

# Anlage 3

## Darstellung der labortechnischen Ergebnisse

zum Forschungsvorhaben

**Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung in Trennsystemen-  
Umsetzung des Trennerlasses**

Stand: November 2011



## INHALT

1	DARSTELLUNG DER LABORTECHNISCHEN ERGEBNISSE	1
1.1	Ziel der Laboruntersuchungen	1
1.2	Laborprüfungen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen	2
1.3	Beschreibung der Versuchseinrichtungen	3
1.3.1	Versuchseinrichtung 1	3
1.3.2	Versuchseinrichtung 2	9
1.4	Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit	10
1.4.1	Durchführung der Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit	10
1.4.2	Ergebnisse der Laboruntersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit	12
1.5	Prüfung des Rückhaltes von AFS	31
1.5.1	Durchführung der Prüfungen zum Rückhalt von AFS	31
1.5.2	Ergebnisse zum Rückhalt von AFS	35
1.6	Prüfung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen	52
1.6.1	Durchführung der Prüfung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen	52
1.6.2	Ergebnisse zum Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen	53
1.7	Prüfung des Rückhalts von Schwermetallen	59
1.7.1	Durchführung der Prüfung des Rückhalts von Schwermetallen	59
1.7.2	Ergebnisse zum Rückhalt von Schwermetallen	61
1.8	Prüfung der Niederschlagswasserbehandlungsanlagen im Gebrauchzustand	64

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Schema der Versuchseinrichtung 1 als Fließbild.	3
Abbildung 2:	Links: Zwei Edelstahltanks mit jeweils 10 m <sup>3</sup> Fassungsvermögen als Vorlagebehälter (im Hintergrund), Rechts: Zulaufleitung aus Kunststoff zur beflutbaren Fläche.	4
Abbildung 3:	Kreiselpumpe mit einer Leistung von bis zu 20 l/s mit einer Edelstahlleitung DN 150 und MID DN 150 zur Regelung der Durchflussmengen ab 3 l/s.	4
Abbildung 4:	Bypassleitung DN 25 mit MID DN 25 und Proportionalventil zur Regelung der Durchflussmengen bis 3 l/s; Absperrklappe DN 150 als Absperrung hinter dem Eingang der Bypassleitung.	5
Abbildung 5:	Draufsicht der beflutbaren Fläche v. r. n. l.: Beruhigter Zulauf; beflutbare Fläche; Banddosierer und kreisförmiges Gerinne DN 150 als Halbschale zur Einmischung der feinkörnigen, mineralischen AFS (Dosierrohr); Aufbau mit Stauwand sowie Straßenablauf.	6
Abbildung 6:	Ansicht der Dosiereinrichtung für feinkörnigen AFS.	6
Abbildung 7:	Aufsatz aus Plexiglas zur gleichmäßigen Einleitung in den Straßeneinlaufschacht; Links: Aufsatz beim Ausspülversuch mit dem System INNOLET <sup>®</sup> und 100 l/(s*ha); Rechts: Draufsicht auf den Aufsatz bei dem Teilversuch 1 mit dem System INNOLET <sup>®</sup> und 2,5 l/(s*ha).	7
Abbildung 8:	Probennahmerohr. Links: Außenansicht. Rechts: Darstellung des Aufbaus der Prüfanordnung nach [DIN EN 858-1].	8
Abbildung 9:	Graphik-User-Interface mit Anzeige der Wasserstände in den Vorlagebehältern, Durchflussmessungen an den beiden MID DN 150 und DN 25 sowie den Steuergrößen der Dosiereinrichtung.	9
Abbildung 10:	Aufbau zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (hier INNOLET <sup>®</sup> ) an einem Filterabschnitt (Versuchseinrichtung 2).	10
Abbildung 11:	Links: Geotextil-Filtersack im Auslieferungszustand. Rechts: Querschnitt Geotextil (Quelle: Produktinformationen des Herstellers).	12
Abbildung 12:	Versuchsaufbau mit Filterelement im Schachtkörper, Ansicht.	13
Abbildung 13:	Links: Versuchsaufbau mit Filterelement im Schachtkörper inkl. Schmutzfang, Draufsicht; Rechts: Anbindung des Filterelements an den Schmutzfang mit Rasterbändern.	13
Abbildung 14:	Links: Haltestange fixiert am Schmutzfang; Rechts: Wasserstandssensor unterhalb des Schmutzfangbodens.	14
Abbildung 15:	Beschickung des Geotextil-Filtersacks mit 20 l/s (kein hydraulisches Versagen erkennbar).	14

Abbildung 16:	Links: Ansicht Centrifoel® (Höhe Schacht 1,20 m, Höhe Überlauf 0,94 m, Höhe Auslauf 0,53 m); Rechts: Blick in die oberste Kammer mit Überlauf und Zulauf (Ø 3,5 cm) in die mittlere Kammer (Nassschlammfang).	15
Abbildung 17:	Links: Blick in die mittlere Kammer (Nassschlammfang) mit dem Ablauf (Steigrohr) zur unteren Kammer; Rechts: Untere Kammer mit drei Teilkammern 1,2 und 3, Kammer 3 – seitlicher Auslauf (Krümmer) mit Ventilkugel zur Leichtstoffabscheidung.	15
Abbildung 18:	Überlauf bei 1,13 l/s.	17
Abbildung 19:	Aktivierung des Ablaufs in der mittleren Kammer bei einer Beaufschlagung mit 2,25 l/s.	18
Abbildung 20:	Schnitt des Separationsstraßenablaufs SSA (Prospekt Hersteller).	19
Abbildung 21:	Links: Anschluss an die Versuchsanlage. Rechts: Draufsicht des eingebauten Separationsstraßenablauf SSA.	20
Abbildung 22:	Links: Beschickung mit 1,5 l/s Rechts: Beschickung mit 20 l/s.	20
Abbildung 23:	Wasserstände im SSA in Abhängigkeit vom Volumenstrom.	21
Abbildung 24:	Mall Lamellenklärer MLK-R: Links: Schnittzeichnung; Rechts: Wirkprinzip der Lamellen.	22
Abbildung 25:	Lamellenklärer MLK-R 20/09 vor der Befüllung. Links: Zulaufkammer mit Drucksonde. Rechts: Auslaufkammer.	22
Abbildung 26:	Wasserstand im Lamellenklärer MLK-R 20/09 abhängig vom Zufluss.	23
Abbildung 27:	Links: Blick von oben in den Grobfilter des INNOLET® mit Adapterplatte (blau) und positionierter Drucksonde. Rechts: Aufbau INNOLET® (Quelle: Funke Kunststoffe GmbH, verändert).	25
Abbildung 28:	Links: Blick in den INNOLET® von oben bei einem Volumenstrom von 1,5 l/s. Rechts: Detailansicht, Überlauf angesprungen.	26
Abbildung 29:	Wasserstand im INNOLET® abhängig vom Zufluss.	27
Abbildung 30:	3P Hydrosystem (Quelle 3P Filtertechnik, verändert und nicht maßstäblich).	28
Abbildung 31:	Versuchsaufbau 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.	29
Abbildung 32:	Austritt von Wasser aus dem Überlaufrohr bei einer Beschickungsmenge größer als 13,5 l/s.	30
Abbildung 33:	Wasserstand 3P Hydrosystem abhängig vom Zufluss.	31
Abbildung 34:	Eingesetzte AFS (v.l.n.r.): Millisil W4, Kies-Sand-Gemisch, PE-Granulat (schwarz) und PS-Granulat (weiß).	32
Abbildung 35:	Korngrößenverteilungen von Millisil W4 und Kies-Sand-Gemisch 0,1 mm bis 4,0 mm.	32

Abbildung 36:	Links: Versuchsaufbau Geotextil-Filtersack zur stofflichen Untersuchung (Kies-Sand/Schwebstoffe). Rechts: Rückstand im Grobschmutzfang vor dem Geotextil-Filtersack (Kies-Sand-Gemisch).	37
Abbildung 37:	Abschlag des Centrifoeel <sup>®</sup> über den Überlauf beim ersten Teilversuch 1 Kies-Sand/Schwebstoffe.	39
Abbildung 38:	Links: Rückstand auf dem obersten Sieb nach Teilprüfung 1. Rechts: Blick von oben in die obere Kammer des Centrifoeel <sup>®</sup> nach der Teilprüfung 1 (Kies-Sand/Schwebstoffe).	39
Abbildung 39:	Blick von oben in den Centrifoeel <sup>®</sup> nach dem Ausspülversuch. Links: obere Kammer; Rechts: mittlere Kammer.	40
Abbildung 40:	Blick von oben in den Centrifoeel <sup>®</sup> (untere Kammer).	40
Abbildung 41:	Schockinjektion des Tracers Uranin zur Bestimmung der Durchlaufzeit des MLK-R 20/9.	43
Abbildung 42:	Fluoreszenzspektrometer zur Bestimmung des Konzentrationsverlaufs im Ablauf des MLK-R 20/9.	44
Abbildung 43:	Erste Spuren des Tracers in den Lamellen in der zweiten Kammer des MLK-R 20/9.	44
Abbildung 44:	Konzentrationsverlauf des Tracers Uranin zur Bestimmung der Durchlaufzeit des MLK-R 20/9.	45
Abbildung 45:	Blick von oben in den Lamellenklärer mit deutlichem Unterschied der Trübungen in den zwei Kammern während der Teilprüfung 1. In der Zulaufkammer sind noch die zurückgehaltenen PE-Granulate (schwarz) auf der Wasseroberfläche sichtbar.	46
Abbildung 46:	Links: Rückstände von MILLISIL nach den Versuchen mit feinkörnigen AFS; nach Entfernen des Plexiglas-Aufsatzes. Rechts: Im Grobschmutzfang zurückgehaltenes Material nach den stofflichen Untersuchungen grobkörniger AFS.	48
Abbildung 47:	Ausgetragene Menge an Material als Rückstand auf dem Siebturm.	49
Abbildung 48:	Blick von oben in das 3P Hydrosystem während der Teilprüfung 1.	50
Abbildung 49:	Zudosierung der Mineralölkohlenwasserstoffe.	52
Abbildung 50:	Links: Säule zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (3P Hydrosystem). Rechts: Säule zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (INNOLET <sup>®</sup> ) eingebaut in der Versuchseinrichtung 2.	60
Abbildung 51:	Links: Aufbau des Säulenversuchs INNOLET <sup>®</sup> , Rechts: Säule für das INNOLET <sup>®</sup> Filtermaterial.	61
Abbildung 52:	Versuchsaufbau der Säule 3P Hydrosystem.	63

Abbildung 53:	Versuchseinrichtung zur Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit vor Ort	64
Abbildung 54:	Bedienoberfläche des Programms der In-situ-Untersuchungen	65
Abbildung 55:	Beschickung eines Straßenablaufs über den Rinnstein mit einem definierten Volumenstrom zur Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit einer Niederschlagswasserbehandlungsanlage	65
Abbildung 56:	Direkte Beschickung eines Straßenablaufs mit einem definierten Volumenstrom zur Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit einer Niederschlagswasserbehandlungsanlage	66
Abbildung 57:	Kontrolle des Wasserstandes im Straßenablauf mittels Gliedermaßstab zur Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit während der In-situ-Untersuchungen.	66

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Übersicht der untersuchten Systeme und der jeweils durchgeführten Prüfungen mit Zuordnung zu den eingesetzten Versuchseinrichtungen.	2
Tabelle 2:	Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit; Zusammenhang zwischen Regenspende und angeschlossener Fläche.	11
Tabelle 3:	Hydraulische Kenndaten der untersuchten Systeme laut Herstellerangaben.	12
Tabelle 4:	Beschickungsmengen sowie Abschlagzeitpunkte am Überlauf in der oberen Kammer (1. Kammer) und am Ablauf in der mittleren Kammer (2. Kammer) für das Centrifoel®-System.	17
Tabelle 5:	Beschickungsmengen zur Ermittlung des Zeitpunkts des hydraulischen Versagens des SSA.	21
Tabelle 6:	Lamellenklärer MLK-R 20/09: Wasserstände in Abhängigkeit der Beschickungsmenge.	23
Tabelle 7:	Versuchsergebnisse hydraulische Leistungsfähigkeit INNOLET®.	27
Tabelle 8:	Wasserstände in Abhängigkeit der Beschickungsmengen (3P Hydrosystem 1000 heavy traffic).	30
Tabelle 9:	Regenspenden und Prüfdauern für die Untersuchung des Rückhaltes von AFS	33
Tabelle 10:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage Geotextil-Filtersack.	36
Tabelle 11:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch/Schwebstoffe) an der Anlage Geotextil-Filtersack	37
Tabelle 12:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage Centrifoel®.	38
Tabelle 13:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch/Schwebstoffe) an der Anlage Centrifoel®.	41
Tabelle 14:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage SSA.	42
Tabelle 15:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch / Schwebstoffe) an der Anlage SSA	43
Tabelle 16:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage MLK-R 20/9.	46

Tabelle 17:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch / Schwebstoffe) an der Anlage MLK-R 20/9.	47
Tabelle 18:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage INNOLET®.	48
Tabelle 19:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch / Schwebstoffe) an der Anlage INNOLET®.	49
Tabelle 20:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.	50
Tabelle 21:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch/Schwebstoffe) an der Anlage 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.	51
Tabelle 22:	Prüfung des Rückhalts von Mineralölkohlenwasserstoffen, Zusammenhang zwischen Entwässerungsflächen und MKW-Konzentrationen.	53
Tabelle 23:	Versuchsparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage Geotextil-Filtersack.	55
Tabelle 24:	Versuchsparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage Centrifoe!®.	56
Tabelle 25:	Versuchsparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage MLK-R 20/9.	57
Tabelle 26:	Versuchsparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage INNOLET®.	58
Tabelle 27:	Versuchsparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.	59
Tabelle 28:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Schwermetalle Zink und Kupfer) für das INNOLET®: Prüfung an einem Filterabschnitt mit Verkleinerungsfaktor 30.	62
Tabelle 29:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Schwermetalle Zink und Kupfer) für das 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic: Prüfung an einem Filterabschnitt mit Verkleinerungsfaktor 61.	63

# 1 DARSTELLUNG DER LABORTECHNISCHEN ERGEBNISSE

## 1.1 Ziel der Laboruntersuchungen

Ziel der im Folgenden dargestellten Laborversuche ist die Beurteilung von dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen unter vergleichbaren Bedingungen vor dem Hintergrund der „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ [MUNLV, 2004].

Die im IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur durchgeführten Prüfungen basieren auf

- dem Entwurf der Zulassungsgrundsätze des DIBts zur Prüfung von „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen“ [DIBt2010],
- den Zulassungsgrundsätzen des DIBts zur Prüfung von „Abwasserbehandelnden Flächenbelägen“ [DIBt, 2005],
- den Ergebnissen von Lenkungskreissitzungen im Rahmen des Projektes „Niederschlagswasserbehandlung in Trennsystemen“ und
- Fachgesprächen mit Entwicklern und Herstellern dezentraler Niederschlagswasserbehandlungsanlagen.

Es wurden die sechs in Kapitel 3 des Hauptberichtes detailliert beschriebenen Anlagen geprüft.

Für alle Systeme war zu erwarten, dass aufgrund der Bauformen sowie bereits durchgeführter Prüfungen in unterschiedlichen Instituten das Niederschlagswasser mechanisch gereinigt wird. Die Systeme INNOLET<sup>®</sup> und 3P-Hydrosystem sind darüber hinaus mit substratgefüllten Filtern ausgerüstet, so dass hier ein Rückhalt von gelösten Stoffen erwartet werden konnte.

Vor diesem Hintergrund wurden zwei Versuchseinrichtungen eingesetzt. Eine Versuchseinrichtung (Versuchseinrichtung 1, Abbildung 1) wurde so konzipiert, dass sowohl die hydraulische Leistungsfähigkeit als auch der Stoffrückhalt ermittelt werden konnte. Zur Beurteilung des Stoffrückhalts wurden der Rückhalt von abfiltrierbaren Stoffen (im Folgenden AFS genannt) und der Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen (im Folgenden MKW genannt) ermittelt.

Mit einer zweiten Versuchseinrichtung (Versuchseinrichtung 2, Abbildung 10) wurde der Rückhalt von gelösten Schwermetallen ermittelt. Diese Prüfungen wurden an substratgefüllten Filterabschnitten in Säulenform durchgeführt, die den Aufbau der Substratfilter des INNOLET<sup>®</sup>-Systems sowie des 3P-Hydrosystems widerspiegeln.

Als weitergehende Randbedingungen zur Beurteilung des Stoffrückhalts sind die ausgewählten Durchströmungsgeschwindigkeiten sowie die Einwirkung einer Jahresschmutzfracht zu nennen (vgl. [DIBt2010]).

## 1.2 Laborprüfungen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen

Im ersten Versuchsschritt wurden die hydraulische und anschließend die stoffliche Leistungsfähigkeit (Stoffrückhalt) an allen sechs Anlagen im Neuzustand geprüft. Eine Übersicht der durchgeführten Prüfungen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht der untersuchten Systeme und der jeweils durchgeführten Prüfungen mit Zuordnung zu den eingesetzten Versuchseinrichtungen.

Systeme	Prüfungen			
	Versuchseinrichtung 1			Versuchseinrichtung 2
	Hydraulische Leistungsfähigkeit	Abfiltrierbare Stoffe <sup>1</sup>	Mineralölkohlenwasserstoffe	Gelöste Schwermetalle <sup>2</sup>
Geotextil-Filtersack	o	o	o	-
Centrifoeel <sup>®</sup>	o	o	o	-
Separationsstraßenablauf (SSA)	o	o	-	-
Mall-Lamellenklärer (MLK-R 20/09)	o	o	o	-
INNOLET <sup>®</sup>	o	o	o	o
3P Hydrosystem 1000 heavy traffic	o	o	o	o
<b>o Prüfung erfolgt ; - keine Prüfung erfolgt</b> 1 Vier-Parameter-Modell: Millisil W4, Kies-Sand-Gemisch, PE- und PS-Granulat 2 Schwermetalle Kupfer und Zink				

Zusammenfassend wurden folgende Parameter untersucht:

- Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit, (alle Anlagen).
- Prüfung des Rückhalts und der Remobilisierbarkeit von vier verschiedenen Arten abfiltrierbarer Stoffe (AFS), (alle Anlagen).
- Prüfung des Rückhalts von Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) mit Heizöl EL, (alle Anlagen, außer Separationsstraßenablauf SSA).
- Prüfung des Rückhalts von gelösten Schwermetallen (SM), (Filtermaterialien des INNOLET<sup>®</sup>- und 3P-Hydrosystems an Filterabschnitten).





Abbildung 2: Links: Zwei Edelstahltanks mit jeweils 10 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen als Vorlagebehälter (im Hintergrund), Rechts: Zulaufleitung aus Kunststoff zur beflutbaren Fläche.



Abbildung 3: Kreiselpumpe mit einer Leistung von bis zu 20 l/s mit einer Edelstahlleitung DN 150 und MID DN 150 zur Regelung der Durchflussmengen ab 3 l/s.



Abbildung 4: Bypassleitung DN 25 mit MID DN 25 und Proportionalventil zur Regelung der Durchflussmengen bis 3 l/s; Absperrklappe DN 150 als Absperrung hinter dem Eingang der Bypassleitung.

*Beflutung und Dosierung (vgl. Bauteil 4 in Abbildung 1)*

Die beflutbare Fläche besteht aus einem beruhigten Zulauf und einem offenen, konisch zulaufenden Rechteckgerinne, an dessen Ablauf ein Straßenablauf angeschlossen wird (vgl. Abbildung 5). Für die Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeiten wurde das Wasser über das konisch zulaufende Rechteckgerinne in den Straßenablauf geleitet. Das Gerinne hat im Auslauf eine Breite von ca. 500 mm, so dass Aufsätze 300 x 500 mm und 500 x 500 mm angeschlossen werden können. Die Dosiereinrichtung für AFS ist in Abbildung 5 dargestellt. Für die Prüfung des Rückhalts von feinkörnigen mineralischen abfiltrierbaren Stoffen (AFS) wurde in den Auslauf des Rechteckgerinnes eine Stauwand mit integrierter Muffe DN 150 eingebaut (vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6). In diese Muffe wurde anschließend ein Rohr als Halbschale eingesetzt. Dem sich einstellenden Wasserstrom in der Rohrhalbschale werden die AFS über einen Banddosierer zugegeben, mit dem Wasserstrom hydrodynamisch vermischt und der zu prüfenden Anlage zugeführt.

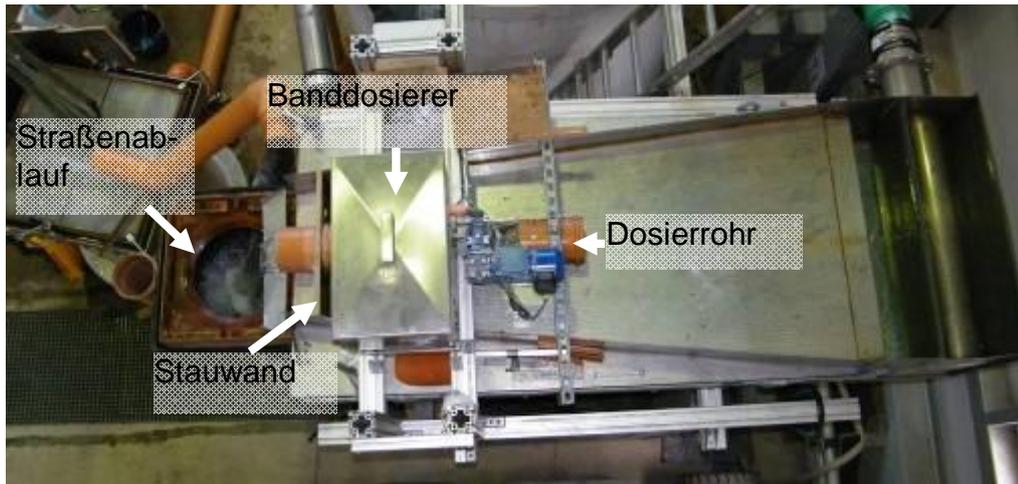


Abbildung 5: Draufsicht der beflutbaren Fläche v. r. n. l.: Beruhigter Zulauf; beflutbare Fläche; Banddosierer und kreisförmiges Gerinne DN 150 als Halbschale zur Einmischung der feinkörnigen, mineralischen AFS (Dosierrohr); Aufbau mit Stauwand sowie Straßenablauf.



Abbildung 6: Ansicht der Dosiereinrichtung für feinkörnigen AFS.

### Einlaufbauwerk (vgl. Bauteil 5 in Abbildung 1)

Im Rahmen der Versuche wurden jeweils Straßenabläufe aus Polypropylen (PP) mit unterschiedlichen Bauhöhen verwendet. Sie dienen zum Einbau von dezentralen NW-Behandlungsanlagen, die in Straßenabläufe eingebaut werden müssen sowie als Sammelbauwerk zur Weiterleitung des Volumenstroms an dezentrale NW-Behandlungsanlagen, die über eine Rohrleitung mit Wasser beschickt werden. Weiterhin wurden Anlagen, die als Komplettsystem mit veränderten Reinigungsfunktionen anstelle von Standardstraßenabläufen eingebaut werden in die Versuchseinrichtung 1 integriert. Während der vergleichenden Untersuchungen an Systemen zum direkten Einbau in Straßenabläufe (INNOLET<sup>®</sup> und Geotextil-Filtersack) wurde festgestellt, dass die Einlaufsituation in den Straßenablauf einen Einfluss auf die Reinigungsleistung haben kann. Im Ergebnis hat sich der in Abbildung 7 dargestellte Aufsatz aus Plexiglas zur Simulation von realistischen Zulaufsituationen als notwendig erwiesen. Im Rahmen der Prüfungen mit feinkörnigen mineralischen AFS wird der Aufsatz auf den Einlaufrost aufgesetzt und so das Einströmen des Wassers von den Seiten ermöglicht. Dies bewirkte, dass die anströmenden Wasser-MILLISIL-Gemische realitätsnah und ohne Einfluss von starken Verwirbelungen in den Geotextil-Filtersack und das INNOLET<sup>®</sup>-System eingeleitet werden konnten (vgl. Abbildung 7).



Abbildung 7: Aufsatz aus Plexiglas zur gleichmäßigen Einleitung in den Straßeneinlaufschacht; Links: Aufsatz beim Ausspülversuch mit dem System INNOLET<sup>®</sup> und 100 l/(s\*ha); Rechts: Draufsicht auf den Aufsatz bei dem Teilversuch 1 mit dem System INNOLET<sup>®</sup> und 2,5 l/(s\*ha).

### Probennahme (vgl. Bauteil 6 und 7 in Abbildung 1)

Die erforderlichen Proben aus dem laufenden Abwasserstrom werden mittels eines Probennahmerohres (vgl. [DIN EN 858-1]) entnommen. Am Auslauf der Probennahmestelle wurde ein Absperrventil angebracht, im Anschluss daran ist ein Schlauchstück zur Einleitung des Abwasserstromes in die Probenentnahmebehälter installiert. Diese Einrichtung ermöglicht es, Proben aus dem laufenden Abwasserstrom zu entnehmen (vgl. Abbildung 8). Die unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten der zugegebenen

abfiltrierbaren Stoffe haben zur Folge, dass grobkörnige Partikel als Geschiebe in den Rohrleitungen transportiert werden, während feinkörnige Partikel schwebend transportiert werden. Vor diesem Hintergrund erfolgte die Probennahme für die grobkörnigen mineralischen AFS (0,1 bis 4,0 mm) durch den Einsatz von Sieben, durch den die gesamten Volumenströme geleitet wurden. Diese wurden als Siebturm angeordnet und haben eine Maschenweite von oben nach unten von 0,71 mm, 0,30 mm, 0,09 mm.

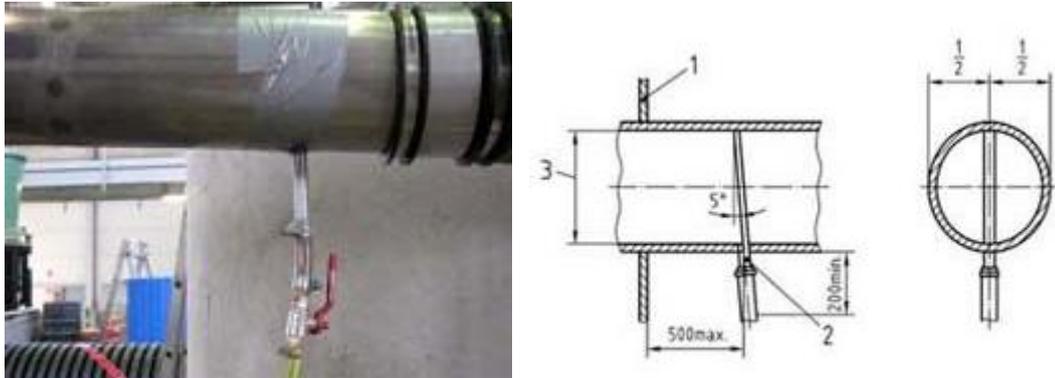


Abbildung 8: Probennahmerohr. Links: Außenansicht. Rechts: Darstellung des Aufbaus der Prüfanordnung nach [DIN EN 858-1].

#### Bedienung über einen Messrechner (vgl. Bauteil 8 in Abbildung 1)

Mit der Software LabVIEW [**National Instrument**] werden alle Messwerte aufgenommen, visualisiert und die Parameter Durchfluss und die Dosierung feinkörniger, mineralischer AFS geregelt. LabVIEW ist ein graphisches Programmiersystem der Firma [National Instruments](#). Das [Akronym](#) steht für „Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench“. Die Programmierung erfolgt mit der Version 8.2.

Die programmierte Bedienoberfläche, das sogenannte Graphik-User-Interface, ist in Abbildung 9 dargestellt. Erkennbar sind die Wasserstände in den Vorlagebehältern, die Anzeigen für die Durchflussmengen, sowie die Steuergrößen für den Zufluss und den als Dosiereinrichtung eingesetzten Banddosierer. Darüber hinaus kann der Wasserstand in den dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen als Online-Graphik angezeigt werden.

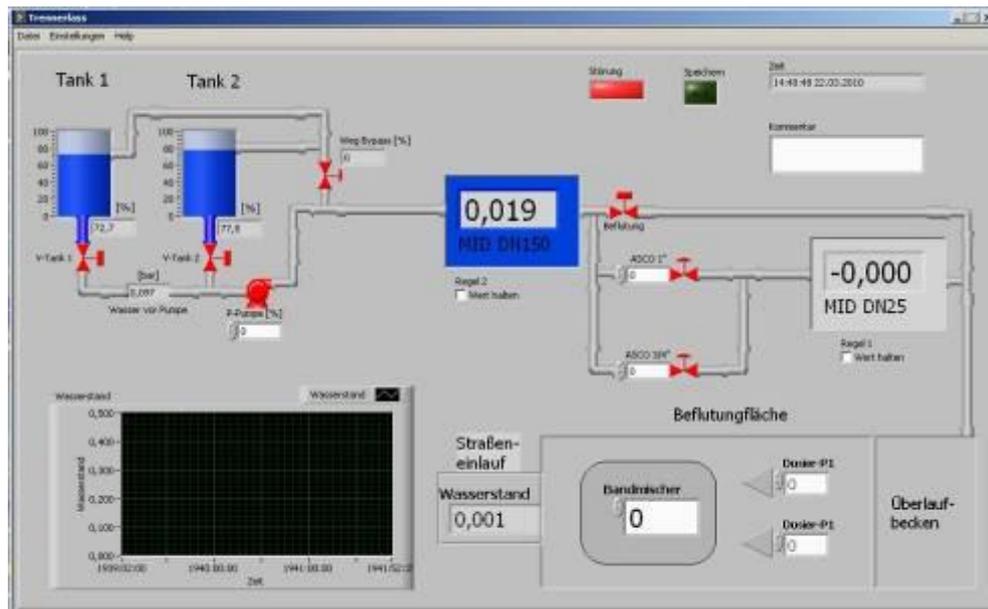


Abbildung 9: Graphik-User-Interface mit Anzeige der Wasserstände in den Vorlagebehältern, Durchflussmessungen an den beiden MID DN 150 und DN 25 sowie den Steuergrößen der Dosiereinrichtung.

### 1.3.2 Versuchseinrichtung 2

Die zweite Versuchseinrichtung besteht aus folgenden Bestandteilen:

- Ein Vorlagebehälter mit einem Fassungsvermögen von 200 l.
- Geregelter Zulauf bestehend aus einem MID und Proportionalventil.
- Prüfmodul bestehend aus einem Filterabschnitt der zu prüfenden Anlage.

Die Versuchseinrichtung zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen besteht aus einem Vorlagebehälter mit einem Mindestvolumen von 200 l, einem geregelten Zulauf sowie dem zu prüfenden Filterabschnitt. Die Zulaufregelung erfolgt über ein MID in Kombination mit einem Proportionalventil. In Abbildung 10 ist der Versuchsaufbau für die Prüfung eines Filterabschnitts des INNOLET®-Systems dargestellt. Im Hintergrund sind MID (1) und Proportionalventil (2) erkennbar. Im Vordergrund ist die von unten durchströmte Filtersäule dargestellt (Zulauf (3); Ablauf (4)). Die Probennahme erfolgt am Auslauf (5).



Abbildung 10: Aufbau zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (hier INNOLET®) an einem Filterabschnitt (Versuchseinrichtung 2).

## 1.4 Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

### 1.4.1 Durchführung der Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

Die Prüfungen der hydraulischen Leistungsfähigkeiten erfolgten mit der Versuchsanlage 1 mit unterschiedlichen Zuflussmengen bis zum hydraulischen Versagen bzw. bis zum Erreichen der Leistungsfähigkeit der Prüfanlage von ca. 20 l/s.

Die Zuflussmengen zu den jeweiligen Anlagen [l/s] wurden unter Einbeziehung der anschließbaren Flächen berechnet. Die Prüfredenspenden entsprachen den in den Zulassungsgrundsätzen des DIBts festgelegten Niederschlagsintensitäten von 2,5 l/(s\*ha), 6,0 l/(s\*ha), 25 l/(s\*ha) bzw. 100 l/(s\*ha) [DIBt2010]. Als anschließbare Flächen wurden die von den Herstellern genannten maximal anschließbaren Flächen zugrunde gelegt.

Beispielhaft sind in Tabelle 2 die Zuflussmengen bei Niederschlagsintensitäten zwischen 2,5 und 400 l/(s\*ha) für angeschlossene Flächen von 400 bzw. 500 m<sup>2</sup> dargestellt.

Tabelle 2: Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit; Zusammenhang zwischen Regenspende und angeschlossener Fläche.

Regenspende	Q (400 m <sup>2</sup> ) [l/s]	Q (500 m <sup>2</sup> ) [l/s]
2,5 l/(s*ha)	0,10	0,125
6,0 l/(s*ha)	0,24	0,30
25 l/(s*ha)	1,00	1,25
100 l/(s*ha)	4,00	5,00
150 l/(s*ha)	6,00	7,50
200 l/(s*ha)	8,00	10,00
250 l/(s*ha)	10,00	12,50
300 l/(s*ha)	12,00	15,00
350 l/(s*ha)	14,00	17,50
400 l/(s*ha)	16,00	20,00
Hydraulische Grenze der Prüfanlage bei ca. 20 l/s		

War zwischen zwei Niederschlagsintensitäten ein hydraulisches Versagen erkennbar, wurde eine Prüfung mit verfeinerten Stufen durchgeführt, um sich so der Grenze der hydraulischen Leistungsfähigkeit iterativ zu nähern.

Die hydraulische Leistungsfähigkeit konnte auf zwei unterschiedliche Arten beurteilt werden:

- Durch Inaugenscheinnahme der zu prüfenden Anlage und Feststellung eines sichtbaren Überstaus.
- Durch den Einsatz weitergehender Messsensorik in den zu prüfenden Anlagen, wie z.B. Drucksensoren, und Vergleich mit vorher zu definierenden Grenzwerten. Das kann z.B. eine maximale Druckhöhe sein.

Angaben zur hydraulischen Leistungsfähigkeit der unterschiedlichen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen werden in den meisten Fällen auch von den Herstellern gemacht. Eine Übersicht über die hydraulischen Kenndaten der Systeme laut Herstellerangaben sind in Tabelle 3 dargestellt. Zur hydraulischen Leistungsfähigkeit des 3P-Hydrosystems lagen keine Angaben vor. Die hydraulische Leistungsfähigkeit des Geotextil-Filtersacks wurde aufgrund der Systemdaten des Herstellers für das ausgewählte System errechnet.

Grundsätzlich sind die Anlagen für Anschlussflächen zwischen 250 und 500 m<sup>2</sup> ausgelegt. Verkehrsflächen in dieser Größenordnung werden über ein bis zwei Straßenabläufe entwässert.

Tabelle 3: Hydraulische Kenndaten der untersuchten Systeme laut Herstellerangaben.

System	Max Durchfluss (Q <sub>zul</sub> )	Max Anschlussfläche
INNOLET®	0,625 l/s	250 m <sup>2</sup>
3P Hydrosystem	k. A.	500 m <sup>2</sup>
Mall Lamellenklärer MLK-R	8,6	ca. 500 m <sup>2</sup> **
Centrifoel®	2,5 l/s	400 m <sup>2</sup>
Geotextil-Filtersack	238 l/s *	300 m <sup>2</sup> ***
Separations-Straßenablauf SSA	10,0	400 m <sup>2</sup>

\* errechnet aus den Systemdaten des Herstellers  
 \*\* die anschließbaren Flächen werden für jeden Anwendungsfall von der Fa. Mall ermittelt. Die hier gewählten 500 m<sup>2</sup> wurden durch den Hersteller als typischer Anwendungsfall vorgeschlagen.  
 \*\*\* speziell für den untersuchten Anwendungsfall konfektioniertes Filterelement

#### 1.4.2 Ergebnisse der Laboruntersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit sind im Folgenden beschrieben.

##### GIGANT-Filterelement

Das Filterelement besteht laut Herstellerinformationen aus einem zweilagigen, vernadelten Geotextilvlies, das aus einem feinfaserigen mechanisch verfestigten weißen Polyester-Vliesstoff und einem grobfaserigen mechanisch verfestigten Polypropylen-Vliesstoff besteht (vgl. Abbildung 11).



Abbildung 11: Links: Geotextil-Filtersack im Auslieferungszustand. Rechts: Querschnitt Geotextil (Quelle: Produktinformationen des Herstellers).

Das konfektionierte Filterelement mit einem Durchmesser von 400 mm und einer Höhe von 600 mm, wurde in einen Schacht aus Polypropylen (PP) der Größe DN 400 inkl. Rechteckaufsatz Typ I 300 x 500 mm nach RAS-EW [RAS-EW] eingesetzt. (vgl. Abbildung 12)

---



Abbildung 12: Versuchsaufbau mit Filterelement im Schachtkörper, Ansicht.

---



Abbildung 13: Links: Versuchsaufbau mit Filterelement im Schachtkörper inkl. Schmutzfang, Draufsicht; Rechts: Anbindung des Filterelements an den Schmutzfang mit Rasterbändern.

Zur Messung des Wasserstands im Filterelement bei zunehmender Beschickungsmenge wurde ein Druckmesssensor mittels einer Haltestange über der Bodenfläche des Filterelements positioniert und fixiert (vgl. Abbildung 14). Es wurden Beschickungsmengen bezogen auf eine anschließbare Entwässerungsfläche von 300 m<sup>2</sup> in das Filterelement geleitet.



Abbildung 14: Links: Haltestange fixiert am Schmutzfang; Rechts: Wasserstandssensor unterhalb des Schmutzfangbodens.

Die hydraulische Leistungsfähigkeit des Geotextil-Filtersacks wurde mit steigenden Beschickungsmengen geprüft.

Gesteigert wurde der Volumenstrom bis zur hydraulischen Grenze der Prüfanlage, so dass schließlich 20 l/s in das Filterelement flossen. Es konnte kein Überstau festgestellt werden. Das zugeführte Wasser floss durch das Textilverlies der angeschlossenen Ablaufstrecke zu. Bei maximaler Beschickungsmenge wurde im Filterelement eine Wasserstandshöhe von im Mittel ca. 5,5 cm gemessen. Bei turbulenter Strömung (vgl. Abbildung 15, bei einer Beschickung mit 20 l/s) war eine exakte Wasserstandsmessung nicht möglich, so dass der Messwert dann lediglich als Hinweis gewertet werden kann.



Abbildung 15: Beschickung des Geotextil-Filtersacks mit 20 l/s (kein hydraulisches Versagen erkennbar).

### Centrifoel®

Das System besteht aus einem zylindrischen Schachtkörper aus PE (Polyethylen) und einem quadratischen Aufsatz mit den Abmessungen 500 x 500 [mm] nach RAS-EW [RAS-EW]. Der Schachtkörper ist vertikal in drei separate Kammern unterteilt: Obere, mittlere und untere Kammer. Die untere Kammer ist nochmals umlaufend in drei Teilkammern unterteilt. Der Durchmesser des Schachtkörpers beträgt ca. 0,47 m bei einer Höhe von 1,20 m. Ein Überlauf (Abschlag) liegt 0,94 m oberhalb der Schachtsohle. Der Aufbau des Schachtkörpers ist in Abbildung 16 bis Abbildung 17 dargestellt.

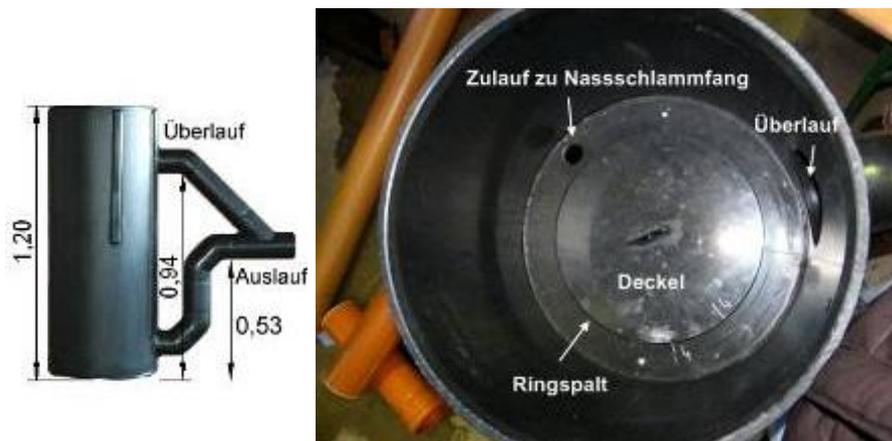


Abbildung 16: Links: Ansicht Centrifoel® (Höhe Schacht 1,20 m, Höhe Überlauf 0,94 m, Höhe Auslauf 0,53 m); Rechts: Blick in die oberste Kammer mit Überlauf und Zulauf ( $\varnothing$  3,5 cm) in die mittlere Kammer (Nassschlammfang).



Abbildung 17: Links: Blick in die mittlere Kammer (Nassschlammfang) mit dem Ablauf (Steigrohr) zur unteren Kammer; Rechts: Untere Kammer mit drei Teilkammern 1,2 und 3, Kammer 3 – seitlicher Auslauf (Krümmer) mit Ventilkugel zur Leichtstoffabscheidung.

Das System Centrifoeel<sup>®</sup> wurde mit einem Quadrataufsatz an die Beschickungsoberfläche des Versuchsstands angeschlossen. Zu Versuchsbeginn wurde der Schacht bis zur Unterkante des Auslaufs in Höhe von 0,53 m mit Wasser gefüllt. Diese Füllhöhe entspricht dem Betriebszustand im Trockenwetterfall.

Ein kontinuierlicher Anstieg des Wasserstands für das Gesamtsystem wurde nicht erwartet, da konstruktionsbedingt die obere und mittlere Kammer im Betriebszustand nicht vollgefüllt sind. Das hydraulische Versagen der oberen und mittleren Kammern wurde in Einzelversuchen untersucht und durch Inaugenscheinnahme ermittelt.

In einem ersten Schritt wurde die Beschickungsmenge ermittelt, die zum Abschlag des zulaufenden Niederschlagswassers über den Überlauf in der oberen Kammer führt. Planmäßig wird die Beschickungsmenge in die mittlere Kammer über einen Ablauf von 3,5 cm zwischen oberer und mittlerer Kammer begrenzt. Im Rahmen dieser Versuche wurde allerdings festgestellt, dass durch den Ringspalt zwischen Deckel und Deckelsitz auch Wasser direkt in die mittlere Kammer fließt.

Anschließend wurde die Abdeckung zwischen oberer und mittlerer Kammer geöffnet, um das Abschlagsverhalten in der mittleren Kammer zu erfassen. Das System wurde mit Wasser beschickt, bis das angestaute Wasser in der mittleren Kammer, über den dortigen Ablauf (Standrohr, Höhe ca. 150 mm), der unteren Kammer zugeführt wurde. Dabei wurde wiederum beobachtet, dass durch den Ringspalt der Abdeckung zwischen der mittleren und der unteren Kammer Wasser unkontrolliert der unteren Kammer zugeführt wurde.

Aufgrund der beschriebenen Undichtigkeiten zwischen den vertikalen Kammern, liegt die ermittelte hydraulische Leistungsfähigkeit über den tatsächlich zu erwartenden Werten. Insgesamt wird der Volumenstrom durch die Zulauföffnung zur mittleren Kammer (Nassschlammfang) und den unplanmäßigen Ringspalt auf ca. 1,13 l/s begrenzt. Größere Volumenströme werden über den Überlauf abgeleitet (Abbildung 18). Der planmäßige Ablauf von der mittleren zur unteren Kammer würde sogar erst ab einem Volumenstrom von 2,25 l/s aktiviert (Abbildung 19), so dass die drei Teilkammern im vorliegenden Fall nicht planmäßig genutzt werden. Die vom Hersteller angegebene hydraulische Leistungsfähigkeit von 2,5 l/s konnte somit nicht bestätigt werden.

Tabelle 4: Beschickungsmengen sowie Abschlagzeitpunkte am Überlauf in der oberen Kammer (1. Kammer) und am Ablauf in der mittleren Kammer (2. Kammer) für das Centrifoel®-System.

Regenspende * [l/(s*ha)]	Volumenstrom [l/s]	Bemerkung
2,00	0,08	Wasser in der oberen Kammer fließt über den planmäßigen Zulauf und Umläufigkeiten der mittleren Kammer zu.
4,50	0,18	
18,75	0,75	
22,50	0,90	
25,00	1,00	
28,00	1,13	Überlauf in der oberen Kammer springt an.
<b>Prüfung der Funktionsweise der mittleren Kammer (Deckel zwischen oberer und mittlerer Kammer wurde entfernt)</b>		
37,50	1,50	Wasser in der mittleren Kammer fließt über Umläufigkeiten der unteren Kammer zu.
56,25	2,25	Wasser in der mittleren Kammer fließt über den planmäßigen Ablauf der unteren Kammer zu.
* bezogen auf eine Anschlussfläche von 400 m <sup>2</sup>		



Abbildung 18: Überlauf bei 1,13 l/s.



Abbildung 19: Aktivierung des Ablaufs in der mittleren Kammer bei einer Beaufschlagung mit 2,25 l/s.

### Separationsstraßenablauf

Mit dem Separationsstraßenablauf (SSA) sollen laut Hersteller Feststoffeinträge in das Kanalnetz minimiert werden. Der Grundkörper des Combipointablaufs für Nassschlamm wird zum SSA-Ablauf durch Ergänzung eines speziellen Doppelstutzens und des SSA-Einsatzes. Der SSA besteht aus einer Kombination des konventionellen Straßenablaufes mit Bodenauslauf und des Straßenablaufes mit Schlammraum und ermöglicht eine dreistufige Separation der im Straßenabfluss enthaltenen Feststoffe. Die Kernkomponente des SSA bildet eine Einsatzkonstruktion zum kontrollierten Energieabbau des einströmenden Straßenabflusses außerhalb des Bereiches abgesetzter Feststoffe im Schlammraum (vgl. Abbildung 20). [ACO2010]



Abbildung 20: Schnitt des Separationsstraßenablaufs SSA (Prospekt Hersteller).

Der Separationsstraßenablauf SSA wurde mit einem quadratischen Aufsatz mit den Abmessungen 500 x 500 [mm] nach RAS-EW [RAS-EW] an die Versuchsanlage angeschlossen (vgl. Abbildung 21). Der Gitterrost des Aufsatzes wurde zur besseren Dokumentation während des Versuchsverlaufs entfernt. Eine vergleichende Versuchsdurchführung mit Gitterrost führte nicht zu veränderten Versuchsergebnissen bei der Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit. Des Weiteren wurde eine Druckmesssonde zur Messung des Wasserstands während der Versuchsdauer auf der Sohle des SSA positioniert. Das zufließende Wasser floss somit über den quadratischen Aufsatz

und durch den Turbulenzverminderer in den Schlammraum des SSA. Zu Versuchsbeginn war der SSA bis zur Unterkante der Ablauföffnung mit Wasser gefüllt, so dass mit dem Druckmesssensor steigende Wasserstände bei steigender Beschickungsmenge aufgezeichnet werden konnten. Exemplarisch sind in Abbildung 22 Beschickungsmengen von 1,5 l/s (links) und 20 l/s (rechts) dargestellt.



Abbildung 21: Links: Anschluss an die Versuchsanlage. Rechts: Draufsicht des eingebauten Separationsstraßenablauf SSA.

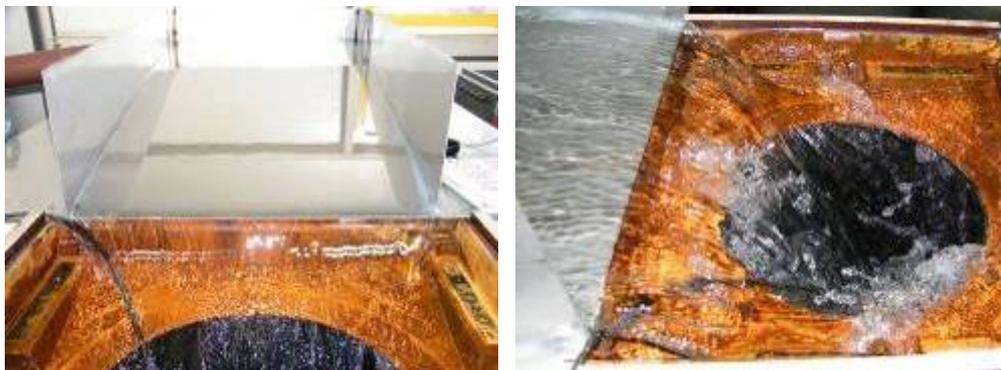


Abbildung 22: Links: Beschickung mit 1,5 l/s Rechts: Beschickung mit 20 l/s.

Die Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit des Separationsstraßenablauf SSA ergaben, dass zu keinem Zeitpunkt der Überlauf aktiviert wurde (vgl. Abbildung 23). Jede eingestellte Beschickungsmenge wurde über den unteren Ablauf des SSA dem angeschlossenen Ablaufsystem zugeführt. Die einzelnen Beschickungsmengen mit den dazugehörigen Wasserständen sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Beschickungsmengen zur Ermittlung des Zeitpunkts des hydraulischen Versagens des SSA.

Regenspende* [l/(s*ha)]	Volumenstrom [l/s]	Wasserstand [m]
2,0	0,08	0,64
4,5	0,18	0,64
18,5	0,74	0,71
37,5	1,50	0,72
74,5	2,98	0,74
111,3	4,45	0,76
151,5	6,06	0,77
308,5	12,34	0,81
502,3	20,09	0,85
554,8	22,19	0,87

\* bezogen auf eine Anschlussfläche von 400 m<sup>2</sup>

Wasserstand im Separationsstraßenablauf (SSA) in Abhängigkeit vom Volumenstrom  
Position Drucksensor: Schachtsohle

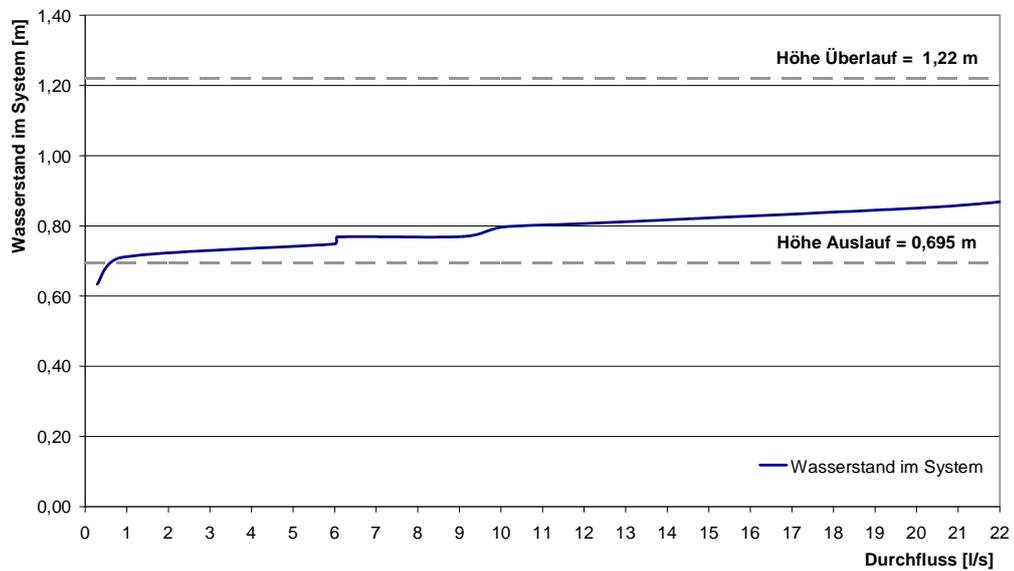


Abbildung 23: Wasserstände im SSA in Abhängigkeit vom Volumenstrom.

### MLK-R

Der Lamellenklärer der Firma Mall Umweltsysteme (Typ MLK-R 20/09) mit einem Durchmesser von 2,00 m ist für einen Durchsatz von 8,6 l/s ausgelegt. Schriftliche Angaben zur maximalen Anschlussfläche der dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlage bestehen nicht. Die Anschlussflächen werden vom Hersteller jeweils für den Einsatzort ermittelt <sup>1</sup>. Den Aufbau und das Wirkprinzip der Lamellen veranschaulichen die Bilder in Abbildung 24.

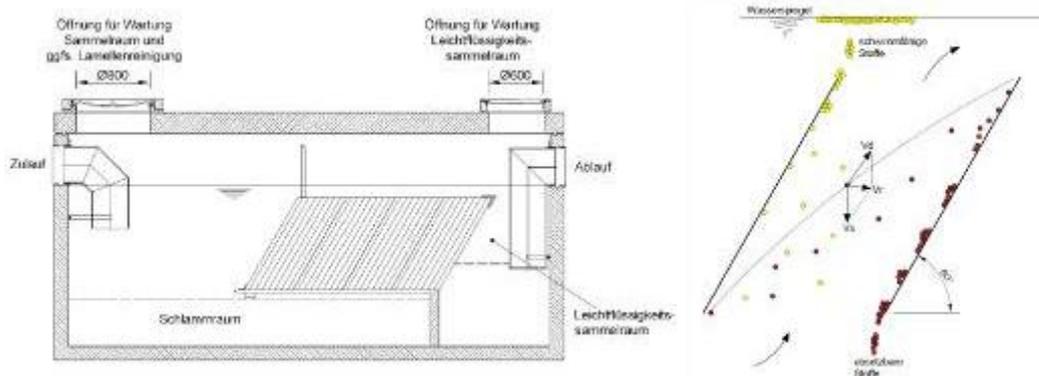


Abbildung 24: Mall Lamellenklärer MLK-R: Links: Schnittzeichnung; Rechts: Wirkprinzip der Lamellen.

Der Lamellenklärer MLK-R wurde über KG-Rohre an den Straßenablaufschacht der Prüfanlage angeschlossen und über diesen mit Wasser beschickt. Zur Überwachung des Wasserspiegels in der Reinigungsanlage wurde eine Drucksonde auf der Sohle in der Zulaufkammer installiert.

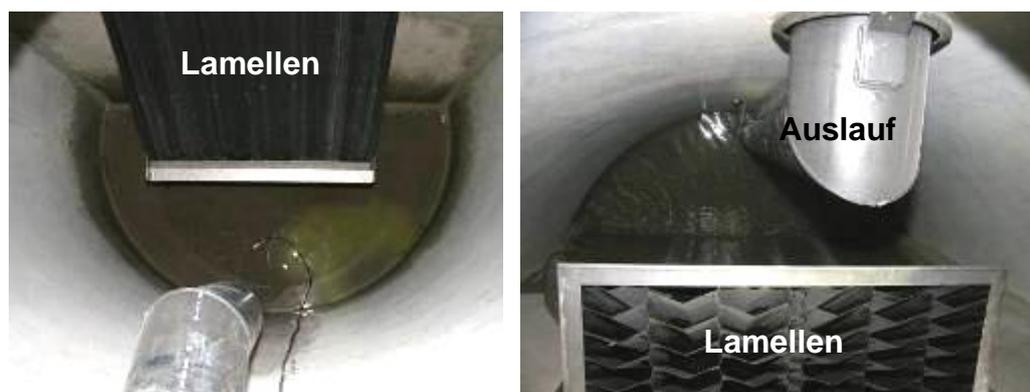


Abbildung 25: Lamellenklärer MLK-R 20/09 vor der Befüllung. Links: Zulaufkammer mit Drucksonde. Rechts: Auslaufkammer.

<sup>1</sup> Persönliches Gespräch mit der Fa. Mall.

Zur Inbetriebnahme der Niederschlagswasserbehandlungsanlage musste diese zunächst vollständig mit Wasser befüllt werden. Dazu wurden ca. 9,4 m<sup>3</sup> Wasser bis zu einem Wasserstand von ca. 2,08 m (Höhe des Auslaufes) in den Schacht eingeleitet. Der Lamellenklärer wurde über die Prüfanlage mit einer konstanten Durchflussrate befüllt. Während dieses Vorganges war zu beobachten, dass das ansteigende Wasser aus dem Zulaufschacht zwischen Lamellenkörper und Betontrennwand in den Ablaufschacht floss. Dies führt dazu, dass die Auslaufkammer sich nicht wie erwartet über den Lamellenkörper füllte. Anschließend wurde die Niederschlagswasserbehandlungsanlage mit den in Tabelle 6 dargestellten Beschickungsmengen beaufschlagt.

Bei einer Beschickungsmenge von ca. 8,7 l/s konnte die Grenze der hydraulischen Leistungsfähigkeit aufgrund von Rückstau in den Straßenablaufschacht festgestellt werden. Die Angaben des Herstellers, der eine Grenze von 8,6 l/s nennt, konnten somit bestätigt werden. Zur Ergänzung sind die sich einstellenden Wasserstände in Abhängigkeit von den Beschickungsmengen in Tabelle 6 dargestellt. Aufgrund dieser Werte konnte das Erreichen der hydraulischen Leistungsfähigkeit nicht festgestellt werden.

Tabelle 6: Lamellenklärer MLK-R 20/09: Wasserstände in Abhängigkeit der Beschickungsmenge.

Regenspende * [l/(s*ha)]	Volumenstrom [l/s]	Wasserstand [m]
3,0	0,15	2,05
27,2	1,36	2,09
49,8	2,49	2,11
111,2	5,56	2,15
156,6	7,83	2,18
174,2	8,71	2,19

\* bezogen auf eine Anschlussfläche von 500 m<sup>2</sup>

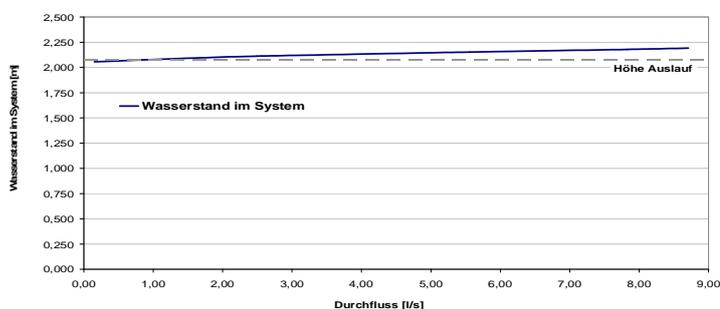


Abbildung 26: Wasserstand im Lamellenklärer MLK-R 20/09 abhängig vom Zufluss.

### Innolet<sup>®</sup>

Das von Oberflächen gesammelte Regenwasser fließt in einen mit dem INNOLET<sup>®</sup>-System ausgerüsteten Straßeneinlauf. Das Produkt besteht aus folgenden Bauteilen (vgl. Abbildung 27):

- Einsatz: Zur Aufnahme der Filterpatrone und des Grobfilters.
- Grobfilter: Rückhalt der Grobstoffe.
- Filterpatrone (mit Substrat gefüllt): Rückhalt gelöster Schwermetalle, Feinstoffe und organische Substanzen.
- Adapterplatte (blau): Bewirkt, dass gesammelter Oberflächenabfluss komplett in das System geleitet wird.

Das Wasser wird über die Adapterplatte zunächst in den Grobfilter mit seitlicher Lochung geleitet. Dieser dient zum Rückhalt der Grobstoffe aus dem oberflächlichen Abfluss. Anschließend durchströmt das vorgereinigte Wasser die darunter befindliche und mit Substrat gefüllte Filterpatrone (vgl. Tabelle 1) von außen nach innen. Diese bewirkt einen Rückhalt von feinpartikulären Stoffen sowie gelösten Schwermetallen und organischen Substanzen.

In den Produktinformationen des Herstellers [FUNKE2010] wird angegeben, dass mit dieser dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlage Regenspenden bis zu einer Intensität von 25 l/(s\*ha) behandelt werden können. Diese Angabe beruht auf der Annahme, dass bei einem Straßeneinlauf mit einem Quadrataufsatz (500 mm x 500 mm) maximal 400 m<sup>2</sup> und mit einem Rechteckaufsatz (300 mm x 500 mm) maximal 250 m<sup>2</sup> Fläche angeschlossen werden können. In den Laboruntersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit wurde ein Rechteckaufsatz Typ I (300 mm x 500 mm) [RAS-EW] verwendet. Auf Grundlage dieser Daten resultiert daraus eine maximale mögliche Beschickungsmenge bis zum Anspringen des Überlaufs von  $Q_{zul} = 0,625$  l/s. Der Überlauf befindet sich, bezogen auf die Sohle des Einsatzes, in einer Höhe von ca. 0,58 m (vgl. Abbildung 27).



Abbildung 27: Links: Blick von oben in den Grobfilter des INNOLET® mit Adapterplatte (blau) und positionierter Drucksonde. Rechts: Aufbau INNOLET® (Quelle: Funke Kunststoffe GmbH, verändert).

Für die hydraulischen Untersuchungen wurde das INNOLET®-System für Straßenabläufe des Typs I (300 mm x 500 mm) mit einem Durchmesser von 250 mm verwendet und in einen Straßenablaufschacht aus Polypropylen (PP) der Größe DN 400 eingesetzt. Auf diesen wurde, zur Aufnahme des von der Beschickungsoberfläche abfließenden Wassers, ein Rahmen mit einem Aufsatz des Typs I aufgesetzt. Da sichergestellt werden musste, dass das Wasser auch bei größerem Abfluss noch abgeleitet werden kann, wurde in Fließrichtung hinter dem Schacht mit eingebautem INNOLET® ein weiterer PP-Schacht mit einem Aufsatz in der Größe 500 mm x 500 mm (Typ II nach [RAS-EW]) installiert. Zur Erfassung der Wasserstände wurde auf der Sohle des Grobfilters (vgl. Abbildung 27) ein Drucksensor positioniert.

Da die Niederschlagswasserbehandlungsanlage von oben einsehbar ist, konnte während der Laborversuche das Systemverhalten in Bezug auf die hydraulische Leistungsfähigkeit beobachtet werden. Im Rahmen der Untersuchungen wurde die Anlage stufenweise mit Volumenströmen zwischen 0,08 l/s bis 20,06 l/s beschickt (vgl. Tabelle 7). Dies entspricht Regenintensitäten von 3,07 l/(s\*ha) bis 802,55 l/(s\*ha) für eine Anschlussfläche von 250 m<sup>2</sup>.

Während der Untersuchungen zeigte sich, dass bei Beschickungsmengen bis ca. 1,5 l/s keine besonderen Auffälligkeiten auftraten. Ab ca. 1,5 l/s stieg der Wasserstand deutlich an und das Wasser trat sichtbar in kleinen Mengen über den Überlauf aus (vgl. Abbildung 28).



Abbildung 28: Links: Blick in den INNOLET® von oben bei einem Volumenstrom von 1,5 l/s. Rechts: Detailansicht, Überlauf angesprungen.

Ab einem Volumenstrom von ca. 12,0 l/s war zu beobachten, dass der Straßeneinlauf mit dem Aufsatz 300 mm x 500 mm das Wasser nicht mehr komplett aufnehmen konnte. Ein Teil wurde über den dahinter angeordneten Straßeneinlaufschacht mit dem Aufsatz 500 mm x 500 mm abgeleitet.

Die ermittelte hydraulische Leistungsfähigkeit von 1,5 l/s im Neuzustand ist um den Faktor 2,4 höher als die Herstellerangabe (0,625 l/s, vgl. Tabelle 2) die sich auf die hydraulische Leistungsfähigkeit im Gebrauchszustand bezieht.

Die Wasserstandsmessungen mit dem Drucksensor erbrachten ungenaue Ergebnisse, da sich bei der Beschickung eine turbulente und schwankende Wasseroberfläche mit Blasen und Schaum im Grobfilter ausbildete (vgl. Abbildung 28). Erst bei höheren Beschickungsmengen ab ca. 4,5 l/s konnten die Höhenstände wieder messtechnisch erfasst werden (vgl. Abbildung 29).

Tabelle 7: Versuchsergebnisse hydraulische Leistungsfähigkeit INNOLET®.

Regenspende* [l/(s*ha)]	Volumenstrom [l/s]	Wasserstand [m]
3,07	0,08	0,00
30,02	0,75	0,01
60,57	1,51	0,25
121,70	3,04	0,27
181,60	4,54	0,27
241,89	6,05	0,28
479,92	12,0	0,35
536,27	13,41	0,37
802,55	20,06	0,42

\* bezogen auf eine Anschlussfläche von 250 m<sup>2</sup>

Nachfolgend sind die gemessenen Wasserstände in Abhängigkeit der Beschickungsmenge sowie die hydraulischen Grenzpunkte in Abbildung 29 dargestellt.

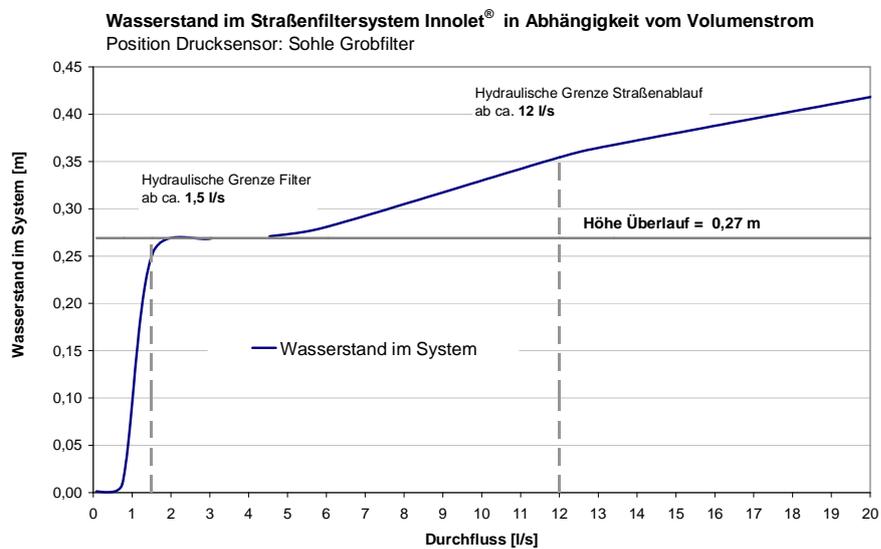


Abbildung 29: Wasserstand im INNOLET® abhängig vom Zufluss.

### 3P Hydrosystem

Für die hydraulischen und stofflichen Laboruntersuchungen wurde das 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic verwendet. Dieses System ist für stark belastete Verkehrsflächen (Parkplätze vor Supermärkten, Hauptverkehrsstraßen, LKW-Zufahrten) ausgelegt. An das System können nach Herstellerangabe 500 m<sup>2</sup> Fläche angeschlossen werden.

In dem Filterschacht wird das Regenwasser durch folgende verfahrenstechnische Grundoperationen gereinigt: Sedimentation, Adsorption, Filtration und chemische Fällung. [3P2011]

Angaben zur hydraulischen Leistungsfähigkeit des 3P-Hydrosystems seitens des Herstellers bestehen nicht. In der Mitte der Behandlungsanlage ist ein Überlaufrohr angeordnet (vgl. Abbildung 30), welches das bei einer Überlastung ankommende Wasser an den Filtern vorbeileitet. Dieser Auslauf hat bezogen auf die Schachtsohle eine Höhe von ca. 2,56 m.

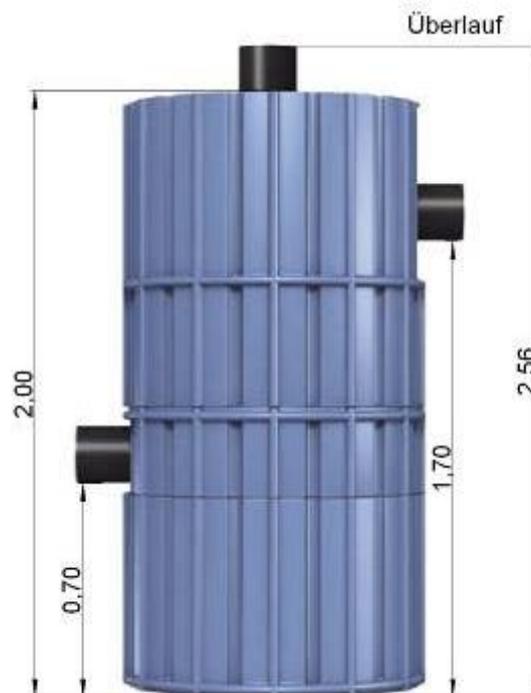


Abbildung 30: 3P Hydrosystem (Quelle 3P Filtertechnik, verändert und nicht maßstäblich).

Das System hat eine Zulassung des DIBts und ist somit für die Reinigung von Niederschlagswasser vor der Versickerung geeignet. In den Zulassungsgrundsätzen [DIBt2010] ist festgelegt, dass diese Systeme über keinen Überlauf (Notüberlauf) verfügen dürfen. Das hier eingesetzte System zur Reinigung von Niederschlagswasser vor der Einleitung in ein Gewässer hat einen Überlauf, so dass das Erreichen der hydraulischen Leistungsfähigkeit durch Abschlänge über den Überlauf erkannt werden kann.

Die Anlage wurde betriebsbereit angeliefert und musste lediglich um eine mitgelieferte Verlängerung des Überlaufrohres erweitert werden. Die Beschickung der dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlage der Firma 3P Technik Filtersysteme GmbH erfolgte über ein KG-Rohr, das an einen Straßenablaufschacht angeschlossen wurde. Als Ablaufschacht wurde ein Straßenablauf aus PP mit einer Bauhöhe von ca. 30 cm eingesetzt.



Abbildung 31: Versuchsaufbau 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.

Der Wasserstand im 3P Hydrosystem wurde in Abhängigkeit von den Beschickungsmengen mit einer Drucksonde erfasst. Diese wurde durch das Überlaufrohr auf der Schachtsohle des 3P Systems positioniert.

Die Anlage wurde zunächst mit Wasser bis zum Niveau des Auslaufrohres (ca. 1,70 m) befüllt. Anschließend wurden die in der Tabelle 8 dargestellten Beschickungsvolumenströme eingestellt. Die Anlage zeigte bis zu einer Beschickungsmenge von 13,5 l/s keine besonderen Auffälligkeiten. Ab einem Volumenstrom von ca. 13,5 l/s konnte das 3P Hydrosystem das anfallende Wasser nicht mehr vollständig durch die vier Filterelemente leiten. Das Wasser trat in unregelmäßigen Abständen stoßweise aus dem Überlaufrohr aus (vgl. Abbildung 32).



Abbildung 32: Austritt von Wasser aus dem Überlaufrohr bei einer Beschickungsmenge größer als 13,5 l/s.

Aufgrund des stoßweise auftretenden Wassers konnte die Wasserstandsmessung zur Beurteilung der hydraulischen Leistungsfähigkeit nicht herangezogen werden (vgl. Abbildung 33). Die mittleren Wasserstände in Abhängigkeit von den Beschickungsmengen sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Wasserstände in Abhängigkeit der Beschickungsmengen (3P Hydrosystem 1000 heavy traffic).

Regenspende * [l/(s*ha)]	Volumenstrom [l/s]	Wasserstand [m]
2,53	0,13	1,69
6,28	0,31	1,71
97,51	4,88	1,91
199,67	9,98	2,14
275,57	13,78	2,35
285,87	14,29	2,41

\* bezogen auf die maximale Anschlussfläche von 500 m<sup>2</sup>

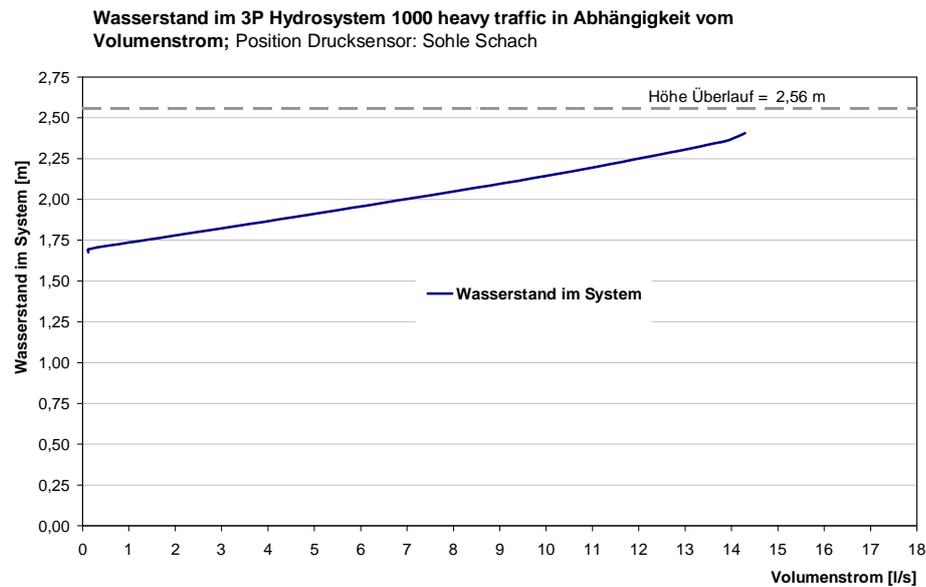


Abbildung 33: Wasserstand 3P Hydrosystem abhängig vom Zufluss.

## 1.5 Prüfung des Rückhaltes von AFS

### 1.5.1 Durchführung der Prüfungen zum Rückhalt von AFS

Die Prüfungen zum Rückhalt von AFS erfolgten mit der Versuchsanlage 1. Die sechs dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen wurden unter Berücksichtigung der vom jeweiligen Hersteller angegebenen maximal anschließbaren Fläche hinsichtlich des Rückhaltes von insgesamt vier unterschiedlichen Partikelarten geprüft (4-Parameter-Modell). Als Partikel im Rahmen des 4-Parameter-Modells wurden folgende Stoffe (vgl. Abbildung 34) eingesetzt:

- Feinkörnige mineralische AFS (MILLISIL W4).
- Grobkörnige mineralische AFS (Kies-Sand-Gemisch mit einer Korngrößenverteilung zwischen 0,1 mm und 4,0 mm).
- Grobkörnige Schwebstoffe (aufschwimmend) als Granulat aus PE (Polyethylen).
- Grobkörnige Schwebstoffe (absinkend) als Granulat aus PS (Polystyrol).

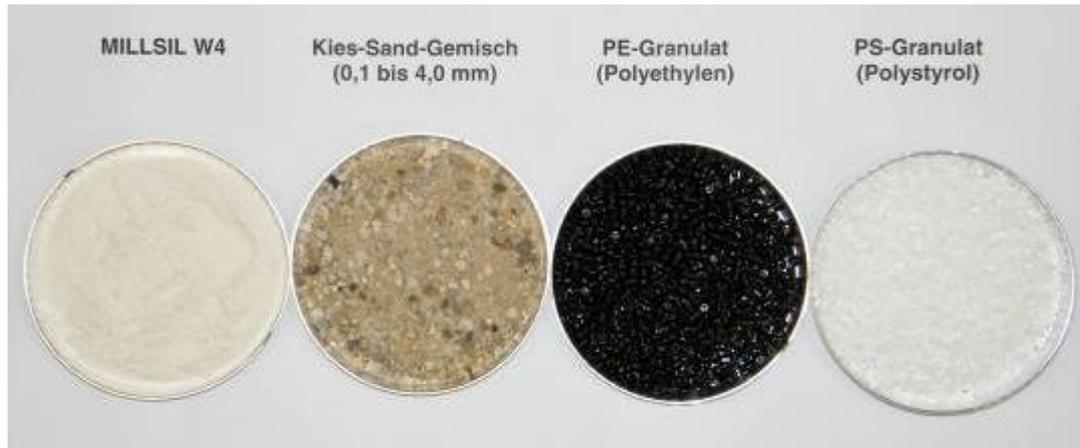


Abbildung 34: Eingesetzte AFS (v.l.n.r.): Millisil W4, Kies-Sand-Gemisch, PE-Granulat (schwarz) und PS-Granulat (weiß).

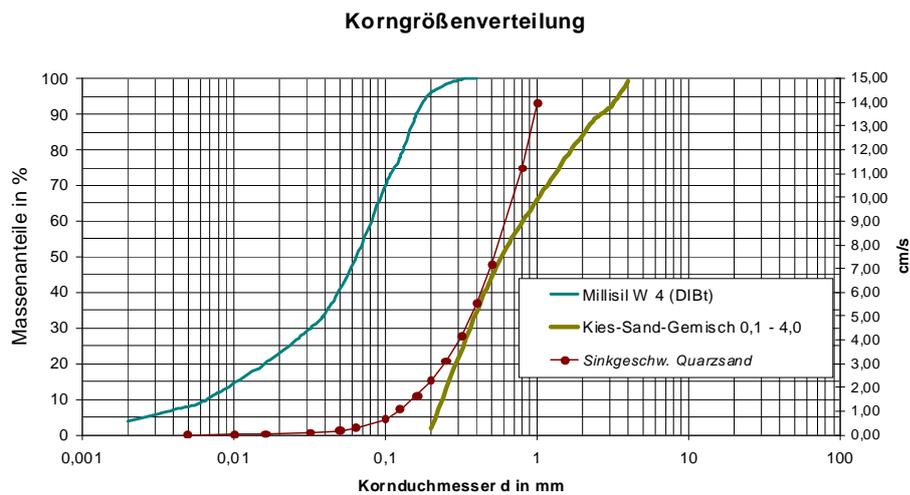


Abbildung 35: Korngrößenverteilungen von Millisil W4 und Kies-Sand-Gemisch 0,1 mm bis 4,0 mm.

Die Korngrößenverteilungen für die AFS Millisil W4 und Kies-Sand-Gemisch sind in Abbildung 35 dargestellt. Darüber hinaus ist zur Orientierung die Sinkgeschwindigkeit von Quarzsand mit einer Kornrohddichte von ca. 2,7 g/cm<sup>3</sup> in Abhängigkeit vom Korndurchmesser eingefügt. Die Schwebstoffe aus PE- und PS-Granulat haben jeweils eine zylindrische Form und können als Einkorngemisch mit einem Korndurchmesser von ca. 3 mm beschrieben werden.

Die stoffliche Prüfung mit AFS wurde in drei Schritten durchgeführt:

- Rückhalt von feinkörnigen mineralischen AFS
- Rückhalt von grobkörnigen mineralischen AFS
- Rückhalt von Schwebstoffen (aufschwimmend, absinkend)

Rückhalt von feinkörnigen, mineralischen AFS

Im ersten Schritt wurde in Anlehnung an die als Entwurf vorliegenden Zulassungsgrundsätze für „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen“ [DIBt2010] der Rückhalt von feinkörnigen, mineralischen AFS ermittelt. Als Eckdaten sind die Aufbringung einer Jahresfracht an Feinpartikeln in Höhe von 50 g/(m<sup>2</sup>\*a) angeschlossener Fläche sowie die Verwendung eines Quarzmehls MILLISIL W4 der Quarzwerke GmbH zu nennen. Das Quarzmehl MILLISIL W4 deckt den Korngrößenbereich bis zu 400 µm ab (vgl. Abbildung 35). Bei einer angeschlossenen Fläche von 500 m<sup>2</sup> ergibt sich eine Gesamtmasse an AFS in Höhe von 25 kg. Die feinkörnigen AFS (Millisil W4) wurden mit der in Abbildung 6 dargestellten Dosiereinrichtung dem Beschickungswasserstrom zugegeben und die Proben mit Hilfe des in Abbildung 8 dargestellten Probennahmerohres entnommen.

Die AFS wurden in drei Teilprüfungen über die definierte Prüfdauer im Verhältnis 3:2:1 bezogen auf die Gesamtmasse zugegeben. Die Zugabe erfolgte jeweils bei den zu simulierenden Regenintensitäten 2,5 l/(s\*ha), 6,0 l/(s\*ha) und 25 l/(s\*ha). Im Rahmen einer vierten Teilprüfung wurde untersucht, inwieweit zurückgehaltene AFS bei einem simulierten Starkregen mit einer Regenintensität von 100 l/(s\*ha) ausgespült werden (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: Regenspenden und Prüfdauern für die Untersuchung des Rückhaltes von AFS

Teilprüfung	Regenspende	Prüfdauer	
		[h]	[min]
-	[l/(s*ha)]	[h]	[min]
1	2,5	8	480
2	6	3,33	200
3	25	0,8	48
4	100	0,25	15

Der Rückhalt an feinkörnigen, mineralischen AFS wird für jede Teilprüfung durch den Vergleich der Konzentration im Zulauf mit der Konzentration im Ablauf ermittelt. Dazu werden bei allen vier Teilprüfungen Proben über das Probennahmerohr im Auslauf der Anlage genommen und bezüglich der Konzentration an AFS analysiert. In den Teilprüfungen 1-3 wurden jeweils 5-mal in gleichen Abständen über die Prüfzeit verteilt Proben entnommen. Dazu wurde ein Teilstrom über einen Zeitraum von ca. fünf bis 15 Minuten (abhängig vom Volumenstrom) in eine Wanne mit ca. 60 Liter Fassungsvermögen

geleitet. Aus dieser so entstandenen Mischprobe wurden anschließend 5 x 3 Einzelproben (Dreifachbeprobung) von jeweils 1 Liter durch Eintauchen einer Glasflasche bei kontinuierlicher Durchmischung entnommen. Bei der vierten Teilprüfung wurden insgesamt 15 Proben à 1 Liter (eine Probe pro Minute) direkt aus dem Volumenstrom über die Prüfzeit verteilt entnommen.

Von den in den Teilversuchen 1-3 gewonnenen Proben wurden jeweils 10 Proben im IKT mittels Unterdruck-Membranfiltration analysiert. Die restlichen 5 Proben wurden zur Qualitätssicherung an das Abwasserinstitut der Stadtentwässerung Köln weitergegeben.

Um während der Versuchsdurchführung evtl. Schwankungen in der Zugabekonzentration ( $C_E$ ) an MILLISIL W4 ausschließen bzw. bestimmen zu können, wurde diese vor, während und nach der Versuchsdurchführung kontrolliert. Dazu wurde das über den Banddosierer abgeworfene Material stichprobenhaft aufgefangen und abgewogen. Diese Angaben in [g/s] bildeten zusammen mit der Gesamtmenge an zugeführtem Wasser [l] die Grundlage zur Bestimmung der Zugabekonzentration  $C_E$  in [g/l]. Zur Ermittlung der Konzentration im Auslauf der Anlage ( $C_A$ ) in [g/l] wurde die gewonnene Probemenge von ca. einem Liter über einen Membranfilter filtriert. Die nach dem Trocknen bei 105 °C bestimmten Massen an MILLISIL W4 in [g] wurden auf die Probenvolumina in [l] bezogen, um die Auslaufkonzentrationen in [g/l] zu bestimmen. Das Rückhaltevermögen der Anlage in den Teilprüfungen 1 bis 3 konnte somit aus dem Vergleich der Zugabekonzentration und der Ablaufkonzentration berechnet werden.

Zur Ermittlung einer gewichteten Ablaufkonzentration für die Gesamtanlage wurde die in den Zulassungsgrundsätzen angegebene Formel [DIBt2010] zur Berechnung herangezogen. Dazu wurde das während der Teilprüfungen 1 bis 3 tatsächlich eingestellte Beschickungsvolumen mit der gemittelten Ablaufkonzentration multipliziert. Der Ausspülversuch (Teilprüfung 4) wird in dieser Berechnungsform mit einem Faktor von 0,5 berücksichtigt. Die jeweils ermittelten Frachten der Teilprüfungen wurden anschließend zu einer Gesamtfracht  $B_{ges}$  aufsummiert.

Zur Ermittlung des Frachtrückhaltes an feinkörnigen AFS für die Gesamtanlage wird die Gesamtfracht im Zulauf der Anlage mit der Gesamtfracht im Ablauf der Anlage wie folgt verglichen:

Formel 1: Ermittlung der Gesamtfracht (Einlauf) an der Gesamtanlage gem. [DIBt2010].

$$B_{ges} = V_{Pr,1} \cdot C_1 + V_{Pr,2} \cdot C_2 + V_{Pr,3} \cdot C_3 + 0,5 \cdot (V_{Pr,4} \cdot C_4)$$

Darin bedeuten:

$B_{ges}$  Gemittelte Ablaufracht gesamt [mg]

$V_{Pr,n}$  Beschickungsvolumen der Teilprüfung [l]

$C_n$  Gemittelte Ablaufkonzentration der Teilprüfung [mg/l]

### Rückhalt von grobkörnigen, mineralischen AFS

Im zweiten Schritt wurde der Rückhalt von grobkörnigen, mineralischen AFS im Korngrößenbereich zwischen 0,1 und 4,0 mm (vgl. Abbildung 35) ermittelt. Diese Korngrößenfraktion wurde diskontinuierlich in den Volumenstrom eingebracht. Durch den Vergleich der zugegebenen Gesamtmasse mit der abgeseibten Gesamtmasse wurde der Rückhalt an Grobpartikeln bestimmt.

### Rückhalt von grobkörnigen Schweb- und Schwimmstoffen

Im dritten Schritt wurde der Rückhalt von Schwebstoffen mit Kornrohddichten von 0,95 g/cm<sup>3</sup> bzw. 1,05 g/cm<sup>3</sup> ermittelt. Zum Einsatz kam PE-Polyethylen mit der Kornrohddichte von 0,95 g/cm<sup>3</sup> (aufschwimmend) und PS-Polystyrol mit der Kornrohddichte von 1,05 g/cm<sup>3</sup> (absinkend). Auch diese Stoffe wurden im Ablauf herausgeseibt und durch den Vergleich der Massen im Zulauf mit denen im Ablauf ein Rückhaltegrad ermittelt.

## 1.5.2 Ergebnisse zum Rückhalt von AFS

### Geotextil-Filtersack

Zur Ermittlung der Reinigungsleistung bzgl. abfiltrierbarer Stoffe wurde der Geotextil-Filtersack in die Prüfanlage integriert. Für die Durchführung der Versuche zur Reinigungsleistung feinkörniger, mineralischer AFS wurden die in Tabelle 10 dargestellten Parameter eingestellt.

Die Analyse der Proben der Teilprüfung 1 zeigte, dass die Konzentration an MILLISIL W4 über die gesamte Versuchsdauer von 480 Minuten konstant geblieben ist. In den Teilprüfung 2 und 3 war die Konzentration der ersten zwei Teilproben deutlich höher, nahm aber ab der dritten Probe deutlich ab und blieb anschließend konstant. Im Ausspülversuch (Teilprüfung 4, 15 Teilproben) zeigte sich, dass die ersten drei Teilproben eine höhere Konzentration aufwiesen. Die restlichen 12 Proben zeigten einen sinkenden Konzentrationsverlauf. In Tabelle 10 sind die Ergebnisse der einzelnen Teilversuche sowie die Gesamtbewertung (gem. [DIBt2010]) dargestellt.

Tabelle 10: Versuchsparmeter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage Geotextil-Filtersack.

<b>Teilprüfung</b>	<b>1**</b>	<b>2**</b>	<b>3**</b>	<b>4***</b>
Regenspende soll [l/(s*ha)]	2,5	6	25	100
Entwässerungsfläche [m <sup>2</sup> ]	300	300	300	300
Tatsächlicher Volumenstrom [l/s]	0,075	0,180	0,750	3,00
Tatsächliche Versuchsdauer [min]	495	207	51	15
Volumen [l]	2228	2236	2295	2700
Zugabekonzentration $C_E$ [g/l]	4,01	2,50	1,16	-
Auslaufkonzentration i. M. $C_A$ [g/l]	0,81	1,48	0,7	0,07
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M. [%]	79,8	40,8	39,6	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt [%]	62,3 *			
* basiert auf ungerundeten Werten ** 10 Proben *** 15 Proben				

Zur Untersuchung der Reinigungsleistung bzgl. grobkörniger, mineralischer AFS wurden die in Tabelle 11 aufgeführten Versuchsparmeter eingestellt.

Während der Versuchsdurchführung konnte festgestellt werden, dass der Geotextil-Filtersack, bis auf eine sehr geringe Menge an Feinstoffen, die zugegebene Menge an Kies-Sand zurückgehalten hat (vgl. Tabelle 11). Ein Teil des Kies-Sand-Gemisches wurde bereits im Grobschmutzfang (Eimer) zurückgehalten (vgl. Abbildung 36, rechts).

Bei der Bestimmung der Reinigungsleistung von Schwebstoffen wurde ein Wirkungsgrad von 100 % erreicht. Es wurden keine Schwebstoffe bei den zwei Teilversuchen aus dem Filterelement ausgetragen (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Versuchsparmeter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch/Schwebstoffe) an der Anlage Geotextil-Filtersack

Teilprüfung		1	2
Regenspende	[l/(s*ha)]	25,0	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	300	300
Volumenstrom	[l/s]	0,75	3,00
Versuchsdauer	[min]	48	15
Volumen	[l]	2160	2700
<b>Rückhalt Kies-Sand-Gemisch</b>			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	15,31	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,0035	0,0028
Gesamtrückhalt	[%]	99,9	
<b>Rückhalt Schwebstoffe</b>			
Zugabemenge Schwebstoffe	[ml]	250	0,00
Ausgespülte Menge	[ml]	0,00	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	100	



Abbildung 36: Links: Versuchsaufbau Geotextil-Filtersack zur stofflichen Untersuchung (Kies-Sand/Schwebstoffe). Rechts: Rückstand im Grobschmutzfang vor dem Geotextil-Filtersack (Kies-Sand-Gemisch).

Centrifoel®

Vor Beginn der Versuchsreihen wurde das Centrifoel® System bis zur Höhe des Auslaufes mit Wasser befüllt. Anschließend wurden die Versuche zur stofflichen Untersuchung mit MILLISIL W4 mit den in Tabelle 12 genannten Parametern durchgeführt.

Tabelle 12: Versuchparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage Centrifoel®.

Teilprüfung		1**	2**	3**	4***
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6	25	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	400	400	400	400
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,1	0,24	1	3,92
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	490	205	51	16
Volumen	[l]	2940	2952	3060	3650
Zugabekonzentration $C_E$	[g/l]	3,42	2,35	1,15	0
Auslaufkonzentration i. M. $C_A$	[g/l]	0,72	0,9	1,02	0,15
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	79,0	61,9	11,2	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]	60,2*			
* basiert auf ungerundeten Werten					
** 10 Proben					
*** 15 Proben					

Die Versuche zur Reinigungsleistung bzgl. grobkörniger, mineralischer AFS und Schwebstoffe wurden an der bereits bis zur Höhe des Auslaufes mit Wasser befüllten Anlage durchgeführt. Hierfür wurden die in Tabelle 13 dargestellten Versuchparameter zu Grunde gelegt.

Bereits kurze Zeit nach Versuchsbeginn der Teilprüfung 1 war deutlich erkennbar, dass bei dem eingestellten Volumenstrom von 1,00 l/s der Großteil des Wassers über den Überlauf abgeschlagen wurde. Dies hatte zur Folge, dass die eingebrachten Schwebstoffe direkt über den Überlauf ausgetragen wurden. Dieser Teilversuch wurde beendet und die Anlage auf eventuelle technische Mängel hin untersucht. Nach Entnahme der einzelnen Kammerdeckel wurde ersichtlich, dass sich der in der unteren Kammer befindende Ball zum Rückhalt von Kohlenwasserstoffen auf den Auslauf gesetzt und ihn somit blockiert hatte. Dadurch konnte kein Wasser mehr durch den Auslauf abfließen und der komplette Zufluss wurde über den Überlauf abgeleitet. Daraufhin wurde der Ball vom Auslaufrohr gelöst, die Anlage gereinigt und anschließend wieder mit Wasser befüllt. Dabei wurde beachtet, dass der Ball aufschwamm und der Auslauf frei blieb.



Abbildung 37: Abschlag des Centrifoeel® über den Überlauf beim ersten Teilversuch 1 Kies-Sand/Schwebstoffe.



Abbildung 38: Links: Rückstand auf dem obersten Sieb nach Teilprüfung 1. Rechts: Blick von oben in die obere Kammer des Centrifoeel® nach der Teilprüfung 1 (Kies-Sand/Schwebstoffe).

Anschließend wurden die Teilversuche wiederholt. Trotz der wiederhergestellten Funktionstüchtigkeit (Auslauf war frei von Hindernissen) stellte sich bereits nach ca. drei Minuten Versuchsdauer ein Abschlag über den Überlauf ein. Dies hatte zur Folge, dass der gesamte Zuschlag an Schwebstoffen direkt ausgetragen wurde (vgl. Abbildung 38). Nach dem ersten Teilversuch war erkennbar, dass ein Teil des Kies-Sand-Gemisches in der oberen Kammer des Centrifoeel® zurückgehalten worden war. Ein Blick in die darunterliegenden Kammern war nicht möglich, da der Ausspülversuch im Anschluss noch durchgeführt werden musste.

Bei dem Ausspülversuch wurde ein großer Teil der nach dem ersten Teilversuch in der oberen Kammer zurückgehaltenen Menge an Kies-Sand (vgl. Abbildung 38) ausgespült (vgl. Abbildung 39, Links).



Abbildung 39: Blick von oben in den Centrifoeel® nach dem Ausspülversuch.  
Links: obere Kammer; Rechts: mittlere Kammer.

Auch in der mittleren Kammer des Centrifoeel® konnte nach dem Ausspülversuch ein Rückhalt an Kies-Sand festgestellt werden (vgl. Abbildung 39, rechts). In der unteren Kammer befand sich ebenfalls eine geringe Menge an Kies und Sand (vgl. Abbildung 40).



Abbildung 40: Blick von oben in den Centrifoeel® (untere Kammer).

Die Versuchsparameter sowie die Ergebnisse zum Rückhalt von Kies-Sand und Schwebstoffen sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Versuchparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch/Schwebstoffe) an der Anlage Centrifoeel®.

Teilprüfung		1	2
Regenspende	[l/(s*ha)]	25,0	100
Entwässerungsfläche	[m²]	400	400
Volumenstrom	[l/s]	1,00	4,00
Versuchsdauer	[min]	48	15
Volumen	[l]	2880	3600
<b>Rückhalt Kies-Sand-Gemisch</b>			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	20,31	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,27	1,29
Gesamtrückhalt	[%]	97,2	
<b>Rückhalt Schwebstoffe</b>			
Zugabemenge Schwebstoffe	[ml]	250	0,00
Ausgespülte Menge	[ml]	250	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	0	

#### Separationsstraßenablauf

Zur Untersuchung der Reinigungsleistung des Separationsstraßenablaufs bzgl. feinkörniger AFS wurden die in Tabelle 10 aufgeführten Versuchparameter zu Grunde gelegt.

Die Analyse der Proben aus dem ersten Teilversuch einen konstanten Konzentrationsverlauf. Mit einer Steigerung des Volumenstroms in Teilprüfung 2 und 3 wurden steigende Auslaufkonzentrationen von i. M. 0,51 g/l und i. M. 0,68 g/l ermittelt. Beim Ausspülversuch (Teilprüfung 4) wiesen lediglich die ersten zwei Teilproben einen erhöhten Anteil feinkörniger AFS auf (0,50 g/l und 0,12 g/l). Über die restliche Versuchsdauer war die Konzentration mit i. M. 0,11 g/l konstant.

Tabelle 14: Versuchssparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage SSA.

Teilprüfung		1**	2**	3**	4***
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6	25	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	400	400	400	400
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,1	0,24	1,04	3,99
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	490	205	50	15
Volumen	[l]	2940	2952	3119	3591
Zugabekonzentration $C_E$	[g/l]	3,5	2,5	1,41	0
Auslaufkonzentration i. M. $C_A$	[g/l]	0,44	0,51	0,68	0,07
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	87,4	79,6	51,8	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]	76,6*			
* basiert auf ungerundeten Werten					
** 10 Proben					
*** 15 Proben					

Während der Versuchsdurchführungen konnte das Betriebsverhalten in der Behandlungsanlage nicht beobachtet werden.

In Tabelle 15 sind die zur Ermittlung der Reinigungsleistung bzgl. grobkörniger AFS sowie Schwebstoffe verwendeten Versuchssparameter aufgeführt.

Bei der ersten Teilprüfung wurde eine Menge von 0,35 kg und bei der zweiten Teilprüfung (Ausspülversuche) eine Menge von 0,06 kg aus der Anlage ausgetragen. Hieraus ergibt sich ein Wirkungsgrad von 98,0 % (vgl. Tabelle 15)

Von den Schwebstoffen wurden bei der Teilprüfung 1 zehn Prozent zurückgehalten. Dies waren nach Inaugenscheinnahme zum überwiegenden Teil die Schwebstoffe aus PS mit einer Dichte von 1,05 g/cm<sup>3</sup>. Die aufschwimmenden PE-Granulate wurden unmittelbar ausgespült.

Tabelle 15: Versuchsparmeter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch / Schwebstoffe) an der Anlage SSA

Teilprüfung		1	2
Regenspende	[l/(s*ha)]	25,0	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	400	400
Volumenstrom	[l/s]	1,00	4,00
Versuchsdauer	[min]	48	15
Volumen	[l]	2880	3600
<b>Rückhalt Kies-Sand-Gemisch</b>			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	20,31	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,35	0,06
Gesamtrückhalt	[%]	98,0	
<b>Rückhalt Schwebstoffe</b>			
Zugabemenge Schwebstoffe	[ml]	250	0,00
Ausgespülte Menge	[ml]	225	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	10,0	

### MLK-R

Aufgrund des großen Beckenvolumens des MLK-R war die rechnerische Durchlaufzeit (Austausch des Beckenvolumens) größer als die maximalen Prüfdauern der Teilprüfungen 1 bis 3 nach [DIBt2010]. Daher wurde zunächst die tatsächliche Durchlaufzeit des Lamellenklärers mit Hilfe einer Tracer-Messung bestimmt. Dem Volumenstrom von 0,125 l/s (entsprechend dem Teilversuch 1 mit 2,5 l/(s\*ha)) wurde im Zulauf der Anlage ein Tracer (Uranin) in Form einer Schockinjektion zugegeben (vgl. Abbildung 41).



Abbildung 41: Schockinjektion des Tracers Uranin zur Bestimmung der Durchlaufzeit des MLK-R 20/9.

Im Auslauf der Anlage wurde ein Teilstrom des Wassers über das Probennehmerrohr durch ein Fluoreszenzspektrometer geleitet. Dieses ermittelte in einem Intervall von 10 Sekunden die Konzentration des fluoreszierenden Tracers im Wasserstrom. Somit konnte der Konzentrationsverlauf des Tracers im Ablauf der Anlage bestimmt werden (vgl. Abbildung 42).

---



Abbildung 42: Fluoreszenzspektrometer zur Bestimmung des Konzentrationsverlaufs im Ablauf des MLK-R 20/9.

Die Auswertung der Messdaten zeigte, dass nach einer Versuchszeit von ca. 50 Minuten die ersten Spuren des Tracers am Auslauf ankamen (vgl. Abbildung 44). Nach ca. sechs Stunden war das Maximum erreicht, und die Konzentration des Uranins nahm anschließend wieder langsam ab. Darüber hinaus konnte durch Inaugenscheinnahme das langsame und gleichmäßige Durchströmen der Lamellen beobachtet werden (vgl. Abbildung 43)

---

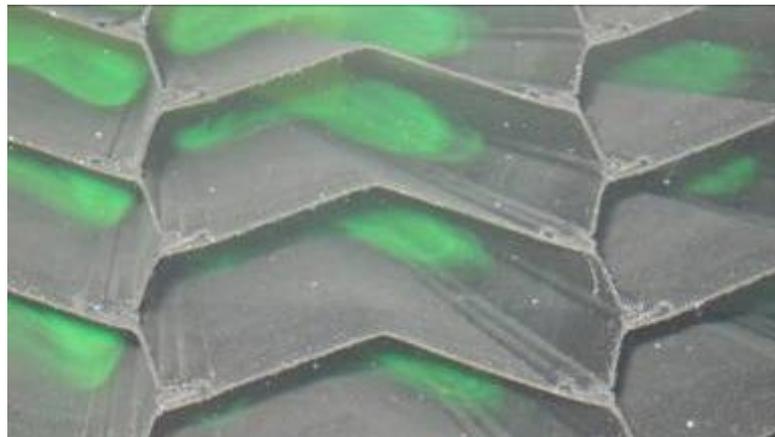


Abbildung 43: Erste Spuren des Tracers in den Lamellen in der zweiten Kammer des MLK-R 20/9.

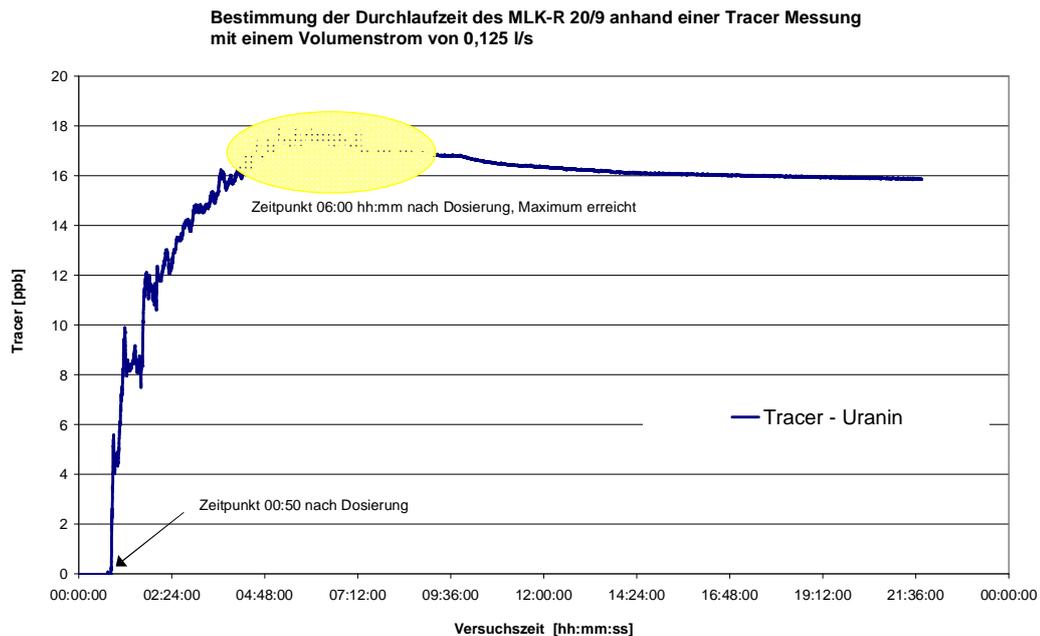


Abbildung 44: Konzentrationsverlauf des Tracers Uranin zur Bestimmung der Durchlaufzeit des MLK-R 20/9.

Auf Grundlage dieser Messungen konnte zunächst die Vorlaufzeit bis zur ersten Probennahme für die Teilprüfung 1 ermittelt werden. Bei einer Gesamtversuchsdauer von 480 Minuten beträgt die Vorlaufzeit 360 Minuten. Unter Annahme eines linearen Zusammenhangs zwischen Beschickungswassermenge und Durchlaufzeit wurden die Vorlaufzeiten bis zur ersten Probennahme für die Teilprüfungen 2 und 3 festgelegt. Für alle Teilprüfungen zur Bestimmung des Stoffrückhalts wurde  $\frac{3}{4}$  der jeweiligen Versuchszeit (360/480) als Vorlaufzeit für die erste Probenahme festgelegt. Für die Versuche zur Ermittlung der Reinigungsleistung bzgl. feinkörniger AFS ergaben sich die in Tabelle 16 dargestellten Versuchsparameter.

Vor Versuchsbeginn waren beide Kammern des Lamellenklärers bis zur Höhe des Auslaufes mit Wasser befüllt worden. Während der Prüfungen war durch Inaugenscheinnahme erkennbar, dass das Wasser in der Zulaufkammer eine stärkere Trübung aufwies als das Wasser in der Auslaufkammer (vgl. Abbildung 45). Die Analyse der Proben aller Teilprüfungen zeigte grundsätzlich einen konstanten Konzentrationsverlauf. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche sowie die Gesamtbewertung sind in Tabelle 16 dargestellt.



Abbildung 45: Blick von oben in den Lamellenklärer mit deutlichem Unterschied der Trübungen in den zwei Kammern während der Teilprüfung 1. In der Zulaufkammer sind noch die zurückgehaltenen PE-Granulate (schwarz) auf der Wasseroberfläche sichtbar.

Tabelle 16: Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage MLK-R 20/9.

Teilprüfung		1**	2**	3**	4***
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6	25	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	500	500	500	500
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,13	0,3	1,26	5,01
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	490	204	50	15
Volumen	[l]	3822	3672	3742	4579
Zugabekonzentration $C_E$	[g/l]	3,69	2,40	1,10	0
Auslaufkonzentration i. M. $C_A$	[g/l]	0,08	0,13	0,20	0,04
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	97,8	94,6	81,8	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]	94,0*			
* basiert auf ungerundeten Werten					
** 10 Proben					
*** 15 Proben					

Für die Untersuchung zum Rückhalt grobkörniger, mineralischer AFS wurde im ersten Teilversuch ein Kies-Sand-Gemisch von 25,31 kg einem Volumenstrom von 1,25 l/s innerhalb von 48 Minuten zugegeben. Anschließend erfolgte ein Ausspülversuch mit 5,0 l/s über 15 Minuten (vgl. Tabelle 17).

Während der beiden Teilversuche wurden keine Rückstände an Kies-Sand oder Schwebstoffen auf den Sieben festgestellt. Daraus resultiert ein Rückhalt von jeweils 100 % für das Kies-Sand-Gemisch (vgl. Tabelle 17) und die Schwebstoffe (vgl. Tabelle 17). Insbesondere war erkennbar, dass die

schwimmenden Schwebstoffe aus schwarzem PE-Granulat in der Zulaufkammer des Lamellenklärers zurückgehalten wurden (vgl. Abbildung 45).

Tabelle 17: Versuchparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch / Schwebstoffe) an der Anlage MLK-R 20/9.

Teilprüfung		1	2
Regenspende	[l/(s*ha)]	25,0	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	500	500
Volumenstrom	[l/s]	1,25	5
Versuchsdauer	[min]	48	15
Volumen	[l]	3600	4500
<b>Rückhalt Kies-Sand-Gemisch</b>			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	25,31	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,00	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	100,0	
<b>Rückhalt Schwebstoffe</b>			
Zugabemenge Schwebstoffe	[ml]	250	0,00
Ausgespülte Menge	[ml]	0,00	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	100,0	

### Innolet<sup>®</sup>

Für die Untersuchungen zur Reinigungsleistung der abfiltrierbaren Stoffe wurde die Einheit INNOLET<sup>®</sup> in die Prüfanlage eingebaut. Dazu wurde der Aufsatz aus Plexiglas auf den Einlaufrost im Straßeneinlauf aufgesetzt, um die Einlaufsituation an reelle Bedingungen anzupassen (vgl. Abbildung 7).

Zur Ermittlung der Reinigungsleistung feinkörniger AFS wurden die in Tabelle 18 dargestellten Parameter verwendet.

Während der Teilprüfungen konnte optisch keine Aussage zum Betriebsverhalten des INNOLET<sup>®</sup> getroffen werden, da der Einlaufrost sowie der Plexiglas-Aufsatz die Sicht in den INNOLET<sup>®</sup> behinderten. Nach den jeweiligen Teilprüfungen wurde der Aufsatz entfernt. Es war deutlich zu erkennen, dass sich eine vernachlässigbare Menge MILLISIL auf den Streben des Einlaufrostes und auf der Adapterplatte angesammelt hatte (vgl. Abbildung 46).



Abbildung 46: Links: Rückstände von MILLISIL nach den Versuchen mit feinkörnigen AFS; nach Entfernen des Plexiglas-Aufsatzes. Rechts: Im Grobschmutzfang zurückgehaltenes Material nach den stofflichen Untersuchungen grobkörniger AFS.

Während der ersten zwei Teilprüfungen konnte anhand der Probenanalysen ein schwankender Konzentrationsverlauf festgestellt werden. Die Filtration der Proben aus Teilprüfung 3 ergab eine gleich bleibende Konzentration von 1,04 g/l über die Versuchszeit. Während des Ausspülversuches nahm die Konzentration mit der Versuchszeit ab. Die Ergebnisse sind in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Versuchsparmeter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage INNOLET®.

Teilprüfung		1**	2**	3**	4***
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6	25	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	250	250	250	250
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,0632	0,150	0,625	2,480
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	495	208	51	15
Volumen	[l]	1877	1872	1912	2225
Zugabekonzentration $C_E$	[g/l]	4,19	2,60	1,18	0,00
Auslaufkonzentration i. M. $C_A$	[g/l]	1,50	1,80	1,04	0,03
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	64,2	30,8	11,9	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]	45,2*			
* basiert auf ungerundeten Werten					
** 10 Proben					
*** 14 Proben					

Während der Untersuchungen bzgl. grobkörniger AFS konnte während des Teilversuchs 1 festgestellt werden, dass ein Großteil der eingebrachten Menge an Kies-Sand und Schwebstoffen bereits im Grobschmutzfang des INNOLET®-Systems zurückgehalten wurde (vgl. Abbildung 46).

Beim Ausspülversuch wurde ein Teil des zurückgehaltenen Materials an Kies-Sand und Schwebstoffen im Grobschmutzfang aufgewirbelt und über den Überlauf ausgetragen (vgl. Abbildung 47, Tabelle 19).



Abbildung 47: Ausgetragene Menge an Material als Rückstand auf dem Siebturm.

Tabelle 19: Versuchparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch / Schwebstoffe) an der Anlage INNOLET®.

Teilprüfung		1	2
Regenspende	[l/(s*ha)]	25,0	100
Entwässerungsfläche	[m²]	250	250
Volumenstrom	[l/s]	0,632	2,5
Versuchsdauer	[min]	48	15
Volumen	[l]	1820	2250
<b>Rückhalt Kies-Sand-Gemisch</b>			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	12,81	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,00	0,82
Gesamtrückhalt	[%]	96,6	
<b>Rückhalt Schwebstoffe</b>			
Zugabemenge Schwebstoffe	[ml]	250	0,00
Ausgespülte Menge	[ml]	0,00	50
Gesamtrückhalt	[%]	80,0	

### 3P Hydrosystem

Die Versuchsreihen wurden an dem vollgefüllten 3P Hydrosystem durchgeführt. Die eingestellten Versuchsparameter sind in Tabelle 20 dargestellt.

Die Analyse der Proben aus den Teilprüfungen 1 bis 3 über die jeweilige Versuchsdauer zeigte grundsätzlich einen konstanten Verlauf der Konzentrationen. Beim Ausspülversuch nahm die Konzentration der Einzelproben über die Versuchszeit ab. Die Ergebnisse sind in Tabelle 20 dargestellt. Einen Eindruck über die Situation im Auslaufbereich des Schachtes vermittelt Abbildung 48.

Tabelle 20: Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.

Teilprüfung		1**	2***	3***	4****
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6	25	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	500	500	500	500
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,125	0,30	1,26	4,93
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	492	205	51	19
Volumen	[l]	3690	3690	3856	5615
Zugabekonzentration $C_E$	[g/l]	4,16	2,23	1,16	-
Auslaufkonzentration i. M. $C_A$	[g/l]	0,12	0,13	0,15	0,06
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	97,1	94,2	87,1	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]	94,1*			
* basiert auf ungerundeten Werten					
** 12 Proben					
*** 10 Proben					
**** 15 Proben					



Abbildung 48: Blick von oben in das 3P Hydrosystem während der Teilprüfung 1.

Die Versuchsparameter zur Ermittlung des Rückhalts des Kies-Sand-Gemisches sowie der Schwebstoffe sind in Tabelle 21 dargestellt.

Bei der Begutachtung der Siebe nach den Versuchen zur Reinigungsleistung bzgl. grobkörniger AFS zeigte sich, dass 100 % der eingebrachten Materialien von der dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlage zurückgehalten wurden. Es befanden sich lediglich ein paar Aktivkohle-Granulate aus den Filterpatronen auf dem obersten Sieb des Siebturmes.

Tabelle 21: Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch/Schwebstoffe) an der Anlage 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.

Teilprüfung		1	2
Regenspende	[l/(s*ha)]	25,0	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	500	500
Volumenstrom	[l/s]	1,25	5
Versuchsdauer	[min]	48	15
Volumen	[l]	3600	4500
<b>Rückhalt Kies-Sand-Gemisch</b>			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	25,31	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,00	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	100	
<b>Rückhalt Schwebstoffe</b>			
Zugabemenge Schwebstoffe	[ml]	250	250
Ausgespülte Menge	[ml]	0,00	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	100	

## 1.6 Prüfung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen

### 1.6.1 Durchführung der Prüfung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen

Fünf der sechs dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen wurden unter Berücksichtigung der vom jeweiligen Hersteller angegebenen maximal anschließbaren Flächen hinsichtlich des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoff (MKW) geprüft. Die Prüfungen wurden mit der Versuchseinrichtung 1 und Heizöl EL durchgeführt (vgl. Abbildung 5). In Anlehnung an [DIBt2010] erfolgte die Zufuhr des Heizöls EL gleichmäßig innerhalb der ersten 5 Minuten von drei Teilprüfungen. Zur Zudosierung wurden Spritzen aus dem medizinischen Bereich genutzt (vgl. Abbildung 49). Die angenommene Jahresfracht von 0,68 g Mineralölkohlenwasserstoff pro m<sup>2</sup> angeschlossener Fläche wurde jeweils zu einem Drittel während der drei Teilprüfungen zudosiert.

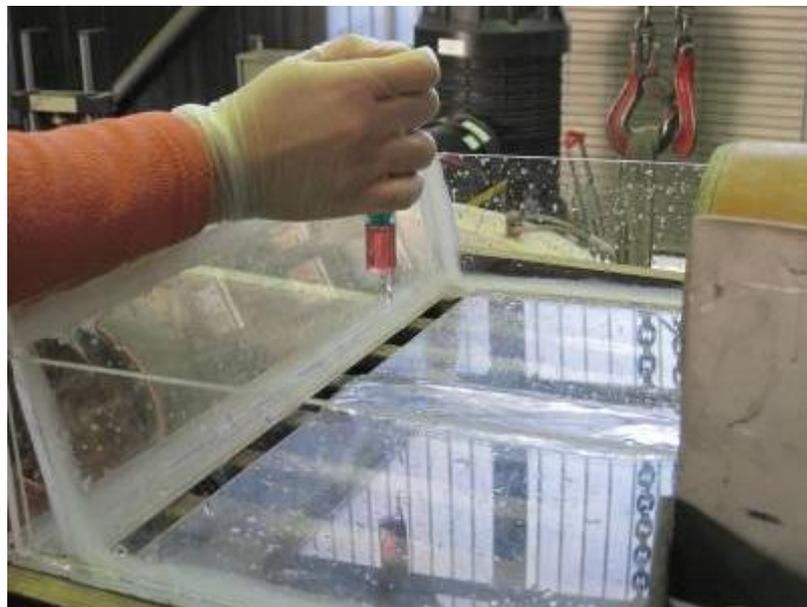


Abbildung 49: Zudosierung der Mineralölkohlenwasserstoffe.

Beispielhaft sind die sich ergebenden Mengen an MKW für eine angeschlossene Fläche von 500 m<sup>2</sup> unter Berücksichtigung der Aufteilung in drei Teilprüfungen (vgl. AFS-Prüfung) in Tabelle 22 dargestellt. Die Teilprüfung 4 wird auch hier als Ausspülversuch angesehen.

Tabelle 22: Prüfung des Rückhalts von Mineralölkohlenwasserstoffen, Zusammenhang zwischen Entwässerungsflächen und MKW-Konzentrationen.

Teilprüfung	1	2	3	4
Regenspende [l/(s*ha)]	2,5	6	25	100
Entwässerungsfläche [m <sup>2</sup> ]	500	500	500	500
Volumenstrom [l/s]	0,125	0,3	1,25	5
Volumen [l]	3600	3600	3600	4500
MKW ges.: 340 g	113,3 g	113,3 g	113,3 g	

Die Probennahme erfolgte über das am Auslauf der zu prüfenden Behandlungsanlage montierte Probennahmerohr (vgl. Abbildung 8). In Anlehnung an [DIBt2010] wurden in den Teilprüfungen 1 - 3 gleichmäßig über die Prüfzeit verteilt 10-mal zwei Teilproben à 75 ml mit einem Messzylinder aus Glas entnommen und zu zwei Mischproben zusammengefügt (Doppelbestimmung). In Teilversuch 4 wurden mit Erreichen des erforderlichen Volumenstroms 4-mal zwei Teilproben à 200 ml mit einem Messzylinder aus Glas entnommen und ebenfalls zu zwei Mischproben zusammengefügt. Die Analyse erfolgte gem. DIN EN ISO 9377 Teil 2 (Juli 2001) [DIN EN ISO 9377] im Abwasserinstitut der Stadtentwässerungsbetriebe in Köln. Dazu wurde ein Gaschromatograph Varian CP-3800 mit Injektor 1079 und Flammenionisationsdetektor (FID); Trennsäule Varian CP7491, WCOT FS 15 m x 0,32 mm ID, Coating Select Mineral Oil 0,1 µm verwendet.

#### 1.6.2 Ergebnisse zum Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Versuche zum Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen dargestellt. Für das angewandte Analyseverfahren lag die Bestimmungsgrenze bei 2,0 mg/l. Diese Bestimmungsgrenze wurde bei einigen Teilproben unterschritten, so dass der ermittelte Analysewert unterhalb der Bestimmungsgrenze lag. In diesen Fällen wurde sowohl für den Rückhalt der jeweiligen Teilprüfung als auch bei der Berechnung des Rückhalts der Gesamtanlage ein Rechenwert von 2,0 mg/l angesetzt. Die prozentuale Abweichung des Rückhalts der Gesamtanlage bei Ansetzung des ungünstigsten Wertes von 2,0 mg/l und des günstigsten Wertes von 0,0 mg/l beträgt dabei maximal 1,42 %.

Das Verfahren zur Prüfung des Mineralölkohlenwasserstoffrückhalts wird im Rahmen der Prüfungen des DIBts für solche Anlagen eingesetzt, die unter anderem zur Elimination von Mineralölkohlenwasserstoffen entworfen werden. Die bis jetzt zugelassenen Anlagen verfügen über entsprechende Speichervolumina, die eine Probennahmen nach Beendigung der Zudosierung erlauben.

Dieses bewährte Prüfverfahren wurde auch im Rahmen dieser Untersuchungen bei fünf der sechs Anlagen eingesetzt, um eine Basis für vergleichende Aussagen zum Mineralölkohlenwasserstoffrückhalt zu schaffen. Die Unterschiede zwischen den Anlagen mit Bezug auf das eingesetzte Prüfverfahren sind:

Bei den Anlagen 3P-Hydrosystem, Mall Lamellenklärer MLK-R 20/9 und Centrifoel<sup>®</sup> konnte bauartbedingt durch ein ansetzbares Speichervolumen, insbesondere in Verbindung mit einem Tauchrohr oder einer Tauchwand, mit einem Mineralölkohlenwasserstoffrückhalt gerechnet werden.

Bei den Systemen INNOLET<sup>®</sup> und Geotextil-Filtersack wurde ohne ein anrechenbares Speichervolumen, lediglich aufgrund der Filterwirkung ein Mineralölkohlenwasserstoffrückhalt erwartet. In beiden Systemen ist die Durchlaufzeit bzw. Aufenthaltszeit im Vergleich zu den Anlagen mit Speichervolumen sehr kurz.

Bei dem Separationsstraßenablauf SSA ist zwar ein Speichervolumen für AFS vorhanden, dieses kann aber nicht als Speichervolumen für Schwebstoffe und insbesondere Mineralölkohlenwasserstoffe angesetzt werden (fehlende Tauchwand). Es wurde angenommen, dass Mineralölkohlenwasserstoffe nicht zurückgehalten werden. Diese Annahme wurde unter anderem durch den hohen Austrag von Schwebstoffen bestätigt. Aus diesem Grund wurde diese Anlage nicht hinsichtlich des Mineralölkohlenwasserstoffrückhalts geprüft.

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse werden, unter Berücksichtigung des angewandten Prüfverfahrens, anlagenspezifisch beschrieben. Insbesondere die Ergebnisse für die Anlagen mit sehr kurzen Verweilzeiten (INNOLET<sup>®</sup> und Geotextil-Filtersack) deuten allerdings darauf hin, dass die gewählte und für alle Anlagen einheitliche Prüfungsdurchführung die spezifischen Systemeigenschaften dieser Anlagen nicht ausreichend berücksichtigt und die Analyseergebnisse so eine scheinbare Leistungsfähigkeit dieser Anlagen vorspiegeln.

Ursache ist, dass die MKW-Stoßbelastung mit unvollständiger Durchmischung im Zulauf in der Probenahme nicht erkannt wird, wenn keine weitere Durchmischung bzw. Verzögerung des Abflusses in der Anlage selbst stattfindet. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse für die Systeme INNOLET<sup>®</sup> und Geotextil-Filtersack für den vorliegenden Anwendungsfall nicht bewertbar. Die Anlage Centrifoel<sup>®</sup> besitzt zwar ein geringes Speichervolumen, allerdings ist auch hier mit extrem kurzen Verweilzeiten zu rechnen, so dass von einer Ergebnisbewertung ebenfalls abgesehen werden muss.

Im Übrigen bestätigt die nachgewiesene Leistungsfähigkeit der eigens für diesen Anwendungsfall ausgelegten Anlagen die hohe Aussagekraft des Prüfungsablaufes.

Geotextil-Filtersack

Zur Bestimmung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen, wurden die in der Tabelle 23 angegebenen Volumenströme eingestellt und je Teilprüfung eine Menge von 68 g Heizöl in den ersten 5 Minuten der jeweiligen Versuchszeit zudosiert (vgl. [DIBT2010]).

Tabelle 23: Versuchsp Parameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage Geotextil-Filtersack.

Teilprüfung		1	2	3	4
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6,0	25,0	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	300	300	300	300
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,077	0,187	0,760	3,000
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	200	80	20	15
Volumen	[l]	924	897,6	912	924
Zugabekonzentration $C_E$	[mg/l]	73,59	75,76	74,56	0,00
Auslaufkonzentration i. M. $C_A$	[mg/l]	66,00	22,50	9,60	2,00 <sup>1</sup>
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]**	10,3	70,3	87,1	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]**	Nicht berechnet (Erläuterungen im nachfolgenden Text)			

<sup>1</sup> beide Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze von 2,0 mg/l, für diese gewählt 2,0 mg/l

Während der Versuchsdurchführung konnten keine Besonderheiten bezüglich des Betriebsverhaltens festgestellt werden. Anhand der Ergebnisse (vgl. Tabelle 23) ist erkennbar, dass der Rückhalt an MKW mit steigendem Volumenstrom und abnehmender Versuchszeit scheinbar zunimmt. Der errechnete Rückhalt der Gesamtanlage über die vier Teilprüfungen wäre nach [DIBt2010] 54,59 %. Insbesondere das stark steigende Rückhaltevermögen bei steigenden Volumenströmen legt die Vermutung nahe, dass die Art der Versuchsdurchführung das Ergebnis positiv beeinflusst. Es kann angenommen werden, dass aufgrund der kurzen Verweilzeit im System die **Mineralölkohlenwasserstoffe bereits vor Beginn der ersten Probennahme aus dem System gespült** wurden. Dies würde bedeuten, dass die wesentliche Belastungsspitze zu Beginn der Prüfung nicht beprobt wurde. Lediglich bei dem kleinsten Volumenstrom von 0,077 l/s werden großen Mengen an ausgespülten Mineralölkohlenwasserstoffe im Ablauf gemessen, dies führt zu einem Rückhalt von lediglich 10 %.

Centrifoeel<sup>®</sup>

Die Überprüfung zum Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen an der Anlage Centrifoeel<sup>®</sup> erfolgte mit den in Tabelle 24 aufgeführten Parametern.

Tabelle 24: Versuchparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage Centrifoeel<sup>®</sup>.

Teilprüfung		1	2	3	4
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6,0	25,0	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	400	400	400	400
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,102	0,240	1,030	4,000
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	200	80	20	15
Volumen	[l]	1224	1152	1236	3600
Zugabekonzentration $C_E$	[mg/l]	74,35	78,99	73,62	0,00
Auslaufkonzentration i. M. $C_A$	[mg/l]	41,00	28,5	24,0	2,00 <sup>1</sup>
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]**	45,9	63,9	67,4	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]**	Nicht berechnet (Erläuterungen im nachfolgenden Text)			
<sup>1</sup> beide Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze von 2,0 mg/l, für diese gewählt 2,0 mg/l					

Die Anlage Centrifoeel<sup>®</sup> besitzt zwar ein geringes Speichervolumen, allerdings ist auch hier mit extrem kurzen Verweilzeiten zu rechnen. Während der Versuchsdurchführung konnten keine Besonderheiten bezüglich des Betriebsverhaltens festgestellt werden. Anhand der Ergebnisse (vgl. Tabelle 24) ist erkennbar, dass der Rückhalt an MKW mit steigendem Volumenstrom und abnehmender Versuchszeit scheinbar zunimmt. Der errechnete Rückhalt der Gesamtanlage über die vier Teilprüfungen wäre nach [DIBt2010] 57,41 %. Aufgrund des steigenden Rückhaltevermögens bei steigenden Volumenströmen liegt die Vermutung nahe, dass die Art der Versuchsdurchführung das Ergebnis positiv beeinflusst. Es kann angenommen werden, dass das Speichervolumen nicht in allen Belastungsstufen ausreicht, um die Mineralölkohlenwasserstoffe zurückzuhalten und **ein großer Teil der zugegebenen Mineralölkohlenwasserstoffe bereits vor Beginn der ersten Probennahme aus dem System gespült** wurde.

MLK-R

Die Überprüfung zum Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen an der Anlage MLK-R 20/9 erfolgte mit den in Tabelle 25 aufgeführten Parametern.

Tabelle 25: Versuchsp Parameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage MLK-R 20/9.

Teilprüfung		1	2	3	4
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6,0	25,0	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	500	500	500	500
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,125	0,300	1,250	5,000
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	200	80	20	15
Volumen	[l]	1500	1440	1500	4500
Zugabekonzentration i. M. CE	[mg/l]	75,33	78,47	75,33	0,00
Auslaufkonzentration i. M. CA	[mg/l]	2,00 <sup>1</sup>	2,00 <sup>1</sup>	2,00 <sup>1</sup>	2,85
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	97,4	97,5	97,4	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]	95,5*			
* basiert auf ungerundeten Werten <sup>1</sup> beide Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze von 2,0 mg/l, für diese gewählt 2,0 mg/l					

Aufgrund der Anlagengröße und des Aufbaus war bei dem MLK-R 20/9 mit einem Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen zu rechnen. Die Ergebnisse bestätigen diese Annahme. Der errechnete Rückhalt der Gesamtanlage über die vier Teilprüfungen beträgt nach [DIBt2010] 95,5 %.

Innolet<sup>®</sup>

Die Überprüfung zum Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen an der Anlage INNOLET<sup>®</sup> erfolgte mit den in Tabelle 26 aufgeführten Parametern.

Das INNOLET<sup>®</sup> ist eine Anlage mit kurzen Verweilzeiten des zugegebenen Wassers im System. Während der Versuchsdurchführung konnten keine Besonderheiten bzgl. des Betriebsverhaltens festgestellt werden. Anhand der Ergebnisse (vgl. Tabelle 52) ist erkennbar, dass der Rückhalt an MKW bei der geringen Durchströmungsgeschwindigkeit von 0,067 l/s 80,3 % beträgt. Bei einem Volumenstrom von 0,15 l/s fällt dieser auf einen Wert von 45,7 %, um dann bei einem Volumenstrom von 0,63 l/s wieder auf 97,4 % zu steigen. Der errechnete Rückhalt der Gesamtanlage über die vier Teilprüfungen ergibt sich nach [DIBt2010] zu 73,8 %. Insbesondere die schwankenden Ergebnisse für die Teilprüfungen 1, 2 und 3 lassen eine abschließende Interpretation der Ergebnisse nicht zu. Es liegt auch hier die Vermutung nahe, dass die Art der Versuchsdurchführung das Ergebnis bei hohen Durchflüssen positiv beeinflussen kann. Aufgrund der kurzen Verweilzeit im System bei hohen Durchströmungsgeschwindigkeiten wurden vermutlich bereits vor Be-

ginn der ersten Probennahme die Mineralölkohlenwasserstoffe aus dem System gespült. Dies würde bedeuten, dass die wesentliche Belastungsspitze zu Beginn der Prüfung nicht beprobt wurde.

Tabelle 26: Versuchsp Parameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage INNOLET®.

Teilprüfung		1	2	3	4
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6	25	100
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	250	250	250	250
Tatsächlicher Volumenstrom	[l/s]	0,067	0,150	0,630	2,250
Tatsächliche Versuchsdauer	[min]	200	80	20	15
Volumen	[l]	804	720	756	2025
Zugabekonzentration i. M. C <sub>E</sub>	[mg/l]	70,90	79,17	75,40	0,00
Auslaufkonzentration i. M. C <sub>A</sub>	[mg/l]	14,00	43,00	2,05	2,00 <sup>2</sup>
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]**	80,3	45,7	97,4	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]**	Nicht berechnet (Erläuterungen im nachfolgenden Text)			
<sup>2</sup> beide Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze von 2,0 mg/l, für diese gewählt 2,0 mg/l					

### 3P Hydrosystem

Die Überprüfung zum Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen am 3P-Hydrosystem erfolgte mit den in Tabelle 27 aufgeführten Parametern.

Tabelle 27: Versuchsp Parameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.

Teilprüfung	1	2	3	4
Regenspende soll [l/(s*ha)]	2,5	6,0	25,0	100
Entwässerungsfläche [m <sup>2</sup> ]	500	500	500	500
Tatsächlicher Volumenstrom [l/s]	0,125	0,300	1,250	5,000
Tatsächliche Versuchsdauer [min]	200	80	20	15
Volumen [l]	1500	1440	1500	4500
Zugabekonzentration i. M. C <sub>E</sub> [mg/l]	75,33	78,47	75,33	0,00
Auslaufkonzentration i. M. C <sub>A</sub> [mg/l]	4,10 <sup>1</sup>	8,60	7,15	2,00 <sup>2</sup>
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M. [%]	94,6	89,0	90,5	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt [%]	90,0*			
* basiert auf ungerundeten Werten				
<sup>1</sup> ein Messwert unterhalb der Nachweisgrenze von 2,0 mg/l, für diesen gewählt 2,0 mg/l				
<sup>2</sup> beide Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze von 2,0 mg/l, für diese gewählt 2,0 mg/l				

Aufgrund der Anlagengröße und des Aufbaus war bei dem 3P Hydrosystem mit einem Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen zu rechnen. Die Ergebnisse bestätigten diese Annahme. Der errechnete Rückhalt der Gesamtanlage über die vier Teilprüfungen beträgt nach [DIBt2010] 90,0 %.

## 1.7 Prüfung des Rückhalts von Schwermetallen

### 1.7.1 Durchführung der Prüfung des Rückhalts von Schwermetallen

In Anlehnung an [DIBt2010] wurde der Rückhalt von Schwermetallen an Filterausschnitten überprüft. Die Untersuchungen wurden mit der Versuchseinrichtung 2 durchgeführt. Als Leitparameter werden der Zink- und Kupferrückhalt genannt. Für die Prüfung wurden die Filterausschnitte mit einem schwermetallhaltigen Prüfwasser beschickt. Dabei war zu beachten, dass das Filtersegment strömungstechnisch und bezüglich der Verweilzeiten des Wassers dem realen Filterelement entspricht. Die Filterausschnitte wurden so gewählt, dass die Prüfwassermenge für alle Teilprüfungen in der Summe eine Menge von 200 l Prüfwasser unterschreitet (vgl. Zulassungsgrundsätze des DIBt [DIBt2010]).

Die Untersuchung zum Rückhalt von Schwermetallen wurde an Filtersegmenten der Anlagen INNOLET® und 3P Hydrosystem durchgeführt. Der Aufbau der Säule für das 3P Hydrosystem wurde vom Hersteller zur Verfügung

gestellt (vgl. Abbildung 50, links). Der als Säule ausgebildete Filterausschnitt hatte mit einer Höhe von 50 cm und einem Durchmesser von 10 cm im Vergleich zum Originalfilter einen Verkleinerungsfaktor von 61. Die Säule für das Filtermaterial des INNOLET<sup>®</sup> wurde vom IKT hergestellt (vgl. Abbildung 50, rechts). Sie hatte mit eine Höhe von 6,0 cm sowie einen Durchmesser von 7,0 cm einen Verkleinerungsfaktor von 30 im Vergleich zum originalen Filterelement.



Abbildung 50: Links: Säule zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (3P Hydrosystem).  
Rechts: Säule zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (INNOLET<sup>®</sup>) eingebaut in der Versuchseinrichtung 2.

Die durchschnittliche Jahresfracht an gelöstem Zink und Kupfer wurde, in Abhängigkeit von der maximal anschließbaren Fläche nach Herstellerangaben, bei der Prüfung verteilt auf drei Teilprüfungen eingetragen. Die durchschnittliche Jahresfracht an gelöstem Zink beträgt 135 mg/m<sup>2</sup>, die von Kupfer 15,5 mg/m<sup>2</sup> (vgl. [DIBt2010]). Unter Berücksichtigung eines spezifischen Beschickungsvolumens nach [DIBt2010] ergeben sich Konzentrationen im Zulaufwasser für Zink von 6,25 mg/l und für Kupfer von 0,72 mg/l. Insgesamt viermal in gleichen Zeitabständen über die Prüfdauer wurden im Ablauf zwei Wasserproben entnommen. Die Wasserproben wurden anschließend ebenfalls im Abwasserinstitut der Stadtentwässerungsbetriebe in Köln auf die Schwermetalle Zink und Kupfer gemäß DIN 38406 untersucht.

- Kupfer gem. DIN 38406 Teil 7 (September 1991), Bestimmung von Kupfer mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS), Gerät: Graphitrohr-AAS PerkinElmer 4100ZL.

- Zink gem. DIN 38406 Teil 8 (Oktober 2004), Bestimmung von Zink - Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) in der Luft-Ethin-Flamme, Gerät: Flammen-AAS Varian 220FS.

### 1.7.2 Ergebnisse zum Rückhalt von Schwermetallen

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Untersuchungen zum Rückhalt von Schwermetallen an Filtersegmenten des INNOLET<sup>®</sup> Systems sowie des 3P-Hydrosystems dargestellt.

#### Innolet<sup>®</sup>

Zur Untersuchung des Schwermetallrückhaltes des Filtermaterials des INNOLET<sup>®</sup>-Systems wurden die in Tabelle 28 dargestellten Versuchsparameter eingestellt.

Die Analyse der Proben hat ergeben, dass das Filtermaterial mit steigenden Volumenströmen einen sinkenden Rückhalt an Zink aufweist. Im Mittel ergab sich ein Rückhalt an gelöstem Zink von 45 %. Die Ergebnisse der Analysen bezüglich des Kupferrückhalts zeigen einen ähnlichen Verlauf, weisen aber mit im Mittel 78 % auf einen höheren Rückhaltegrad hin (vgl. Tabelle 28).

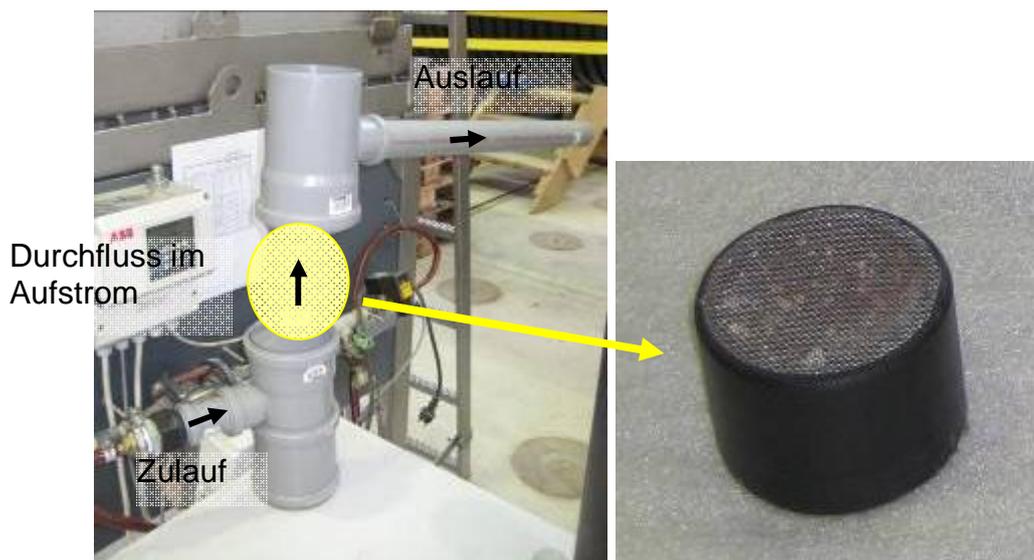


Abbildung 51: Links: Aufbau des Säulenversuchs INNOLET<sup>®</sup>, Rechts: Säule für das INNOLET<sup>®</sup> Filtermaterial.

Tabelle 28: Versuchsp Parameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Schwermetalle Zink und Kupfer) für das INNOLET®: Prüfung an einem Filterabschnitt mit Verkleinerungsfaktor 30.

<b>Teilprüfung</b>		<b>1**</b>	<b>2**</b>	<b>3**</b>
Regenspende	[l/(s*ha)]	2,5	6,0	25,0
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	250	250	250
Volumenstrom	[l/min]	0,125	0,3	1,25
Versuchsdauer	[min]	480	200	48
Volumen	[l]	60	60	60
<b>Zinkrückhalt</b>				
Zugabekonzentration i. M. C <sub>E</sub>	[mg/l]	6,80	6,80	6,80
Auslaufkonzentration i. M. C <sub>A</sub>	[mg/l]	2,34	4,29	4,53
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	65,6	36,9	33,4
Rückhalt der Gesamtanlage i. M.	[%]	45,3*		
<b>Kupferrückhalt</b>				
Zugabekonzentration i. M. C <sub>E</sub>	[mg/l]	0,76	0,76	0,76
Auslaufkonzentration i. M. C <sub>A</sub>	[mg/l]	0,10	0,22	0,18
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	86,8	71,1	76,3
Rückhalt der Gesamtanlage i. M.	[%]	78,1*		
* basiert auf ungerundeten Werten				
** 8 Proben				

### 3P Hydrosystem

In der nachfolgenden Tabelle sind die für die Prüfung zum Schwermetallrückhalt verwendeten Versuchsp Parameter aufgeführt.

Die Auswertung der Proben hinsichtlich der Zink- und Kupferkonzentrationen hat ergeben, dass das 3P Hydrosystem beide gelösten Schwermetalle mit rund 97 % zum größten Teil zurückhält.



Abbildung 52: Versuchsaufbau der Säule 3P Hydrosystem.

Tabelle 29: Versuchsparemeter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Schwermetalle Zink und Kupfer) für das 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic: Prüfung an einem Filterabschnitt mit Verkleinerungsfaktor 61.

Teilprüfung		1**	2***	3***
Regenspende	[l/(s*ha)]	2,5	6,0	25,0
Entwässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	250	250	250
Volumenstrom	[l/min]	0,125	0,3	1,25
Versuchsdauer	[min]	480	200	48
Volumen	[l]	60	60	60
<b>Zinkrückhalt</b>				
Zugabekonzentration i. M. C <sub>E</sub>	[mg/l]	6,25	6,25	6,25
Auslaufkonzentration i. M. C <sub>A</sub>	[mg/l]	0,29	0,06	0,23
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	95,4	99,0	96,3
Rückhalt der Gesamtanlage i. M.	[%]	96,9*		
<b>Kupferrückhalt</b>				
Zugabekonzentration i. M. C <sub>E</sub>	[mg/l]	0,72	0,72	0,72
Auslaufkonzentration i. M. C <sub>A</sub>	[mg/l]	0,02	0,01	0,03
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	97,2	98,6	95,8
Rückhalt der Gesamtanlage i. M.	[%]	97,2*		
* basiert auf ungerundeten Werten				
** 9 Proben				
*** 8 Proben				

## 1.8 Prüfung der Niederschlagswasserbehandlungsanlagen im Gebrauchszustand

Die Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der in der Straße eingebauten Anlagen erfolgte in situ. Dazu wurde die in Abbildung 53 dargestellte Prüfeinrichtung des IKTs vor Ort aufgebaut und mittels Druckschlauch (C-Kupplungsanschluss) an einen Hydranten angeschlossen. Die Einrichtung besteht aus folgenden Komponenten:

- Zulauf mit Storz-Kupplung
- gedükkert eingebautes MID DN 50
- Kugelhahn zur Durchflussregulierung im Ablauf
- Ablaufleitung zur Beschickung der Straßenabläufe

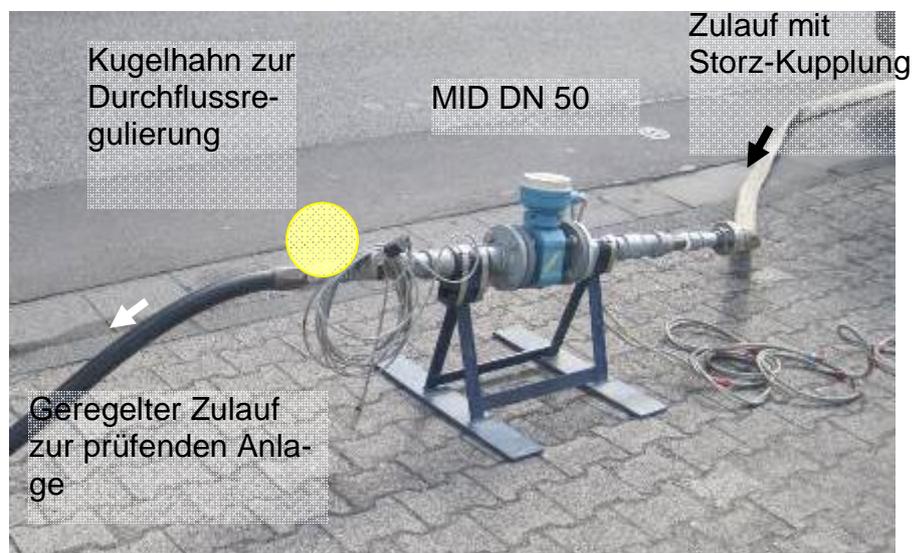


Abbildung 53: Versuchseinrichtung zur Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit vor Ort

Der über den Kugelhahn geregelte Durchfluss wurde mit einem Messrechner und einer für die Untersuchungen entwickelten Software angezeigt und gespeichert. Sofern die angeschlossene Fläche bekannt war, konnte diese in eine Maske eingegeben werden und wurde so in eine korrespondierende Regenspense in  $[\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})]$  umgerechnet angezeigt (vgl. Abbildung 54).

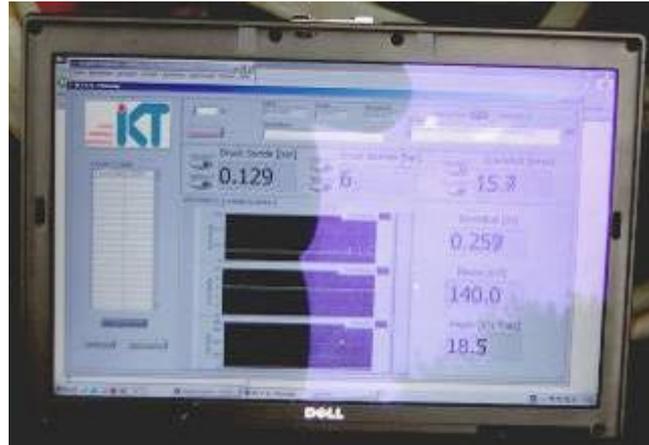


Abbildung 54: Bedienoberfläche des Programms der In-situ-Untersuchungen  
Nach Entlüften des Messsystems wurde die Software auf null gesetzt, der Durchfluss mit dem hinter dem MID angeordneten Kugelhahn reguliert und der zu überprüfenden Anlage zugeführt. Dies geschah je nach Anlage und Randbedingungen durch zwei unterschiedliche Methoden.

- Absperrung des Straßeneinlaufes und Zufluss über die Bordrinne (vgl. Abbildung 55).
- Direkte Einleitung (vgl. Abbildung 56).



Abbildung 55: Beschickung eines Straßenablaufs über den Rinnstein mit einem definierten Volumenstrom zur Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit einer Niederschlagswasserbehandlungsanlage



---

Abbildung 56: Direkte Beschickung eines Straßenablaufs mit einem definierten Volumenstrom zur Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit einer Niederschlagswasserbehandlungsanlage

Die Bewertung bzw. Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der geprüften Anlage erfolgte durch Inaugenscheinnahme und fallweise unter Zuhilfenahme eines Gliedermaßstabes (gem. Abbildung 57).

---



---

Abbildung 57: Kontrolle des Wasserstandes im Straßenablauf mittels Gliedermaßstab zur Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit während der In-situ-Untersuchungen.

## LITERATURVERZEICHNIS

- ACO 2010:** Produktinformation der Tiefbau Vertrieb GmbH, <http://www.aco-tiefbau.de/strassen-und-hofablaeufer/strassenablauf/produkte-separationsstrassenablauf.html>, Stand Februar 2011.
- DIBt2010:** Deutsches Institut für Bautechnik: Zulassungsgrundsätze für „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen“, Entwurf Februar 2010 (unveröffentlicht)
- DIBt2005:** Deutsches Institut für Bautechnik: Zulassungsgrundsätze für „Abwasserbehandelnde Flächenbeläge“, Fassung vom Februar 2010 (unveröffentlicht)
- DIN 51603 (2008):** Flüssige Brennstoffe-Heizöle-Teil1: Heizöl EL, Mindestanforderungen, 2008-08. Beuth-Verlag.
- DIN EN 858-1:** Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten (z.B. Öl und Benzin) –Teil 1 Bau-, Funktions- und Prüfgrundsätze, Kennzeichnung und Güteüberwachung; Deutsche Fassung EN 858-1: 2002 + A1 2004, Februar 2005
- DIN EN ISO 9377-2 (2001):** Wasserbeschaffenheit - Bestimmung des Kohlenwasserstoff-Index - Teil 2: Verfahren nach Lösemittelextraktion und Gaschromatographie (ISO 9377-2:2000); Deutsche Fassung EN ISO 9377-2:2000. Deutsche Fassung EN ISO 9377-2, Ausgabedatum 2001-07.
- DIN 38406-21 (1980):** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E), Bestimmung von neun Schwermetallen (Ag, Bi, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn) nach Anreicherung durch Extraktion (E 21). September 1980
- 3P2011:** homepage der Fa. 3P Filtertechnik, <http://www.3ptechnik.de/de/hydrosystem1000heavytraffic.html>, Stand 22. Februar 2011, 15:46 h.
- FUNKE2010:** Produktinformation: INNOLET® - Der Filter für den Straßenablauf, Firma Funke Kunststoffe
- National Instruments:** Homepage unter [www.ni.com/labview/d](http://www.ni.com/labview/d)
- MUNLV (2004):** „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“. RdErl. Vom 25.5.2004.
- RAS-EW:** Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2005): „Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Entwässerung (RAS-Ew)“. Köln, Ausgabe 2005
- StEB, Köln (2007):** Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen – Umsetzung des Trennerlasses; Forschungsantrag der stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR, gerichtet an das Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW; Version vom 20.08.2007