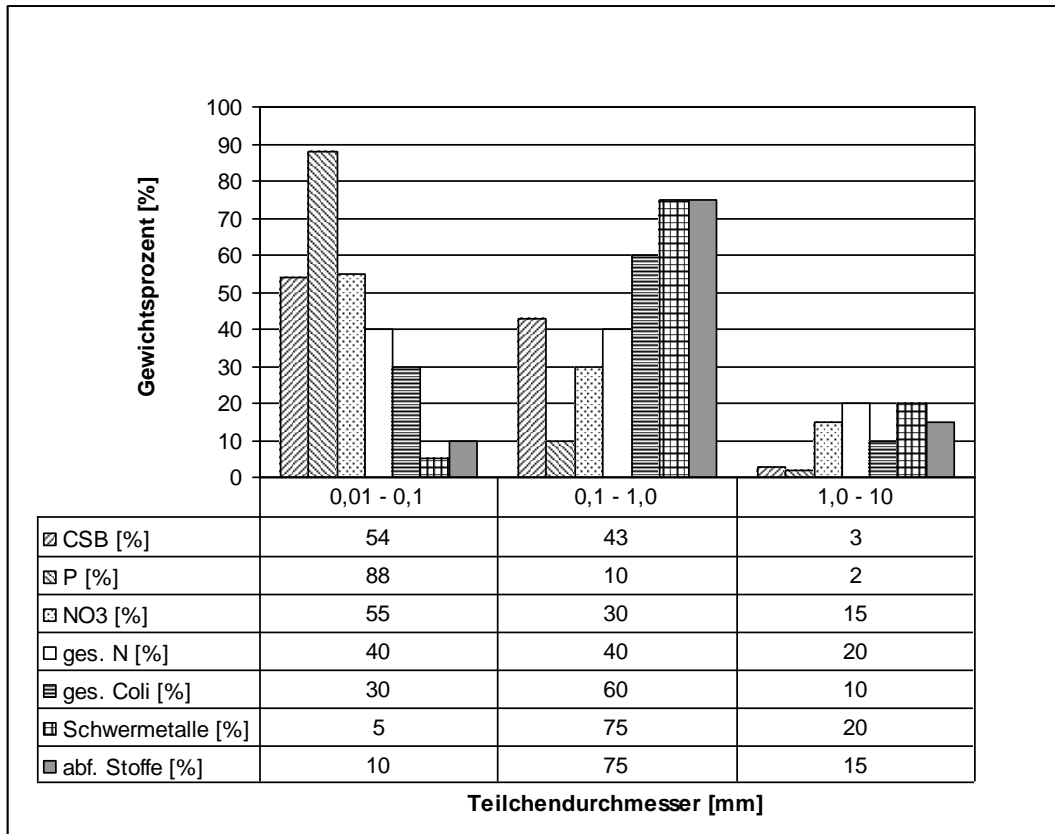


Abb. 7: Verteilung der an Partikel gebundenen Schadstoffe auf unterschiedliche Korngrößen, nach: [Göttle, 1978]

Im Gegensatz dazu werden die Ergebnisse von GÖTTLE von Xanthopoulos in Bezug auf die Schwermetalle nicht bestätigt. Nach [Xanthopoulos, 1990] werden die Schwermetalle an die kleinste Kornfraktion gebunden. Allerdings ist die Aufteilung der Kornfraktionen hier etwas anders. Gemeinsam ist die Aussage, dass die Schwermetalle offensichtlich nicht an der Kornfraktion > 0,6 mm bzw. > 1 mm angebunden sind.

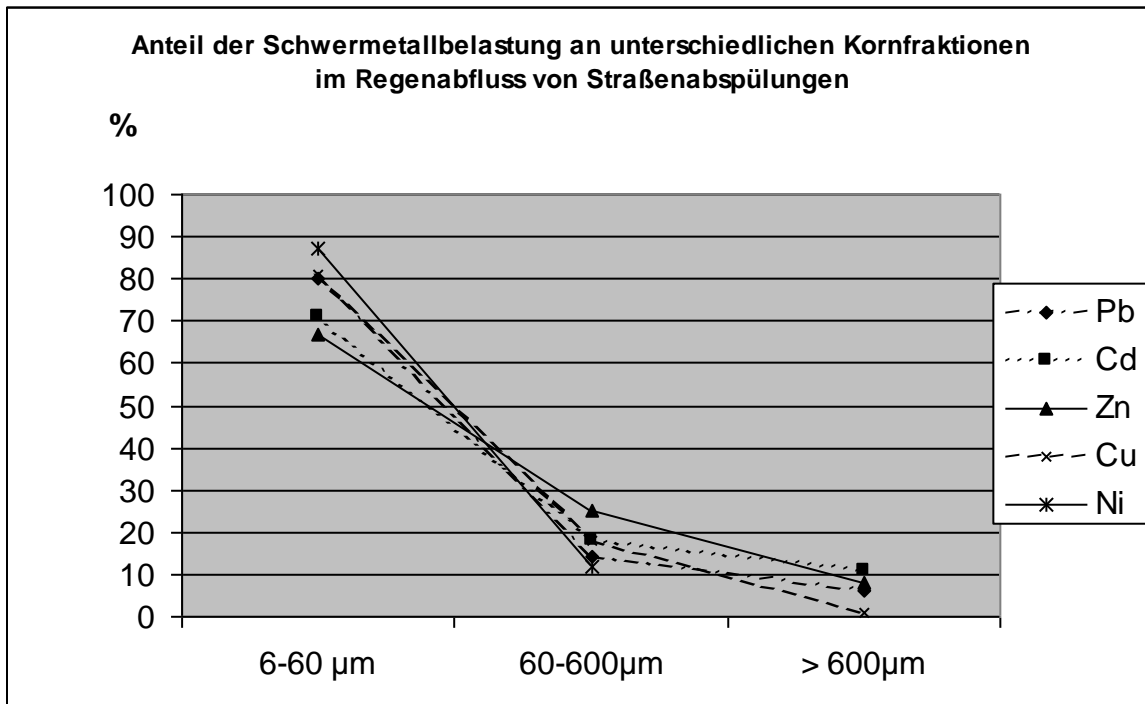


Abb. 8: Anteil der Schwermetallbelastung an unterschiedlichen Kornfraktionen im Regenabfluss von Straßenabspülungen [Xanthopoulos, 1990]

Ähnliche Ergebnisse wurden von [German, Svensson, 2002] berichtet. Hier wurden bei Untersuchungen von Ablagerungen im Sediment von Straßen und in Straßenabläufen festgestellt, dass die kleinen Partikelfraktionen einen proportional höheren Gehalt an Schwermetallen haben.

Die AFS sind nicht nur von der Größe der Frachten her interessant. Besonders die feinkörnigen Bestandteile der abfiltrierbaren Stoffe weisen ein sehr hohes Verschmutzungspotenzial auf, das bereits bei geringen Abflussintensitäten nahezu vollständig abgespült wird. [Grottker, 1987] bezeichnet die AFS als „Träger“ für andere Schmutzstoffe. GÖTTLE weist in seinen Untersuchungen darauf hin, dass mit abnehmender Korngröße der organische Anteil zunimmt. Bereits in der Luft werden die organischen Verunreinigungen an die feinsten mineralischen Partikel absorbiert. Die Bedeutung gerade dieser Fraktion wird durch die Tatsache verstärkt, dass nur ein geringer Teil durch die Straßenreinigung entfernt werden kann und somit zu einem Großteil in den Regenabfluss gelangt. Dagegen sind die gröberen Bestandteile (1.0-10 mm) erst einmal aus mehreren Gründen von vergleichsweise geringerer Bedeutung [Göttle, 1978]:

- sie machen gewichtsmäßig nur ca. 20% der Gesamtverschmutzung aus,
- sie beinhalten ein geringeres Schmutzpotenzial als die Feinschmutzstoffe,
- sie werden erst bei größeren Niederschlagsintensitäten abgetragen,
- sie sind durch die meisten Behandlungsmethoden gleichermaßen gut zurückzuhalten.

Allerdings muss man sich nach [German, Svensson, 2002] auch dieser Fraktion widmen, da sie im Laufe der Zeit auf der Straße durch mechanische Prozesse oder durch Zerfall zerkleinert wird. Als



Folge davon kann sie ausgetragen werden. Für weiterhin zurückgehaltenes Feinmaterial kann auf Grund der vergrößerten Oberfläche aber auch mehr Schadstoffe gebunden werden als zuvor. Letzteres gilt insbesondere für organisches Material.

Bezüglich organischer Stoffe finden auch im Schlammfang einer Trumme noch Zersetzungsprozesse statt, so dass das Grobmaterial wie Blätter oder Blüten mit der Zeit u.a. durch mikrobielle Umsetzung in kleinere Bestandteile zerlegt werden können.

Prüfverfahren

Im Rahmen des DIBt und des Forschungsvorhaben zur Entwicklung eines Prüfverfahrens wird mittlerweile ein Prüfverfahren für die Prüfung von Regenwasserbehandlungsanlagen vor der Versickerung, hier insbesondere die unterirdische Versickerung, diskutiert. In diesem Prüfverfahren wird nach derzeitigem Stand eine Prüfung von Anlagen mit einem Prüfmaterial (Millisil W4) vorgesehen. Dieses hat eine Korngröße von 100-400 µm. Durch Zugabe einer bestimmten Menge dieses Materials unter verschiedenen hydraulischen Belastungen wird ein Gesamtrückhalt ermittelt.

Hintergrund dazu ist, dass davon ausgegangen wurde, dass der Hauptteil der Schadstoffe an Partikel dieser Prüfmaterialkorngröße gebunden ist. Auch die Praktikabilität der Prüfung spielte dabei eine Rolle. Eine Prüfung auf Rückhalt anderer Korngrößenfraktionen und Stoffgruppen findet nicht statt. Eine Erweiterung der Prüfung auf Schüttelversuche zur Bestimmung des Rückhaltes gelöster Stoffe wie z.B. Schwermetalle im Laborversuch wurde diskutiert. [DBU Endbericht 2010]

5.2 Entwicklung des Prototypen zum fertigen Modell

Der bestehende INNOLET Filter soll bei hohen Belastungen im Straßenbereich in abgewandelter Bauform INNOLET G in einer vorhandenen Nasstrumme eingesetzt werden. Ziel ist es eine Filtration vor dem Ablauf aus der Trumme durch die Installation eines Filters zu erreichen.

Konstruktion

Eine Aufhängung des Filters wird so platziert, dass sie als Tauchwand fungiert und das Weitertragen von Schwimmstoffen verhindert. Der Filter wird in den Schacht eingehängt und von radial angeströmt. Eine Halterung wird in den Trummenschacht derart eingebracht, dass eine Filterpatrone in den Schacht eingehängt werden kann. Nach Herausnahme der Filterpatrone ist eine konventionelle Schlammabsaugung des Schlammfanges möglich.

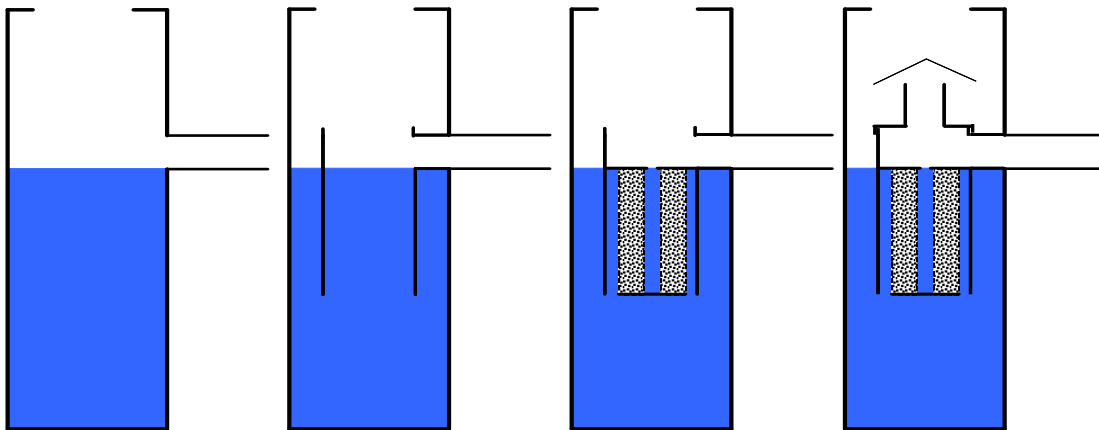


Abb. 9: Prinzipskizze INNOLET getaucht

Für die neue Konstruktion mussten folgende Fragen geklärt werden:

1. Wie verhält sich das Filtermaterial, wenn es dauernd im Wasser eingetaucht ist? Gibt es Rücklösungseffekte?
2. Wie hoch ist die Reinigungsleistung?
3. Wie hoch ist die Durchsatzleistung?
4. Wie ist das Handling?
5. Wie hoch sind die Aufwendungen für die Nachrüstung bestehender Trummen?

Folgende Anforderungen waren für die Entwicklung maßgebend:

- Material: Edelstahl, robust und haltbar, nicht rostend
- Leichte Bedienbarkeit
- Sicherstellung des Notüberlaufes

Erste Stufe war die Entwicklung eines Prototypen, der in Standardstraßeneinläufe nachzurüsten ist. Die Grundentwicklung wurde durch IPS durchgeführt und mit eigenen Untersuchungen begleitet. Die Prototypen wurden durch einen externen Hersteller produziert.

Folgende Schritte wurden für die Entwicklung durchgeführt:

- Entwicklung der Halterung
- Einpassung des Filters mit Abdeckung

Nach der Konstruktion und dem Bau des Prototypens wurden Vorversuche am Versuchsstand durchgeführt. Das Langzeitverhalten der Filtermaterialien und praktische Versuche zu Einbau und Wartung durchgeführt.

Der Prototyp wurde am eigenen Versuchsstand entwickelt und getestet. Hierzu gehört vor allem die Installation des Filters im Schacht. Die zugehörige Mechanik muss dazu robust und leicht bedienbar ausgeführt werden.



Abb. 10: INNOLET G Bauteil, Prototyp

Gelöst wurde diese Aufgabe durch eine aus Edelstahl bestehende Vorrichtung, die in das vorhandene Auslaufrohr dicht eingesetzt wird. Darin wird der mit Filtermaterial gefüllte Filter eingehängt und durch das Niederschlagswasser im Straßeneinlauf durchströmt wird. Ein Deckel, der die darunter liegenden Teile überragt, verhindert das direkte Abfließen des Wassers in den Kanal. Die Grobstoffe sedimentieren Schlammfang.

Ziel war es Blätter und Schwimmstoffe durch einen in den Filterträger einsetzbaren Überlauf, der als Tauchwand wirkt, am Weitertransport in den Kanal zu hindern. Auch Öl sollen, in kleinen Mengen, zurückgehalten werden.



Abb. 11: INNOLET G Bauteil, Version für den Einbau vor Ort

Die Bauteile Filter und Abdeckung wurden so angeordnet und mit einer Öse versehen, dass sie mit einem normalen Kanalhaken herausgenommen, gewartet und das Filtermaterial ausgetauscht werden können.



Abb. 12: *INNOLET G Bauteil, Version für den Einbau, hier in einen Kunststoffschacht*

Die Version kann sowohl in die in Hamburg verwendete Betontrumme als auch in einen baugleichen Kunststoffschacht erfolgen, wie er im vorstehenden Bild dargestellt ist.

5.3 Untersuchungen Versuchsstand

Die Filter wurden an zwei Versuchsaufbauten getestet.

1. Zuerst wurden die Filter auf einem Versuchsstand getestet und erste Erfahrungen für den praktischen Einsatz gesammelt.
2. Anschließend erfolgte ein Einsatz im Feldversuch.

Der Versuchsstand wurde für den getauchten Filter eingerichtet. Hier kann eine effektive Probenahme und Versuchsdurchführung gewährleistet werden.

Ein Versuchsstand wurde errichtet, an dem die Versuche mit den Prototypen durchgeführt werden konnten. Der Versuchsstand stellt einen Nassgully mit dem typischen Aufbau der Hamburger Trumme nach Standard Regelblatt dar, der in Hamburg standardmäßig seit den 1970iger Jahren eingebaut wurde. Dies garantiert kontrollierte und gleichmäßige Bedingungen um die Leistungsfähigkeit und Funktion im Technikumsmaßstab zu ermitteln. Für den Versuchsstand sind die Standardbetonteile für den Schachtaufbau inkl. Pumpe und Vorlagebehälter notwendig (siehe Abbildungen).

Am Versuchsstand werden die betriebstechnischen und stofflichen Voruntersuchungen des entwickelten INNOLET G durchgeführt. Dazu können definierte Betriebszustände hergestellt werden.

Proben werden im Zu- und im Ablauf gezogen. Das Verhalten des Filters im Betrieb wird untersucht.



Abb. 13: Versuchsstand INNOLET



Abb. 14: Zugabe Material

Auf dem Versuchsstand werden definierte Zulaufmengen und Konzentrationen zugegeben. Diese simulieren eine jährliche Belastung des Filters mit Schlammfang. Die Beschickung erfolgt im Zeitraffer über einen Zeitraum von 1-2 Tagen. Diese Vorgehensweise hat sich bei der Entwicklung der INNOLET-Filterpatrone bewährt. Im Unterschied zur Beschickung in Situ erfolgt hierbei aus technischen Gründen eine Kreislaufführung des Wassers. Das kann auch zur Aufkonzentrierung von Stoffen im Zugabewasser führen.



Abb. 15: Ausbau des Filters

Um den quantitativen Rückhalt zu ermitteln, wurden Proben am Versuchsstand sowie in einem externen Labor untersucht. Die Probenahme erfolgte im Zulauf, im Schlammfang (Überstand, Boden) und im Ablauf.

Die untersuchten stofflichen Parameter waren:

pH, elektr. Leitfähigkeit, AFS, CSB, TOC, Schwermetalle (Zn, Cu, Cd, Pb), PAK, MKW, Nges, Pges

Flüssigproben

Als Flüssigproben werden Proben im Zu- und im Ablauf des Filters gezogen.

Feststoffproben

Die Beprobung der INNOLET-Straßenablauffilter werden vor und nach der Versuchslaufzeit durchgeführt. Die Untersuchung erfolgt in den Bereichen Schlammfang, Ablagerung auf dem Filterkorbmantel und Filtermaterial.

Dazu werden Siebkennlinien ermittelt und qualitative Untersuchungen durchgeführt. Die Feststoffe werden auf pH, lekt. Leitfähigkeit, AFS, CSB, TOC, Schwermetalle, PAK, N, P, Glühverlust, Feuchtegehalt und Trockensubstanz untersucht. Die Eluatproben werden auf pH, elektr. Leitfähigkeit, AFS, CSB, TOC, Schwermetalle, PAK, N und P untersucht.

Versuchsstand

Am Versuchsstand wurden Untersuchungen zu Zu- und Ablaufwerten durchgeführt. Zusätzlich wurden Feststoffproben des Filtermaterials und des Schlammfangs untersucht.

Ergebnisse Hydraulik

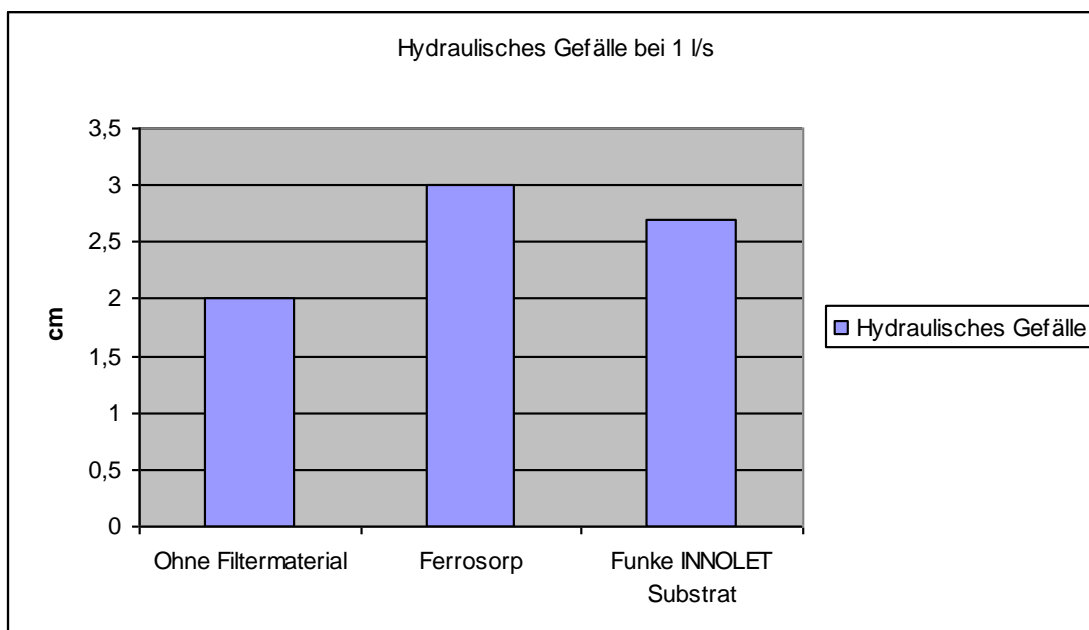


Abb. 16: *Hydraulisches Gefälle (Aufstauhöhe am Filter in der Trumme) bei 1 l/s Zulauf, ohne und mit Filtermaterial*

Zu Beginn wurden Versuche durchgeführt, um den Anfangsfilterwiderstand zu bestimmen. Dazu wurde der Filter mit einem Durchfluss von 1 l/s beschickt. Ohne Filtermaterial ergibt sich eine Aufstauhöhe am Filter in der Trumme von 2 cm. Mit einem mit Filtermaterial gefüllten Filter ergibt sich eine Aufstauhöhe von 2,5 – 3 cm.

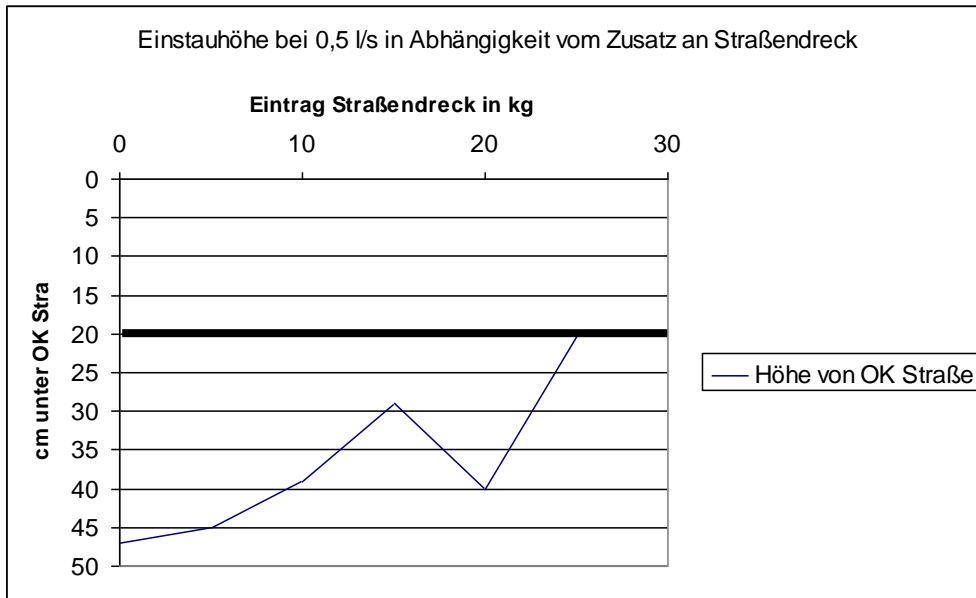


Abb. 17: Änderung der Aufstauhöhe nach Zugabe von 25 kg Straßendreck im Versuch, bei Überschreiten der schwarzen Linie springt der Überlauf an

Während eines weiteren Schnellversuches wurde die Aufstauhöhe mit sukzessiver Zugabe von 25 kg Straßendreck über die Versuchszeit ermittelt. Als Filtermaterial wurde INNOLET Substrat verwendet. Am Beginn wurde eine nur geringe Aufstauhöhe von wenigen Zentimetern ermittelt. Im Laufe des Versuchs mit Zugabe von Straßendreck erhöht sich der Filterwiderstand. Während der Phasen, in denen der Filter nicht beschickt wird, erfolgt eine Absetzung der im Schlammfang befindlichen Feinstoffe.

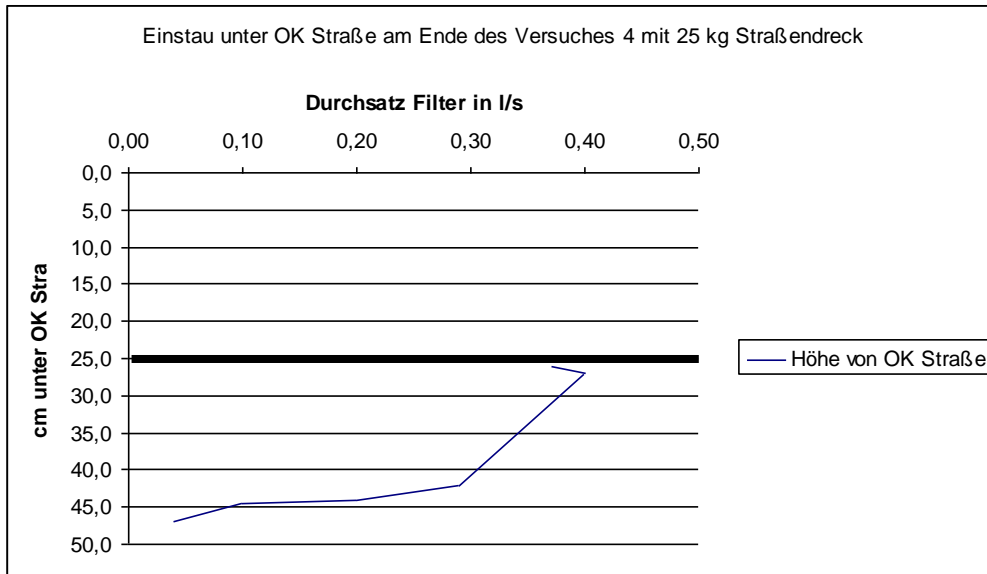


Abb. 18: Anstauhöhe des Filters am Ende des Versuches in Abhängigkeit von der Durchsatzleistung, bei Überschreiten der schwarzen Linie springt der Überlauf an

Zusätzlich zu der Betrachtung über die Änderung des Filterdurchsatzes während der Laufzeit wurde die Anstauhöhe in Abhängigkeit von der Durchflussgeschwindigkeit des Filters am Ende des Versuches untersucht. Der Durchsatz des Filters bis zum Anspringen des Überlaufes beträgt maximal noch 0,4 l/s.

Aus den hydraulischen Vorversuchen kann folgendes festgehalten werden:

1. Die zugegebenen abfiltrierbaren Stoffe werden in hohem Maße zurückgehalten, nur suspendierte, schlecht sedimentierbare Stoffe befinden sich im Ablauf,
2. Von den eingetragenen 25 kg Straßendreck findet sich fast die gesamte Menge im Schlammraum,
3. Geringe Ablagerungen durch Äste und Laub auf der Abdeckung wurden beobachtet,
4. Der Filter ist außen kaum mit Schlamm belegt,
5. Nach Absetzung (Phasen ohne simulierten Niederschlagszufluß, Trockenphasen) ergibt sich eine wesentliche Verbesserung des Filterdurchsatzes, wie sie auch in der Realität stattfindet.

Ergebnisse Stoffrückhalt

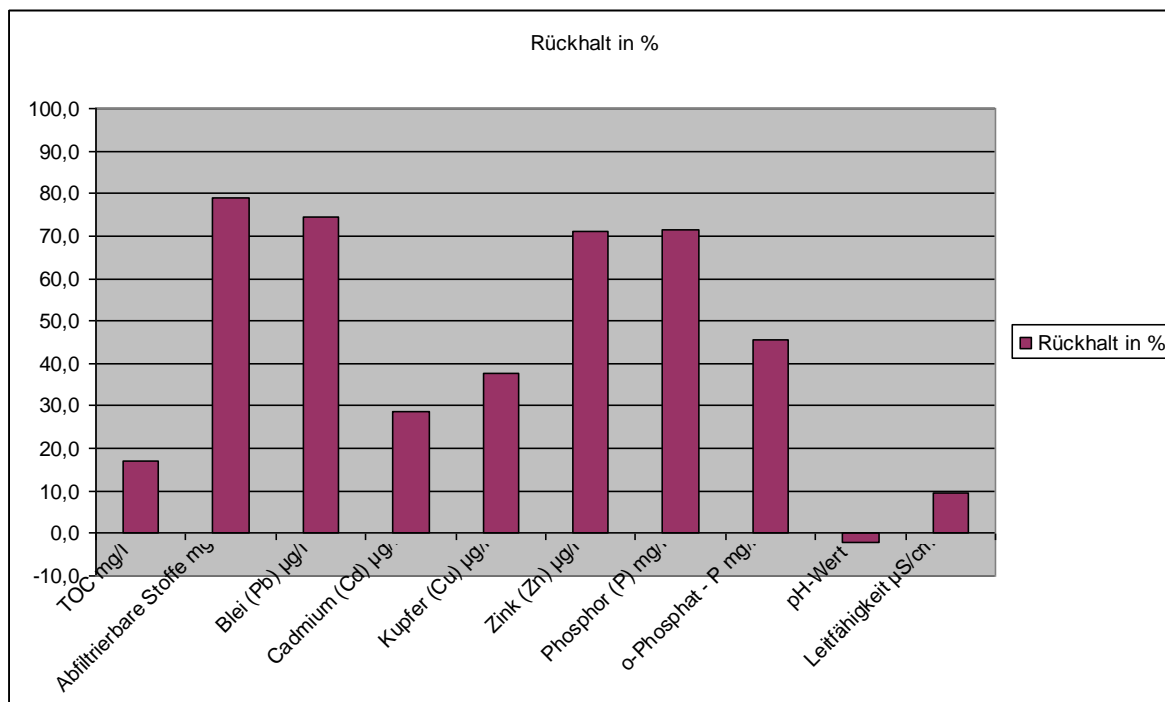


Abb. 19: Rückhalt verschiedener Stoffe in den Vorversuchen am Ende des Versuches am Versuchsstand

Die Rückhalteleistungen wurden aus den Konzentrationsunterschieden der Stoffe im Überstand des Schlammfanges und des Ablaufes ermittelt. Dabei ergeben sich Rückhaltewerte von 70-80% für AFS, Blei, Zink und Phosphor. Für verfügbares ortho-Phosphat ergeben sich 45% Differenz.

Kupfer liegt offensichtlich gelöst vor. Der beobachtete Rückhaltewert liegt bei ca. 38%. Auch TOC liegt vermutlich gelöst oder in Feinststoffen vor. Die Differenz liegt bei unter 20%.

Die Konzentration an Cadmium ist sehr gering. Der Rückhaltewert ist daher nur bedingt aussagefähig.

Tab. 1: Verteilung der Stoffkonzentrationen auf die einzelnen Bereiche der Trumme und des Vorratsbehälters, Vergleich mit den Mittelwerten der Ablaufkonzentrationen

Parameter	Einheit	Mittelwerte Ablauf	Vorrats- behälter	Überstand	Schlamm- fang
TOC	mg/l	19,255	25,9	32,9	96,8
Blei (Pb)	µg/l	5	5	7	190
Cadmium (Cd)	µg/l	0,5	0,5	0,5	2
Kupfer (Cu)	µg/l	207	240	260	450
Zink (Zn)	µg/l	49	67	59	1000
Phosphor (P)	mg/l	0,07	0,05	0,13	2,6
o-Phosphat - P	mg/l	0,12	0,04	0,04	0,28
abfiltrierbare Stoffe	mg/l	28	183	115	1237
pH-Wert		11,2	9,79	10,4	9,67
Leitfähigkeit	mS/cm	1467	615	743	666

Die Verteilung der Stoffkonzentrationen lässt erkennen, dass die Schadstoffe in hohen Konzentrationen kurz oberhalb des Schlammes des Trummenschlammesammelraumes (Schlammfang) angereichert werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

1. Für AFS wurde ein hoher Rückhalt von 70% beobachtet.
2. Für die Schwermetalle Blei und Zink und den Nährstoff Phosphor gesamt konnte ebenfalls ein ähnlich hoher Rückhalt ermittelt werden.
3. Die Konzentrationsdifferenzen für die anderen gemessenen Parameter sind geringer.
4. Die höchsten Konzentrationen finden sich im Schlammfang in der Flüssigphase oberhalb der abgesetzten Stoffe. Mit zunehmender Höhe nimmt die Konzentration erwartungsgemäß ab.

Streusalzversuch

Um den Einfluss von Streusalzgaben im Winter zu untersuchen wurde ein kompletter Versuch mit Straßendreck durchgeführt. Folgende Schritte wurden durchgeführt:

1. Versuch mit Straßendreck, 25 kg
2. Anschließende Zugabe von 10 kg Streusalz in 2 Schritten
 - 2,5 kg
 - 7,5 kg

Tab. 2: Stoffkonzentrationen vor und nach Zugabe von Streusalz (2 Portionen)

Parameter	Einheit	vor Streusalz- zugabe	nach Zugabe 2,5 kg Streusalz	nach Zugabe weiterer 7,5 kg Streusalz (Summe 10 kg)
TOC	mg/l	16,5	31,5	37,1
Blei (Pb)	µg/l	< 5	< 5	< 5
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kupfer (Cu)	µg/l	240	120	120
Zink (Zn)	µg/l	88	< 20	< 20
Phosphor (P)	mg/l	0,06	0,12	0,12
o-Phosphat - P	mg/l	< 0,04	< 0,04	< 0,04
abfiltrierbare Stoffe	mg/l	6,8	52,2	173
pH-Wert		11,4	11,2	10,9
Leitfähigkeit	mS/cm	1702	22900	72200

Die Konzentrationen wurden aus dem Ablauf ermittelt. Es konnte keine Erhöhung der Konzentrationen an löslichen Schwermetallen beobachtet werden. Allerdings ist eine Erhöhung des TOC, AFS und des Phosphorgehaltes im Ablauf zu beobachten.

Versuch mit Hamburger Trumme ohne Filter

Um eine vergleichende Betrachtung mit der Hamburger Trumme ohne Filter auf dem Versuchsstand durchzuführen, wurde ein einfacher Test durchgeführt, in dem der Trumme, wie auch bei den anderen vorhergehenden Versuchen, eine Schmutzmenge von 25 kg zugeführt wurde.

Es war festzustellen, dass, in Abhängigkeit von der Zulaufgeschwindigkeit, schnell absetzbare Stoffe in der Trumme zurückgehalten werden. Aber der überwiegende Teil der Schwimmstoffe wurden schon bei geringen Fließgeschwindigkeiten direkt über den Ablauf ausgetragen. Zu beobachten war dies im Versuch in einem Netz, in dem die Schwimmstoffe nach Durchfluss durch die Trumme aufgefangen wurden.



Abb. 20: Links Ablauf nach Versuchsende Trumme mit Filter (INNOLET Substrat), rechts Trumme ohne Filter mit aufgefangenen Schwimmstoffen

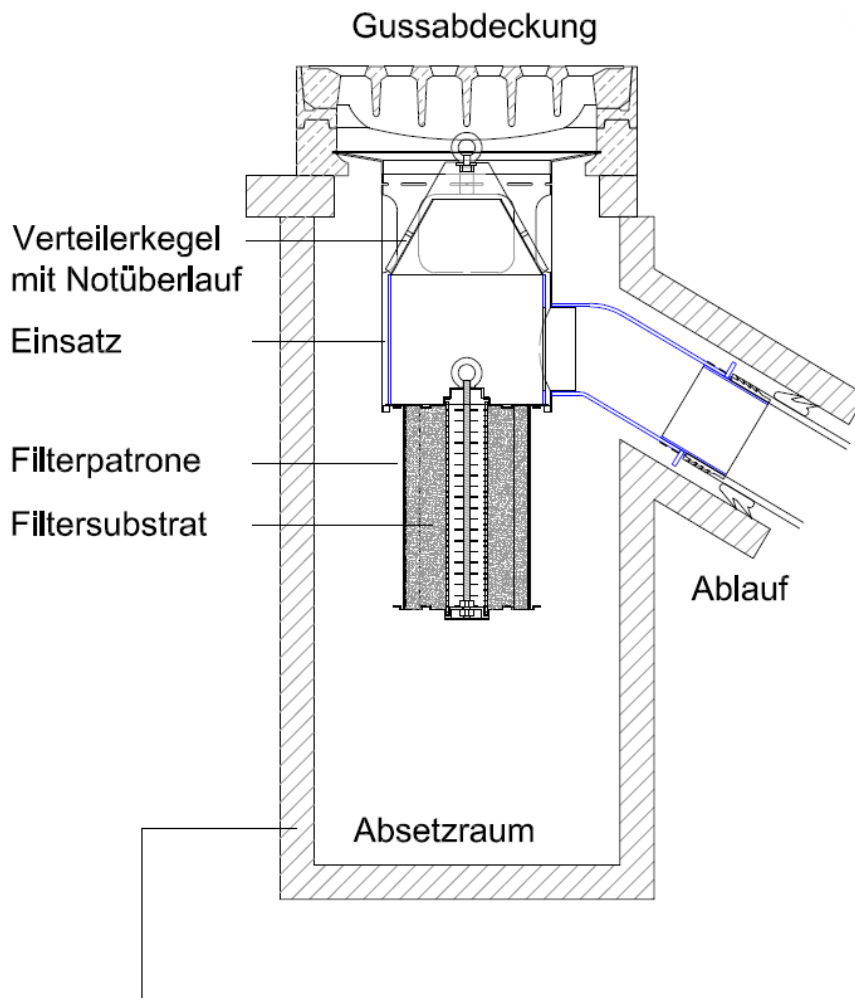
Hier ist festzuhalten, dass gerade ein sehr großer Teil der Schwimmstoffe aus organischem Material besteht (Blüten, Blätter, Äste etc.), welches ohne Rückhalt ins Gewässer gelangt und dort zu Sauerstoffzehrung durch Abbau organischen Materials führt.

Konstruktive Verbesserungen nach Vorversuchen

Folgende Verbesserungen wurden im Anschluss an die Vorversuche vorgenommen:

1. Der Anschluss des Schlauches wurde höhenvariabel konstruiert.
2. Die Kegelabdeckung des Filters wurde flacher gewählt um einen besseren Einbau unterhalb des Gitterrostes zu gewährleisten.

In der nachfolgenden Grafik ist das in Hamburg eingesetzte Bauteil in der Hamburger Trumme zu sehen. Dargestellt ist der Einsatz, der in der Trumme befestigt wird und dessen Ablauf mit dem Ablaufrohr der Trumme verbunden wird. In diesen wird die die Filterpatrone mit dem Substrat eingehängt. Darauf wird ein Verteilerkegel mit integriertem Notüberlauf gesetzt.



Straßenablauf mit Naßschlammfang ("Hamburger Trumme")

Abb. 21: Skizze für das in Hamburg eingesetzte Modell INNOLET G mit Beschreibung der Bauteile

5.4 Untersuchungen In-Situ

Nach erfolgreichem Abschluss der Versuche im Technikumsmaßstab (Versuchsstand) wurden In-Situ Versuche in Hamburg durchgeführt. Die Straße Vollhöfner Weiden befinden sich im Gebiet des Hamburger Hafens. Sie dient der Erschließung des südöstlichen Teiles des Hafengebietes. Die Belastung beträgt ca. 25.000 KFZ/d. Der Anteil an Schwerlastverkehr liegt bei geschätzten 50%.



Abb. 22: *Lage der Vollhöfner Weiden im Gebiet des Hamburger Hafens*

In dem Abschnitt der Straße in NO-SW-Richtung sind ca. 70 Trummen nach dem Regelblatt der Hamburger Stadtentwässerung eingebaut. Zusammen mit den Grundstücken entwässert dieser Teil in einen tief gelegenen Graben und anschließend in den Bereich der ehemaligen Süderelbe. Zur getrennten Behandlung im Bestand eignen sich die INNOLET G Systeme, da sie direkt am Straßeneinlauf (Trumme) ansetzen. Sie können direkt in den vorhandenen Straßeneinlauf eingesetzt werden.



Abb. 23: *Auslass der Regenkanalisation (Regensiel) in Entwässerungsgraben*

Bei diesem Standort ist eine zentrale Behandlung nachträglich nur für die Straßen und die Privatflächen möglich. Dies würde aber eine Anlage bedeuten, die in dieser Größe am Auslauf nur unter großem Aufwand zu realisieren ist. Das ablaufende Niederschlagswasser von den Grundstücken ist nicht behandlungsbedürftig. Daher soll nur der behandlungsbedürftige Teil des Niederschlagswassers erfasst werden.



Abb. 24: Hamburger Trumme

Um die örtlichen Möglichkeiten zum Einsetzen des nachrüstbaren Filters INNOLET G zu prüfen, wurde eine Ortsbegehung mit Dokumentation der Trummen durchgeführt. Es zeigte sich, dass fast alle Trummen damit nachgerüstet werden können, bis auf 2 Trummen älteren Datums aus dem Bestand des Vorgängerquerschnittes (Straßenaufbau), die beim Neubau der Vollhöfner Weiden von einer 2-spurigen zu einer 4-spurigen Straße mit integriert wurden. Bei diesen liegt der Abgang zum Kanal zu tief für eine Montage.

Tab. 3: Versuchsflächen in den Vollhöfner Weiden in m²

Flächentyp	Versuchsbereich	Gesamt	Anteil
Straße	5653	16658	62 %
Pflaster/Parkfläche	448	1380	5 %
Grünfläche	2074	4009	15 %
Auffahrt	163	226	1 %
Gehweg	2227	4793	18 %
Summe	10565	27066	100 %



Abb. 25: *Trummenbetrieb mit INNOLET G Filter am Messschacht*

Es wurden daher von den vorhandenen ca. 70 Straßenabläufen 20 Stück mit getauchten INNOLET G Filtern nachgerüstet.

In-Situ Untersuchungen

Das Untersuchungsprogramm dient der Untersuchung im Ist-Zustand und im Zustand mit Straßenablauffilterung. Dazu wurden folgende Messungen und Untersuchungen an 3 Zuständen durchgeführt:

1. Abfluss (Zulauf) von der Straße
2. Ist-Zustand ohne INNOLET G
3. Mit eingebautem Filter INNOLET G

Für jede einzelne Trumme erfolgte eine Flächenzuordnung, die in der nachfolgenden Grafik zu sehen ist. Deutlich sind die unterschiedlichen Flächengrößen zu erkennen.

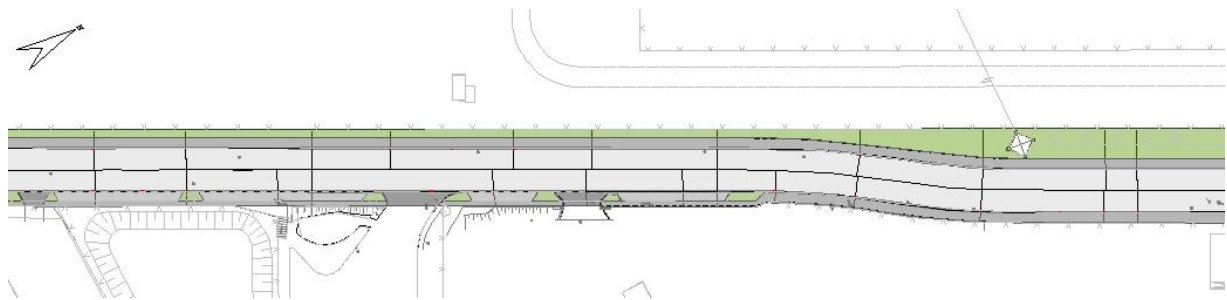


Abb. 26: *Vollhöfner Weiden mit Flächenaufteilung nach Trummeneinzugsgebiet*

Eine nähere Betrachtung in den 3 weiteren Einzugsgebietsgrafiken zeigt

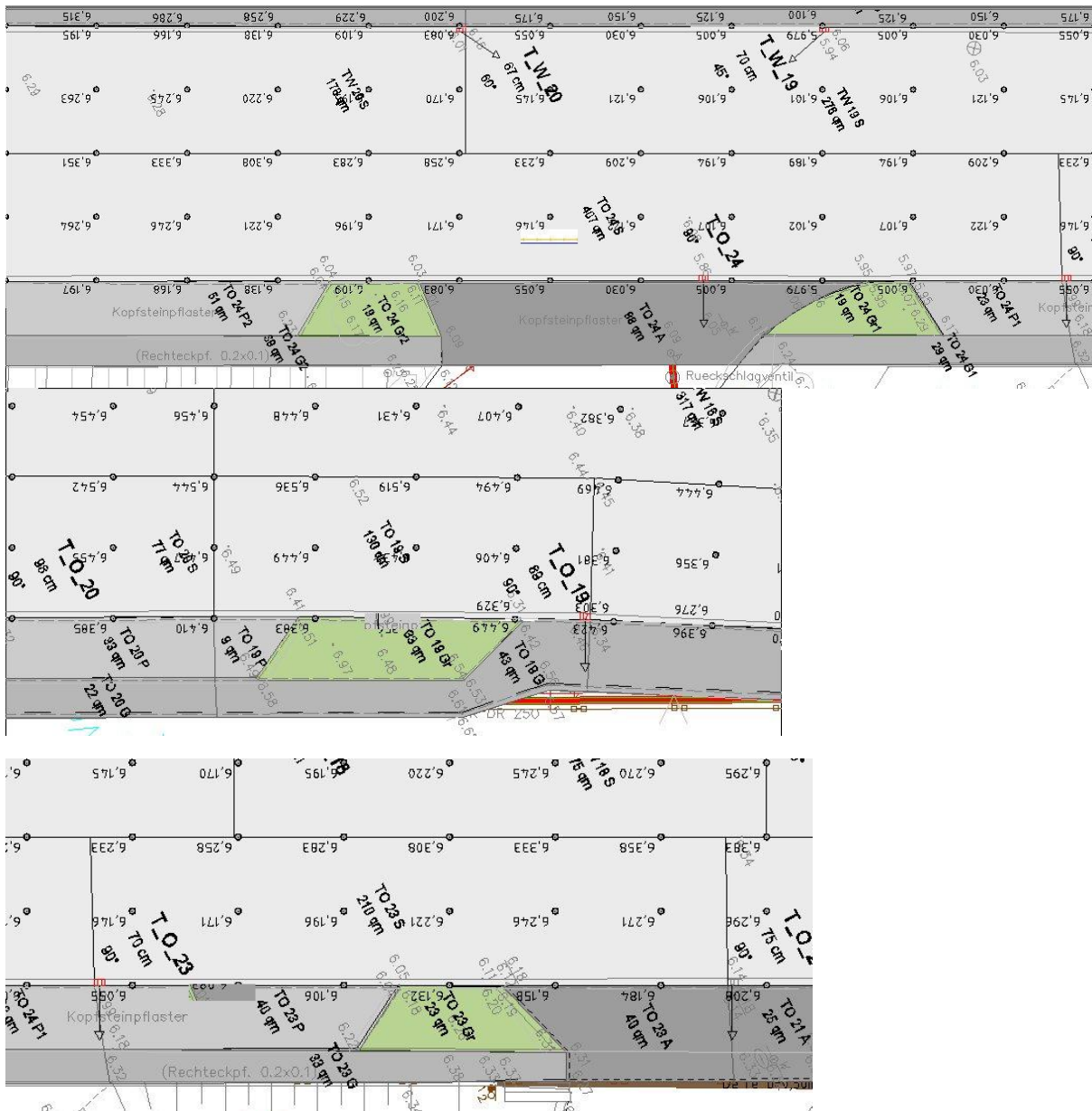


Abb. 27: Lage der Messstrummen TO24, TO23 und TO19 mit Einzugsgebieten unterteilt nach Flächenarten (hellgrau=Straße Mittelgrau=Pflaster, Gehweg, dunkelgrau=Zufahrt, grün=Grünfläche) in m²

Tab. 4: Angeschlossene Flächen mit Anteil der einzelnen Flächenarten

Flächentyp	TO24	TO23	TO19	TO24	TO23	TO19
	Zulauf	Trumme mit INNOLET G	Trumme ohne INNOLET G	Zulauf	Trumme mit INNOLET G	Trumme ohne INNOLET G
Straße	407	210	130	60,3%	59,5%	60,5%
Pflaster/Parkfläche	74	40	9	11,0%	11,3%	4,2%
Grünfläche	38	23	33	5,6%	6,5%	15,3%
Auffahrt	88	40	0	13,0%	11,3%	0,0%
Gehweg	68	40	43	10,1%	11,3%	20,0%
Summe	675	353	215	100%	100%	100%

Für jeden Messpunkt wurden Proben vor Ort gezogen. Zur Ziehung der Proben wurden 3 Messschächte eingebaut, die eine Probenahme ohne Absperrung der Vollhöfner Weiden zuließen. Weitere

Probenahmen und Reinigungen erfolgten mit Unterstützung von Hamburg Port Authority (HPA) und der Hamburger Stadtentwässerung (Hamburg Wasser).

Regenereignisse

Um die Untersuchungsergebnisse der Probenahmen einordnen zu können, waren die Ausgangsbedingungen bzw. die hydraulische Belastung von großer Bedeutung. Als Grundlage für die Niederschlagsabflusssimulation lagen die Langzeitregendaten der Station Finkenwerder des Messnetzes von Hamburg Wasser in hoher Auflösung vor.

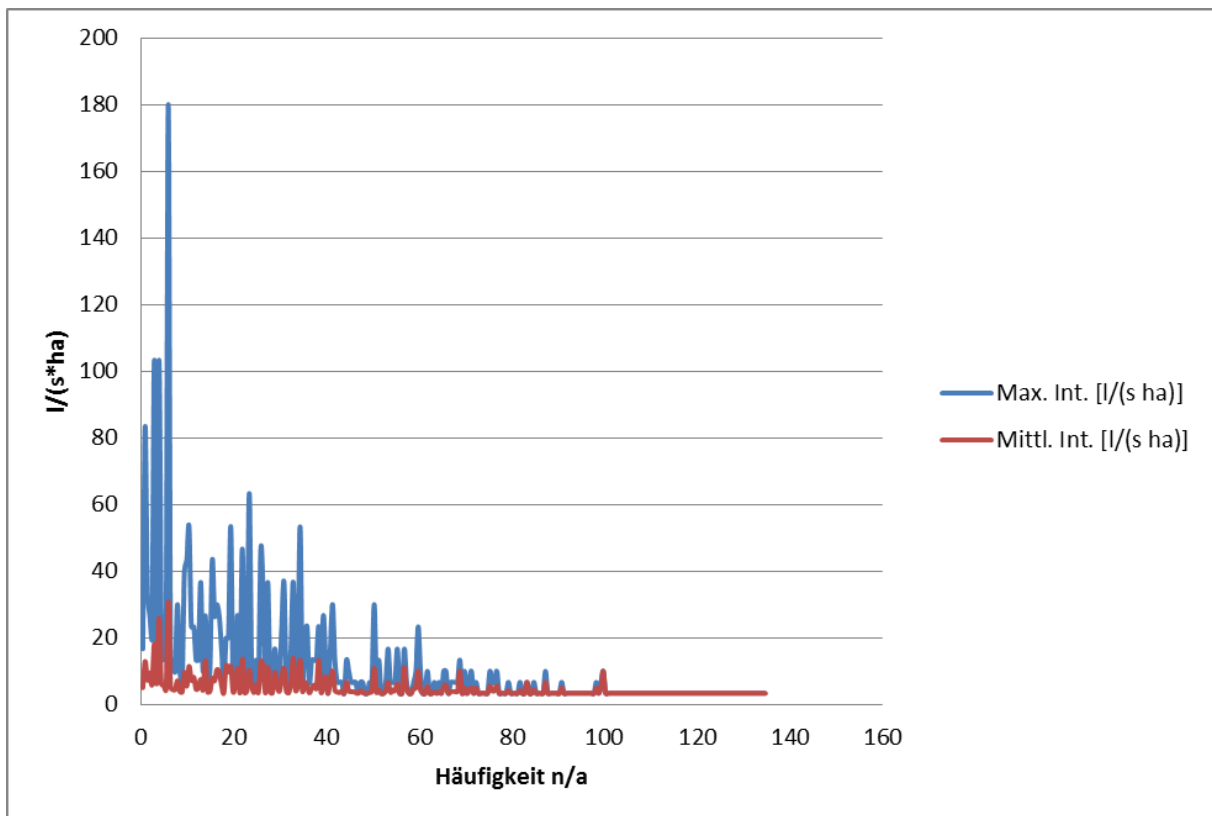


Abb. 28: Niederschlagsverteilung der Station Finkenwerder

Die Spitzenbelastungen liegen für die Regenereignisse im Betrachtungszeitraum bei 180 l/(s*ha). Die mittlere Belastung liegt deutlich darunter.

Hydraulische Bedingungen

Um die Untersuchungsergebnisse der Probenahmen einordnen zu können, sind die Ausgangsbedingungen bzw. die hydraulische Belastung der einzelnen Trummenstandorte von großer Bedeutung.

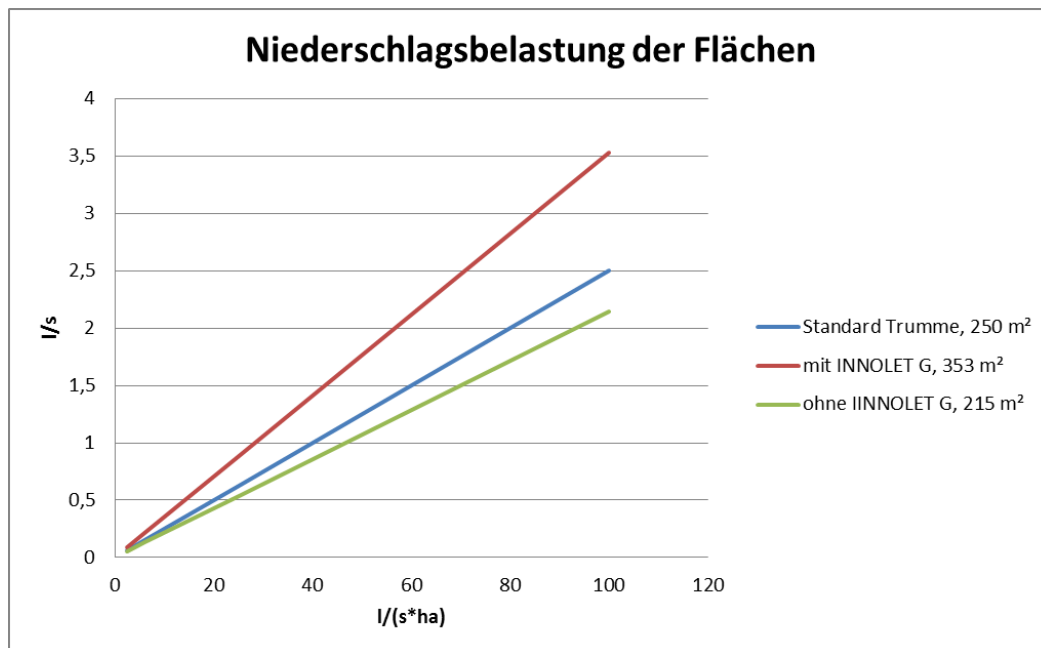


Abb. 29: Niederschlagsbelastung der unterschiedlichen Einzugsgebietsgrößen für Standardtrumme im Vergleich zu Trumme mit INNOLET G und ohne INNOLET G vor Ort

Die vorstehende Grafik zeigt die Niederschlagsbelastung für die Trumme. An eine Standardtrumme sind im Regelfall 250 m² angeschlossen. Im Teileinzugsgebiet der Trumme mit INNOLET G (352 m²) werden deutlich höhere Regenmengen erwartet. Die Trumme ohne Filter (215 m²) hat die geringste Belastung

Die angegebenen, aus der gemessenen Niederschlagsbelastung resultierenden Abflussmengen entsprechen in nachfolgender Tabelle den flächenbezogenen Abflussspenden in $l/(s \cdot ha)$. Sie sind für die Trumme mit INNOLET etwas höher, da der Anteil an abflusswirksamen Fläche etwas höher ist.

Tab. 5: Abflusswerte der Trummen ohne und mit INNOLET G

	ohne Innolet G	mit INNOLET G
	$l/(s \cdot ha)$	$l/(s \cdot ha)$
Mittelwert	3,8	4,1
Maximum	110,2	120,4
Minimum	0,9	1,1

Allerdings unterscheiden sich die absoluten Zuflussmengen zu den Trummen in Abhängigkeit von der angeschlossenen Fläche erheblich.

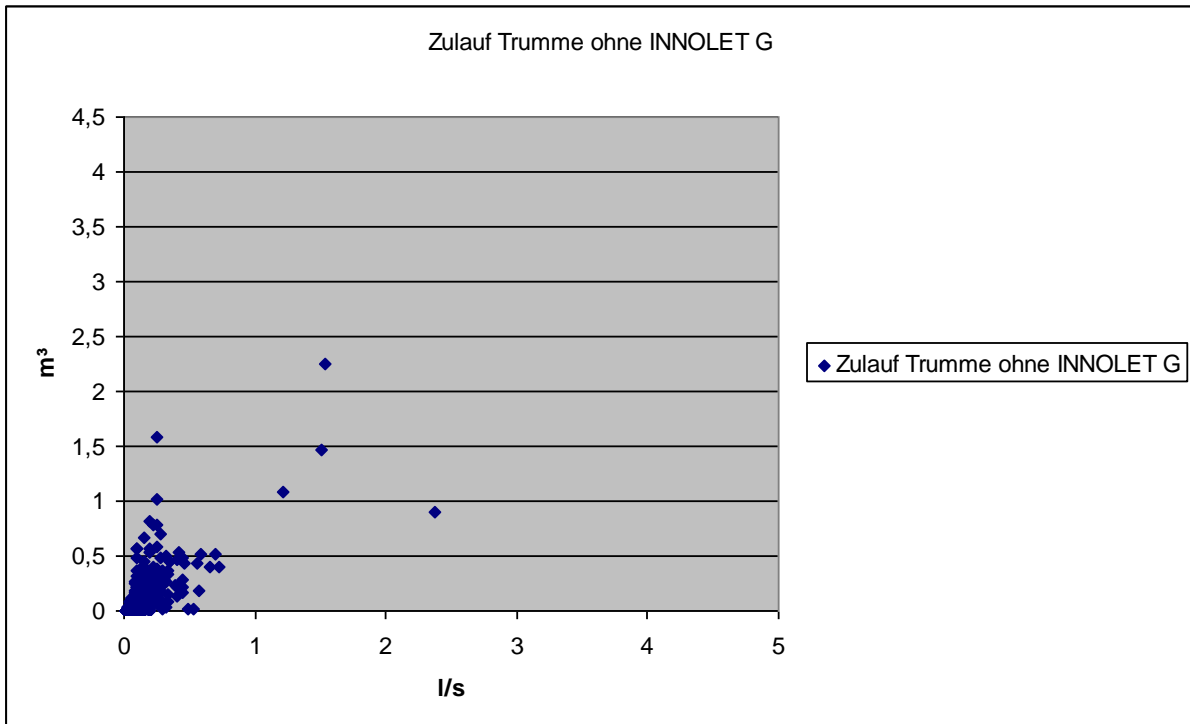


Abb. 30: Zulaufmengen und -volumen an Trumme ohne INNOLET G pro Regenereignis

Der Mittelwert des Spitzenzulaufs pro Ereignis liegt bei der Trumme ohne INNOLET G bei 0,05 l/s. Die maximale zulaufende Menge beträgt 2,37 m³.

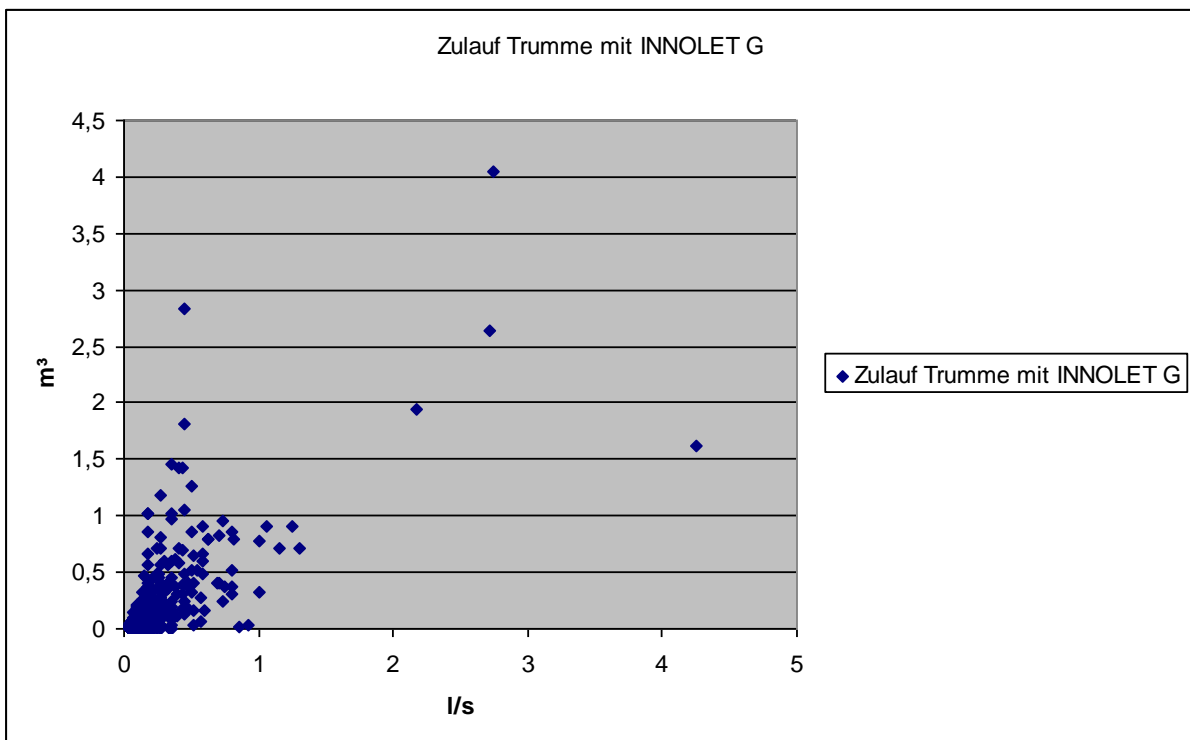


Abb. 31: Zulaufmengen und -volumen an Trumme mit INNOLET G pro Regenereignis

Der Spitzenzulaufwerte einzelner Ereignisse liegen im Mittel bei der Trumme mit INNOLET G bei 0,09 l/s. Das Maximum lag bei 4,25 l/s. Die maximale zulaufenden Menge beträgt 4,04 m³, dies allerdings bei einem Ereignis mit geringerem Spitzenabfluss.

Tab. 6: Abflusswerte und –volumen an Trumme mit und ohne INNOLET G

	mit INNOLET G		ohne Innolet G	
	l/s	m ³	l/s	m ³
Mittelwert	0,14	0,10	0,08	0,05
Maximum	4,25	4,04	2,37	2,25

Daraus lässt sich folgern, dass die Trumme mit INNOLET G im Versuch die ca. 1,8 fache hydraulisch Belastung der zu vergleichenden Trumme ohne INNOLET G hat.

Aus den vorgestellten Zahlen wird deutlich, dass die Trumme ohne INNOLET G in einem Bereich arbeitet, der bessere Absatzleistungen auch für kleinere Partikelgrößen bietet. Dies wirkt sich auf die positiv gemessene Rückhalteleistung aus.

Probenahme in Situ

Der Einsatz im praktischen Feldversuch wurde ebenfalls durch Messungen begleitet. Hier wurde ein Umbau eines vorhandenen Straßenablaufes für die bessere Beprobung vorgenommen. Dazu wurde ein zweiter Schacht, ein sogenannter Messschacht seitlich außerhalb des Straßenraumes angebracht.

Bei den In-Situ-Versuchen wurden Proben gezogen und in einem externen Labor untersucht. Die Probenahme erfolgt im Zulauf, im Schlammfang (Überstand, Boden) und im Ablauf.

Die untersuchten stofflichen Parameter sind:

pH, elektr. Leitfähigkeit, AFS, CSB, TOC, Schwermetalle (Zn, Cu, Cd, Pb), PAK, MKW, Nges, Pges

Flüssigproben

Probe bei realen Regenereignissen, ohne und mit INNOLET

Es wurden im Laufe des Jahres 7 natürliche Regenereignisse von Hand beprobt, bei denen nachfolgend dargestellte Spitzenabflüsse auftraten. Insgesamt wurden vor Ort ca. 28 Einzelproben per Hand gezogen.

Tab. 7: Beprobte Regenereignisse und Spitzenabfluss im Ereignisfall in l/s

	Trumme ohne INNOLET G	Trumme mit INNOLET G
9.6.2010	0,28	0,5
26.9.2010	0,24	0,44
27.8.2010	0,23	0,41

6.2.2011			0,2	0,36
Weitere (12.8.2010, 14.3.2011)	3	Ereignisse (27.10.2010,	<0,15	<0,27

Für die einzelnen Parameter wurden in einer Trumme die Zulaufkonzentrationen aufgenommen. In der nachstehenden Tabelle werden die Zulaufkonzentrationen als Mittelwert und Median dargestellt und mit den Schwerpunktwerten aus dem DBU-Bericht zur Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Prüfung dezentraler Straßenablaufwasserbehandlungsanlagen verglichen.

Tab. 8: Zulaufkonzentrationen im Vergleich mit im DBU-Bericht angegebenen Schwerpunktwerten

	Zulauf		DBU Bericht		
	Mittelwert	Median	Schwerpunktwerte		
AFS	105,76	94,00	200	60-400	mg/l
Phosphor gesamt	0,25	0,24	0,5	0,2-1,2	mg/l
Fluorid	0,38	0,34			
TOC	35,04	30,00	25	30-150	mg/l
Kupfer	108,59	97,00	80	30-250	µg/l
Zink	366,57	350,00	440	200-600	µg/l
MKW-Index	1,40	0,94			
Summe PAK	0,32	0,34	2,5	1,5-7	µg/l

Die vor Ort gemessenen Zulaufwerte liegen im mittleren Bereich der im Bericht angegebenen Werte.

Die folgenden beiden Tabellen vergleichen den Zulauf und die Ablaufwerte.

Tab. 9: Vergleich der Werte Zulauf, Ablauf Trumme mit und ohne INNOLET und am Sielauslass

		Innolet Zulauf		Innolet Ablauf		Trumme Ablauf		Siel Aus	
		Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
Temperatur bei Entnahme	°C	13,59	12,40	13,46	12,40	12,17	10,90	13,19	12,60
pH bei Entnahme		7,57	7,51	8,15	7,83	7,57	7,52	7,39	7,49
Leitfähigkeit (25 °C)	µS/m	173,29	77,00	250,43	90,00	256,17	152,00	307,29	223,00
AFS	mg/l	105,76	94,00	51,41	24,30	58,53	44,80	25,82	27,75
Phosphor	mg/l	0,25	0,24	0,16	0,13	0,11	0,06	0,32	0,29
Fluorid	mg/l	0,38	0,34	0,35	0,32	0,49	0,63	0,81	0,84
TOC	mg/l	35,04	30,00	18,66	8,20	17,23	7,75	7,16	7,20
Kupfer	µg/l	108,59	97,00	69,17	36,00	99,65	38,50	26,44	17,00
Zink	µg/l	366,57	350,00	209,86	110,00	206,50	113,50	286,29	200,00
MKW-Index	µg/l	1,40	0,94	0,90	0,44	1,24	0,49	0,31	0,44
Summe PAK	µg/l	0,32	0,34	0,20	0,07	0,17	0,10	0,09	0,07

Im Vergleich der Werte fällt auf, dass die Ablaufwerte sowohl für die Trumme mit als auch ohne INNOLET deutlich niedriger sind als der Zulauf. Allerdings sind die absoluten Werte im Ablauf fast gleich. Hier ist dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die Trumme mit INNOLET mit wesentlich höheren Ablaufmengen belastet ist als die Trumme ohne INNOLET. Dadurch arbeitet die Trumme ohne INNOLET in einem optimaleren Arbeitsbereich was die Rückhaltung von Stoffen betrifft.

Die Leitfähigkeit, Phosphor und die Fluoridwerte sind am Auslass am höchsten. Dies lässt darauf schließen, dass die Haupteintragspfade von den privaten Grundstücken kommen.

Die Reinigungsleistung spiegelt sich auch im prozentualen Vergleich wider. Hier ist im Vergleich der absoluten Zahlen nur bei AFS, Kupfer und MKW eine deutlich bessere Reinigungsleistung zu sehen.

Tab. 10: Ermittlung der Reinigungsleistungen in %

	Reinigungsleistung			
	Trumme mit INNOLET		Trumme ohne INNOLET	
	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
AFS	51%	74%	45%	52%
Phosphor	35%	46%	55%	77%
TOC	47%	73%	51%	74%
Kupfer	36%	63%	8%	60%
Zink	43%	69%	44%	68%
MKW-Index	36%	53%	12%	48%
Summe PAK	38%	81%	47%	71%

Wird ein linearer Korrekturfaktor analog der Berücksichtigung der unterschiedlichen angeschlossenen Flächengröße von 0,6 (Verhältnis der angeschlossenen Flächen) für die geringere Beschickung eingeführt, dann ergeben sich folgende Werte.

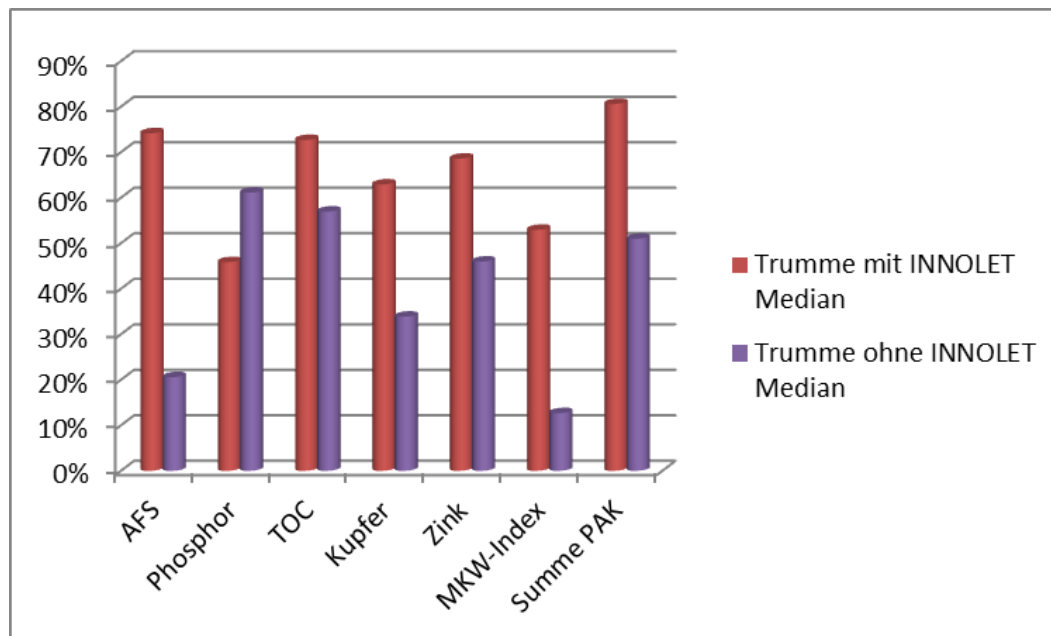


Abb. 32: Flächenkorrigierte Rückhalteleistung für Trumme mit und ohne INNOLET G, Median

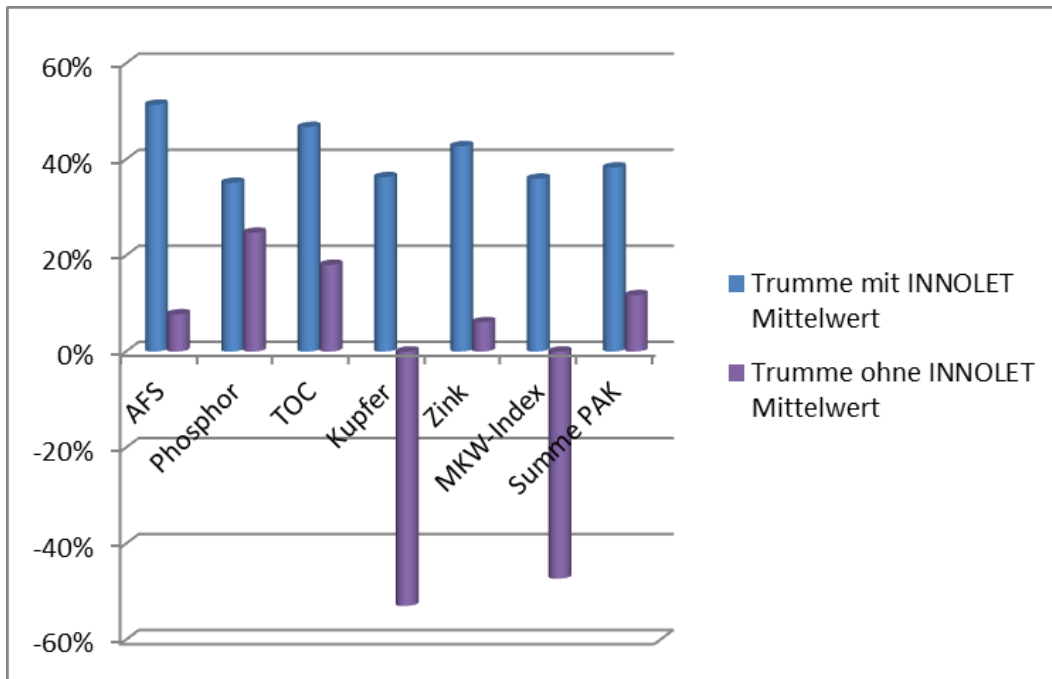


Abb. 33: Flächenkorrigierte Rückhalteleistung für Trumme mit und ohne INNOLET G, Mittelwert

Unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors für die unterschiedlichen Belastungen durch verschiedene angeschlossene Flächengrößen wird deutlich dass sich neben Kupfer und MKW auch die Reinigungsleistungen für TOC, Zink und PAK mit INNOLET G gegenüber einer Trumme ohne INNOLET G verbessern. Allerdings gibt es deutliche Unterschiede im Median und im Mittelwert. Dies deutet auf eine über die Zeit im Mittel schlechtere Reinigungsleistung der Trumme ohne INNOLET hin.

Probe mit künstlicher Beschickung, ohne und mit INNOLET HG

Um die im vorangegangenen Kapitel dargestellte Vermutung, dass die an eine Trumme angeschlossene Fläche einen erheblichen Einfluss auf die Reinigungsleistung hat, zu untersuchen, wurden am Ende der Standzeit Flüssigproben im Zu- und im Ablauf des Filters sowohl bei der Versuchstrumme mit und als auch ohne Filter mit einer Zulaufgeschwindigkeit von 0,3 l/s gezogen. Das Wasser für den Flutungsversuch entstammte einer Entnahmestelle von Hamburg Wasser und war analog Straßenabwasser belastet. Die Proben wurden als doppelte Mischproben gezogen.

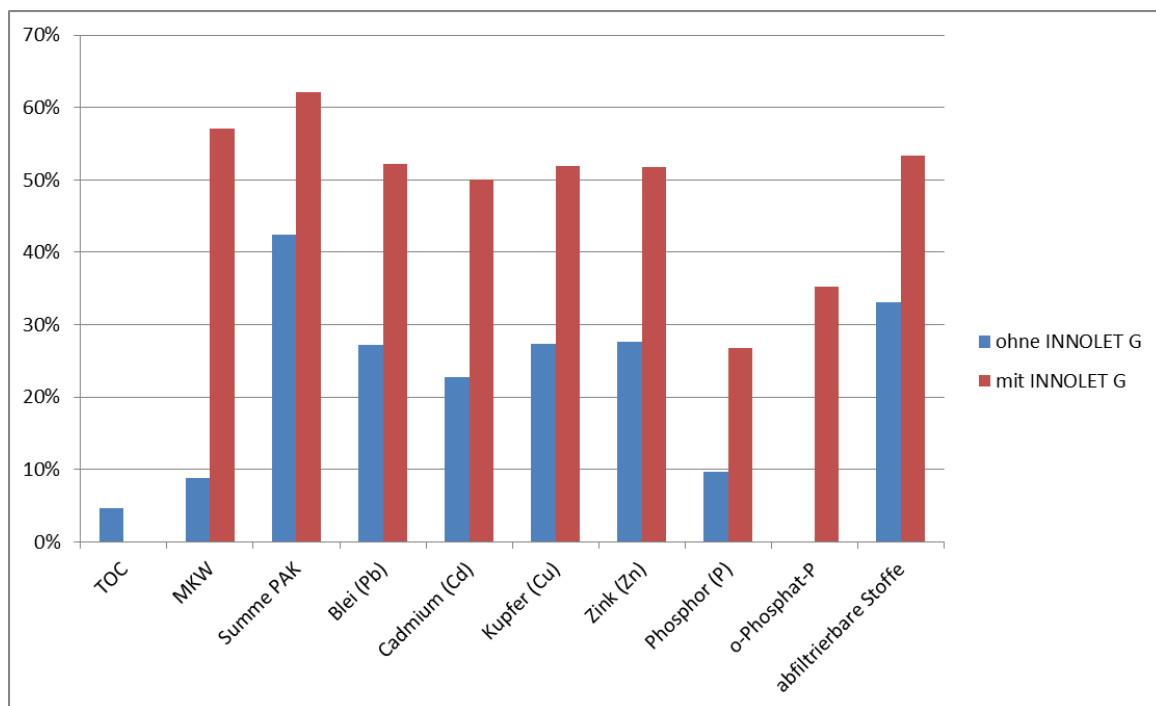


Abb. 34: Reinigungsleistungen der Trumme ohne und mit INNOLET G, relativ in %



Abb. 35: Vergleich Zulauf/Ablauf, links Trumme ohne INNOLET G, rechts: Trumme mit INNOLET G bei der Probenahme



Abb. 36: Vergleich Zulauf/Ablauf, links Trumme ohne INNOLET G, rechts: Trumme mit INNOLET G im aufgeschüttelten Zustand

Der Vergleich ergibt eine deutliche optische Verbesserung im Ablauf der Trumme mit INNOLET G. Die Feinstoffkonzentration ist deutlich reduziert.

Der Vergleich der beiden Messergebnisse ergibt für die Trumme mit INNOLET einen Rückhalt für die Parameter MKW, PAK, AFS und die Schwermetalle Pb, Cd, Zn, Cu Rückhaltewerte von über 50%. Für die Trumme ohne Filter liegt der Wert für meisten Parameter unter 30%. Nur für PAK wurde ein Rückhalt von knapp über 40% ermittelt.

Durch diesen Versuch unter definierten Zulaufbedingungen konnte beobachtet werden, dass die Rückhalteleistung einer Trumme mit INNOLET G deutlich höher als für eine Trumme ohne INNOLET G liegt. Dies bestätigt auch, dass die Zulaufmenge einen wesentlichen Einfluss auf die Reinigungsleistung hat und auch die Vorgehensweise, für die Betrachtung der in-situ über den Beobachtungszeitraum gemessenen Werte einen flächenabhängigen Korrekturfaktor einzuführen.

Feststoffproben

Die Beprobung der INNOLET-Straßenablauffilter auf Feststoffe wurde nach der Versuchslaufzeit durchgeführt. Die Untersuchung erfolgt in den Bereichen Schlammfang, Ablagerung auf dem Filterkorbmantel und Filtermaterial.

Weiterhin wurden Siebkennlinien ermittelt und qualitative Untersuchungen durchgeführt. Die Feststoffe werden auf pH, elektr. Leitfähigkeit, AFS, CSB, TOC, Schwermetalle, PAK, N, P, Glühverlust, Feuchtegehalt und Trockensubstanz untersucht. Die Eluatproben werden auf pH, elektr. Leitfähigkeit, AFS, CSB, TOC, Schwermetalle, PAK, N und P untersucht.

Tab. 11: Geometrie der Trumme mit den entsprechenden Volumina

Trumme Standard	Volumen in l
Schlamm 0,1 m	20
V1 Unterkante Filter	59
V2 Ablauf	130
V3 Überlauf	187

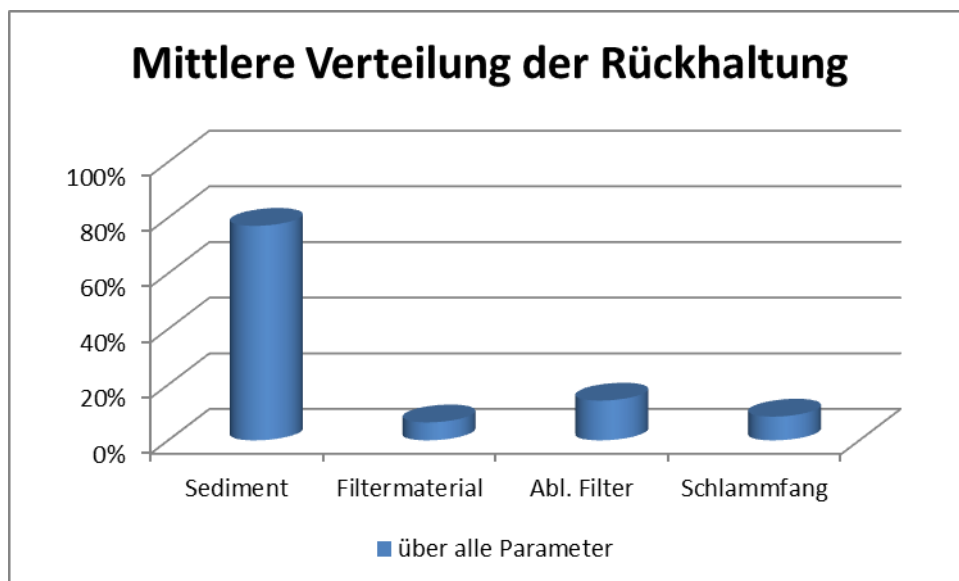


Abb. 37: Mittlere Verteilung des Verbleibs der Stoffe über die einzelnen Orte in der Trumme inkl. INNOLET G

Bei der Betrachtung des Rückhaltes an Stoffen fällt auf, dass im Sediment der größte Anteil an den verschiedenen Schadstoffen zu finden ist. Der Anteil beträgt dort von 86 bis zu 98%. Im Filtermaterial wird nur für MKW eine größere Menge zurückgehalten. Dies kann auf einen punktuellen Eintrag zurückzuführen sein. Auf den feinstkörnigen Ablagerungen vor dem Filter finden sich schwerpunktmäßig PAK. Zusammengefasst finden sich im und am Filter ca. 5-13 % der Schadstoffe. Im nicht sedimentierten Teil des Schlammfang sind noch 1% der in der Trumme vorhandenen Schadstoffe zu finden. Dieser Teil ist erheblich volatil und kann leicht ausgetragen werden.

Tab. 12: Rückhalt in Trumme T023 mit INNOLET G, mit Berücksichtigung der Orte im System in mg, Offensichtliche Anreicherung mit MKW in Trumme

	Eintrag	In der Trumme wiedergefunden					Rückhalt %
		Summe	davon anteilig in				
			Schlammfang Sediment	Filtermaterial	Ablagerung am Filter	Schlammfang Überstand	
MKW	0,12	33,42	86%	13%	0%	1%	28368,6%
Summe PAK	0,04	0,03	87%	0%	12%	1%	69,1%
Blei (Pb)	0,00	1,13	94%	4%	1%	1%	
Kupfer (Cu)	12,22	4,32	90%	8%	1%	1%	35,4%
Zink (Zn)	44,10	15,51	91%	7%	1%	1%	35,2%
Phosphor (P)	30,24	11,88	91%	8%	1%	1%	39,3%

Betrachtet man die einzelnen Werte so fällt auf, dass die Wiederfindung des aus der Summe der Einträge (Trumme Zulaufmessung T024) und der in der Trumme T023 (mit INNOLET G) gefunden und hochgerechneten Stoffmengen den im Einzelregenereignissen gefundenen Werte entspricht. Der hohe MKW Wert in der Trumme deutet auf eine gute Rückhaltung insbesondere auch unterstützt durch das Filtermaterial hin.

Die Werte für PAK lassen auf eine Anreicherung im Feinsediment schließen, dass sich sowohl auf der Oberfläche des Filters abgelagert als auch im Sediment zu finden ist. Die Werte für Kupfer, Zink und Phosphor entsprechen den auch sonst gemessenen Werten.

Tab. 13: Absoluter und relativer Vergleich der Rückhalteleistung der Trumme ohne und mit INNOLET G in %

	INNOLET	ohne INNOLET	Rückhalt Trumme ohne im Vergleich zu mit INNOLET G
MKW	33,42	15,62	47%
Summe PAK	0,03	0,00	0%
Blei (Pb)	1,13	0,78	69%
Cadmium (Cd)	0,00	0,00	0%
Kupfer (Cu)	4,32	23,55	545%
Zink (Zn)	15,51	15,03	97%
Phosphor (P)	11,88	7,72	65%

Im relativen Vergleich schneidet die Trumme mit INNOLET G mit einer ca. 50%ig besseren Rückhalteleistung besser als die Trumme ohne INNOLET G ab. Nur für die Schwermetalle ist dieser Wert nicht zu finden.

Berücksichtigt man auch hier die angeschlossene Fläche für die Ermittlung der Leistungsfähigkeit und führt einen linearen Rückhaltefaktor von 0,6 (s. vorstehende Kapitel) ein, ergibt sich folgender Vergleich für diese normierte Betrachtung.

Tab. 14: Absoluter und relativer Vergleich der Rückhalteleistung der Trumme ohne und mit INNOLET G in %, unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors

	INNOLET	ohne INNOLET	
MKW	33,42	9,52	28%
Summe PAK	0,03	0,00	0%
Blei (Pb)	1,13	0,48	42%
Cadmium (Cd)	0,00	0,00	0%
Kupfer (Cu)	4,32	14,35	332%
Zink (Zn)	15,51	9,16	59%
Phosphor (P)	11,88	4,70	40%

Die Rückhalteleistung für die Trumme ohne INNOLET G ist bei dieser Betrachtung deutlich niedriger als für die Trumme mit INNOLET G. Einzig für Kupfer ist die gefundene Menge in der Trumme ohne INNOLET G immer noch deutlich höher. Dafür könnte auch eine punktuelle Belastung verantwortlich sein. Eine Erklärung könnten Baumassnahmen an einer Telekommunikationsleitung im Bereich der Trumme ohne INNOLET G im Herbst 2010 sein.

Siebennlinien

Weiterhin wurden aus den Rohproben und den gebrauchten Filtermaterialien und den Sedimentablagerungen in den Trummen Siebennlinien ermittelt und verglichen.

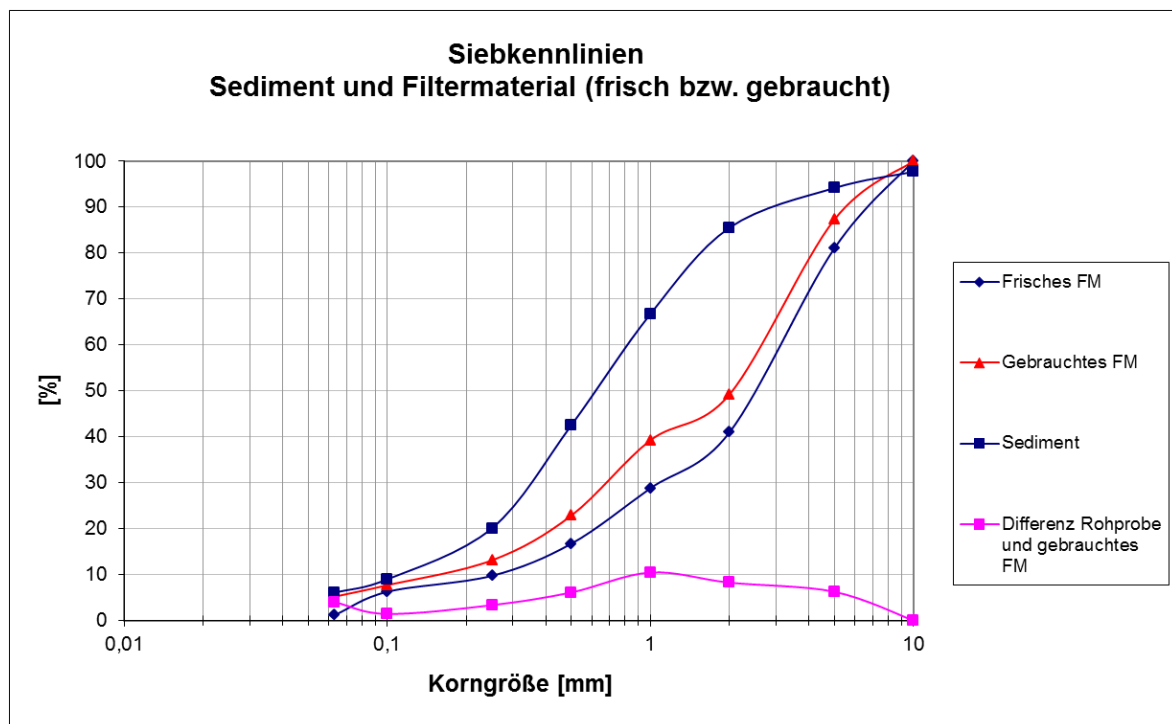


Abb. 38: Siebennlinien, Trummensedimente, frisches und gebrauchtes Filtermaterial

Der Vergleich der Korngrößenverteilung für Trummersedimente mit Filtermaterial zeigt deutlich höhere Anteile an feinen Partikeln < 1 mm. 65% der Partikel im Sediment sind kleiner 1 mm. Im Filtermaterial werden hingegen nach dem Vergleich der Analysen für frisches und gebrauchtes Filtermaterial eher Korngrößen um die 1 mm zurückgehalten. Allerdings ist auch ein Teil Feinmaterial dabei.

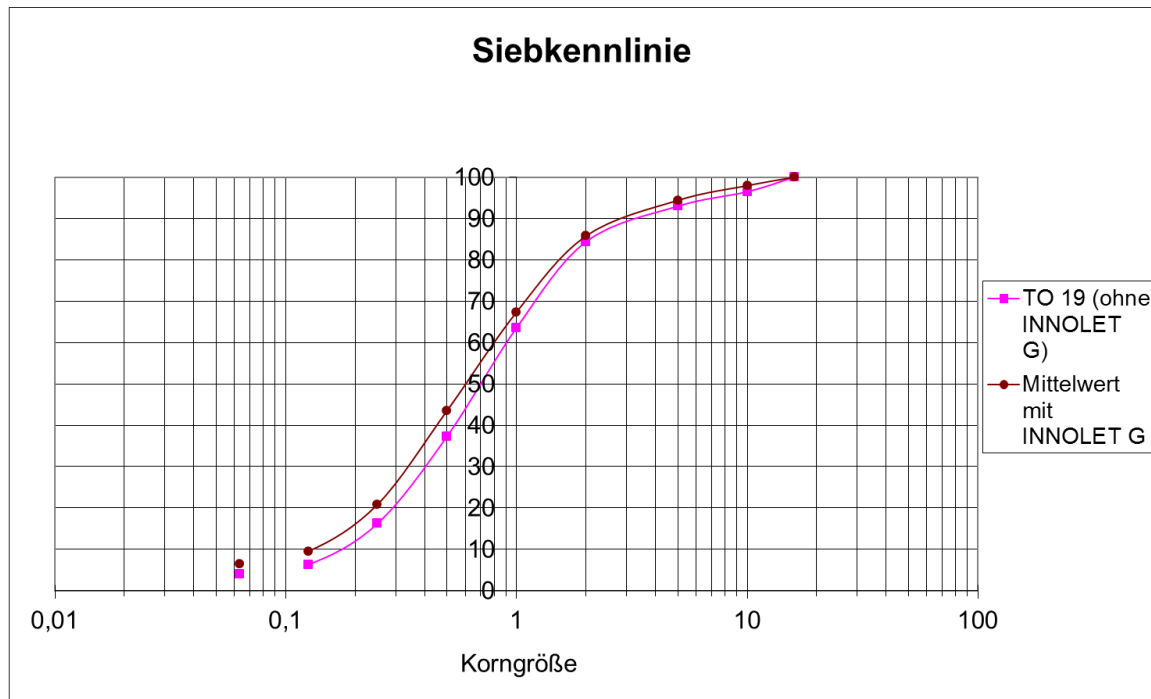


Abb. 39: Siebkennlinien Sedimente, Trummen mit und ohne INNOLET G

Vergleicht man die Siebkennlinien der Trumme mit und ohne INNOLET G, so ist zu beobachten, dass in der Trumme ohne INNOLET G deutlich weniger Feinmaterial eingetragen wurde. Die Ursache dafür ist unbekannt, könnte aber auf einen besseren Rückhalt von Feinstoffen in Trummen mit dem Filter INNOLET G zurückzuführen sein.

Hydraulische Durchlässigkeit der Filter

Neben der reinen Betrachtung der Siebkornanalyse wurde mit Durchflussmessungen durch den Filter mit ungebrauchtem und gebrauchtem Filtermaterial durchgeführt. Das gebrauchte Filtermaterial war 1 Jahr lang eingebaut gewesen.

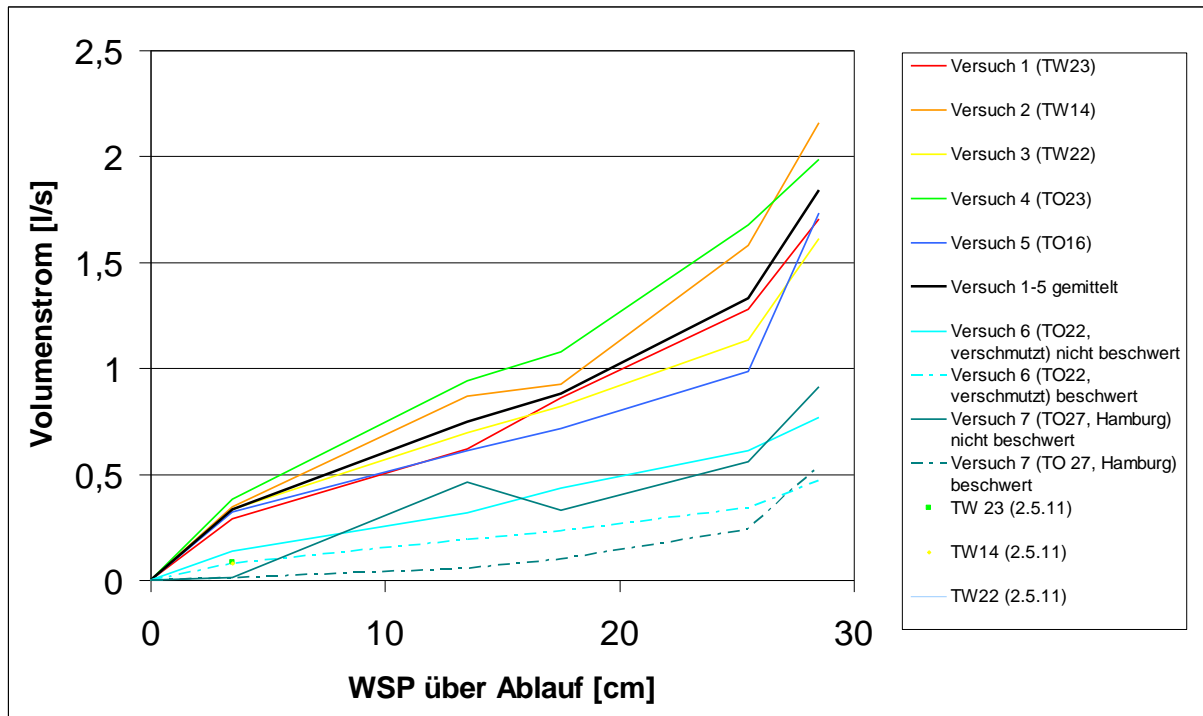


Abb. 40: Durchflusskennlinien mit gebrauchtem und ungebrauchtem Filtermaterial

Die 6 Kurven mit höherem Durchsatz stammen aus mit frischem Filtermaterial gefüllten Filtern. Der Durchsatz bis zum Anspringen des Überlaufes beträgt 1 – 1,5 l/s. Gebrauchtes Filtermaterial hat dagegen einen deutlich geringeren Durchsatz. Dieser liegt vor Anspringen des Überlaufes unter 0,5 l/s nach 1 Jahr Laufzeit. Vermeidet man den leichten Auftrieb des gebrauchten Filters durch Aufbringen zusätzlichen Gewichtes ergibt sich ein deutlich reduzierter Durchsatz mit ca. 0,3 l/s.

Gerade bei kleinen Durchflussraten macht sich bemerkbar, ob das Filtermaterial frisch ist oder schon längere Zeit in Gebrauch. Durch den hydrostatischen Druck des Aufstau in der Trumme kann der Durchsatz erhöht werden.

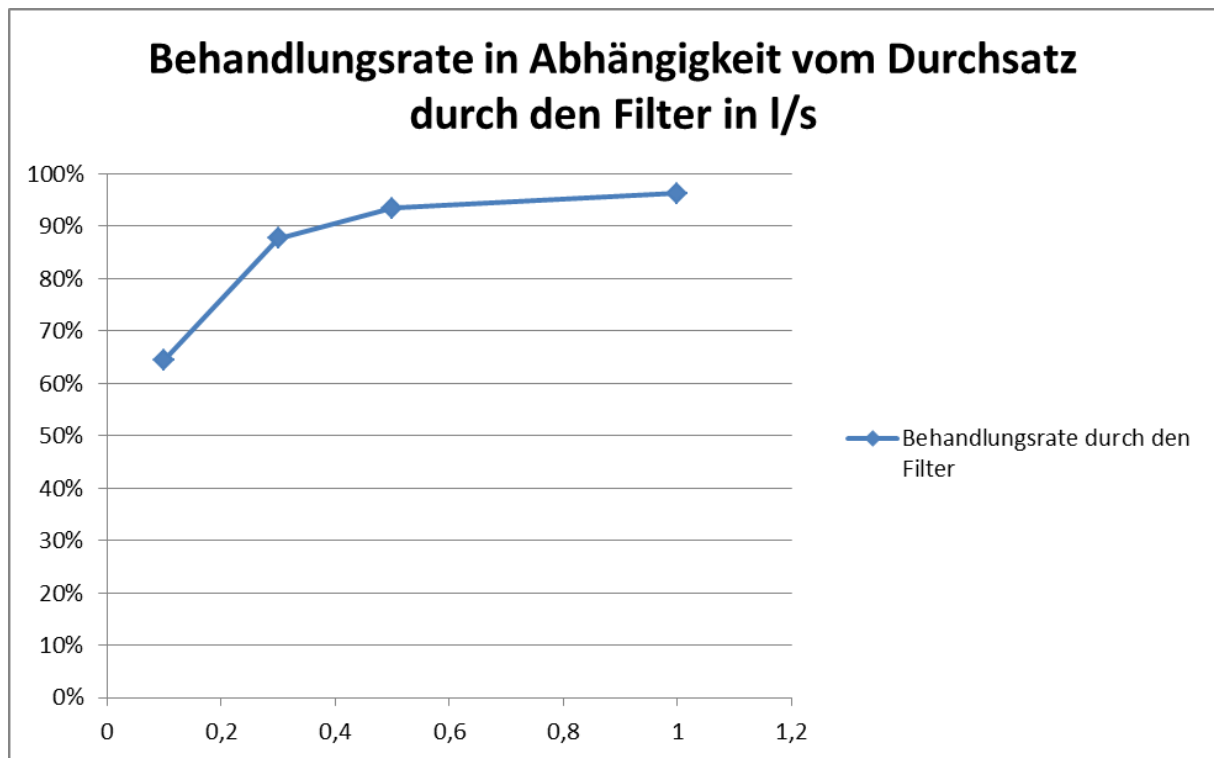


Abb. 41: *Behandlungsrate in Abhängigkeit vom Durchfluß (bei konstanter Durchflussleistung des Filters)*

Wird der Durchfluß durch die Filterpatrone konstant gesetzt und die Behandlungsrate über den Untersuchungsraum dargestellt, ist festzustellen, dass bei einem Durchfluss von mehr als 0,3 l/s mehr als 90% des zufließenden Wassers durch den Filter fließt. Selbst bei einer niedrigen Durchflussrate von 0,1 l/s werden noch 2/3 des Wassers durch den geleitet.

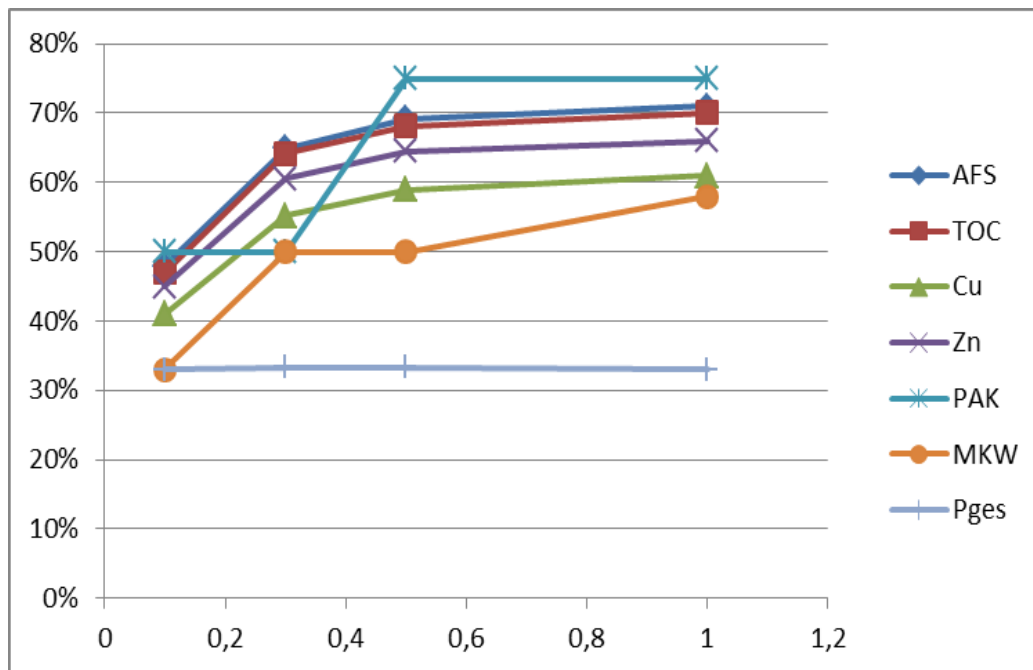


Abb. 42: Schadstoffrückhalt in Abhängigkeit vom Durchfluss (bei konstanter Durchflussleistung des Filters)

Das gleiche gilt für erzielte Reinigungsleistung. Hat der Filter noch eine Leistung von 0,3 l/s ist auch die Reinigungsleistung noch entsprechend hoch. Hierbei wurde nicht berücksichtigt, dass auch eine Reinigung durch die Absetzwirkung erfolgt, bevor das Wasser über den Überlauf entlasten wird. Eine Ausnahme ist für Phosphor zu sehen, dass Rückhaltung unabhängig von der Durchsatzleistung nur gering ist.

5.5 Betriebliche Untersuchung und Wartung

Um den betrieblichen Aufwand zu quantifizieren, wurden Wartungsaufwand, Wartungsintervalle und Art des Personal- und Wageneinsatzes für die Wartung ermittelt und quantifiziert. Dies geschah in Zusammenarbeit mit Hamburg Wasser und der Hamburg Port Authority. Hierzu wurden Angaben von beiden Institutionen zur Verfügung gestellt.

Es wurde untersucht, in wie weit sich im Betrieb ohne und mit den eingebauten Filtern Unterschiede ergeben und welche Konsequenzen diese auf den Betrieb der Hamburger Stadtentwässerung haben. Dazu wurden folgende aufgelisteten betrieblichen Untersuchungen durchgeführt.

Tab. 15: Vorgenommene Wartung an den Trummen Vollhöfner Weiden im Laufe des Projektes, tabellarische Darstellung

Einbau und Wartung
 Tabellarische Darstellung

Datum	Art des Termines	Personen	Bemerkungen
31.03.2010	Einbau INNOLET	IPS, HPA, HW	19 Stck. ohne Messfilter
16.04.2010	Betriebliche Begehung	HW	
27.04.2010	Probenschachtung Messtrummen	IPS	
19.05.2010	Betriebliche Begehung	IPS	
07.06.2010	Betriebliche Begehung, Messbeginn Trummen	IPS, HPA, HW	Einbau Messtrummenfilter, Zulauftrumme, Referenztrumme
08.07.2010	Betriebliche Begehung	HPA	Abdeckkegel schief
23.07.2010	Betriebliche Begehung	IPS, HPA, HW	Überprüfung Abdeckkegel
11.08.2011	Betriebliche Begehung	IPS	
02.09.2010	Betriebliche Begehung	IPS, HPA	
04.11.2010	Betriebliche Begehung, Versuche	IPS, HPA, HW	Untersuchungen zu Durchlässigkeit und Laubrückhaltung
19.12.2010	Betriebliche Begehung	IPS	Winterbetrieb, Trummen mit Schnee zugedeckt
20.01.2011	Betriebliche Begehung	IPS, HPA, HW	Winter, kein Schnee
17.02.2011	Betriebliche Begehung	IPS, HW	
14.04.2011	Betriebliche Begehung, Versuche	IPS, HPA, HW	
20.04.2011	Betriebliche Begehung, Versuche, Messende	IPS, HW	Tausch Filtermaterial Ostseite
30.05.2011	Betriebliche Begehung, Versuche, Messende	IPS, HW	Tausch Filtermaterial Westseite



Abb. 43: INNOLET G eingebaut in Hamburger Trumme, Filterpatrone ausgebaut



Abb. 44: Wartung der Hamburger Trumme mit INNOLET G mit Hilfe eines Saugwagens von Hamburg Wasser

Folgende Betriebspunkte wurden im Verlauf des Probetriebes beobachtet:

- Straßenablauf/Gitterrost:
Alle Abläufe waren hydraulisch frei, selbst im Winter waren Schlitze im Ablauf offen.
Es kam zu keinen Überstauungen auf der Straße
- Kegel:
Einzelne Kegel, ausschließlich auf der Westseite der Vollhöfner Weiden, standen im Juni 2010 nach Inbetriebnahme schief gestellt. Eine Erklärung für dieses Phänomen konnte nicht gefunden werden.
- Filter:
Die hydraulische Filterleistung nahm erwartungsgemäß im Verlauf des Betriebes ab.
Dabei kam es zum Einstau bis zum Erreichen des Überlaufes innerhalb der Trumme.



Ein weiterer Einstau bei Regenereignis, der zu Überstau auf Straße führen würde, fand nicht statt.

- Teilweise waren auf den Oberflächen der Edelstahlteile Anfänge von Rost zu entdecken.
- Die O-Dichtungsringe erwiesen sich als nicht 100% dichtend und wurden sämtlich gegen neue rechteckförmige Dichtungsringe mit verbesserten Auflageeigenschaften ausgetauscht.
- Infolge von Starkregen erwies es sich, dass bedingt durch Auftriebskräfte die Filter an den o.a. Dichtungsringen bei Vollfüllung Schlupf zeigten. An diesen Stellen kam es dann zu Umströmungen des Filters im geringeren Umfang. Die Problematik ist erkannt und als Lösung des Problems ist die Erhöhung des Eigengewichtes der Filterpatrone vorgesehen.
- Im Winter während der starken Schneefälle waren die Trummen zeitweilig unter Schneeablagerungen begraben, welche von Schneepflügen verursacht worden. Was aber generell keine hydraulischen oder betrieblichen Probleme speziell für die Filtertrumme bedeutet hat.
- Auch war das bei Glatteis auf die Straße aufgebrachte Granulat aus Splitt kein wesentliches Problem für Trumme und Filter. Zwar bildeten sich Verklumpungen insbesondere an einzelnen Spitzkegeln und Leitblechen, die sich aber im Zuge der jährlichen Reinigung im Frühjahr leicht entfernen ließen.

Aus den Beobachtungen des Betriebes wurden die Wartungsintervalle abgeleitet. Diese beinhaltet eine Wartung nach dem ersten halben Jahr. Eine zweite Wartung wird nach einem Jahr Betriebszeit durchgeführt (Hauptwartung). Diese werden im Folgenden angegeben.

Halbjährliche Wartung

Arbeiten

1. Rost herausheben
2. Kragen, Kegel, Stege sauber spülen
3. Kegel herausheben
4. Kegel kontrollieren, ob Zwischenraum verschmutzt ist, ggf. säubern
5. Filter herausheben und in Auffangwanne die Manteloberfläche abspritzen
6. Filterauflagegummi reinigen
7. Schlammfang aussaugen
8. Filter einsetzen
9. Kegel einsetzen



10. Gitterrost einsetzen

Personal- und Fahrzeugbedarf

Erforderlich sind zwei Mitarbeiter und ein Trummensauger für jeweils 10 Minuten. Dazu kommen anteilig die Zeiten für die Anfahrt, die Fahrzeugbereitstellung sowie für das versetzen und das Kippen.

Jährliche Wartung

Arbeiten

1. Rost herausheben
2. Kragen, Kegel, Stege sauber spülen
3. Kegel herausheben
4. Kegel kontrollieren, ob Zwischenraum verschmutzt ist, ggf. säubern
5. Filter herausheben in Trumme entleeren und verladen
6. Filtergummi abspritzen
7. Schlammfang aussaugen
8. Austauschfilter einsetzen
9. Gitterrost einsetzen
10. Gebrauchten Filter zum Betriebshof mitnehmen und mit neuem Material für den nächsten Filterwechsel vorbereiten

Personal-, Fahrzeugbedarf und Stückzahlen

Erforderlich sind drei Mitarbeiter, ein Trummensauger sowie ein Kolonnenfahrzeug einschließlich Schlammanhänger. Auf dem Betriebsplatz kommt ein zusätzlicher Mitarbeiter zum Befüllen der Filter zum Einsatz. Die Tagesleistung beläuft sich auf 32 Trummen pro Tag.

Generell erforderliche Ausrüstung für die Wartungsarbeiten

- Trummensauger mit schlankem Saugrohr
- Hochdruckspülgerät
- Kolonnen- bzw. Sicherungsfahrzeug
- Austauschfilterpatronen bzw. Filtermaterial
- Ggf. Ersatzteile (Schrauben, Dichtungsringe etc.)

Das Befüllen der leeren Filterpatronen sowie deren Sichtkontrolle bezüglich Beschädigungen und Funktionsbeeinträchtigungen erfolgt auf dem Betriebsplatz. Das Filtermaterial wird dabei vorsichtig eingefüllt und lagenweise verdichtet.

Allgemein kann als Ergebnis zusammengefasst werden:

- Alle Abläufe waren hydraulisch frei, auch im Winter
- Der Filterdurchsatz ist abnehmend, teilweise erfolgt ein Einstau bei Regenereignissen innerhalb der Trumme bis zum Anspringen des regulären Notüberlaufes, aber kein Überstau auf Straße.
- Durch Abspülen nach einer Standzeit von einem halben Jahr kann die Standzeit wieder bis zu einem Jahr verlängert werden.
- Die Wartung erfolgt 2mal pro Jahr und stellt damit die Standzeit von einem Jahr sicher. Eine erste Wartung mit Oberflächenreinigung des Filters wird nach einem halben Jahr durchgeführt. Ein gleichzeitiges Aussaugen des Schlammfanges wird empfohlen. Nach einem Jahr wird der Filter komplett entleert, gereinigt und mit neuem Filtermaterial befüllt. Diese Reinigung und Neubefüllung kann im Regelbetrieb auf einem Betriebshof erfolgen.
- Die Wartung und Reinigung kann z.B. mit dem vorhandenen Personal und Fuhrpark der Hamburger Stadtentwässerung durchgeführt werden.
- Schief stehende Kegelabdeckungen konnten nur im Sommer 2010 beobachtet werden.

5.6 Prüfung von Trumme mit und ohne INNOLET G auf externem Prüfstand und Wertung des Prüfverfahrens

Das IKT (Institut für unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen) hat im Rahmen eines Projektes, das vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein Westfalen gefördert wurde, einen Prüfstand zur Prüfung von dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen aufgebaut. Der Aufbau orientierte sich unter anderem an den Zulassungsgrundsätzen für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen“, Teil 1: Anlagen zum Anschluss von Kfz-Verkehrsflächen bis 2000 m² und Behandlung des Abwassers zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt). Mit der Prüfeinrichtung können Niederschlagswasserbehandlungsanlagen mit unterschiedlichen Zuflussmengen beschickt werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit über ein nach oben offenes Dosierrohr unterschiedliche „Verschmutzung“ dem Wasserstrom zuzugeben. Im Rahmen von Beschickungen wurde der Rückhalt von insgesamt vier unterschiedlichen „Verschmutzungen“ ermittelt. Zum Einen kam das Gesteinsmehl Millisil W4 zu Einsatz. Zum anderen wurden diese

Untersuchungen durch den Einsatz eines Kies-Sand-Gemisches (Korngrößen von 0,1 bis 3,0 mm) sowie von schwimmendem Kunststoffgranulat (Polyethylen mit einer Kornrohdichte von $0,95 \text{ g/cm}^3$) und leicht absinkenden Kunststoffgranulat (Polypropylen mit einer Kornrohdichte von $1,05 \text{ g/cm}^3$) ergänzt. Mit Blick auf die unterschiedlichen Anlagentypen können die Zulaufbedingungen variabel gestaltet und angepasst werden.



Abb. 45: INNOLET G auf dem Versuchsstand beim IKT (Trumme aus Kunststoff, baugleich mit Hamburger Trumme aus Beton)

Im Rahmen der hier dargestellten Versuche am INNOLET G wurde dem simulierten Oberflächenabfluss das im Rahmen der DIBt-Zulassungsgrundsätze verwendete Quarzmehl Millisil W4 beigegeben. Dieses Material hat eine Dichte (Kornrohdichte) von $2,65 \text{ g/cm}^3$. Die Versuche wurden mit einer Darstellung der Versuchsdurchführung in einem Kurzbericht abgeschlossen.

Insgesamt wurde eine Gesamtmenge von 25 kg Millisil W4 bei unterschiedlichen Beschickungen (2,5; 6,0; 25,0 und $100,0 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ (Ausspülversuch)) zugeführt. Aus den für die jeweilige Beschickung zurückgehaltenen Mengen wird ein Gesamtrückhalt errechnet.

Die Prüfung ergab einen über die unterschiedlichen Versuchsbedingungen gemittelten Rückhalt von 64% des eingetragenen Prüfmehls Millisil W4. Die Einzelergebnisse sind dem beigefügten Bericht zu entnehmen.

Eine Prüfung mit Schwimmstoffen wurde beim IKT nicht durchgeführt, es ist aber bei der Bauweise mit dem Überlauf im Doppelkegel davon auszugehen, dass die Schwimmstoffe in hohem Maße zurückgehalten werden, s. auch eigene Versuche. Auch beim System INNOLET wurden gute

Rückhalteleistungen für Schwimmstoffe und Stoffe mit geringer Absetzleistung von im Mittel 80% ermittelt. Aufgrund des annähernd vergleichbaren Aufbaus der beiden INNOLET-Systeme mit einem Filter als zentrale Reinigungseinheit kann angenommen werden, dass dieses Ergebnis auf das INNOLET G übertragen werden kann.

Vergleich Trumme ohne Filter

Im Rahmen einer während der Berichtserstellung noch nicht abgeschlossenen Diplomarbeit zur Optimierung der IKT-Versuchsanlage zur Prüfung dezentraler Niederschlagswasserbehandlungsanlagen wurde beispielhaft der Rückhalt von Millisil W4 sowie der Rückhalt von Schwimm- und Schwebstoffen in einem Nassschlammfang (Hamburger Trumme) untersucht. Analog zu den Untersuchungen des INNOLET G wurde auch bei diesen Versuchen eine Gesamtmenge von 12,5 kg Millisil W4 zugegeben. Erste Auswertungen der Messergebnisse zeigen, dass das eingesetzte Quarzmehl Millisil W4 in der Trumme ohne Filter zu einem hohen Anteil zurückgehalten wird. Vergleicht man die zugegebene Masse an Millisil W4 (Kornrohichte von 2,65 g/cm³) mit der im Nassschlammfang wiedergefundenen Masse, kann ein Rückhalt von ca. 55 % ermittelt werden. Dagegen wurden die zugegebenen schwimmenden bzw. leicht absinkenden Kunststoffgranulate mit Dichten von 0,95 bzw. 1,05 g/cm³ bereits während der Beschickung mit einer simulierten Niederschlagsintensität von 25 l/s*ha oder beim Ausspülversuch (100 l/s*ha) vollständig aus der Hamburger Trumme ausgetragen. Diese geringen Rückhaltewerte für die Schwimm- und Schwebstoffe scheinen durch Untersuchungen zur Zusammensetzung der zurückgehaltenen Stoffe in Hamburger Trummen gestützt zu werden. In diesen Untersuchungen zeigte sich, dass organische Bestandteile, ermittelt über den Glühverlust, lediglich im geringen Maße (3%) nachzuweisen sind und somit diese leicht zu mobilisierenden Stoffe nur zu einem geringen Anteil im Nassschlammfang zurückgehalten werden.

Zusammenfassung und Bewertung

In dem Versuchen auf dem Prüfstand wurden für die Nasstrumme mit und ohne Filter etwa gleiche Rückhalteleistungen für das Quarzmehl Millisil W4 ermittelt. Eine Rückhalteleistung für Schwimmstoffe und Stoffe mit geringer Absetzleistung konnte bei der Trumme ohne Filter nicht nachgewiesen werden.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse liegt die Schlussfolgerung nahe, dass insbesondere Anlagen, die Niederschlagswasser lediglich aufgrund von Dichtentrennung (vgl. Sommer 2009, Uhl 2010) reinigen und nicht über zusätzliche Filter verfügen, mit einem Stoffspektrum geprüft werden sollten, das die Dichteunterschiede der im Niederschlagswasser vorkommenden Schmutzstoffe berücksichtigt. Im konkreten Anwendungsfall würde die Zugabe von Stoffen mit wesentlich geringerer Dichte zu einer wesentlich besseren Bewertbarkeit der Leistungsfähigkeit der Anlagen für die im Straßenablauf vorhandenen unterschiedlichen Stoffe führen. Auch für andere Anlagen, z.B. mit Filtern, sollte diese Vorgehensweise zumindest in die Überlegung einbezogen werden.

Eine Erweiterung der Prüfung auf Schüttelversuche zur Bestimmung des Rückhaltes gelöster Stoffe wie z.B. Schwermetalle liefert Anhaltspunkte für die Leistungsfähigkeit des Filtermaterials unter Laborbedingungen. Dies liefert Anhaltspunkte für die Leistungsfähigkeit des Filtermaterials. Allerdings nur unter Laborbedingungen. In der Realität wird die Adsorptionsleistung allerdings durch andere Effekte wie Verschlammung der Oberfläche weitaus mehr beeinflusst und die reaktive Oberfläche deutlich reduziert, wenn nicht sogar deaktiviert. Daher wurde auch im Projekt darauf verzichtet eine solche Prüfung mit aufzunehmen.

5.7 Kosten Investition/Betrieb/Wartung

Die Aufwendungen für Betrieb und Wartung aus dem Versuchsbetrieb In-Situ wurden ausgewertet und die daraus zu erwartenden Kosten für Investition und laufenden Betrieb ermittelt. Im Rahmen von Voruntersuchungen wurden von Seiten der HPA bereits Untersuchungen durch ein externes Ingenieurbüro durchgeführt und die jetzt im Versuchsbetrieb durchgeführte Lösung mit anderen Lösungen zur Straßenabwasserbehandlung verglichen. Dazu wurde das von der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker entwickelte Programm Eco.RWB 2.2 genutzt, das einen Kostenvergleich über einen vorher definierten längeren Zeitraum anhand von Kostenbarwerten ermöglicht.

Die jährlichen Wartungskosten für INNOLET G können nach Festlegung der erforderlichen Wartung in Zusammenarbeit mit Hamburg Wasser (Stadtentwässerung) mit ca. 130 EUR netto angegeben werden. Bei größeren Stückzahlen können sich die Kosten noch weiter verringern. Dies setzt sich zusammen aus der Zwischenwartung nach einem halben Jahr und der Hauptwartung nach einem Jahr. Der Austausch des Filtersubstrates ist in diesen Kosten inbegriffen. In den Kosten sind u.a. Einbau, Wartung (Reinigung/Abspritzen, Austausch), Filtermaterial wechseln (nachfüllen und verdichten) und Kosten für Personal, Fahrzeuge, Ausrüstung, Lagerräume für Filtermaterial und Wechsel enthalten.

Zum Vergleich wurden 3 Varianten untersucht, die als Behandlungsvarianten in Frage kommen könnten:

1. INNOLET G
Nachrüstung von 72 INNOLET G Filter in die vorhandenen Trümmen der zu behandelnden Straßenfläche
2. Bodenfilter, zentral
Bau eines Bodenfilters bemessen auf das Gesamteinzugsgebiet inkl. der Privatflächen
3. Bodenfilter, mit qualifizierter Trennbesielung
Bau eines Bodenfilters bemessen auf die zu behandelnde Straßenfläche inkl. der dazu erforderlichen separaten Zuleitung

Die Einzelkosten der Massnahmen setzen sind in den Tabellen im Anhang aufgeführt

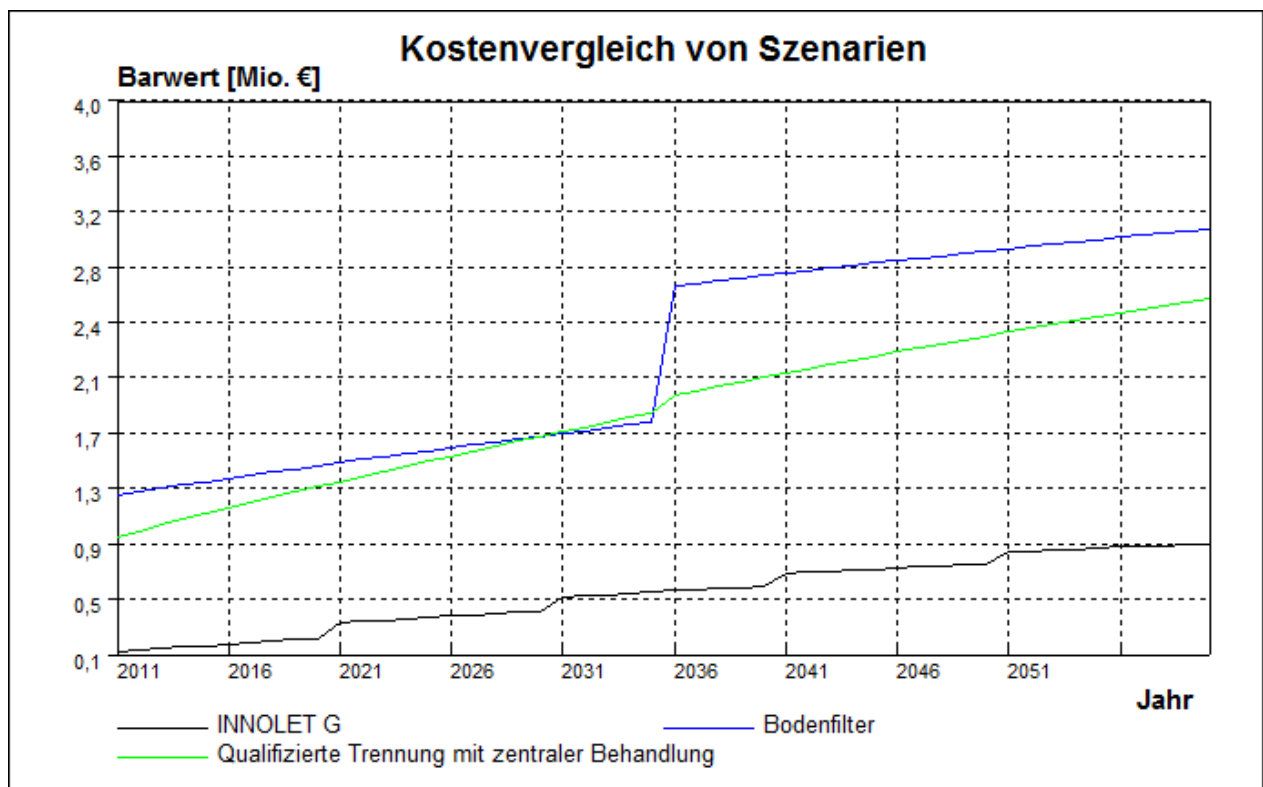


Abb. 46: Projektbarwertvergleiche nach LAWA für die Varianten INNOLET G, Bodenfilter und Qualifizierte Trennung der Abflüsse mit zentraler Behandlung

Beim Vergleich zeigt sich, dass die Kosten für INNOLET G als Behandlungsmassnahme sind deutlich niedriger als für die beiden alternativen Massnahmen sind. Das Bezugsjahr war 2011 mit einem Zinssatz von 4% und eine Preissteigerungsrate von 3%. Auch wurden für die Massnahmen und ihre Teilmassnahmen unterschiedliche Standzeiten angenommen. Für INNOLET G wurde eine Standzeit von 10 Jahren mit Komplettaustausch angesetzt. Die Bodenfilter haben hiernach eine Standzeit von 25 Jahren, während die Kanäle in der Variante 3 erst nach 50 Jahren erneuert werden müssen. Auch die Investitions- und Betriebskosten sind niedriger.

Tab. 16: Investitionskosten, Betriebskosten pro Jahr und Gesamtkostenbarwerte der Varianten nach LAWA

Szenarien	Investitionskosten[€]	Betriebskosten[€/a]	Barwert[€]
INNOLET G in 80 Trummen	117,200	9,360	880,727
Bodenfilter, zentral	1,200,000	24,000	3,098,783
Qualifizierte Trennbesielung mit zentraler Behandlung	880,000	40,400	2,576,150

Die Investitionskosten schwanken je nach Variante von 117.200 (INNOLET G) bis 1.200.000 EUR (Bodenfilter). Auch für die Betriebskosten kann eine Spanne von 9.360 (INNOLET G) bis 40.400 EUR (Qualifiziertes Trennsystem) angegeben werden. Der Kostenbarwert für INNOLET G über 50 Jahren

beträgt 880.000 EUR. Für die beiden anderen Varianten sind Kostenbarwerte von 2,6 bzw. 3,1 Mio. EWUR ermittelt worden.

Im Vergleich dazu kostet die derzeitige Trummenreinigung bei 2maliger Reinigung ca. 30 EUR pro Jahr und Trumme. Daraus ergeben sich jährliche Betriebskosten von 2.400 EUR/a. Der Kostenbarwert liegt bei knapp unter 100.000 EUR.

Bezüglich der Kosten für eine zusätzliche Reinigung schneidet das System INNOLET G als Nachrüstung der vorhandenen Trummen am günstigsten ab.

In der nachfolgend dargestellten Tabelle werden die flächenspezifischen Kosten angegeben, die für den spezifischen Fall der Vollhöfner Weiden gelten.

Tab. 17: *Flächenspezifische Kosten der Varianten in €/m², nur bezogen die zu behandelnde Straßenfläche (27.066 m²)*

Szenarien	Investitionskosten [€/m ²]	Betriebskosten [€/m ² *a]
INNOLET G in 80 Trummen	6,4	0,52
Bodenfilter, zentral (bemessen aber auch das gesamte Einzugsgebiet, bezogen nur auf die zu reinigende Straßenfläche)	60	1,2
Qualifizierte Trennung mit zentraler Behandlung (Behandlung und Auslegung nur auf die zu reinigende Straßenfläche)	44	2,02

Hier zeigt sich deutlich, dass die flächenspezifischen Kosten auf Grund der möglichen Nachrüstung der Trummen am günstigsten sind. Eine Bodenfiltervariante, die für das gesamte Einzugsgebiet inkl. der sehr großen Privatgrundstücke ausgelegt ist. (Straße hat nur ca. 10% der Gesamtfläche) schneidet hierbei auf Grund der auslegungsbedingten Größe deutlich schlechter ab. Auch eine Planung eines nur für das Straßenablaufwasser ausgelegten Bodenfilters schneidet auf Grund des dafür erforderlichen Baus eines zweiten Leitungsnetzes ungünstig ab.

6 Umweltentlastung

Um eine Frachtbilanz zu erstellen, war es notwendig vorhandene Niederschlagsmessungen in die Auswertung mit einzubeziehen. Daraus werden die über das Jahr zurückgehaltenen Mengen errechnet. Die Berechnung erfolgte durch Langzeitsimulation mit dem Schmutzfrachtmodell STORM.

Durch den Einsatz von INNOLET G (Reinigungsleistung des Filters von ca. 60%) kann von nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen von einem Rückhalt über das gesamte Jahr inkl. der systembedingt nicht durch den Filter behandelbaren Menge (ca. 20 %) von ca. 50% in situ ausgegangen werden. Dadurch kann im Nachrüstungsfall, der schnell umzusetzen ist, eine schnelle Entlastung der Gewässer durch Reduzierung der Einträge erfolgen. Und zwar insbesondere dort, wo zentrale Maßnahmen lange für die Realisierung brauchen oder der Straßenkörper inkl. der

vorhandenen Entwässerung nicht „angefasst“ werden soll und dadurch hohe Zusatz- bzw. Investitions- und Baukosten zu einer Behandlungsanlage entstehen würden.

Der Marktumfang für die Ausrüstung mit diesem System wird alleine in Hamburg vorsichtig auf 3000 Trummen (Gullys) an den Brennpunkten abgeschätzt. Dies entspricht einer Straßenfläche von 120ha. Dadurch kann bei Rückhalt von 20 kg Feststoffe pro Trumme und Jahr eine Gesamtmenge von 60t/a Feststoffen von den Gewässern zurückgehalten werden, welche dort ansonsten regelmäßig wieder mit hohem Aufwand aus dem Wasserkörper herausgeholt werden müssten.

7 Übertragbarkeit und Verwertung der Ergebnisse

Primär kann das System im Bereich der Stadt Hamburg eingesetzt werden, da dort die Straßenabläufe so ausgeführt wurden, dass im Bestand die INNOLET G Filterpatrone, wie sie mittlerweile von der Fa. Funke vertrieben wird, ohne Umbau in einen vorhandenen Straßeneinlauf eingebaut werden kann. Potenziell gilt das für mehrere tausend Straßeneinläufe in Hamburg und weitere in Norddeutschland. Ist das System erfolgreich, kann eine Nachrüstung kurzfristig an Brennpunkten erfolgen.

Die Ergebnisse aus dem Vorhaben lassen sich auch auf andere Standorte übertragen lassen, bei denen eine zentrale Anlage nur unter schwierigen Bedingungen zu realisieren ist oder andere dezentrale Maßnahmen einen höheren baulichen Aufwand mit sich bringen. Hier sind insbesondere andere Städte mit Nassgullysystemen zu erwähnen, deren Abgänge flach ausgeführt sind. Für andere Nassgullysysteme mit tiefen Abgang (>1 m) ist die Montage sehr aufwendig.

Das System kann auch als Ersatz vorhandener Trockengullys verwendet werden, deren Abgangshöhe nur bei ca. 0,5 bis 0,7 m liegt. Dafür ist erhebliches Potenzial insbesondere in Trennsystemen im norddeutschen Raum vorhanden.

8 Verbreitung der Ergebnisse

Nach Ende des Projektes erfolgt die Vorstellung der Ergebnisse aus dem Projekt im Rahmen eines Workshops in Hamburg. Der Termin wurde auf den Herbst 2011 festgelegt. Die Ergebnisse werden dort mit Fachleuten aus den zuständigen Verwaltungen in Hamburg diskutiert. Eine Veröffentlichung in einer Fachzeitschrift ist in Vorbereitung.



Abb. 47: *INNOLET G auf der Wasser Berlin 2011*

Der Filter wurde auf der Wasser Berlin 2011 im Mai 2011 dem interessierten Fachpublikum präsentiert. Die Wasser Berlin ist eine internationale Fachmesse für Wasserwirtschaft und Entsorgungstechnik. Dort stieß er auf reges Interesse. Im nächsten Jahr ist die Präsentation des Filters auf der IFAT 2012 in München geplant, die ein noch weit größeres Publikum ansprechen wird. Unabhängig davon besteht auch schon im Ausland Interesse am System.

9 Zusammenfassung

Im Zeitraum der Laufzeit des Vorhabens wurde ein Filter entwickelt, der in der vorhandenen Hamburger Nasstrumme ohne deren Umbau nachgerüstet werden kann.

Anhand von Vorversuchen wurde die prinzipielle Tauglichkeit des Filters getestet. Dies geschah mit gutem Erfolg sowohl in hydraulischer als auch in stofflicher Hinsicht.

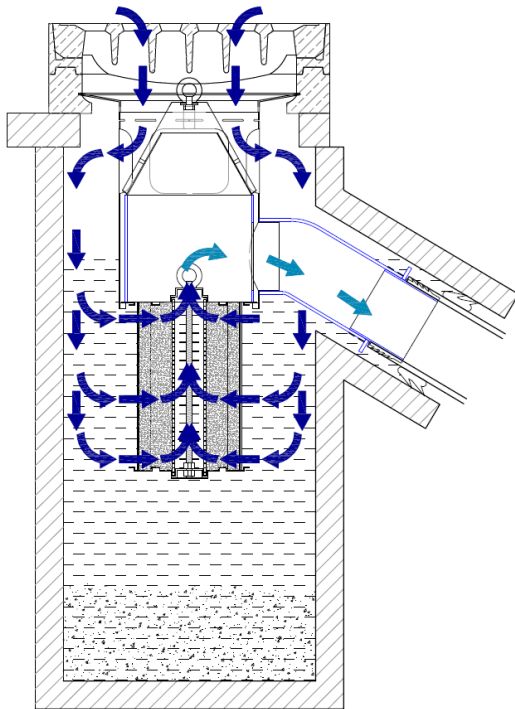


Abb. 48: Funktionsprinzip des INNOLET G Filters

Nach den Vorversuchen wurde das System an dem Versuchsstandort Vollhöfner Weiden im Gebiet des Hamburger Hafens eingesetzt. Dort wurden im Feldversuch 20 Filter in vorhandene Trummen nachgerüstet und über 1 Jahr betrieblich und stofflich untersucht.

Vor Einbau der Filter erfolgten konstruktive Anpassungen, um die flexible Nachrüstung in nahezu alle vorhandenen Bestandstrummen zu gewährleisten.

Die Einzugsgebietsflächen der Trummen unterscheiden sich zum Teil mehr als 200 %. Daraus resultiert eine unterschiedliche hydraulische und damit auch stoffliche Belastung.

Das System INNOLET G zeigt gegenüber den Zulaufwerten einen Rückhalt von ca. 50-55 % in situ. Im Vergleich dazu und unter Berücksichtigung der Einzugsgebietsflächen ergibt sich eine deutlich geringere Leistung der Trumme ohne Filter.

In den Sedimenten der Trummen mit INNOLET G konnten deutlich mehr Feinstanteile festgestellt werden. Bei der Kornfraktion kleiner 100 μm sind dies ca. 50% mehr als in der Trumme ohne

INNOLET G. Dies lässt auf einen deutlich höheren Rückhalt an Feinststoffen durch den Filter schließen, was auch mit der Beobachtung des Beschickungsversuches in situ korreliert.

Eine Prüfung nach dem derzeitigen Prüfverfahren des DIBt für dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen mit dem Prüfmittel Millisil W4 ergab einen Rückhalt von ca. 64%. Im Vergleich dazu wurde auch die Trumme ohne INNOLET G geprüft. Dies ergab ebenfalls einen Rückhalt von 64%. Bei einer zusätzlichen, im DIBt Prüfverfahren nicht vorgesehenen Prüfung mit Schwimmstoffen bzw. schwer absetzbaren Stoffen wurden diese dagegen von der Nasstrumme, im Gegensatz zur Trumme mit INNOLET G, nicht bzw. kaum zurückgehalten. Dies deckt sich mit den Beobachtungen auf dem Versuchsstand und in situ vor Ort. Hier wird vorgeschlagen, prinzipiell bei Prüfung von Anlagen das Spektrum der Prüfkriterien und Materialien zu erweitern.

Im Vergleich mit anderen Alternativen der Reinigung des Straßenablaufwasser im Einzugsgebiet (zentraler Bodenfilter, qualifiziertes Trennsystem) schneidet die Variante mit INNOLET G auf Grund der Nachrüstbarkeit im Bestand ohne Umbaumaßnahmen am günstigsten ab. Hier ist zu erwähnen, dass auch durch die Hamburg Port Authority im Vorfeld des Projektes Variantenuntersuchen durchgeführt worden waren, die alle zu hohen Kosten im Falle eines Umbaus geführt hätten.

10 Offene Fragestellungen

Folgende Punkte sind am Ende des Projektes offen geblieben, bzw. haben sich im Laufe des Projektes neu gestellt:

1. Die Vollhöfner Weiden haben nur einen geringen Bestand an Bäumen und Sträuchern. Die Aussagen und Ergebnisse sollten bei der Übertragung auf andere Standorte überprüft werden, um das Verhalten der Trumme mit Filter bei hohem Laubbestand zu beobachten,
2. Die Rückhaltung von Feinststoffen kann noch weiter verbessert werden. Hier können durch eine Optimierung der Sedimentation weitere Modifikationen erprobt werden,
3. Geeignetes Material für eine Prüfung: Ergänzung des derzeitigen Prüfmaterials mit weiteren Prüfsubstanzen, die ein weiteres Spektrum der im Straßenkehrriecht vorhanden Stoffe abdeckt, Es gibt bislang keinen Standard für Straßenkehrriecht. Hierzu sollte überlegt werden, aus welchen Bestandteilen ein Standardstraßenkehrriecht zusammengesetzt sein kann.

11 Literatur

Sommer 2007, Behandlung von Straßenabflüssen, Anlagen zur Behandlung und Filtration von Straßenabflüssen in Gebieten mit Trennsystemen, - Neuentwicklungen und Untersuchungen -, Harald Sommer, Dissertation an der Leibniz Universität Hannover, 2007
<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01dh07/529334100.pdf>

Sommer, Sieker, Post, (2008): Experiences with decentralized Inlet-filtration-systems on highly frequented roads, 11th ICUD, Edinburgh

Uhl, M.; Maus, C. 2011, Dezentrale Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen. klar! – Information für die Mitglieder des DWA-Landesverbandes NRW, Ausgabe 22, Juli 2011, S. 18-21. Herausgeber: DWA Landesverband Nordrhein-Westfalen.

DWA 2008, DWA Merkblatt M 378, Umgang mit Straßenkehrriech, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Juli 2008

Ergebnisbericht Monitoring INNOLET, erstellt im Rahmen des EU Interreg IIIB Vorhabens Urban Water Cycle, Dez. 2007

Stein 2008, Auswirkungen optimierter Straßenabläufe auf Feststoffeinträge in Kanalisationen, Dissertation an der RWTH Aachen, Fakultät für Bauingenieurwesen, April 2008

Sommer, Kiesewetter 2010, INNOLET Hagen, Untersuchung zur Reinigungsleistung des Filters INNOLET, in Zusammenarbeit mit der Stadtentwässerung Hagen, gefördert durch Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein Westfalen

Schmitt et. al. 2010, Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren, Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Az: 26840-23

Steiner M. 2010, Straßenabwasserbehandlungsverfahren: Stand der Technik, Dokumentation ASTRA 88002, Bern

12 Anhang

Tab. 18: Ermittlung der Reinigungsleistungen mit Korrekturfaktor in %

	Reinigungsleistung			
	Trumme mit INNOLET		Trumme ohne INNOLET	
	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
AFS	51%	74%	8%	21%
Phosphor	35%	46%	25%	61%
TOC	47%	73%	18%	57%
Kupfer	36%	63%	-53%	34%
Zink	43%	69%	6%	46%
MKW-Index	36%	53%	-47%	13%
Summe PAK	38%	81%	12%	51%

Tab. 19: Relativer Vergleich der Reinigungsleistungen der Trumme ohne und mit INNOLET G in %

	ohne INNOLET G	mit INNOLET G
TOC	5%	-9%
MKW	9%	57%
Summe PAK	42%	62%
Blei (Pb)	27%	52%
Cadmium (Cd)	23%	50%
Kupfer (Cu)	27%	52%
Zink (Zn)	28%	52%
Phosphor (P)	10%	27%
o-Phosphat-P	0%	35%
abfiltrierbare Stoffe	33%	53%
pH-Wert	2%	3%



Tab. 20: Ermittlung der Reinigungsleistungen der Trumme ohne INNOLET G, Absolut in mg/l und relativ in %

	Zulauf	Ablauf		
	Mittelwert	Mittelwert	Diff.	Rückhalt
TOC	35,9	34,2	1,6	5%
MKW	5415	4940	475	9%
Summe PAK	5,835	3,36	2,475	42%
Blei (Pb)	161,5	117,5	44	27%
Cadmium (Cd)	2,2	1,7	0,5	23%
Kupfer (Cu)	637,5	463,5	174	27%
Zink (Zn)	2005	1450	555	28%
Phosphor (P)	1,19	1,07	0,12	10%
o-Phosphat-P	0,17	0,17	0	0%
abfiltrierbare Stoffe	895	599	296	33%
pH-Wert	8,07	7,94	0,14	2%
Leitfähigkeit	1940	1980	-40	-2%

Tab. 21: Ermittlung der Reinigungsleistungen der Trumme mit INNOLET G, Absolut in mg/l und relativ in %

	Zulauf	Ablauf		
	Mittelwert	Mittelwert	Diff.	Rückhalt
TOC	28,0	30,4	-2,4	-9%
MKW	3075	1320	1755	57%
Summe PAK	2,175	0,825	1,35	62%
Blei (Pb)	69,25	33,05	36,2	52%
Cadmium (Cd)	1	0,5	0,5	50%
Kupfer (Cu)	295,5	142	153,5	52%
Zink (Zn)	841	405	436	52%
Phosphor (P)	0,56	0,41	0,15	27%
o-Phosphat-P	0,17	0,11	0,06	35%
abfiltrierbare Stoffe	358	167	191	53%
pH-Wert	8,1	7,8	0,3	3%
Leitfähigkeit	775	1845	-1070	-138%



Tab. 22: Grunddaten der Investitionskosten für die Varianten

INNOLET G					
Maßnahme	Massen	Einheit	Einheitspreis[€/Einh.]	Einheit[Einh.]	Kosten[€]
INNOLET G	72,000	Stck.	1,500,000	m ² AE,b	108,000
INNOLET G Einzelteile	72,000	Stck.	100,000	m ² AE,b	8,000
Bodenfilter, zentral					
Maßnahme	Massen [m ³]		Einheitspreis[€/Einh.]	Einheit[Einh.]	Kosten[€]
Bodenfilter	2,400,000	m ³	500,000	m ³	1,200,000
Bodenfilter bei qualifizierter Trennbesielung					
Maßnahme	Massen		Einheitspreis[€/Einh.]	Einheit[Einh.]	Kosten[€]
Kanal DN 500	500,000	m	500,000	M	250,000
Kanal DN 300	800,000	m	300,000	M	240,000
Kanal DN 700	500,000	m	560,000	M	280,000
Bodenfilter, Regenwasser	220,000	m ³	500,000	m ³	110,000



Tab. 23: Grunddaten der Betriebskosten und Kostenbarwerte für die Varianten

INNOLET G					
Maßnahme	spez.B.-kosten[€/Einh./a]	Betriebskosten[€/a]	Nutz.dauer[a]	Jahr Invest.	Barwert[€]
INNOLET G	130	10,400	10	2011	913592
INNOLET G Einzelteile	0	0	5	2011	64990
Bodenfilter, zentral					
Maßnahme	spez.B.-kosten[€/Einh./a]	Betriebskosten[€/a]	Nutz.dauer[a]	Jahr Invest.	Barwert[€]
Bodenfilter	10	24,000	25	2011	3098783
Bodenfilter bei qualifizierter Trennbesielung					
Maßnahme	spez.B.-kosten[€/Einh./a]	Betriebskosten[€/a]	Nutz.dauer[a]	Jahr Invest.	Barwert[€]
Kanal DN 500	20	10,000	80	2011	648,454
Kanal DN 300	20	16,000	80	2011	877,526
Kanal DN 700	20	10,000	80	2011	678,454
Bodenfilter, Regenwasser Straßen	nur von 20	4,400	25	2011	371,715