

„Untersuchungen Straßenablauffilter INNOLET“

Juli 2008 – Februar 2010

gefördert durch das
Ministerium für
Umwelt, Natur, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen

vorgelegt von

Stadtentwässerung Hagen
Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Hoppegarten

August 2010



Stadtentwässerung Hagen SEH
Eilper Straße 132-136
58091 Hagen



Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
Rennbahnallee 109A
15366 Dahlwitz-Hoppegarten



Inhalt

1 Vorhabensbeschreibung	3
2 Einsatz und Untersuchung von INNOLET	4
3 Untersuchungsstandorte.....	4
4 Untersuchungsprogramm	7
4.1 Messungen.....	9
4.2 Auswertung Zu- und Ablaufproben.....	10
4.3 Auswertung Substratproben	13
4.3.1 Rückhalt im Substrat der Filterpatrone	14
4.3.2 Eluatversuche mit Wasser.....	18
4.3.3 Korngrößenverteilungen und Rückhalteleistung im Filtermaterial	19
4.4 Betriebliche Untersuchung.....	21
5 Stofffrachtsimulation	23
6 Kostenvergleichsrechnung Investition/Betrieb/Wartung	24
7 Zusammenfassung.....	26
8 Übertragbarkeit der Ergebnisse	27
9 Rechtsverbindliche Unterschriften	27
10 Literatur	28
11 Anhang.....	29

1 Vorhabensbeschreibung

Die Einleitung von Regenwasser aus Trennsystemen in die Gewässer erfolgt derzeit in vielen Fällen ohne eine vorherige Behandlung, obwohl auf diesem Wege erhebliche Schadstoffmengen eingetragen werden. Zahlreiche Veröffentlichungen befassen sich mit dem Problem der Regenwasserverschmutzung. Durch den hohen Standard der Behandlung des Abwassers auf den Kläranlagen rückt der Stoffpfad „Eintrag aus Misch- und Trennsystemen“ in den Vordergrund. So hat man mittlerweile in Untersuchungen festgestellt, dass es wenig Sinn macht, auf der Kläranlage die Reinigungsleistung noch weiter zu erhöhen, wenn gleichzeitig an anderer Stelle gar keine Reinigung erfolgt. Im Abwasserbeseitigungsplan des Landes Berlin (AB-Plan) beispielsweise wurde der Bau einer Membranfiltration als 4. Stufe auf der Kläranlage verworfen, statt dessen wird eine 50%-ige Reduktion der aus der getrennten Regenwasserableitung in die Gewässer eingeleiteten Schadstoffe gefordert.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes [DESTATIS, 2005] entfallen von den versiegelten Flächen ca. 50% auf Verkehrsflächen. Daher ist eine Betrachtung dieses Eintragspfades von großer Bedeutung, insbesondere da die Hauptschmutzfracht von diesen Flächen stammt. Die Belastung von Bebauungsflächen ist geringer.

Die bisher angewendeten Regenwasserbehandlungsmaßnahmen im Trennsystem sind überwiegend am Auslass der Kanalisation (so genannte „End-of-pipe“-Lösungen) angeordnet. Zur Anwendung kommen bisher Sandfänge oder Regenklärbecken, zunehmend auch Bodenfilterbecken oder vereinzelt chemische Verfahren (Fällung). Die Verfahren, die ausschließlich auf dem Prinzip der Sedimentation (Sandfang, Regenklärbecken) basieren, werden dabei zunehmend kritisch gesehen, da die eigentlichen Problemstoffe des Regenwassers, z.B. Schwermetalle und Nährstoffe, nur unzureichend abgetrennt werden. Daher werden bei zentraler Behandlung u.a. Bodenfilter favorisiert.

Im Stadtgebiet Hagen gibt es mehrere Straßen, deren Straßenablaufwasser ungereinigt in ein Gewässer eingeleitet werden. Dieses Wasser ist behandlungsbedürftig. Auf Grund der Entwässerungsstruktur sind zentrale Anlagen zur Behandlung des Abflusses oft nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand zu realisieren. Daher beabsichtigte die Stadtentwässerung Hagen den Straßenablauffilter INNOLET zur Behandlung von Straßenablaufwasser in Hagen einzusetzen und zu untersuchen. Der Filter eignet sich zur Nachrüstung von Straßenabläufen und Behandlung des ablaufenden Niederschlagswassers.

Aktuell besteht auf Grundlage des Trennerlasses NRW für die Vogelsanger Straße die Anforderung, das anfallende Niederschlagswasser der Straße zu behandeln. Aus diesem Grunde wurde ein Untersuchungsprogramm initiiert, um die Wirksamkeit und den Betrieb der dezentralen Behandlung mit dem nachrüstbaren Filtersystem INNOLET zu untersuchen. Dieses Untersuchungsprogramm beinhaltet den Einbau, die Messungen und das betriebliche und qualitative Monitoring. Es wird mit diesem Bericht abgeschlossen.

2 Einsatz und Untersuchung von INNOLET

Ziel in Hagen war es das hoch verschmutzte Wasser der Straßenabläufe der Vogelsangerstraße gezielt zu behandeln, bevor es mit dem geringer verschmutzten und als nicht behandlungsbedürftig angesehenen Ablaufwasser von Nebenstraßen, Dächern und Höfen im Kanal vermischt wird.

Zur Reduktion der Stoffeinträge wurden INNOLET®-Filter in den Straßenabläufen untergebracht. Diese Straßenabläufe besitzen i.d.R. einen Schacht mit oder ohne Schlammfang und Aufsatzmaße des Gitterrostes von 500x500 bzw. 300x500 mm.

Die Behandlung des Straßenabflusses durch die Filterpatrone kann wie folgt untergliedert werden:

- Grobschmutzfang: Rückhalt grober Partikel wie Laub und Sand
- Filterpatrone: Anlagerung an Filterkorbmaschen und Filtration durch adsorptives Material

Die nächste Abbildung verdeutlicht die Passagen des Straßenablaufes im INNOLET®-Filtersystem.

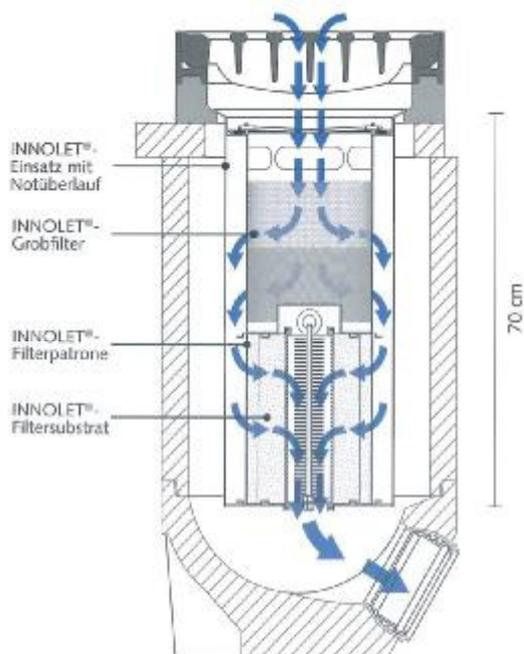


Abb. 1: INNOLET®-Filtersystem

3 Untersuchungsstandorte

Die Vogelsanger Straße in Hagen hat mehrere Straßenabläufe und entwässert in das Gewässer Berger Bach. Sie hat eine Verkehrsbelastung von mehr als 5.500 KFZ/d. Daher ist eine Behandlung des Ablaufwassers der Vogelsanger Straße erforderlich.

Ursprünglich war eine zentrale Behandlungsanlage für das Einzugsgebiet der Vogelsanger Straße geplant. Diese kann aber aus Platzgründen nicht realisiert werden. Um die Möglichkeit der getrennten Behandlung des Straßenablaufwassers zu ermöglichen, wurden das vorhandene Entwässerungssystem und die Straßenabläufe auf die Eignung zur Nachrüstung mit INNOLET-Filtern untersucht.



Abb. 2: Straßenabläufe in der Vogelsanger Straße



Abb. 3: Vogelsanger Straße, mittlerer Bereich

In der Vogelsanger Straße sind i.d.R. Straßenabläufe mit Rechteckaufsatz (300*500) vorhanden. Auch Einläufe mit Quadrataufsatz 500*500 sind vereinzelt anzutreffen. Diese besitzen bis auf wenige Ausnahmen die erforderliche Bautiefe für den Einsatz von INNOLET-Filtern. In manchen Teilabschnitten ist die Vogelsanger Straße nur einseitig befestigt. Der westliche Straßenrand besteht aus einem Hochbord, während der östliche Straßenrand kein Bord besitzt. Dort wird Material von teilweise bewachsenen Böschungen in den Straßenraum abgespült.

Es kommen 19 Standorte mit teilweise 2 nebeneinander angeordneten (Standort 1, 4, 7, 12) Straßenabläufen für den Versuch in Frage. Aufgrund baulicher Besonderheiten konnte in drei Straßenabläufen (Standort 1, 5) keine Filteranlage eingebaut werden. Zwei Sinkkästen liegen in einer ausgeprägten Mulde. Sollten die Anlagen dort versagen (Verstopfung) so wäre eine Gefährdung des Straßenverkehrs und der anliegenden Gebäude gegeben, so dass hier auf die Nachrüstung mit INNOLET verzichtet wurde. Von den verbleibenden 18 Anlagen werden aufgrund des Messprogramms 3 Straßenabläufe nicht mit der Anlage ausgerüstet, da diese auf Grund ihrer Geometrie nicht geeignet waren.



Abb. 4: Lageplan Eilper Straße (blau Ablaufmessung, rot Zulaufmessung)



Abb. 5: Ablaufmessstelle in der Nähe der Bushaltestelle

Die Eilper Straße hat eine Verkehrsbelastung von ca. 12.800 KFZ/d. Da dort Straßenabläufe mit Quadrataufsätzen vorhanden sind, bot es sich an dort einen zusätzlichen Messpunkt mit einem INNOLET-Filter für die Quadrataufsätze zu installieren, zumal auf Grund der Nähe zum Betriebsgelände der SEH die Möglichkeit bestand, bei Niederschlagsbeginn schnell und unverfälscht das Niederschlagswasser aus dem Auffangbehälter entnehmen zu können. Die Eilper Str. wird zwar im Mischsystem entwässert. Der Ablauf dieser Straße wäre behandlungsbedürftig nach dem Trennerlass NRW.

4 Untersuchungsprogramm

Im Rahmen der Untersuchungen wurden 19 Straßenabläufe mit INNOLET-Straßenablauffiltern nachgerüstet. Davon befinden sich 18 Straßenabläufe (Rechteckaufsatz) in der Vogelsanger Straße und 1 Straßenablauf in der Eilper Straße (Quadrataufsatz). An 2 der INNOLET-Filter in der Vogelsanger Straße und dem Filter in der Eilper Straße können Ablaufproben genommen werden. Dazu wurden diese mit einer Auffangschale nachgerüstet. Für die Zulaufmessung wurden benachbarte Straßenabläufe mit einem Auffangbehälter ausgerüstet, der den unbehandelten Zulauf von der Straße auffängt.

In der Eilper Straße wurden parallel zu den Messungen in der Vogelsanger Straße 2 Messpunkte eingerichtet, eine Zulaufmessung an der Abzweigung Eilper Straße und eine Ablaufmessung vor der Eilper Straße 105 kurz vor einer Bushaltestelle.



Abb. 6: Nachrüstung in der Vogelsanger Straße



Abb. 7: Nachrüstung in der Eilper Straße

Für die Messungen vor Ort war folgende Vorgehensweise vorgesehen.

- 3 Straßenabläufe ohne INNOLET mit einem Auffangbehälter im Zulauf zur Probenahme
- 3 Straßenabläufe mit INNOLET mit Auffangbehälter im Ablauf des INNOLET's zur Probenahme

Die Zu- und Ablaufmessungen wurden jeweils an vergleichbaren Standorten durchgeführt.

Im Rahmen des Untersuchungsprogrammes sollte der unbehandelte Zulauf und der Ablauf nach der Behandlung mit dem INNOLET-Filter betrachtet werden. Dazu waren folgende Messungen und Untersuchungen vorgesehen:

2 Probenahmen pro Messstelle:

1. Zulauf
2. Ablauf mit eingebautem Filter

Zur Ziehung der Zulaufprobe wurde ein Trichter in den Straßeneinlauf gehängt, der eine Sammelprobe des Regenereignisses aufnimmt. Für die Ablaufprobe wurde an den INNOLET-Filter unterhalb des Ablaufes eine Auffangschale angebracht, aus der die Probe entnommen wurde.

Die Probenahmen (jeweils Zulauf und Ablauf) erfolgten an den 3 genannten Standorten. Eine automatische Probenahme wurde nicht durchgeführt. Die Zulauf- und Ablaufproben erfolgten jeweils an Straßenabläufen, die nahe beieinander lagen, und wurden durch Mitarbeiter der Stadtentwässerung Hagen durchgeführt. Insgesamt wurden pro Probenahmetag 6 Flüssigproben gezogen.



Abb. 8: Probenahme Ablauf (obere Bilder) und Zulauf

Vor dem Versuchsbeginn wurden jeweils Straßenabläufe und Kanal gespült.

4.1 Messungen

Messzeitraum

Der Messzeitraum war von Juli 2008 bis Februar 2010. Im ersten Jahr waren die Filter mit dem Ferrosorp-Substrat ausgestattet. Anfang August 2009 wurde das Substrat ausgetauscht und die weiteren Messungen mit dem INNOLET-Substrat durchgeführt.

Probenahmen

Um vor Niederschlagsbeginn saubere Probenahmegefäße zu haben, wurden diese jeden Montag gereinigt und die Proben sofort noch während oder kurz nach dem Regenereignis gezogen.

Tab. 1: Beprobte Regenereignisse

20.08.2008	06.05.2009
25.09.2008	16.06.2009
21.10.2008	15.07.2009
19.11.2008	25.08.2009
18.12.2008	24.09.2009
14.01.2009	05.11.2009
10.02.2009	24.11.2009
24.03.2009	11.12.2009
27.04.2009	08.02.2010

Die Proben wurden von einem zertifizierten Labor untersucht und anschließend ausgewertet. Die Untersuchung der Qualität erfolgte in den Flüssigkeitsproben auf folgende Parameter:: pH, Leitfähigkeit, AFS, CSB, TOC, Schwermetalle (Cd, Zn, Cu, Pb), PAK, MKW, N, P. Zusätzlich wurden am Ende der Messperiode Feststoffproben der Filtermaterialien genommen. Diese wurden sowohl auf die Gehalte an Inhaltsstoffen als auch auf die Korngrößenverteilung untersucht.

4.2 Auswertung Zu- und Ablaufproben

Im Folgenden erfolgt die Darstellung und die Auswertung der Messungen aus den Zu- und Ablaufproben.

Gesamtmittelwerte über 3 Messstellen

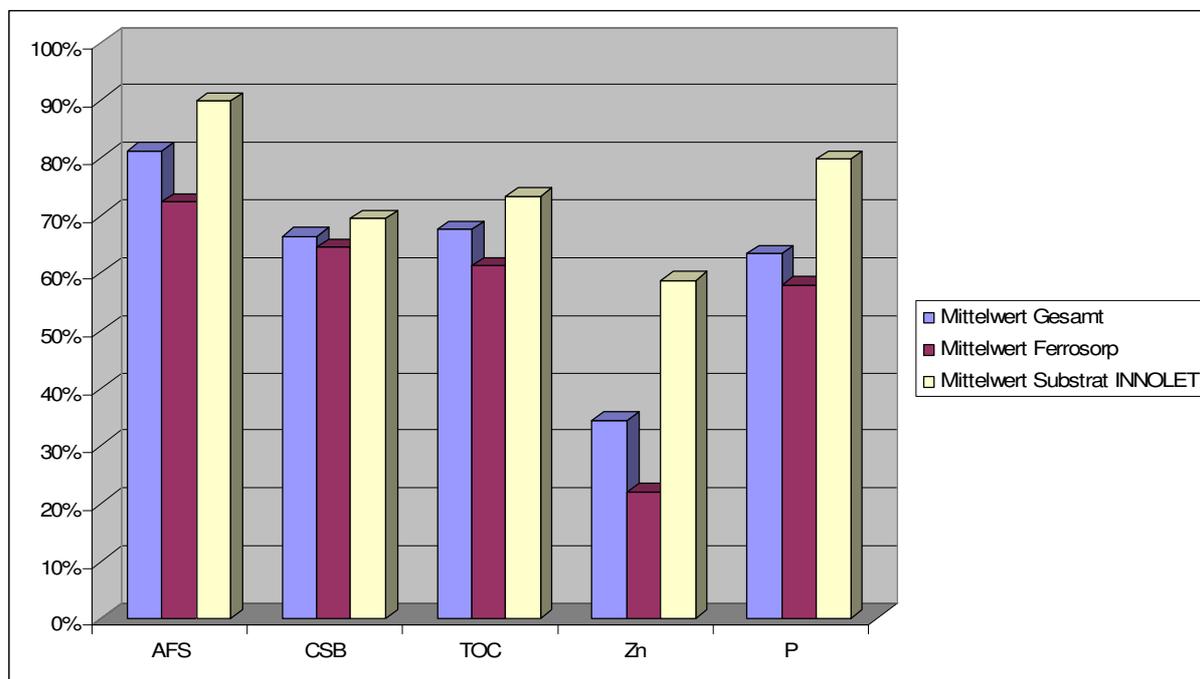


Abb. 9: Mittelwertvergleich für die Reinigungsleistung bezüglich AFS, CSB, TOC, Zn und P für alle Standorte

Die vorstehende Grafik zeigt deutlich, dass die mittlere Reinigungsleistung der Filter bezüglich AFS und der organischen Parameter CSB und TOC über 60% liegt. Auf Grund der Probenahmemethode, die eine Aufkonzentrierung von AFS insbesondere im Zulauf zulässt,

wird von einer Überschätzung der Reinigungsleistung von 10% ausgegangen,. Damit kann diese mit ca. 70% angegeben werden. Für CSB und TOC trifft dies nicht zu. Die Reinigungsleistung beträgt für Zn über 50% (INNOLET Substrat, Ferrosorp ca. 30%) und für P ca. 60%.

Im Vergleich der verwendeten Substrate zeigt sich, dass die Reinigungsleistungen mit dem INNOLET-Substrat gegenüber Ferrosorp bei AFS, CSB, TOC und P geringfügig besser sind als das Substrat Ferrosorp. Für Zn ist eine deutlich verbesserte Rückhaltung zu beobachten. Für den Parameter PAK sind die Messwerte für die 3 Messstellen sehr uneinheitlich. Am Standort Eilper Straße wurde eine starke PAK-Belastung registriert. Diese ist vermutlich auf die dort befindliche Bushaltestelle zurückzuführen. Es wird empfohlen, hierzu weitere Untersuchungen durchzuführen.

Die Werte für den Parameter MKW lagen in der Regel unterhalb der Nachweisgrenze. Daher sind zu wenige Messwerte vorhanden um eine Aussage zur Rückhalteleistung zu treffen.

Streuweite der Verteilung der Ergebnisse

Eine weitere Auswertung der Ergebnisse erfolgte durch Mittelwertvergleiche unter Zuhilfenahme von sogenannten Box-Whisker-Plots. Mit diesem deskriptiven Verfahren der Statistik werden die Wertebereiche für die einzelnen Parameter visualisiert. Neben dem Medianwert (50%-Wert) und den beiden Quartilen der Wertebereiche werden die Extremwerte dargestellt. Ausreißer sind als Punkte kenntlich gemacht, die außerhalb des durch die „Whisker“ begrenzten Bereiches liegen. Dieses Verfahren ermöglicht eine zusätzliche schnelle Übersicht über die Ergebnisse ohne weitere statistische Analyse.

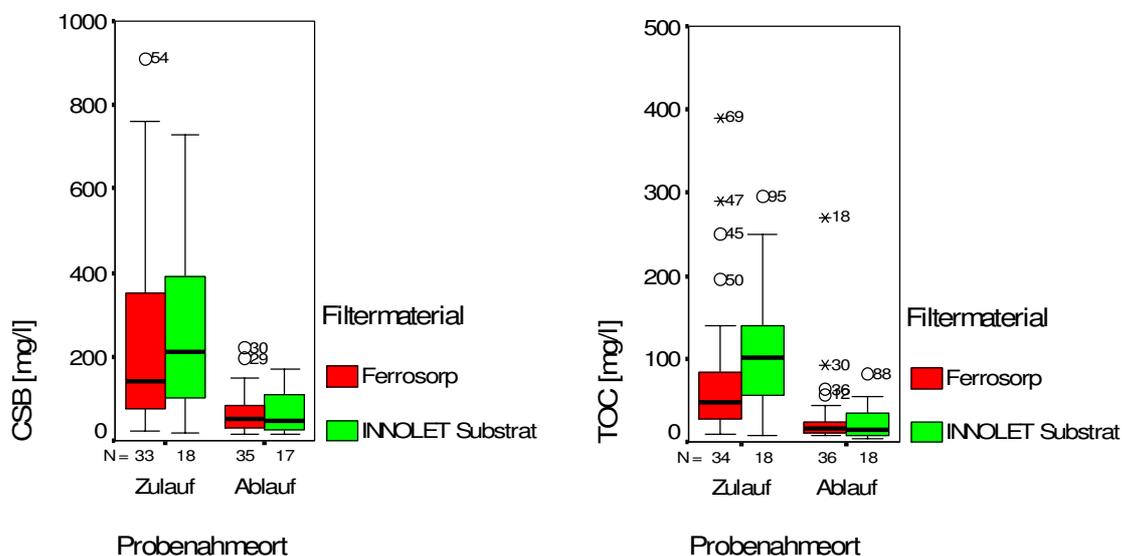


Abb. 10: Vergleich der Messwerte für CSB und TOC für die Unterscheidung Zulauf/Ablauf und den Filtermaterialien Ferrosorp/INNOLET Substrat

Die Werte befinden sich im Zulauf mit im Mittel ca. 150-200 mg/l im höher belasteten Bereich. Im Ablauf können die Werte im Mittel deutlich unter 50 mg/l gesenkt werden. Trotz des höheren Rückhaltewertes für INNOLET Substrat ist die Streuungsbreite bei diesem Material höher. Allerdings sind bei Ferrosorp mehr Ausreißer zu finden. Im Vergleich der Messungen von CSB und TOC kann ein Umrechnungsfaktor von TOC auf CSB im Falle der Messungen in Hagen von ca. 3 – 3,5 ermittelt werden.

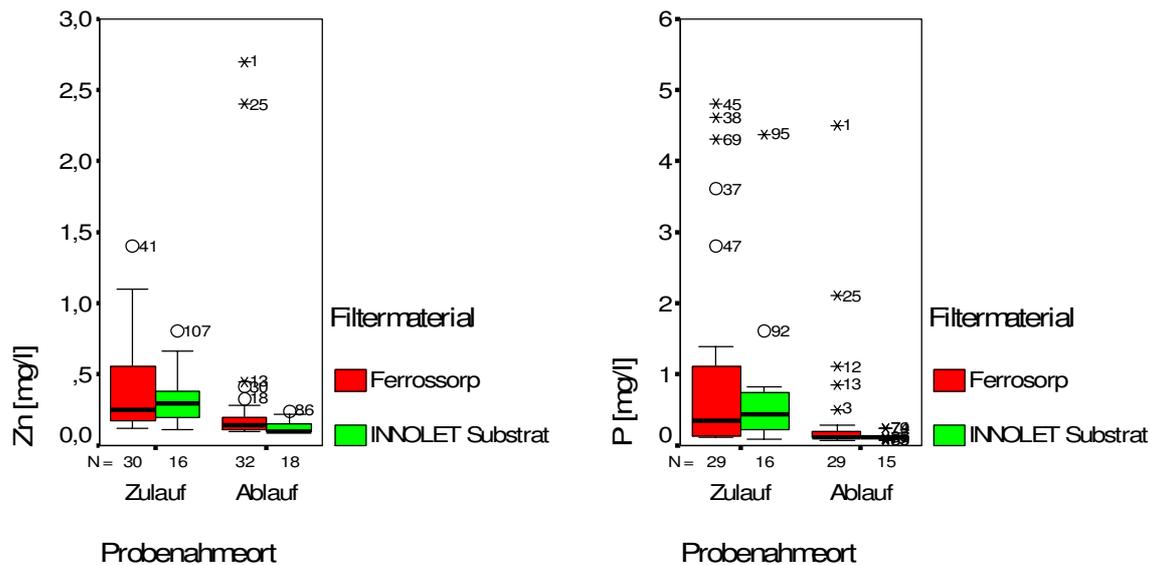


Abb. 11: Vergleich der Messwerte für Zn und P für die Unterscheidung Zulauf/Ablauf und den Filtermaterialien Ferrosorp/INNOLET Substrat

Vergleicht man die Gehalte an Zn und P in Zulauf und im Ablauf, sind für beide Substrate deutliche Reinigungsleistungen zu sehen. Für Zink ist diese bei INNOLET Substrat besser als bei Ferrosorp. Auch sind die Streuungen der Ablaufwerte geringer. Bei beider Substraten wurden mittlere Ablaufwerte kleiner 0,1 mg/l für Zn und ebenfalls 0,1 mg/l für P gefunden.

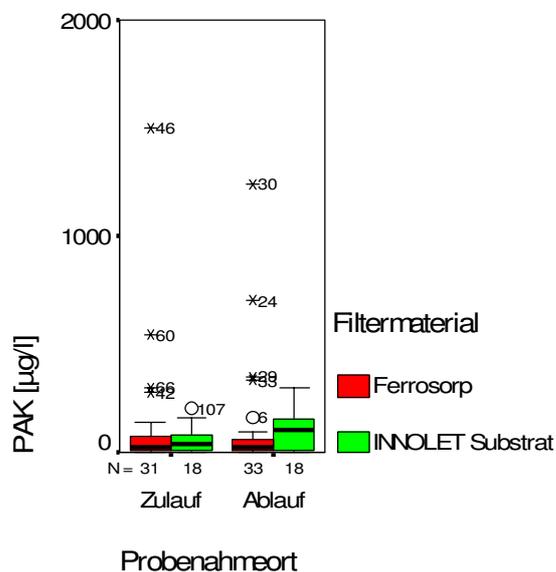


Abb. 12: Vergleich der Messwerte für PAK für die Unterscheidung Zulauf/Ablauf und den Filtermaterialien Ferrosorp/INNOLET Substrat

Im Vergleich der PAK Messwerte werden für INNOLET Substrat im Vergleich zu Ferrosorp etwas höhere Ablaufkonzentrationen ermittelt. Der Grund hierfür ist nicht eindeutig zu klären. Hier kann die kürzere Messdauer eine Rolle spielen. Insgesamt bewegen sich die gemessenen Werte im Bereich von Werten, die in stärker befahrenen Durchgangsstraßen auftreten.

4.3 Auswertung Substratproben

Die Beprobung der INNOLET-Straßenablauffilter wurde vor und nach der Versuchslaufzeit durchgeführt. Die Untersuchung erfolgt in den Bereichen Grobschmutzfang, Ablagerung auf der Filterpatrone und Filtermaterial.

Nach Ablauf der 1. Versuchsphase nach einem Jahr und nach dem Ende der 2. Versuchsphase nach weiteren 6 Monaten wurden Substratproben aus dem Filtermaterial gezogen. Zusätzlich konnten noch Proben aus dem Absetzraum vor dem Filterkorb gezogen werden.



Abb. 13: Probenahme INNOLET Filtermaterialien

Dazu wurden Siebkennlinien ermittelt und qualitative Untersuchungen durchgeführt. Die Feststoffe werden auf pH, Leitfähigkeit, AFS, CSB, TOC, Schwermetalle, PAK, N, P, Glühverlust, Feuchtegehalt, TS untersucht. Die Eluatproben (mit Wasser) werden auf pH, Leitfähigkeit, AFS, CSB, TOC, Schwermetalle, PAK, MKW, N, P untersucht.

4.3.1 Rückhalt im Substrat der Filterpatrone

Bei dieser Untersuchung wird evaluiert, wie hoch die Rückhalteleistung im Substrat ist.

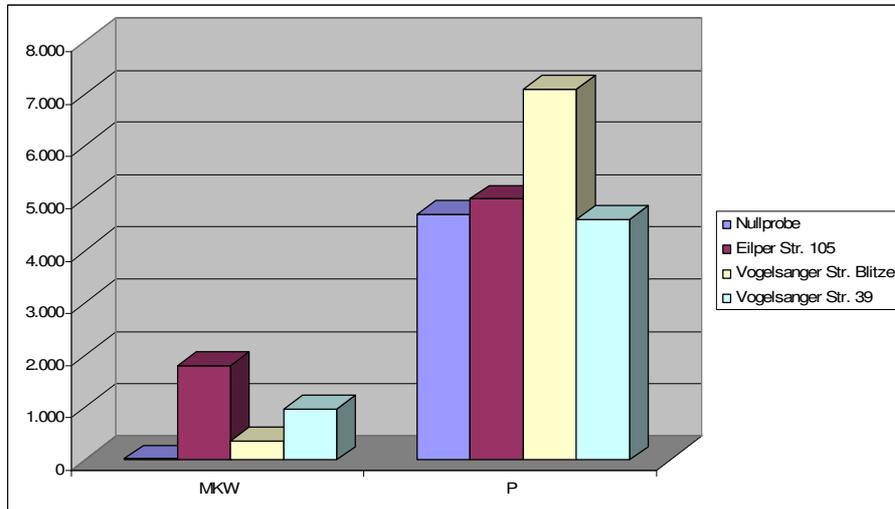


Abb. 14: Vergleich der Gehalte im ungebrauchten und gebrauchten Substrat Ferrosorp für die Parameter MKW und P, Nullprobe und Filterstandorte [in mg/l]

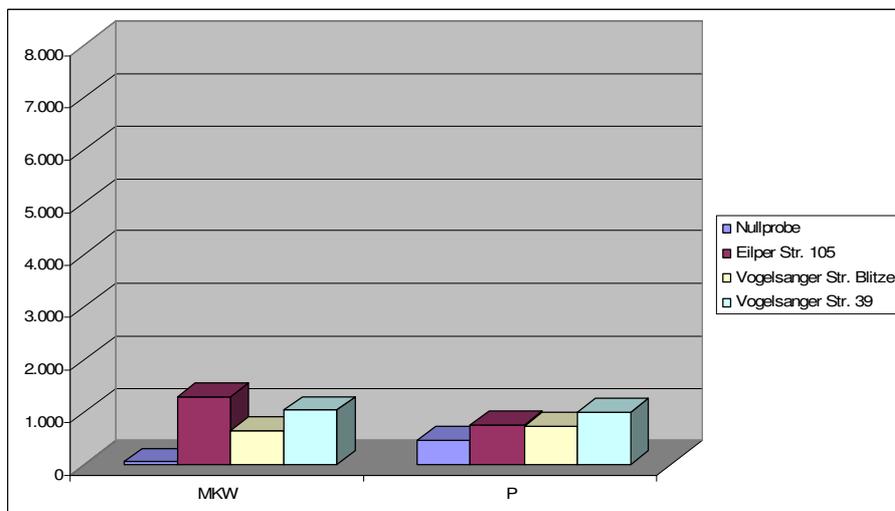


Abb. 15: Vergleich der Gehalte im ungebrauchten und gebrauchten INNOLET Substrat für die Parameter MKW und P, Nullprobe und Filterstandorte [in mg/kg]

MKW werden vor allem beim INNOLET Substrat besser im Substrat zurückgehalten, wenn man die Standzeit der Filter berücksichtigt. Ferrosorp hat nach den Messungen eine höhere Vorbelastung an P. Aber nur bei einem Standort ist ein deutlicher absoluter Rückhalt zu erkennen. Die Zahlen lassen daher keine einheitliche Schlussfolgerung zu. Der Rückhalt ist beim INNOLET Substrat prozentual höher, allerdings sind die absoluten Zahlen im Schnitt niedriger. Hier könnten weitere Untersuchungen Aufschlüsse bringen.

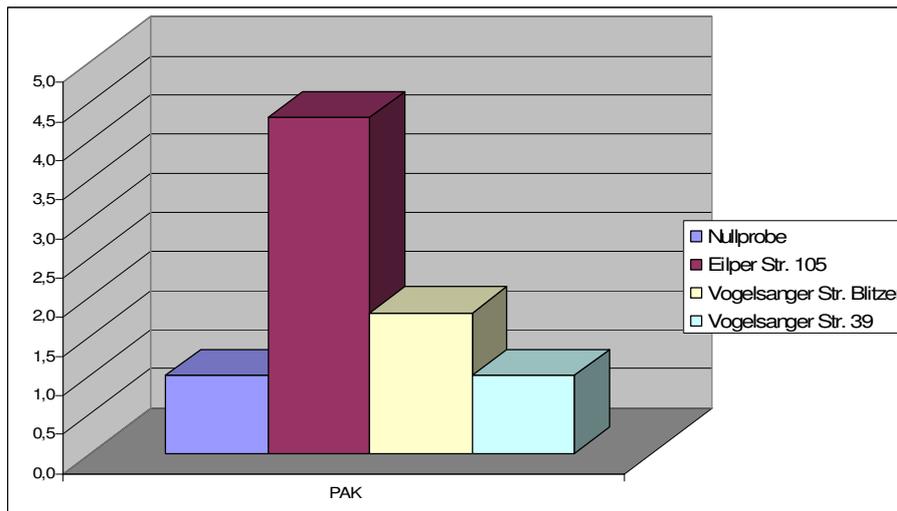


Abb. 16: Vergleich der Gehalte im ungebrauchten und gebrauchten Substrat Ferrosorp für den Parameter PAK, Nullprobe und Filterstandorte [mg/kg]

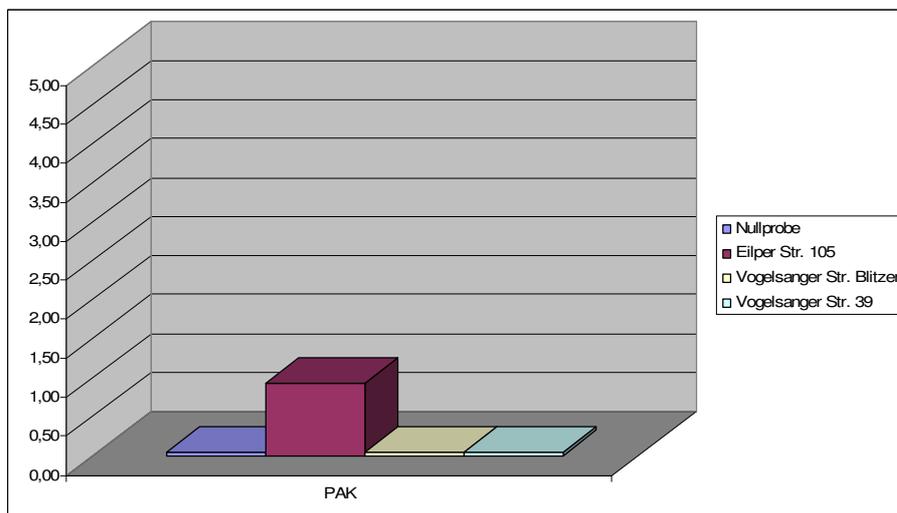


Abb. 17: Vergleich der Gehalte im ungebrauchten und gebrauchten INNOLET Substrat für den Parameter PAK, Nullprobe und Filterstandorte [mg/kg]

Bei Ferrosorp liegt eine Grundbelastung an PAK vor, die bei INNOLET Substrat nicht zu finden ist. An einer Messstelle wird PAK im Ferrosorp deutlich mehr zurückgehalten. Für das INNOLET-Substrat können keine Aussagen getroffen werden, da die Werte unterhalb der Nachweisgrenze liegen. Hier wären deutlich höhere Gehalte im Substrat zu erwarten gewesen.

Der bei beiden Substraten höhere Wert bei der Messstelle Eilper Str. kann vermutlich auf die höhere Belastung an PAK aus dem Bremsbereich der Bushaltestelle zurückgeführt werden.

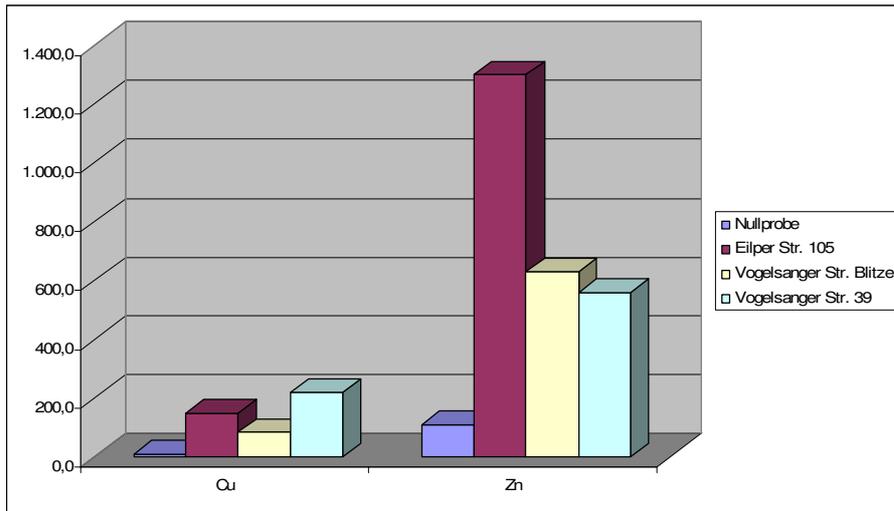


Abb. 18: Vergleich der Gehalte im ungebrauchten und gebrauchten Substrat Ferrosorp für die Parameter Cu und Zn, Nullprobe und Filterstandorte [in mg/l]

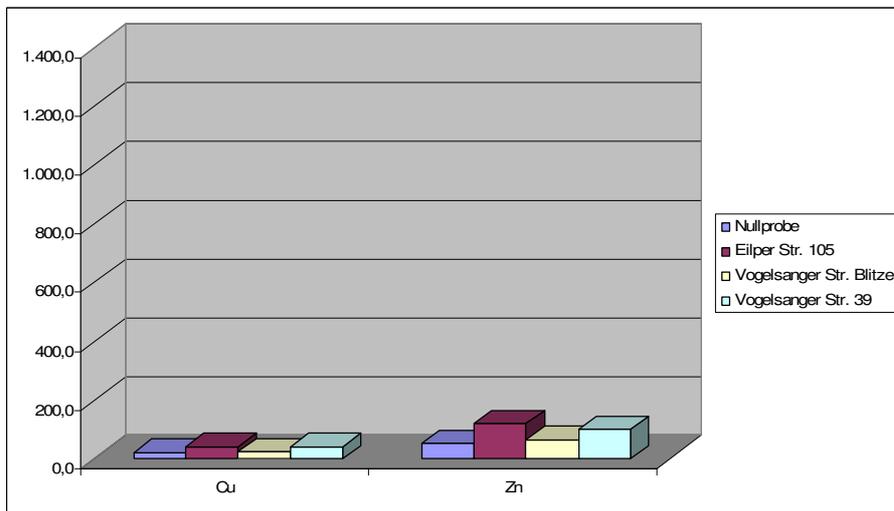


Abb. 19: Vergleich der Gehalte im ungebrauchten und gebrauchten INNOLET Substrat für die Parameter Cu und Zn, Nullprobe und Filterstandorte [in mg/kg]

Kupfer und insbesondere Zink werden von beiden Materialien zurückgehalten. Allerdings zeigen sich beim Ferrosorp deutlich höhere im Material eingelagerte Mengen

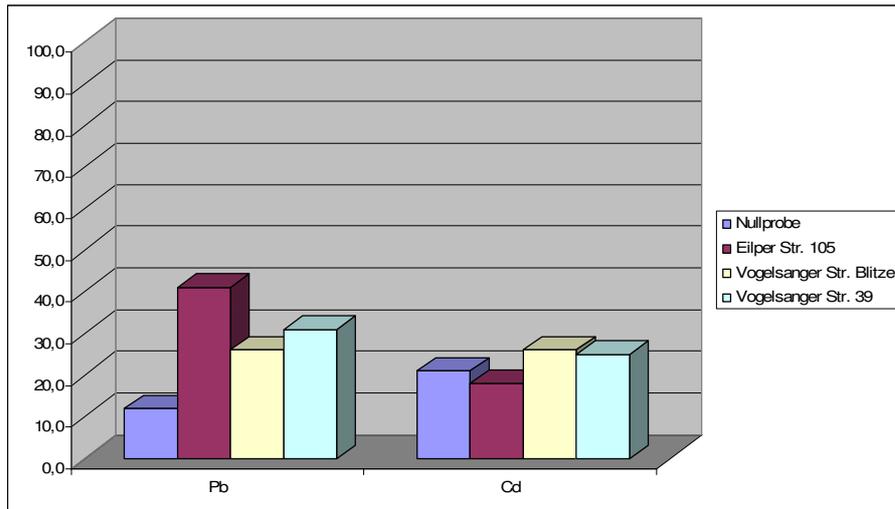


Abb. 20: Vergleich der Gehalte im ungebrauchten und gebrauchten Substrat Ferrosorp für die Parameter Pb und Cd, Nullprobe und Filterstandorte

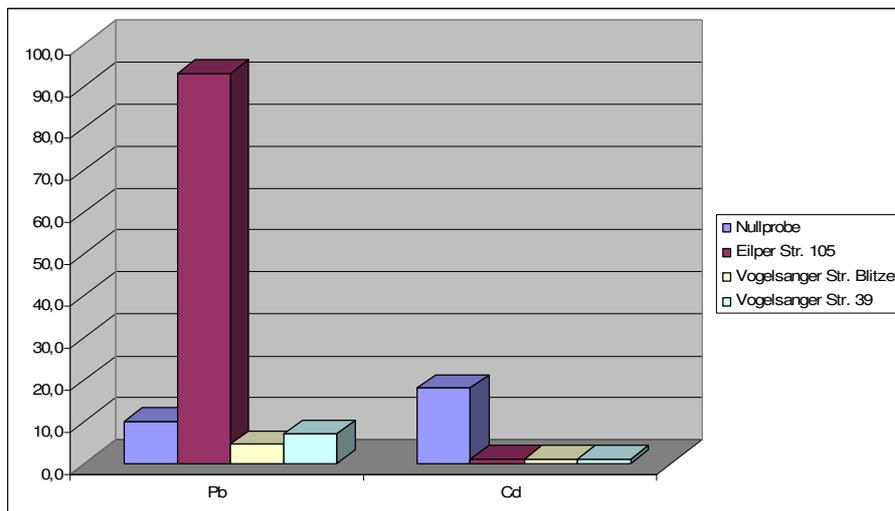


Abb. 21: Vergleich der Gehalte im ungebrauchten und gebrauchten INNOLET Substrat für die Parameter Pb und Cd, Nullprobe und Filterstandorte [in mg/kg]

Die bei den Metallen Cu und Zn gemachte Aussage kann prinzipiell auch für Pb und Cd gelten. Hier ragt nur die hohe Einbindung von Pb heraus, die sich vor allem bei der im INNOLET Substrat gezogenen Probe findet.

4.3.2 Eluatversuche mit Wasser

Zusätzlich zu den Gesamtgehalten im Substrat wurden Elutionsversuche durchgeführt. Für die anorganischen Parameter wie Schwermetalle und P zeigten sich insgesamt nur geringe Konzentrationen im Eluat, sowohl in der Nullprobe (frisches Substrat) als auch im gebrauchten Material.

Bei der Leitfähigkeit und den organischen Parametern CSB und TOC sind die Ergebnisse unterschiedlich.

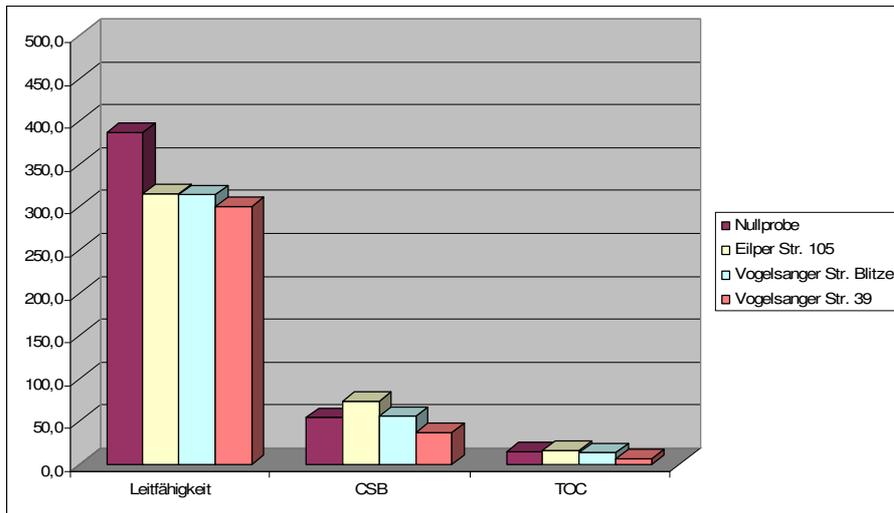


Abb. 22: Vergleich der Gehalte im Eluat des ungebrauchten und gebrauchten Substrat Ferrosorp für die Parameter Leitfähigkeit, CSB und TOC, Nullprobe und Filterstandorte [in mg/l]

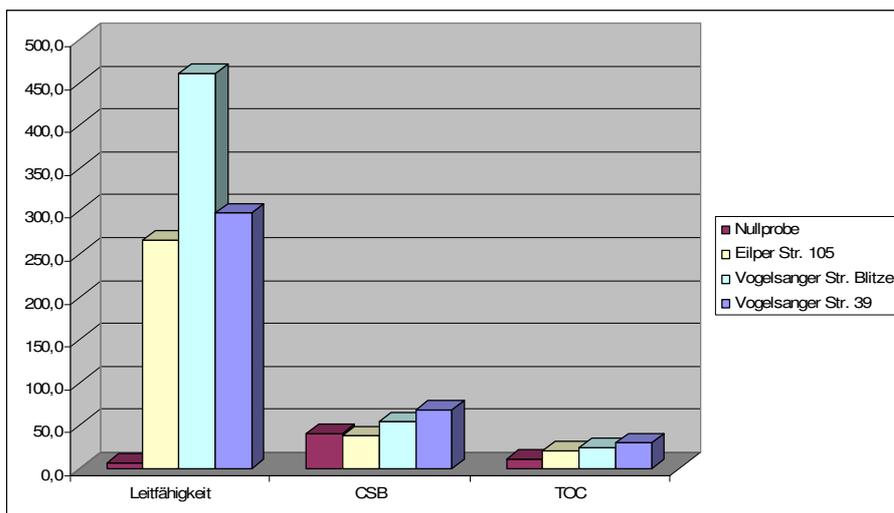


Abb. 23: Vergleich der Gehalte im Eluat des ungebrauchten und gebrauchten Substrat INNOLET Substrat für die Parameter Leitfähigkeit, CSB und TOC, Nullprobe und Filterstandorte [in mg/l]

Auffallend ist die sehr hohe Leitfähigkeit im Eluat des ungebrauchten Ferrosorp Filtermaterials. Diese ist beim frischen INNOLET Substrat sehr gering. Eine hohe

Leitfähigkeit deutet auf eine Mobilität von freien Ionen hin.. Die Ursache wurde nicht näher untersucht..

Bezüglich der organischen Parameter CSB und TOC sind die Unterschiede wesentlich geringer, zeigen aber bezüglich der Standorte unterschiedliche Tendenzen, die auf die unterschiedlichen Belastungen in den Zeiträumen zurückzuführen sein können. Möglicherweise sind auch höhere Rückhaltemengen an organischem Feinmaterial im INNOLET Substrat dafür verantwortlich. Dies würde mit dem höheren Anteil an Feinstoffen im Filtermaterial (s. nächstes Kapitel) korrelieren. Um diese Vermutungen zu untermauern wären weitere Untersuchungen notwendig.

4.3.3 Korngrößenverteilungen und Rückhalteleistung im Filtermaterial

Die Korngrößenverteilungskurve lässt eine Aussage zu, wie gut insbesondere kleine Partikel kleiner 0,1 mm im Material zurückgehalten werden können.

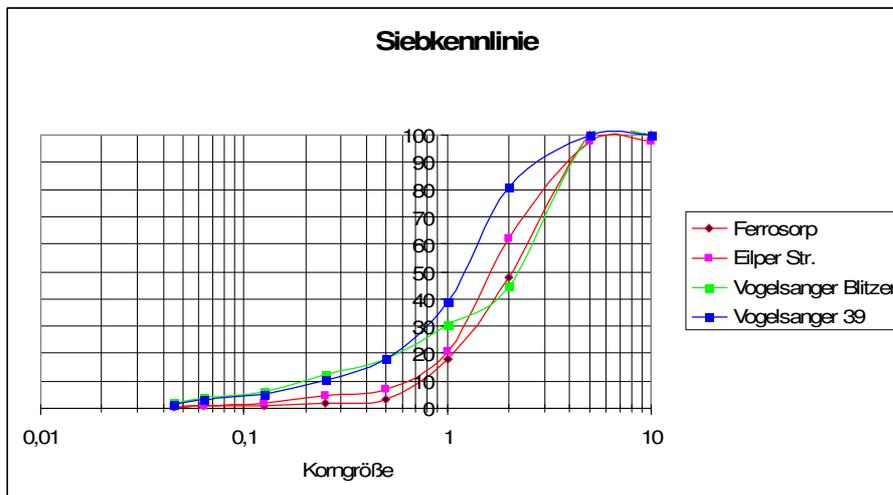


Abb. 24: Korngrößenverteilungen des ungebrauchten und der gebrauchten Substrate Ferrosorp an den einzelnen Standorten

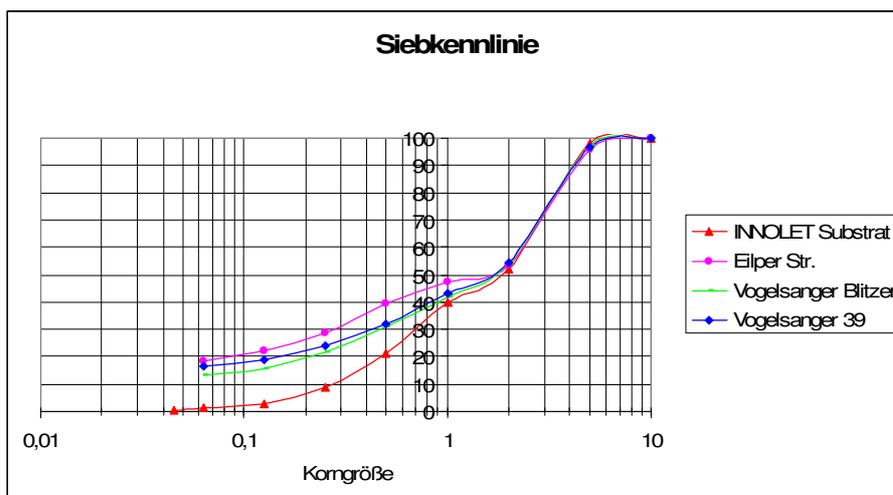


Abb. 25: Korngrößenverteilungen des ungebrauchten und der gebrauchten INNOLET Substrat an den einzelnen Standorten

Im Vergleich der beiden Grafiken für Ferrosorp und für INNOLET Substrat ist erkennbar, dass beim mit INNOLET Substrat gefüllten Filter der Anteil von Feinstoffen $< 63 \mu\text{m}$ von 1-2 % im auf ca. 17% steigt. Daraus kann gefolgert werden, dass ein höherer Feinstoffanteil im Filter zurückgehalten wurde.

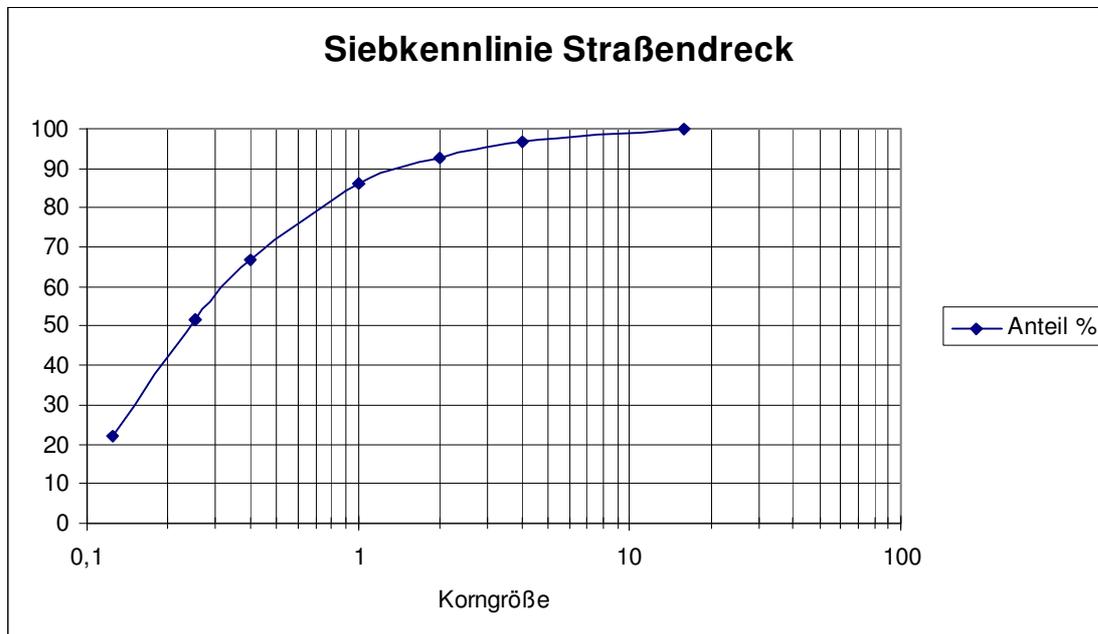


Abb. 26: Korngrößenverteilung eines Straßendrecks (Sommer, Sieker 2004)

Laut Grafik beträgt der Anteil an Feinmaterial im Straßendreck aus einer Untersuchung von 2004 ca. 10%.

In einer Beispielrechnung kann die Rückhalteleistung im Filtermaterial abgeschätzt werden.

Die Masse des INNOLET-Filtermaterials im Filter beträgt 5 kg Trockenmasse. In den Versuchen in Hagen wurden im Filter bei der Siebkornanalyse ca. 20% Anteil $63 \mu\text{m}$ registriert. Dies entspricht einer Menge von 1 kg.

Bezogen auf den Zulauf von 200 mg/l bzw. einer Gesamtbeaufschlagung von 25 kg/a beträgt der Anteil an Material $< 63 \mu\text{m}$ 2,5 kg. Dies bedeutet einen Rückhalt von ca. 40% bezogen auf diese Kornfraktion.

Die Betrachtung für den Rückhalt der Schwermetalle erfolgt folgendermaßen::

Ca. 80% der Schwermetalle sind im Korngrößenbereich $< 63 \mu\text{m}$ zu finden (Xanthopoulos, 1995). Der Anteil der Korngrößenfraktionen im Straßendreck beträgt:

- Fraktion $< 63 \mu\text{m}$: 10 %
- Fraktion $> 63 \mu\text{m}$: 90 %

Der angenommene Rückhalt für die einzelnen Fraktionen beträgt:

- $< 63 \mu\text{m}$: 40 % , daraus folgt ein Rückhalt 32 % (40 von 80%) der Schwermetalle aus dieser Fraktion
- $63 \mu\text{m}$: 90 % -> daraus folgt ein Rückhalt 22,5 % (40 von 80%) der Schwermetalle aus dieser Fraktion

In der Summe beträgt der Rückhalt ca. 55 % für Schwermetalle. Damit ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit den gemessenen Werten.

4.4 Betriebliche Untersuchung

Um den betrieblichen Aufwand zu quantifizieren, werden Wartungsaufwand, Wartungsintervalle und Art des Personal- und Wageneinsatzes für die Wartung ermittelt und quantifiziert. Die Untersuchung und der Betrieb wurden durch die Mitarbeiter der Stadtentwässerung Hagen übernommen.

Die betrieblichen Untersuchungen wurden wöchentlich durchgeführt. Es wurde Folgendes protokolliert:

- Zustand der Straßenabläufe
- Füllung des Grobschmutzbehälters
- Entleerung des Behälters

Wenn der Behälter voll war, wurde er entleert.

Die kritischen Zustände für den Betrieb sind der Pollenflug im Frühjahr/Sommer und das Herbstlaub, insbesondere bei Standorten in der Nähe großer Bäume, und der Winterbetrieb,



Abb. 27: Zusetzen der Filtermantelfläche durch feine Pollen im Frühjahr

Es wurde ein starkes Zusetzen der Filteroberfläche im Frühjahr 2009 durch Pollen beobachtet.



Abb. 28: Herbstlaub im Bereich des Straßeneinlaufes

Das Herbstlaub kann dazu führen, dass sich der Filter im Bereich des Gitterrostes leicht zusetzt. Eine komplette Blockade des Filters und des Notüberlaufes wurde nicht beobachtet.



Abb. 29: Einsatz im Winter

Im Wintereinsatz wurden die Straßenabläufe und die Filter mit Schnee überdeckt, blieben aber funktionsfähig. Der nach der Schneeschmelze anfallende Splitt gelangt bei Regenereignissen teilweise in den Filter, sollte aber besser von der Stadtreinigung mit dem Kehrfahrzeug entfernt werden.

Insgesamt wurden die Filter im Versuchsbetrieb öfter als im Regelbetrieb gewartet und gereinigt. Die Intervalle sind so nicht übertragbar. Allerdings kann für den Regelbetrieb abgeleitet werden, dass es 3 wichtige Betriebszeiten mit höherer Aufmerksamkeit gibt. Diese sind:

- Pollenflug im Frühling, je nach Standort
- Laubfall im Herbst, je nach Standort
- Splitt im Winter, je nach Intensität und Dauer

Schlussfolgerung für den Regelbetrieb

Als Fazit aus den betrieblichen Untersuchungen wird folgender Rhythmus für den Betrieb im Rahmen der Stadtentwässerung Hagen vorgesehen.

Tab. 2: Abgeschätzter Betriebsaufwand für den Regelbetrieb

Frühling (Pollenflug)	Apr./Mai	1	Stck.	Grobstofffangeimer und Filter
Sommer		1	Stck.	Grobstofffangeimer (Sichtkontrolle Filter)
Sommer		1	Stck.	Filterwechsel (mit Entleerung Grobstoffeimer), Reparatur
Sommer		1	Stck.	Austausch Filtermaterial
Herbst (Laubfall)	Sept./Okt.	2	Stck.	Grobstofffangeimer (Sichtkontrolle Filter)
Winter (nach Schneeschmelze)	Jan./Feb.	1	Stck.	Grobstofffangeimer und Filter
Anzahl der Unterhaltungen		7	Stck.	

Anhand der Untersuchungsergebnisse werden die zu erwartenden Kosten für Investition und laufenden Betrieb ermittelt und mit anderen Lösungen zur Straßenabwasserbehandlung verglichen. Dazu kann das von der Ingenieurgesellschaft Prof. Sieker entwickelte Programm

Eco.RWB genutzt werden, das einen Kostenvergleich über einen vorher definierten längeren Zeitraum anhand von Kostenbarwerten ermöglicht.

Wartung

Folgender Unterhaltungsaufwand wurde aus den Ergebnissen der Untersuchungen und Erfahrungen aus dem Versuchszeitraum abgeschätzt.

Tab. 3: Abgeschätzte Kosten für den Regelbetrieb

Zeitaufwand	30,9	min
Lohnkosten	48,41	€
Fahrzeugkosten	30,39	€
Materialkosten (Filtermaterial)	54,15	€
Materialkosten (Dichtungen etc.) pauschal	17,85	€
Gesamtkosten pro INNOLET-Filter	150,79	€

Bei 300 m² angeschlossener Fläche entspricht dies einem Aufwand von 0,50 €/m²*a.

5 Stofffrachtsimulation

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 erfolgt durch Langzeitsimulation mit dem Schmutzfrachtmodell STORM.

Die Einzugsgebietsfläche beträgt ca. 23,1 ha, davon sind ca. 10 ha versiegelte Fläche. Die behandlungsbedürftige Fläche der Vogelsanger Straße beträgt ca. 1 ha. Die Flächen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tab. 4: Flächen im Einzugsgebiet, Behandlungsbedürftigkeit nach Trennerlass

Flächen		Ha	Behandlungsbedürftig nach Trennerlass
Einzugsgebiet	gesamt	23,10	-
Einzugsgebiet	befestigt	10,17	-
Hauptstraße		1,02	Ja
Nebenstraßen		2,95	Nein
Gebäudeflächen		4,13	Nein
Hofflächen	(Dach*0,5)	2,07	Nein

Folgende Eingangsdaten wurden, wie in nachfolgender Tabelle dargestellt, verwendet.

Tab. 5: Eingangsparameter für die Stofffrachtsimulation

Stoffparameter RW	AFS [mg/l]	CSB [mg/l]	Zn [µg/l]	P [mg/l]
Dach	50	60	50	0,5
Hauptstraße	300	250	350	1,0
Nebenstraße	80	80	100	1,5
Hof	50	60	50	1,0

Der mittlere Jahresniederschlag im Einzugsgebiet beträgt 822 mm/a im Betrachtungszeitraum (1.7.2008-24.3.2010, insgesamt 1422 mm). Davon kommen, nach Berechnung mit dem Modell STORM, 548 mm/a zum Abfluss. Daraus ergibt sich ein Abfluss



von 5.595 m³ von der Vogelsanger Straße. Für die Reinigung der Vogelsanger Straße werden für die angenommenen Verschmutzungen und Reinigungsleistungen folgende Ablaufmengen und -konzentrationen ermittelt.

Tab. 6: Stofffrachtsimulation für die Vogelsanger Straße

	AFS	CSB	Zn	P	Einheit	Menge	Einheit
Zulauf	1678	1399	1,958	6	kg/a	5595	m ³ /a
	300	250	0,350	1,0	mg/l		
Ablauf	504	559	0,979	2,2	kg/a	5595	m ³ /a
	90	100	0,175	0,4	mg/l		
Reinigungsleistung	70	60	50	60	%		

6 Kostenvergleichsrechnung

Investition/Betrieb/Wartung

Mit dem Kostenvergleichsrechnungsprogramm Eco.RWB, das die Möglichkeit bietet Kostenvergleiche nach LAWA zu rechnen, werden 3 verschiedene Szenarien verglichen:

1. INNOLET in Hauptstraßen
2. Regenklärbecken ohne Dauerstau mit Überleitung zur Kläranlage
3. Regenklärbecken ohne Dauerstau mit Überleitung zur Kläranlage, mit Berücksichtigung einer Überleitgebühr zur Kläranlage

Ein Regenklärbecken im Dauerstau wurde nicht berücksichtigt, da dies nicht zulässig ist.

Durch die Berechnung des Projektkostenbarwertes kann ein Vergleich der Anlagen über einen Zeitraum von 50 Jahren erfolgen, der die Investitions- und Betriebskosten mit einbezieht.

Folgende Basisdaten liegen dem Vergleich zugrunde:

- Bezugszeitpunkt: 2010
- Betrachtungszeitraum: 50 Jahre
- Zinssatz: 4%
- Preissteigerung: 3%

Die zentrale Behandlung beinhaltet ein Regenklärbecken mit 10,8 m³/ha angeschlossene Fläche. Beim Regenklärbecken ohne Dauerstau wird das Beckenvolumen nach dem Regenereignis in die Kläranlage entleert. Die Kosten hierfür wird in einer fiktiven Variante 3 mit 1 EUR/m³ angesetzt.

Daraus ergibt sich folgender Verlauf der Kosten, der in der nachfolgenden Grafik dargestellt ist.

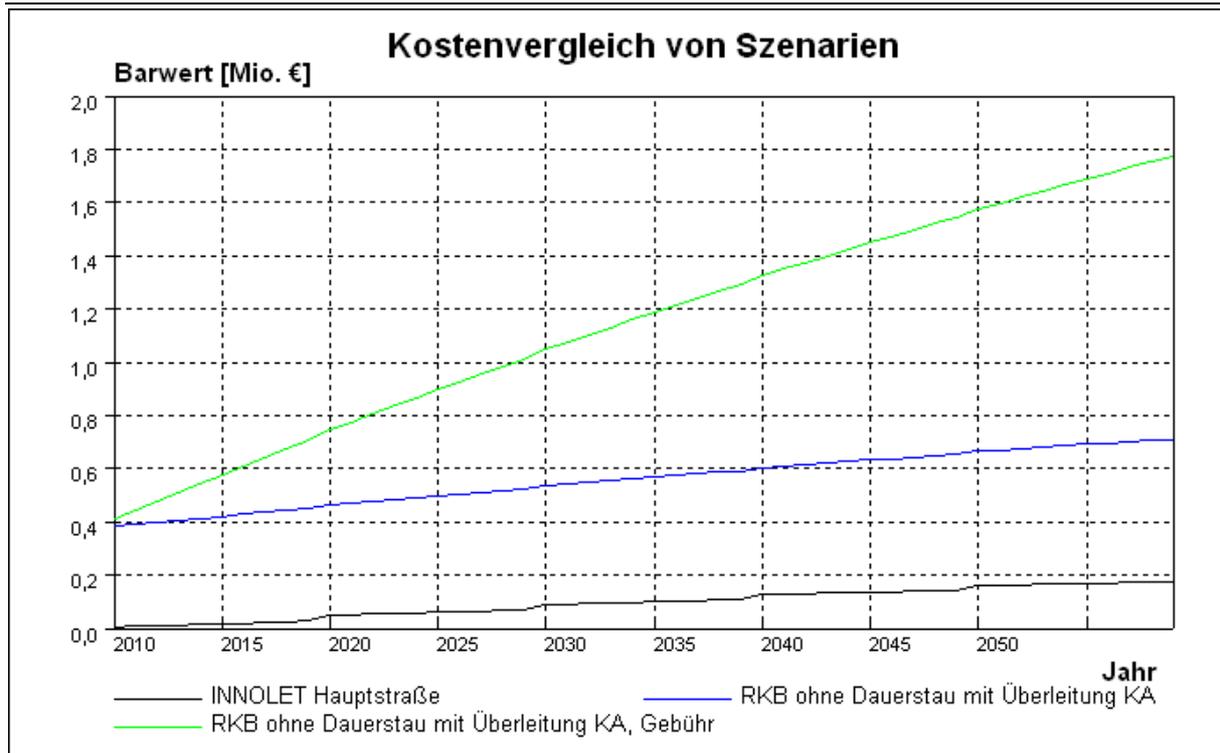


Abb. 30: Projektbarwertvergleich verschiedener Szenarien über eine Laufzeit von 50 Jahren

Der Vergleich zeigt deutliche Vorteile für das dezentrale System INNOLET. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die INNOLET Variante, die nur die Reinigung der behandlungsbedürftigen Abflüsse aus den Hauptstraßen erfasst, die bei weitem kostengünstigste Lösung darstellt.

Tab. 7: Projektkostenbarwerte verschiedener Szenarien

Szenarien	Kosten [€]	Betriebskosten [€/a]	Barwert [€]
INNOLET Hauptstraße	22.100 €	2.550 €	193.542 €
RKB ohne Dauerstau mit Überleitung KA	392.500 €	7.500 €	722.941 €
RKB ohne Dauerstau mit Überleitung KA, Gebühr	392.500 €	33.934 €	1.776.215 €

Beim Regenklärbecken (RKB) ohne Dauerstau spielt eine wesentliche Rolle, ob für die Überleitung des angestauten Niederschlagsabflusses im Becken zusätzliche Kosten anfallen. Ist dies der Fall sind die Kosten für die Anlage bei einem fiktiven Entgelt von 1 EUR/m³ langfristig mehr als doppelt so hoch wie ohne Entgelt.

Ein zweiter großer Unsicherheitsfaktor ist die Verfügbarkeit und die Kosten eines Grundstückes für das Regenklärbecken. Im Falle der Vogelsanger Straße steht nach Aussage der Stadtentwässerung kein öffentliches Grundstück zur Verfügung.

7 Zusammenfassung

Die INNOLET Filter wurden von Ende Juli 2008 bis Ende Februar 2010 auf Ihre Leistungsfähigkeit und den Einsatz im Betrieb untersucht. In dieser Zeit konnten an 3 Messpunkten die Wirksamkeit zweier verschiedener Filtermaterialien (Ferosorp (1 Jahr) und INNOLET-Substrat (0,5 Jahre)) nacheinander beprobt werden.

Folgende Ergebnisse können festhalten werden.

- Die gemessenen Straßenablaufkonzentration bewegen sich im für diesen Straßentyp üblichen Bereich. Nur im Bereich der Bushaltestelle traten stark erhöhte PAK Werte auf.
- Die Reinigungsleistung des INNOLET Filters beträgt nach den Ergebnissen der Untersuchung für die Parameter AFS ca. 70%, für CSB und P ca. 60%.
- Die Reinigungsleistung für Zn beträgt ca. 55% mit dem Substrat INNOLET. Mit dem Substrat Ferosorp liegt sie mit 30% etwas niedriger.
- Im Vergleich der verwendeten Filtermaterialien schneidet das Filtermaterial Ferosorp bezüglich der Reinigungsleistung für CSB, TOC, Schwermetalle, MKW und P schlechter ab als das INNOLET Substrat.
- Die Rückhalteleistung für PAK war nicht abschließend zu erklären. Hier wären weitere Untersuchungen erforderlich.
- Um bessere Aussagen im unteren Konzentrationsbereich zu erhalten ist eine Erniedrigung der Nachweisgrenze erforderlich.
- Die Zugabe von Kalk im INNOLET Substrat hat nur in der ersten Messung nach dem Einsatz eine kurzfristige Erhöhung des pH-Wertes zur Folge. Danach sinken die pH-Werte im Ablauf wieder auf Normalniveau um pH 7. Daraus kann gefolgert werden, dass die Wirksamkeit der zugegebenen Menge an Kalk zeitlich beschränkt ist.
- Hinsichtlich des Betriebes ist eine regelmäßige Wartung der Filter insbesondere in Zeiten höherer Belastung durch Schwebstoffe (Blüten, Laubfall, Streugut).
- INNOLET zur Behandlung des nach Trennerlass NRW behandlungsbedürftigen Straßenablaufwassers in der Vogelsanger Straße ist die im Verhältnis zum Regenklärbecken kostengünstigere Lösung, da nur eine Teilstrombehandlung des Straßenablaufwassers von stark verschmutzten Straßen erfolgt.

8 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse aus dem Vorhaben in Hagen lassen sich auch auf andere Standorte übertragen, bei denen eine zentrale Anlage nur unter ungünstigen Bedingungen zu realisieren ist oder andere dezentrale Massnahmen einen höheren baulichen Aufwand mit sich bringen.

Auch kurzfristige Behandlungslösungen lassen sich mit dem nachrüstbaren Filter an Schwerpunkten realisieren. Die Vorlaufzeit zur Nachrüstung ist hier sehr gering. Außerdem ist jederzeit ein Rückbau ohne weiteren baulichen Aufwand möglich. Zukünftige neue Optionen zur verbesserten Regenwasserbehandlung können jederzeit eingeführt werden, ohne dass die Investitionen noch nicht vollständig abgeschrieben sind.

9 Rechtsverbindliche Unterschriften

Aufsteller:
Hoppegarten, 09.08.2010

Auftraggeber
Hagen, 13.08.2010

Unterschrift: Harald Sommer

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH

Unterschrift: Uwe Sommer

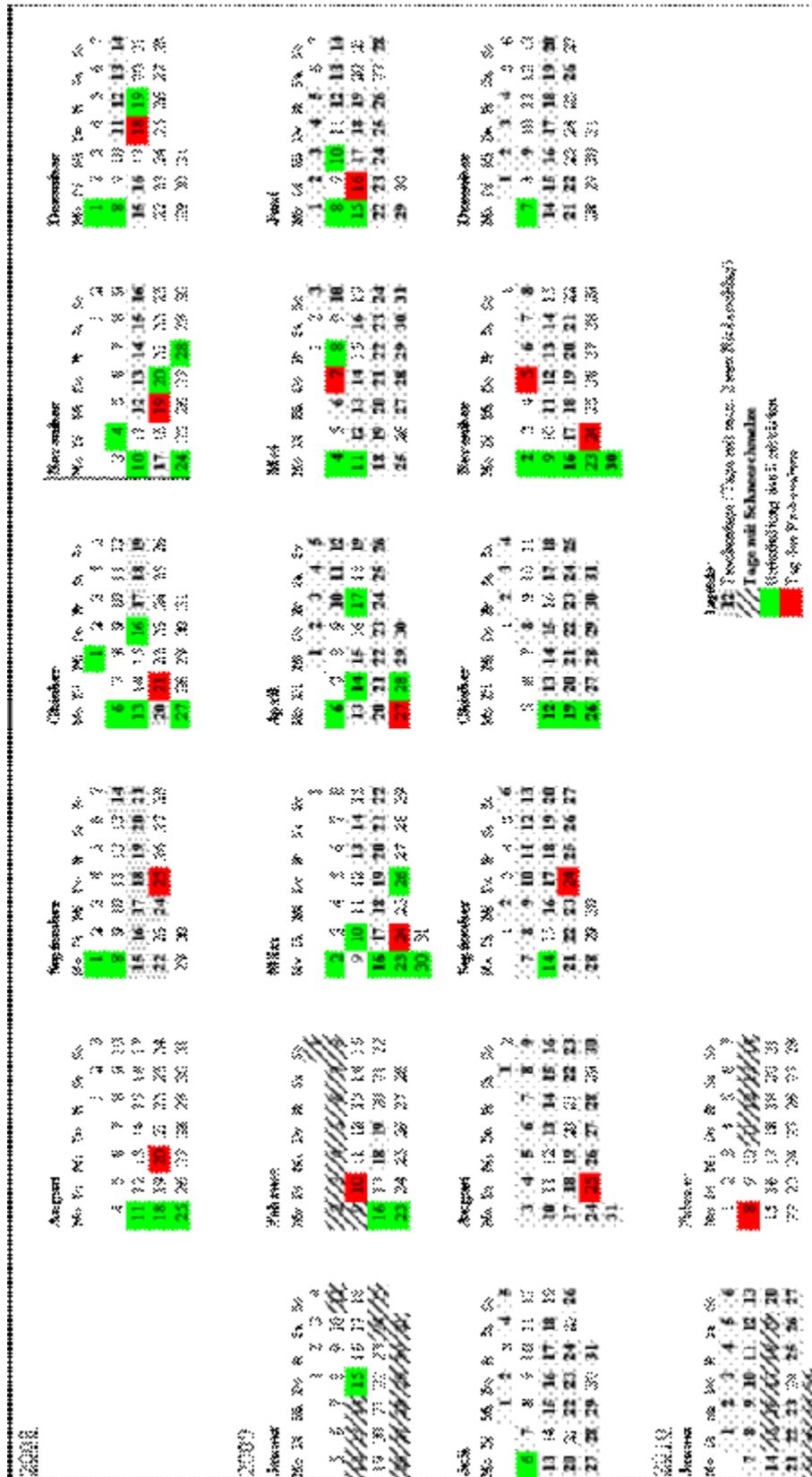
Stadtentwässerung Hagen
Abteilung Planung und Entwurf

10 Literatur

- ATV-A 166 (1999): ATV-Arbeitsblatt A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung.
- Brombach, H. & Fuchs, S. (2002): Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen von Trocken- und Regenwasserabflüssen in Misch- und Trennkanalisation, Abschlussbericht, ATV - DVWK Forschungsfonds 2001, Projekt: 1-01.
- DWA-M 153 (2007): DWA-Merkblatt M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- EcoRWB (2008), Programm zur dynamischen Kostenvergleichsrechnung nach LAWA, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Hoppegarten
- Göttle, A. (1978): Ursachen und Mechanismen der Regenwasserverschmutzung - Ein Beitrag zur Modellierung der Abflussbeschaffenheit in städtischen Gebieten, Institut für Bauingenieurwesen Technische Universität München, Berichte aus Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, Heft Nr. 23.
- Heinzmann, B. (1993): Beschaffenheit und weitergehende Aufbereitung von städtischen Regenabflüssen, Umwelttechnik, Fortschritts-Berichte VDI, Reihe 15, Nr. 113, VDI-Verlag, Berlin.
- LAWA (2005): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), Umweltministerium des Landes Nordrhein-Westfalen.
- MUNLV-NRW (2004): Anforderung an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren, Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- Sommer H. & Sieker F. (2004): "Untersuchungen zur Entwicklung eines mit auswaschbarem Filtermaterial ausgestatteten neuartigen Straßenablaufs.", Universität Hannover, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, Hannover.
- Sommer, H. (2007): Behandlung von Straßenabflüssen, Anlagen zur Behandlung und Filtration von Straßenabflüssen in Gebieten mit Trennsystemen, Neuentwicklungen und Untersuchungen, Dissertation, Universität Hannover.
- Sommer, H., Post M. (2009), Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen, Übersicht verfügbarer Anlagen, im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg, entstanden im Rahmen der EU-Interreg IIIB Projektes "Urban Water Cycle", Hamburg
- STORM (2010): "Programmbeschreibung STORM.", Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Hoppegarten.
- Xanthopoulos, C. & Hahn, H.H. (1995): Schadstoffe im Regenabfluss III, 3. Präsentation eines BMFT-Verbundprojektes, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Heft 73.

11 Anhang

Zeitplan Probenahme und betriebliche Untersuchung





Rohdaten der Messwerte einzelner Untersuchungspunkte

Vogelsanger Straße Blitzer

	pH-Wert		Leitf. µS/cm		AFS mg/l		CSB mg/l		TOC mg/l		Nges mg/l		Bemerkungen
	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	
20.08.2008	6,90	6,50	120	460	190	3,310	155,00	100,00	60,00	41,00	<20	<20	
25.09.2008	7,50	8,50	213	132	2.400	160	290,00	24,00	84,00	8,20	<10	<10	
21.10.2008	6,90	7,00	240	212	623	623	210,00	89,00	75,00	24,00	<10	<10	
19.11.2008	7,10	7,20	291	310	2.600	520	95,00	26,00	39,00	13,00	1,00	2,50	
18.12.2008	6,10	6,80	3.420	1.730	15.800	3.240	510,00	30,00	139,00	9,10	1,60	1,00	
14.01.2009	7,60	7,50	4.000	4.710	8.140	1.730	71,00	60,00	30,00	20,00	1,00	1,70	Frostperiode; Filter verstopft
10.02.2009	7,40	7,70	770	440	10.000	1.060	70,00	21,00	24,00	8,70	<1	<1	
24.03.2009	7,40	7,30	171	153	18.600	2.160	69,00	49,00	20,00	14,00	<1	<1	
27.04.2009	4,70	6,60	372	290	7.790	155	760,00	120,00	250,00	36,00	5,60	1,00	
06.05.2009	7,10	7,30	240	240	45.210	838	140,00	71,00	45,00	21,00	<1	<1	Pollenflug!
16.06.2009	6,70	7,30	618	144	30.240	700	610,00	33,00	290,00	16,00	10,00	1,00	
15.07.2009	7,30	7,40	304	416	47.800	585	110,00	80,00	51,00	57,00	1,00	1,50	
25.08.2009	7,60	11,20	280	1.016	9.700	830	360,00	140,00	115,00	44,00	<10	<10	
24.09.2009	7,10	8,10	378	311	1.840	50	170,00	72,00	86,00	23,00	1,00	4,60	
05.11.2009	6,90	7,30	177	170	6.840	860	41,00	26,00	19,00	10,00	<1	<1	
24.11.2009	6,90	7,50	220	160	25.370	125	150,00	48,00	57,00	18,00	<1	<1	
11.12.2009	5,30	6,50	540	140	28.400	220	730,00	<15	295,00	4,30	20,00	1,00	
08.02.2010	7,70	8,10	8.820	1.006	296.637	2.097	420,00	39,00	140,00	12,00	11,00	1,00	

1500,000	Messwert Zulauf
8,300	Messwert Ablauf
50,000	Nachweisgrenze als Wert gesetzt
26,000	Ablaufwert höher als Zulauf
<10	Wert unterhalb der Nachweisgrenze



Vogelsanger Straße Blitzer

	PAK µg/l *		MKW mg/l		Cu mg/l		Zn mg/l		Pb mg/l		Cd mg/l		P mg/l	
	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a
20.08.2008	74,500	2,120			0,50	0,90	0,80	2,70	0,10	0,50	<0,05	<0,05	3,60	4,50
25.09.2008	25,200	6,600			<0,1	<0,1	<0,18	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	4,60	0,20
21.10.2008	8,500	10,000			<0,1	<0,1	0,23	0,15	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	1,10	0,50
19.11.2008	10,200	10,400			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,45	0,11
18.12.2008	107,000	56,000			<0,1	<0,1	1,40	0,10	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	1,10	<0,1
14.01.2009	275,000	163,000			<0,1	<0,1	0,33	0,24	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1
10.02.2009	135,000	38,400			<0,1	<0,1	0,14	0,12	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,14	0,12
24.03.2009	64,000	97,000			<0,1	<0,1	0,16	0,15	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,10	0,09
27.04.2009	<50	<50			<0,1	<0,1	0,56	0,19	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	4,80	0,11
06.05.2009	1500,000	50,000	1,0	2,0	<0,1	<0,1	0,20	0,17	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,12	0,10
16.06.2009	60,000	8,300	1,0	1,2	<0,1	<0,1	0,54	0,19					2,80	0,10
15.07.2009	17,000	26,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,12	0,10					0,50	1,10
25.08.2009	109,000	83,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,39	0,10					0,70	0,10
24.09.2009	26,000	38,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,38	0,10					1,60	0,25
05.11.2009	160,000	240,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,20	0,16					0,27	0,10
24.11.2009	0,320	0,220	<1	<1	<0,1	<0,1	0,25	0,15					0,50	0,10
11.12.2009	22,000	150,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,66	0,10					4,37	0,09
08.02.2010	40,300	127,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,22	0,10					0,13	0,10

1500,000	Messwert Zulauf
8,300	Messwert Ablauf
50,000	Nachweisgrenze als Wert gesetzt
26,000	Ablaufwert höher als Zulauf
<10	Wert unterhalb der Nachweisgrenze

Vogelsanger Straße 39



	pH-Wert		Leitf. µS/cm		AFS mg/l		CSB mg/l		TOC mg/l		Nges mg/l		Bemerkungen
	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	
20.08.2008	5,50	6,60	190	222	800	30	420,00	110,00	28,00	20,00	<20	<20	
25.09.2008	7,20	8,10	242	218	3.600	4.700	570,00	22,00	195,00	18,00	<10	<10	Baustelle am Ablauf-Sinkkasten.
21.10.2008	6,90	7,00	211	136	11.300	1.030	150,00	86,00	52,00	21,00	<10	<10	
19.11.2008	7,10	7,20	516	265	27.200	193	350,00	20,00	130,00	11,00	2,40	1,00	Zulaufprobe mit hohem Sandanteil
18.12.2008	6,70	6,70	2.090	1.440	18.100	1.200	140,00	20,00	23,00	6,70	<1	<1	
14.01.2009	6,90	7,10	20.800	12.350	63.150	1.930	910,00	1.120,00	75,00	270,00	11,00	9,00	Frostperiode; Filter verstopft
10.02.2009	7,40	7,70	1.090	400	23.600	1.190	45,00	16,00	16,50	6,90	<1	<1	
24.03.2009		7,30		135		1.530		39,00		10,00		<1	Zulaufprobe im Labor zerstört!
27.04.2009	5,70	6,60	283	225	25.550	109	420,00	42,00	130,00	10,00	3,00	10,00	
06.05.2009	7,00	7,30	330	190	453.800	424	200,00	64,00	58,00	15,00	1,70	1,00	Pollenflug!
16.06.2009	7,00	7,30	247	150	27.800	2.290	120,00	24,00	56,00	12,00	<1	<1	
15.07.2009	7,80	7,70	400	415	182.000	53.900	78,00	63,00	40,00	43,00	<1	<1	
25.08.2009	7,90	9,60	504	1.990	135.000	37.500	390,00	110,00	140,00	34,00	<10	<10	
24.09.2009	10,90	7,90	824	208	34.900	210	650,00	93,00	250,00	28,00	13,00	2,30	
05.11.2009	11,70	7,50	3.190	138	89.600	2.290	345,00	16,00	140,00	6,40	5,60	1,00	
24.11.2009	7,00	7,40	200	110	272.000	166	160,00	36,00	120,00	9,60	5,80	1,00	
11.12.2009	6,30	6,80	180	120	110.700	116	95,00	15,00	36,00	3,30	1,00	1,00	
08.02.2010	7,80	8,00	1.080	365	145.160	6.939	310,00	36,00	150,00	11,00	7,00	1,00	

1500,000	Messwert Zulauf
8,300	Messwert Ablauf
50,000	Nachweisgrenze als Wert gesetzt
26,000	Ablaufwert höher als Zulauf
<10	Wert unterhalb der Nachweisgrenze

Vogelsanger Straße 39

	PAK µg/l *		MKW mg/l		Cu mg/l		Zn mg/l		Pb mg/l		Cd mg/l		P mg/l	
	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a
20.08.2008	0,008	0,001			0,33	0,16	1,00	0,45	0,12	0,10	<0,05	<0,05	1,40	0,85
25.09.2008	0,007	0,022			<0,1	<0,1	0,24	0,28	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	1,10	0,10
21.10.2008	0,003	0,010			<0,1	<0,1	0,18	0,14	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,20	0,10
19.11.2008	0,230	0,006			<0,1	<0,1	0,18	0,10	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,12	0,10
18.12.2008	0,074	0,050			<0,1	<0,1	0,22	0,10	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,13	0,19
14.01.2009	0,427	0,086			0,10	0,10	0,60	0,33	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,18	0,21
10.02.2009	87,300	22,800			<0,1	<0,1	0,17	0,11	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,10	0,11
24.03.2009		20,000				<0,1		0,13		0,37		<0,05		0,11
27.04.2009	<50	<50			<0,1	<0,1	0,30	0,11	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,56	0,10
06.05.2009	<50	<50	<1	<1	<0,1	<0,1	0,28	0,17	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,15	0,10
16.06.2009	6,500	13,000	1,1	<1	<0,1	<0,1	0,26	0,12					0,35	0,10
15.07.2009	540,000	700,000	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					<0,1	<0,1
25.08.2009	8,100	145,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,28	0,10					0,65	0,25
24.09.2009	71,000	130,000	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	0,17					0,41	0,10
05.11.2009	120,000	210,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,11	0,10					0,38	0,10
24.11.2009	0,580	0,210	<1	<1	<0,1	<0,1	0,30	0,10					0,76	0,10
11.12.2009	5,000	10,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,20	0,10					0,42	0,08
08.02.2010	82,000	40,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,14	0,10					0,12	0,10

1500,000	Messwert Zulauf
8,300	Messwert Ablauf
50,000	Nachweisgrenze als Wert gesetzt
26,000	Ablaufwert höher als Zulauf
<10	Wert unterhalb der Nachweisgrenze





Eilper Straße

	pH-Wert		Leitf.µS/cm		AFS mg/l		CSB mg/l		TOC mg/l		Nges mg/l		Bemerkungen
	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	
20.08.2008	6,00	6,00	178	296	410	1.220	380,00	150,00	32,00	37,00	<20	<20	
25.09.2008	8,50	7,90	73	171	900	407	45,00	37,00	27,00	9,80	<10	<10	
21.10.2008	7,20	7,40	145	155	723	172	75,00	64,00	21,00	18,00	<10	<10	
19.11.2008	7,20	7,30	255	280	996	1.155	86,00	29,00	34,00	12,00	<1	<1	
18.12.2008	7,20	6,50	2.720	2.500	1.140	9.700	40,00	195,00	11,00	24,00	1,00	2,50	
14.01.2009	7,20	7,00	11.220	10.880	2.700	32.800	100,00	220,00	33,00	92,00	3,50	9,30	Frostperiode; Filter verstopft
10.02.2009	7,60	7,70	480	500	4.200	3.140	21,00	21,00	8,40	8,10	<1	<1	
24.03.2009	7,30	7,50	275	256	1.830	477	50,00	48,00	13,00	18,00	1,00	17,00	
27.04.2009	5,20	6,90	663	243	30.450	5.310	1.200,00	57,00	390,00	16,00	25,00	1,00	Pollenflug!
06.05.2009	6,90	7,60	370	220	21.000	1.400	260,00	51,00	84,00	14,00	4,60	1,00	Pollenflug!
16.06.2009	6,90	7,30	238	116	14.180	960	120,00	30,00	62,00	12,00	<1	<1	
15.07.2009		7,60		380		1.100		140,00		63,00		6,60	Zulaufprobe nicht möglich!
25.08.2009	7,20	10,30	206	285	4.600	270	250,00	170,00	74,00	54,00	<10	<10	
24.09.2009	7,20	7,60	366	245	4.900	970	100,00	64,00	64,00	27,00	1,00	4,30	
05.11.2009	7,60	7,60	142	141	2.350	1.030	17,00	17,00	6,80	6,00	<1	<1	
24.11.2009	6,60	7,00	260	340	8.900	14.340	140,00	140,00	88,00	81,00	<1	<1	
11.12.2009	6,10	7,00	420	135	22.700	87	410,00	15,00	140,00	4,80	13,00	1,00	
08.02.2010	7,90	8,10	971	788	31.014	889	73,00	140,00	24,00	40,00	<1	<1	

1500,000	Messwert Zulauf
8,300	Messwert Ablauf
50,000	Nachweisgrenze als Wert gesetzt
26,000	Ablaufwert höher als Zulauf
<10	Wert unterhalb der Nachweisgrenze



Eilper Straße

	PAK µg/l *		MKW mg/l		Cu mg/l		Zn mg/l		Pb mg/l		Cd mg/l		P mg/l	
	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a	z	a
20.08.2008	19,730	16,250			0,34	0,77	1,10	2,40	0,20	0,53	<0,05	<0,05	1,30	2,10
25.09.2008	7,600	7,900			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,15	0,07
21.10.2008	32,000	16,000			<0,1	<0,1	0,21	0,14	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1
19.11.2008	9,700	32,000			<0,1	<0,1	0,14	0,10	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,60	0,10
18.12.2008	40,000	350,000			<0,1	<0,1	0,12	0,20	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1
14.01.2009	300,000	1240,000			<0,1	<0,1	0,55	0,41	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,10	0,13
10.02.2009	48,000	87,800			<0,1	<0,1	0,13	0,11	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1
24.03.2009	18,000	20,000			<0,1	<0,1	0,15	0,16	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,10	0,28
27.04.2009	50,000	330,000			0,14	0,10	1,00	0,12	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	4,30	0,10
06.05.2009	50,000	55,000	1,0	2,2	<0,1	<0,1	0,46	0,14	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,19	0,10
16.06.2009	5,700	16,000	2,2	1,0	<0,1	<0,1	0,27	0,13					0,16	0,10
15.07.2009		30,000		<1		<0,1		0,11						<0,1
25.08.2009	49,000	140,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,35	0,10					0,15	<0,1
24.09.2009	10,000	300,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,33	0,24					0,46	0,11
05.11.2009	1,600	2,500	<1	<1	<0,1	<0,1	0,12	0,10					<0,1	<0,1
24.11.2009	0,400	0,870	<1	<1	<0,1	<0,1	0,46	0,22					0,83	0,10
11.12.2009	200,000	16,000	<1	<1	<0,1	<0,1	0,80	0,10					0,09	0,07
08.02.2010	83,000	180,000	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	0,13					<0,1	<0,1

1500,000	Messwert Zulauf
8,300	Messwert Ablauf
50,000	Nachweisgrenze als Wert gesetzt
26,000	Ablaufwert höher als Zulauf
<10	Wert unterhalb der Nachweisgrenze



Langzeitkosten für Behandlung mit INNOLET und zentrale Behandlung, ermittelt mit Eco.RWB

INNOLET Wegmanns Straße

Maßnahme	Massen	Einheitspreis	Einheit[Einh.]	Kosten[€]	spez.B.-kosten	Betriebskosten	Nutz.dauer[a]	Jahr Invest.	Barwert[€]
INNOLET	1	1500	Stck,	1500	1000	1000	50	2010	54845,43
Summe				1500		1000	50	2010	54845,43

RKB ohne Dauerstau und Überleitung KA

Maßnahme	Massen	Einheitspreis	Einheit[Einh.]	Kosten[€]	spez.B.-kosten	Betriebskosten	Nutz.dauer[a]	Jahr Invest.	Barwert[€]
Drosselbauwerk	1	15000	Stck,	15000	1000	1000	50	2010	54845,43
Regenklärbeckenhaltebecken, geschlossen	110	3000	m³	330000	50	5500	50	2010	549149,86
Grundstückskosten	300	125	m²AE,b	37500	0	0	100	2010	37500
Regenklärbeckenhaltebecken, geschlossen, Maschinen	1	10000	m³	10000	1000	1000	10	2010	81445,47
Summe				392500		7500	100	2010	722940,76

RKB ohne Dauerstau und Gebühr für Überleitung KA

Maßnahme	Massen	Einheitspreis	Einheit[Einh.]	Kosten[€]	spez.B.-kosten	Betriebskosten	Nutz.dauer[a]	Jahr Invest.	Barwert[€]
Drosselbauwerk	1	15000	Stck,	15000	1000	1000	50	2010	54845,43
Regenklärbeckenhaltebecken, geschlossen	110	3000	m³	330000	50	5500	50	2010	549149,86
KA-Gebühr: Hagen	26434	0	m²AE,b	0	1	26434	1	2010	1053274,05
Grundstückskosten	300	125	m²AE,b	37500	0	0	100	2010	37500
Regenklärbeckenhaltebecken, geschlossen, Maschinen	1	10000	m³	10000	1000	1000	10	2010	81445,47
Summe				392500		33934	100	2010	1776214,81

Eco.RWB

Kostenvergleichsrechnung

Projekt:

INNOLET Hagen

Datum: 28.07.2010



**KOMPETENZ IN SACHEN
REGENWASSER
INGENIEURGESELLSCHAFT
PROF. DR. SIEKER MBH**



Projekt- und Firmendaten

Projekt	Projekt	INNOLET Hagen	
	Beschreibung		
	Bezugszeitpunkt	2010	
	Investitionszeitraum	50	Jahre
	Zinsen	4,00	%
	Preissteigerung	3,00	%

Firmen	Auftraggeber	Stadtentwässerung Hagen	
	Adresse		
	Telefon		
	e-Mail		
	Auftragnehmer		
	Adresse		
	Telefon		
	e-Mail		

Szenario: INNOLET Vogelsangerstraße

Maßnahme	Kategorie	Typ	Untertyp	Massen	Einheits - preis [€/Unit]	Einheit [Unit]	Kosten [€]	spez. B. Kosten [€/Unit/a]	Betriebs- kosten [€/a]	Nutz. dauer [a]	Inv. Jahr	Barwert [€]
INNOLET	Regenwasserbehandlung	Ableitung		17	1.300	m²AE,b	22.100	150	2.550	10	2010	193.541,94
Summe							22.100,00		2.550,00			193.541,94

Szenario: RKB ohne Dauerstau

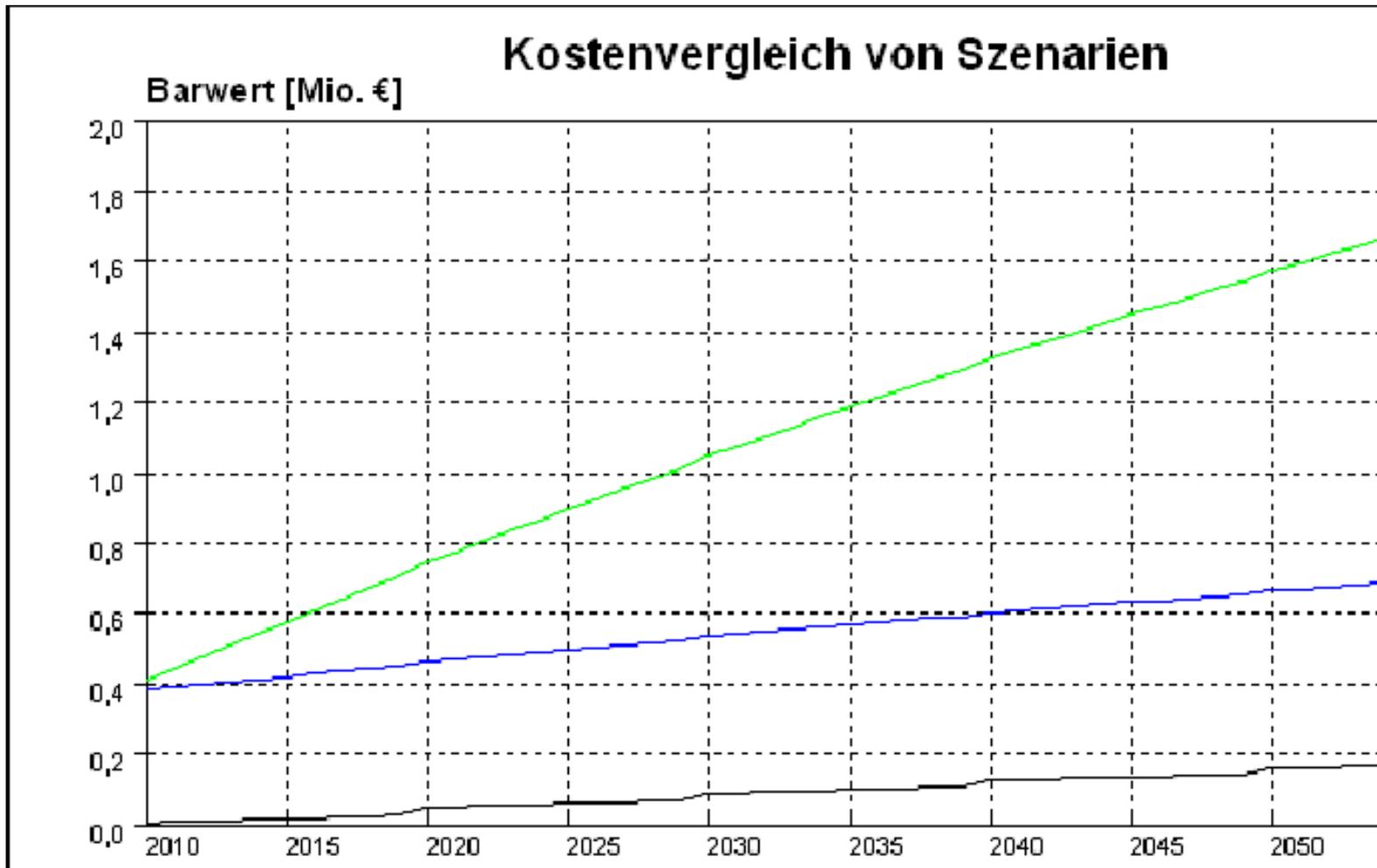
Maßnahme	Kategorie	Typ	Untertyp	Massen	Einheits - preis [€/Unit]	Einheit [Unit]	Kosten [€]	spez. B. Kosten [€/Unit/a]	Betriebs- kosten [€/a]	Nutz. dauer [a]	Inv. Jahr	Barwert [€]
Drosselbauwerk	Rückhaltung/Hochwass...	Retention		1	15.000	Stck.	15.000	1.000	1.000	50	2010	54.845,43
Grundstückskosten	Gebühren	Kommune		300	125	m²AE,b	37.500	0	0	100	2010	37.500,00
Regenklärbeckenhalte...	Rückhaltung/Hochwass...	Retention	unterirdisch	110	3.000	m³	330.000	50	5.500	50	2010	549.149,86
Regenklärbeckenhalte...	Rückhaltung/Hochwass...	Retention	unterirdisch	1	10.000	m³	10.000	1.000	1.000	10	2010	81.445,47
Summe							392.500,00		7.500,00			722.940,76

Szenario: RKB ohne Dauerstau 2

Maßnahme	Kategorie	Typ	Untertyp	Massen	Einheits - preis [€/Unit]	Einheit [Unit]	Kosten [€]	spez. B. Kosten [€/Unit/a]	Betriebs- kosten [€/a]	Nutz. dauer [a]	Inv. Jahr	Barwert [€]
Drosselbauwerk	Rückhaltung/Hochwass...	Retention		1	15.000	Stck.	15.000	1.000	1.000	50	2010	54.845,43
Grundstückskosten	Gebühren	Kommune		300	125	m²AE,b	37.500	0	0	100	2010	37.500,00
KA-Gebühr: Hagen	Gebühren	Kommune		26.434	0	m²AE,b	0	1	26.434	1	2010	1.053.274,05
Regenklärbecken, ges...	Rückhaltung/Hochwass...	Retention	unterirdisch	110	3.000	m³	330.000	50	5.500	50	2010	549.149,86
Regenklärbecken, ges...	Rückhaltung/Hochwass...	Retention	unterirdisch	1	10.000	m³	10.000	1.000	1.000	10	2010	81.445,47
Summe							392.500,00		33.934,00			1.776.214,81

Projektübersicht: INNOLET Hagen

Szenario	Beschreibung	Kosten [€]	Betriebs- kosten [€/a]	Barwert [€]
INNOLET Vogelsangerstraße		22.100	2.550	193.541,94
RKB ohne Dauerstau	ohne Gebühr für Überleitung KA	392.500	7.500	722.940,76
RKB ohne Dauerstau 2	mit Gebühr für Überleitung KA	392.500	33.934	1.776.214,81





Einzugsgebiet



Dachfläche



Hauptstraße
(Vogelsangerstraße)



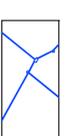
Nebenstraße

O1

Einläufe



Probenahmepunkte



Regenwasserkanal
mit Schacht



SEH
Stadtentwässerung
Hagen

Eilber Straße 132-136
58091 Hagen
seh@stadt-hagen.de



INGENIEURGESSELLSCHAFT
PROF. DR. STEKER MBH
RENNBAHNALLEE 109 A, 15366 HOPPEGARTEN
TELEFON: 03342-3595-0 TELEFAX: 03342-3595-29

www.steiker.de
info@steiker.de

INNOLET Hagen

Anlage	1
Plan Nr.	1
Maßstab	1:2.000
Projekt Nr.	661

Name	Datum
Erstellt	März 2010
Benötigt	Juli 2010
Geführt	L. Sommer

Einzugsgebiet Vogelsangerstraße