

Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung in Trennsystemen - Umsetzung des Trennerlasses



Abschlussbericht

des Forschungsprojektes

Gefördert vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen



und der Bezirksregierung Köln

durchgeführt von den
Stadtentwässerungsbetrieben Köln, AöR,
den Stadtbetrieben Königswinter und der Stadtentwässerung Schwerte GmbH



Stand: November 2011

Projektlaufzeit: 10.07.2008 – 30.12.2010



Impressum

Inhaltliche Bearbeitung:

Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR

Dipl.-Ing. Henning Werker Abt. TP
Dipl. Ing. Josef Twardon Abt. TP-14
Stefan Schmitz Abt. TB-32

Dipl. Ing. Ulrike Wehming Abt. TB-3

Hydro-Ingenieure GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Janine Hofmann
Dipl.-Ing. Klaus Alt

Grontmij GmbH, Köln

Dipl.-Ing. Stephan Ellerhorst
Stefan Ingenhaag

Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
(IKT), Gelsenkirchen

PD Dr.-Ing. Bert Bosseler
Dipl.-Ing. Christoph Bennerscheidt
Dipl.-Ing. (FH) Sandra Loos

Kommunal- und Abwasserberatung
(KuA) Düsseldorf
Dr.-Ing. Ralf Toggler
Dipl.-Ing. Horst Overfeld

Dr. E. Treunert

Beteiligte Hochschulen:

tectraa TU Kaiserslautern
Prof. Dr.-Ing. Theo Schmitt
Dipl.-Ing. Christian Scheid
Dipl.-Ing. Martina Dierschke

FH Frankfurt

Prof. Dr.-Ing. Antje Welker
(Kap. 3.3, Kap. 4, Kap. 7)

Beteiligte Wasserbehörden und Dienststellen:

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft ,
Natur- und Verbraucherschutz NRW (MKULNV NRW)
Dr.-Ing. Viktor Mertsch
Dipl.-Ing. Andrea Kaste

Bezirksregierung Köln
Dipl.-Ing. Arnold Schmidt

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz NRW (LANUV NRW)
Dipl.-Ing. Martina Brehm
Dipl.-Ing. Agnieszka Speicher

Stadt Köln, Untere Wasserbehörde (UWB)
Dipl.-Ing. Bernd Lück
Dipl.-Ing. Rüdiger Schulz

Weitere Projektbeteiligte:

Stadtentwässerung Schwerte
Dipl.-Ing. Joachim Schulte

Stadtbetriebe Königswinter
Dipl.-Ing. Albert Koch

Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR
Abwasserinstitut
Dr. Andrea Poppe
Dipl.-Ing. Guido Eßer
Dipl.-Ing. (FH) Lothar Schulz

Fachhochschule Köln
Prof. Dr.-Ing. Rainer Feldhaus

INHALT

1	VERANLASSUNG DES FORSCHUNGSVORHABENS	1
1.1	Anforderungen an die Einleitung von Niederschlagswasser aus Trennsystemen	1
1.1.1	Allgemeine Randbedingungen	1
1.1.2	Einleitungserlaubnis	2
1.1.3	Der Runderlass vom 26.05.2004	2
1.2	Ziele des Forschungsvorhabens	4
2	VORGEHENSWEISE DER BEARBEITUNG	5
2.1	Derzeitiger Kenntnisstand	5
2.2	Darstellung der labortechnischen Ergebnisse	6
2.3	Darstellung der Betriebserfahrungen	6
2.4	Behandlung in zentralen Anlagen	7
2.5	Vergleich der dezentralen und der zentralen Behandlung gemäß Trennerlass	7
2.5.1	Vergleichbarkeit der stofflichen Leistungsfähigkeit	7
2.5.2	Vergleichbarkeit des dauerhaften Betriebs	8
2.5.3	Diskussion und Gesamtbewertung zur Vergleichbarkeit	9
2.6	Erhebung über Regenwasserbeseitigung NRW	9
3	AUSWAHL DER ZU PRÜFENDEN DEZENTRALEN SYSTEME	11
3.1	Übersicht über am Markt verfügbare Anlagen	11
3.2	Kriterien für die Auswahl der zu prüfenden Anlagen	20
3.2.1	Einbau der Systeme	20
3.2.2	Behandlungsverfahren der Systeme	21
3.3	Beschreibung der ausgewählten Anlagen	22
3.3.1	Geotextil-Filtersack	22
3.3.2	Separations-Straßenablauf SSA	25
3.3.3	Lamellenklärer	27
3.3.4	Centrifoel®	29
3.3.5	INNOLET®	31
3.3.6	3P Hydrosystem	34
3.3.7	Quellenverzeichnis der Firmenprospekte	38
4	FESTLEGUNG DER ZU PRÜFENDEN STOFFPARAMETER	39
4.1	Aufkommensdaten zu relevanten Stoffparametern in Niederschlagswasserabflüssen	39
4.1.1	Feststoffparameter AFS	40
4.1.2	Sauerstoffzehrende Substanzen bzw. Kohlenstoffparameter am Beispiel des CSB	41
4.1.3	Schwermetalle Kupfer und Zink	42
4.1.4	Organische Schadstoffe (PAK, MKW)	43
4.1.5	Fazit zum Stoffaufkommen in Niederschlagsabflüssen	46
4.2	Auswahl der Prüfparameter für das Vorhaben	46

5	DARSTELLUNG DER LABORTECHNISCHEN ERGEBNISSE	48
5.1	Ziel der Laboruntersuchungen	48
5.2	Laborprüfungen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen	49
5.3	Beschreibung der Versuchseinrichtungen	50
5.4	Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit	51
5.4.1	Durchführung der Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit	51
5.4.2	Ergebnisse der Laboruntersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit	53
5.5	Prüfung des Rückhaltes von AFS	64
5.5.1	Durchführung der Prüfungen zum Rückhalt von AFS	64
5.5.2	Ergebnisse zum Rückhalt von AFS	68
5.6	Prüfung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen	84
5.6.1	Durchführung der Prüfung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen	84
5.6.2	Ergebnisse zum Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen	85
5.7	Prüfung des Rückhalts von Schwermetallen	91
5.7.1	Durchführung der Prüfung des Rückhalts von Schwermetallen	91
5.7.2	Ergebnisse zum Rückhalt von Schwermetallen	93
6	DARSTELLUNG DER BETRIEBSERFAHRUNGEN	96
6.1	Projektrandbedingungen	96
6.2	Vorgehensweise bei der Gebietsauswahl	96
6.2.1	Allgemeines	96
6.2.2	Flächenkategorisierung	98
6.2.3	Angeschlossene Flächen	99
6.2.4	Besondere Randbedingungen	102
6.2.5	Planung der in situ Versuche	104
6.3	Versuchsplanung	107
6.3.1	Gewählte Straßenabläufe in Köln Porz-Lind	107
6.3.2	Topographische Randbedingungen	107
6.3.3	Ausführung der vorhandenen Systeme	107
6.4	Einbau der dezentralen Systeme	111
6.4.1	Bauausführung	111
6.4.2	Dokumentation des Einbaus	123
6.4.3	Erfahrungen beim Einbau der Anlagen	125
6.4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse des Einbaues	126
6.5	Betrieb der dezentralen Systeme	132
6.5.1	Dokumentation der Betriebsüberwachung	132
6.5.2	Ergebnisse der Betriebsüberwachung	135
6.5.3	Verbesserungsvorschläge für die Hersteller	142
6.5.4	Auswertung der Ergebnisse	143
6.5.4.1	Wiederholungshäufigkeiten für die Kontrolle	144
6.5.4.2	Wiederholungshäufigkeiten für die Reinigung	145
6.5.4.3	Wiederholungshäufigkeiten für den Austausch bzw. die Wartung	145
6.5.4.4	Betriebsaufwendungen für dezentrale RW-Anlagen	146
6.5.5	Niederschlagsauswertungen	152
6.5.6	Kosten	158
6.5.6.1	Planungs- und Baukosten	158
6.5.6.2	Kostenschätzung je Anlage	158

6.5.6.3	Umbau und Austausch der Straßenabläufe	159
6.5.6.4	Bauleistungen	159
6.5.7	Abschätzung der Betriebskosten	161
6.5.8	Vergleich der Betriebskosten von dezentralen Systemen und zentralen RKB	165
7	BEHANDLUNG IN ZENTRALEN ANLAGEN	168
7.1	Bewertung der Leistungsfähigkeit von Regenklärbecken	168
7.1.1	Einleitung	168
7.1.2	Bemessung	168
7.1.3	Reinigungsleistung	170
7.1.4	Ableitung mittlerer Wirkungsgrade	175
7.2	Bewertung der Leistungsfähigkeit von Retentionsbodenfiltern	176
7.2.1	Allgemeines	176
7.2.2	Vorliegende Erkenntnisse	177
7.2.3	Pilotanlagen „Regenwasserbehandlung naturnaher Bauart“	183
8	VERGLEICHBARKEIT DER ZENTRALEN UND DEZENTRALEN BEHANDLUNG GEMÄSS TRENNERLASS	184
8.1	Vergleichbarkeit der stofflichen Leistungsfähigkeit	184
8.1.1	Allgemeines	184
8.1.1.1	Grundsätze der Regenwasserbehandlung gem. Trennerlass	184
8.1.1.2	Ergänzende Festlegungen und Vorgaben	185
8.1.2	Vorgehensweise und methodischer Ansatz	185
8.1.2.1	Allgemeines	185
8.1.2.2	Schmutzstoffaufkommen und Stoffabtrag	188
8.1.2.3	Wirkungsgrade der zentralen Niederschlagswasserbehandlung	189
8.1.2.4	Wirkungsgrade der dezentralen Niederschlagswasserbehandlung	192
8.1.3	Randbedingungen und Eingangsparameter des Vergleichs	193
8.1.4	Vergleichende Stoffbilanzen an ausgewählten Modellgebieten	197
8.1.4.1	Bilanzierung mit Standardwerten des methodischen Vergleichs ("Nullvariante")	199
8.1.4.2	Variante 1: Einfluss von Flächenabkopplungen auf die vergleichende Bilanzierung	203
8.1.4.3	Variante 2: Sensitivitätsbetrachtung zum angesetzten Stoffaufkommen	205
8.1.4.4	Variante 3: Sensitivitätsbetrachtung der angesetzten Wirkungsgrade	206
8.1.4.5	Variante 4: Untersuchung des Einflusses der Beckenentleerung	208
8.1.5	Erkenntnisse aus der Stoffbilanz der Variantenberechnungen	211
8.2	Vergleichbarkeit des dauerhaften Betriebs	215
8.2.1	Allgemeines	215
8.2.2	Aufbau und Erstellung der Bewertungsmatrix	216
8.2.2.1	Hydraulik	217
8.2.2.2	Stoffliches Rückhaltevermögen	219
8.2.2.3	Wartung	220
8.2.3	Anwendung der Bewertungsmatrix	223
8.2.4	Erkenntnisse aus dem Vergleich des dauerhaften Betriebs	233
8.3	Diskussion und Gesamtbewertung zur Vergleichbarkeit zentraler und dezentraler Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung	235

9	PLANERISCHE HINWEISE FÜR DIE UMSETZUNG VON DEZENTRALEN BEHANDLUNGSANLAGEN	240
9.1	Technische Aspekte	241
9.2	Wirtschaftliche Aspekte	244
9.3	Kostenvergleich von dezentralen und zentralen Behandlungssystemen	244
9.4	Einsatz der verschiedenen Systeme	245
10	ZUSAMMENFASSUNG	246
11	FAZIT UND AUSBLICK	254

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Einsatz des Geotextil-Filtersacks	23
Abbildung 2:	Prinzipskizze Geotextil-Filtersack (ohne Maßstab)	23
Abbildung 3:	Separations-Straßenablauf SSA	26
Abbildung 4:	Lamellenklärer MLK-R	28
Abbildung 5:	Centrifoel®	30
Abbildung 6:	INNOLET® Filterpatrone	32
Abbildung 7:	Prinzipskizze Innolet-Filterpatrone (unmaßstäblich)	32
Abbildung 8:	3P Hydrosystem	34
Abbildung 9:	Prinzipskizze 3P Hydrosystem roof (unmaßstäblich)	35
Abbildung 10:	Aufkommen von abfiltrierbaren Stoffen in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]	40
Abbildung 11:	Aufkommen von CSB in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]	41
Abbildung 12:	Aufkommen von Kupfer in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]	42
Abbildung 13:	Aufkommen von Zink in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]	43
Abbildung 14:	Aufkommen von PAK in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]	44
Abbildung 15:	Aufkommen von MKW in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]	45
Abbildung 16:	Schema der Versuchseinrichtung 1 als Fließbild.	50
Abbildung 17:	Aufbau zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (hier INNOLET®) an einem Filterabschnitt (Versuchsanlage 2).	51

Abbildung 18:	Links: Versuchsaufbau mit Filterelement im Schachtkörper, Ansicht. Rechts: Anbindung des Filterelements an den Schmutzfang mit Rasterbändern.	53
Abbildung 19:	Beschickung des Geotextil-Filtersacks mit einem Volumenstrom von 20 l/s (kein hydraulisches Versagen erkennbar).	54
Abbildung 20:	Links: Ansicht Centrifoel® (Höhe Schacht 1,20 m, Höhe Überlauf 0,94 m, Höhe Auslauf 0,53 m); Rechts: Blick in die obere Kammer mit Überlauf und Zulauf (\varnothing 3,5 cm) zur mittleren Kammer (Nassschlammfang).	54
Abbildung 21:	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.	55
Abbildung 22:	Überlauf bei 1,13 l/s.	57
Abbildung 23:	Links: Anschluss an die Versuchsanlage. Rechts: Draufsicht des eingebauten Separationsstraßenablauf SSA.	58
Abbildung 24:	Links: Beschickung mit 1,5 l/s Rechts: Beschickung mit 20 l/s.	58
Abbildung 25:	Lamellenklärer MLK-R 20/09 vor der Befüllung. Links: Zulaufkammer mit Drucksonde. Rechts: Auslaufkammer.	59
Abbildung 26:	Links: Blick von oben in den Grobfilter des INNOLET® mit Adapterplatte (blau) und positionierter Drucksonde. Rechts: Aufbau INNOLET® (Quelle: Funke Kunststoffe GmbH, verändert).	60
Abbildung 27:	Links: Blick in den INNOLET® von oben bei einem Volumenstrom von 1,5 l/s. Rechts: Detailansicht, Überlauf angesprungen.	61
Abbildung 28:	3P Hydrosystem (Quelle 3P Filtertechnik, verändert und nicht maßstäblich).	62
Abbildung 29:	Versuchsaufbau 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.	62
Abbildung 30:	Austritt von Wasser aus dem Überlaufrohr bei einer Beschickungsmenge größer als 13,5 l/s.	63
Abbildung 31:	Eingesetzte AFS (v.l.n.r.): Millisil W4, Kies-Sand-Gemisch, PE-Granulat (schwarz) und PS-Granulat (weiß).	64
Abbildung 32:	Korngrößenverteilungen von Millisil W4 und Kies-Sand-Gemisch 0,1 mm bis 4,0 mm.	65
Abbildung 33:	Links: Versuchsaufbau Geotextil-Filtersack zur stofflichen Untersuchung (Kies-Sand/Schwebstoffe). Rechts: Rückstand im Grobschmutzfang vor dem Geotextil-Filtersack (Kies-Sand-Gemisch).	70
Abbildung 34:	Links: Rückstand auf dem obersten Sieb nach Teilprüfung 1. Rechts: Blick von oben in die obere Kammer des Centrifoel® nach der Teilprüfung 1 (Kies-Sand/Schwebstoffe).	73

Abbildung 35:	Blick von oben in den Centrifoel® nach dem Ausspülversuch. Links: obere Kammer; Rechts: mittlere Kammer.	73
Abbildung 36:	Blick von oben in den Centrifoel® (untere Kammer).	74
Abbildung 37:	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.	77
Abbildung 38:	Links: Rückstände von MILLISIL nach den Versuchen mit feinkörnigen AFS; nach Entfernen des Plexiglas-Aufsatzes. Rechts: Im Grobschmutzfang zurückgehaltenes Material nach den stofflichen Untersuchungen bzgl. grobkörniger AFS.	79
Abbildung 39:	Ausgetragene Menge an Material als Rückstand auf dem Siebturm.	80
Abbildung 40:	Blick von oben in das 3P Hydrosystem während der Teilprüfung 1.	82
Abbildung 41:	Zudosierung der Mineralölkohlenwasserstoffe.	84
Abbildung 42:	Links: Säule zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (3P Hydrosystem). Rechts: Säule zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (INNOLET®) eingebaut in der Versuchseinrichtung 2.	92
Abbildung 43:	Links: Aufbau des Säulenversuchs INNOLET®, Rechts: Säule für das INNOLET® Filtermaterial.	93
Abbildung 44:	Versuchsaufbau der Säule 3P Hydrosystem.	95
Abbildung 45:	Lageplan Trennsystem Köln Porz-Lind	97
Abbildung 46:	Lageplan Gebiet Königswinter	98
Abbildung 47:	Geotextil Filtersack im DIN Ablauf [DIN 4052, 2003]	112
Abbildung 48:	Situation Straßenablauf PL-04	113
Abbildung 49:	Situation Straßenablauf PL-20	114
Abbildung 50:	Ausführung SSA mit Nassschlammbehälter	115
Abbildung 51:	Situation Straßenablauf PL-02	116
Abbildung 52:	Situation Straßenablauf PL-22	117
Abbildung 53:	Straßenablauf Centrifoel® der Fa. Roval	118
Abbildung 54:	INNOLET® Einsatz für einen DIN Ablauf	119
Abbildung 55:	3 P Hydrosystem	120
Abbildung 56:	Situation vor dem Einbau	121
Abbildung 57:	3P Hydrosystem Einbauskizze	121
Abbildung 58:	3P Hydrosystem vor dem Einbau	122
Abbildung 59:	3P ohne Schachtdeckel in der Baugrube	122

Abbildung 60:	Zufluss zum Filtersack im Straßenablauf PL-07:	136
Abbildung 61:	Niederschlagsereignisse im Untersuchungszeitraum Königswinter	155
Abbildung 62:	Aufzeichnung des Notüberlaufs	156
Abbildung 63:	Kosten für die Straßenbauarbeiten in Lind	160
Abbildung 64:	AFS-Rückhalt in Abhängigkeit von der Oberflächenbe- schickung	174
Abbildung 65:	Prinzipskizze zur zentralen Niederschlagswasserbe- handlung	187
Abbildung 66:	Prinzipskizze zur dezentralen Niederschlagswasser- behandlung	188
Abbildung 67:	Nullvariante: Parameter AFS, alle Gebiete	200
Abbildung 68:	Nullvariante: Parameter MKW, alle Gebiete	201
Abbildung 69:	Variante 1 mit Einfluss der Flächenabkopplung bei 3 Teilgebieten, Parameter AFS	204
Abbildung 70:	Variante 1 mit Einfluss der Flächenabkopplung bei 3 Teilgebieten, Parameter CSB	205
Abbildung 71:	Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade dezent- ral): alle Parameter, MG fiktiv	207
Abbildung 72:	Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade zentral): alle Parameter, MG fiktiv	207
Abbildung 73:	Variante 4 (Einfluss der RKBoD-Entleerung zur KA): alle Parameter, Schilfweg	210
Abbildung 74:	Variante 4 (Einfluss der RKBoD-Entleerung zur KA): alle Parameter, Marienburg	210
Abbildung 75:	Systemdarstellung zentrale und dezentrale Behandlung	216

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Übersicht über Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser, Teil 1/8, V: Verkehrsflächen, D: Dachflächen, mD: metallische Dachflächen, D: Dichttrennung, F: Filtration, S: Sorption, B: biochemische Umwandlung, I: Ionenaustausch	12
Tabelle 2:	Wirkungsmechanismen des Geotextil-Filtersacks	24
Tabelle 3:	Rückhaltewerte des Filtersacks	25
Tabelle 4:	Wirkungsmechanismen des Separationsstraßenablaufs	26
Tabelle 5:	Rückhaltewerte des SSA	27
Tabelle 6:	Wirkungsmechanismen des Lamellenklärsers	28
Tabelle 7:	Rückhaltewerte des MLK	29
Tabelle 8:	Wirkungsmechanismen des Centrifoel	30
Tabelle 9:	Rückhaltewerte des Centrifoel	31
Tabelle 10:	Wirkungsmechanismen der Innolet-Filterpatrone	33
Tabelle 11:	Rückhaltewerte der Innolet Patrone	34
Tabelle 12:	Wirkungsmechanismen des 3P Hydrosystems	36
Tabelle 13:	frachtgemittelte Jahresmittelwerte	37
Tabelle 14:	Zusammenstellung maßgeblicher Stoffparameter [DWA, 2010]	46
Tabelle 15:	Übersicht der untersuchten Systeme und der jeweils durchgeführten Prüfungen mit Zuordnung zu den eingesetzten Versuchseinrichtungen.	49
Tabelle 16:	Hydraulische Kenndaten der untersuchten Systeme laut Herstellerangaben.	52
Tabelle 17:	Beschickungsmengen sowie Abschlagzeitpunkte am Überlauf in der oberen Kammer (1. Kammer) und am Ablauf in der mittleren Kammer (2. Kammer) für das Centrifoel [®] -System.	56
Tabelle 18:	Regenspenden und Prüfdauern für die Untersuchung des Rückhaltes von AFS.	66
Tabelle 19:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage Geotextil-Filtersack.	69
Tabelle 20:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch/Schwebstoffe) an der Anlage Geotextil-Filtersack.	70
Tabelle 21:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage Centrifoel [®] .	71

Tabelle 22:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch/Schwebstoffe) an der Anlage Centrifoel®.	72
Tabelle 23:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage SSA.	75
Tabelle 24:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch/Schwebstoffe) an der Anlage SSA.	76
Tabelle 25:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage MLK-R 20/9.	77
Tabelle 26:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch / Schwebstoffe) an der Anlage MLK-R 20/9.	78
Tabelle 27:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage INNOLET®.	80
Tabelle 28:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch / Schwebstoffe) an der Anlage INNOLET®.	81
Tabelle 29:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.	82
Tabelle 30:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch / Schwebstoffe) an der Anlage 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.	83
Tabelle 31:	Prüfung des Rückhalts von Mineralölkohlenwasserstoffen, Zusammenhang zwischen Entwässerungsflächen und MKW-Konzentrationen.	85
Tabelle 32:	Versuchsparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage Geotextil-Filtersack.	87
Tabelle 33:	Versuchsparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage Centrifoel®.	88
Tabelle 34:	Versuchsparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage MLK-R 20/9.	89
Tabelle 35:	Versuchsparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage INNOLET®.	90
Tabelle 36:	Versuchsparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic.	91
Tabelle 37:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Schwermetalle Zink und Kupfer) für das INNOLET® : Prüfung an einem Filterabschnitt mit Verkleinerungsfaktor 30.	94

Tabelle 38:	Versuchsparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Schwermetalle Zink und Kupfer) für das 3P Hydrosystem 1000 heavy traffic: Prüfung an einem Filterabschnitt mit Verkleinerungsfaktor 61.	95
Tabelle 39:	Übersicht der ausgewählten Gebiete	97
Tabelle 40:	Zuordnung des DTV zu den Kategorien gemäß Trennerlass	99
Tabelle 41:	Verkehrsaufkommen in Porz-Lind [Neuhaus, 2008]	100
Tabelle 42:	Befestigte Flächen in Porz-Lind	101
Tabelle 43:	Ergebnis der Flächenkategorisierung in Porz-Lind [Neuhaus, 2008]	101
Tabelle 44:	Grundwasserflurabstände in Porz-Lind [Neuhaus, 2008]	103
Tabelle 45:	Gewählte Systeme, Köln Porz-Lind	105
Tabelle 46:	Gewählte Systeme Gebiet 2, Königswinter	106
Tabelle 47:	Flächen der Straßenabläufe	108
Tabelle 48:	Bewertungsmatrix Einbau	124
Tabelle 49:	Informationsblatt Einbau Geotextil Filtersack	127
Tabelle 50:	Informationsblatt Einbau Centrifoeel	128
Tabelle 51:	Informationsblatt Einbau Separationsstraßenablauf SSA	129
Tabelle 52:	Informationsblatt Einbau Innolet	130
Tabelle 53:	Informationsblatt Einbau 3P Hydrosystem	131
Tabelle 54:	Überwachungsprotokoll	133
Tabelle 55:	Bewertungsmatrix Betrieb	135
Tabelle 56:	Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Filtersackes PL-07	137
Tabelle 57:	Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Filtersackes PL-15	137
Tabelle 58:	Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des SSA	138
Tabelle 59:	Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Centrifoeel	139
Tabelle 60:	Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Innolet Patrone PL 10	140
Tabelle 61:	Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Innolet Patrone PL 13	141
Tabelle 62:	Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des 3P Hydrosystems	142
Tabelle 63:	Informationsblatt Betrieb Geotextil-Filtersack	147
Tabelle 64:	Informationsblatt Betrieb Centrifoeel	148
Tabelle 65:	Informationsblatt Betrieb Separationsstraßenablauf SSA	149

Tabelle 66:	Informationsblatt Betrieb Innolet	150
Tabelle 67:	Informationsblatt Betrieb 3P Hydrosystem	151
Tabelle 68:	Regenereignisse im Untersuchungszeitraum in Porz-Lind	153
Tabelle 69:	Regenreihe Dottendorf	157
Tabelle 70:	Kosten für dezentrale Behandlungsanlagen	159
Tabelle 71:	Betriebskostenabschätzung	162
Tabelle 72:	Betriebskosten für die Sinkkastenreinigung	166
Tabelle 73:	Betriebskosten für ein RKB im Gebiet Porz-Lind	167
Tabelle 74:	Rückhaltewerte verschiedener Sedimentationsbecken	171
Tabelle 75:	abgeleitete Rückhaltewirkung in Regenklärbecken in %	175
Tabelle 76:	abgeleitete Gesamtrückhaltewirkung von Regenklärbecken in % unter Einrechnung des Beckenüberlaufs	176
Tabelle 77:	Kenngößen von Bemessung und Betrieb (Auswahl aus [Dittmer, 2006])	177
Tabelle 78:	Zusammenstellung Messprogramme (TRENNSYSTEME UND STRASSEN) zur Wirksamkeit von Retentionsbodenfiltern (Randbedingungen der Untersuchungen); k. A.: keine Angaben; WG: Wirkungsgrad	179
Tabelle 79:	Zusammenstellung der Zahlenwerte zur Wirksamkeit von Retentionsbodenfiltern (stoffliche Wirkungsgrade in %) aus Messprogrammen mit Niederschlagsabflüssen im Trennsystem bzw. mit Straßenabflüssen; Zahlen in Klammern sind min/ max Werte (Quellenangaben siehe Tabelle 78)	181
Tabelle 80:	Gewählte Flächentypen, -kategorien und Schmutzstoffkonzentrationen für den methodischen Vergleich	195
Tabelle 81:	Gewählte Wirkungsgrade η_{dez} und η_z der betrachteten Behandlungsanlagen für den methodischen Vergleich	196
Tabelle 82:	Gewählte Stoffkonzentrationen im Kläranlagenablauf bei Regenwetter im methodischen Vergleich	197
Tabelle 83:	Flächenzusammenstellung der ausgewählten Modellgebiete	198
Tabelle 84:	Variantenübersicht zum methodischen Vergleich der Stoffbilanzen	199
Tabelle 85:	Bewertungsmatrix Betrieb	223
Tabelle 86:	Bewertungsmatrix Betrieb, Geotextil-Filtersack	225
Tabelle 87:	Bewertungsmatrix Betrieb, Separationsstraßenablauf	227
Tabelle 88:	Bewertungsmatrix Betrieb, Centrifoel	229
Tabelle 89:	Bewertungsmatrix Betrieb, Innolet	231
Tabelle 90:	Bewertungsmatrix Betrieb, 3P Hydrosystem	233

Tabelle 91:	Ergebnis der Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit im Neuzustand	249
Tabelle 92:	Ergebnisse der Untersuchungen zur stofflichen Leistungsfähigkeit im Neuzustand ¹⁾	249
Tabelle 93:	Anlagenbezogene Empfehlungen für Kontrolle, Reinigung, und Wartung / Austausch	251

ANLAGENVERZEICHNIS

ANLAGE 1:

Überwachungsprotokolle

ANLAGE 2:

Kapitel 1: Derzeitiger Kenntnisstand

Kapitel 2: Vergleichbarkeit der stofflichen Leistungsfähigkeit von dezentralen und zentralen Anlagen

Kapitel 3: Kostenvergleich von zentralen und dezentralen Behandlungsmaßnahmen

Kapitel 4: Erhebung über Regenwasserbeseitigung in NRW

Kapitel 5: Datenblätter der dezentralen Behandlungsanlagen

ANLAGE 3:

Darstellung der labortechnischen Ergebnisse

1 VERANLASSUNG DES FORSCHUNGSVORHABENS

Im Zuge der städtebaulichen Veränderung unserer Städte steigt der Anteil der versiegelten Bodenflächen stetig an [UBA, 2005]. Das über diese Flächen abfließende, meist verschmutzte Niederschlagswasser wird in den Kanälen des Mischsystems oder den Regenwasserkanälen des Trennsystems gesammelt, abgeleitet und gegebenenfalls in zentralen Anlagen zurückgehalten und vorbehandelt. Danach erfolgt die Einleitung in ein Gewässer.

Untersuchungen haben ergeben, dass durch die Einleitungen aus Trennsystemen, je nach Parameter, höhere Schadstofffrachten in das Gewässer eingetragen werden können als über Einleitungen aus dem Mischsystem oder von kommunalen Kläranlagen [DWA, 2007]. Eine wesentliche Rolle spielt der Eintrag der abfiltrierbaren Stoffe (AFS), die als „Träger“ für Schadstoffe wie Schwermetalle von Bedeutung sind [UBA, 2005]. Während die Einträge aus industriellen Abwasseranlagen und kommunalen Kläranlagen in den letzten Jahrzehnten deutlich verringert werden konnten, sind die Emissionen aus den Trennsystemen bisher nur geringfügig reduziert worden [UBA, 2005].

Um diese Frachten aus den Trennsystemen zu verringern, hat das **Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV)** Nordrhein-Westfalen (NRW) den Erlass „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ am 26.05.2004 herausgegeben.

1.1 Anforderungen an die Einleitung von Niederschlagswasser aus Trennsystemen

1.1.1 Allgemeine Randbedingungen

Niederschlagswasser muss aus den bebauten Gebieten zum Schutz der Bewohner, des Verkehrs und des Gewerbes beseitigt werden. Hierzu werden private und kommunale Kanalisationsnetze betrieben, die das Niederschlagswasser sammeln und ableiten. Bei den Kanalisationsnetzen wird zwischen dem Trennverfahren (getrennte Ableitung von Niederschlagswasser und Schmutzwasser in zwei Rohren) und dem Mischverfahren (gemeinsame Ableitung von Schmutzwasser und Regenwasser in einem Rohr) unterschieden.

Seit 1996 soll Niederschlagswasser nach § 51 a des Landeswassergesetzes NRW (LWG) vorrangig ortsnah versickert oder ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden, soweit dies technisch möglich ist und das Wohl der Allgemeinheit nicht gefährdet wird. Diese Regelung mit dem Vorrang der getrennten Ableitung von Niederschlagswasser ist in das neue Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31.12.2009 übernommen worden, so dass die Aufgabenstellungen jetzt bundesweit vergleichbar sind.

Das Trennverfahren erfüllt die Anforderungen des § 51a LWG, da das Niederschlagswasser auf kurzem Wege einem Gewässer zugeleitet wird.

Die Belastung des Gewässers ergibt sich aus der Oberflächenbelastung, die durch das Niederschlagswasser in die Kanalisation weitergeleitet wird. Die Anforderungen zum Schutz der Gewässer orientieren sich deshalb an der erwarteten Verschmutzung der Flächen. Insofern sind die Behandlungsbedürftigkeit sowie die Art der Behandlung in grundsätzlicher Hinsicht (mechanisch/ biologisch) mit dem Herkunftsbereich verknüpft.

1.1.2 Einleitungserlaubnis

Das Niederschlagswasser, das aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt und abgeleitet wird, gehört nach § 54 Abs. 1 des WHG zum Abwasser, für dessen Einleitung eine Erlaubnis notwendig ist. Die Anforderungen an eine Einleitung ergeben sich aus dem § 57 WHG und der Rechtsverordnung nach § 23 Abs. 1 Nr. 3 WHG. Bundeseinheitliche Anforderungen bestehen derzeit nicht, da für Niederschlagswasser in der „Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer“ (Abwasserverordnung) bis jetzt noch keine Anforderung enthalten. Der § 57 Abs. 1 Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalen (LWG) gibt dem Umweltministerium die Möglichkeit, Anforderungen an die Schadstoffminderung durch entsprechende Anlagen als allgemein anerkannte Regeln der Technik durch Runderlass bekanntzugeben.

Maßgeblich für die materiellen Anforderungen bei Erteilung von wasserrechtlichen Gestattungen sind daher landesrechtliche Regelungen auf der Grundlage des § 57 LWG, die durch den Runderlass vom 26.5.2004 für Einleitungen in oberirdische Gewässer sowie den Erlass zum § 51a LWG von 1996 für Einleitungen in den Untergrund präzisiert worden sind.

1.1.3 Der Runderlass vom 26.05.2004

In dem Runderlass des MUNLV -IV-9 031 001 2104- „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ vom 26.05.2004 [MUNLV, 2004, Anlage 1] sind die Anforderungen an die Behandlung von Niederschlagswasser aus einem Trennsystem entsprechend konkretisiert worden. Diese Anforderungen zur Schadstoffminderung bei der Niederschlagsentwässerung über öffentliche und private Kanalisationen im Trennverfahren werden in dem Erlass nach § 57 Abs. 1 LWG als allgemein anerkannte Regeln der Abwassertechnik eingeführt.

Das Niederschlagswasser wird – ausgehend von Herkunftsbereichen – in die Kategorien unbelastet / schwach belastet / stark belastet eingestuft und entsprechende Anforderungen an die Behandlung gestellt.

Unbelastetes (= unverschmutztes) Niederschlagswasser (Kategorie I der Anlage 1) bedarf grundsätzlich keiner Vorbehandlung.

Schwach belastetes (= gering verschmutztes) Niederschlagswasser bedarf grundsätzlich einer Behandlung entsprechend den Vorgaben im Kap. 3 und der Tabelle in Anlage 2 des Erlasses, in der die zentralen Behandlungsverfahren beschrieben sind.

Stark belastetes (= verschmutztes) Niederschlagswasser (Kategorie III der Anlage 1) muss grundsätzlich gesammelt, abgeleitet und einer biologischen Abwasserbehandlung gemäß Anlage 2 bzw. der zentralen Kläranlage zugeführt werden.

Als zentrale Behandlungsanlagen werden in dem Runderlass

- nicht ständig gefüllte Regenklärbecken (Regenklärbecken ohne Dauerstau RKBoD),
- ständig gefüllte Regenklärbecken (Regenklärbecken mit Dauerstau RKBmD) und
- Bodenfilter

aufgeführt.

Hierdurch wird die Behandlung des Niederschlagswassers mittels dezentraler oder semizentraler Anlagen allerdings nicht ausgeschlossen, denn gemäß Punkt 2.2 des Erlasses gilt:

„Von einer zentralen Behandlung dieses Niederschlagswassers kann im Einzelfall abgesehen werden, wenn aufgrund der Flächennutzung nur mit einer unerheblichen Belastung durch Sauerstoff zehrende Substanzen und Nährstoffe und einer geringen Belastung durch Schwermetalle und organische Schadstoffe gerechnet werden muss oder wenn eine vergleichbare dezentrale Behandlung erfolgt.“

Für einen konkreten Einsatz von (dezentralen) Behandlungsanlagen, die nicht im Erlass aufgeführt sind, gelten folgende Rahmenbedingungen:

„Den aufgeführten technischen (zentralen) Möglichkeiten zur Niederschlagswasserbehandlung stehen Lösungen gleich, bei denen im Zulassungsverfahren nachgewiesen wird, dass hinsichtlich des Schadstoffrückhalts und des dauerhaften Betriebs eine Vergleichbarkeit vorliegt und die Alternativlösung die Anforderungen der Einleitung des zulassenden Bescheides erfüllt.“

Eine weitere Konkretisierung zum Einsatz dezentraler Anlagen enthält der Erlass, dem Erkenntnisstand zum Zeitpunkt der Erstellung im Jahr 2004 geschuldet, nicht.

In diesem Forschungsvorhaben geht es um die Behandlung des abfließenden Niederschlagswassers von Verkehrsflächen der Kategorie II gemäß Trennerlass. Das Niederschlagswasser von anderen Flächen mit einer höheren Belastung oder einer anderen zeitlichen oder flächenmäßigen Verteilung der Belastung wie gewerblich genutzte Flächen bedürfen einer biologischen Behandlung des Niederschlagswassers. Dieser ist die Behandlung in einem Retentionsbodenfilter, der für die Belastung dimensioniert ist, gleichwertig. Hierzu macht das Vorhaben keine Aussagen.

Zwischenfazit:

Der Weg für die dezentrale Niederschlagswasserbehandlung wird durch den Trennerlass grundsätzlich eröffnet. Da bislang aber keine konkreten Anforderungen an die Einleitung von Niederschlagswasser in Oberflächengewässer bestehen, müssen die dezentralen Anlagen hinsichtlich des Stoffrückhaltes und des dauerhaften Betriebs mindestens mit einem Regenklärbecken vergleichbar sein.

1.2 Ziele des Forschungsvorhabens

In Gebieten mit geringer Belastung, z.B. Einfamilienhaussiedlungen, können bei gemeinsamer Ableitung aller Abflüsse, einzelne belastete Verkehrsflächen eine Behandlung des gesamten Niederschlagswassers notwendig machen. Durch die von der angeschlossenen Gesamtfläche abgeleitete Niederschlagswassermenge sind unnötig große und teure Behandlungsanlagen notwendig. Diese können vermieden werden, wenn es gelingt, das Niederschlagswasser von den belasteten Verkehrsflächen vor der Einleitung in die Trennkanalisation so zu behandeln, dass es den Anforderungen des Trennerlasses entspricht und gemeinsam mit dem Niederschlagswasser von den unbelasteten Flächen ohne eine weitere Behandlung eingeleitet werden kann.

Die Vergleichbarkeit dezentraler Anlagen wäre ohne weitere Konkretisierungen im Einzelfall durch wasserrechtliche Verfahren zu führen und von der zuständigen Wasserbehörde zu prüfen. Es liegt auf der Hand, dass dies nicht praktikabel ist.

Das Ziel des Vorhabens besteht deshalb darin, die Einsatzmöglichkeiten dezentraler Anlagen exemplarisch zu untersuchen und den Nachweis der vergleichbaren Behandlung des Niederschlagswassers durch dezentrale Anlagen methodisch zu führen.

Dazu gehören folgende Arbeitsschritte:

- Prüfung der hydraulischen und stofflichen Leistungsfähigkeit und Bestimmung eventuell vorhandener Leistungsgrenzen von dezentralen Regenwasserbehandlungsanlagen
- Untersuchung der Anlagen unter Praxisbedingungen
- Nachweis der Vergleichbarkeit von zentralen und dezentralen Anlagen hinsichtlich der stofflichen Wirksamkeit und des dauerhaften Betriebs gemäß Trennerlass

Damit ist für die vergleichende Betrachtung der dezentralen zu den zentralen Anlagen eine Gesamtbewertung für den Stoffrückhalt und den Betrieb möglich, die die Anforderungen im Trennerlass berücksichtigt und eine konkrete Projektanwendung durch die Kanalnetzbetreiber eröffnet.

2 VORGEHENSWEISE DER BEARBEITUNG

Der Ablauf des Forschungsvorhabens lässt sich gemäß der unter Kapitel 1.2 genannten Zielsetzung in sechs Arbeitspakete gliedern:

- Darstellung des aktuellen Kenntnisstandes über die Verschmutzung und die Behandlung von Niederschlagsabflüssen aus der Literatur (Anlage 2, Kapitel 1)
- Prüfung der hydraulischen und der stofflichen Leistungsfähigkeit dezentraler Behandlungsanlagen
- Auswertung der Betriebserfahrungen der Praxisuntersuchungen dezentraler Behandlungsanlagen
- Darstellung der Behandlung durch zentrale und dezentrale Anlagen
- Vergleich der dezentralen und der zentralen Maßnahmen
- Erhebung über die Regenwasserbeseitigung und -behandlung in NRW (Anlage 2, Kapitel 4)

Neben der detaillierten textlichen Ausarbeitung der einzelnen Kapitel sind wesentliche Erkenntnisse und Ergebnisse umrandet und grau hinterlegt.

2.1 Derzeitiger Kenntnisstand

Gemäß Trennerlass wird Niederschlagswasser in die Kategorien unbelastet, schwach belastet und stark belastet unterschieden. Abhängig vom Herkunftsbereich kann sowohl die Konzentration als auch die Art der zu erwartenden Verschmutzung des Niederschlagswassers variieren. Zur Abschätzung möglichst repräsentativer Belastungsansätze für die versuchstechnische Prüfung dezentraler Behandlungssysteme wurden auf der Basis einer Literaturrecherche, durchgeführt von tectraa TU Kaiserslautern, Prof. Dr.-Ing. T.G. Schmitt, in einem ersten Schritt zunächst entsprechende stoffliche und hydraulische Erfahrungswerte für die Belastung von Niederschlagswasser zusammengestellt. Gleichermaßen wurden ebenfalls auf Basis einer Literaturrecherche sowohl die im Trennerlass genannten zentralen Anlagen (RKB und RBF), als auch beispielhaft neuentwickelte Behandlungsmöglichkeiten sowie deren Wirksamkeit betrachtet und dargestellt. Die derzeit auf dem Markt verfügbaren dezentralen Anlagensysteme wurden erfasst und übersichtlich zusammengestellt. Grundlage hierfür bildete u.a. die Diplomarbeit „Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser im Trennverfahren“ von [Leisse, 2008], in der die dezentralen Behandlungsanlagen zusammengetragen und dargestellt wurden.

Die umfassende Darstellung des aktuellen Kenntnisstandes ist dem Bericht in Anlage 2, Kapitel 1 beigefügt.

2.2 Darstellung der labortechnischen Ergebnisse

Aufbauend auf den Kenntnissen und die Übersicht (vgl. Anlage 2, Kapitel 1) wurden sechs dezentrale Behandlungssysteme ausgewählt (vgl. Kapitel 3) und hinsichtlich ihrer hydraulischen und stofflichen Leistungsfähigkeit vom Institut für Unterirdische Infrastruktur GmbH, Gelsenkirchen (IKT) unter definierten Randbedingungen untersucht und die Ergebnisse vergleichend gegenübergestellt. Das hierfür erarbeitete Prüfkonzept basiert auf verschiedenen Zulassungsgrundsätzen des DIBt sowie den Ergebnissen der Lenkungskreissitzungen, die mit der Teilnahme aller Projektbeteiligter durchgeführt wurden. Angaben der Hersteller zum Wirkungsgrad und zur Größe der Anschlussfläche bildeten hierbei ebenfalls eine Grundlage.

Vor diesem Hintergrund wurde die Versuchseinrichtung so konzipiert, dass die Prüfungen an den ausgewählten dezentralen Regenwasserbehandlungsanlagen in einem Versuchsstand erfolgen konnten. Eine wesentliche Rolle bei der Versuchskonzeption spielte die Festlegung der einzusetzenden Schadstoffe sowie die Verfahrenstechnik für die Zugabe dieser Schadstoffe.

Die Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen wurden bei der Festlegung des Wirkungsgrades für den Vergleich der dezentralen und zentralen Behandlungsanlagen (vgl. Kapitel 8) berücksichtigt.

2.3 Darstellung der Betriebserfahrungen

Für die Untersuchung der Betriebstauglichkeit und des Betriebsaufwandes sowie für den Nachweis der Vergleichbarkeit eines dauerhaften Betriebs gemäß Trennerlass, durchgeführt von Grontmij GmbH, Köln, wurden verschiedene dezentrale Anlagensysteme in zwei Untersuchungsgebieten eingebaut und über 1 Jahr beobachtet (vgl. Kapitel 6).

Für die Auswahl der im Gebiet zu prüfenden Behandlungsanlagen wurden beide Trenngebiete nach dem Trennerlass des MUNLV von 2004 kategorisiert und die Klärpflicht der einzelnen Flächen ermittelt. Auf dieser Grundlage konnten im Anschluss Anlagensysteme geplant und eingesetzt werden.

Der Betriebsaufwand und die spezifischen Betriebs- und Reinigungsmöglichkeiten während der 12 monatigen Versuchsdauer wurden in einem Intervall von einer Woche, zusätzlich nach jedem stärkeren Regenereignis, beobachtet und mittels spezieller Überwachungsprotokolle dokumentiert und ausgewertet. Hierbei spielte die Beurteilung der Funktionstüchtigkeit, der Funktionssicherheit, der Dauerhaftigkeit und des Wartungsaufwandes eine wesentliche Rolle, da diese Faktoren die Reinigungs- und Wartungskosten und damit die jährlichen Betriebskosten maßgebend beeinflussen. Zusätzlich wurden die Niederschlagsereignisse (Erfassung durch verschiedene Regenschreiber) ausgewertet, um eine Korrelation zwischen dem Ereignis und der hydraulischen Belastung der Anlage zu schaffen.

Für den Nachweis der Vergleichbarkeit von dezentralen und zentralen Anlagen hinsichtlich des dauerhaften Betriebs gemäß Trennerlass wurde eine Bewertungsmatrix aufgestellt, mittels derer die Ergebnisse der in situ Untersuchung zusammengefasst und vergleichend gegenübergestellt wurden.

2.4 Behandlung in zentralen Anlagen

Grundlage der Bewertung der stofflichen Vergleichbarkeit von dezentralen und zentralen Anlagen bildete das Schadstoffaufkommen im Niederschlagsabfluss einerseits sowie die Reinigungsleistung der Anlagentypen andererseits, woraus hervorgeht, dass beide Aspekte im Rahmen dieses Forschungsvorhabens näher beleuchtet werden müssen (vgl. Kapitel 7).

Sowohl das Stoffaufkommen als auch die Reinigungsleistung der Behandlungsanlagen wurden auf der Grundlage einer Vielzahl vorliegender Untersuchungen und Versuche, z. B. im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte, ermittelt und bewertet. Hinsichtlich der Schadstoffe im Niederschlagsabfluss erfolgte eine Auswertung der wesentlichen Versuchs- und Messergebnisse in Form einer Literaturrecherche mit dem Ziel, das Stoffaufkommen für Dachflächen-, Verkehrsflächen- und Mischflächenabfluss mit hinreichender Genauigkeit zu definieren.

Gleichermaßen erfolgten eine Literaturrecherche und eine Auswertung der so geschaffenen Datengrundlage zur Reinigungsleistung von zentralen Regenklärbecken, von Bodenfiltern und von dezentralen Behandlungssystemen.

Die Reinigungsleistung eines Regenklärbeckens hängt von einer Vielzahl von Parametern ab, insbesondere nicht zuletzt von der Größe, den Abmessungen, dem Betrieb und der konstruktiven Gestaltung. Daher wurde zunächst auf die Bemessung und konstruktive Gestaltung von Regenklärbecken eingegangen. Anschließend wurden Daten zur Reinigungsleistung von Regenklärbecken zusammengestellt und ein Vorschlag zur vergleichenden Betrachtung der Wirkungsgrade im Rahmen dieser Studie gemacht.

Für die Bewertung der Reinigungsleistung von dezentralen Behandlungssystemen wurden ergänzend zu den labortechnischen Messungen und den in situ Versuchen Ergebnisse verschiedener Forschungsvorhaben sowie die Angaben der Hersteller zusammengetragen und ausgewertet.

2.5 Vergleich der dezentralen und der zentralen Behandlung gemäß Trennerlass

2.5.1 Vergleichbarkeit der stofflichen Leistungsfähigkeit

Für die zukünftige Anwendung dezentraler Anlagen zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen entsprechend den Vorgaben des Trennerlasses muss die Vergleichbarkeit mit den bislang vorherrschenden zentralen Behandlungsanlagen im Trennverfahren – vorrangig Regenklärbecken ohne und mit Dauerstau sowie Retentionsbodenfilter (vorrangig bei stark verschmutzten Flächen, Kat. III) – gewährleistet sein. Betrachtungen zur Vergleichbarkeit dezentraler und zentraler Behandlungsanlagen für belastete Niederschlagsabflüsse waren deshalb zentraler Gegenstand des vorliegenden Forschungsvorhabens. Dabei bezog sich die Vergleichbarkeit vorrangig auf die Leistungsfähigkeit der Anlagen zum Rückhalt von Schmutz- und Schadstoffen im Niederschlagsabfluss („stoffliche Vergleichbarkeit“, Kapitel 8.1) sowie auf betriebliche Kriterien wie Funktionssicherheit, Dauerhaftigkeit und War-

tungsaufwand (Kapitel 6). Die Betrachtungen wurden ergänzt durch eine Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Kapitel 9).

Zentraler Gegenstand im Nachweis der Vergleichbarkeit war die Erarbeitung eines methodischen Ansatzes zum Vergleich der stofflichen Leistungsfähigkeit zentraler und dezentraler Behandlungsanlagen. Dazu wurde zunächst das erwartete Stoffaufkommen in Form mittlerer Konzentrationen im Niederschlagsabfluss für ausgewählte Stoffparameter, differenziert nach den drei Flächenkategorien (gering – mäßig – stark verschmutzt), systematisiert und zahlenmäßig belegt. In gleicher Weise wurde die stoffliche Wirksamkeit der zu vergleichenden Anlagentypen als „mittlere Wirkungsgrade“ für die gewählten Stoffparameter spezifiziert. Dabei wurden als zentrale Behandlungsanlagen Regenklärbecken (ohne Dauerstau) und Retentionsbodenfilter betrachtet.

Für die dezentralen Anlagen erfolgte eine Eingrenzung auf 3 unterschiedliche Anlagentypen.

Die Festlegungen zum Stoffaufkommen und zur Wirksamkeit des Stoffrückhaltes wurden auf der Grundlage einer umfassenden Literaturrecherche zu bereits abgeschlossenen Messprogrammen getroffen. Für die Festlegungen der Wirksamkeit dezentraler Anlagen wurden die Ergebnisse aus den Laboruntersuchungen im Rahmen des vorliegenden Projektes (siehe Kapitel 5) und zusätzlich die Herstellerangaben berücksichtigt.

Zur systematischen Untersuchung der Vergleichbarkeit wurden bei der Planung in den gewählten Einzugsgebieten jeweils dezentrale Vorbehandlungen der behandlungsbedürftigen Abflüsse von Teilflächen angeordnet und die jeweils resultierende Schmutzstofffracht auf der Grundlage der angesetzten Wirksamkeit der dezentralen Anlagen bilanziert. Der resultierende Schmutzstoffaustrag wurde für die gewählten Stoffparameter der Schmutzfrachtbilanz bei Behandlung des Niederschlagsabflusses des Gesamtgebietes in einer zentralen Behandlungsanlage gegenübergestellt. Damit wurden verschiedene Vergleichsvarianten berechnet, die verschiedenen Faktoren (z.B. angesetzte Wirkungsgrade, Flächenverschmutzungen, Behandlungsprinzip) berücksichtigten.

Die Methodik der Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Anlagen wurde anhand fiktiver und realer Einzugsgebiete entwickelt und einer Sensitivitätsanalyse in Form einer Variantenbetrachtung unterzogen.

2.5.2 Vergleichbarkeit des dauerhaften Betriebs

Der Nachweis der Vergleichbarkeit eines dauerhaften Betriebs mit zentralen Behandlungsanlagen gemäß Trennerlass erfolgte aufbauend auf den Ergebnissen der in situ Untersuchungen mittels einer Bewertungsmatrix, in der verschiedene betriebliche Aspekte wie die Hydraulik bzw. das Rückstauverhalten, die Wartung und das Rückhaltevermögen von Grobstoffen, Laub etc. bewertet wurden. Darüber hinaus sind aus Sicht der Kanalnetzbetreiber die Erfahrungen im Hinblick auf die Verstopfungsanfälligkeit und das Notüberlaufverhalten der dezentralen Anlagen von besonderem Interesse.

Die zentralen Behandlungsanlagen wurden im Hinblick auf die genannten Kriterien analog zu den dezentralen Anlagen bewertet, um so die Vergleichbarkeit sicherzustellen (Kapitel 8.2).

2.5.3 Diskussion und Gesamtbewertung zur Vergleichbarkeit

Die vergleichende Betrachtung der dezentralen und zentralen Anlagen hinsichtlich der stofflichen Wirksamkeit und dem dauerhaften Betrieb ist zentraler Gegenstand des Forschungsvorhabens, da beide Aspekte die Zulassungsvoraussetzung für den Einsatz der dezentralen Systeme bilden. Die so geschaffene Gesamtbewertung (Kapitel 8.3) ermöglicht Aussagen zur Anordnung von dezentralen Anlagen in Trenngebieten und stellt somit eine Entscheidungsgrundlage bei der konkreten Projektplanung durch die Kanalnetzbetreiber dar.

2.6 Erhebung über Regenwasserbeseitigung NRW

Zur Abrundung des Vorhabens erfolgte eine Bewertung aller im Rahmen der Umsetzung des Trennerlasses relevanten Vorhaben und Konzeptionen der Kommunen in NRW. Hierfür wurde von der Kommunal- und Abwasserberatung NRW GmbH (KuA) ein ausführlicher Fragebogen ausgearbeitet, mittels dem die Erfahrungen zu Planung und Betrieb von Regenwasserbehandlungsanlagen in den Kommunen in NRW abgefragt werden sollen, um so Probleme, Schwachstellen und offene Fragen zu erkennen.

Die EDV-technisch eingepflegten und verwalteten Daten wurden von der KuA NRW systematisiert, nach verschiedenen Kriterien (Statistik, Priorität bestimmter Fragen, Erfahrungsberichte, Übertragbarkeit der Lösungen etc.) ausgewertet und in Datenberichten zusammengefasst.

Die Ergebnisse der Erhebung über Erfahrungen zu Planung und Betrieb von Anlagen der Regenwasserbehandlung bei den Kommunen in NRW ist dem Bericht in Anlage 2, Kapitel 4 beigelegt.

Neben den durchgeführten praktischen Untersuchungen im Projekt sollten die bereits vorliegenden Erkenntnisse von Anwendern dezentraler Regenwasserbehandlungsanlagen in NRW abgefragt werden. Hierzu wurde allen 396 nordrhein-westfälischen Kommunen ein auf die Belange des Projektes abgestimmter Fragebogen zugestellt. Kernpunkt bildeten die Fragen zum eingesetzten Verfahren, den damit gewonnenen Erfahrungen und welche Chancen und Risiken bei Anwendung von dezentralen Regenwasserbehandlungsanlagen gesehen werden.

Insgesamt beteiligten sich an der Umfrage 182 der 396 Kommunen. Dies entspricht einer Rücklaufquote von rund 45% und ist als hoch zu bewerten.

An der Umfrage beteiligten sich sowohl kleine, mittelgroße als auch große Kommunen.

Von 182 Rückantworten waren 28 ohne Angaben zurückgeschickt worden. 116 Kommunen gaben an, bereits zentrale Niederschlagswasserbehandlungen gebaut zu haben und 38 gaben an, keine Behandlungsanlagen in Betrieb zu haben. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass in einigen Gebieten die

Behandlungsanlagen generell von den Wasserverbänden betrieben werden. 47 Kommunen gaben an, dass sie bereits ein Niederschlagswasserkonzept erstellt haben, weitere 62 Gemeinden planen derzeit die Aufstellung eines solchen Konzepts. In Zukunft ist daher mit einem zunehmenden Interesse an kostengünstigen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen zu rechnen.

Nur wenige Kommunen haben bisher Erfahrungen mit den für das Projekt relevanten dezentralen Behandlungsanlagen sammeln können. Auch eine Abfrage von Referenzen bei den Herstellern zu Beispielkommunen erbrachte keine neuen Erkenntnisse.

20% der Kommunen gaben an, rein physikalische Behandlungsanlagen zu betreiben. Erfahrungen mit den komplexeren Systemen hingegen sind verschwindend gering.

30% der Kommunen gaben an, dass sie in Zukunft verstärkt auf dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen zurückgreifen würden. Insbesondere werden für den Rückhalt von Sedimenten und Leichtflüssigkeiten dezentralen Anlagen Chancen eingeräumt.

Chancen für dezentrale Anlagen wurden insbesondere darin gesehen, dass diese variabel und klein-räumlich eingesetzt werden können und damit Investitionen in lange Transportsammler zu zentralen Anlagen reduziert werden können. Auch Kosteneinsparungen für Nachrüstungen bestehender Entwässerungssysteme, Vermeidung von Vermischungen behandlungsbedürftiger und nicht behandlungsbedürftiger Niederschlagswässer, flexible Anpassungen an sich ändernden Randbedingungen (demographischer Wandel) und die örtliche Behandlung am Entstehungsort wurden als Chance genannt.

91 Teilnehmer rechnen allerdings mit Kostensteigerungen bei Einsatz der dezentralen Systeme. Unzureichende Überwachungsmöglichkeiten, Personalmangel und Wartungsdefizite im Praxisfall, die dann auch zu betrieblichen Störungen des Straßenablaufs führen können, wurden als Risikoquellen genannt.

Es zeigte sich, dass der Kenntnisstand bei den Kommunen zu den dezentralen Behandlungsanlagen generell als gering eingestuft werden kann. Mit Ausnahme der normierten Sedimentationsanlagen „Straßenablauf mit Nassschlammfang“ und „Leichtflüssigkeitsabscheider“ waren die meisten Verfahren nicht bekannt. So antworteten beispielsweise 86 von 108 Befragten, die zu diesen Verfahren eine Auskunft erteilten, dass sie einen Teil der im Rahmen des Forschungsvorhabens untersuchten Systeme überhaupt nicht kennen.

Sechs der befragten Kommunen gaben an, eines der vorgegebenen physikalisch-chemischen Behandlungsverfahren im Einsatz zu haben.

Etwas bekannter waren dagegen die beiden Verfahren zur physikalisch-chemisch-biologischen Behandlung. Allerdings fand sich hier nur eine einzige Kommune, die eines der Verfahren im Einsatz hat.

Insgesamt wurden sechs Kommunen mit vertieften Erfahrungen zu den einzelnen dezentralen Verfahren telefonisch interviewt. Die Anlagen waren alle zu Probezwecken installiert worden, teilweise lagen noch keine verwertbaren

Erkenntnisse vor. Die meisten Kommunen gaben allerdings bereits jetzt an, dass kein weiterer Einsatz geplant sei. Als Grund wurden insbesondere die Störanfälligkeit und der damit verbundene erhöhte Betriebsaufwand genannt.

Anders als zu Projektbeginn erwartet, wurde bei der Umfrage festgestellt, dass bislang nur sehr wenige dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen bei den Kommunen installiert wurden. Auch der Kenntnisstand zu den einzelnen Verfahren war geringer als erwartet. Das Interesse an diesen Verfahren ist dementsprechend hoch. Dies zeigte sich daran, dass viele Befragte sich mehr Informationen zu den einzelnen Verfahren wünschten. Da viele Kommunen zur Zeit ein Niederschlagswasserkonzept aufzustellen, dürfte das Interesse an kostengünstigen Verfahren zur Behandlung der belasteten Straßenabflüsse deutlich steigen.

Um dezentrale Behandlungsanlagen auf dem Markt zu etablieren, müssen die kommunalen Mitarbeiter gezielt über die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren aufgeklärt werden. Entscheidend für eine Akzeptanz der Kommunen dürfte nach den Ergebnissen der Befragung die Häufigkeit der erforderlichen Wartungsintervalle sein.

3 AUSWAHL DER ZU PRÜFENDEN DEZENTRALEN SYSTEME

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen verschiedene dezentrale Systeme hinsichtlich ihrer hydraulischen und stofflichen Leistungsfähigkeit sowie der Betriebssicherheit untersucht werden. Um für das Vorhaben geeignete Systeme auszuwählen, müssen zunächst die derzeit auf dem Markt verfügbaren Anlagen betrachtet und Auswahlkriterien festgelegt werden.

3.1 Übersicht über am Markt verfügbare Anlagen

Derzeit ist eine Vielzahl dezentraler Anlagen zur Behandlung belasteter Niederschlagsabflüsse auf dem Markt, die für unterschiedliche Einsatzorte und angeschlossene Flächen konzipiert sind und unterschiedliche Reinigungsziele verfolgen. Da viele Behandlungsanlagen noch recht neu sind und sich teilweise in der Erprobungsphase befinden, ist die Darstellung der Anlagen eine „Momentaufnahme“ (Stand 12/2009) und ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

In Tabelle 1 sind die Anlagen nach Hersteller alphabetisch geordnet und mit den wesentlichen Merkmalen kurz zusammengefasst dargestellt. In den beiden letzten Spalten ist der jeweilige Rückhalt laut Hersteller angegeben sowie die Art der bereits erfolgten Prüfungen.

Dabei ist darauf hinzuweisen, dass hier auch Anlagen aufgeführt sind, die für eine Behandlung von Straßenabflüssen (und damit für Niederschlagsabflüsse von Mischflächen) nicht infrage kommen. Dies gilt unter anderem für Systeme, die als Fallrohrfilter ausgeführt werden.

Tabelle 1: Übersicht über Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser, Teil 1/8, V: Verkehrsflächen, D: Dachflächen, mD: metallische Dachflächen, D: Dichttrennung, F: Filtration, S: Sorption, B: biochemische Umwandlung, I: Ionenaustausch

Anlagenhersteller (nach Alphabet)	Name	angeschlossene Fläche	Anwendungsbereich	Prinzip	Reinigungsverfahren	Anlagentyp	Rückhalt von .. mit Wirkungsgrad (lt. Herstellerangaben)	Untersuchung
		[m ²]	V/D/mD		D/F/S/B			
3P Technik Filtersysteme GmbH	3 P Rainus	70	D	Fallrohrfilter mit integrierten Kaskaden zur Grobstoffabtrennung, Feinfiltersieb	F	Kompaktanlage	AFS > 0,7 mm	Nach DIBt für Anlagen zur Versickerung
3P Technik Filtersysteme GmbH	3 P Retentions- und Versickerungsfilter	200	D	Filtration in Filterkorb aus Edelstahl, Maschenweite 0,55 mm	F	Kompaktanlage	AFS > 0,55 mm	Nach DIBt für Anlagen zur Versickerung
3P Technik Filtersysteme GmbH = REHAU AG + Co (Vertreiber von 3P Technik Filtersysteme GmbH in Deutschland)	3 P Hydrosystem = RAUSIKKO-Hydro-Clean, jeweils nur größere Anlage	175/1.000 100/500 100/500 100/500	D mD V bis 5.000 DTV V starke Belast.	Hydrodynamischer Abscheider als Sandfang, Filter mit an Nutzung angepasste speziellem Substrat (poröses Material mit CaCO ₃ -Anteil, Zeolith), größere Bauart hat jeweils Ölabscheidevorrichtung	D/F/S/I	Kompaktanlage	AFS, P _{ges} , NH ₄ -N, Cd, Zn, (Cu, Pb), Ni, Cr, PAK, MKW	Nach DIBt für Anlagen zur Versickerung
ACO DRAIN Passavant GmbH Firma ACO Tiefbau Vertrieb GmbH	Separations-Straßenablauf SSA	400 - 500	V	Verbesserter mechanischer Rückhalt von Sinkstoffen durch verringerte Turbulenz im Absetzvolumen	D	Straßeneinläufe/ Hofeinläufe	AFS (40 - 55%)	Labor, In-situ
ROVAL Umwelt Technologien Vertriebsgesellschaft	Centrifoeel	400	V	Mechanischer Rückhalt von Sink- und Schwimmstoffen; mit Leichtstoffabscheider	D	Straßeneinläufe/ Hofeinläufe	AFS (99,6%), Pb (97,5%), Zn (97,8%), Cd (90,6%), MKW (95,4%)	Labor

Tabelle 1 (Fortsetzung): Übersicht über Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser, Teil 2/8, V: Verkehrsflächen, D: Dachflächen, mD: metallische Dachflächen, D: Dichttrennung, F: Filtration, S: Sorption, B: biochemische Umwandlung, I: Ionenaustausch

Anlagenhersteller (nach Alphabet)	Name	angeschlossene Fläche	Anwendungsbereich	Prinzip	Reinigungsverfahren	Anlagentyp	Rückhalt von .. mit Wirkungsgrad (lt. Herstellerangaben)	Untersuchung
		[m ²]	V/D/mD		D/F/S/B			
Diverse	Straßenablauf mit Nassschlammfang nach RAS-Ew	400 - 500	V	Schlammfang durch Sedimentation	D	Straßeneinläufe/ Schächte	AFS (20 - 35%)	Labor
Enregis GmbH	Biocalith MR Filter	200	V	Bodenfiltersubstrat wird lose auf Trägerelementen eingebaut und mit wasserdurchlässigen Geotextil ummantelt. Anschließend Versickerung	F/S/B/I	Kompaktanlage	AFS, SM, gelöste Stoffe	Gutachten TU Darmstadt
Enregis GmbH	Enregis ENVIA-CRC System	500	V	Straßenablauf, Sedimentationsraum mit Ölabscheider, Filter	D/F	Straßenablauf	AFS, MKW	EME-Zertifizierung
Fränkische Rohrwerke	Rigo-clean	500/1000	V	Verbesserter mechanischer Rückhalt von Sinkstoffen durch zwei Absetzvolumina und Spaltsieb, Rigolenschutz	D/F	Straßeneinläufe/ Hofeinläufe	AFS	Labor
Fränkische Rohrwerke	Sedi-pipe	max.2.500/3.300/4.500	V	Sedimentationsstrecke; Strömungstrenner verhindert Resuspension	D	Kompaktanlage	AFS (57%)	Labor
Fränkische Rohrwerke	Sedi-Substrator	340/520/830	V	wie Sedi-substrator, zusätzlich Substratpatrone; Filtration und Adsorption	D/F/S	Kompaktanlage	AFS + SM + MKW	Labor

Tabelle 1 (Fortsetzung): Übersicht über Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser, Teil 3/8, V: Verkehrsflächen, D: Dachflächen, mD: metallische Dachflächen, D: Dichttrennung, F: Filtration, S: Sorption, B: biochemische Umwandlung, I: Ionenaustausch

Anlagenhersteller (nach Alphabet)	Name	Angeschlos- sen Fläche	Anwen- dungs- bereich	Prinzip	Reini- gungs- verfah- ren	Anlagentyp	Rückhalt von .. mit Wir- kungsgrad (lt. Herstelleran- gaben)	Untersu- chung
		[m ²]	V/D/mD		D/F/S/B			
FREYLIT Umwelt- technik GmbH	FREYLIT- Parkflächen- entwässe- rungssystem PFE	variabel	V	Kompaktgerät mit integriertem Schlammfang, Mineralölab- scheider, Restölabscheider Probenahmestelle	D	Kompaktan- lage	Mineralöl	unbekannt
FREYLIT Umwelt- technik GmbH	FREYLIT- Sicker- schachteinla- gen			Sickerschacht mit Adsorpti- onsmittel	F/S	Kompaktan- lage		
Funke Kunststoff GmbH (Rinne), Be- ton Müller GmbH, ECO (Filter)	D-Rain-Clean	variabel; 5- 15 m ² /m Sickermulde	V/D	Filtersubstrat: Adsorption, Kationenaustausch und Filtra- tion, biologischer Abbau von Ölrückständen in Sickermulde mit Substratfüllung	F/S/B	Modulbau- weise	AFS, CSB, Pges, NH ₄ , NO ₃ , SM, PAK, MKW	Labor, DiBT- Zulassung
Funke Kunststoffe GmbH (Substrat), Beton Müller GmbH (Filterkörper)	Müller ECO Regenwas- serversickeru- ngssystem	keine Anga- be, wird pro- jektspezi- fisch be- rechnet	D	Bodenfilter in einem Beton- ringelement, Ablauf wird in Zisterne oder Versickerungs- anlage geführt	F/S	Kompaktan- lage	keine Anga- ben	keine Prü- fung
Funke Kunststoffe GmbH (Substrat), Beton Müller GmbH (Filterkörper)	Müller ECO Straßenwas- serfilter	keine Anga- be, wird pro- jektspezifisc h berechnet	V	Bodenfilter bestehend aus Betonelementen, die in die Straße integriert werden, Ab- lauf wird in Versickerungsbo- xen geführt	F/S/B	Modulbau- weise	keine Anga- ben	keine Prü- fung

Tabelle 1 (Fortsetzung): Übersicht über Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser, Teil 4/8, V: Verkehrsflächen, D: Dachflächen, mD: metallische Dachflächen, D: Dichttrennung, F: Filtration, S: Sorption, B: biochemische Umwandlung, I: Ionenaustausch

Anlagenhersteller (nach Alphabet)	Name	Angeschlos- sen Fläche	Anwen- dungs- bereich	Prinzip	Reini- gungs- verfah- ren	Anlagentyp	Rückhalt von .. mit Wir- kungsgrad (lt. Herstelleran- gaben)	Untersu- chung
		[m ²]	V/D/mD		D/F/S/B			
Hans Huber AG/TU München	Huber-Hydro- Filt, Neuentwick- lung für Ver- kehrsflächen	500	V	Schachtbauwerk mit Sand- fang und Aktivkoks- Filterelement, vorgeschaltete Sedimentationsrinne	D/F/S	Kompaktan- lage	Ablaufwerte: Cu 9 µg/l, Pb < 5 µg/l, Zn < 50 µg/l, TOC 5,6 mg/l	in situ
Hans Huber AG, HydroCon GmbH, TUM	Huber-Hydro- Filt	500/1000	mD	Schachtbauwerk mit Sand- fang und Zeolith- Filterelement, Betonteilsicker- rohr, Rigole zur Versickerung	S/F/I	Kompaktan- lage	AFS, Cu (96,3 %), Zn (92 %)	in situ
Hauraton GmbH & Co. KG	DRAINFIX Sedimentati- ons- und Fil- teranlage	10, 20 und 100 l/s	V	keine Angaben über Aufbau, Zeichnung der Anlage von außen im Internet	D/F/S	Kompaktan- lage	keine Anga- ben	in situ in München
Heitker GmbH	Flächenab- lauffilter mit BIOFIL- Substrat	25 je Modul	V	Flächenfilter mit Bodenfilter- substrat	F/S/B	Modulbau- weise	AFS (80 - 99%), CSB (70 - 95%), P _{ges} (60 - 80 %), NH ₄ (60 - 99%), SM (bis 98 %), PAK (80 - 99%)	Labor (noch nicht abge- schlossen)
Heitker GmbH	Substrat- Filterschacht DN 1000	100 je Filter- element, max. 1.000	V/D	Filterschacht mit Sedimentati- onsvorrichtung, Filtereinsät- zen und LFKabtrennung	D/F/S	Modulbau- weise	Feststoffe + gelöste Stoffe	Labor (noch nicht abge- schlossen)

Tabelle 1 (Fortsetzung): Übersicht über Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser, Teil 5/8, V: Verkehrsflächen, D: Dachflächen, mD: metallische Dachflächen, D: Dichttrennung, F: Filtration, S: Sorption, B: biochemische Umwandlung, I: Ionenaustausch

Anlagenhersteller (nach Alphabet)	Name	angeschlossene Fläche	Anwendungsbereich	Prinzip	Reinigungsverfahren	Anlagentyp	Rückhalt von .. mit Wirkungsgrad (lt. Herstellerangaben)	Untersuchung
		[m ²]	V/D/mD		D/F/S/B			
KME Germany AG	TECU-Fallrohrfilter	150/250	mD	Vorfilter für Grobstoffe, Filterpatrone mit zeolithischem Material	F	Fallrohrfilter	Cu (72%)	In-situ (IUTA)
KME Germany AG	Sickerschacht	300	mD	Geotextil-Filtersack, Filterschicht aus Zeolith/Sand, Füllsand + gewachsener Boden	F/S/I	Sickerschacht	Cu (99%), Zn (98%) (Säulen)	In-situ, Säulenversuche
Mall GmbH	Mall-Sedimentationsanlage	260 bis 8.200	V/D	mechanischer Rückhalt von Sink- und Schwimmstoffen; durch tangentielle Einleitung in Behälter, Absetzraum und Tauchwand zur Leichtflüssigkeitsabscheidung	D	Kompaktanlage	AFS (46 bis 99,9%, im Mittel 98%)	Pilotanlage
Mall GmbH	Mall-Wälzfilter	> 5.000 m ²	V/D	Filtration von abfiltrierbaren Stoffen, biologische Umwandlung durch Belüftung des Filtersubstrates, mechanischer Rückhalt der im Filter entstandenen Abbauprodukte im Sedimentationsraum	F/B/D	Kompaktanlage	AFS (80%)	Labor

Tabelle 1 (Fortsetzung): Übersicht über Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser, Teil 6/8, V: Verkehrsflächen, D: Dachflächen, mD: metallische Dachflächen, D: Dichttrennung, F: Filtration, S: Sorption, B: biochemische Umwandlung, I: Ionenaustausch

Anlagenhersteller (nach Alphabet)	Name	angeschlossene Fläche	Anwendungsbereich	Prinzip	Reinigungsverfahren	Anlagentyp	Rückhalt von .. mit Wirkungsgrad (lt. Herstellerangaben)	Untersuchung
		[m ²]	V/D/mD		D/F/S/B			
Mall GmbH	MLK-R Lamellenklärer	2 Baugrößen: 530 bis 1.850 1.060 bis 3.700	V/D	mechanischer Rückhalt von Sink- und Schwimmstoffen durch Einbau von Lamellen in Behälter, Schlammraum und Tauchrohr zur Leichtflüssigkeitsabscheidung	D	Kompaktanlage	AFS (80 - 90%)	Labor
Mall GmbH	MF Regenwasser-Metalldachfilter	300, 500, 1.000	mD	2 Filterschächte aus Beton zur Kontaktfällung, der erste als Schlammfang, der zweite mit Filtervorrichtung bei MF 1000, bei MF 300 und 500 in einem Schacht	Fällung/D/F	Kompaktanlage	Cu (95%), < 200 µg/l	in situ
Mall GmbH	Terra-Regenspeicher	150/300	mD, V	Speicher mit bepflanzbarem Substrat (optigrün), durch das Regenwasser sickert	F/S/B	Kompaktanlage	Pb (80,8 %), Cu (66,8%), Zn (33,6 %)	Labor
Mall GmbH + Sieker	INNODRAIN	variabel	V	Mulden-Rigolen-Element oder Sickersmulde, AFS-Abtrennung, bepflanzt und natürlicher Boden	F/S/B	Modulbauweise		in situ

Tabelle 1 (Fortsetzung): Übersicht über Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser, Teil 7/8, V: Verkehrsflächen, D: Dachflächen, mD: metallische Dachflächen, D: Dichttrennung, F: Filtration, S: Sorption, B: biochemische Umwandlung, I: Ionenaustausch

Anlagenhersteller (nach Alphabet)	Name	angeschlossene Fläche	Anwendungsbereich	Prinzip	Reinigungsverfahren	Anlagentyp	Rückhalt von .. mit Wirkungsgrad (lt. Herstellerangaben)	Untersuchung
		[m ²]	V/D/mD		D/F/S/B			
Mall GmbH, Rhebau Rheinische Beton- und Industrie GmbH, Kessel GmbH, Bene Environmental Technologies GmbH, ACO Tiefbau Vertrieb GmbH	Leichtstoff- und Koaleszenzabscheider nach DIN	variabel	V	Schlammfang, Öl-/Benzinabscheider, Koaleszenzabscheider (Filtration)	D/F	Modulbauweise	Mineralöl (97 - 99%)	DIBt-Prüfung Abscheider
Dr. Pecher AG	FiltaPex	2.000 bis 5.000, je nach Fläche	V, ?	2-stufiges System mit mechanischer Vorbehandlung durch Rohrlamellen und Schlammfang, Filterstufe, Bypass für höhere Abflüsse!	V/?	Kompaktanlage	Feststoffrückhalt (80%)	
REHAU AG + Co	RAUSIKKO-Schacht	500/1.000/2.000	V	Sedimentationsschacht mit Tauchrohr	D	Kompaktanlage		keine Prüfung
REHAU AG + Co	RAUSIKKO-Sedimentation	1.050 bis 14.500	V	Sedimentationszylinder mit Tauchrohr	D	Kompaktanlage		keine Prüfung
Schreck	Geotextil-Filtersack	400 - 500	V	6,8 mm dickes Geotextilvlies, dass an einem Spannring in den Schacht eingehängt wird	F	Straßeneinläufe/Schächte	AFS (80%), Pb (73%), Cu (58%), Zn (70%), Ni (60%), Cr (61%)	In-situ

Tabelle 1 (Fortsetzung): Übersicht über Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser, Teil 8/8, V: Verkehrsflächen, D: Dachflächen, mD: metallische Dachflächen, D: Dichttrennung, F: Filtration, S: Sorption, B: biochemische Umwandlung, I: Ionenaustausch

Anlagenhersteller (nach Alphabet)	Name	angeschlossene Fläche	Anwendungsbereich	Prinzip	Reinigungsverfahren	Anlagentyp	Rückhalt von .. mit Wirkungsgrad (lt. Herstellerangaben)	Untersuchung
		[m ²]	V/D/mD		D/F/S/B			
Sieker - Ing. Gesellschaft Prof. Sieker	Innolet-Filterpatrone	10 l/(s*ha)	V	Grobstoffabscheidung in Siebkorb; Filtration durch Schicht aus partikulären Eisenhydroxid, Bypass für höhere Abflüsse!	D/F/S	Straßeneinläufe/ Hofeinläufe	AFS (48%), CSB (48%), Pges (40%), Cu (32%), Zn (48%)	Labor, in situ
Sieker - Ing. Gesellschaft Prof. Sieker	Innolet-Rinne	400-500	V	Grobstoffabscheidung, Adsorptives Filtermaterial	F/S/B	Modulbauweise	AFS (48%), CSB (48%), Pges (40%), Cu (32%), Zn (48%)	Labor, in situ
Diverse	Straßenablauf mit Nassschlammfang nach RAS-Ew	400 - 500	V	Schlammfang durch Sedimentation	D	Straßeneinläufe/ Schächte	AFS (20 - 35%)	Labor
Technische Richtlinie der Stadt Wien zur Bemessung, variable Hersteller	Anlage zur Reinigung von Dachflächenwässern der Stadt Wien	variabel	D/mD	Absetzbecken ($T_A = 20$ min), Schwebstofffilter ($Q = 5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$), Adsorptionsfilter mit Aktivkohle (Körnung 0,5 bis 3 mm, $T_K > 3$ min)	D/F/S	3-stufige Kompaktanlage	AFS, CSB, PAK, Cd, Pb, Zn (jeweils 85%) Bakterien	in-situ

3.2 Kriterien für die Auswahl der zu prüfenden Anlagen

Bei der Auswahl der dezentralen Systeme für die weiteren Untersuchungen im Projekt wurden vorrangig die nachstehenden Kriterien berücksichtigt, um ein ausreichend großes Spektrum unterschiedlicher Konstellationen und Wirkungsweisen abzudecken:

- der Einbau des Systems abhängig vom Aufwand und
- das Behandlungsverfahren des Systems (physikalisch, physikalisch-chemisch) und damit der erwartete Grad an Wirksamkeit des Stoffrückhaltes
- das abgedeckte Spektrum unterschiedlicher Niederschlagsabflüsse zur Behandlung (Dachabflüsse, Straßenabflüsse, Mischflächenabflüsse)

3.2.1 Einbau der Systeme

Es gibt mehrere Anlagen, die in vorhandene Straßenabläufe eingesetzt werden können und damit für bestehende Straßen und deren Entwässerungssysteme geeignet sind. Für den Einsatz dieser Anlagen ist die Art des Straßenablaufs (Varianten nach DIN 4052) und den sich daraus ergebenden Platzverhältnissen in den Einläufen ein wesentlicher Faktor, der bei den Versuchen überprüft werden muss. Folgende Typen sind für den Einsatz in den Straßenablauf geeignet:

- Geotextil-Filtersack, Fa. Paul Schreck Filtertechnik Vliesstoffe
- INNOLET, Fa. Funke Kunststoffe GmbH

Für andere Anlagen muss der vorhandene Straßenablauf ausgebaut und durch einen systemeigenen Schacht ersetzt werden. Der Aufwand für die Errichtung ist zwar wesentlich höher, aber die konstruktiven Möglichkeiten, die Anlage an das vorhandene Entwässerungssystem anzupassen, auch in der Regel einfacher. Vertreter dieses Typs sind:

- Separations-Straßenablauf SSA, Fa. ACO-drain Passavant
- Centrifoel, Fa. Roval Umwelt Technologien Vertriebsges. mbH

Wenn es notwendig oder möglich ist, mehrere Straßenabläufe an eine gemeinsame Behandlungsanlage anzuschließen, kann diese sowohl innerhalb als auch außerhalb des Straßenraumes angeordnet werden. Diese Anlagen sind als semizentrale Anlagen sehr flexibel, sind aber in ihrer baulichen Kon-

struktion größer und häufig muss ein zusätzlicher Zu- und Ablaufkanal vorgesehen werden. Zu diesen Systemen gehören:

- 3P-Hydrosystem, Fa. 3P Technik Filtersysteme GmbH
- Lamellenklärer MLK-R, Fa. Mall Umwelttechnik

Aufgrund der unterschiedlichen Verhältnisse in den vorhandenen Trennsystemen sollen diese drei Einbauvarianten bei der Auswahl der zu prüfenden Systeme berücksichtigt werden.

3.2.2 Behandlungsverfahren der Systeme

Das zweite Auswahlkriterium stellt das Behandlungsverfahren dar, das sich bei den Systemen hinsichtlich

- einer physikalischen Behandlung und
- einer physikalisch-chemischen Behandlung unterscheidet.

Zu den Wirkungsmechanismen der physikalischen Behandlung gehören beispielsweise die Filtration, die Sedimentation und die Leicht- und Schwebstoffabtrennung. Mittels chemischer Prozesse, wie z. B. die Sorption und der Ionenaustausch, werden gelöste Stoffe zurückgehalten. Bei physikalisch-chemischen Behandlungsanlagen finden demnach beide Prozesse statt. Behandlungsanlagen mit biologischer Reinigungsstufe, z. B. durch die belebte Bodenzone, werden im Rahmen des Vorhabens nicht betrachtet. Vertreter der physikalischen Behandlung sind:

- Geotextil-Filtersack, Fa. Paul Schreck Filtertechnik Vliesstoffe
- Separations-Straßenablauf SSA, Fa. ACO-drain Passavant
- Centrifoel, Fa. Roval Umwelt Technologien Vertriebsges. mbH
- Lamellenklärer MLK-R, Fa. Mall Umwelttechnik

Physikalisch-chemische Verfahren werden durch den Einsatz von Substraten in folgenden Anlagen angewandt:

- INNOLET, Fa. Funke Kunststoffe GmbH und
- 3P-Hydrosystem, Fa. 3P Technik Filtersysteme GmbH

Im Rahmen der Lenkungskreissitzungen „Regenwasserbehandlung in Trennsystemen“ wurden aufgrund der genannten Kriterien folgende sechs dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen für die Laborprüfungen ausgewählt.

- Geotextil-Filtersack, Fa. Paul Schreck Filtertechnik Vliesstoffe
- Separations-Straßenablauf SSA, Fa. ACO-drain Passavant
- Centrifoel, Fa. Roval Umwelt Technologien Vertriebsges. mbH
- INNOLET, Fa. Funke Kunststoffe GmbH
- 3P-Hydrosystem, Fa. 3P Technik Filtersysteme GmbH
- Lamellenklärer MLK-R, Fa. Mall Umwelttechnik

3.3 Beschreibung der ausgewählten Anlagen

Wesentliche Angaben über die dezentralen Systeme wurden von [Leisse, 2008] im Rahmen einer Diplomarbeit zusammengestellt. Hierfür wurden u. a. die Angaben der Hersteller und Literaturwerte von seinerzeit auf dem Markt verfügbaren Systemen ausgewertet. Die Ausarbeitung bildete eine Grundlage für die nachfolgende Darstellung der ausgewählten Systeme.

3.3.1 Geotextil-Filtersack

Beschreibung und Funktionsprinzip

Das zweilagige, vernähte Geotextilvlies besteht aus einem feinfaserigen, mechanisch verfestigten, weißen Polyestervlies und einem grobfaserigen, mechanisch verfestigten Polypropylenvlies. Es ist 6,8 mm dick und hält Partikel bis ca. 2 µm Korndurchmesser zurück [Kaufmann, 2006].

Das Filterelement kann sowohl direkt in den Sinkkasten oder in speziellen Filterschächten eingebaut werden. Bei separaten Filterschächten können mehrere Entwässerungsleitungen mit mehreren Einlaufschächten angeschlossen werden. Der Einbau des Elements als Sack in den Sinkkasten erfolgt mit einem Rahmen oder mit Haken und Spannring an dem Laubeimer.



Abbildung 1: Einsatz des Geotextil-Filtersacks

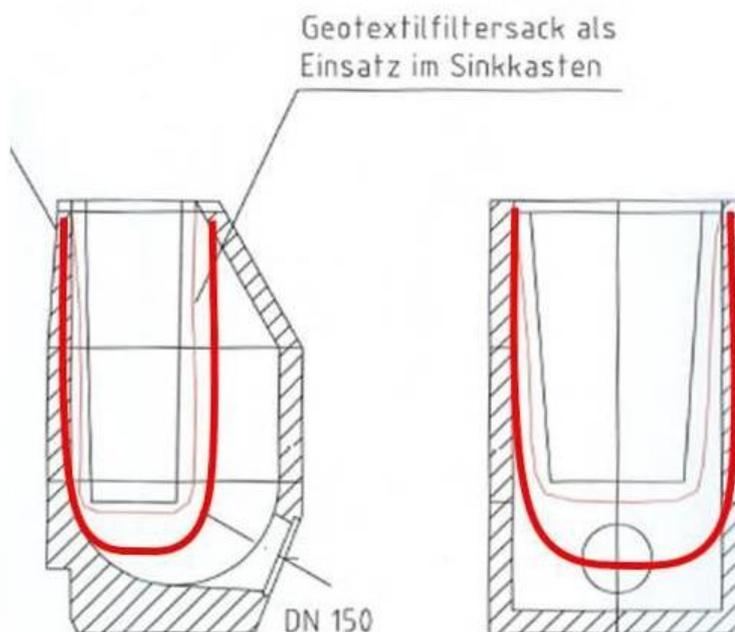


Abbildung 2: Prinzipskizze Geotextil-Filtersack (ohne Maßstab)

Wirkungsmechanismen

Tabelle 2: Wirkungsmechanismen des Geotextil-Filtersacks

Wirkprinzip	Element
	Filtration mittels Geotextilvlies

Einbau

Der nachträgliche Einbau in Schächte oder Straßeneinläufe ist unproblematisch.

angeschlossene Fläche

Abhängig von der Größe der Filterfläche sind folgende Anschlussflächen möglich:

- max. 150 m² mit einem Filtervlies für Sinkkästen nach DIN 4052 (kurze Bauform) mit Rechteckaufsatz 300 x 500
- max. 300 m² mit einem Filtervlies für Sinkkästen nach DIN 4052 (lange Bauform) mit Rechteckaufsatz 300 x 500
- max. 400 m² mit einem Filtervlies für Sinkkästen nach DIN 4052 (lange Bauform) mit Quadrataufsatz 500 x 500

Bemessungsregenspende

$$Q_R = 120 - 150 \text{ l/(s*ha)} \text{ (Ras-Ew: } r_{15,1})$$

Prüfungen und Rückhaltewerte

Die Werte wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes der EAWAG und der FH Bern zum Schadstoffrückhalt, das über zwei Jahre lief, ermittelt. An einer vielbefahrenen Straße (17.000 DTV) wurde ca. 1.500 m² Fläche an einen Geotextilsack angeschlossen. Die in situ Versuchsanlage wurde zwei Jahre lang beprobt und lieferte folgende Rückhaltewerte [EAWAG, 2005, zitiert in Leisse, 2008]:

Tabelle 3: Rückhaltewerte des Filtersacks

Parameter	Rückhalt [%]
AFS	80
Pb	73
Cu	58
Zn	70
Ni	60
Cr	61

Wartungs- und Reinigungsintervalle

- vierteljährliche Wartungsintervalle
- Erstreinigung mittels Hochdruckreiniger nach einem Jahr
- dann zweijährliche Reinigungsintervalle

Referenzprojekte

- Schweiz, Projekt Straßenwasserfilterschacht in Burgdorf, Entwässerung einer Verkehrsfläche
- Bayern, Betriebshof der Spedition Häring in Straubing, Entwässerung der Hoffläche mit anschließender Versickerung

3.3.2 Separations-Straßenablauf SSA

Beschreibung und Funktionsprinzip

Die erste Separationsstufe bildet ein verbesserter Aufsatz in Form des quadratischen Multitop 500 PF Aufsatzes für Straßenabläufe der Firma ACO Drain Passavant. Er besteht aus einem gusseisernen Rahmen und Rost nach DIN EN 124. Der Rost besitzt gegenüber den herkömmlichen Konstruktionen ein geringeres Gewicht sowie kleinere Schlitzweiten von nur 25 mm und soll die Funktion eines Rechens für den Rückhalt von Grobstoffen, wie z.B. Laubblättern, Ästen, Gras, usw., auf der Straßenoberfläche übernehmen.

Die zweite Separationsstufe bildet ein im Aufsatz eingehängter Eimer der Form A4 nach DIN 4052-4. Er besitzt die gleiche Aufgabe wie der Eimer beim Straßenablauf mit Bodenauslauf, d.h. er soll in der Funktion eines Siebes durch die vorgegebenen Schlitzöffnungen Partikel > 16 mm zurückhalten. Diese Begrenzung kann sich durch das teilweise oder vollständige Versperren der Schlitzöffnungen durch eingespülte Laubblätter und sonstige flächige Gegenstände sowie durch die Filterwirkung des bereits zurückgehaltenen Feststoffgemisches nach unten verschieben.

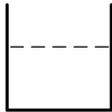
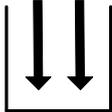
Als dritte Separationsstufe dient ein Schlammraum. Alle zuvor noch nicht zurückgehaltenen absetzbaren Feststoffe sollen dort sedimentieren.



Abbildung 3: Separations-Straßenablauf SSA

Wirkungsmechanismen

Tabelle 4: Wirkungsmechanismen des Separationsstraßenablaufs

Wirkprinzip	Element
	Siebung mittels Gitterrost und Grobschmutzeimer
	Sedimentation im Schlammraum

Einbau

Der Einbau erfolgt anstelle von Straßenabläufen nach DIN 4052. In der Regel ist eine Anpassung des Ablaufkanals zum RW-Sammler erforderlich.

angeschlossene Fläche

- max. 500 m²

Bemessungsregenspende

- $q_R = 10 - 15 \text{ l/s*ha}$

Prüfungen und Rückhaltewerte

Der Separationsstraßenablauf wurde im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens im Auftrag des Ministeriums für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) konzipiert und untersucht. Folgende Wirkungsgrade wurden ermittelt:

Tabelle 5: Rückhaltewerte des SSA

Parameter	Rückhalt
AFS	40 – 55 %

Wartungs- und Reinigungsintervalle

Mit einem Saug-Spül-Wagen kann der gesamte Inhalt des Schlammraumraumes ausgesaugt werden. Abhängig vom Schmutzeintrag muss dies im Abstand von 8 bis 12 Monaten erfolgen.

Referenzprojekte

- Herne, Pilotanlage in der Von-Waldhausen-Straße, Entwässerung der angeschlossenen Verkehrsfläche im Trennsystem

3.3.3 Lamellenklärer

Beschreibung und Funktionsprinzip

Das Niederschlagswasser strömt in die erste Kammer des Lamellenklärers, der durch den Einsatz der Lamellen eine vergrößerte Absetzfläche besitzt. Ein Tauchrohr leitet das Wasser senkrecht nach unten, um eine Verwirbelung zu vermeiden. Die im Niederschlagswasserabfluss mitgeführten Leichtflüssigkeiten werden durch das Tauchrohr vor dem Ablauf zurückgehalten.

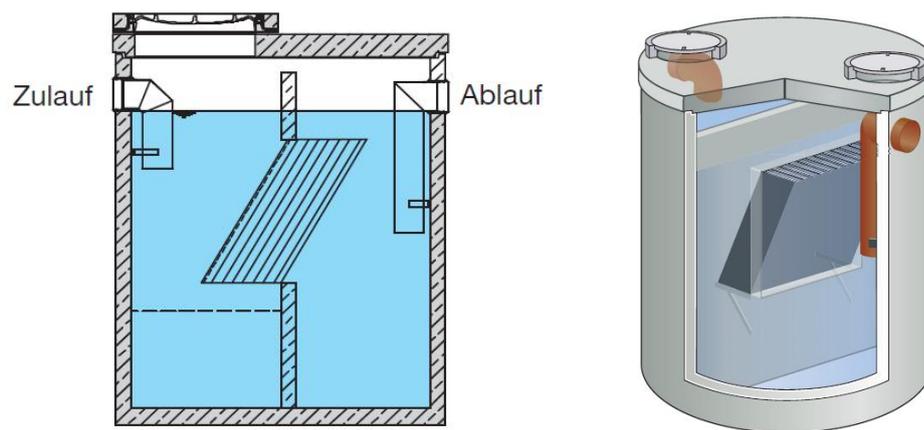


Abbildung 4: Lamellenklärer MLK-R

Wirkungsmechanismen

Tabelle 6: Wirkungsmechanismen des Lamellenklärers

Wirkprinzip	Element
	Sedimentation im Schlammraum
	Leichtstoffabscheidung mittels Tauchrohr

Einbau

Das Betonbauwerk erfordert eine Baumaßnahme und aufgrund der möglichen Anschlussfläche ggf. ein Zusammenschluss mehrerer Sinkkästen.

angeschlossene Fläche

Der Einzugsbereich des Lamellenklärers MLK-R (Oberflächenbeschickung: 9 m/h) liegt, je nach Anlagengröße, zwischen 530 m² und 1.850 m² versiegelter Fläche.

Bemessungsregenspende

- $q_R = 150 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$

Prüfungen und Rückhaltewerte

Das Feststoffrückhaltevermögen des Lamellenklärers wurde unter Variation der hydraulischen Belastung in werkseigenen Laborversuchen untersucht.

Die Firma Mall GmbH gibt aufgrund der durchgeführten Untersuchungen und unter Bezug auf das DWA Merkblatt 153 bei einer Oberflächenbeschickung von 18 m/h den in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Wirkungsgrad an:

Tabelle 7: Rückhaltewerte des MLK

Parameter	Rückhalt
AFS	80 – 90 %

Wartungs- und Reinigungsintervalle

- Eine regelmäßige Wartung in Intervallen von 6 Monaten wird durch die Firma Mall GmbH empfohlen.
- Bei Erreichen der vorgeschriebenen Grenzwerthöhe ist der Schlammfahginhalt zu entsorgen.
- Bei Erreichen der vorgeschriebenen Grenzwertdicke ist die Leichtflüssigkeit zu entsorgen.

3.3.4 Centrifoel®

Beschreibung und Funktionsprinzip

Das Niederschlagswasser fließt durch den Rost in einen kleinen Grobschmutzfänger, der nur relativ grobe Stoffe zurückhält. Danach wird es in einem Pufferraum gespeichert. Der Abfluss zur eigentlichen Behandlung wird durch eine 3,5 cm große Öffnung geregelt. Das überschüssige Wasser fließt nach dem Grobschmutzfänger durch den Überlauf ab.

Von dem Drosselraum gelangt das Wasser in einen Absetzraum, dessen Wasserstand durch ein Tauchrohr geregelt wird. Danach fließt es durch zwei Absetzräume, die am Boden verbunden sind. Zum Schluss gelangt es in einen Leichtstoffabscheider, dessen Abfluss bei Füllung mit Leichtstoffen durch eine Kugel verschlossen wird.



Abbildung 5: Centrifoel®

Wirkungsmechanismen

Tabelle 8: Wirkungsmechanismen des Centrifoel

Wirkprinzip	Element
	Sedimentation im Schlammraum
	Leichtstoffrückhalt mittels Verschlussvorrichtung

Einbau

Der Einbau erfolgt anstelle von Straßenabläufen nach DIN 4052. In der Regel ist eine Anpassung des Ablaufkanals zum RW-Sammler erforderlich.

angeschlossene Fläche

- max. 400 m²

Bemessungsregenspende

- $q_R = 10 - 15 \text{ l/s*ha}$

Prüfungen und Rückhaltewerte

Im Auftrag des Herstellers wurde die Reinigungsleistung des Centrifoel®-Straßenablaufs durch verschiedene Laboruntersuchungen nachgewiesen. Die Firma Roval GmbH gibt aufgrund der durchgeführten Untersuchungen und Prüfungen die in der nachfolgenden Tabelle benannten Verschmutzungsparameter und zugehörigen Wirkungsgrade für die Anlage an:

Tabelle 9: Rückhaltewerte des Centrifoel

Parameter	Rückhalt
AFS	> 90 %
Pb	> 90 %
Zn	> 90 %
Cd	> 90 %
MKW	> 90 %

Wartungs- und Reinigungsintervalle

Für den Centrifoel®-Straßenablauf werden die üblichen Reinigungsintervalle von 6-12 Monaten angesetzt, die je nach Lage (Baumbestand) und Winterdienst (Streumittel) individuell festgelegt werden müssen.

3.3.5 INNOLET®

Beschreibung und Funktionsprinzip

Das Niederschlagswasser fließt über den Zulauf zunächst in einen mit Siebmaschengewebe umwandeten Siebkorb, in dem grobe Schmutzstoffe wie Sand und Laub zurückgehalten werden. Anschließend durchfließt es radial von außen in die mit Filtermaterial gefüllte Filterpatrone. Hier werden gelöste Schwermetalle sowie MKW zurückgehalten.

Über den konzentrisch angeordneten inneren Hohlraum des Filters und einen gelochten Boden fließt das Wasser zum Absetzraum und in den Ablauf. Absetzbare Stoffe können sich im Sandsammelbereich ablagern.

Ein Notüberlauf befindet sich im oberen Bereich des Zylinders über den extreme Niederschlagszuflüsse ohne eine Behandlung im Filter weiterfließen können.



Abbildung 6: INNOLET® Filterpatrone

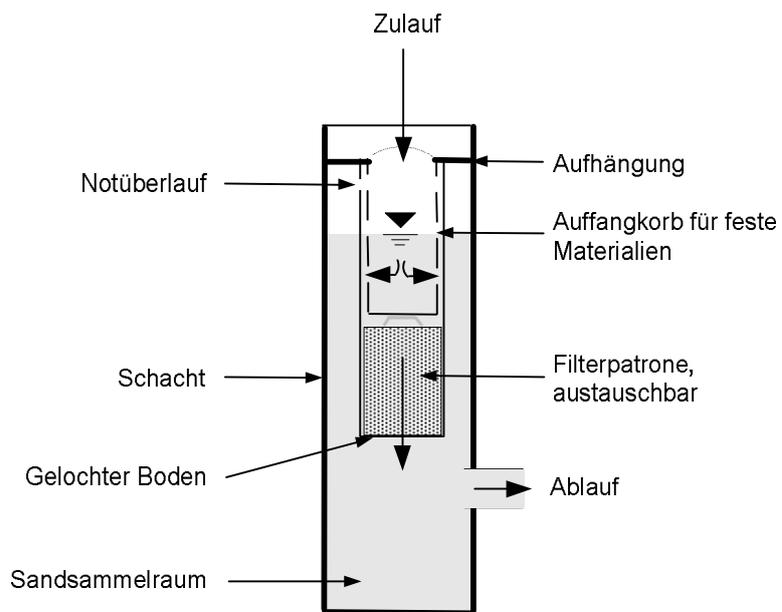
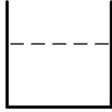
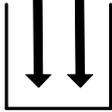
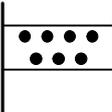


Abbildung 7: Prinzipskizze Innolet-Filterpatrone (unmaßstäblich)

Wirkungsmechanismen

Tabelle 10: Wirkungsmechanismen der Innolet-Filterpatrone

Wirkprinzip	Element
	Siebung im Auffangkorb
	Sedimentation im Sandsammelraum
	Filtration, Ionenaustausch und Sorption

Einbau

Der nachträgliche Einbau in Schächte oder Straßeneinläufe ist unproblematisch.

angeschlossene Fläche

- bei Systemen mit Rechteckaufsatz 300 x 500 max. 200 m²
- bei Systemen mit Quadrataufsatz 500 x 500 max. 400 m²

Bemessungsregenspende

- $q_R = 10 - 15 \text{ l/s*ha}$

Prüfungen und Rückhaltewerte

In der Dissertation von [Sommer, 2007] wurde u.a. die Innolet-Filterpatrone ausführlich getestet. Daraus ergaben sich mittlere Rückhaltewerte, in denen bereits berücksichtigt ist, dass durch die Begrenzung des Zuflusses auf 10 bis 15 l/(s*ha) ein Teil des Zuflusses unbehandelt an der Filterpatrone vorbeigeleitet wird.

Des Weiteren wurde die Innolet Patrone im Rahmen eines Forschungsprojektes von der Stadtentwässerung Hagen in Zusammenarbeit mit der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH im Praxiseinsatz getestet und Rückhal-

tewerte durch Probenahmen ermittelt [SEH, Ingenieurgesell. Prof. Dr. Sieker, 2010].

Tabelle 11: Rückhaltewerte der Innolet Patrone

Parameter	Rückhalt
AFS	47%
Cu	23 %
Zn	47 %
PAK	39 %
o-PO ₄	47 %

Wartungs- und Reinigungsintervalle

- Reinigung des Grobschmutzfangs alle 6 Monate bzw. nach Winter- und Blütezeit sowie nach dem Laubfall im Herbst.

3.3.6 3P Hydrosystem

Beschreibung und Funktionsprinzip

Bei diesem System handelt es sich um ein spezielles Filtersystem aus Kunststoff für den Einbau direkt in einen Standardbeton- oder Kunststoffschacht DN 1000. Das fertig montierte Hydrosystem 1000 lässt sich schnell und betriebssicher vor Ort montieren. Es ist geeignet für gering belastete Verkehrsflächen mit einer Fläche bis 500 m². In dem Filterschacht wird das Regenwasser nach Herstellerangaben durch folgende verfahrenstechnische Grundoperationen gereinigt: Sedimentation, Adsorption, Filtration und chemische Fällung.

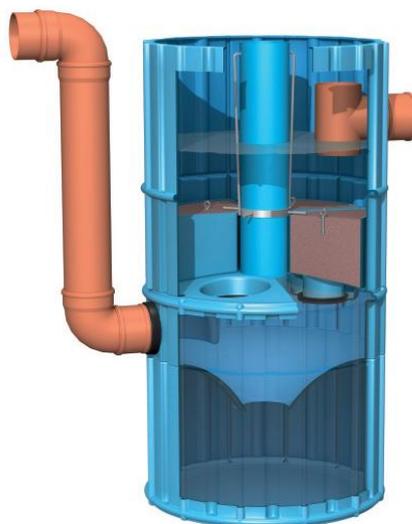
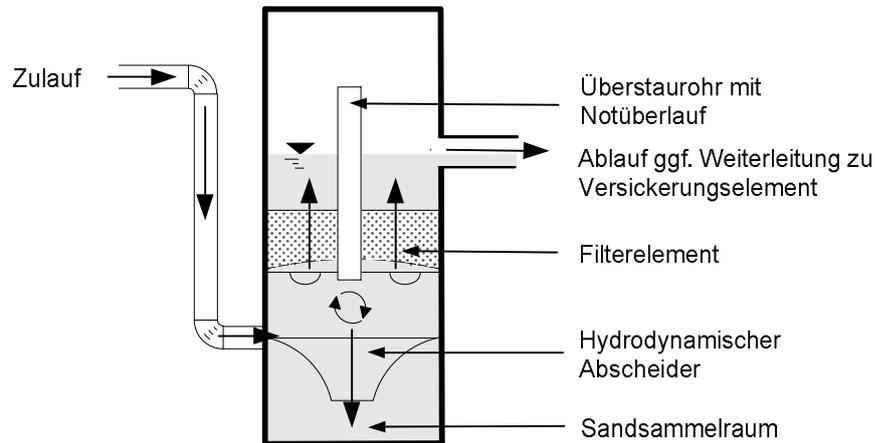


Abbildung 8: 3P Hydrosystem



3 P Filtersystem

Abbildung 9: Prinzipskizze 3P Hydrosystem roof (unmaßstäblich)

Der Verkehrsflächenniederschlagsabfluss wird am unteren Ende des Schachtes eingeleitet, durch eine Umlenkhilfe tangential abgelenkt und in den hydrodynamischen Abscheider geleitet. Durch die turbulente Strömung in diesem Bereich werden hier gröbere Partikel nach unten in den darunter liegenden strömungsberuhigten Sandsammelraum geleitet.

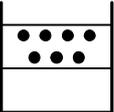
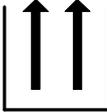
Über dem hydrodynamischen Abscheider befindet sich ein Filterelement (bzw. 4 Viertel Filterelemente bei der jeweiligen größeren Bauart), das mit dem Filtersubstrat „traffic“ bzw. „heavy traffic“ gefüllt ist. Hier werden zum einen suspendierte Stoffe abfiltriert, zum anderen gelöste Schmutzstoffe sowie Schwermetalle gefällt und sorbiert. Die mitgeführten Leichtflüssigkeiten werden durch das Tauchrohr vor dem Ablauf zurückgehalten.

Bei einem Überstau kann das Wasser über den Notüberlauf zurückfließen und ggf. gespeichert werden.

Die größere Bauart des Filters besitzt zusätzlich vor dem Ablauf eine Ölabscheidevorrichtung und wird in Deutschland von der Firma Rehau AG + Co unter dem Namen RAUSIKKO-Hydro-Clean vertrieben.

Wirkungsmechanismen

Tabelle 12: Wirkungsmechanismen des 3P Hydrosystems

Wirkprinzip	Element
	Sedimentation (hydrodynamischer Abscheider)
	Filtration, Fällung, Sorption, Ionenaustausch
	Leichtstoffabscheidung (nur Bauart für 500 m²)

Einbau

Der kleinere Filter bis 100 m² angeschlossene Fläche wird direkt in das Erdreich eingebaut. Der größere Filter mit einer angeschlossenen Fläche bis zu 500 m² kann in einen Standardbetonschacht 1.000 mm eingebaut werden.

angeschlossene Fläche

bis 5.000 DTV „traffic“

- max. 100 m²
- max. 500 m²

für stark belastete Verkehrsflächen „heavy traffic“

- max. 100 m²
- max. 500 m²

Bemessungsregenspende

- $q_R = 150 \text{ l/s*ha}$

Prüfungen und Rückhaltewerte

Folgende frachtgemittelte Jahresmittelwerte werden für den Filter „heavy traffic“ für Flächen bis 500 m² angegeben. Die Rückhaltewerte wurden in einer Behandlungsanlage, die in einer in Hamburg-Harburg gelegenen viel befahrenen Straße eingebaut war, in einem Zweijahreszeitraum ermittelt [Dierkes, 2009].

Tabelle 13: frachtgemittelte Jahresmittelwerte

Parameter	Ablaufkonzentration	Rückhalt
AFS	-	92 %
P _{ges}	0,20 mg/l	80 % (PO ₄)
NH ₄ -N	0,3 mg/l	92 %
Cd	< 1,0 µg/l	-
Zn	< 500 µg/l	87 %
Cu	< 50 µg/l ¹⁾	85 %
Pb	< 25 µg/l ¹⁾	86 %
Ni	< 20 µg/l	-
Cr	< 50 µg/l	-
PAK (EPA)	< 0,2 µg/l	-
MKW	< 0,2 µg/l	90 %

¹⁾ nur mit zweiter Behandlungsstufe, z.B. spezieller Rohrrigole zu erreichen

Wartungs- und Reinigungsintervalle

Der Sandsammelraum kann über eine Öffnung leicht entleert werden.

Die Filterelemente der größeren Bauart können laut Herstellerangaben ein Jahr lang wartungsfrei betrieben werden. Die Filterelemente sind von oben leicht rückspülbar und leicht austauschbar.

Referenzprojekte

- Hamburg, Bremer Straße
- Wuppertal Neuenhof, Pecher AG (Trennsystem)
- Berlin, AOK Zentrale, Mitarbeiterparkplatz
- Uerdingen, Raiffeisen-Markt, Verkehrsflächen

3.3.7 Quellenverzeichnis der Firmenprospekte

Für die Darstellung in Kapitel 5.4 wurde Bezug auf die nachstehenden Firmenprospekte genommen. Soweit nicht anders angegeben, entspricht das gesichtete Informationsmaterial der Firmen dem Stand 12/2009 (siehe dazu auch Kap. 3.1).

- Schreck, P. (2008): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Schreck; persönliche Mitteilungen
- ACO Drain Passavant: Broschüren und Informationsmaterial der Firma ACO Drain Passavant
- Mall: Broschüren und Informationsmaterial der Firma Mall GmbH; www.mall.info
- Roval: Broschüren und Informationsmaterial der Firma Roval Umwelt Technologien Vertriebsges. mbH; www.centrifoel.de
- Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, www.sieker.de
- Funke: Broschüren und Informationsmaterial der Firma Funke Kunststoffe GmbH; www.funkegruppe.de
- 3 P Technik Filtersysteme GmbH, www.3ptechnik.de

4 FESTLEGUNG DER ZU PRÜFENDEN STOFFPARAMETER

4.1 Aufkommensdaten zu relevanten Stoffparametern in Niederschlagswasserabflüssen

Die Datenlage zu stofflichen Belastungen in Niederschlagsabflüssen ist sehr heterogen. In den verschiedenen Messprogrammen werden völlig unterschiedliche Parameter untersucht. Die hierzu verwendeten Untersuchungs- und Auswertemethoden unterscheiden sich ebenfalls. Dazu kommt, dass verschiedene Niederschlagsabflussarten im Zentrum des Interesses stehen.

Um eine sinnvolle Eingrenzung der verfügbaren Daten vorzunehmen, werden zunächst die relevanten Stoffparameter ausgewählt. Als Orientierungsmerkmale dienen dabei die Vorgaben aus dem Trennerlass in NRW sowie weitere bundesweit geltende oder diskutierte Vorgaben (z.B. BLAG-Papier). Als Ergebnis werden in den Abbildung 10 bis Abbildung 15 die Aufkommensdaten der nachstehenden Parameter aufgezeigt:

- Feststoffparameter als abfiltrierbare Stoffe (AFS)
- Sauerstoffzehrende Verbindungen bzw. Kohlenstoffparameter: CSB, TOC
- Schwermetalle: Kupfer, Zink
- Weitere Schadstoffe: Polycyclische Aromatische Kohlenstoffverbindungen (PAK), Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)

Diese Parameter werden in den am häufigsten untersuchten Abflusstypen, also den Dachabflüssen, den Verkehrsflächenabflüssen und den Abflüssen von Mischflächen (Dach und Straße) dokumentiert. Zum Vergleich werden ergänzend verfügbare Daten von Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen gegenübergestellt.

Die Darstellungen zeigen den Minimum- (min) und den Maximalwert (max). Daneben wird ein sogenannter Vertrauensbereich mit einer oberen und unteren Grenze definiert. Die Festlegung dieses Vertrauensbereiches erfolgt nicht nach mathematisch-statistischen Kriterien, sondern wird nach einer fachlichen Bewertung jedes Messprogramms vorgenommen. Beispielsweise werden Daten von Messprogrammen mit besonderen Randbedingungen (z.B. außergewöhnlichen Belastungen) oder unklarer Dokumentation aus dem Vertrauensbereich ausgeschlossen. Abschließend wird ein Schwerpunktwert festgelegt, der ebenfalls nicht statistisch berechnet wurde, sondern die vorgenommene fachliche Bewertung wiedergibt.

Im Folgenden werden diese Auswertungen parameterweise aufgeführt, ergänzt um eine kurze Beschreibung der wesentlichen Ergebnisse.

4.1.1 Feststoffparameter AFS

Feststoffe können in Wassermedien auf verschiedene Weise bestimmt werden. Ein Kernparameter sind die sogenannten abfiltrierbaren Stoffe (AFS).

Als abfiltrierbare Stoffe wird das Trockengewicht der Summe aller Stoffe bezeichnet, die auf einem Filter mit definierter Porengröße zurückgehalten werden. Die verwendeten Filter können aus Glasfasern bestehen (Porenweite 0,3 bis 1 μm) oder aus organischen Verbindungen (Papier) mit definierter Porengröße, z.B. 12 bis 25 μm . Oft werden Membranfilter mit einer Porengröße von 0,45 μm verwendet. Nach der [DIN 38 409 Teil 2, 1987] sind alle drei Filterarten zugelassen. Die Beschreibung der Bestimmungsmethoden macht deutlich, dass Angaben zu AFS-Konzentrationen immer im Zusammenhang mit der verwendeten Methodik (z.B. Filterart) anzugeben sind. Da dies häufig nicht ausreichend dokumentiert ist, ist auch die Vergleichbarkeit mancher Untersuchungsergebnisse erschwert.

Bei Betrachtung der AFS-Werte (Abbildung 10) wird die große Heterogenität der Daten erkennbar.

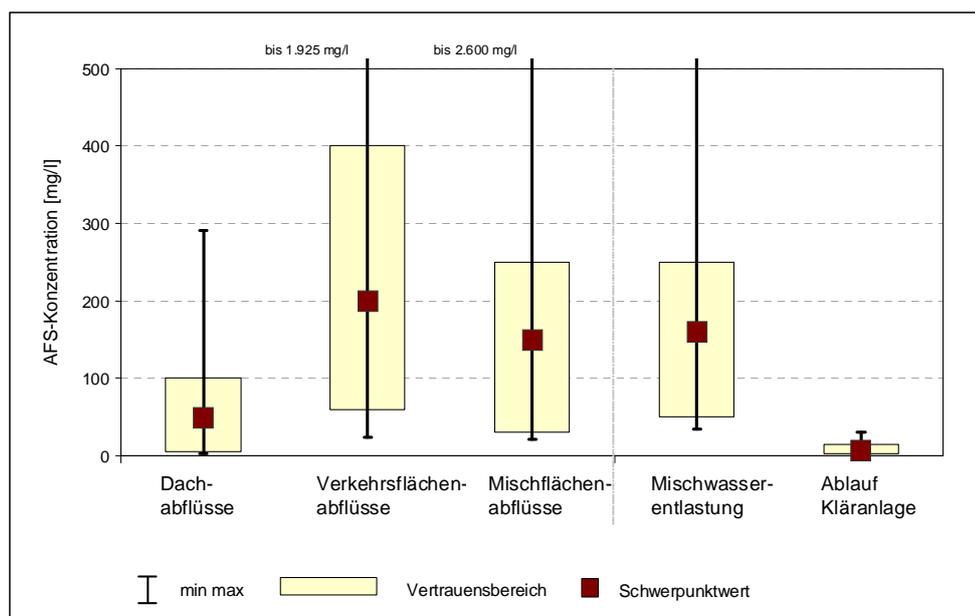


Abbildung 10: Aufkommen von abfiltrierbaren Stoffen in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]

Die Niederschlagsabflüsse (Dachabflüsse sind tendenziell geringer belastet als Straßenabflüsse) weisen Konzentrationen auf, die in der gleichen Größenordnung wie die des Mischwasserentlastungsabflusses liegen. Bedingt durch die hohe Feststoffentfernung in der Klärwerkspassage weisen die Abläufe von Kläranlagen die geringsten AFS-Konzentrationen auf.

4.1.2 Sauerstoffzehrende Substanzen bzw. Kohlenstoffparameter am Beispiel des CSB

Wegen der Schwierigkeit, in (Ab)wassermatrizes stets vollständig die relevanten Einzelverbindungen zu analysieren, wurden Summenparameter eingeführt, die sich durch eine relativ einfache Bestimmbarkeit auszeichnen. In diesem Kapitel soll der Summenparameter Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) beschrieben werden. Der CSB ist ein Summenparameter, der die chemisch oxidierbaren Kohlenstoffverbindungen erfasst. Dies wird durch die Menge an Sauerstoff ausgedrückt, der mit den im Wasser enthaltenen vorwiegend organischen Stoffen reagiert. Als Maß für den Verbrauch an Sauerstoff wird der Verbrauch eines Oxidationsmittels (Kaliumdichromat $K_2Cr_2O_7$) angegeben. Der CSB charakterisiert eine operationell definierte Wirkung aller mit $K_2Cr_2O_7$ reagierenden Substanzen und wird als Kenngröße für die Belastung mit sauerstoffzehrenden bzw. Kohlenstoffverbindungen von Wassermatrizes verwendet [URömpf, 2000].

Aus Abbildung 11 geht hervor, dass CSB-Verbindungen nicht nur aus Kläranlagenabläufen und Mischwasserentlastungen, sondern auch über Niederschlagsabflüsse in die Fließgewässer gelangen.

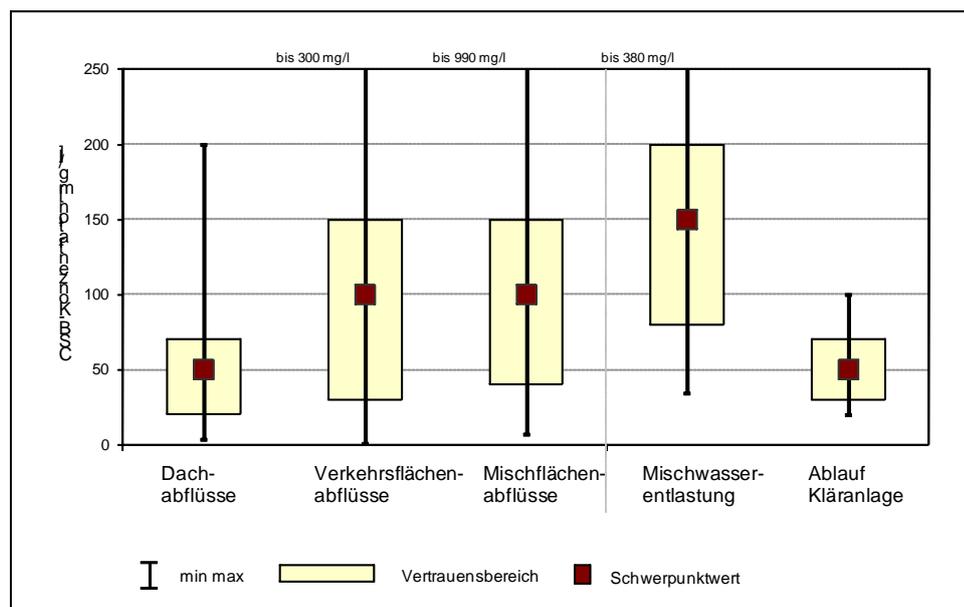


Abbildung 11: Aufkommen von CSB in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]

Die möglichen Belastungen aus Kläranlagenabläufen sind kontinuierlich und der CSB besteht zum überwiegenden Teil aus schlecht abbaubaren Verbindungen. Im Unterschied hierzu sind die CSB-Belastungen aus niederschlagsbedingten Einleitungen diskontinuierlich und sie enthalten höhere An-

teile an leicht abbaubaren CSB-Verbindungen (vor allem Mischwassereinleitungen).

4.1.3 Schwermetalle Kupfer und Zink

Im Unterschied zu vielen organischen Schadstoffen sind Schwermetalle natürliche Stoffe, die in verschiedenen Bindungsformen in Gesteinen vorkommen. Durch Gewinnung, Bearbeitung und Entsorgung infolge menschlicher Aktivitäten werden sie einzelnen Wasserkomponenten zusätzlich zugeführt. Unter bestimmten Bedingungen (z.B. einer hohen Verfügbarkeit von Schwermetallen) kann es dadurch zu einer problematischen Anreicherung kommen.

Grundsätzlich wird den Schwermetallen eine hohe Persistenz zugemessen, woraus sich viele ihrer toxischen Wirkungen ergeben. Gegenüber Organismen können Schwermetalle sehr unterschiedlich toxisch wirken. So hat Kupfer gegenüber dem Menschen eine relativ geringe Toxizität, während es gegenüber Algen und Fischen stark toxisch wirkt. Aufgrund ihres hohen Aufkommens in niederschlagsbedingten Abflüssen und der potenziellen Wirkungen auf Gewässerorganismen wurden die Schwermetalle Kupfer und Zink ausgewählt (Abbildung 12 und Abbildung 13). Andere Schwermetalle besitzen eine wesentlich höhere Toxizität auch gegenüber dem Menschen, kommen aber in niederschlagsbedingten Abflüssen in geringerem Umfang vor.

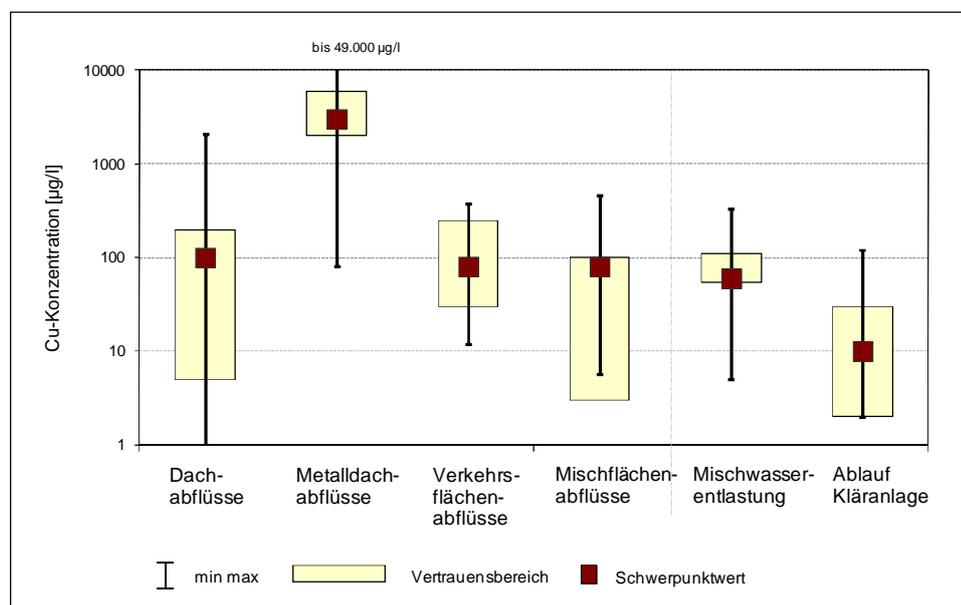


Abbildung 12: Aufkommen von Kupfer in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]

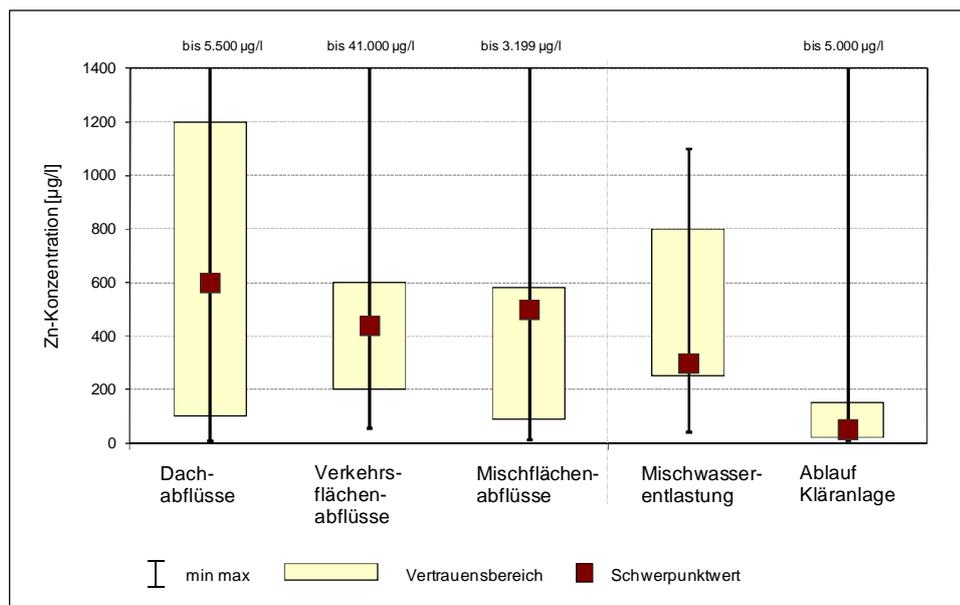


Abbildung 13: Aufkommen von Zink in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]

Gerade bei der Betrachtung der Konzentrationswerte der Schwermetalle Kupfer und Zink fällt wiederum die extrem große Heterogenität der Daten auf. Dennoch lassen sich einige Tendenzaussagen ableiten. So sind im Vergleich zum Kläranlagenablauf alle Belastungen in niederschlagsbedingten Abflüssen höher. In der Kläranlage werden Schwermetalle zu einem sehr hohen Anteil in den Klärschlamm transportiert, was zu sehr geringen Belastungen in Abläufen von Kläranlagen führt. Innerhalb der niederschlagsbedingten Abflüsse liegen die Schwermetallkonzentrationen von Trenngebietsabflüssen leicht über den Mischwasserentlastungen. Dies liegt bei Kupfer und Zink vor allem am relevanten Beitrag der Dachabflüsse. Sind im Einzugsgebiet Metalldächer und Dächer mit metallischen Eindeckungen vorhanden, werden noch höhere Konzentrationen an Kupfer und Zink detektiert [Welker und Dierschke, 2009].

4.1.4 Organische Schadstoffe (PAK, MKW)

PAK (Polycyclische Aromatische Kohlenstoffverbindungen) ist ein Summenparameter aus einer Vielzahl von Einzelstoffen und setzt sich bei der üblichen Bestimmung nach US EPA (Environmental Protection Agency) aus 16 Einzelverbindungen zusammen. Weitere Messprogramme verwenden andere Summen von Einzelverbindungen, so dass ein Vergleich von Messergebnissen schwer möglich ist und entscheidend von der Zahl der Einzelverbindungen abhängt.

PAK-Verbindungen gelten als sehr lipophil und weisen eine geringe Wasserlöslichkeit und Flüchtigkeit auf, allerdings schwanken diese Werte je nach Einzelverbindung. Entsprechend ihren Stoffeigenschaften wird von einer ho-

hen Anreicherungsfähigkeit und einer sehr hohen Toxizität in verschiedenen Umweltmedien ausgegangen. Der Transport in Wassermatrizes erfolgt überwiegend partikelgebunden [URömp, 2000].

Eine wichtige Quelle von PAK-Verbindungen sind unvollständige Verbrennungsvorgänge (Industrie, Verkehr u.a.). Dadurch werden sie luftseitig auf befestigten Flächen deponiert. Entsprechend finden sie sich oft in niederschlagsbedingten Abflüssen, insbesondere Verkehrsflächenabflüssen, wieder. Im Unterschied zu den Schwermetallen ist aber die Datenlage zu PAK-Belastungen in Niederschlagsabflüssen, insbesondere den Mischwasserentlastungen sehr schlecht. Auch in Abläufen von Kläranlagen sind nur wenige Messdaten verfügbar.

Aus den Daten von Abbildung 14 geht hervor, dass alle niederschlagsbedingten Abflüsse höhere PAK-Konzentrationen aufweisen als die Kläranlagenabläufe.

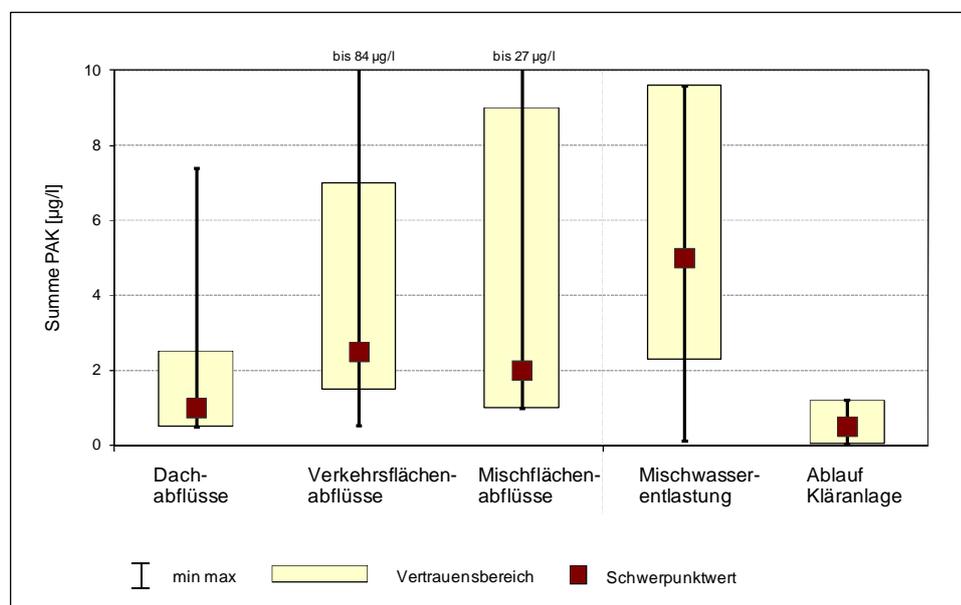


Abbildung 14: Aufkommen von PAK in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]

Analog zu den Schwermetallen werden PAK-Verbindungen in der Kläranlage sehr gut zurückgehalten. Dies kann bei den PAK-Verbindungen über biologischen Abbau und Verfrachtung in Schlamm erfolgen. Viele Autoren gehen davon aus, dass die Hauptrückhaltewirkung in der Adsorption an den Schlamm besteht, dem biologischen Abbau (aerob/anaerob) wird nur eine geringe Bedeutung zugemessen [van Luin und van Starckenburg, 1984; Byrns, 2001]. Innerhalb der Niederschlagsabflüsse sind die Verkehrsflächenabflüsse tendenziell höher belastet als die Dachabflüsse.

Da sich die Vielzahl an möglichen Einzelverbindungen der Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) aus Benzin oder Diesel-/ Heizöl nur mit hohem Aufwand detektieren lässt, wurden sie in der Vergangenheit als Summenparameter bestimmt.

Die Analysemethoden zur Bestimmung von MKW in Wassermatrizes haben sich in den letzten Jahren ständig verändert, was eine Vergleichbarkeit von dokumentierten Daten sehr erschwert. Deshalb sollten Daten zur MKW-Belastung in verschiedenen Matrizes nicht ohne Informationen zur gewählten Analytikmethode bewertet werden. In der Tendenz lässt sich bei aller Unterschiedlichkeit der Analysemethoden sagen, dass die neueren Methoden zu niedrigeren Befunden führen, da sie spezifischer mineralölbürtige Substanzen der Kohlenwasserstoffe detektieren.

Bei Einleitung in Oberflächengewässer können MKW ein Sauerstoffdefizit durch die Verhinderung des Gasaustausches in der Wasser/Luft-Phase bewirken. Durch die anschließende CO₂-Anreicherung findet eine Versauerung der Zellflüssigkeit statt. Des Weiteren haben MKW mechanische Wirkungen. So kann unter bestimmten Bedingungen die Sauerstoffaufnahme durch das Verkleben der Atemorgane der Wasserorganismen verhindert werden.

Entsprechend ihrer vorwiegenden Quellen finden sich MKW-Verbindungen vornehmlich in Verkehrsflächenabflüssen und den daraus resultierenden Mischflächenabflüssen. In Mischwasserentlastungen sind keine Daten verfügbar. Auch in Abläufen von Kläranlagen werden sehr selten MKWs detektiert (Abbildung 15).

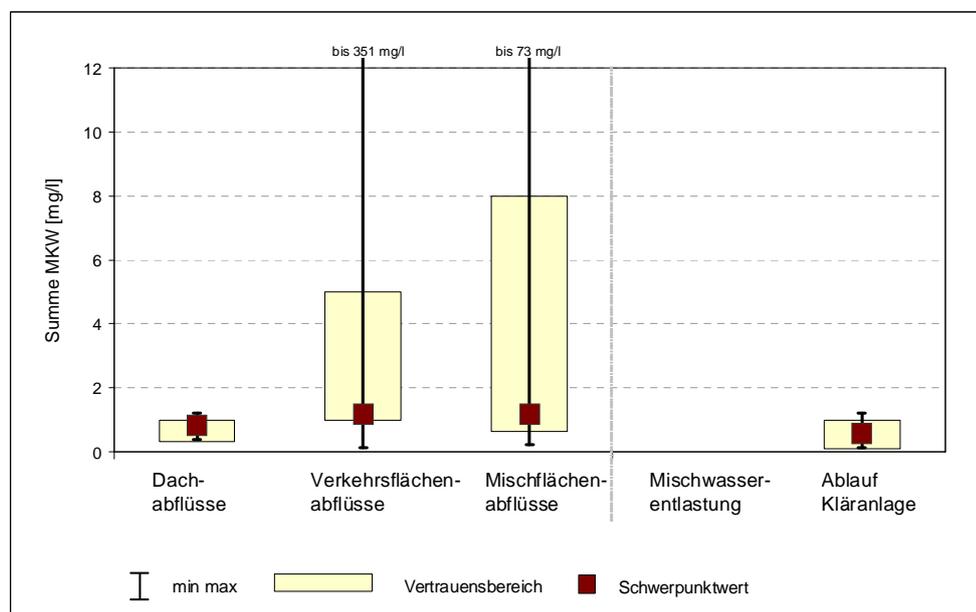


Abbildung 15: Aufkommen von MKW in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen, Verkehrsflächen und Mischflächen sowie Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen [DWA, 2010]

Insgesamt ist ein deutlicher Trend zur Reduktion der MKW-Belastungen in Niederschlagsabflüssen zu beobachten. Dies liegt zum einen an neuen Analysemethoden die spezifische MKW-Verbindungen detektieren. Zum anderen sind die Tropfverluste von Fahrzeugen, die eine Hauptursache von MKW-Belastungen in Verkehrsflächenabflüssen sind, deutlich zurückgegangen.

4.1.5 Fazit zum Stoffaufkommen in Niederschlagsabflüssen

In allen Niederschlagsabflüssen findet sich eine Vielzahl unterschiedlicher Stoffe. Bezüglich der zugehörigen Stoffparameter ist die Datenlage extrem unterschiedlich. Dies gilt einmal beim Vergleich der verschiedenen Parameter. So sind bei den „klassischen“ Abwasserparametern (z.B. CSB) meist viele Untersuchungen verfügbar, während die Datenlage bei einigen organischen Schadstoffen (z.B. PAK) sehr schlecht ist. Auch innerhalb eines Parameters (z.B. Schwermetalle) ist die Datenlage je nach betrachteter Abflussart unterschiedlich. So sind in Verkehrsflächenabflüssen im Unterschied zu den Mischflächenabflüssen relativ häufig Schwermetalle untersucht worden. Ein weiteres Problem ist die Vergleichbarkeit von Messwerten, die durch unzureichende Dokumentation oder die Verwendung von unterschiedlichen Probennahme- und Analytikverfahren erschwert wird [DWA, 2010].

In der Gesamtschau sind dennoch Tendenzaussagen zum Aufkommen von relevanten Stoffparametern möglich. In Tabelle 14 sind die wichtigsten Stoffparameter (Schwerpunktwerte) in den Niederschlagsabflüssen aufgeführt.

Tabelle 14: Zusammenstellung maßgeblicher Stoffparameter [DWA, 2010]

Matrix	AFS [mg/l]	CSB [mg/l]	Cu [µg/l]	Zn [µg/l]	PAK [µg/l]	MKW [mg/l]
Dachabfluss	50	50	100	600	1,0	0,7
Verkehrsflächenabfluss	200	100	80	440	2,5	1,0
Mischflächenabfluss	150	100	80	500	2,0	1,0

4.2 Auswahl der Prüfparameter für das Vorhaben

Für die Bewertung der zu erwartenden stofflichen Belastung des Niederschlagsabflusses unterteilt der Trennerlass [MUNLV, 2004] die Flächen abhängig von der Flächennutzung in die Kategorien I, II und III (vgl. Kapitel 1). Nach Art der zu erwartenden Schadstoffbelastung wird eine Klassifikation in drei Schadstoffgruppen vorgenommen, die sowohl in gelöster als auch in partikulär gebundener Form vorliegen können:

- Mineralölkohlenwasserstoffe
- Sauerstoffzehrende Substanzen und Nährstoffe
- Schwermetalle und organische Schadstoffe

Für den Vergleich der Behandlung von dezentralen und zentralen Behandlungsanlagen müssen aus diesen Gruppen von Parametern einzelne Stoffparameter ausgewählt werden.

Trotz dieser allgemein anerkannten großen Bedeutung der Abfiltrierbaren Stoffe zur Charakterisierung von Abflussverschmutzung und Gewässerbelastung ist festzustellen, dass sich für AFS im Unterschied zu den vorgenannten Schadstoffen in der Literatur keine Angaben von direkten Wirkkonzentrationen bzw. von Schwellwerten einer Schadkonzentration finden.

Bei den Schwermetallen sind gem. Kapitel 4.1.3 besonders die Metalle Kupfer und Zink wesentlich, da sie eine hohe toxische Wirkung haben. Sie werden zu einem Großteil aus dem Abrieb von Reifen und Bremsbelägen in den Niederschlagsabfluss eingetragen. Die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff spielen im abfließenden Niederschlagswasser von Straßenflächen keine wesentliche Rolle, wie die Aussagen in Kapitel 4.1.2 zeigen. Ähnliches gilt für die sauerstoffzehrenden Substanzen. Mit dieser Einschätzung wird der CSB als Stoffparameter in den nachfolgend beschriebenen Labor- und in situ – Prüfungen nicht betrachtet, da hier Straßenabflüsse und deren Behandlung im Vordergrund stehen. Damit ergibt sich folgende Liste der zu prüfenden Parameter:

- Abfiltrierbare Stoffe
- MKW
- Schwermetalle Kupfer und Zink

Zwischenfazit:

Aufgrund von zahlreichen Literaturangaben und Erfahrungen aus anderen Forschungsvorhaben wurden nach eingehender Diskussion die abfiltrierbaren Stoffe als wichtigster Parameter ermittelt, da Feststoffe verschiedene negative Auswirkungen im Gewässer und die dort lebenden Organismen haben können. So kann der Eintrag von Feststoffen ins Gewässer zur Verstopfung des Lückensystems der Gewässersohle und zur verzögerten Sauerstoffaufnahme beitragen [Uhl und Kasting, 2002].

Des Weiteren sind an den Feststoffen weitere Schadstoffe zu einem hohen Anteil adsorbiert. Besonders an die Fraktion mit sehr kleiner Korngröße, z.B. < 200 µm, sind zwischen 75 % und 80 % der partikulär gebundenen Schwermetalle und organischen Schadstoffe adsorbiert (DWA, 2010). Mit dem Rückhalt dieser kleinen Korngrößen wird auch ein erheblicher Teil der im Trennerlass aufgeführten Schadstoffe aus dem Regenwasserabfluss entfernt.

5 DARSTELLUNG DER LABORTECHNISCHEN ERGEBNISSE

5.1 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 3.3 detailliert beschriebenen Anlagen geprüft.

Für alle Systeme war aufgrund der Bauformen sowie bereits durchgeführter Prüfungen in unterschiedlichen Instituten zu erwarten, dass das Niederschlagswasser mechanisch gereinigt wird. Die Systeme INNOLET® 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 16) wurde so konzipiert, dass sowohl die hydraulische Leistungsfähigkeit als auch der Stoffrückhalt ermittelt werden konnten. 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 17) wurde der Rückhalt von gelösten Schwermetallen ermittelt. Diese Prüfungen wurden an substratgefüllten Filterabschnitten in Säulenform durchgeführt, die den Aufbau der Substratfilter des INNOLET®-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]).

5.2 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 15 dargestellt.

Tabelle 15: 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 ¹	Mineralölkohlenwasserstoffe	Gelöste Schwermetalle ²
Geotextil-Filtersack	o	o	o	-
Centrifoel®	o	o	o	-
Separationsstraßenablauf (SSA)	o	o	-	-
Mall-Lamellenklärer (MLK-R 20/09)	o	o	o	-
INNOLET®	o	o	o	o
3P Hydrosystem 1000 heavy traffic	o	o	o	o
o Prüfung erfolgt ; - keine Prüfung erfolgt 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®- und 3P-Hydrosystems an Filterabschnitten).

Mit der Versuchseinrichtung 1 wurden alle sechs Systeme hinsichtlich des Rückhalts von abfiltrierbaren Stoffen (AFS) untersucht. Der Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) wurde an den Systemen geprüft, die nach Herstellerangaben zum Rückhalt von MKW ausgelegt sind bzw. die Angaben zum Rückhalt von MKW machen. Der Rückhalt von gelösten Schwermetallen (SM) durch die zwei Systeme Innolet® und 3P-Hydrosystem wurde jeweils an Filterabschnitten mit der Versuchseinrichtung 2 ermittelt.

5.3 Beschreibung der Versuchseinrichtungen

Die beiden Versuchseinrichtungen wurden am IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur aufgebaut und betrieben.

Versuchseinrichtung 1

Die erste Versuchseinrichtung besteht aus den in der Abbildung 16 dargestellten Bestandteilen.

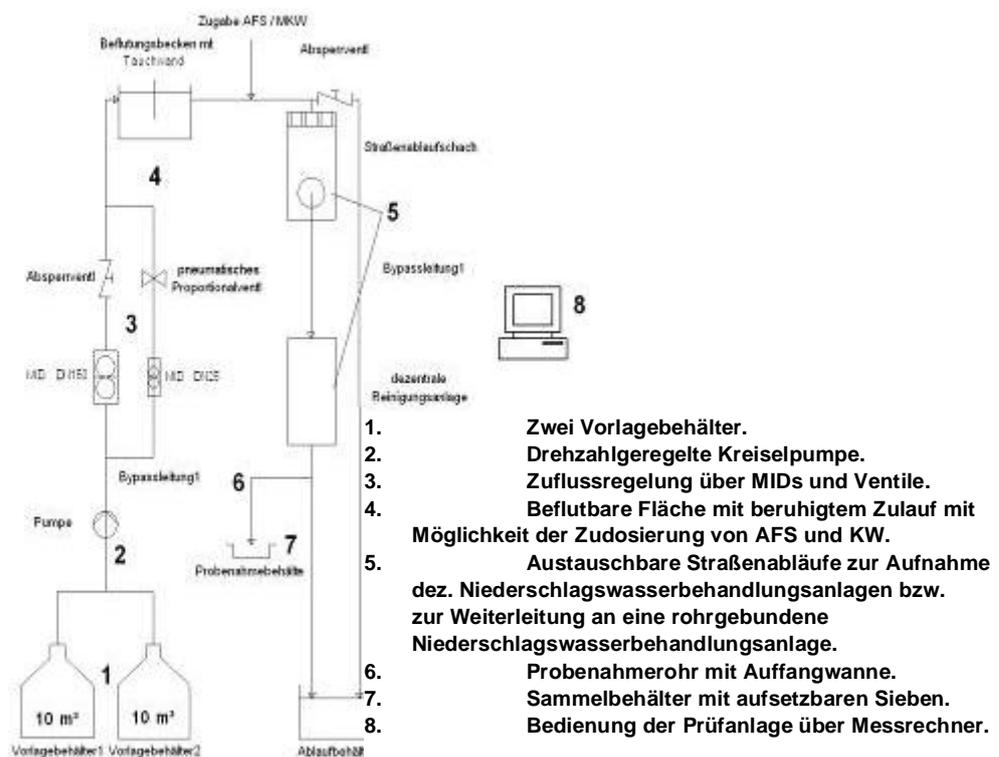


Abbildung 16: Schema der Versuchseinrichtung 1 als Fließbild.

Eine detaillierte Beschreibung der Versuchseinrichtung 1 kann dem Anhang 3 entnommen werden.

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 17 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 17: Aufbau zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (hier INNOLET[®]) an einem Filterabschnitt (Versuchsanlage 2).

5.4 Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

5.4.1 Durchführung der Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

Die Prüfungen der hydraulischen Leistungsfähigkeit 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 Prüfregenspenden ent-

sprachen 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.

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 16 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 m² ausgelegt. Verkehrsflächen in dieser Größenordnung werden über ein bis zwei Straßenabläufe entwässert.

Tabelle 16: Hydraulische Kenndaten der untersuchten Systeme laut Herstellerangaben.

System	Max Durchfluss (Q _{zul})	Max Anschlussfläche
INNOLET®	0,625 l/s	250 m ²
3P Hydrosystem	k. A.	500 m ²
Mall Lamellenklärer MLK-R	8,6	ca. 500 m ² **
Centrifoeil®	2,5 l/s	400 m ²
Geotextil-Filtersack	238 l/s *	300 m ² ***
Separations-Straßenablauf SSA	10,0	400 m ²
* errechnet aus den Systemdaten des Herstellers		
** die anschließbaren Flächen werden für jeden Anwendungsfall von der Fa. Mall ermittelt. Die hier gewählten 500 m ² wurden durch den Hersteller als typischer Anwendungsfall vorgeschlagen.		
*** speziell für den untersuchten Anwendungsfall konfektioniertes Filterelement		

5.4.2 Ergebnisse der Laboruntersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit

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

GIGANT-Filterelement

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 18)



Abbildung 18: Links: Versuchsaufbau mit Filterelement im Schachtkörper, Ansicht.
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. Es wurden Beschickungsmengen bezogen auf eine anschließbare Entwässerungsfläche von 300 m² in das Filterelement geleitet.

Gesteigert wurde der Volumenstrom bis zur hydraulischen Grenze der Prüf-anlage, so dass schließlich 20 l/s in das Filterelement flossen. Es konnte kein Überstau festgestellt werden. Das zugeführte Wasser floss durch das Textilvlies 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 19, 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 19: Beschickung des Geotextil-Filtersacks mit einem Volumenstrom von 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 20 und Abbildung 21 dargestellt.



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



Abbildung 21: 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 Centrifoel[®] 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 Zulauf-

öffnung zur mittleren Kammer (Nassschlammfang) und den unplanmäßigen Ringspalt auf ca. 1,13 l/s begrenzt. Größere Volumenströme werden über den Überlauf abgeleitet (vgl. Abbildung 22). Der planmäßige Ablauf von der mittleren zur unteren Kammer würde sogar erst ab einem Volumenstrom von 2,25 l/s aktiviert, 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 17: Beschickungsmengen sowie Abschlagzeitpunkte am Überlauf in der oberen Kammer (1. Kammer) und am Ablauf in der mittleren Kammer (2. Kammer) für das Centrifoeel®-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.
Prüfung der Funktionsweise der mittleren Kammer (Deckel zwischen oberer und mittlerer Kammer wurde entfernt)		
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 ²		



Abbildung 22: Überlauf bei 1,13 l/s.

Separationsstraßenablauf

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 23). 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 (vgl. Abbildung 23, rechts). Exemplarisch sind in Abbildung 24 Beschickungsmengen von 1,5 l/s (links) und 20 l/s (rechts) dargestellt.

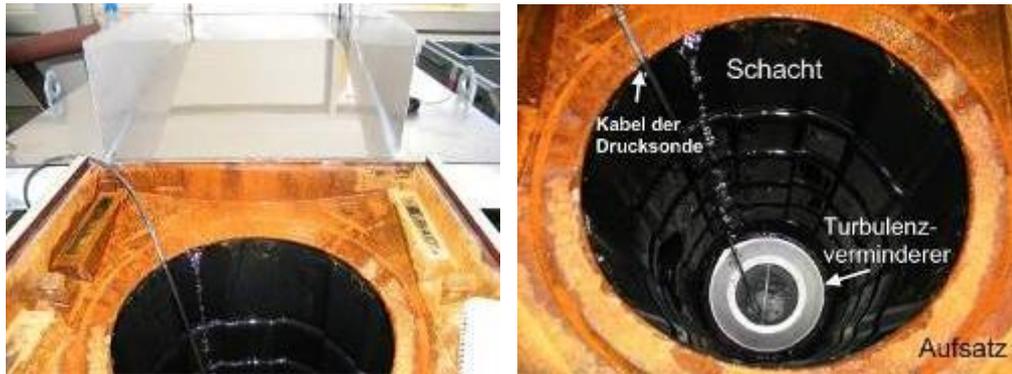


Abbildung 23: Links: Anschluss an die Versuchsanlage. Rechts: Draufsicht des eingebauten Separationsstraßenablauf SSA.

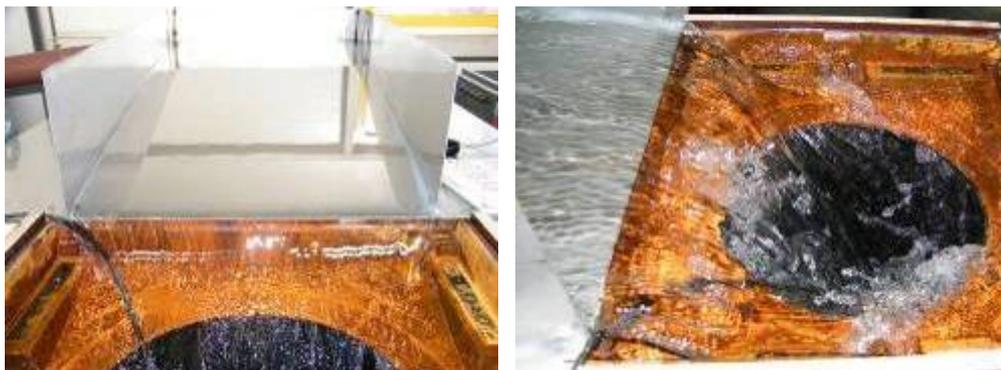


Abbildung 24: Links: Beschickung mit 1,5 l/s Rechts: Beschickung mit 20 l/s.
Die Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit des Separationsstraßenablaufs SSA ergaben, dass zu keinem Zeitpunkt der Überlauf aktiviert wurde. Jede eingestellte Beschickungsmenge wurde über den unteren Abfluss des SSA dem angeschlossenen Ablaufsystem zugeführt.

MLK-R 20/09

Der Lamellenklärer MLK-R 20/09 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.

Zur Inbetriebnahme der Niederschlagswasserbehandlungsanlage musste diese zunächst vollständig mit Wasser befüllt werden. Dazu wurden ca. 9,4 m³ 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 zwischen Lamellenkörper und Betontrennwand aus der Zulaufkammer in die Auslaufkammer floss. Dies führt dazu, dass die Auslaufkammer sich nicht wie erwartet allein über den Lamellenkörper füllte. Anschließend wurde die Niederschlagswasserbehandlungsanlage stufenweise, bis zum Erreichen der hydraulischen Leistungsfähigkeit, mit Wasser beschickt.

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, wurden somit bestätigt.

Innolet[®]

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 Beschickungsfläche abfließenden Wassers, ein Rahmen mit einem Aufsatz des Typs I aufgesetzt. Zur Erfassung der Wasserstände wurde auf der Sohle des Grobfilters (vgl. Abbildung 26) ein Drucksensor positioniert.

Der Überlauf befindet sich, bezogen auf die Sohle des Einsatzes, in einer Höhe von ca. 0,58 m (vgl. Abbildung 26).



Abbildung 26: Links: Blick von oben in den Grobfilter des INNOLET® mit Adapterplatte (blau) und positionierter Drucksonde. Rechts: Aufbau INNOLET® (Quelle: Funke Kunststoffe GmbH, verändert).

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. Dies entspricht Regenintensitäten von 3,07 l/(s*ha) bis 802,55 l/(s*ha) für eine Anschlussfläche von 250 m².

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 27).



Abbildung 27: Links: Blick in den INNOLET® von oben bei einem Volumenstrom von 1,5 l/s. Rechts: Detailansicht, Überlauf angesprungen.

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 16) die sich auf die hydraulische Leistungsfähigkeit im Gebrauchzustand 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 27). Erst bei höheren Beschickungsmengen ab ca. 4,5 l/s konnten die Höhenstände wieder messtechnisch erfasst werden.

3P Hydrosystem

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 gewählt. Die Abmessungen des verwendeten 3P Hydrosystems sind in Abbildung 28 und der Versuchsaufbau in Abbildung 29 dargestellt.

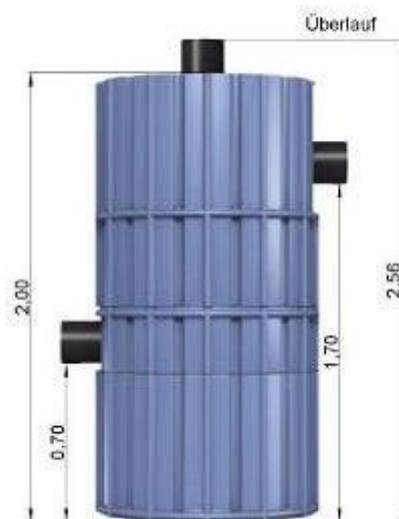


Abbildung 28: 3P Hydrosystem (Quelle 3P Filtertechnik, verändert und nicht maßstäblich).



Abbildung 29: 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 wurde die Niederschlagswasserbehandlungsanlage stufenweise, bis zum Erreichen der hydraulischen Leistungsfähigkeit mit Wasser beschickt. 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 30).



Abbildung 30: Austritt von Wasser aus dem Überlaufrohr bei einer Beschickungsmenge größer als 13,5 l/s.

5.5 Prüfung des Rückhaltes von AFS

5.5.1 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 31) 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).

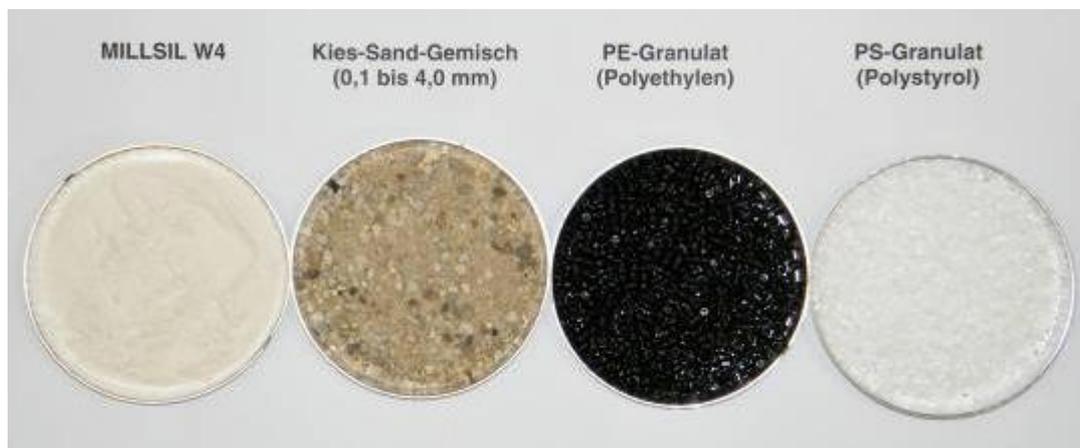


Abbildung 31: Eingesetzte AFS (v.l.n.r.): Millisil W4, Kies-Sand-Gemisch, PE-Granulat (schwarz) und PS-Granulat (weiß).

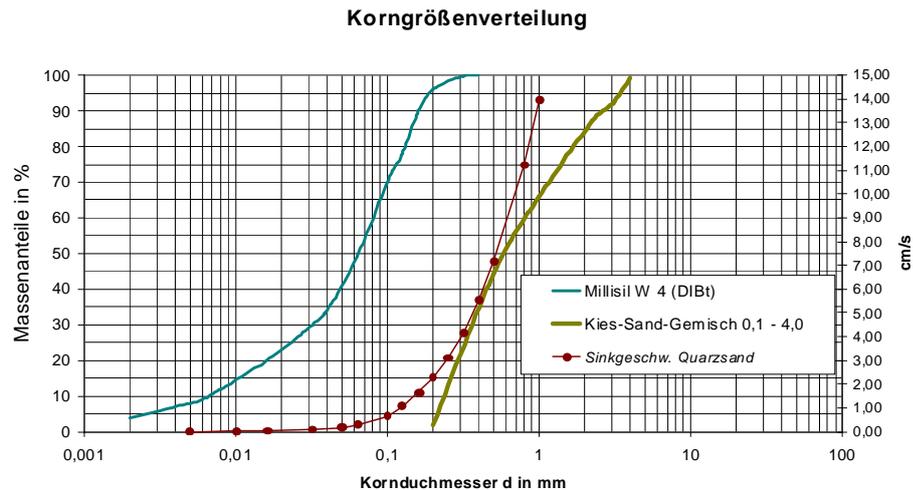


Abbildung 32: Korngrößenverteilungen von Millisil W4 und Kies-Sand-Gemisch 0,1 mm bis 4,0 mm.

Die Korngrößenverteilungen für die AFS Millisil W4 und Kies-Sand-Gemisch sind in Abbildung 32 dargestellt. Darüber hinaus ist zur Orientierung die Sinkgeschwindigkeit von Quarzsand mit einer Kornrohddichte von ca. $2,7 \text{ g/cm}^3$ 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 $50 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ angeschlossener Fläche sowie die Verwendung eines Quarzmehls MILLISIL W4 der Quarzwerke GmbH zu nennen. Das Quarzmehl MILLISIL W4 deckt den Korngrößenbereich bis zu $400 \mu\text{m}$ ab (vgl. Abbildung 32). Bei einer angeschlossenen Fläche von 500 m^2 ergibt sich eine Gesamtmasse an AFS in Höhe von 25 kg. Die feinkörnigen AFS (Millisil W4) wurden mit einer Dosiereinrichtung dem Beschickungswasserstrom zugegeben und die Proben mit Hilfe eines Probenahmerohres 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 18).

Tabelle 18: Regenspenden und Prüfdauern für die Untersuchung des Rückhaltes von AFS.

Teilprüfung	Regenspende [l/(s*ha)]	Prüfdauer	
		[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 Probenahmerrohr 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 – Institut für Unterirdische Infrastruktur 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 Probe-menge 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 Ablauffracht 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 32) 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/cm³ bzw. 1,05 g/cm³ ermittelt. Zum Einsatz kam PE-Polyethylen mit der Kornrohddichte von 0,95 g/cm³ (aufschwimmend) und PS-Polystyrol mit der Kornrohddichte von 1,05 g/cm³ (absinkend). Auch diese Stoffe wurden im Ablauf herausgesiebt und durch den Vergleich der Massen im Zulauf mit denen im Ablauf ein Rückhaltegrad ermittelt.

5.5.2 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 19 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 19 sind die Ergebnisse der einzelnen Teilversuche sowie die Gesamtbewertung (gem. [DIBt2010]) dargestellt.

Tabelle 19: Versuchsp Parameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage Geotextil-Filtersack.

Teilprüfung		1**	2**	3**	4***
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6	25	100
Entwässerungsfläche	[m ²]	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 20 aufgeführten Versuchsp Parameter 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 20). Ein Teil des Kies-Sand-Gemisches wurde bereits im Grobschmutzfang (Eimer) zurückgehalten (vgl. Abbildung 33).

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 20).

Tabelle 20: 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 ²]	300	300
Volumenstrom	[l/s]	0,75	3,00
Versuchsdauer	[min]	48	15
Volumen	[l]	2160	2700
Rückhalt Kies-Sand-Gemisch			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	15,31	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,0035	0,0028
Gesamtrückhalt	[%]	99,9	
Rückhalt Schwebstoffe			
Zugabemenge Schwebstoffe	[ml]	250	0,00
Ausgespülte Menge	[ml]	0,00	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	100	



Abbildung 33: Links: Versuchsaufbau Geotextil-Filtersack zur stofflichen Untersuchung (Kies-Sand/Schwebstoffe). Rechts: Rückstand im Grobschmutzfang vor dem Geotextil-Filtersack (Kies-Sand-Gemisch).

Centrifoeel[®]

Vor Beginn der Versuchsreihen wurde das Centrifoeel[®] System bis zur Höhe des Auslaufes mit Wasser befüllt. Anschließend wurden die Versuche zur stofflichen Untersuchung mit MILLISIL W4 mit den in Tabelle 21 genannten Parametern durchgeführt.

Tabelle 21: Versuchparameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (AFS; MILLISIL W4) an der Anlage Centrifoeel[®].

Teilprüfung		1**	2**	3**	4***
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6	25	100
Entwässerungsfläche	[m ²]	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 22 dargestellten Versuchparameter zu Grunde gelegt.

Tabelle 22: Versuchsparmeter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Kies-Sand-Gemisch/Schwebstoffe) an der Anlage Centrifoel®.

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

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 34: Links: Rückstand auf dem obersten Sieb nach Teilprüfung 1.
Rechts: Blick von oben in die obere Kammer des Centrifoel®
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 34). Nach dem ersten Teilversuch war erkennbar, dass ein Teil des Kies-Sand-Gemisches in der oberen Kammer des Centrifoel® 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 34) ausgespült (vgl. Abbildung 35 links).



Abbildung 35: Blick von oben in den Centrifoel® 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 35, rechts). In der unteren Kammer befand sich ebenfalls eine geringe Menge an Kies und Sand (vgl. Abbildung 36)



Abbildung 36: Blick von oben in den Centrifoeel® (untere Kammer).

Separationsstraßenablauf

Zur Untersuchung der Reinigungsleistung des Separationsstraßenablaufs bzgl. feinkörniger AFS wurden die in Tabelle 19 aufgeführten Versuchsparameter zu Grunde gelegt.

Die Analyse der Proben aus dem ersten Teilversuch zeigte 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 23: Versuchsp Parameter 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 ²]	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 24 sind die zur Ermittlung der Reinigungsleistung bzgl. grobkörniger AFS sowie Schwebstoffe verwendeten Versuchsp Parameter 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 24).

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/cm³. Die aufschwimmenden PE-Granulate wurden unmittelbar ausgespült.

Tabelle 24: Versuchsp Parameter 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 ²]	400	400
Volumenstrom	[l/s]	1,00	4,00
Versuchsdauer	[min]	48	15
Volumen	[l]	2880	3600
Rückhalt Kies-Sand-Gemisch			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	20,31	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,35	0,06
Gesamtrückhalt	[%]	98,0	
Rückhalt Schwebstoffe			
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.

Die Auswertung der Messdaten zeigte, dass nach einer Versuchszeit von ca. 50 Minuten die ersten Spuren des Tracers am Auslauf ankamen. Nach ca. sechs Stunden war das Maximum erreicht, und die Konzentration des Uranins nahm anschließend wieder langsam ab.

Auf Grundlage dieser Messungen konnte zunächst die Vorlaufzeit bis zur ersten Probenahme 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 Probenahme 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 25 dargestellten Versuchsp Parameter.

Vor Versuchsbeginn waren beide Kammern des Lamellenklärs 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 37). Die Analyse der Proben aller Teilprüfungen zeigte grundsätzlich einen konstanten Konzentrationsverlauf. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche sowie die Gesamtbewertung ist in Tabelle 25 dargestellt.



Abbildung 37: 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 25: Versuchsparmeter 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 ²]	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 26).

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 26) und die Schwebstoffe (vgl. Tabelle 26). Insbesondere war erkennbar, dass die schwimmenden Schwebstoffe aus schwarzem PE-Granulat in der Zulaufkammer des Lamellenklärsers zurückgehalten wurden (vgl. Abbildung 37).

Tabelle 26: Versuchsparmeter 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 ²]	500	500
Volumenstrom	[l/s]	1,25	5
Versuchsdauer	[min]	48	15
Volumen	[l]	3600	4500
Rückhalt Kies-Sand-Gemisch			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	25,31	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,00	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	100,0	
Rückhalt Schwebstoffe			
Zugabemenge Schwebstoffe	[ml]	250	0,00
Ausgespülte Menge	[ml]	0,00	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	100,0	

Innolet[®]

Für die Untersuchungen zur Reinigungsleistung bzgl. abfiltrierbarer Stoffe wurde die Einheit INNOLET[®] in die Prüfanlage eingebaut. Zur Ermittlung der Reinigungsleistung bzgl. feinkörniger AFS wurden die in Tabelle 27 dargestellten Parameter verwendet.

Während der Teilprüfungen konnte optisch keine Aussage zum Betriebsverhalten des INNOLET[®] getroffen werden. Auf Grund des Einlaufrostes sowie des für die Prüfung verwendeten Plexiglas-Aufsatzes (vgl. Anhang 3) war die Sicht in den INNOLET[®] behindert. Nach den jeweiligen Teilprüfungen wurde der Aufsatz entfernt. Es war deutlich zu erkennen, dass sich eine vernachlässigbare Menge MILLISIL W4 auf den Streben des Einlaufrostes und auf der Adapterplatte angesammelt hat (vgl. Abbildung 38).



Abbildung 38: Links: Rückstände von MILLISIL nach den Versuchen mit feinkörnigen AFS; nach Entfernen des Plexiglas-Aufsatzes. Rechts: Im Grobschmutzfang zurückgehaltenes Material nach den stofflichen Untersuchungen bzgl. 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 27 dargestellt.

Tabelle 27: Versuchsparameter 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 ²]	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 38).

Beim Ausspülversuch wurde ein Teil des zurückgehaltenen Materials an Kies/Sand und Schwebstoffe im Grobschmutzfang aufgewirbelt und über den Überlauf ausgetragen (vgl. Abbildung 39, Tabelle 28).



Abbildung 39: Ausgetragene Menge an Material als Rückstand auf dem Siebturm.

Tabelle 28: Versuchsparemeter 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
Rückhalt Kies-Sand-Gemisch			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	12,81	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,00	0,82
Gesamtrückhalt	[%]	96,6	
Rückhalt Schwebstoffe			
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 29 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 29 dargestellt. Einen Eindruck über die Situation im Auslaufbereich des Schachtes vermittelt Abbildung 40.

Tabelle 29: 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 ²]	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 40: 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 30 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 30: 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 ²]	500	500
Volumenstrom	[l/s]	1,25	5
Versuchsdauer	[min]	48	15
Volumen	[l]	3600	4500
Rückhalt Kies-Sand-Gemisch			
Zugabemenge Kies-Sand	[kg]	25,31	0,00
Ausgespülte Menge	[kg]	0,00	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	100	
Rückhalt Schwebstoffe			
Zugabemenge Schwebstoffe	[ml]	250	250
Ausgespülte Menge	[ml]	0,00	0,00
Gesamtrückhalt	[%]	100	

5.6 Prüfung des Rückhaltes von Mineralölkohlenwasserstoffen

5.6.1 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. Anhang 3). 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 41). Die angenommene Jahresfracht von 0,68 g Mineralölkohlenwasserstoff pro m² angeschlossener Fläche wurde jeweils zu einem Drittel während der drei Teilprüfungen zudosiert.

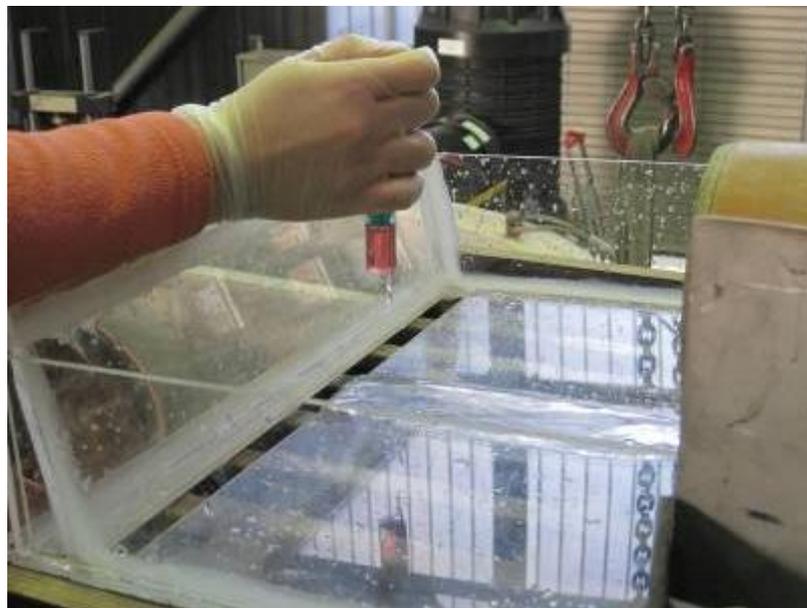


Abbildung 41: Zudosierung der Mineralölkohlenwasserstoffe.

Beispielhaft sind die sich ergebenden Mengen an MKW für eine angeschlossene Fläche von 500 m² unter Berücksichtigung der Aufteilung in drei Teilprüfungen (vgl. AFS-Prüfung) in Tabelle 31 dargestellt. Die Teilprüfung 4 wird auch hier als Ausspülversuch angesehen.

Tabelle 31: 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 ²]	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. 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.

5.6.2 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 Centrifoeel[®] konnte bauartbedingt durch ein ansetzbares Speichervolumen, insbesondere in Verbindung mit einem Tauchrohr oder einer Tauchwand, mit einem Mineralölkohlenwasserstoffrückhalt gerechnet werden.

Bei den Systemen INNOLET[®] 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[®] 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[®] und Geotextil-Filtersack für den vorliegenden Anwendungsfall nicht bewertbar. Die Anlage Centrifoeel[®] 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 32 angegebenen Volumenströme eingestellt und je Teilprüfung eine Menge von 68 g Heizöl in den ersten 5 Minuten der jeweiligen Versuchszeit zudosiert (vgl. [DIBT2010]).

Tabelle 32: Versuchsparmeter 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 ²]	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 ¹
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]**	10,3	70,3	87,1	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]**	Nicht berechnet (Erläuterungen im nachfolgenden Text)			

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

Der Geotextil-Filtersack ist eine Anlage mit kurzen Verweilzeiten. Während der Versuchsdurchführung konnten keine Besonderheiten bezüglich des Betriebsverhaltens festgestellt werden. Anhand der Ergebnisse (vgl. Tabelle 32) 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 gewählte 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®

Die Überprüfung zum Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen an der Anlage Centrifoeel® erfolgte mit den in Tabelle 33 aufgeführten Parametern.

Tabelle 33: Versuchparameter der stofflichen Untersuchungen (MKW) an der Anlage Centrifoeel®.

Teilprüfung		1	2	3	4
Regenspende soll	[l/(s*ha)]	2,5	6,0	25,0	100
Entwässerungsfläche	[m ²]	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 ¹
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]**	45,9	63,9	67,4	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]**	Nicht berechnet (Erläuterungen im nachfolgenden Text)			
¹ beide Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze von 2,0 mg/l, für diese gewählt 2,0 mg/l					

Die Anlage Centrifoeel® 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 33) 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 34 aufgeführten Parametern.

Tabelle 34: 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 ²]	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 ¹	2,00 ¹	2,00 ¹	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 ¹ beide Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze von 2,0 mg/l, für diese gewählt 2,0 mg/l					

Aufgrund der Anlagengröße und des Aufbaus der Anlage einem mit beruhigtem Zulauf, Trennwand und Lamellen sowie einem Tauchrohr zum Ablauf 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[®]

Die Überprüfung zum Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen an der Anlage INNOLET[®] erfolgte mit den in Tabelle 35 aufgeführten Parametern.

Das INNOLET[®] 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 Beginn der ersten Probennahme die Mineralölkohlenwasserstoffe aus dem System gespült**. Dies würde bedeuten, dass die wesentliche Belastungsspitze zu Beginn der Prüfung nicht beprobt wurde.

Tabelle 35: Versuchsparemeter 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 ²]	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_E	[mg/l]	70,90	79,17	75,40	0,00
Auslaufkonzentration i. M. C_A	[mg/l]	14,00	43,00	2,05	2,00 ²
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]**	80,3	45,7	97,4	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt	[%]**	Nicht berechnet (Erläuterungen im nachfolgenden Text)			
² 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 36 aufgeführten Parametern.

Tabelle 36: Versuchparameter 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 ²]	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_E	[mg/l]	75,33	78,47	75,33	0,00
Auslaufkonzentration i. M. C_A	[mg/l]	4,10 ¹	8,60	7,15	2,00 ²
Rückhalt jeder Teilprüfung i. M.	[%]	94,6	89,0	90,5	-
Rückhalt der Gesamtanlage gem. Formel DIBt [%]		90,0*			
* basiert auf ungerundeten Werten					
¹ ein Messwert unterhalb der Nachweisgrenze von 2,0 mg/l, für diesen gewählt 2,0 mg/l					
² beide Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze von 2,0 mg/l, für diese gewählt 2,0 mg/l					

Aufgrund der Anlagengröße und des Aufbaus der Anlage mit einem mehrschichtigen Filter und einem Bereich zur Abscheidung von Leichtflüssigkeiten 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 %.

5.7 Prüfung des Rückhalts von Schwermetallen

5.7.1 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 die Menge von 200 l Prüfwasser unterschreitet vgl. [DIBt2010].

Die Untersuchung zum Rückhalt von Schwermetallen wurde an Filterausschnitten der Anlagen INNOLET® und 3P Hydrosystem durchgeführt. Der

Aufbau des Filterausschnittes für das 3P Hydrosystem wurde vom Hersteller in Form einer Säule zur Verfügung gestellt (vgl. Abbildung 42, links). Die Säule hatte mit einer Höhe von 50 cm und einem Durchmesser von 10 cm im Vergleich zum Originalfilter einen Verkleinerungsfaktor von 61. Die Abmessungen der einer zu prüfenden Säule für das Filtermaterial des INNOLET[®] wurde mit der Firma Funke Kunststoffe abgestimmt und von Mitarbeitern des IKT hergestellt (vgl. Abbildung 42, 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 42: Links: Säule zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (3P Hydrosystem).

Rechts: Säule zur Ermittlung des Rückhalts von Schwermetallen (INNOLET[®]) 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/m², die von Kupfer 15,5 mg/m². 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
- DIN 38406-8:2004-10, Bestimmung von Zink - Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) in der Luft-Ethin-Flamme, Gerät: Flammen-AAS Varian 220FS

5.7.2 Ergebnisse zum Rückhalt von Schwermetallen

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Untersuchungen zum Rückhalt von Schwermetallen an Filtersegmenten des INNOLET[®] Systems sowie des 3P-Hydrosystems dargestellt.

Innolet[®]

Zur Untersuchung des Schwermetallrückhaltes des Filtermaterials des INNOLET[®] Systems wurden die in Tabelle 37 dargestellten Versuchsparameter eingestellt.

Die Analyse der Proben hat ergeben, dass das Filtermaterial mit steigenden Volumenströmen einen sinkenden Rückhalt an Zink aufweist. Die Ergebnisse der Analysen bezüglich des Kupfers zeigen einen ähnlichen Verlauf, weisen aber mit im Mittel 78 % auf einen höheren Rückhalt hin. (vgl. Tabelle 37)

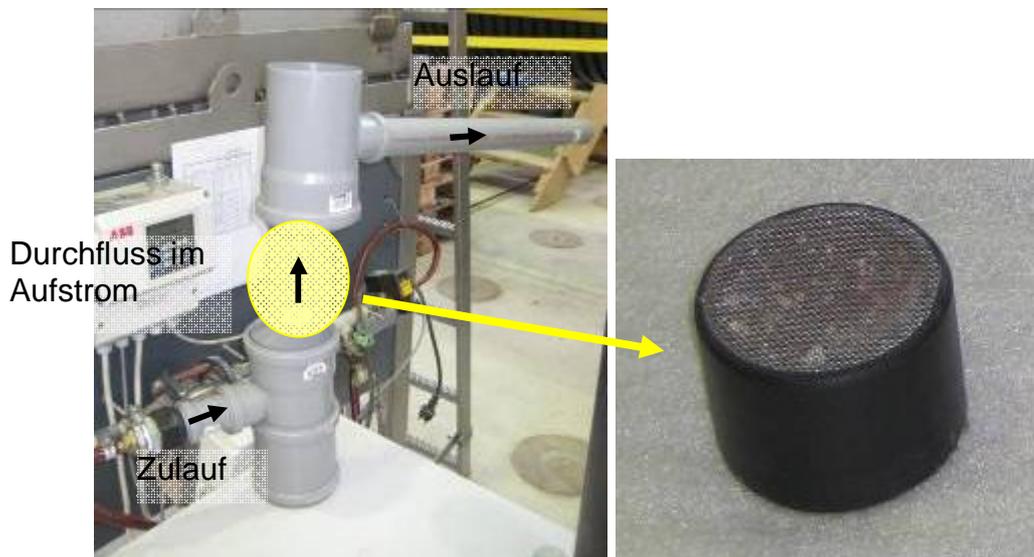


Abbildung 43: Links: Aufbau des Säulenversuchs INNOLET[®], Rechts: Säule für das INNOLET[®] Filtermaterial.

Tabelle 37: Versuchsp Parameter und Ergebnisse der stofflichen Untersuchungen (Schwermetalle Zink und Kupfer) für das INNOLET®: Prüfung an einem Filterabschnitt mit Verkleinerungsfaktor 30.

Teilprüfung		1**	2**	3**
Regenspende	[l/(s*ha)]	2,5	6,0	25,0
Entwässerungsfläche	[m ²]	250	250	250
Volumenstrom	[l/min]	0,125	0,3	1,25
Versuchsdauer	[min]	480	200	48
Volumen	[l]	60	60	60
Zugabekonzentration Zink	[mg/l]	6,80	6,80	6,80
Zugabekonzentration Kupfer	[mg/l]	0,76	0,76	0,76
Zinkrückhalt				
Zugabekonzentration i. M. C _E	[mg/l]	6,80	6,80	6,80
Auslaufkonzentration i. M. C _A	[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*		
Kupferrückhalt				
Zugabekonzentration i. M. C _E	[mg/l]	0,76	0,76	0,76
Auslaufkonzentration i. M. C _A	[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 Schwermetalle mit rund 97 % zum größten Teil zurückhält.



Abbildung 44: Versuchsaufbau der Säule 3P Hydrosystem.

Tabelle 38: 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 ²]	250	250	250
Volumenstrom	[l/min]	0,125	0,3	1,25
Versuchsdauer	[min]	480	200	48
Volumen	[l]	60	60	60
Zugabekonzentration Zink	[mg/l]	6,25	6,25	6,25
Zugabekonzentration Kupfer	[mg/l]	0,72	0,72	0,72
Zinkrückhalt				
Zugabekonzentration i. M. C_E	[mg/l]	6,25	6,25	6,25
Auslaufkonzentration i. M. C_A	[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*		
Kupferrückhalt				
Zugabekonzentration i. M. C_E	[mg/l]	0,72	0,72	0,72
Auslaufkonzentration i. M. C_A	[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				

6 DARSTELLUNG DER BETRIEBSERFAHRUNGEN

6.1 Projekttrandbedingungen

Ergänzend zu den Laborversuchen sollen ausgewählte dezentrale Behandlungsanlagen in der Praxis untersucht werden. Hierzu wurden im Vorfeld der Versuche Gebiete gesucht, die für dieses Vorhaben repräsentativ sind und so eine Übertragbarkeit der Ergebnisse sicherstellen. Ferner wurden dezentrale Anlagentypen gewählt, die gemäß den Anforderungen aus dem Gebiet geeignet sind und in unterschiedlichen Behandlungsverfahren die Behandlung des Niederschlagswassers sicherstellen.

6.2 Vorgehensweise bei der Gebietsauswahl

6.2.1 Allgemeines

Die Gebietsauswahl sollte hinsichtlich der Eignung der Gebiete für den Praxistest und der spezifischen Belastung der Gebiete sowie der Vergleichbarkeit der später zu installierenden dezentralen Anlagen erfolgen. Daraufhin sind in der Lenkungskreissitzung vom 28.05.2009 zwei Gebiete ausgewählt worden. Nach Einbau der noch auszuwählenden dezentralen Behandlungsanlagen hat im anschließenden Funktions- und Praxistest das Büro Grontmij GmbH die Begleitung und Betriebsüberwachung einschließlich Dokumentation bis zum 31.12.2010 durchgeführt.

Für den Praxistest der dezentralen Anlagen sind in der Lenkungskreissitzung vom 28.05.2009 zwei Gebiete festgelegt worden:

- (1) Trennsystem Schilfweg, 820 in Köln Porz-Lind
- (2) Königswinter, Hauptstraße / Schallenbach

Alle Gebiete haben belastete Durchgangstraßen, die in die Struktur eines Wohngebietes eingegliedert sind. Sie unterscheiden sich jedoch bzgl. folgender Attribute und sind deshalb für das Forschungsvorhaben geeignet:

Tabelle 39: Übersicht der ausgewählten Gebiete

Gebiet	Kfz-Belastung In Kfz/24h	mittl. Niederschlag in mm/a	Ae, k in ha	Au in ha	AuStraße in ha
Porz-Lind	ca. 5.000	710	6,8	4,3	1,1
Königswinter	ca. 6.500	700	0,05	0,05	0,05

Im ersten Gebiet sollen die dezentralen Anlagen, im zweiten Gebiet soll eine semizentrale Anlage getestet werden, die sich gerade für kleinere Gebiete eignet. Die Übertragbarkeit stellt ein wesentliches Ergebnis dieses Vorhabens dar.



Abbildung 45: Lageplan Trennsystem Köln Porz-Lind

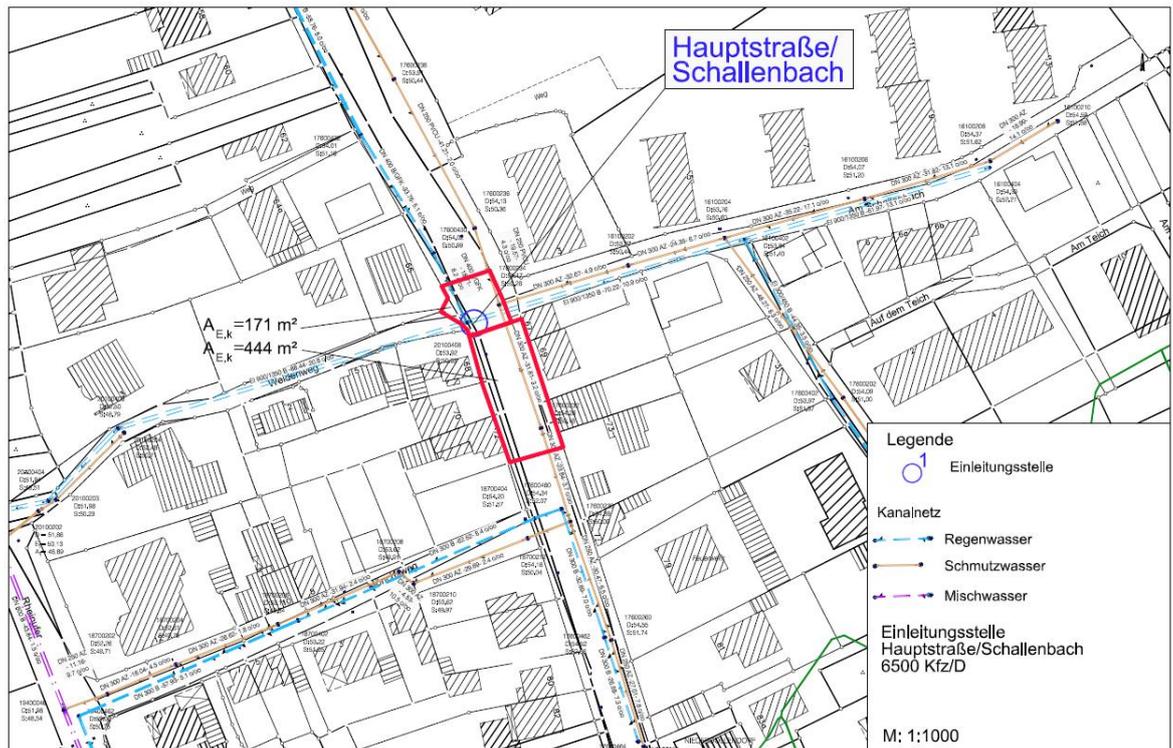


Abbildung 46: Lageplan Gebiet Königswinter

Beide Gebiete haben dieselben Behandlungsanforderungen, sind aber aufgrund ihrer Entwässerungseinrichtungen in Köln Porz-Lind für eine dezentrale und in Königswinter für eine semizentrale Behandlungsanlage ausgewählt worden.

6.2.2 Flächenkategorisierung

Die Kategorisierung von Verkehrsflächen erfolgt über die durchschnittliche, tägliche Verkehrsbelastung. Bei der Anwendung des Trennerlasses [MUNLV, 2004] sind für die Zuordnung von Verkehrsflächen zu den Kategorien gesonderte Überlegungen erforderlich, weil gerade für diese Flächen keine expliziten Angaben gemacht werden. So gehören beispielsweise „befestigte Flächen mit schwachem Kfz-Verkehr (fließend und ruhend), z.B. Wohnstraßen [...]“ zu Kategorie II.

Für die Erfassung und Kategorisierung der abflusswirksamen Flächen wird in der Regel das Merkblatt 153 der DWA sowie die Vorgaben der RiStWag zur Orientierung verwendet.

Unter Einbezug und in einzelnen Aspekten analoger Betrachtung des DWA-M 153 und der RiStWag hat sich in Nordrhein-Westfalen folgende Abgrenzung der Kategorien hinsichtlich der Verkehrsbelastung im wasserrechtlichen Vollzug bewährt:

Tabelle 40: Zuordnung des DTV zu den Kategorien gemäß Trennerlass

DTV [KFZ/d]	Kategorie Trennerlass	Behandlungsbedürftigkeit
= 0	I	Keine Behandlung erforderlich
< 300	IIA	Keine Behandlung erforderlich
300 bis 2.000		Einordnung im Einzelfall gemäß Randbedingungen
2.000 bis 15.000	IIB	mechanische Behandlung erforderlich
> 15.000	III	biologische Behandlung grundsätzlich erforderlich (bei Einleitung in Oberflächengewässer)

Der Trennerlass [MUNLV, 2004] formuliert Ausnahmeregelungen, durch die im Einzelfall von einer Behandlung des Niederschlagswassers abgesehen werden kann. Flächen mit einem Verkehrsaufkommen von 300 bis 2000 Fahrzeugen pro Tag unterliegen dieser Einordnung im Einzelfall, innerhalb der die Flächen abhängig von den individuellen örtlichen Gegebenheiten entweder der Kategorie IIA oder IIB zugeordnet werden. Diese Einordnung resultiert aus den örtlichen Gegebenheiten, die vom Einleiter im Einzelfall darzustellen sind. Die Entscheidung kann zum Beispiel von der Anzahl der Ampelanlagen, die sich innerhalb der betrachteten Verkehrsfläche befinden, dem Schwerlastverkehr oder dem Stauaufkommen abhängig gemacht werden, weil durch diese „Sonderbelastungen“ vermehrt Schadstoffe in den Niederschlagsabfluss eingetragen werden.

6.2.3 Angeschlossene Flächen

Gebiet 1: Trennsystem Schilfweg Köln Porz-Lind

Das Niederschlagswasser der Dachflächen der privaten Gebäude wird mit dem belasteten Straßenwasser zusammengeführt und bedarf gemäß Trennerlass NRW [MUNLV, 2004] insgesamt der Behandlung. Ziel dieses Vorhabens ist es, die Gebiete dezentral zu behandeln, so dass nur die behandlungspflichtigen Abwässer einer Behandlungsanlage zuzuführen sind. Die weiteren Angaben zu diesem Trenngebiet wurden aus [Neuhaus, 2008] entnommen.

Das Gebiet in Porz-Lind setzt sich aus Wohnbauflächen, einem kleinen Gewerbegebiet und Grünflächen zusammen und ist geprägt von Zwei- bis Dreifamilienhäusern die sich mit ineinander verschachtelten Hof- und Gartenanlagen entlang des Linder Mauspfades erstrecken. Das Gewerbegebiet liegt am südlichen Ende und schließt den Torfweg mit ein. Die Dachflächen des Gewerbegebietes können als Kategorie I eingestuft werden, die Verkehrsflächen sind mit denen eines Wohngebietes vergleichbar.

Das Teilgebiet liegt in nordsüdlicher Richtung zwischen dem Viehdriift und dem Torfweg entlang des Linder Mauspfades und hat eine Größe von 6,8 ha.

Das durchschnittliche tägliche Verkehrsaufkommen wurde für den Linder Mauspfad (öffentliche Haupt- und Umgehungsstraße) und den Schilfweg erhoben. Obwohl der Torfweg im Gewerbegebiet liegt, ist das Verkehrsaufkommen so gering (< 300 Kfz/Tag), dass es in der Zählung nicht erfasst wurde.

Tabelle 41: Verkehrsaufkommen in Porz-Lind [Neuhaus, 2008]

Name der Straße	DTV [Kfz/d]
Linder Mauspfad (bis zum Schilfweg)	ca. 4.600
Linder Mauspfad (vom Schilfweg bis Torfweg)	ca. 5.300
Schilfweg	730

In diesem Trenngebiet wird das Niederschlagswasser der Straßenflächen über Straßeneinläufe mit Rechteckaufsatz nach DIN 19594 (28 Stück) der Regenwasserkanalisation zugeführt. Der Hauptsammler verläuft im Linder Mauspfad. Er beginnt am nördlichen und am südlichen Ende des Einzugsgebietes, so dass die Fließrichtung von beiden Seiten in Richtung Schilfweg verläuft. Am nördlichen Ende als DN 300 beginnend, endet er als DN 400 im Schacht am Schilfweg. Am südlichen Ende ebenfalls als DN 300 beginnend, endet er als DN 500 im Schacht an einem Zugangsweg. Das Wasser wird um den Wohnblock herum abgeleitet und über zwei Kanäle mit separaten Schächten bis zur Einleitungsstelle in den Ostgraben geführt. Der Regenwasserkanal im Torfweg erschließt das Gewerbegebiet und ist als DN 300 ausgebildet. Das Schmutzwasser wird am nördlichen Ende des Einzugsgebietes in einen Mischwasserkanal eingeleitet.

Über die Grundstücksentwässerungen liegen keine detaillierten Informationen vor. Durch die Eingemeindung der Stadt Porz und dem damit verbundenen Datentransfer zwischen den zuständigen Behörden ist der größte Teil der Unterlagen verlorengegangen. Es ist davon auszugehen, dass die privaten versiegelten Flächen an den Regenwasserkanal angeschlossen sind.

Das abfließende Niederschlagswasser im Trenngebiet Porz-Lind wird über zwei Regenwasserkanäle auf der Höhe des Schilfweges (km 0+500) in den Ostgraben eingeleitet. Das Gewässer ist ein kleiner Flachlandbach mit einer Spiegelbreite von ca. 0,80 m und einer Tiefe von 0,15 m. Es verläuft ab km 0+250 als verrohrtes Gewässer und mündet noch im Bereich des Viehtrifts in den Senkelsgraben. Die Einleitungserlaubnis wurde 1991 zunächst für 5 Jahre erteilt, da die Auflage bestand, die Notwendigkeit einer Regenklärung zu prüfen. Sie wurde 1996 bis zum Jahr 2016 für eine zulässige Einleitungsmenge von 335 l/s erteilt.

Da für das Gebiet in Lind kein digitales Versiegelungskataster zur Verfügung stand, mussten die Flächen einzeln bewertet und manuell im Geoinformationssystem ArcGIS auf Grundlage von Luftbildern digitalisiert werden. Die Zuordnung der befestigten Flächen erfolgte mit Hilfe von Luftbildern des Jahres 2006 und mittels Begehung. Die Zuordnung der Flächen richtet sich nach den Vorgaben der Stadtentwässerungsbetriebe Köln und ergibt sich aus der

Zuordnung, die auch bei den durch Überfliegungen gewonnenen Daten verwendet wird. Sie gliedert sich in folgende Gruppen:

- Dachflächen
- öffentliche Verkehrsflächen
- private, schmutzige Flächen (Flächen mit Kfz-Verkehr wie Garagenzufahrten)
- private, saubere Flächen (Flächen ohne Kfz-Verkehr wie Wohnwege, Terrassen)
- Bahnanlagen
- unbefestigte Flächen
- nicht zuzuordnende Flächen

Die in den betrachteten Gebieten vorhandenen befestigten Flächen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 42: Befestigte Flächen in Porz-Lind

Befestigte Fläche	Flächengröße [ha]	Flächenanteil zur Gesamtfläche [%]
Gesamte Fläche	6,800	-
Dachflächen	1,522	14,6
öffentl. Verkehrsflächen	1,102	24,6
Private, schmutzige Flächen	1,381	20,3
Private, saubere Flächen	0,295	4,2
Unbefestigte Flächen	2,507	36,8
Gesamte befestigte Fläche	4,294	63,2

Tabelle 43: Ergebnis der Flächenkategorisierung in Porz-Lind [Neuhaus, 2008]

Befestigte Fläche	Kategorie I	Kategorie IIa	Kategorie IIb	Kategorie III
Dachflächen	1,177	0,331		0,014
öffentliche Verkehrsflächen	0,036	0,179	0,880	
private schmutzige Fläche	0,006	1,374		-
private, saubere Fläche	0,295	-	-	-
Gesamte Fläche	1,514	1,884	0,880	0,014
Anteil in %	35	44	21	>1

Im Rahmen dieses Vorhabens wird ausschließlich der Linder Mauspfad als behandlungspflichtige Fläche der Kategorie IIb einbezogen, da die Straße Schilfweg nicht behandlungsbedürftig ist und die Metalldächer (0,014 ha), die nach Angaben der Dipl.-Arbeit Neuhaus nicht begutachtet und näher untersucht wurden, einer separaten Behandlung vor Einleitung bedürfen. Lösungen dazu sind auf den Privatgrundstücken zu suchen.

Gebiet 2: Königswinter, Hauptstraße / Schallenbach

Das Gebiet Hauptstraße /Schallenbach in Königswinter - Niederdollendorf entwässert im Trennsystem über mehrere Straßenablauf mit Anschlussleitung direkt in den Schallenbach, ein kleines, in diesem Bereich verrohrtes Gewässer. An dieser Anschlussleitung sind keine weiteren privaten Flächen angeschlossen. Aufgrund der Verkehrsbelastung bedürfen die auf der Straße anfallenden Niederschlagswässer gemäß Trennerlass [MUNLV, 2004] einer Behandlung. Die durch die Straßenabläufe entwässerte Fläche hat eine Größe von ca. 500 m².

Das Gebiet befindet sich in der Rheinaue. Die Hauptstraße besitzt in diesem Bereich nur ein geringes Gefälle. Die Niederschläge sind mit ca. 700 mm/a mit den Kölner Niederschlagshöhen vergleichbar.

Da für das Gebiet in Königswinter kein digitales Versiegelungskataster zur Verfügung stand, mussten die Flächen einzeln bewertet und manuell im Geoinformationssystem ArcGIS auf Grundlage von Luftbildern digitalisiert werden. Die Zuordnung der befestigten Flächen erfolgte mit Hilfe von Luftbildern und mittels Begehung. Es handelt sich ausschließlich um öffentliche Verkehrsflächen.

Das Einzugsgebiet der beiden Straßenabläufe ist geprägt von Ein- und Mehrfamilienhäusern mit ein- bis zweistöckiger Bebauung. Seitlich der Hauptstraße sind Parkbuchten angelegt, vereinzelt sind eingefasste Grünstreifen vorhanden. Die Häuser sind teilweise mit Hecken und leichter Baumbepflanzung versehen. Angeschlossen an die Behandlungsanlage werden jedoch nur zwei Straßeneinläufe.

Die Hauptstraße weist ein Verkehrsaufkommen von ca. 6.500 KfZ/24h auf. Damit kann sie in die Kategorie IIb des Trennerlasses NRW eingestuft werden [Stadtbetriebe Königswinter].

6.2.4 Besondere Randbedingungen

Gebiet 1: Trennsystem Schilfweg Köln Porz-Lind

Das Gebiet in Porz-Lind ist von folgenden Randbedingungen geprägt:

Wasserschutzgebietszone IIIB

Gemäß Wasserschutzgebietsverordnung der Bezirksregierung Köln sind bestimmte Versickerungsarten nicht zulässig. Lediglich die Versickerung über

die belebte Bodenzone ist gestattet, was bestimmte Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser im den Untergrund nach einer Behandlung ausschließt. Damit ist bei Überstau der Behandlungsanlagen eine Versickerung des Niederschlagswassers im Überlastungsfall in das Bankett per Definition möglich.

Geringe Grundwasserflurabstände

Nach Messungen befindet sich der maximal anstehende Aquifer in ca. 1,50 m bis 13 m unter GOK [Neuhaus, 2008]. Dies schließt wiederum Versickerungsanlagen ohne die Passage über die belebte Bodenzone aus. Ferner sind diese GW-Stände bei der Auswahl und dem Einbau von dezentralen Anlagen zu beachten.

Tabelle 44: Grundwasserflurabstände in Porz-Lind [Neuhaus, 2008]

Messstelle	6918610	6748418	6748315	6748716	6748728
Geländeoberkante [müNN]	54,34	57,41	53,24	60,30	60,30
MHGW [müNN]	51,78	52,26	51,91	52,45	46,39
Grundwasserflurabstand [m]	2,56	5,15	1,33	7,85	13,91

Gebiet 2: Königswinter, Hauptstraße / Schallenbach

Das Gebiet Hauptstraße /Schallenbach in Königswinter - Niederdollendorf entwässert im Trennsystem über mehrere Straßenabläufe mit Anschlussleitung direkt in den Schallenbach, ein kleines, in diesem Bereich verrohrtes Gewässer. An dieser Anschlussleitung sind keine weiteren privaten Flächen angeschlossen

Das Gebiet in Königswinter ist von folgenden Randbedingungen geprägt:

Unmittelbare Einleitung der gesammelten Niederschlagswässer in den Schallenbach und von dort aus in den Rhein. Es hat somit über den kurzen Gewässerverlauf des Schallenbachs (ca. 500 m) eine unmittelbare Anbindung an den Rhein. Für die Untersuchung von semizentralen Lösungen erschien dieses Gebiet wegen der angeschlossenen Größe als geeignet.

Ausführung der vorhandenen Systeme

Die Straßenabläufe sind nach DIN 4052 gefertigt und haben einen Gitterrosteinlauf von 300 mm x 500 mm mit entsprechendem Sammeleimer für Laub und groben Schmutz.

Hydraulische Bedingungen

Mittels Einmessung vor Ort und anhand der bekannten Kanaldeckelhöhen wurden die Fließrichtungen und Einzugsgebiete der einzelnen Straßenabläufe ermittelt.

6.2.5 Planung der in situ Versuche

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden verschiedene am Markt verfügbare Systeme zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswässern vorgestellt. In einem gemeinsamen Termin wurden Systeme für den örtlichen Einbau verglichen und den Gebieten entsprechend ausgewählt. Die Auswahl der Anlagen stützte sich auf folgende Kriterien:

- Die Anlagen sind in den ausgewählten Gebieten mit deren Anforderungen einsetzbar.
- Die ausgewählten Anlagen repräsentieren eine Gruppe von Behandlungsverfahren.
- Die Anlagen sind am Markt verfügbar und einsatzbereit.

Die zwei vorgestellten Gebiete stehen für jeweils eine örtliche Region. So werden in Köln Betriebserfahrungen im Flachlandbereich mit niedrigem Jahresniederschlag gesammelt, wogegen das Gebiet in Königswinter stellvertretend für die kleineren Städte und Insellösungen für die Innenstadt steht. Für diese Gebiete eignen sich aufgrund der Anforderungen und den Einbaubedingungen die nachfolgenden Behandlungsanlagen.

Gebiet 1: Trennsystem Schilfweg Köln Porz-Lind

Das Gebiet Porz-Lind in Köln weist ein Verkehrsaufkommen von rund 5.000 KfZ/24h auf. Damit kann es in die Kategorie IIb des Trennerlasses NRW eingestuft werden. Aufgrund der Tendenz zum unteren Grenzwert der Klasse IIb kommen mechanisch-physikalische Anlagen zum Einsatz. Aus der getroffenen Vorauswahl von Anlagen wurden folgende Anlagen als besonders geeignet für die örtliche Situation im Linder Mauspfad angesehen:

- Geotextil Filtersack der Fa. Schreck
- Centrifoel® der Fa. Roval Umwelt Technologie Vertriebsges. mbH
- Separationsstraßenablauf SSA der Fa. ACO
- Innolet® der Fa. Funke Kunststoff GmbH

Von jedem Behandlungsanlagentyp wurden zwei Anlagen verbaut, damit die betrieblichen Versuche abgesichert durchgeführt werden konnten. Für die Bestimmung eines optimalen Standortes im Hinblick auf die zu sammelnde Betriebserfahrung und Zugänglichkeit wurde im nächsten Schritt eine Entwurfsplanung erstellt, die alle Randbedingungen berücksichtigt.

Tabelle 45: Gewählte Systeme, Köln Porz-Lind

Gebiet 1: Köln Porz-Lind, Trennsystem 820 (Linder Mauspfad)							
Anlagentypen	Wirkungsweise	Mechanisch-physikalische Anlagen				Physikalisch bzw. phys.-chem. Anlagen	Erweiterte mehrstufige Anlagen
	Hersteller	Paul Schreck Filtertechnik	Fa. Roval Umwelttechnik Vertriebsges.	ACO-drain Passavant	Mall Umwelttechnik	Funke Kunststoffe GmbH	3 P Technik Filtersysteme GmbH
	Bezeichnung /Typ	Geotextil Filtersack	Centrifloel	Separations-Straßenablauf SSA	Lamellenklärer MLK-R	Innolet	3 P Hydrosystem 1000
Reinigungsleistung	Kategorie IIa				ja		ja
	Kategorie IIb	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Kategorie III				nein		ja
Örtl. Verhältnisse	Hydraulik						
	Gewässeranforderung	WSZ IIIb	WSZ IIIb	WSZ IIIb	WSZ IIIb	WSZ IIIb	WSZ IIIb
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 I ₆ Gruppe 1 (< 1%)					
Einbau	max. anzuschließ. Fläche je Anlage	300-800 m ²	400 m ² (bei 5l/s)	500 m ²	3.800 m ²	250-400 m ²	500 m ² - 1000 m ²
	Anzahl	2	2	2	0	2	0
	Baumaßnahme	++	+	+	--	++	--
		nur Austausch / Einsatz	Austausch (Kopfloch)	Austausch (Kopfloch)	Austausch (Kopfloch)	weil separate Haltungen erforderlich	nur Austausch / Einsatz
Untergrund	GW zwischen 1,50 bis 8,00m unter GOK						
Wartung	Häufigkeit	1/a	0,5/a	0,5/a	1/a	0,5/a	0,5/a
	Anfahrt	Straßenfläche	Straßenfläche	Straßenfläche	Straßenfläche / Bankett	Straßenfläche	Straßenfläche / Bankett
	Gerät	Saugwagen	Saugwagen	Saugwagen	Saugwagen	Saugwagen	Saugwagen
Wertung	Kosten / Nutzen	++	o	++	-	+	o
	Gewässerschutz	+	+	+	+	++	++
	Vorschlag zur Auswahl	X	X	X	-	(X)	-

Legende: ++ sehr gut geeignet; + gut geeignet; o bedingt geeignet; - noch geeignet; -- nicht geeignet

Gebiet 2: Königswinter, Hauptstraße / Schallenbach

Aufgrund der Verkehrsbelastung ist der Einsatz von Systemen mit einer Reinigungsleistung wie im Gebiet Porz-Lind angezeigt. Im Gesamtvorhaben soll aber auch eine semizentrale Anlage mit untersucht werden, so dass diese für das Gebiet Königswinter zur Anwendung kommen soll.

Die an die Straßeneinläufe angeschlossenen Flächen sind verhältnismäßig groß, so dass für den Einsatz von Systemen mit kleineren Kapazitäten zusätzliche Straßeneinläufe, ggf. sogar Anschlussleitungen zu bauen sind. Dies wurde bei der Ermittlung der Kosten für den Einbau und bei der Wertung des Kosten - Nutzen - Verhältnisses berücksichtigt.

Als Ergebnis der Auswertungen können das Innolet®-System und das 3P Hydrosystem zum Einsatz kommen. Da das Innolet®-System aber bereits in vielen Studien geprüft und bereits im Gebiet 1 geplant wurde, wurde hier der Einsatz des 3P Hydrosystem als semizentrale Behandlungsanlage empfohlen.

Nachfolgend finden sich die entsprechen Systeme als Handlungsempfehlungen in Tabellenform (markiert eine Übersicht der gewählten Systeme):

Tabelle 46: Gewählte Systeme Gebiet 2, Königswinter

Gebiet 2: Königswinter - Hauptstraße / Einleitung in den Schallenbach							
Anlagentypen	Wirkungsweise	Mechanisch-physikalische Anlagen				Physikalisch bzw. phys.-chem. Anlagen	Erweiterte mehrstufige Anlagen
	Hersteller	Paul Schreck Filtertechnik	Fa. Roval Umwelttechnik Vertriebsges. mbH	ACO-drain Passavant	Mall Umwelttechnik	Funke Kunststoffe GmbH	3 P Technik Filtersysteme GmbH
	Bezeichnung /Typ	Geotextil Filtersack	Centrifoel	Separations-Straßenablauf SSA	Lamellenklärer MLK-R	Innolet	3 P Hydrosystem 1000
Reinigungsleistung	Kategorie IIa	ja	ja	ja	ja	ja	
	Kategorie IIb	(ja)	(ja)	(ja)	(ja)	ja	ja
	Kategorie III	nein	nein	nein	nein	ja	
Örtl. Verhältnisse	Hydraulik						
	Gewässeranforderung	Direkteinleitung in einen kleinen Vorfluter					
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 I _G Gruppe 1 (< 1%)					
Einbau	max. anzuschließ. Fläche je Anlage	300-800 m ²	400 m ² (bei 5l/s)	500 m ²	572 m ²	250-400 m ²	500 m ² - 1000 m ²
	Anzahl	0	0	0	0	0	1
	Baumaßnahme	-	-	+	-	-	+
		nur ein Straßeneinlauf vorhanden	nur ein Straßeneinlauf vorhanden	Austausch (Kopfloch)	Einbau	nur ein Straßeneinlauf vorhanden	Einbau
Untergrund	GW zwischen 1,50 bis 8,00m unter GOK						
Wartung	Häufigkeit	1/a	0,5/a	0,5/a	1/a	0,5/a	0,5/a
	Anfahrt	Straßenfläche	Straßenfläche	Straßenfläche	Straßenfläche / Bürgersteig	Straßenfläche	Straßenfläche / Bürgersteig
	Gerät	(Saugwagen)	Saugwagen	Saugwagen	Saugwagen	Saugwagen	Saugwagen
Wertung	Kosten / Nutzen	+	-	+	--	+	+
	Gewässerschutz	-	-	-	-	++	++
	Vorschlag zur Auswahl	-	-	-	-	(X)	X

Legende: ++ sehr gut geeignet; + gut geeignet; o bedingt geeignet; - noch geeignet; -- nicht geeignet

6.3 Versuchsplanung

6.3.1 Gewählte Straßenabläufe in Köln Porz-Lind

Die Entwässerung der Straße erfolgt zu ca. 90% zur westlich liegenden bebauten Seite hin, nur im letzten südlichen Bereich des Entwässerungsgebietes und in den Kreuzungsbereichen liegen Straßenabläufe auf der östlichen Straßenseite. Daher wurden für die Auswahl der Straßenabläufe nur die auf der westlich gelegenen Seite in Betracht gezogen. Die Straßenabläufe wurden von Norden nach Süden hin, d.h. von der Kreuzung Viehtrift bis zur Kreuzung Torfweg von 1-22 nummeriert. Der Nummerierung wurde ein Kürzel für das Entwässerungsgebiet vorangestellt, somit ergeben sich die Nummern PL-01 bis PL-22 für die zu berücksichtigenden Straßenabläufe.

6.3.2 Topographische Randbedingungen

Die östliche Straßenseite grenzt an einen Grünstreifen, Radweg und dahinterliegend an leichten bis dichten Baumbestand. Die westliche bebaute Seite ist geprägt durch einen Gehweg, welcher zur Straße hin entwässert und dahinterliegende Hofflächen mit Häusern in zwei- und dreistöckiger Bauweise. Das Teilstück von der Kreuzung „Viehtrift“ / „Linder Mauspfad“ bis zur Kreuzung „Linder Mauspfad“ / „Ernst Mach Straße“ fällt auf der westlichen Seite durch seine dichtere Bebauung gegenüber dem weiteren Straßenverlauf bis zur Kreuzung „Linder Mauspfad – Torfweg“ auf. Aufgrund dessen sind dort in Teilbereichen Parkflächen für Autos, welche halb auf dem Gehweg und halb auf der Straße parken. Dies beeinträchtigt in einigen Bereichen die Zugänglichkeit der Straßenabläufe. Im weiteren Verlauf bis hin zum Torfweg ist die Bebauung weniger dicht und das Parken von Fahrzeugen wird teilweise durch aufgestellte Blumenkübel verhindert. In diesem Teilbereich fällt die östliche Straßenseite durch einen dichteren Baumbestand auf, wodurch im Herbst eine höhere Belastung durch Laub entsteht.

Aufgrund der unterschiedlichen Bebauung und Bepflanzung für die Bereiche vom Viehtrift bis zur Ernst-Mach-Straße (nördlicher Entwässerungsbereich) bzw. von der Ernst-Mach-Straße bis zum Torfweg (südlicher Entwässerungsbereich) wurde angestrebt, jedes der gewählten Systeme einmal in jedem Teilbereich einzubauen.

6.3.3 Ausführung der vorhandenen Systeme

Bei einer Vor-Ort-Besichtigung wurde festgestellt, dass die oben gewählten Straßenabläufe mit einem Gitterrost von 300 mm x 500 mm [DIN 4052, 2003] ausgerüstet sind. Die Schächte sind als DIN Straßenablauf mit niedriger Bauweise (PL-01 bis einschl. PL-07 und PL-22) ca. 70 cm vom unten liegenden Ablauf bis zur Straßenoberkante und als DIN Straßenablauf mit höherer Bauweise (PL-08 bis einschl. PL-21) ca. 105 cm ausgeführt. Da die Systeme der Fa. Schreck Geotextil Filtersack und der Fa. Funke INNOLET® in die vorhandenen Abläufe eingebaut werden, muss überprüft werden, ob dies bei beiden Bauformen möglich ist. Nach Rücksprache mit den Herstellern wird für das INNOLET® System ein Mindestabstand von 70 cm – 75 cm benötigt. Daher kommt ein Einbau in die Straßenabläufe mit niedriger Bauweise nicht

in Frage. Die Geotextil Filtersäcke können in beide Abläufe eingebaut werden.

Hydraulische Bedingungen

Da jedes der gewählten Systeme für unterschiedliche hydraulische Belastungen ausgelegt ist, wurde anhand der vorliegenden Pläne das Straßengefälle anhand der Kanaldeckelhöhen und die zu entwässernde Fläche für jeden Straßenablauf ermittelt (vgl. Tabelle 47). Es ergeben sich Anschlussflächen von 70 m² bis 585 m².

Tabelle 47: Flächen der Straßenabläufe

Nr.	Lage	Ausführung Einlauf	ca. Fläche in m ²
PL-1	Kreuzung Linder Mauspfad - Viehtrift vor Haus Nr. 107a	300 x 500 kurze Bauform	230
PL-2	Im nördlichen Bereich des Grundstücks Haus Nr. 101 - 105	300 x 500 kurze Bauform	380
PL-3	Im nördlichen Bereich des Grundstücks Haus Nr. 97	300 x 500 kurze Bauform	400
PL-4	Vor Haus Nr. 93	300 x 500 kurze Bauform	400
PL-5	an der Grenze zwischen Haus Nr. 85 - 87	300 x 500 kurze Bauform	385
PL-6	Vor Haus Nr. 81	300 x 500 kurze Bauform	70
PL-7	an der Grenze zwischen Haus Nr. 77 - 79	300 x 500 kurze Bauform	140
PL-8	an der Grenze zwischen Haus Nr. 73 - 75	300 x 500 lange Bauform	235
PL-9	Vor Haus Nr. 73a	300 x 500 lange Bauform	180
PL-10	Vor der Ausfahrt Haus 69	300 x 500 lange Bauform	200
PL-11	Vor Haus Nr. 65	300 x 500 lange Bauform	200
PL-12	Vor Haus Nr. 61	300 x 500 lange Bauform	425
PL-13	an der Grenze zwischen Haus Nr. 57 - 59	300 x 500 lange Bauform	100
PL-14	Vor Haus Nr. 53a	300 x 500 lange Bauform	330
PL-15	Vor Haus Nr. 53	300 x 500 lange Bauform	255
PL-16	Vor Haus Nr. 51	300 x 500 lange Bauform	315
PL-17	Vor Haus Nr. 45	500 x 500 lange Bauform	515
PL-18	Vor Haus Nr. 33a	300 x 500 lange Bauform	585
PL-19	Vor Haus Nr. 29	300 x 500 lange Bauform	320
PL-20	Vor Haus Nr. 21	300 x 500 lange Bauform	530
PL-21	Im südlichen Bereich des Grundstücks Haus Nr. 19	300 x 500 lange Bauform	300
PL-22	Kreuzung Linder Mauspfad - Torfweg vor Haus Nr. 13	300 x 500 kurze Bauform	350

Sonstige Anforderungen

Weiterhin wurde festgelegt, dass höchstens jeder zweite Straßenablauf mit einem neuen System versehen wird, damit bei einem Versagen das nicht mehr ablaufende Wasser zu einem der vorhandenen DIN-Straßenabläufe fließt und somit keines der zu testenden Systeme hydraulisch überlastet wird.

Auswahl der Straßenabläufe

Aufgrund der oben angegebenen Randbedingungen wurden folgende Schächte für die Systeme ausgewählt.

Geotextil Filtersack der Fa. Schreck

Bei den relativ kleinen Filtersäcken, welche in den vorhandenen DIN Straßenabläufen einsetzbar sind, können rund 120 m² Straßen- und Gehwegsfläche entwässert werden. Aus diesem Grund können nur der Straßenablauf PL-06 mit ca. 70 m² Einzugsfläche und der Straßenablauf PL-07 mit ca. 140 m² Einzugsfläche ausgewählt werden. Da zwischen den beiden Abläufen ein Hochpunkt in der Straße ist, entwässert der Ablauf PL-06 bei einem Versagen zum Ablauf PL-05 und der PL-07 zum Ablauf PL-08.

Nach einer Vor-Ort-Besichtigung mit Fa. Schreck wurde in den Straßenablauf PL-06 kein Filtersack eingebaut. Stattdessen wurde in den Ablauf PL-15, der eine größere Bauhöhe aufweist, ein Filtersack installiert. Die Einzugsfläche beträgt hier ca. 255 m².

Da im südlichen Bereich des Entwässerungsgebietes keine Abläufe mit solch geringen Einzugsflächen vorhanden sind und somit ein Umbau von vorhandenen Straßenabläufen notwendig wäre, kann der Geotextil Filtersack nur im nördlichen Bereich eingesetzt werden.

Separationsstraßenablauf SSA der Fa. ACO

Mit einer zu entwässernden Fläche von ca. 500 m² können bei diesem System die größten Flächen angeschlossen werden. Für den Einsatz werden auch hier 2 der vorhandenen DIN-Straßenabläufe demontiert und jeder durch einen ACO SSA mit Nassschlammbehälter ersetzt. Der Aufbau des SSA ist mit ca. 1880 mm der größte aller Systeme. Daher ist darauf zu achten, dass der Ablauf mit einem Abstand von ca. 1200 mm zur Straßendecke nicht einstauen kann. Der Abstand zwischen Straßendecke und Regenwasserkanal sollte daher mind. 1700 mm betragen. Da nur wenige Straßenabläufe größere Einzugsflächen als 400 m² haben, wurden die Abläufe PL-04 im nördlichen Einzugsgebiet mit ca. 400 m² Fläche und PL-20 im südlichen Einzugsgebiet mit 530 m² ausgewählt. Der SSA verfügt über einen Notüberlauf, welcher bei Verstopfungen das ankommende Wasser sofort in den Regenwasserkanal ableitet. Sollte es trotzdem zu einem Überlaufen des Systems kommen, kann das Regenwasser zum Ablauf PL-03 bzw. zum Ablauf PL-21

abfließen. Die Straßenbeleuchtung am Straßenablauf PL-20 ist ca. 19 m entfernt, zwischen der Straßenlaterne und dem Ablauf sind jedoch Blumenkästen aufgestellt, die verhindern, dass dort Fahrzeuge parken.

Centrifoel® der Fa. ROVAL

Das System kann eine Fläche von ca. 350 m² bis 420 m² entwässern. Für den Einsatz des Systems werden zwei der vorhandenen Straßenabläufe demontiert und stattdessen das neue System installiert. Da der Aufbau des Centrifoel® höher ist als die der vorhandenen DIN Schächte, insbesondere der niedrigeren, ist zu beachten, dass der Ablauf rückstaufrei an den vorhandenen Regenwasserkanal angeschlossen werden kann. Der Abstand zwischen Straßenoberkante und Rohrsohle des Regenwasserkanals sollte mind. 1300 mm betragen. Unter den vorgegebenen Randbedingungen wurden die Straßenabläufe PL-02 im nördlichen Einzugsgebiet mit einer Einzugsfläche von ca. 380 m² und PL-22 im südlichen Einzugsgebiet mit einer Fläche von ca. 350 m² ausgewählt. Das System ist mit einem Notüberlauf ausgerüstet. Sollte es trotzdem zu einem Versagen kommen, kann das Wasser entweder zum Ablauf PL-01 oder zu den Straßenabläufen im Torfweg hin ablaufen. Da der Gehweg dort sehr schmal und die Bebauung nicht sonderlich dicht ist, ist in diesem Bereich nicht mit parkenden Autos, welche die Überwachung stören könnten, zu rechnen.

INNOLET® der Fa. Funke

Der INNOLET® Einsatz kann auch für Straßenabläufe mit Gitterrosten von 300 mm x 500 mm eingesetzt werden. Durch seine Mindesthöhe von ca. 70 cm bis 75 cm können die Einsätze nur in die Straßenabläufe mit höherer Bauweise von ca. 105 cm eingesetzt werden. Der INNOLET® kann unter den Einbaubedingungen eine Fläche von ca. 200 m² entwässern. Daher wurden die Straßenabläufe PL-10 mit einer Einzugsfläche von ca. 200 m² und PL-13 mit einer Einzugsfläche von ca. 215 m² ausgewählt. Aufgrund des Straßenverlaufs entwässert PL-10 beim Versagen in den DIN-Ablauf PL-11 und der Straßenablauf PL-13 in die Straßenabläufe des Schilfwegs. Der Straßenablauf PL-10 liegt vor einer Ausfahrt ca. 4 m von der Straßenlaterne mit der Nummer 31 entfernt. Da die Ausfahrt den gesamten Bereich von der Laterne bis zum Straßenablauf umfasst, ist dort nicht mit parkenden Autos, welche die Überwachung stören, zu rechnen.

Im südlichen Bereich des Einzugsgebietes sind nur Straßenabläufe mit mind. 300 m² Einzugsfläche, daher können auch hier keine INNOLET® Systeme eingesetzt werden.

3P Hydrosystem

Die Entwässerung der Straßen- und Parkflächen in Königswinter im Kreuzungsbereich „Hauptstraße“ / „Weidenweg“ / „Am Schallenberg“ erfolgt über drei Straßenabläufe. Der Straßenablauf KW-01 ist südlich vom Weidenweg in einer Parkbucht an der Hauptstraße eingebaut. Der Straßenablauf KW-02 ist im Kreuzungsbereich im Weidenweg auf der nördlichen Straßenseite installiert. Der Straßenablauf KW-03 liegt in einer Parkbucht an der Hauptstraße nördlich vom Weidenweg. Die Straßenabläufe KW-01 und KW-02 entwässern zurzeit in einen vorhandenen Schacht, welcher im Kreuzungsbereich zur Weidenstraße hin liegt. Der Straßenablauf KW-03 entwässert in den an der Hauptstraße entlang führenden Regenwasserkanal, welcher in den Schallenberg-Kanal mündet.

Da die beiden Straßenabläufe KW-01 und KW-02 in den vorhandenen Schacht entwässern und somit ein Anschluss an das 3P Hydrosystem technisch den geringsten Aufwand darstellt, wurden diese beiden Straßenabläufe ausgewählt.

Die Entwässerungsfläche von $444 \text{ m}^2 + 171 \text{ m}^2 = 615 \text{ m}^2$ liegt etwas über dem vom Hersteller angegebenen Wert von 500 m^2 . Nach Rücksprache mit dem Hersteller ist eine Entwässerungsfläche von 615 m^2 unter den gegebenen Vor-Ort-Bedingungen bedenkenlos möglich.

6.4 Einbau der dezentralen Systeme

6.4.1 Bauausführung

Für die verschiedenen Systeme sind unterschiedliche Baumaßnahmen notwendig. Die Straßenabläufe von Fa. ACO SSA Nassschlamm und Fa. ROVAL Centrifoel® werden als erste Maßnahme umgesetzt, da für diese Systeme aufwändige Bauarbeiten notwendig sind. Hierzu wird nacheinander der jeweilige DIN Ablauf ausgebaut und der vorgesehene neue Straßenablauf eingebaut. Parallel zu diesen Arbeiten können die Einbauten der anderen Systeme in die dafür vorgesehenen DIN Abläufe erfolgen. Die Arbeiten wurden innerhalb einer Woche ausgeführt.

Geotextil Filtersack der Fa. Schreck

Der Geotextil Filtersack kann in den vorhandenen DIN Ablauf eingebaut werden, dazu sind im vorhandenen Schacht lediglich Aufhängevorrichtungen als Halterung für den Filtersack anzubringen. Anschließend kann der Geotextil Filtersack eingehängt werden, die Gitterrost- und Zulaufkonstruktion wird dabei nicht verändert.



Abbildung 48: Situation Straßenablauf PL-04



Abbildung 49: Situation Straßenablauf PL-20

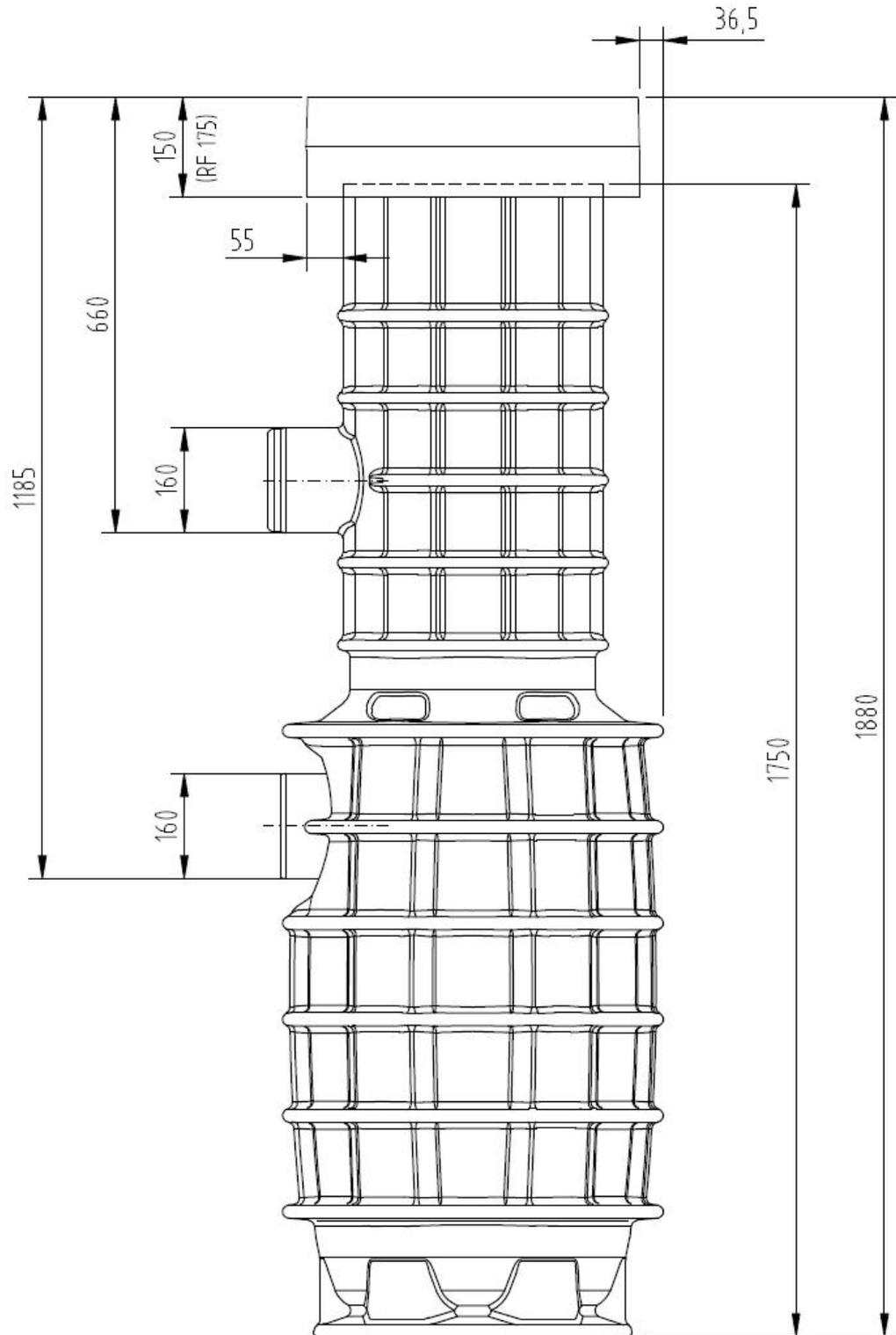


Abbildung 50: Ausführung SSA mit Nassschlammbehälter

Centrifoel® der Fa. ROVAL

Das System Centrifoel® ist ein eigenständiger Straßenablauf mit verschiedenen Rückhaltesystemen für Schmutzstoffe. Aus diesem Grund ist es notwendig, dass der vorhandene DIN Ablauf aus dem Straßenkörper entfernt wird und an seiner Stelle das Centrifoel® System eingebaut wird. Um den vorhandenen Straßenablauf auszubauen, sind die Asphaltdecke, die Rinnensteine, der Bordstein und ggf. Gehwegplatten zu entfernen. Anschließend ist eine Schachtung von ca. 3 m x 2 m und ca. 1,8 m Tiefe notwendig. Dazu wird der vorhandene Ablauf abgebrochen und der Boden über Handschachtung entfernt. Es ist darauf zu achten, dass die im Straßenkörper verlegte Wasserversorgungsleitung erhalten bleibt. Nachdem der Centrifoel® eingebaut und an den Regenwasserkanal angeschlossen wurde, ist die Baugrube ordnungsgemäß zu verfüllen. Anschließend ist der Oberboden mit Asphalt, Bordstein, Rinnensteinen und Gehwegplatten in den vorherigen Zustand zurück zu bringen. Hierzu kann das zuvor ausgebaute Material wiederverwendet werden.



Abbildung 51: Situation Straßenablauf PL-02



Abbildung 52: Situation Straßenablauf PL-22

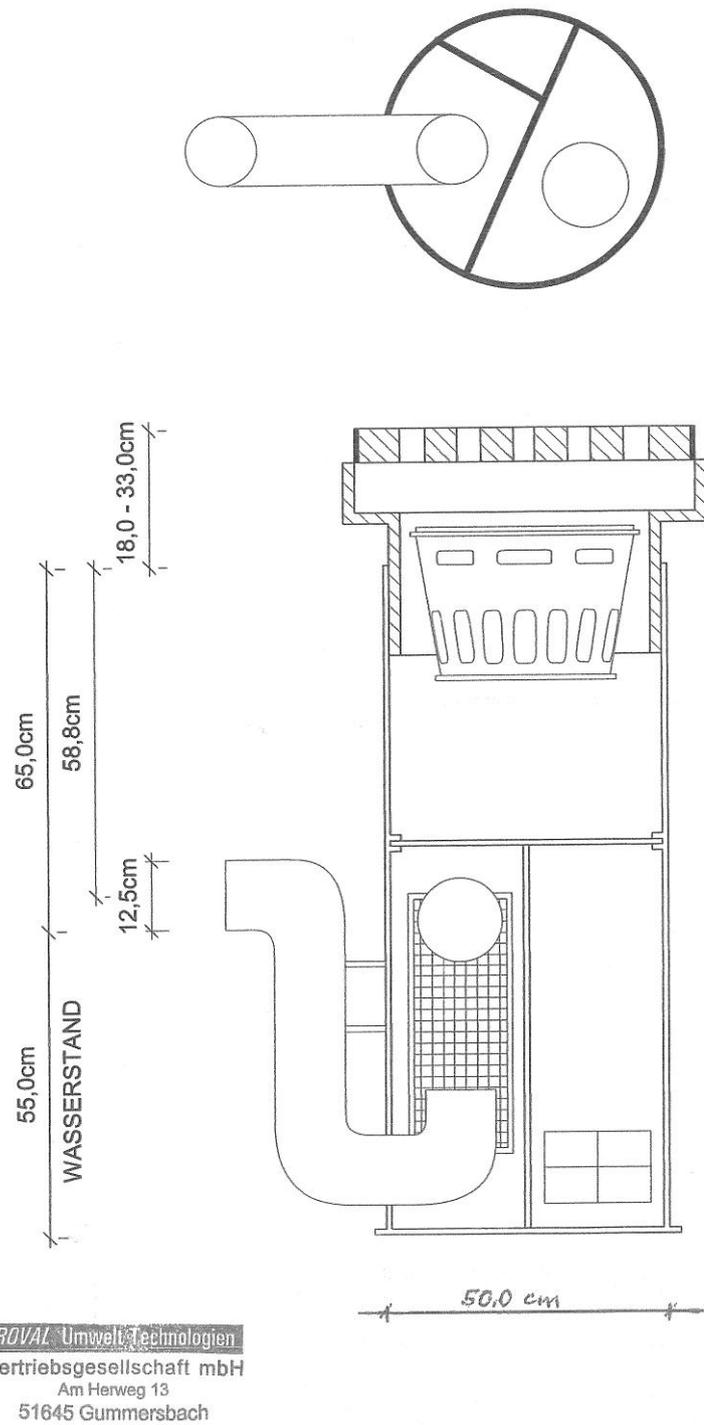


Abbildung 53: Straßenablauf Centrifool® der Fa. Roval

INNOLET® der Fa. Funke Kunststoffe GmbH

Für den Einbau des Straßenablaufs INNOLET® der Fa. Funke Kunststoffe GmbH können die vorhandenen DIN Abläufe weiterhin genutzt werden. Hierzu wird der im DIN Ablauf sitzende Eimer zur Aufnahme von Grobstoffen entfernt und im Bereich des Gitterrostes wird ein Leitblech zur Wasserzuführung eingesetzt. Die Abdichtung zum Gitterrost muss hierbei an die vorhandenen Einbauten angepasst werden.

Innolet eingebaut in einen Straßenablauf
nach DIN 4052

Neu!

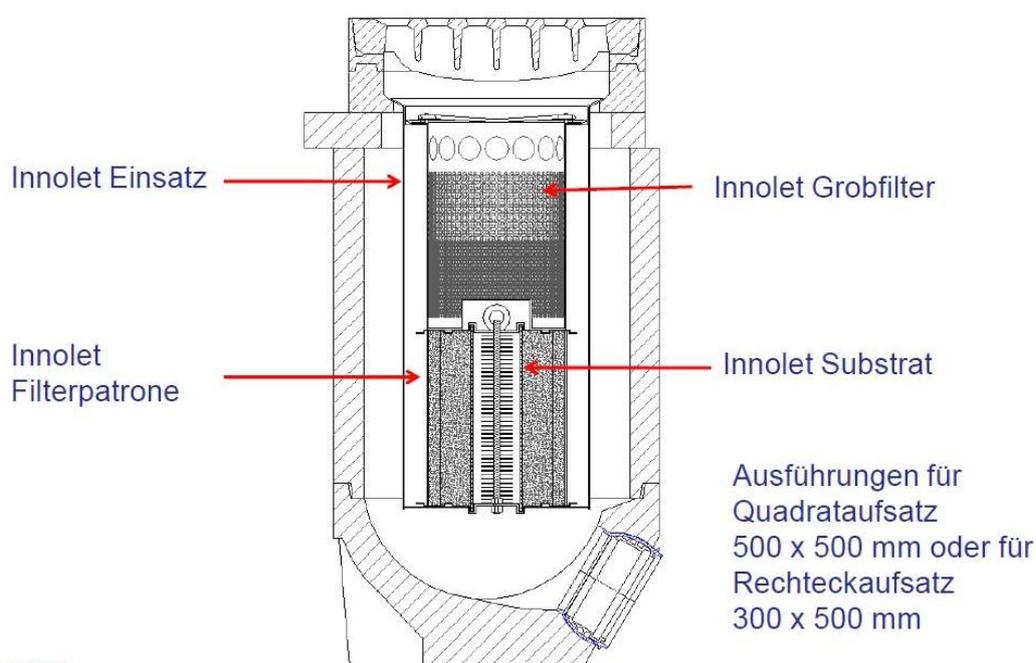


Abbildung 54: INNOLET® Einsatz für einen DIN Ablauf

3P Hydrosystem

Hierbei handelt es sich um ein spezielles Filtersystem aus Kunststoff für den Einbau direkt in einen Standardbeton- oder Kunststoffschacht DN 1000. Das fertig montierte Hydrosystem 1000 lässt sich schnell und betriebssicher vor Ort montieren. Geeignet für gering belastete Verkehrsflächen bis 500 m². In dem Filterschacht wird das Regenwasser durch folgende verfahrenstechnische Grundoperationen gereinigt: Sedimentation, Adsorption, Filtration und chemische Fällung.

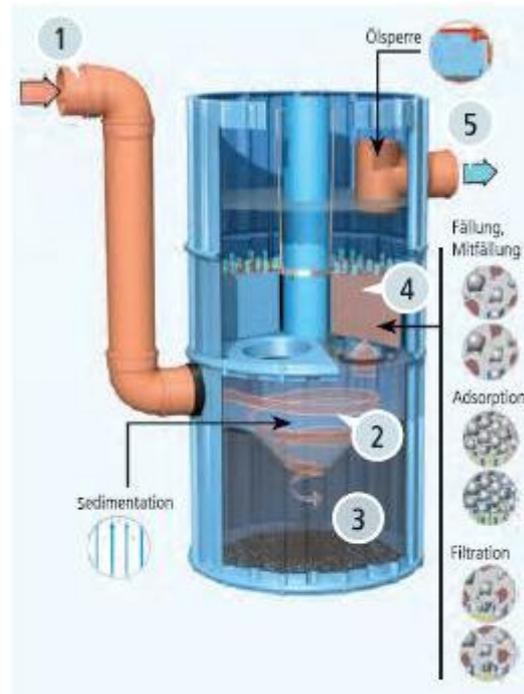


Abbildung 55: 3 P Hydrosystem

Das 3P Hydrosystem ist ein Filtersystem, welches in einem eigenen Schacht verbaut ist und in den mehrere Straßenabläufe eingeleitet werden können. Das ablaufende Wasser kann nach Durchlaufen des Filters dem RW-Kanal zugeführt werden. Für die Installation ist ein entsprechender Schacht mit ca. 3,50 m Tiefe und einer Fläche von ca. 2 m x 2 m zu erstellen. Die vorhandenen Straßenabläufe bleiben dabei erhalten.

Da bei einem Versagen des Systems das ankommende Wasser in die vorhandenen Straßenabläufe zurückstaut, wurde in Königswinter ein Notüberlauf in der Zuleitung vom Straßenablauf KW-01 vorgesehen. Der Notüberlauf entwässert in den vorhandenen Schacht des Schallenbach-Kanals. Zur Überwachung des Notüberlaufs wurde in die im Schacht eingebundene Leitung eine Ultraschallsonde der Fa. Nivus eingebaut. Die Sonde erfasst, zu welchen Zeiten der Überlauf aktiv ist, Wassermengen werden jedoch nicht erfasst. Durch einen Datenspeicher können die Ergebnisse zur Betriebsüberwachung ausgelesen und mit den erfassten Niederschlagsmengen der benachbarten Kläranlage abgeglichen werden.

Aufgrund der umfangreichen Versorgungsleitungen an der Anschlussleitung des KW-02 musste der Straßenablauf eingekürzt werden, um den Straßenablauf noch mit genügend Gefälle an das 3P Hydrosystem anzuschließen.

Die Ablaufleitung des Filterschachtes konnte nicht wie geplant an den vorhandenen Schacht angeschlossen werden, sondern wurde direkt an den Schallenbach-Kanal angeschlossen.



Abbildung 56: Situation vor dem Einbau

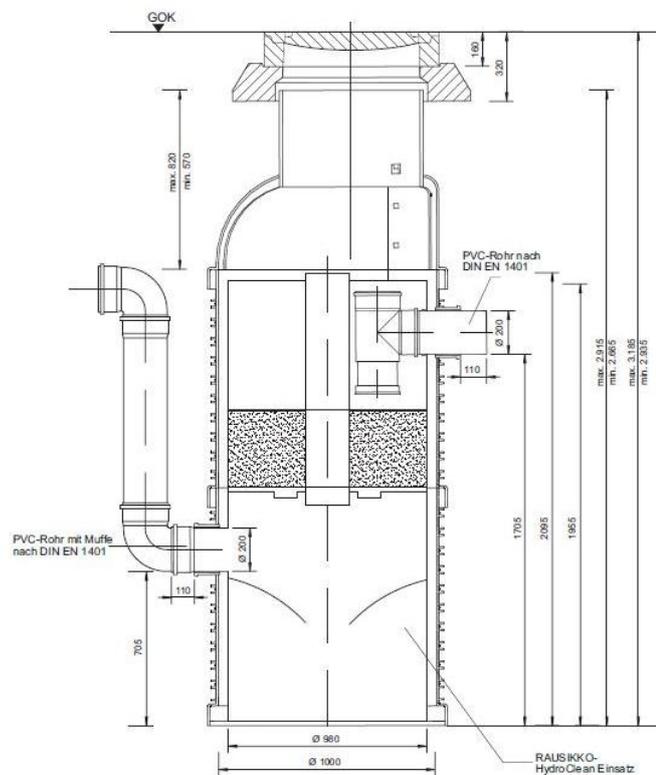


Abbildung 57: 3P Hydrosystem Einbauskitze



Abbildung 58: 3P Hydrosystem vor dem Einbau



Abbildung 59: 3P ohne Schachtdeckel in der Baugrube

6.4.2 Dokumentation des Einbaus

Nach Erfassung des Zustandes vor Ort, wurden die Anlagen gemäß Ihrer Funktionalität bewertet. Diese Bewertung erfolgt einmalig auch für den Einbau der Anlagen (vgl. Tabelle 48). Nachfolgend findet sich die dazu erstellte Matrix. Die Erfassung des Betriebes vor Ort erfolgte mit **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, eine Bewertung mit der Matrix mit Tabelle 55.

In der nachfolgenden Tabelle wird der Einbau der Anlagen erfasst und bewertet. Hierbei soll die durchgeführte Baumaßnahme hinsichtlich Bauart, Einbau und weiterer Faktoren dargestellt werden. Ziel ist es dabei, einen Hinweis darauf zu geben, wie sich grundsätzlich aufgrund der unterschiedlichen Konzeptionen der Anlagen die Planung und der Einbau darstellen.

Tabelle 48: Bewertungsmatrix Einbau

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“						
Bewertungsmatrix Einbau						
Anlagentypen	Wirkungsweise	Mechanisch-physikalische Anlagen			Physikalisch bzw. phys.-chem. Anlagen	Erweiterte mehrstufige Anlagen
	Hersteller	Paul Schreck	Fa. Royal Umwelttechnik Vertriebsges. mbH	ACO-drain Passavant	Funke Kunststoffe GmbH	3 P Technik Filtersysteme GmbH
	Bezeichnung /Typ	Geotextil Filtersack	Centrifool	Seperations-Straßenablauf SSA	Innolet	3 P Hydrosystem 1000
Planungsaufwand	Angaben Hersteller					
	Einbindung in Bestand					
	Flexibilität					
	Auswahl von Varianten					
Bauart	Material					
	Stabilität					
	Anschlüsse					
Anforderungen Baugrube	Tiefe Anschlussleitung					
	Volumen Baukörper					
	Standicherheit					
	GW-Einstau					
Einbau	Anlieferung					
	Baugerät					
	Anschlüsse/Übergänge					
	Anleitung					
Inbetriebnahme	Dokumentation					
	Funktionstest					
	Testbetrieb					
Wertung	Planung					
	Bauart					
	Anforderungen Baugrube					
	Einbau					
	Inbetriebnahme					
	Gesamt					

Legende: Die Bewertung erfolgt nach dem Schulnotensystem, jedoch bei einer Einteilung auf einer Skala von 1-5
 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = befriedigend, 4 = ausreichend, 5 = mangelhaft

6.4.3 Erfahrungen beim Einbau der Anlagen

Nachfolgend sind die beim Einbau der Anlagen gewonnenen Kenntnisse dargestellt. Diese Erfahrungen werden auch in Merkblättern zum Einbau übernommen, die im Vorhaben zurzeit entwickelt werden.

Geotextil Filtersack

Da der Geotextil Filtersack für jeden Einbauort konfektioniert wird, wurden die beiden Schächte in einem ersten Schritt von der Fa. Schreck aufgemessen. Für die Installation wurden zwei gleichartige Straßenabläufe gewählt, welche sich lediglich in der Bauhöhe unterschieden. Der Erste hat eine Höhe von ca. 70 cm und der Zweite eine Höhe von ca. 105 cm. Für den kleineren Straßenablauf wurde ein Filtersack mit einem Durchmesser von 40 cm und einer Höhe von 50 cm hergestellt, für den Größeren ein Filtersack mit 40 cm Durchmesser und 75 cm Höhe. Die Befestigung der Filtersäcke erfolgt mit Kabelbindern an den vorhandenen Grobschmutzeimer mittels zweier am Filtersack angebrachter Tragschlaufen. Die Montage erfolgt so, dass der Filtersack frei seitlich und unter dem Grobschmutzeimer hängt. Das zufließende Wasser läuft über den bisherigen Einlauf in den Grobschmutzeimer und von diesem in den Filtersack.

Die Montage der vorgefertigten Filtersäcke ist sehr einfach und konnte innerhalb von 15 Minuten je Straßenablauf umgesetzt werden.

Separationsstraßenablauf SSA mit Nassschlammkammer

Bei der Verlegung der Ablaufleitung gab es ähnliche Schwierigkeiten wie beim CENTRIFOEL® aufgrund der veralteten Leitungen und der querenden Gas- und Wasserleitung. Der Einbau des Straßenablaufs bereitete keine weiteren Aufwendungen, da alle notwendigen Einbauteile vom Lieferanten bereitgestellt wurden. Auch hier wurde der Ablauf in südlicher Richtung zum Straßenverlauf hin ausgerichtet. Aufgrund des etwas höheren Aufbaus des SSA war eine größere Baugrube notwendig.

Centrifoel®

Für den Einbau des Centrifoel® wird der vorhandene Straßenablauf demonstert und eine Baugrube errichtet. Es war vorgesehen, den Ablauf des Centrifoel® Systems an die vorhandene Ablaufleitung anzuschließen. Da die vorhandenen Leitungen teilweise defekt waren und andere Höhenlagen als in den Planunterlagen aufwiesen, war dies nicht möglich. Es musste eine neue Anschlussleitung bis zum Hauptkanal verlegt werden. Zusätzlich quereten eine Gas- und eine Wasserleitung den Verlauf vom Straßenablauf zum Regenwasserkanal, wodurch die Leitungsführung angepasst werden musste. Der Einbau des Straßenablaufs erforderte keine weiteren Anpassungsmaßnahmen. Aufgrund der querenden Leitungen musste die Ausrichtung des Centrifoel® jedoch dahingehend geändert werden, dass die Ablaufleitung

nicht wie geplant Richtung Straßenmitte, sondern in südlicher Richtung des Straßenverlaufs erfolgte. Des Weiteren war eine Abstimmung zwischen der Baufirma und dem Lieferanten bzgl. der Verbindung von Adapter und Aufsatz für den Gitterrost notwendig.

INNOLET®

Das INNOLET® System kann in vorhandene Straßenabläufe eingebaut werden. Das System besteht aus einem Einsatz, in den eine Filterpatrone und ein Grobfilter eingesetzt werden. Die Filterpatrone ist vor dem Einsetzen mit einem Substrat zu befüllen. Für den gesicherten Zulauf des Regenwassers wird unterhalb des vorhandenen Gitterrostes eine Adapterplatte eingesetzt. Diese muss bei den vorhandenen Straßenabläufen mit einem Gitterrost von 300 mm x 500 mm an die Aufnahmevorrichtung angepasst werden, da diese je nach Hersteller unterschiedlich aufgebaut sein können. Trotz der notwendigen Anpassung der Adapterplatte konnte der Einbau in einer Zeit von ca. 20 Minuten je Straßenablauf realisiert werden.

3P Hydrosystem

Das 3P Hydrosystem ist ein eigenständiger Filterschacht, in den die vorhandenen Straßenabläufe entwässern. Aufgrund seiner Baugröße von 1000 mm Durchmesser und ca. 3000 mm Höhe ist eine Baugrube erforderlich. Die Aushubtiefe erfordert einen entsprechenden Verbau. Aufgrund der bereits im Straßenverlauf vorhandenen Infrastruktur musste der Einbauort für das Hydrosystem vor Ort gefunden werden. Der Einbau konnte letztendlich nur unter sehr beengten Verhältnissen stattfinden. Des Weiteren war die Verlegung der Zulaufleitungen aufwändiger, da die Wege länger waren und querende Leitungen berücksichtigt werden mussten.

6.4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des Einbaues

Nachfolgend sind Informationsblätter mit den Erfahrungen aus dem Einbau der Anlagen für Betreiber aufgeführt. Hier lassen sich Hinweise für Planung und Einbau von dezentralen Anlagen für die Behandlung von Niederschlagswasser entnehmen.

Tabelle 49: Informationsblatt Einbau Geotextil Filtersack

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Informationsblatt Einbau		
Anlage	Hersteller	Paul Schreck
	Bezeichnung /Typ	Geotextil Filtersack
	Typ Straßeneinlauf	DIN 4052
	Abmessungen	Straßenabläufe mit Gitterrosten von 300 x 500 mm und einer Tiefe bis 1,10 m
	Nr. in Forschungsvorhaben	PL-07, PL-15
erfüllte Anforderung	Kategorie Trennerlass	IIb
	Wasserschutzgebietszone	IIIB
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 IG Gruppe 1 (< 1%)
	Bemerkungen	
Entwurfsplanung	max. anzuschließende Fläche je Anlage	140 m ²
	Art der Baumaßnahme	Einsatz in den vorhandenen Straßenablauf
	Verkehrssicherungsmaßnahmen	geringfügiger Aufwand bei Einbauten am Straßenrand
	Bemerkungen	Prüfen, ob bei Vielzahl dicht nebeneinanderliegender Einläufe auch semizentrale Lösungen in Betracht kommen
Einbau	Art der Baumaßnahme	Einsatz in den vorhandenen Straßenablauf
	Gerät	Normales Kanalwartungswerkzeug ausreichend
	Dauer der Arbeiten	ca. 0,5 h je Straßeneinlauf
	Kreuzen von Versorgungsleitungen	nicht erforderlich
	Bemerkungen	Die Befestigung des Filtersacks erfolgt mittels Kabelbindern am Griff des vorhandenen Grobschmutzeimers.
Weitere Hinweise		Die Befestigung des Filtersacks könnte optimiert werden, indem der Filtersack mit einem System versehen wird, welches die Verbindung mit dem Grobschmutzeimer besser gewährleistet. Ggf. macht eine Konstruktion mit integriertem Grobschmutzeimer Sinn.

Tabelle 50: Informationsblatt Einbau Centrifoel

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Informationsblatt Einbau		
Anlage	Hersteller	Fa. Roval Umwelttechnik Vertriebsges. mbH
	Bezeichnung /Typ	Centrifoel
	Typ vorh. Straßeneinlauf	wird ersetzt
	Abmessungen	Höhe ca. 1,60 m, Durchmesser ca. 50 cm, Aufsatz 500 mm x 500 mm
	Nr. in Forschungsvorhaben	PL-02, PL-22
erfüllte Anforderung	Kategorie Trennerlass	IIb
	Wasserschutzgebietszone	IIIb
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 IG Gruppe 1 (< 1%)
	Bemerkungen	
Entwurfsplanung	max. anzuschließende Fläche je Anlage	bis zu 400 m ²
	Art der Baumaßnahme	Einbau eines neuen Straßenablaufs mit den erforderlichen Erdarbeiten.
	Verkehrssicherungsmaßnahmen	Für die Erdarbeiten sind entsprechende Verkehrssicherungsmaßnahmen bis hin zu halbseitigen Sperrungen notwendig.
	Bemerkungen	Prüfen, ob bei Vielzahl dicht nebeneinanderliegender Einläufe auch semizentrale Lösungen in Betracht kommen
Einbau	Art der Baumaßnahme	Einbau eines neuen Straßenablaufs mit den erforderlichen Erdarbeiten. Für den Einbau ist ein Graben von ca. 1,80 m Tiefe erforderlich.
	Gerät	Für den Einbau sind typische Maschinen für Erd-, Pflaster- und Asphaltarbeiten notwendig.
	Dauer der Arbeiten	mit Baustelleneinrichtung ca. 2 d je Straßeneinlauf
	Kreuzen von Versorgungsleitungen	Die bereits im Bereich des Einbaus verlegten Leitungen müssen vor den Arbeiten bekannt sein.
	Bemerkungen	Der Anschluß des Ablaufs liegt bei ca. 0,85 m unterhalb GOK
Weitere Hinweise		Vor der Inbetriebnahme ist der Centrifoel mit 70 Litern Wasser zu füllen.

Tabelle 51: Informationsblatt Einbau Separationsstraßenablauf SSA

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Informationsblatt Einbau		
Anlage	Hersteller	Fa. ACO Tiefbau
	Bezeichnung /Typ	Separationsstraßenablauf mit Nassschlammbehälter
	Typ Straßeneinlauf	wird ersetzt
	Abmessungen	Höhe ca. 1,75 m, Durchmesser ca. 50 cm, Aufsatz 500 mm x 500 mm
	Nr. in Forschungsvorhaben	PL-04, PL-20
erfüllte Anforderung	Kategorie Trennerlass	IIb
	Wasserschutzgebietszone	IIIb
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 IG Gruppe 1 (< 1%)
	Bemerkungen	
Entwurfsplanung	max. anzuschließende Fläche je Anlage	bis zu 500 m ²
	Art der Baumaßnahme	Einbau eines neuen Straßenablaufs mit den erforderlichen Erdarbeiten.
	Verkehrssicherungsmaßnahmen	Für die Erdarbeiten sind entsprechende Verkehrssicherungsmaßnahmen bis hin zu halbseitigen Sperrungen notwendig.
	Bemerkungen	Prüfen, ob bei Vielzahl dicht nebeneinanderliegender Einläufe auch semizentrale Lösungen in Betracht kommen
Einbau	Art der Baumaßnahme	Einbau eines neuen Straßenablaufs mit den erforderlichen Erdarbeiten. Für den Einbau ist ein Graben von ca. 2 m Tiefe erforderlich.
	Gerät	Für den Einbau sind typische Maschinen für Erd-, Pflaster- und Asphaltarbeiten notwendig.
	Dauer der Arbeiten	mit Baustelleneinrichtung ca. 2 d je Straßeneinlauf
	Kreuzen von Versorgungsleitungen	Die bereits im Bereich des Einbaus verlegten Leitungen müssen vor den Arbeiten bekannt sein.
	Bemerkungen	Der Anschluß des Ablaufs liegt bei ca. 1,20 m unterhalb GOK
Weitere Hinweise		

Tabelle 52: Informationsblatt Einbau Innolet

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Informationsblatt Einbau		
Anlage	Hersteller	3 P Technik Filtersysteme GmbH
	Bezeichnung /Typ	Hydrosystem
	Typ Straßeneinlauf	wird ersetzt
	Abmessungen	Höhe ca. 2,50 m, Durchmesser ca. 100 cm, Aufsatz 800 mm Durchmesser
	Nr. in Forschungsvorhaben	
erfüllte Anforderung	Kategorie Trennerlass	IIb
	Wasserschutzgebietszone	IIIB
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 IG Gruppe 1 (< 1%)
	Bemerkungen	
Entwurfsplanung	max. anzuschließende Fläche je Anlage	bis zu 1000 m ²
	Art der Baumaßnahme	Einbau eines Straßenschachtes mit den erforderlichen Erdarbeiten.
	Verkehrssicherungsmaßnahmen	Für die Erdarbeiten sind entsprechende Verkehrssicherungsmaßnahmen bis hin zu halbseitigen Sperrungen notwendig.
	Bemerkungen	
Einbau	Art der Baumaßnahme	Einbau eines neuen Straßenablaufs mit den erforderlichen Erdarbeiten. Für den Einbau ist ein Graben von ca. 3 m Tiefe erforderlich.
	Gerät	Für den Einbau sind typische Maschinen für Erd-, Pflaster- und Asphaltarbeiten notwendig.
	Dauer der Arbeiten	mit Baustelleneinrichtung ca. 2 - 3 d je System
	Kreuzen von Versorgungsleitungen	Die bereits im Bereich des Einbaus verlegten Leitungen müssen vor den Arbeiten bekannt sein.
	Bemerkungen	Der Anschluß des Ablaufs liegt bei ca. 1,70 m unterhalb GOK
Weitere Hinweise		

Tabelle 53: Informationsblatt Einbau 3P Hydrosystem

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Informationsblatt Einbau		
Anlage	Hersteller	Funke Kunststoffe GmbH
	Bezeichnung /Typ	Innolet
	Typ Straßeneinlauf	DIN 4052
	Abmessungen	Straßenabläufe mit Gitterrosten von 300 x 500 mm und einer Tiefe von mind. 1,0 m
	Nr. in Forschungsvorhaben	PL-10, PL-13
erfüllte Anforderung	Kategorie Trennerlass	IIb
	Wasserschutzgebietszone	IIIB
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 IG Gruppe 1 (< 1%)
	Bemerkungen	
Entwurfsplanung	max. anzuschließende Fläche je Anlage	bis zu 250 m ²
	Art der Baumaßnahme	Einsatz in den vorhandenen Straßenablauf
	Verkehrssicherungsmaßnahmen	geringfügiger Aufwand bei Einbauten am Straßenrand
	Bemerkungen	Prüfen, ob bei Vielzahl dicht nebeneinanderliegender Einläufe auch semizentrale Lösungen in Betracht kommen
Einbau	Art der Baumaßnahme	Einsatz in den vorhandenen Straßenablauf
	Gerät	Normales Kanalwartungswerkzeug ausreichend. Bei Straßenabläufen mit Rechteck-Gitterrosten wird ein Messer oder eine Schere zur Anpassung der Adapterplatte an den Einsatz benötigt.
	Dauer der Arbeiten	ca. 0,5 h je Straßeneinlauf
	Kreuzen von Versorgungsleitungen	nicht erforderlich
	Bemerkungen	
Weitere Hinweise		

6.5 Betrieb der dezentralen Systeme

6.5.1 Dokumentation der Betriebsüberwachung

Die Überwachung des Betriebs der Anlagen erfolgte mit dem in Tabelle 54 dargestellten Protokoll durch eine regelmäßige Vor-Ort-Überwachung. Durch dieses Überwachungsprotokoll konnte in einfacher und kompakter Form der aktuelle Betriebszustand dokumentiert werden.

Die regelmäßige örtliche Überwachung der Anlagen während der 12 Monate lieferte wichtige Erkenntnisse für das Vorhaben. Der betriebliche Aufwand der StEB AöR (Reinigung etc.) wurde umfangreich protokolliert, so dass eine Aussage zur Inspektionshäufigkeit der Anlagen gemacht werden konnte. Die Inspektion der Anlagen durch den Kanalbetrieb der StEB erfolgte auf Anforderung der Grontmij DPU nach Prüfung vor Ort.

In dem nachfolgend aufgeführten Protokoll sind die einzelnen Prüfblöcke aufgeführt. Mit einer einfachen ja/nein-Abfrage konnte eine schnelle Vor-Ort-Prüfung durchgeführt werden. Die erhobenen Daten wurden nach Ablauf der Beobachtungen der einzelnen Anlagen für den Betriebszeitraum zusammenfassend bewertet. Diese Bewertung erfolgte dann in der Bewertungsmatrix Betrieb in nachstehender Abbildung.

Die Überwachungsprotokolle für den Beobachtungszeitraum vom 24.11.2009 bis 28.10.2010 sind in Anlage 1 zusammengefasst.

Tabelle 54: Überwachungsprotokoll

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“									
Überwachungsprotokoll									
Allgemeines	Gebiet: 1 Köln Porz-Lind								
	<i>Datum</i>	12.10.2009			<i>Uhrzeit</i>	10:00			
	<i>Wetter</i>	bewölkt, kein Regen			<i>Temperatur</i>	12 °C			
	<i>Name</i>	Mustermann			<i>Firma</i>	DPU			
Anlage	Hersteller	Paul Schreck		Fa. Roval		ACO-drain Passavant		Funke Kunststoffe	
	Bezeichnung /Typ	Geotextil Filtersack		Centrifool		Separations-Straßenablauf		Innolet	
	Nr.	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Sichtprüfung	Anlage in Betrieb?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	Rückstau/Überstau vorhanden?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	Zulauf verlegt?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	Bemerkungen								
Prüfung der Anlage	Anlage geöffnet?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	Sichtprüfung Schwimmstoffe?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	Sichtprüfung Schlammfang?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	Sichtprüfung Ab-/Zulauf?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	Bemerkungen								
Reinigung / Wartung	Art und Menge an Grobstoffen								
	Reinigung erforderlich?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	Wartung erforderlich?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	Reparatur erforderlich?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	Bemerkungen								
Regeneignis	Beobachtung allgemein								
	Überlauf der Anlage im Vergleich zu anderen Anlagen / Einläufen?	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
	"Menge" Rückstau?								
	Bemerkungen								

Die Bewertungsmatrix Betrieb ermöglicht eine Bewertung der einzelnen Systeme nach der 12-monatigen Betriebserfahrung. Hierbei wird wie bei der Bewertungsmatrix Einbau insbesondere auf die Vergleichbarkeit der Systeme hinsichtlich der Betriebssicherheit und der Wirtschaftlichkeit der Behandlung des Niederschlagswassers abgehoben. Die erhobenen Daten sollen einen Rückschluss darauf geben, welches System für bestimmte Einsatzfälle besonders geeignet ist. Es wird aber auch Ergebnis des Vorhabens sein, mit

welchem Betriebsaufwand ein Betreiber bei unterschiedlichen Systemen und gleicher Reinigungsleistung zu rechnen hat.

Für eine bessere Vergleichbarkeit und auch für die spätere Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Anlagen werden die Begriffe für die Unterhaltung der dezentralen Anlagen eingeführt.

Kontrolle

Die Kontrolle einer dezentralen Anlage ist als Sichtprüfung zu verstehen. Hierbei wird die Anlage durch das Betriebspersonal in Augenschein genommen. Je nach Anlagentyp muss die Gitterrostabdeckung angehoben werden. Erfasst werden sollen hierbei die Belegung der Anlage, die Ablaufleistung (ggf. Überwachung bei Niederschlagsereignis) und der allgemeine Bauzustand. Sollte sich bei einer Kontrolle ein Reinigungs- oder Wartungsbedarf zeigen, kann dieser veranlasst oder unmittelbar durchgeführt werden.

Reinigung

Hierunter ist die Entnahme der gesammelten Feststoffe, Schlamm-/ Wassergemische und Leichtflüssigkeiten zu verstehen. Je nach Bauart der dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlage werden die zurückgehaltenen Stoffe entnommen, fachgerecht entsorgt oder verwertet. Mit einer Reinigung wird die Filterwirkung der Anlage in den Auslieferungszustand versetzt.

Wartung

Unter Wartung sind alle Arbeiten, die bau- oder maschinentechnisch zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit der dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlage erforderlich sind, zu verstehen. Die Anlage wird unter Zuhilfenahme von Ersatzteilen in den ursprünglichen Auslieferungszustand versetzt.

Die drei definierten Tätigkeitsschritte zur Unterhaltung einer dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlage bauen aufeinander auf und müssen im Umkehrschluss den jeweils vorhergehenden Arbeitsschritt implizieren. Somit enthält eine Wartung eine Reinigung und eine Reinigung schließt eine Kontrolle mit ein. Diese Definition ist wichtig für die wirtschaftliche Betrachtung der Unterhaltungstätigkeiten.

Tabelle 55: Bewertungsmatrix Betrieb

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“			
Bewertungsmatrix Vergleich zentral / dezentral			
Anlagentypen	Anlagentyp	dezentral	zentral
	Wirkungsweise	Physikalisch bzw. phys.-chem. Anlagen	Physikalisch bzw. phys.-chem. Anlagen
	Hersteller	Hersteller	
	Bezeichnung /Typ	Typ	RKBoD
Hydraulik	Leistungsvermögen		
	Rückstauverhalten ($> Q_{krit}$)		
	spezif. Speicherverhalten		
Rückhaltevermögen	Grobstoffe allgemein		
	AFS		
	Leichtflüssigkeiten		
Wartung	Reinigungsintervalle		
	Aufwand		
	Havarieverhalten		
	Erreichbarkeit Verkehrsraum		
	Ersatzteile		
Wertung	Hydraulik		
	Rückhaltevermögen		
	Wartung		

Legende: Die Bewertung erfolgt nach dem System Bedingungen erfüllt "o", Nicht erfüllt "-", mehr als vergleichbare Anlage "+"

Weiterhin soll eine Aussage zur Reinigungsleistung vor Ort hinsichtlich Fein-, Grob- und Schwimmstoffen zu treffen sein. Alle Kriterien sind der Tabelle 55 zu entnehmen. Die einzelnen Kriterien wurden hinsichtlich ihrer Relevanz einer dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser im Straßenbereich ausgewählt. Wichtig sind diese Kriterien auch beim Vergleich von dezentralen und zentralen Anlagen.

Hierzu werden im Forschungsvorhaben separate Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchgeführt.

6.5.2 Ergebnisse der Betriebsüberwachung

Nach dem Einbau der Anlagen wurden diese zum Abschluss der Arbeiten gereinigt, um Einflüsse durch den Einbau auszuschließen. Im Verlauf der bisherigen Überwachung wurden die Anlagen über einen Zeitraum von ca. 12 Monaten wöchentlich und anschließend bei stärkeren Regenereignissen bzw. monatlich kontrolliert, sowie die hydraulische Leistungsfähigkeit durch den Einsatz einer manuell geregelten Prüfeinrichtung (vgl. Anlage 3) ermittelt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind nachfolgend dargestellt. Die Messergebnisse zur hydraulischen Leistungsfähigkeit im Neuzustand sind in Tabelle 91 dargestellt.

Geotextil Filtersack

Da die Geotextil Filtersäcke in die vorhandenen Straßenabläufe eingesetzt werden, können die Grobschmutzeimer wie bisher gereinigt werden. Die Reinigung der Filtersäcke erfolgte bisher vor Ort mittels Hochdruckschlauch, welcher am Saug-Spülwagen angeschlossen ist. Die Filtersäcke wurden hierzu über den Grobschmutzeimer gestülpt und von außen nach innen abgespült. Der Druck am Spülfahrzeug betrug ca. 80 bar.

Die Kontrolle der Filter erfolgte von außen. Einmal pro Monat wurde der Filter samt Grobschmutzeimer aus dem Straßenablauf gezogen, um eine Überprüfung der Ablagerungen vorzunehmen.

Filtersack am Straßenablauf PL-07:

Der Filtersack arbeitete über den gesamten Zeitraum ohne feststellbare Störung. Es wurden Ablagerungen im unteren Bereich des Filtersacks festgestellt. Der Straßenablauf ist mit einem 300 mm x 500 mm großen Gitterrost versehen. Der darunter liegende Grobschmutzeimer ist so ausgebildet, dass der Zulauf in den Eimer über die an den kurzen Seiten angebrachten Laschen erfolgt. Aufgrund einer Absenkung des Rinnensteins lief beim PL-07 ein Teil des Wassers über die lange Seite des Gitterrostes in den Straßenablauf. Dieses Wasser lief größtenteils nicht über den Grobschmutzeimer und auch teilweise am eingebauten Filtersack vorbei. Es ist daher davon auszugehen, dass der Filtersack mit ca. 60% bis 70% des Regenwassers belastet wurde.



Abbildung 60: Zufuss zum Filtersack im Straßenablauf PL-07:

Der am 30.04.2010 durchgeführte Belastungstest ergab einen möglichen Durchfluss von 0,19 l/s, was bei einer angeschlossenen Fläche von ca. 140 m² einer Regenspende von 14 l/s*ha entspricht. Am 02.06.2010 erfolgte eine Reinigung des Filtersacks mit dem Betriebshof der StEB Köln. An-

schließlich wurde am 06.07.2010 ein weiterer Belastungstest am gereinigten Filtersack durchgeführt. Bei diesem Test konnten 1,57 l/s (112 l/s*ha) ohne Überstau zugeführt werden. Ein weiterer Test nach 3 Monaten Betrieb wurde am 02.09.2010 durchgeführt. Der Filtersack konnte zu diesem Zeitpunkt mit 0,45 l/s (32 l/s*ha) ohne überzulaufen beschickt werden.

Tabelle 56: Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Filtersackes PL-07

Datum	Betriebsdauer	Q absolut	Q Fläche
30.04.2010	4 Monate	0,19 l/s	14 l/s*ha
06.07.2010	1 Monat	1,57 l/s	112 l/s*ha
02.09.2010	3 Monate	0,45 l/s	32 l/s*ha

Filtersack am Straßenablauf PL-15:

Beim Filtersack im Straßenablauf PL-15 wurde nach ca. 2 Monaten, bei einem Regen- und Tauwetterereignis am 29.01.10, ein Überstau festgestellt. Dieser resultierte daraus, dass der Filtersack zu lang dimensioniert war und so den Straßenablauf verstopfte. Am 12.02.2010 wurde dieser durch einen ca. 15 cm kürzeren Filtersack von 40 cm Durchmesser und 60 cm Länge ersetzt. Nach dem Einbau des neuen Filtersacks wurde am 29.03.2010 erneut ein Überstauen des Filters festgestellt. Am 30.04.2010 wurde ein Belastungstest durchgeführt. Dieser ergab, dass ca. 0,13 l/s über den Filter abgeführt werden konnten. Dies entspricht einer Regenspende von 5,2 l/s*ha bei einer angeschlossenen Fläche von ca. 215 m². Auch hier wurde der Filtersack am 02.06.2010 gereinigt und am 06.07.2010 ein erneuter Belastungstest durchgeführt. Dabei konnten 2,2 l/s (86 l/s*ha) über den Filtersack abgeführt werden. Bei einem Regenereignis am 26.07.2010 wurde bereits ein erneuter Einstau festgestellt. Der Belastungstest nach 3 Monaten Betrieb am 02.09.2010 ergab einen maximalen Durchfluss von 0,32 l/s (12,5 l/s*ha). Im Verlauf der Untersuchungen konnte bei diesem Straßenablauf wiederholt festgestellt werden, dass Öl und Putzwasser in den Ablauf entsorgt wurden, Dies bestätigte auch eine Untersuchung des zurück gehaltenen Schlamms im Filter.

Tabelle 57: Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Filtersackes PL-15

Datum	Betriebsdauer	Q absolut	Q Fläche
30.04.2010	4 Monate	0,13 l/s	5,2 l/s*ha
06.07.2010	1 Monat	2,2 l/s	86 l/s*ha
02.09.2010	3 Monate	0,32 l/s	12,5 l/s*ha

Separationsstraßenablauf SSA mit Nassschlammkammer

Auch der Grobschmutzeimer des SSA kann wie die üblichen Straßenabläufe gereinigt werden. Die Reinigung des Nassschlammbehälters muss auch hier mittels Saugfahrzeug für nasse Stoffe erfolgen. Es ist zu beachten, dass ein ca. 2 m langes Saugrohr benötigt wird, um die Sedimente vom Boden abzusaugen.

Straßenablauf PL-04 und PL-20:

Während der Überwachung wurden wöchentlich die Grobschmutzeimer entfernt und der Wasserspiegel im SSA überprüft. Monatlich wurde mittels eines Zollstocks die Höhe der sedimentierten Stoffe ermittelt. Hierbei wurde auch der Prallteller entfernt und überprüft. Während des Betriebs wurden keine Störungen festgestellt. Die Sedimentationsschicht hat sich innerhalb der 9 Monate Überwachung um ca. 2,5 cm erhöht. Ein Überstau konnte während der Zeit nicht festgestellt werden. Eine Überprüfung der Leistungsfähigkeit am 30.04.2010 hatte ergeben, dass selbst bei einer Beschickung von 4 l/s (100 l/s*ha) kein Überstau des Systems stattfand.

Tabelle 58: Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des SSA

Datum	Betriebsdauer	Q absolut	Q Fläche
30.04.2010	4 Monate	4 l/s	100 l/s*ha
06.07.2010	Es wurde keine Messung durchgeführt.		
02.09.2010	Es wurde keine Messung durchgeführt.		

Da die Anlage ordnungsgemäß arbeitete und keine Störungen aufgetreten sind war keine Reinigung der Anlage notwendig. Daher wurden am 06.07. und am 02.09. keine Messungen durchgeführt.

CENTRIFOEL®

Die Grundreinigung nach Einbau des CENTRIFOEL® hat ergeben, dass der Grobschmutzweimer wie bei den bisherigen Systemen mit einem Saugfahrzeug für trockene Stoffe gereinigt werden kann. Die übrigen Kammern des Systems müssen aber mit einem Saugfahrzeug für nasse Stoffe gereinigt werden. Für die Reinigung der unteren Kammern ist es erforderlich, dass ein Saugrohr mit ca. 1,5 m Länge verwendet wird.

Bei der Überwachung der CENTRIFOEL® -Systeme wurden die Gitterroste und der Laubeimer entfernt, um die darunter liegende Drosselkammer zu begutachten. Weder die Drosselkammer noch der Laubeimer wurden dabei gereinigt. Die unter der Drosselkammer liegende Schlammkammer wurde monatlich überprüft. Auch hier wurde keine Reinigung vorgenommen. Innerhalb des Versuchszeitraums hatte sich eine Schicht von ca. 3 – 4 cm Schlamm abgesetzt. Im Laufe der Untersuchungen waren die Systeme teilweise durch Schnee und Eis nicht zugänglich. Eine nachteilige Auswirkung auf die Wirksamkeit konnte dabei nicht festgestellt werden. Auch war kein Rückstau bei einem Regenereignis mit verbundenem Tauwetter am 29.01.10 und dadurch stärkerem Zufluss festzustellen.

Bei den Überwachungen konnte festgestellt werden, dass der Ablauf des Drosselschachtes, ein ca. 3,5 cm großer runder Durchlass, mit Blättern belegt war. Es war zu erwarten, dass die mögliche Ablaufmenge im Drosselschacht nicht erreicht wird und eine größere Menge als notwendig über den Notüberlauf entwässert. Dieser Zustand stellte sich bei den Praxisversuchen mit dem IKT am 30.04.2010 ein, als die Anlage mit einem künstlichen Niederschlagsereignis beschickt wurde. Auch bei einem Regenereignis am 26.07.2010 war der Ablauf des Drosselschachts verstopft und das zulaufende Wasser wurde komplett über den Notüberlauf abgeschlagen.

Tabelle 59: Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Centrifoeel

Datum	Betriebsdauer	Q absolut	Q Fläche
30.04.2010	Keine Messung möglich, da Drosselschacht verlegt		
06.07.2010	Es wurde keine Messung durchgeführt.		
02.09.2010	Es wurde keine Messung durchgeführt.		

Da bei der ersten Messung aufgrund der Verlegung des Ablaufs im Drosselschacht eine Erfassung der Durchflussmengen nicht möglich war, wurde auf weitere Messungen verzichtet. Der Hersteller hat sein System in diesem Bereich bereits geändert.

INNOLET®

Die in Porz-Lind verwendeten INNOLET® -Systeme für die Straßenabläufe mit einem Gitterrost von 300 mm x 500 mm sind vom Durchmesser so klein, dass eine Reinigung des Grobschmutzeimers mit den verwendeten Saugfahrzeugen nicht möglich ist. Es konnten nur ca. 50% der Schmutzstoffe entfernt werden, für den Rest musste der Eimer demontiert und auf der Straße entleert werden. Auch hier ist die Verwendung eines Saugfahrzeugs für nasse Stoffe notwendig, da das Saugrohr einen kleineren Durchmesser hat. Bei der Überprüfung der INNOLET® wurde eine Begutachtung von außen vorgenommen. Es wurde nichts demontiert, da das System von Grobschmutzeimer und Filterpatrone dichtend miteinander verbunden ist.

Innolet am Straßenablauf PL-10

Am 29.01.2010 wurde während eines Regen- und Tauwetterereignisses ein Überlaufen des Systems festgestellt. Nachdem der Grobfilter demontiert wurde, lief das Wasser ab. Nachdem das Wasser abgelaufen war, wurde der Grobfilter wieder montiert. Anschließend staute das Wasser nicht mehr ein. Eine Reinigung von Grobfilter und Filterpatrone fand nicht statt.

Der Belastungstest am 30.04.2010 ergab, dass die Innolet Patrone noch mit 0,15 l/s (7,5 l/s*ha) beschickt werden konnten. Aufgrund der Ergebnisse wurde der Filter am 02.06.2010 von außen gereinigt. Ein Austausch des Filtermaterials fand nicht statt. Am 06.07.2010 wurde ein erneuter Belastungstest nach der Reinigung der Anlage durchgeführt. Dabei konnten 0,78 l/s (36 l/s*ha) ohne Überstau der Anlage zugeführt werden. Nach ca. 3-monatigem Betrieb wurde am 02.09.10 eine erneute Leistungsmessung durchgeführt. Die erste Messung ergab einen sehr hohen Wert, welcher nicht realistisch erschien. Es wurde vermutet, dass der Grobschmutzeimer und der Filter nicht richtig zusammengebaut waren. Daher wurde die Anlage auseinandergebaut und wieder zusammen gesetzt. Anschließend wurde eine neue Messung durchgeführt bei der erheblich geringere Mengen durch die Anlage behandelt werden konnten. Somit hatte sich der Verdacht bestätigt. Nach dem Zusammenbau konnte eine Menge von 0,66 l/s ohne Überstau abgeführt werden.

Tabelle 60: Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Innolet Patrone PL 10

Datum	Betriebsdauer	Q absolut	Q Fläche
30.04.2010	4 Monate	0,15 l/s	7,5 l/s*ha
06.07.2010	Nach Reinigung	0,78 l/s	36 l/s*ha
02.09.2010	3 Monate	0,66 l/s	30 l/s*ha

Innolet am Straßenablauf PL-13

Der INNOLET® im Straßenablauf PL-13 arbeitete über den gesamten Zeitraum ohne Überstau. Der Belastungstest am 30.04.2010 ergab, dass 0,83 l/s (39 l/s*ha) durch die Anlage gefahren werden konnte. Eine Sichtprüfung der Anlage ergab, dass diese kaum verschmutzt war. Daraufhin wurde überprüft, wie die Zulaufsituation am Straßenablauf ist. Es stellte sich heraus, dass aufgrund von Straßenerhebungen durch Bauarbeiten nur ca. 50% der angenommenen Fläche in den Straßenablauf entwässert. Um im weiteren Forschungsvorhaben bessere Ergebnisse zu erzielen, wurde der Innolet vom PL-13 in den Straßenablauf PL-11 versetzt. Dieser hat die notwendige Anschlussfläche von ca. 200 m². Eine Reinigung wurde nicht durchgeführt. Beim Belastungstest am 02.09.2010 machte sich das Versetzen des Innolet bereits bemerkbar, es konnten 0,30 l/s (14,1 l/s*ha) abgeführt werden.

Tabelle 61: Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Innolet Patrone PL 13

Datum	Betriebsdauer	Q absolut	Q Fläche
30.04.2010	4 Monate	0,83 l/s	39 l/s*ha
06.07.2010	Es wurde keine Messung durchgeführt, da der Einsatzort geändert wurde.		
02.09.2010	2 Monate	0,30 l/s	14,1 l/s*ha

3P Hydrosystem

Bei der Verwendung des Hydrosystems erfolgt kein Eingriff in die vorhandenen Straßenabläufe, daher können diese auch weiterhin wie gewohnt gereinigt werden.

Zur Überwachung des 3P Hydrosystems wurde eine Überlaufleitung installiert, um zu verhindern, dass bei einem Rückstau die Straßenabläufe überlaufen und die Keller angrenzender Häuser unter Wasser setzen. Der Ablauf der Leitung wurde mittels einer Ultraschall-Sonde überprüft, damit Überlaufereignisse festgehalten werden konnten. Die Auswertung der Daten hat ergeben, dass die Ultraschall-Sonde Werte bei Starkregenereignissen anzeigt, diese aber höher als technisch möglich sind. Es wurde daher beim nächsten Belastungstest geprüft, ob Starkregenereignisse Fehler bei der Messung verursachten. Die Messung zeigte teilweise auch Werte während Trockenwettertagen an. Diese könnten durch äußere Einwirkungen (z.B. Tiere) aufgetreten sein. Bei den wöchentlichen Überprüfungen wurden keine Unregelmäßigkeiten der Anlage festgestellt. Aufgrund des im Schacht schwarz aussehenden Wassers wurde vermutet, dass sich Aktivkohle aus dem Filter gelöst hat. Eine Überprüfung des Wassers konnte dies aber nicht bestätigen. Der Belastungstest am 06.07.2010 ergab, dass die Anlage mit 2,87 l/s (47 l/s*ha) beschickt werden kann, ohne dass der installierte Notablauf anspringt.

Tabelle 62: Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des 3P Hydro-systems

Datum	Betriebsdauer	Q absolut	Q Fläche
30.04.2010	Es wurde keine Messung durchgeführt.		
06.07.2010	8 Monate	2,87 l/s	47 l/s*ha
02.09.2010	Es wurde keine Messung durchgeführt.		

Da bei dem System keine Probleme feststellbar waren, wurden am 30.04. und am 02.09. keine Messung durchgeführt.

6.5.3 Verbesserungsvorschläge für die Hersteller

Die hier dargestellten Vorschläge für die Hersteller stellen die Ergebnisse der Praxisversuche vor Ort wieder. Es handelt sich nicht um einen Warentest oder einen Vergleich der dezentralen Behandlungsanlagen untereinander. Weiter war es nicht Ziel der Praxisversuche Verbesserungsvorschläge für die Hersteller zu erarbeiten. Da durch die Betreuung der Anlagen vor Ort aber zusätzlich wichtige Erkenntnisse gewonnen werden konnten, sollten diese allen Herstellern gleichermaßen nicht vorenthalten werden.

Geotextil-Filtersack

Die Befestigung des Filters an den vorhandenen Grobschmutzeimer wird bisher provisorisch mit Kabelbindern realisiert. Hier ist eine praktikablere Lösung zu finden. Die Zuführung des Regenwassers in den Grobschmutzeimer ist insbesondere bei den 300 mm x 500 mm Einläufen zu verbessern, da es ansonsten möglich ist, dass Regenwasser am Grobschmutzeimer und am Filtersack vorbeiläuft und unbehindert dem Regenwasserkanal zuläuft.

Separationsstraßenablauf SSA mit Nassschlammkammer

Die Dichtung des Pralltellers könnte konstruktiv besser ausgeführt werden, da diese sich an der Schnittstelle löste und vor dem Einbau erst wieder angedrückt werden musste. Des Weiteren ist die Abdichtung zwischen Prallteller und Gehäusewand bei einem der Systeme nicht ordnungsgemäß ausgeführt, wodurch ein Teil des ankommenden Wassers am Prallteller vorbeilaufen kann. Hier sollte eine konstruktive Verbesserung durchgeführt werden, um die spätere Bedienung und Funktion zu optimieren.

CENTRIFOEL®

Ein Nachteil des Systems ist die Bedienung der Abdeckplatten zwischen den Kammern. Um diese zu entfernen, müssen mit einem Spezialkanalhaken zwei Verschlüsse geöffnet werden. Diese lassen sich nicht immer ordnungsgemäß öffnen bzw. verschließen, da der Sitz der Abdeckplatte aufgrund von Verschmutzungen unterschiedlich ist. Der Sitz der Abdeckplatten ist so ausgeführt, dass diese zum besseren Herausnehmen locker in der Führung sitzen, wodurch ein Schlitz von wenigen Millimetern entsteht. Durch diese Schlitze entstehen Kurzschlussströmungen zwischen den Kammern.

Die Ausführung der Drosselkammer mit einem Ablauf von ca. 3,5 cm Durchmesser hat zur Folge, dass auch bei kleineren Regenereignissen der Ablauf verstopft und das ankommende Regenwasser über den Notüberlauf abgeschlagen wird. Hier besteht Handlungsbedarf, da das System in der jetzigen Konfiguration nicht ordnungsgemäß funktioniert.

INNOLET®

Beim Einbau des Systems ist darauf zu achten, dass die Verbindung zwischen Grobfilter und Filterpatrone dichtend verschlossen ist. Es gibt zwar eine Führung, in die der Grobfilter eingesetzt wird, leider ist eine Überprüfung, ob das System richtig und dicht sitzt, nicht möglich. Es kann daher passieren, dass zwischen Grobfilter und Filterpatrone ein Kurzschlussstrom entsteht, wodurch Wasser ungefiltert in den Ablauf gelangt. Hier wäre eine bessere Justierung wünschenswert. Bei einem der Belastungstests stellte sich heraus, dass selbst ein Mitarbeiter der Herstellerfirma den Grobschmutzeimer bei einer Besichtigung am Tag zuvor falsch eingesetzt hatte, so dass der Innolet mit sehr hohen Wassermengen beschickt werden konnte. Nachdem der Grobfilter wieder ordnungsgemäß eingesetzt wurde, regelten sich die Werte auf ein normales Maß ein.

3P Hydrosystem

Die Anlage lief über den betrachteten Zeitraum einwandfrei.

Zum Abschluss des Forschungsvorhabens wurden mit den Herstellern Gespräche geführt, in denen die Ergebnisse der Labor- und in situ Untersuchungen vorgestellt wurden. Im Rahmen der Gespräche wurden die oben genannten Schwachstellen diskutiert. Erste Maßnahmen zur Verbesserung der Systeme wurden bereits geplant oder umgesetzt.

6.5.4 Auswertung der Ergebnisse

Eine Abschätzung der Wiederholungshäufigkeit für Kontrollen, Reinigung und Austausch erfolgt für den beobachteten Zeitraum von 12 Monaten. Wenn man die Anlagen nach Herstellerangaben kontrolliert, sind Überwachungshäufigkeiten von 0,5/a und für den Geotextil Filtersack 1/a genannt. Da der

Geotextil Filtersack in diesem Projekt erstmals in kleineren Größen eingesetzt wurde, sind die Überwachungshäufigkeiten niedriger anzusetzen. Nach den Betriebserfahrungen in diesem Forschungsvorhaben sollten die Anlagen jedoch mindestens viermal jährlich überwacht werden. Wie im Protokoll aus Anlage 1 ersichtlich, kann dies eine einfache Wartung mit Öffnung der jeweiligen Anlage sein. Diese kann nach den Erfahrungen im Praxisversuch mit einem einfachen Kanalbetriebsfahrzeug durchgeführt werden. Jedes halbe Jahr oder, je nach Bedarf / Ergebnis der vierteljährlichen Kontrolle, sollte eine Saug-/Spülkombination mit zu den Kontrollen hinzugenommen werden.

6.5.4.1 Wiederholungshäufigkeiten für die Kontrolle

Geotextil-Filtersack

Da in die vorhandenen Straßenabläufe nur begrenzte Größen von Filtersäcken eingebaut werden konnten, ist es notwendig, diese in einem Intervall von ca. 2 Monaten zu reinigen. Eine Kontrolle zwischen den Reinigungen ist nicht notwendig, diese kann während der Reinigung erfolgen.

Separationsstraßenablauf SSA mit Nassschlammkammer

Der Schlammspiegel sollte halbjährlich geprüft werden, wobei eine Prüfung im Rahmen der Reinigung erfolgen kann.

CENTRIFOEL®

Aufgrund der Konstruktion der Drosselkammer ist eine Kontrolle von mind. 2-mal jährlich zusätzlich zur Reinigung erforderlich.

INNOLET®

Der Innolet sollte 3-mal jährlich kontrolliert werden. Zwei der Kontrollen können während der erforderlichen Reinigungen erfolgen.

3P Hydrosystem

Es ist eine jährliche Kontrolle des Schlammstands im System erforderlich.

6.5.4.2 Wiederholungshäufigkeiten für die Reinigung

Geotextil-Filtersack

Da in die vorhandenen Straßenabläufe nur begrenzte Größen von Filtersäcken eingebaut werden konnten, ist es notwendig, diese in einem Intervall von ca. 2 Monaten zu reinigen.

Separationsstraßenablauf SSA mit Nassschlammkammer

Der SSA ist jährlich zu reinigen, die Absaugung der Schlammkammer kann je nach Schlammanfall auch in kürzeren oder längeren Intervallen erfolgen.

CENTRIFOEL®

Aufgrund des kleinen Grobschmutzeimers und der Probleme mit dem Drosselschacht sollte der Centrifoel mind. 2-mal jährlich gereinigt werden.

INNOLET®

Es ist zweimal im Jahr eine Reinigung erforderlich, wobei einmal eine Reinigung des Filters von außen erfolgt und einmal im Jahr das Filtermaterial ausgetauscht werden muss.

3P Hydrosystem

Je nach Schlammanfall ist dieser aus dem System zu entfernen, als Richtwert kann eine jährliche Absaugung angenommen werden.

6.5.4.3 Wiederholungshäufigkeiten für den Austausch bzw. die Wartung

Geotextil-Filtersack

Die eingebauten Filtersäcke sind robust ausgeführt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens war noch kein Verschleiß erkennbar. Die Durchlässigkeit könnte sich mit der Zeit verschlechtern, so dass ein Austausch der Geotextilfiltersäcke innerhalb von 2 Jahren notwendig sein könnte. Aufgrund der Laufzeit des Projekts kann dies nicht abschließend bewertet werden.

Separationsstraßenablauf SSA mit Nassschlammkammer

Aufgrund der soliden Bauweise ist kein hoher Verschleiß der Einbauteile zu erwarten. Ein Austausch von Einbauteilen ist daher erst in einem Zeitraum von 5 Jahren zu erwarten.

CENTRIFOEL®

Die Bauweise ist solide. Die Verschlüsse der Kammern sind beim Öffnen und Schließen größeren Kräften ausgesetzt. Es ist davon auszugehen, dass Teile der Anlage im Intervall von ca. 2 Jahren zu ersetzen sind.

INNOLET®

Der Innolet ist durch seine Konstruktion aus Edelstahl sehr solide und widerstandsfähig aufgebaut, lediglich die Dichtungen sind ggf. zu erneuern. Es ist daher damit zu rechnen, dass alle 2 Jahre ein Austausch von Teilen erforderlich wird.

3P Hydrosystem

Der im System eingebaute Aktivkohlefilter ist laut Hersteller alle 3 Jahre auszutauschen.

6.5.4.4 Betriebsaufwendungen für dezentrale RW-Anlagen

Durch die gewonnenen Ergebnisse der Betriebsüberwachung der dezentralen Anlagen vor Ort lassen sich Handlungsempfehlungen und Empfehlungen ableiten, die übersichtlich je Behandlungstyp zusammengestellt werden sollen. Alle eingebauten Systeme haben Notüberläufe, die einen Rückstau in der Straßenfläche im Falle einer Betriebsstörung verhindern. Somit ist die Verkehrssicherheit mit den normalen Straßenabläufen gleichzusetzen.

Tabelle 63: Informationsblatt Betrieb Geotextil-Filtersack

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Informationsblatt Betrieb		
Anlage	Hersteller	Paul Schreck
	Bezeichnung /Typ	Geotextil Filtersack
	Typ Straßeneinlauf	DIN 4052
	Abmessungen	Straßenabläufe mit Gitterrosten von 300 x 500 mm und einer Tiefe bis 1,10 m
	Nr. in Forschungsvorhaben	PL-07, PL-15
erfüllte Anforderung	Kategorie Trennerlass	IIb
	Wasserschutzgebietszone	IIIB
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 IG Gruppe 1 (< 1%)
	Bemerkungen	
Kontrolle	Häufigkeit der Prüfung	im ersten halben Jahr monatlich, anschließend nach den Erfahrungen der Prüfungen, mind. halbjährlich. Die Kontrollen sollten bei Regenwetter stattfinden, um eine Einschätzung möglicher Verstopfungen zu erhalten.
	Art der Prüfung	Sichtprüfung, Herausnahme des Einlaufrostes
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Kanalbetriebsfahrzeug, Sicherungsmaterial und Kanalhaken, Taschenlampe
	Notwendige Arbeiten	Herausnahme des Einlaufrostes
	Sichtprüfung	Rückstau im Filtersack? --> Filtersack gefüllt? Rückstau im Schacht? --> Ablauf frei? Füllstand Filtergut im Filtersack! --> >50% Wartung Material und Aufhängung prüfen! --> ggf. Ersatz
	Ergebnis	ggf. Folgearbeiten Reinigung / Wartung
Reinigung	Häufigkeit der Reinigung	nach Herstellerangaben (alle 0,5 a) oder als Ergebnis der Prüfung (s.o.)
	Art der Reinigung	Austausch des Filtersacks
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Saug-/Spülwagen, Pritschenfahrzeug und Personal nach GUV, keine Begehung des Schachtes erforderlich
	Notwendige Arbeiten	Lösen und Herausnahme des Filtersacks. Reinigung des Straßeneinlaufs. Einsatz eines Ersatz- oder Neufilters
Wartung	Häufigkeit der Wartung	nach Bedarf als Ergebnis der Kontrollarbeiten
	Art der Wartung	notwendige Reparaturarbeiten wie z.B. Aufhängung abgerissen, Grobfangeimer beschädigt, Ablauf verstopft, Filter gerissen
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Kanalbetriebsfahrzeug (Sicherungsmaterial und Kanalhaken), ggf. Saug-/Spülfahrzeug, Werkzeug und Material

Tabelle 64: Informationsblatt Betrieb Centrifoel

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Informationsblatt Betrieb		
Anlage	Hersteller	Fa. Roval Umwelttechnik Vertriebsges. mbH
	Bezeichnung /Typ	Centrifoel
	Typ Straßeneinlauf	wird ersetzt
	Abmessungen	Höhe ca. 1,60 m, Durchmesser ca. 50 cm, Aufsatz 500 mm x 500 mm
	Nr. in Forschungsvorhaben	PL-02, PL-22
erfüllte Anforderung	Kategorie Trennerlass	IIb
	Wasserschutzgebietszone	IIIB
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 IG Gruppe 1 (< 1%)
	Bemerkungen	
Kontrolle	Häufigkeit der Prüfung	halbjährlich, die Kontrollen sollten bei Regenwetter stattfinden, um eine Einschätzung möglicher Verstopfungen zu erhalten
	Art der Prüfung	Sichtprüfung
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Kanalbetriebsfahrzeug, Sicherungsmaterial und Kanalhaken, Taschenlampe
	Notwendige Arbeiten	Herausnahme und Wiedereinsetzen des Gitterrostes und der Abdeckung des Schlammfangs
	Sichtprüfung	Rückstau in der Drosselkammer? --> Durchflussöffnung verstopft? Rückstau auf Straßenniveau? --> Ablauf frei? Füllstand Schlammkammer! --> ggf. Reinigung erforderlich
	Ergebnis	ggf. Folgearbeiten Reinigung / Wartung
Reinigung	Häufigkeit der Reinigung	nach Herstellerangaben (alle 0,5 a) oder als Ergebnis der Prüfung (s.o.)
	Art der Reinigung	Reinigen der Drossel- und Schlammkammer mit einem Spülfahrzeug
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Saug-/Spülwagen, Pritschenfahrzeug und Personal nach GUV, keine Begehung des Schachtes erforderlich
	Notwendige Arbeiten	Herausnahme des Grobschmutzeimers und der Bodenplatte der Drosselkammer. Reinigung der Schlammkammer.
Wartung	Häufigkeit der Wartung	nach Bedarf als Ergebnis der Kontrollarbeiten
	Art der Wartung	notwendige Reparaturarbeiten wie z.B. Reinigen von Drosselkammer und Schlammkammer, Grobfangeimer beschädigt, Ablauf verstopft.
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Kanalbetriebsfahrzeug (Sicherungsmaterial und Kanalhaken), ggf. Saug-/Spülfahrzeug, Werkzeug und Material

Tabelle 65: Informationsblatt Betrieb Separationsstraßenablauf SSA

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Informationsblatt Betrieb		
Anlage	Hersteller	Fa. ACO Tiefbau
	Bezeichnung /Typ	Separationsstraßenablauf mit Nassschlammbehälter
	Typ Straßeneinlauf	wird ersetzt
	Abmessungen	Höhe ca. 1,75 m, Durchmesser ca. 50 cm, Aufsatz 500 mm x 500 mm
	Nr. in Forschungsvorhaben	PL-04, PL-20
erfüllte Anforderung	Kategorie Trennerlass	IIb
	Wasserschutzgebietszone	IIIB
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 IG Gruppe 1 (< 1%)
	Bemerkungen	
Kontrolle	Häufigkeit der Prüfung	halbjährlich, die Kontrollen sollten bei Regenwetter stattfinden, um eine Einschätzung möglicher Verstopfungen zu erhalten.
	Art der Prüfung	Sichtprüfung
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Kanalbetriebsfahrzeug, Sicherungsmaterial und Kanalhaken, Taschenlampe
	Notwendige Arbeiten	Herausnahme und Wiedereinsetzen des Gitterrostes und des Pralltellers, Messung des Schlammspiegels
	Sichtprüfung	Rückstau im SSA? --> Verstopfung am Prallteller? Rückstau auf Straßenniveau? --> Ablauf frei? Füllstand Nassschlammbehälter! --> ggf. Reinigung erforderlich
	Ergebnis	ggf. Folgearbeiten Reinigung / Wartung
Reinigung	Häufigkeit der Reinigung	nach Herstellerangaben (alle 0,5 a) oder als Ergebnis der Prüfung (s.o.)
	Art der Reinigung	Reinigen des Nassschlammbehälters mit einem Spülfahrzeug
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Saug-/Spülwagen, Pritschenfahrzeug und Personal nach GUV, keine Begehung des Schachtes erforderlich
	Notwendige Arbeiten	Herausnahme des Grobschmutzeimers und der Prallplatte. Reinigung des Nassschlammbehälters.
Wartung	Häufigkeit der Wartung	nach Bedarf als Ergebnis der Kontrollarbeiten
	Art der Wartung	notwendige Reparaturarbeiten wie z.B. Reinigen des Nassschlammbehälters, Grobfängeimer beschädigt, Ablauf verstopft
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Kanalbetriebsfahrzeug (Sicherungsmaterial und Kanalhaken), ggf. Saug-/Spülfahrzeug, Werkzeug und Material

Tabelle 66: Informationsblatt Betrieb Innolet

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Informationsblatt Betrieb		
Anlage	Hersteller	Funke Kunststoffe GmbH
	Bezeichnung /Typ	Innolet
	Typ Straßeneinlauf	DIN 4052
	Abmessungen	Straßenabläufe mit Gitterrosten von 300 x 500 mm und einer Tiefe von mind. 1,0 m
	Nr. in Forschungsvorhaben	PL-10, PL-13
erfüllte Anforderung	Kategorie Trennerlass	IIb
	Wasserschutzgebietszone	IIIb
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 IG Gruppe 1 (< 1%)
	Bemerkungen	
Kontrolle	Häufigkeit der Prüfung	Im ersten halben Jahr monatlich, anschließend nach den Erfahrungen der Prüfungen min. halbjährlich. Die Kontrollen sollten bei Regenwetter stattfinden, um eine Einschätzung möglicher Verstopfungen zu erhalten.
	Art der Prüfung	Sichtprüfung, Herausnahme des Einlaufrostes und der Adapterplatte
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Kanalbetriebsfahrzeug, Sicherungsmaterial und Kanalhaken, Taschenlampe
	Notwendige Arbeiten	Herausnahme und Wiedereinsetzen des Einlaufrostes und der Adapterplatte
	Sichtprüfung	Rückstau im Innolet? --> Patrone verstopft? Rückstau im Schacht? --> Ablauf frei? Überprüfung der Adapterplatte! --> ggf. Reparatur / Ersatz
	Ergebnis	ggf. Folgearbeiten Reinigung / Wartung
Reinigung	Häufigkeit der Reinigung	nach Herstellerangaben (alle 0,5 a) oder als Ergebnis der Prüfung (s.o.)
	Art der Reinigung	Austausch des Granulats der Filterpatrone
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Saug-/Spülwagen, Pritschenfahrzeug und Personal nach GUV, keine Begehung des Schachtes erforderlich
	Notwendige Arbeiten	Lösen und Herausnahme des Grobfilters und der Filterpatrone. Reinigung der Adapterplatte. Neubefüllung der Filterpatrone mit Granulat.
Wartung	Häufigkeit der Wartung	nach Bedarf als Ergebnis der Kontrollarbeiten
	Art der Wartung	notwendige Reparaturarbeiten wie z.B. Reinigen und Ausrichten der Adapterplatte, Grobfängeimer beschädigt, Ablauf verstopft
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Kanalbetriebsfahrzeug (Sicherungsmaterial und Kanalhaken), ggf. Saug-/Spülfahrzeug, Werkzeug und Material

Tabelle 67: Informationsblatt Betrieb 3P Hydrosystem

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Informationsblatt Betrieb		
Anlage	Hersteller	3 P Technik Filtersysteme GmbH
	Bezeichnung /Typ	Hydrosystem
	Typ Straßeneinlauf	wird ersetzt
	Abmessungen	Höhe ca. 2,50 m, Durchmesser ca. 100 cm, Aufsatz 800 mm Durchmesser
	Nr. in Forschungsvorhaben	
erfüllte Anforderung	Kategorie Trennerlass	IIb
	Wasserschutzgebietszone	IIIB
	Morphologie	mittlere Geländeneigung gemäß DWA A 118 IG Gruppe 1 (< 1%)
	Bemerkungen	
Kontrolle	Häufigkeit der Prüfung	halbjährlich Die Kontrollen sollten bei Regenwetter stattfinden, um eine Einschätzung möglicher Verstopfungen zu erhalten.
	Art der Prüfung	Sichtprüfung
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Kanalbetriebsfahrzeug, Sicherungsmaterial und Kanalhaken, Taschenlampe
	Notwendige Arbeiten	Öffnen des Kanaldeckels
	Sichtprüfung	Rückstau im 3P? --> Verstopfung der Filter? Rückstau auf Straßenniveau? --> Ablauf frei?, Filter verstopft? Füllstand Schlammbehälter! --> ggf. Reinigung erforderlich
	Ergebnis	ggf. Folgearbeiten Reinigung / Wartung
Reinigung	Häufigkeit der Reinigung	nach Herstellerangaben (alle 0,5 a) oder als Ergebnis der Prüfung (s.o.)
	Art der Reinigung	Reinigen des Schlammbehälters mit einem Spülfahrzeug
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Saug-/Spülwagen, Pritschenfahrzeug und Personal nach GUV, keine Begehung des Schachtes erforderlich
	Notwendige Arbeiten	Öffnen des Kanaldeckels. Reinigung des Schlammbehälters, Austausch der Filterpatronen
Wartung	Häufigkeit der Wartung	nach Bedarf als Ergebnis der Kontrollarbeiten
	Art der Wartung	notwendige Reparaturarbeiten wie z.B. Reinigen des Schlammbehälters, Austausch der Filter
	Sicherungsmaßnahmen	Sicherung gemäß GUV und Örtlichkeit
	Gerät	Kanalbetriebsfahrzeug (Sicherungsmaterial und Kanalhaken), ggf. Saug-/Spülfahrzeug, Werkzeug und Material

6.5.5 Niederschlagsauswertungen

Durch die StEB AöR werden für das Untersuchungsgebiet Köln Porz-Lind Regenauswertungen aus der Triangulation benachbarter Regenschreiber vorgenommen, die im Projekt ausgewertet werden. In Königswinter werden diese Daten auf der naheliegenden Kläranlage erfasst und mit der Regenreihe Dottendorf der Stadt Bonn abgeglichen.

Gebiet Köln Porz-Lind

Die Erfassung der Daten für das Gebiet Köln Porz-Lind wird direkt durch die StEB Köln durchgeführt. Die Daten sind ermittelt aus einem Gebietsregen der Stationen Loorweg, Wahn, Uckendorf (LANUV) und Lehmbach (zeitweise ausgefallen). Hierzu wird das stark vereinfachte IDW-Verfahren (Inverse Distance Weighting) genutzt, das eine Wichtung der benachbarten Niederschlagsmesser in Abhängigkeit von der Entfernung als Zeitreihe zur Verfügung stellt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse des Untersuchungszeitraums der Praxisversuche dargestellt. Dargestellt sind in der Tabelle neben der gesamten Niederschlagsdauer und der Dauer auch die Niederschlagshöhe bezogen auf die Dauerstufe. Ausgewertet werden ferner die maximale Wiederkehrzeit (WKZ). Eine Wiederkehrzeit von $T_n = 0,2$ Jahre bedeutet hierbei ein Niederschlagsereignis, welches 5 Mal pro Jahr auftritt. Als maximales Ereignis im Beobachtungszeitraum ist ein Ereignis vom 22.08.2010 zu benennen, welches mit einer Wiederkehrzeit von $T_n = 1,6$ Jahre also alle 1,6 Jahre auftritt.

Es konnten zwei Niederschlagsereignisse vor Ort beobachtet werden. Ein Ereignis war am 29.03.2010, das im Rahmen der Niederschlagsauswertung der StEB Köln nicht als außergewöhnliches Ereignis erfasst wurde. Ein weiteres Niederschlagsereignis vom 26.07.2010 wurde auch als stärkeres Niederschlagsereignis erfasst. Hierbei zeigte sich bei den Filtersäcken, dass nach einiger Zeit ein Aufstau und ein Überlaufen über den Ringspalt eintrat. Die Anlagen befanden sich in einem mittleren Verlegungszustand, der noch keiner Reinigung bedurft hätte. Das Ereignis mit einer Wiederkehrzeit von $T_n = 0,3$ Jahre kann aber 3 Mal pro Jahr auftreten, so dass es sich noch nicht um einen Starkregen handelte.

Tabelle 68: Regenereignisse im Untersuchungszeitraum in Porz-Lind

Datum	Gesamt-Niederschlag Gebietszeitreihe Lind		Regenabschnitt mit maximaler Wiederkehrzeit		
	Dauer in h	[mm] bzw . [l/m ²]	max WKZ [a]	Dauerstufe [min]	N-Höhe [mm] bzw . [l/m ²]
26.03.2010	09:00	10,1	0,2	20	1,5
06.05.2010	17:00	21,2	0,2	60	18,8
26.05.2010	13:00	9,8	0,2	45	3,8
16.07.2010	02:30	3,0	0,2	15	2,2
26.07.2010	10:00	11,6	0,3	60	7,9
04.08.2010	09:30	16,5	0,4	180	13,4
08.08.2010	15:00	13,6	0,3	90	8,3
11.08.2010	06:00	6,7	0,2	20	3,5
15.08.2010	13:00	18,9	0,4	540	18,3
17.08.2010	06:00	13,6	0,8	45	11,4
22.08.2010	02:30	17,4	1,6	45	15,5
26.08.2010	05:30	10,2	0,2	120	7,7
26.08.2010	12:00	12,9	0,2	15	2,9
28.08.2010	10:00	6,1	0,2	15	2
29.08.2010	16:30	28,8	1	180	20,4
23.09.2010	21:00	3,4	0,2	20	2,1
07.11.2010	01:00	13,7	0,3	90	8,5
13.11.2010	03:00	19,5	0,3	720	18,9

Gebiet Königswinter

Der Abgleich der Niederschläge für die dezentrale Anlage in Königswinter wird durch eine Messung des Überlaufs an der Anlage selbst, den Aufzeichnungen des Betriebspersonals der Kläranlage Königswinter und einer zusätzlichen Regenreihe der Stadt Bonn sichergestellt.

Zur Überprüfung ob bei Regenereignissen ein Überlauf der Anlage stattfindet wurde eine Umgehungsleitung eingebaut, in welcher eine Höhenstandserfassung der Rohrleitung mittels Ultraschall integriert wurde. Beim Ansprechen der Überlaufleitung werden die Höhenstände des Überlaufs über die Zeit bestimmt, eine Erfassung der Mengen ist hiermit jedoch nicht möglich.

Während des Beobachtungszeitraums von November 2009 bis Dezember 2010 wurden monatlich die Niederschlagshöhen der Messung auf der Kläranlage Königswinter mit den Daten der Ultraschallmessung verglichen. Die Ultraschallmessung ist in einem Kanalschacht installiert. Aufgrund der äußeren Bedingungen, Feuchtigkeit, Schmutz usw. waren Fehlmessungen nicht vermeidbar. Lässt man die Fehlmessungen außer Acht, so ergeben sich folgende Tage an denen ein Überlauf festgestellt werden konnte:

Am 06. und 07.05.2010 erfolgte ein Überlauf mit einer Maximalhöhe von 1,3 cm, am 06.06.2010 wurde ein maximaler Überlauf von 1 cm festgestellt und im August gab es mehrere Starkregenereignisse welche zu kurzzeitig geringen Überläufen führten. Für die Einordnung der Regenereignisse lagen die Regenmessungen der Station auf der KA Königswinter, als Niederschlag in mm pro Tag vor. Ferner hat das Betriebspersonal entsprechende Beobach-

tungen des Regenüberlaufbeckens vorgenommen. Die Regendaten der Niederschlagsmessstation 1.3 (Dottendorf) wurden freundlicherweise von der Stadt Bonn zur Verfügung gestellt.

Die festgestellten Überlaufereignisse stimmen mit den Niederschlagsmessungen auf der KA Königswinter überein. Da die Regenreihe der Station auf der Kläranlage Königswinter über einen statistisch nicht ausreichend langen Zeitraum erfasst wurde ist eine statische Einordnung der Häufigkeit des Regenereignisses über die Messungen dieser Station nicht möglich. Die Niederschlagsmessstation Dottendorf mit einer Aufzeichnungslänge von 35 Jahren liegt ca. 3 km vom Einbauort des Hydroclean 3P entfernt. Die hier erfassten Werte lassen somit eine annähernde Einordnung des Regenereignisses zu.

Die unten dargestellte Tabelle enthält die erfassten Niederschlagsmengen im Juli 2010 der Kläranlage Königswinter. Im zweiten Bild ist die Auswertung der Höhenstandsmessung am Notüberlauf des 3P Hydrocleans dargestellt. Es ist zu erkennen, dass bei den höheren Niederschlägen am 03.07. am 14.07. und am 28./29.07.2010 die Höhenstandsmessung Messwerte erfasst. Diese liegen aber mit 20 cm am Maximalbereich der Messung. Konstruktionsbedingt kann aber kein Überstau > 7,5 cm entstehen. Es ist daher davon auszugehen dass die Werte durch andere Einwirkungen, z.B. Tiere ausgelöst werden.

Die Werte vom 06.07.2010 als die Anlage über die Belastungstest beaufschlagt wurde zeigen einen Anstieg der Höhenstände bis ca. 3,5 cm welches der Vor-Ort-Beobachtung entspricht.

Tiefbauamt		
Name	Königswinter, ...	
Herkunft	Schreiber	
Ort	3.8	
Betreiber-ID	3.8	
Höhe [mNN]	58.00	
Einheit	mm	
Do	1.	0.0
Fr	2.	0.2
Sa	3.	22.2
So	4.	.
Mo	5.	5.9
Di	6.	.
Mi	7.	.
Do	8.	.
Fr	9.	.
Sa	10.	.
So	11.	5.7
Mo	12.	.
Di	13.	.
Mi	14.	11.3
Do	15.	0.1
Fr	16.	1.7
Sa	17.	.
So	18.	.
Mo	19.	.
Di	20.	.
Mi	21.	1.9
Do	22.	0.1
Fr	23.	0.1
Sa	24.	0.6
So	25.	0.5
Mo	26.	8.8
Di	27.	0.2
Mi	28.	8.9
Do	29.	15.7
Fr	30.	3.4
Sa	31.	0.5
Monats-		
Summe		87.9
*** Wert lückenbehaftet; " - " W Tages- und Monatssummen direkt au		

Abbildung 61: Niederschlagsereignisse im Untersuchungszeitraum Königswinter

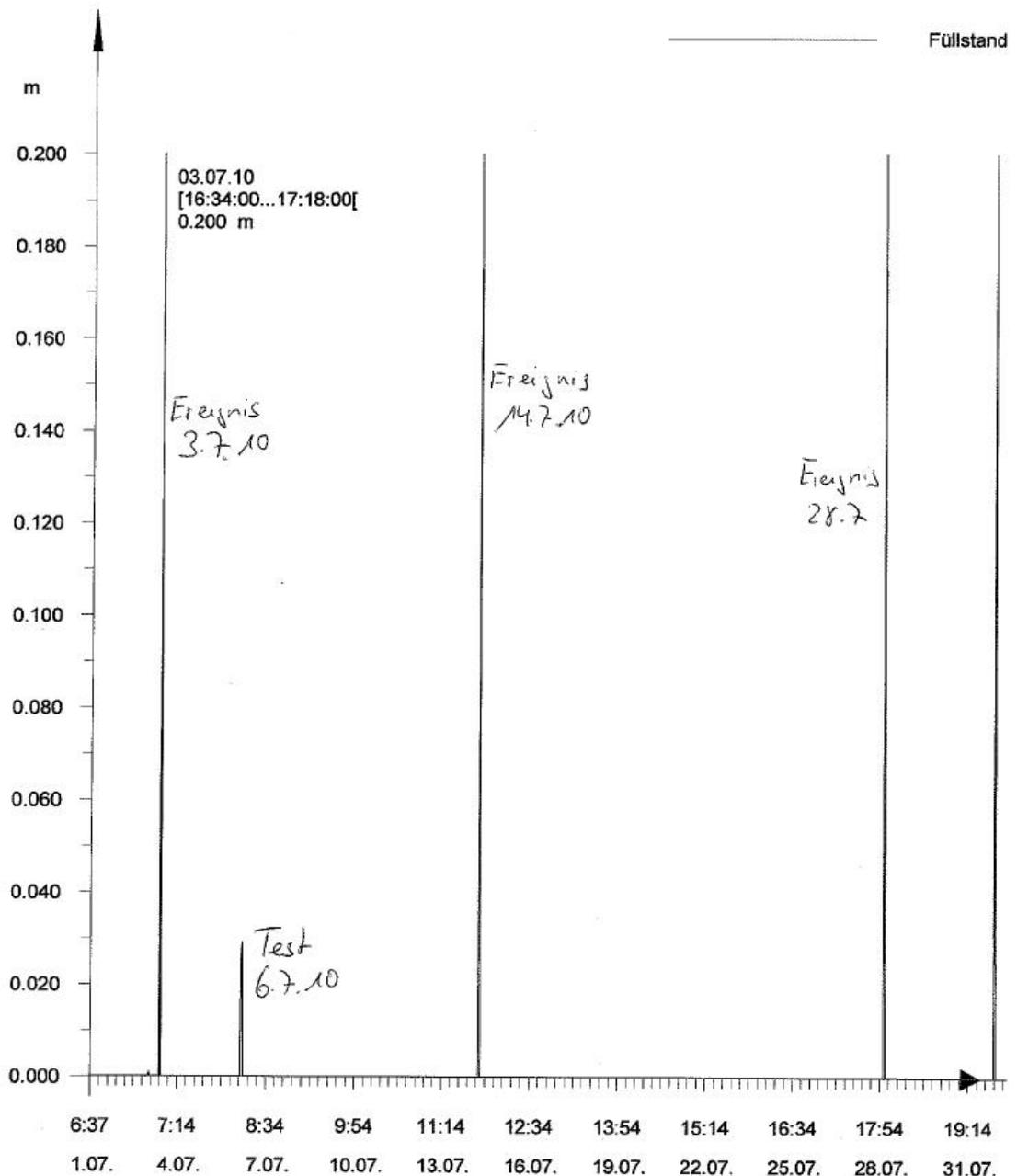


Abbildung 62: Aufzeichnung des Notüberlaufs

Da die Regenaufzeichnung auf der Kläranlage Königswinter, betrieben vom Tiefbauamt der Stadt Bonn, nicht starkregengeprüft ist und nur über eine Laufzeit von 4 Jahren verfügt, wurde angeregt eine Regenreihe der Stadt Bonn aus der Rheinaue in der Nähe der Stadt Königswinter auf besondere Ereignisse auszuwerten. Die Stadt Bonn stellte hierfür freundlicherweise die Niederschlagsmess-Station 1.3 (Dottendorf) für den Zeitraum 01.11.1975 bis 31.12.2010 zur Verfügung. Diese Station liegt wenige km gegenüber von Königswinter auf der anderen Rheinseite. Nach der statistischen Auswertung

der Reihe mit dem Programm LWA-Flut bezoge auf eine Überstauhäufigkeit auf von 0,5/a konnten folgende Regenereignisse ermittelt werden.

Tabelle 69: Regenreihe Dottendorf

Datum	Gesamt-Niederschlag Gebietszeitreihe Dottendorf		Regenabschnitt mit maximaler Wiederkehrzeit		
	Dauer in h	[mm] bzw. [l/m²]	max WKZ [a]	Dauerstufe [min]	N-Höhe [mm] bzw. [l/m²]
07.10.2009	20:30	7,3	0,8	10	5,0
08.10.2009	57:20	18,7	0,8	60	7,0
06.05.2010	40:00	27,9	0,1	60	4,0
06.06.2010	09:40	28,8	3,6	60	22,0
14.07.2010	14:45	7,4	0,8	30	6,3
14.08.2010	37:50	22,1	0,3	90	5,9
23.08.2010	27:35	16,2	1,3	45	7,4
28.08.2010	56:25	29,0	1,3	15	6,2
01.10.2010	48:05	16,0	1,8	240	11,5
11.11.2010	10:45	4,6	1,8	20	3,4
12.11.2010	33:30	18,6	1,8	45	5,4
19.12.2010	66:50	26,8	1,8	15	3,2

Nach Auswertung der Regenreihe ist ein Ereignis am 06.06.2010 besonders hervorzuheben. Hierbei handelt es sich um ein Ereignis, welches nur rund alle vier Jahre auftritt. Dieses wurde den Beobachtungen nach problemlos von der Anlage erfasst und behandelt. Dies beweisen auch die hydraulischen Spülversuche mit dem IKT.

Ferner zeigt die Auswertung, dass die gemessenen Werte des Ultraschall-dopplers am Überlauf mit einem Maximalwert (Abbildung 62) nur mit einem überhaupt eingetretenen wesentlichen Ereignis am 14.07.2010 übereinstimmen. Dieses Ereignis ist jedoch „nur“ ein ein-jährliches, so dass davon auszugehen ist, dass sich grundsätzlich bei eingetretenen Niederschlagsereignissen eine Fehlmessung eingestellt hat. Bei den in der Abbildung 62 gezeigten Ereignissen wurden durch das Betriebspersonal Eintragungen bezüglich eines auf der KA Königswinter beobachteten RÜB vorgenommen. Hier wurde der Einstau des RÜB visuell kontrolliert und aufgezeichnet. Mit diesen Daten wurden die Auswertungen der Höhenstandsmessungen abgeglichen.

6.5.6 Kosten

Gemäß Machbarkeitsstudie und den Ausführungsplanungen für die StEB und die Stadtwerke Königswinter wurden für die entsprechenden Anforderungen Behandlungsanlagen für die dezentrale Behandlung von Niederschlagswasser gewählt.

6.5.6.1 Planungs- und Baukosten

Die Aufwendungen für die Planung der Anlagen im Forschungsvorhaben (FV) können nur bedingt für die Planung ganzer Einzugsgebiete herangezogen werden. Es wird daher auf Basis der Erfahrungen in dem FV eine Abschätzung für die Planung und den Bau der Anlagen vorgenommen.

Planungsschritte für die Planung dezentraler Behandlungsanlagen:

1. Festlegung eines geeigneten Einzugsgebietes
2. Flächenermittlung und Klassifizierung
3. Auswahl der für die Klassifizierung geeigneten Anlagen
4. Ermittlung der kleinteiligen Flächenstrukturen (z.B. je Straßenablauf)
5. Auswahl einer geeigneten Anlage gemäß Anwendungsbereich
6. Erfassung der Versorgungsleitungen
7. Erstellung der Ausführungsplanung je Anlage
8. Ausschreibung aller Anlagen
9. Vergabe und Ausführung
10. Erstellung einer dezidierten Betriebsanweisung

6.5.6.2 Kostenschätzung je Anlage

Genehmigungsplanung	500,- €	
Ausführungsplanung	500,- €	
Lieferung Behandlungsanlage	200,- € bis	4.000,- €
Einbau	100,- € bis	5.000,- €
Bauüberwachung	50,- € bis	500,- €
Zwischensummen		
Planung	1.050,- € bis	1.500,- €
Ausführung	350,- € bis	7.500,- €
Gesamtkosten je Anlage	1.400,- € bis	9.000,- €

6.5.6.3 Umbau und Austausch der Straßenabläufe

Lieferung der Systeme

Die Lieferung der Systeme erfolgte direkt durch die Hersteller. Die Listenpreise dieser Anlagen sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, Stand August 2009.

Tabelle 70: Kosten für dezentrale Behandlungsanlagen

Hersteller	Paul Schreck	Fa. Roval Umwelttechnik Vertriebsges. mbH	ACO-drain Passavant	Fa. Mall Umwelttechnik	Funke Kunsstoffe GmbH	3 P Technik Filtersysteme GmbH
Einsatzort	Geotextil, Filtersack	Centrifoel	Separations- Straßenablauf SSA	Lamellenklärer MLK-R	Innolet	3 P Hydrosystem
Anzahl Porz-Lind	2	2	2	0	2	0
Listenpreis	150 €/ Stück	2.000 €/ Stück	655 €/ Stück	10.000 €/ Stück	1.000 €/ Stück	4.000 €/ Stück
Kosten Porz-Lind	kostenfrei	2 x 1.350 €	kostenfrei	-	kostenfrei	-

6.5.6.4 Bauleistungen

Gebiet 1: Trennsystem Schilfweg Köln Porz-Lind

Für den Einbau der neuen Straßenabläufe, insbesondere den Austausch der vorhandenen DIN-Abläufe, waren Bauarbeiten im Straßenkörper notwendig, welche über den Vertragsunternehmer der StEB AÖR ausgeführt wurden.

Die Kosten für den Einsatz der Systeme Innolet und Geotextil-Filtersack in die DIN-Abläufe sollten gering bleiben, da hier keine umfangreichen baulichen Maßnahmen zu erwarten waren. Es wurde daher eine Pauschale von ca. 500,- € für den Einbau vorgesehen. Der Aufwand für die Systeme Centrifoel und SSA wurde aufgrund der baulichen Maßnahmen mit ca. 4.000,- €/je Anlage abgeschätzt.

Nach Abrechnung der Bauleistungen ergab sich aufgrund weiterer nicht bekannter Versorgungsleitungen im Untergrund, einer halbseitigen Sperrung und aufwändigeren Verkehrssicherungsmaßnahmen ein Bauaufwand von ca. 6.000,- € je Anlage. Hierbei musste beachtet werden, dass es sich um zwei verschiedene Systeme handelte, Centrifoel® und SSA. Für das Unternehmen war der Einbau auch in die vorhandene Infrastruktur ein Novum, so dass sich für die Ausführung von mehreren dezentralen Systemen Einsparpotentiale erwarten lassen.

Nachfolgend findet sich das LV der Fa. Tamco für die ausgeführten Maßnahmen.



Abteilung: TP-24

Vertrag: P2071218RH31 rrh Süd
 Kostenstelle 25110101

Bestell-Nr.: P2090208HB31
 SAP-Nr.: Kalkulation

Ortsbezeichnung: Linder Mauspfad
 Ausgeführte Arbeiten: Demontage von 4 SA, Montage von 4 bauseits bereitgestellten SA
 vom: 05.10. bis: 16.10. 2009 durch: Fa. Tamco

OZ	Kurztext	Menge	ME	Einheitspreis	Gesamtbetrag	WE
I. Baustelleneinrichtung						
1. 4. 10.	Baustelleneinrichtung inkl. Bauschild u. Räumen	2,000	St	380,00	760,00	€
1. 4. 40.	Bauzaun Stahlrohr Gitter H 2m aufstellen, vorhalter	14,000	m	10,00	140,00	€
1. 4. 50.	Verkehrszeichenplan, erstellung u.genehmigung	4,000	St	330,00	1.320,00	€
1. 4. 170.	Querabsperreschranke, unbeleuchtet 500x2500 mm	2,000	St	22,00	44,00	€
1. 4. 180.	Absperrschranke (Z600) mit Tastleiste 1m hoch	50,000	m	11,00	550,00	€
1. 4. 200.	Verkehrszeichen, vollreflektierend gem.StVO	8,000	St	16,00	128,00	€
1. 4. 210.	Zusatzzeichen 250x500 mm	4,000	St	20,00	80,00	€
1. 4. 220.	Eisenständer mit Fuß, für Verkehrszeichen	8,000	St	6,50	52,00	€
1. 4. 240.	Batterieleuchten, gelb oder rot	10,000	d	0,70	7,00	€
1. 4. 276.	Gewegbefestigungs- u. Radwegplatten aufnehmen	8,000	m2	50,00	400,00	€
1. 4. 320.	Wassergebundene Schotterdecke, 20cm dick aufn.	24,000	m2	8,00	192,00	€
1. 4. 330.	Beton- oder Schwarzdecke 20cm dicke aufn. u. ent	20,000	m2	32,00	640,00	€
1. 4. 340.	Schottertragschicht Schotter-Splitt-Sand-Gemisch I	24,000	m2	14,50	348,00	€
1. 4. 350.	Asphalttragschicht Mischgutart CS D 18cm herstell.	20,000	m2	44,00	880,00	€
1. 4. 355.	Bit. Bindemittel aufsprühen 0,2kg/m2 Bit. Fläche H	20,000	m2	1,80	36,00	€
1. 4. 370.	Pflasterstreifen als Rinne 1reilig aufnehmen u.wie	10,000	m	28,00	280,00	€
1. 4. 390.	Asphaltoberbau schneiden	24,000	m	13,00	312,00	€
1. 4. 400.	Fuge anlegen B 10mm 40mm(Fugenband)	24,000	m	12,00	288,00	€
1. 4. 420.	Asphaltbetondeckschicht 0/11 S D 4cm dick einbau	24,000	m2	34,00	816,00	€
1. 4. 460.	Bordstein Größe (20/24/26 cm) aufnehmen u. wic	16,000	m	35,00	560,00	€
1. 4. 600.	Erdausschachtung in der Zone von 0,00-4,00, breit	50,000	m3	47,00	2.350,00	€
1. 4. 640.	zum Verfüllen nicht geeigneten Boden abfahren u.e	60,000	m3	39,00	2.340,00	€
1. 4. 770.	Steinzeugrohre DN 150 nach DIN EN 295-1,	15,000	m	38,00	570,00	€
1. 4.1690.	Rohrschnitte DN 150 mit Rohrschneider	8,000	St	15,00	120,00	€
1. 4.1800.	PE - Manschetten DN 150	4,000	St	38,00	152,00	€
1. 4.2000.	Füllkies (lose Masse) zur Verfüllung	60,000	m3	25,00	1.500,00	€
1. 4.2180.	Stundenlohnarbeiten	10,000	Std	37,00	370,00	€
1. 4.2290.	Wasserdichtheitsprüfung nach DIN EN 1610 DN 15	4,000	St	200,00	800,00	€

I. Baustelleneinrichtung	900,00	€
II. Verkehrslenkungsmassnahmen	2.181,00	€
III. Straßenbefestigungsarbeiten	4.752,00	€
IV. Erdarbeiten	4.690,00	€
V. Rohrlege-, Maurer- und	842,00	€
VI. Sonstige Arbeiten	2.670,00	€

1. 4.	Los 4 rrh. Süd	16.035,00	€
	Nachlaß 2%	-320,70	€
	Zwischensumme netto	15.714,30	€
	Nachlaß auf Umsatz Pkt. 8.7 BuE	0,00	€
	Netto	15.714,30	€
	MwSt.	2.985,72	€
	Bruttosumme	18.700,02	€
	Skonto 2%		

Abbildung 63: Kosten für die Straßenbauarbeiten in Lind

Gebiet 2: Königswinter Hauptstraße / Schallenbach

Der Einbau des 3P-Systems in Königswinter wurde mit ca. 14.000,- € abgerechnet.

6.5.7 Abschätzung der Betriebskosten

Die Überwachung der dezentralen Anlagen erfolgte zunächst in einem Turnus von 1 Woche. Aufgrund mangelnder Niederschlagsereignisse und einwandfreiem Betrieb der Anlagen wurde dieser Zeitraum auf einen Turnus von 2-3 Wochen ab Mitte März 2010 verlängert.

In den ersten 3 Betriebsmonaten war bei keiner Anlage eine Reinigung erforderlich. Bis auf die Betriebsstörung des Filtersacks (siehe 4.5.4) gab es keine Auffälligkeiten in der Überwachung. Der späte Herbst- und lang anhaltende Winterbetrieb stellte für alle Anlagen kein Problem dar.

Die festgestellten Zeitaufwendungen wurden zusammengestellt und mit Betriebskosten der StEB Köln belegt.

Die ab Mai 2010 einsetzenden Niederschlagsereignisse machten Reinigungen der Anlagen notwendig. Nähere Ergebnisse zu den einzelnen Überwachungen finden sich unter Anlage 1.

Eine Abschätzung der Betriebskosten erfolgt für den beobachteten Zeitraum von 12 Monaten. Wenn man die Anlagen nach Herstellerangaben kontrolliert, sind Überwachungshäufigkeiten von 0,5/a und für den Geotextil-Filtersack 1/a genannt. Nach den Betriebserfahrungen in diesem Forschungsvorhaben sollten die Anlagen jedoch mindestens viermal jährlich überwacht werden. Wie im Protokoll aus Anlage 1 ersichtlich, kann diese eine einfache Wartung mit Öffnung der jeweiligen Anlage sein. Diese kann nach den Erfahrungen im Praxisversuch mit einem einfachen Kanalbetriebsfahrzeug durchgeführt werden. Jedes halbe Jahr oder nach Bedarf / Ergebnis der vierteljährlichen Kontrolle, sollte eine Saug-/Spülkombination mit zu den Kontrollen hinzugekommen werden.

Je dezentrale Anlage entsteht der folgende Zeitaufwand und Personal- / Materialbedarf:

Tabelle 71: Betriebskostenabschätzung

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“							
Betriebskostenabschätzung dezentrale Anlagen							
	Anlagentypen	Wirkungsweise	Mechanisch-physikalische Anlagen			Physikalisch bzw. phys.-chem. Anlagen	Erweiterte mehrstufige Anlagen
		Hersteller	Paul Schreck	ACO-drain Passavant	Fa. Roval Umwelttechnik Vertriebsges. mbH	Funke Kunsstoffe GmbH	3 P Technik Filtersysteme GmbH
		Bezeichnung /Typ	Geotextil Filtersack	Separations-Straßenablauf SSA	Centrifoel	Innolet	3 P Hydrosystem 1000
		Kategorie IIb	ja	ja	ja	ja	ja
Einbau	Kosten in €	Anlage	Kosten sind gebiets- und planungsabhängig				
		Einbau	Kosten sind gebiets- und planungsabhängig				
Material / Personal	Fahrzeug	Kontrolle	Transporter	Transporter	Transporter	Transporter	Transporter
		Reinigung	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.
		Austausch	Transporter Saug-/Spülfg.	Transporter Saug-/Spülfg.	Transporter Saug-/Spülfg.	Transporter Saug-/Spülfg.	Transporter Saug-/Spülfg.
	Personal	Kontrolle	1 Mann	2 Mann	2 Mann	1 Mann	2 Mann
		Reinigung	2 Mann	2 Mann	2 Mann	2 Mann	2 Mann
		Austausch	2 Mann	2 Mann	2 Mann	2 Mann	2 Mann
	Material	Kontrolle	kein	kein	kein	kein	kein
		Reinigung	kein	kein	kein	kein	kein
		Austausch	Ersatzteile	Ersatzteile	Ersatzteile	Ersatzteile	Ersatzteile
Zeitaufwand in h	Fahrzeug+ Personal	Kontrolle	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Reinigung	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5
		Austausch	0,5	0,5	0,5	0,5	1
Kosten in €	Fahrzeug+ Personal	Kontrolle je h	52,14 €	93,39 €	93,39 €	52,14 €	93,39 €
		Reinigung je h	114,53 €	114,53 €	114,53 €	114,53 €	114,53 €
		Austausch je h	114,53 €	114,53 €	114,53 €	114,53 €	114,53 €
	Material	Kontrolle	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand
		Reinigung	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand
		Austausch	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand
	Summe je Tätigkeit und Anlage	Kontrolle	5,21 €	9,34 €	9,34 €	5,21 €	9,34 €
		Reinigung	34,36 €	22,91 €	34,36 €	22,91 €	57,27 €
		Austausch	57,27 €	57,27 €	57,27 €	57,27 €	114,53 €
Jahreskosten in €	Häufigkeit	Kontrolle	0	1	2	3	0
		Reinigung	6	1	2	2	1
		Austausch	0,5	0,2	0,5	0,5	0,33
	Kosten	Kontrolle	- €	9,34 €	18,68 €	15,64 €	- €
		Reinigung	206,15 €	22,91 €	68,72 €	45,81 €	57,27 €
		Austausch	28,63 €	11,45 €	28,63 €	28,63 €	37,79 €
Summe	je Anlage und Jahr	234,79 €	43,70 €	116,03 €	90,09 €	95,06 €	
Summe	für 28 Anlagen und Jahr	6.574,02 €	1.223,54 €	3.248,80 €	2.522,42 €	2.661,68 €	

Kosten (Angaben StEB, Herr Schmitz vom 28.04.2010 / 04.11.2010): Fahrzeug für Kontrollfahrten (1 MA) 52,14 €/h
 Reinigungsfahrzeug für Straßenabläufe (2 MA) 111,93 €/h, Fahrzeug für Funktionsüberprüfung (3 MA) 134,62 €/h
 Hochdruckspülfahrzeug Rohrskanäle (2 MA) 114,53 €/h, Stundensatz gew erbl. Mitarbeiter 41,23 €/h

Die in der Tabelle genannten Aufwendungen für Kontrolle, Reinigung und Wartung wurden gemäß den bisher gemachten Erfahrungen abgeschätzt. Beim Betrieb von mehreren gleichen Anlagen innerhalb eines Gebietes kann der Aufwand sich ggf. noch reduzieren.

Der Zeitaufwand in Stunden wurde in Dezimalstunden, also 6-Minuten-Einheiten dargestellt. Die Häufigkeit der jeweiligen Arbeiten wurde nach dem jetzt festgestellten Bedarf festgelegt. Berücksichtigt wurde dabei immer, dass eine Reinigung oder ein Austausch eine Kontrolle einschließt, so dass beispielhaft für die Reinigung eine 0 pro Jahr dargestellt wird. Durch den vorgenommenen Austausch mit einer Häufigkeit von 1 pro Jahr ist aber eine Reinigung enthalten. Der Austausch als Parameter für eine Reparatur oder außergewöhnlichere Wartungen kann in den genannten Fällen auch einmal in 5 Jahren liegen, so dass als Wert 0,2 vermerkt worden ist.

Geotextil-Filtersack

Der Geotextil-Filtersack war aufgrund mangelnder Regenereignisse in den ersten Betriebsmonaten nicht wartungsintensiv. Es stellte sich aber mit steigender Beaufschlagung durch Regenereignisse ab März 2010 dar, dass die Leistungsfähigkeit des Filtersacks aufgrund der Verlegung des Geotextilmaterials durch AFS stark abnahm. Dies wurde auch durch die Versuche zur hydraulischen Leistungsfähigkeit durch das IKT und Grontmij nachgewiesen (vgl. Kapitel 6.5.2). Neben den in ab Kapitel 6.5.2 dargestellten Betriebsergebnissen fielen beim Filtersack konstruktionsbedingte Kontrollen an. Diese waren begründet im schlechten Sitz des Filtersacks im Schacht und Auslängung des Materials, welches zum Verschluss des Ablaufs führte.

Es wird daher von folgenden Aufwendungen für den Betrieb im Gebiet Porz-Lind ausgegangen:

Kontrolle: in den Reinigungen enthalten

Reinigung: 6-mal pro Jahr

Austausch: alle zwei Jahre

Aufgrund der relativ hohen Aufwendungen für den Betrieb des Geotextil-Filtersackes in Porz-Lind und der hierdurch bedingten hohen Betriebskosten (vgl. Kapitel 6.5.7) wird an dieser Stelle nochmals auf die Planungstiefe der verschiedenen dezentralen Anlagen verwiesen.

In einem anderen Teileinzugsgebiet oder auch in Porz-Lind könnte je nach Feststoffbelastung der Niederschlagsereignisse auch ein Ansatz von 3 – 6 Reinigungen pro Jahr ausreichend sein (Anmerkung: Die ersten 5 Monate wurden in Porz-Lind keine Reinigungen durchgeführt). Auf der sicheren Seite liegend wurde im Weiteren, wie dargestellt, von 6 Reinigungen für den Filtersack ausgegangen.

Separationsstraßenablauf SSA mit Nassschlammkammer

Der Separationsstraßenablauf (SSA) wurde aufgrund seines Volumens im Praxistest bisher nicht gereinigt. Die Schlammspiegelmessungen ergaben bis zum Ende der Versuche keinen Pegel, der zu einem Absaugen der Schlammkammer geführt hätte. Alle weiteren Betriebsteile haben im Versuchszeitraum keinen Reinigungs- oder Austauschbedarf ausgelöst. Der niedrige Betriebsaufwand lässt sich hier durch eine höhere Erstinvestition darstellen.

Es wird daher von folgenden Aufwendungen für den Betrieb im Gebiet Porz-Lind ausgegangen:

Kontrolle: zusätzlich zur Reinigung 1-mal pro Jahr

Reinigung: 1-mal pro Jahr

Austausch: 1-mal in 5 Jahren

CENTRIFOEL®

Der Centrifoel® hat ähnlich wie der SSA durch sein großes Volumen einen geringen Reinigungsbedarf. Im Untersuchungszeitraum musste die Schlammfangkammer nicht entleert werden. Es sind jedoch aufgrund der filigranen Konstruktion im Ablauf der ersten Kammer zur zweiten Behandlungsstufe über eine Öffnung mit 3,5 cm Durchmesser häufigere Kontrollen notwendig. Im Untersuchungszeitraum sind ferner Reparaturen durch den Bruch einer Verschlusseinheit angefallen.

Es wird daher von folgenden Aufwendungen für den Betrieb im Gebiet Porz-Lind ausgegangen:

Kontrolle: zusätzlich zu den Reinigungen 2-mal pro Jahr

Reinigung: 2-mal pro Jahr

Austausch: alle zwei Jahre

INNOLET®

Der Innolet war im Gebiet Porz-Lind im Überwachungszeitraum 2-mal bis 3-mal reinigungsbedürftig. Dies war aufgrund seiner Konstruktion zu erwarten. Zwei Reinigungen, bzw. ein Kartuschaustausch pro Jahr entsprechen auch den Angaben des Herstellers. Ersatzteile wurden im Zeitraum der Praxisversuche nicht benötigt.

Es wird daher von folgenden Aufwendungen für den Betrieb im Gebiet Porz-Lind ausgegangen:

Kontrolle: 1-mal zusätzlich zu den Reinigungen

Reinigung: 3-mal pro Jahr

Austausch: alle zwei Jahre

3P Hydrosystem

Das 3P Hydrosystem als einzige semizentrale Anlage im Test zeigte weder einen hohen Reinigungs- noch einen hohen Kontrollaufwand. Auch hier spielt die Größe der Anlage eine wesentliche Rolle. Die Filterelemente sind hinsichtlich des Durchsatzes im Praxisversuch ausreichend leistungsfähig geblieben. Im Dauerbetrieb würde bei dieser Anlage auch nach Herstellerempfehlung ein Austausch der Filterelemente spätestens alle 3 Jahre erforderlich sein. Jedes Jahr sollte aber die Filterdurchlässigkeit gemäß Betriebsanleitung überprüft werden. Der Schlamm Spiegel ist ebenfalls regelmäßig zu messen. Auch hier hat sich im Praxisversuch kein Pegelstand über 20 cm eingestellt, der zu einem Absaugen des Schlammraumes geführt hätte.

Es wird daher von folgenden Aufwendungen für den Betrieb im Gebiet Porz-Lind ausgegangen:

Kontrolle: in den Reinigungen enthalten

Reinigung: 1-mal pro Jahr

Austausch: 1-mal alle 3 Jahre

6.5.8 Vergleich der Betriebskosten von dezentralen Systemen und zentralen RKB

Nach Darstellung der Betriebskosten für die dezentralen Anlagen soll exemplarisch versucht werden, ein fiktives zentrales RKB ohne Dauerstau im Gebiet Köln Porz-Lind zu bewerten und mit Betriebskosten zu belegen. Dieser Vergleich beruht auf einer Planung für eine zentrale Anlage der Hydro-Ingenieure GmbH.

Für diesen Vergleich wird eine erhöhte Anzahl von dezentralen Behandlungsanlagen benötigt, die alle Straßeneinläufe des Linder Mauspfades behandeln können. Dazu wird die Tabelle zur Kalkulation der Betriebskosten für die dezentralen Anlagen um eine Spalte für eine zentrale Anlage erweitert.

Gemäß der Planung der Hydro-Ingenieure GmbH handelt es sich um ein RKB ohne Dauerstau, welches schätzungsweise ca. 4-mal pro Jahr überwacht werden muss. Dabei wird von einer Reinigungshäufigkeit von mindestens 2-mal pro Jahr bezogen auf ein langjähriges Mittel eine Reinigung ausgegangen.

Um die Betriebskosten für ein zentrales Becken für möglichst viele Betriebsmodelle darstellen zu können, werden gemäß SÜwV Kan verschiedene Reinigungshäufigkeiten dargestellt. Der Betreiber kann aufgrund von eigenen Überwachungsplänen gemäß SÜwV Kan selbst festlegen, welche Häufigkeiten er für den ordnungsgemäßen Betrieb in Abhängigkeit von Gebiet und Art des RKBs für erforderlich hält.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, werden mit den gleichen Kostenansätzen aus der Tabelle für die dezentralen Betriebskosten (Tabelle 71). Aufwendungen für ein fiktives zentrales Becken des Gebietes Köln Porz-Lind berechnet.

Hierzu muss jedoch berücksichtigt werden, dass neben dem Betrieb des zentralen RKBs auch die Straßenabläufe gereinigt werden müssen. Für das Gebiet Porz-Lind wurde daher beispielhaft angenommen, dass im Einzugsgebiet 28 Straßenabläufe an das Becken angeschlossen und zu warten sind. Die Kosten und Aufwendungen pro Jahr können der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

Tabelle 72: Betriebskosten für die Sinkkastenreinigung

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“					
Betriebskostenabschätzung Reinigung Straßenabläufe Porz-Lind					
Fahrzeug	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.
Personal	2 Mann				
Kosten Fzg./Personal	111,93 €	111,93 €	111,93 €	111,93 €	111,93 €
Zeitaufwand je Ablauf	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Kosten je Ablauf	11,19 €	11,19 €	11,19 €	11,19 €	11,19 €
Reinigung pro Jahr	1	1	1	1	1
Anzahl Straßenabläufe	1	10	28	50	100
Jahreskosten	11,19 €	111,93 €	313,40 €	559,65 €	1.119,30 €

Kosten (Angaben StEB, Herr Schmitz vom 28.04.2010):

Reinigungsfahrzeug für Straßenabläufe (2 MA) 111,93 €/h, Fahrzeug für Funktionsüberprüfung (3 MA) 134,62 €/h

Hochdruckspülfahrzeug Rohrskanäle (2 MA) 114,53 €/h, Stundensatz gew erbl. Mitarbeiter 41,23 €/h

Um die Kosten für die Reinigung und Unterhaltung eines zentralen RKBs zu ermitteln, wurde von folgenden Randbedingungen für das Gebiet Köln Porz-Lind ausgegangen:

- Das RKB wurde für das Gebiet Porz-Lind und dessen Anforderungen geplant.
- Das RKB wird durch die StEB Köln im regulären Betrieb unterhalten.
- Die Aufwendungen entsprechen einer Anlage mit selbsttätiger Reinigungseinrichtung (z.B. Wirbeljet oder Spülkippe).
- Es wird mit verschiedenen Reinigungshäufigkeiten gemäß SÜV/Kan kalkuliert.

Tabelle 73: Betriebskosten für ein RKB im Gebiet Porz-Lind

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“						
Betriebskostenabschätzung zentrales RKB "Porz-Lind"						
Kontrollen pro Jahr		4	6	8	12	12
Reinigung pro Jahr		2	4	6	8	12
Material / Personal	Fahrzeug	Kontrolle	Transporter	Transporter	Transporter	Transporter
		Reinigung	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.	Saug-/Spülfg.
	Personal	Kontrolle	3 Mann	3 Mann	3 Mann	3 Mann
		Reinigung	3 Mann	3 Mann	3 Mann	3 Mann
	Material	Kontrolle	kein	kein	kein	kein
		Reinigung	kein	kein	kein	kein
Zeitaufwand in h	Fahrzeug+ Personal	Kontrolle	1	1	1	1
		Reinigung	2	2	2	2
Kosten in €	Fahrzeug+ Personal	Kontrolle je h	134,62 €	134,62 €	134,62 €	134,62 €
		Reinigung je h	164,02 €	164,02 €	164,02 €	164,02 €
	Material	Kontrolle	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand
		Reinigung	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand	nach Aufwand
	Summe je Tätigkeit und Anlage	Kontrolle	134,62 €	134,62 €	134,62 €	134,62 €
		Reinigung	328,04 €	328,04 €	328,04 €	328,04 €
Jahreskosten RKB in €	Häufigkeit	Kontrolle	4	6	8	12
		Reinigung	2	4	6	8
	Kosten	Kontrolle	538,48 €	807,72 €	1.076,96 €	1.615,44 €
		Reinigung	656,08 €	1.312,16 €	1.968,24 €	2.624,32 €
	RKB	je Anlage und Jahr	1.194,56 €	2.119,88 €	3.045,20 €	4.239,76 €
	Abläufe	28 Anlagen und Jahr	313,40 €	313,40 €	313,40 €	313,40 €
	Gesamt	Gesamt je Jahr	1.507,96 €	2.433,28 €	3.358,60 €	4.553,16 €

Kosten (Angaben SIEB, Herr Schmitz vom 28.04.2010):

Reinigungsfahrzeug für Straßenabläufe (2 MA) 111,93 €/h, Fahrzeug für Funktionsüberprüfung (3 MA) 134,62 €/h

Hochdruckspülfahrzeug Rohrkanäle (2 MA) 114,53 €/h, Reinigung RKB (3 MA) 164,02 €/h, Stundensatz gewerbl. Mitarbeiter 41,23 €/h

Zwischenfazit:

Unter der Berücksichtigung, dass die Anlage nach jedem größeren Regenereignis kontrolliert werden muss und nicht in jedem Fall eine Reinigung zu erfolgen hat, kann in Porz-Lind von einem Zyklus mit 4 Kontrollen und 2 Reinigungen pro Jahr ausgegangen werden. Werden die Straßeneinläufe mit eingerechnet, sind Jahresbetriebskosten für ein RKB im Gebiet Porz-Lind in Höhe von ca. 1.500,- € zu erwarten. Demgegenüber stehen Jahresbetriebskosten von 28 dezentralen Anlagen in Höhe von ca. 1.200,- bis 6.600,- € (Tabelle 71).

Berücksichtigt man die Investitionskosten der jeweiligen Anlagen so zeigt sich bereits hier, dass die dezentralen Behandlungsanlagen in Abhängigkeit des Gebietes auch eine betriebswirtschaftliche Alternative darstellen können.

7 BEHANDLUNG IN ZENTRALEN ANLAGEN

7.1 Bewertung der Leistungsfähigkeit von Regenklärbecken

7.1.1 Einleitung

Regenklärbecken werden in Trennsystemen angeordnet und sind Absetzbecken für leicht sedimentierbare Stoffe mit integriertem Leichtstoffabscheider. Gut absetzbare Stoffe sedimentieren und können aus dem Schlammfangraum am Tiefpunkt der Sedimentationskammer ausgeräumt werden. Schwimm- und Leichtstoffe werden durch eine integrierte Tauchwand zurückgehalten. Gelöste Stoffe sowie Feinstpartikel (Korndurchmesser etwa $< 160 \mu\text{m}$) werden nicht zurückgehalten und gelangen über den Klärüberlauf in das Oberflächengewässer.

Man unterscheidet nach ATV-Arbeitsblatt 166 [ATV, 1999] Regenklärbecken mit Dauerstau (RKBmD), die ständig mit Wasser gefüllt sind, und ohne Dauerstau (RKBoD), die nach einem Regenereignis entleert werden.

Der Zufluss zum Regenklärbecken wird durch ein vorgeschaltetes Entlastungsbauwerk (Beckenüberlauf) auf eine bestimmte, kritische Regenspende begrenzt, die sich aus der Schutzwürdigkeit des Gewässers und den daraus abgeleiteten Anforderungen an die Regenwasserbehandlung ergeben. Je nach Niederschlagsgeschehen und bestehenden Retentionsräumen in den Kanälen oder in Rückhaltebecken gelangt der Teil des Niederschlagsabflusses darüber hinaus ungeklärt in die Gewässer.

Die Reinigungsleistung eines Regenklärbeckens hängt von einer Vielzahl von Parametern ab, wie der Größe, den Abmessungen, dem Betrieb und der konstruktiven Gestaltung. Daher wird zunächst auf die Bemessung und konstruktive Gestaltung von Regenklärbecken eingegangen. Anschließend werden Daten zur Reinigungsleistung von Regenklärbecken zusammengestellt und ein Vorschlag zur vergleichenden Betrachtung der Wirkungsgrade im Rahmen dieser Studie gemacht.

7.1.2 Bemessung

Je nach Anwendungsfall können für die Bemessung von Regenklärbecken verschiedene Regelwerke oder länderspezifische Vorgaben herangezogen werden. Grundsätzliche Planungs- und Bemessungsvorgaben definiert das ATV-Arbeitsblatt 166 [ATV, 1999]. Die Bemessung der Regenklärbecken für außerörtliche Straßen erfolgt nach den Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung (Ras-Ew) [FGSV, 2005], bzw. der Richtlinie für die bautechnische Ausführung von Straßen in Wassergewinnungsgebieten (RistWag) [FGSV, 2002]. Landesspezifische Vorgaben für Entwässerungsanlagen im Trennsystem sind z.B. die „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ in NRW [MUNLV, 2004], die „Verwaltungsvorschrift Straßenoberflächenwasser mit den Technischen Regeln zur Ableitung und Behandlung von Straßenoberflächenwasser“ aus Baden-Württemberg [VwV Baden-Württemberg, 2008], die „Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in oberir-

dische Gewässer (TRENOG) bzw. in das Grundwasser (TRENGW)“ des Bayerischen Staatsministeriums [Bayerisches Staatsministerium fUG, 2008 a und b], der „Abwasserbeseitigungsplan Berlin“ [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2001] oder die Technischen Bestimmungen zum Bau und Betrieb von Anlagen zur Regenwasserbehandlung bei Trennkanalisation des Ministeriums für Natur, Umwelt und Landesentwicklung Schleswig-Holstein [MNUL, 1992].

Für die Bemessung eines Regenklärbeckens sind der kritische Regenabfluss sowie die zulässige Oberflächenbeschickung maßgebend.

Der Regenabfluss bestimmt sich zu:

$$Q_{r,krit} = r_{krit} * A_{red}$$

Die in der Praxis vorrangig gewählte Größe für die kritische Regenspende r_{krit} liegt bei

$$r_{krit} = 15 \text{ l/(s*ha)}.$$

Je nach Schutzwürdigkeit des Gewässers bzw. entsprechend höherem Schutzziel werden auch höhere Werte vorgegeben; in Berlin 30 l/(s*ha) [Senatsverwaltung Stadtentwicklung, 2001], in Baden-Württemberg bis zu 60 l/(s*ha) [VwV Baden-Württemberg, 2008]. Bei Einleitung in den Bodensee werden sogar 80 l/(s*ha) gefordert [IGKB, 2005]. Sind unverschmutzte Herkunftsflächen mit angeschlossen, so sollen diese zusätzlich mit einer verminderten Regenspende von z.B. 5 l/(s*ha) in NRW [MUNLV, 2004] berücksichtigt werden.

Straßenabflüsse, die nicht versickert werden können, z.B. in Grundwasserschutzgebieten, werden nach RiStWag mit Hilfe der Bemessungs-Regenspende $r_{15,1}$ ermittelt, die je nach Gebiet etwa zwischen 120 und 150 l/(s*ha) liegt.

Fremdwasserzuflüsse müssen ebenso ermittelt werden. Der Bemessungszufluss errechnet sich somit zu:

$$Q_{Bem} = Q_{krit} = Q_{r,krit} + Q_f$$

Die Oberflächenbeschickung q_A bestimmt die erforderliche Oberfläche des Regenklärbeckens und hat damit über die sich ergebende Absetzzeit der sedimentierbaren Stoffe direkten Einfluss auf die Reinigungswirkung eines Beckens.

Die Oberflächenbeschickung wird üblicherweise mit einem Wert von 10 m/h gewählt, bei RKB in Wasserschutzgebieten 9 m/h (RiStWag) [FGSV, 2002]. In Baden-Württemberg werden RKB im Dauerstau mit 7,5 m/h bemessen [LfU Ba-Wü 2005].

Die Oberfläche wird folgendermaßen berechnet:

$$A_{RKB} = 3,6 Q_{Bem}/q_A$$

Durch Multiplikation mit der Beckentiefe h_b , die eine Mindesttiefe von 2 m nicht unterschreiten sollte, ergibt sich das Volumen zu:

$$V_{RKB} = A_{RKB} * h_b$$

Die o. g. Werte für Oberflächenbeschickung und Mindesttiefe gewährleisten zudem eine maximale horizontale Fließgeschwindigkeit im Becken von 0,05 m/s, bei der die Sedimentation der Feststoffe zuverlässig funktioniert und ein Leichtstoffaustrag durch Unterströmung der Tauchwand vermieden wird.

Als Mindestvolumen werden für RKBoD oft 50 m³, für RKBmD 100 m³ angegeben. Laut Trennerlass NRW sollen für RKBoD 10 m³/ha A_{E,b} zur Verfügung stehen, zuzüglich 5 m³/ha A_{E,b} für angeschlossene unverschmutzte Flächen (Kategorie I).

Zwischenfazit:

Die im Trennerlass geforderte Leistungsfähigkeit eines Regenklärbeckens von $r_{\text{krit}} = 15 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ soll auch von den dezentralen Behandlungsanlagen eingehalten werden und stellt somit den ersten Vergleichswert für den Nachweis der Vergleichbarkeit dar.

7.1.3 Reinigungsleistung

Eine mittlere Reinigungsleistung von Regenbecken zu benennen ist schwierig, da die Reinigungsleistung zum einen von einer Vielzahl von Faktoren abhängt und zum anderen Messungen schwierig durchzuführen sind. In der Vergangenheit wurden einige Messergebnisse veröffentlicht, die in Tabelle 74 dargestellt und nachstehend diskutiert werden.

Tabelle 74: Rückhaltewerte verschiedener Sedimentationsbecken

Untersuchungsgebiet	Berlin, Dianasee	Karlsruhe, Grünwinkel	Köln, Maarhäuser Weg A 59	Obereisesheim A6	Pleidelsheim A81	Singen B 33/34	Ulm-West A8/B10	Westhover Weg A4
Anlage	RKBmD	RKBmD	RRBmD	RRBoD und Abscheider	Leichstoffabscheider mD	Erdbecken mit geringer Wassertiefe	RRB oD mit Abscheider	RiStWag-Abscheider
Quelle	Terzioglu et al, 1987	Pfeifer, 1998	Kasting, 2003 Lange et al. 2003	Krauth u. Klein, 1982	Krauth u. Klein, 1982	Krauth u. Stotz, 1994	Krauth u. Klein, 1981, zitiert in Kasting, 2003	Kasting, 2003, Lange et al. 2003
OF-beschickung [m/h]	1,8	10	2	19	9			9
Bemessung Mittel, max	1,0	3 - 10	0,02 0,6	11,3	0,2 2	0,2 2,0	9	0,29 9,7
AFS	62	43	82	50	85	27	45	13
CSB	55	36	72	26	63	36	18	37
BSB ₅	38							
TOC	22							
DOC						47		
P _{ges}	33			9	32		3	
N _{ges}	28		> 24 ^{2,3)}					
MKW (H18)	77 ¹⁾		>72 ³⁾		80 ¹⁾		33 ¹⁾	35

Tabelle 53 (Fortsetzung): Rückhaltewerte verschiedener Sedimentationsbecken

Untersuchungsgebiet	Berlin, Dianasee	Karlsruhe, Grünwinkel	Köln, Maarhäuser Weg A 59	Obereisesheim A6	Pleidelsheim A81	Singen B 33/34	Ulm-West A8/B10	Westhover Weg A4
Anlage	RKBmD	RKBmD	RRBmD	RRBoD und Abscheider	Leichstoffabscheider mD	Erdbecken mit geringer Wassertiefe	RRB oD mit Abscheider	RiStWag-Abscheider
Quelle	Terzioglu et al, 1987	Pfeifer, 1998	Kasting, 2003 Lange et al. 2003	Krauth u. Klein, 1982	Krauth u. Klein, 1982	Krauth u. Stotz, 1994	Krauth u. Klein, 1981, zitiert in Kasting, 2003	Kasting, 2003, Lange et al. 2003
OF-beschickung [m/h]	1,8	10	2	19	9			9
Bemessung Mittel, max	1,0	3 - 10	0,02 0,6	11,3	0,2 2	0,2 2,0	9	0,29 9,7
PAK (USA-EPA)			96					39
PAK (TVO)			96					36
Blei	59	36	67	39	79	43	33	29
Kupfer	65	5	77	26	73	53	(-13)	7
Zink	31	12	84	37	50	58	24	23
Cadmium		38	> 33 ^{2,3)}	28	63	42	14	11 ²⁾

1) angegeben als Mineralöl

2) Nachweisgrenze im Zu- und Ablauf häufig unterschritten, angegeben ist der Medianwert der Ereignisse, bei denen Zulaufkonzentration über Nachweisgrenze liegt

3) Rückhalt stellt die minimale Reinigungsleistung für die untersuchten Ereignisse dar

Zu erkennen ist, dass die gemessenen Werte abhängig vom Messprogramm, vom Anlagentyp und von der Oberflächenbeschickung stark schwanken, beim AFS z.B. zwischen 13% und 85%, bei Blei zwischen 29% und 79%.

Die Reinigungswirkung hängt von folgenden Parametern ab:

- Charakteristik des Niederschlagabflusses: Je nach Dauer der vorangegangenen Trockenperiode und Stärke des Niederschlagsabflusses gelangen unterschiedliche Mengen und Fraktionen in das Regenklärbecken.
- Inhaltsstoffe des Niederschlagsabflusses: Je mehr gelöste und feindisperse Stoffe, desto geringer ist die Reinigungswirkung.
- Betrieb und Reinigungsintervalle: Regenklärbecken ohne Dauerstau, die nach jedem Regenereignis in die Schmutz- oder Mischkanalisation entleert werden, sind i.d.R. effektiver als Regenklärbecken im Dauerstau. Ist der Beckeninhalt von RKBmD wenig geklärt, so wird er durch ein nachfolgendes Regenereignis in das Oberflächengewässer ausgetragen. Oft ist die Sauerstoffzehrung durch den am Boden liegenden Schlamm in einem RKBmD nahezu vollständig, so dass Sauerstoffdefizite im Oberflächengewässer auftreten können. Ein weiteres Problem besteht bei RKBmD durch mögliche Resuspension (Rücklösung) von Schmutzstoffen aus dem Sediment während längerer Trockenphasen. Vorgeschaltete Retentionsräume bewirken eine Vergleichmäßigung des Zulaufs und somit oft eine Verbesserung der Sedimentationswirkung.
- Oberflächenbeschickung: Je kleiner die Oberflächenbeschickung, desto größer ist die Verweilzeit und somit die Absetzwahrscheinlichkeit der sedimentierbaren Stoffe.
- Beckengeometrie und konstruktive Details der Zu- und Ablaufgestaltung: Toträume verringern den durchströmten Beckenquerschnitt, in der Folge erhöht sich die Strömungsgeschwindigkeit und die Sedimentationswirkung wird verschlechtert. Pfropfenströmung und laminare Strömungsbedingungen sind anzustreben, um einem Absetzen der sedimentierbaren Stoffe nicht entgegenzuwirken.

Dem Parameter „abfiltrierbare Stoffe“ (AFS) kommt eine besondere Bedeutung bei der Beurteilung der Reinigungsleistung zu, da sämtliche nicht gelösten Stoffe (ungelöste Schwermetalle, PAK, MKW, organische Bestandteile, ungelöste Stickstoff- und Phosphorfraktionen) damit erfasst werden.

Daher soll etwas ausführlicher auf den Rückhalt dieses Parameters eingegangen werden. Die Ergebnisse einer im Rahmen dieser Studie durchgeführten Literaturrecherche zum Wirkungsgrad von Regenklärbecken bezüglich AFS-Rückhalt dokumentiert die Abbildung 64.

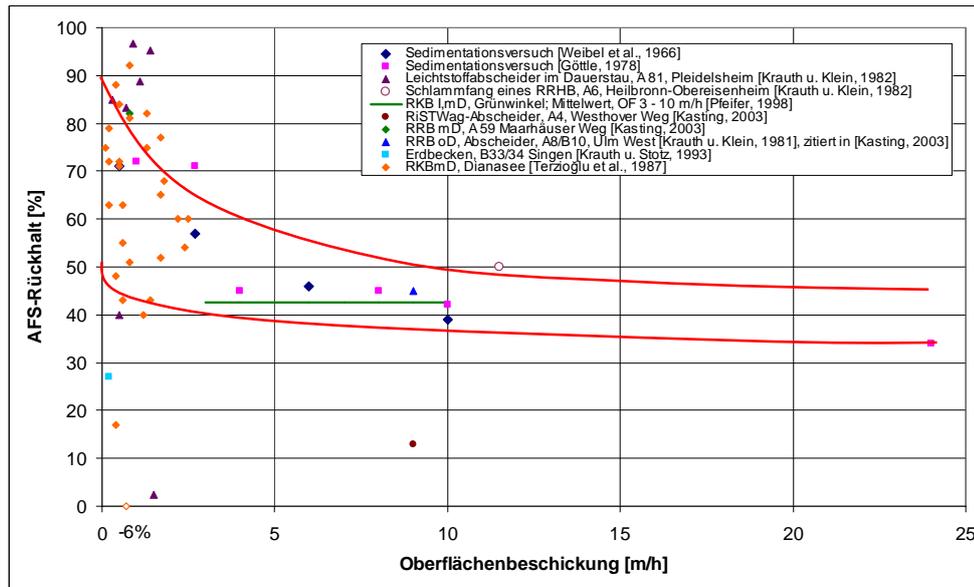


Abbildung 64: AFS-Rückhalt in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschickung

Sehr wesentlich bei der Interpretation der veröffentlichten Ergebnisse ist dabei die Bewertung der Oberflächenbeschickung, insbesondere die Unterscheidung zwischen der Oberflächenbeschickung, für die das Bauwerk bemessen wurde, und der tatsächlich im Betrieb erreichten und anhand von Messdaten belegten, realen Oberflächenbeschickung. Daher wurden zum Teil die Originaldaten ausgewertet, in denen die AFS-Rückhalte eines Ereignisses mit klar zugeordneter Oberflächenbeschickung dargestellt waren bzw. wie in Karlsruhe-Grünwinkel, in denen der Bereich der Oberflächenbeschickung mit einem AFS-Mittelwert angegeben war. Zusätzlich wurden Daten aus zwei Sedimentationsversuchen mit aufgetragen, bei denen die Absetzzeit variiert wurde. Diese lässt sich ausgehend von einer Beckentiefe von 2 m jeweils in eine Oberflächenbeschickung übertragen:

$$\text{Oberflächenbeschickung [m/h]} = 2 \text{ m} * \text{Absetzzeit [min]} * 60 [\text{min/h}].$$

Eine Absetzzeit von z. B. 12 min ergibt somit eine Oberflächenbeschickung von 10 m/h.

Durch diesen Datenpool wurde ein optischer Bereich gelegt, der häufig erreicht wurde. Die Werte weit unterhalb der Kurve lassen sich mit ungünstigen Betriebsverhältnissen erklären, wie z.B. Verdrängung des Beckeninhalts nach unzureichender Sedimentation bei RKBmD (Dianasee, Pleidelsheim) oder eine sehr geringe Wassertiefe (Erdbecken Singen). Das gute Ergebnis im Schlammfang Obereisenheim lässt sich auf das vorgeschaltete Regenrückhaltebecken und den dadurch bedingten vergleichmäßigten Zulauf und gute Sedimentationsbedingungen zurückführen [Kasting, 2004].

Zwischenfazit:

Für NRW sind nach Trennerlass RKB mit einer Oberflächenbeschickung von 10 m/h zu bemessen. Dies bedeutet, dass die maximale Oberflächenbeschickung zwar bei 10 m/h liegt, die sich tatsächlich über ein Jahr anhand relevanter Regenereignisse einstellenden Oberflächenbeschickungen etwa zwischen 2 und 10 m/h liegen werden. Dementsprechend schwankt auch der ereignisbezogene AFS-Rückhalt. Die untere Grenze liegt somit bei etwa 35 % Rückhalt, die obere bei etwa 65 %. Im Mittel sind somit etwa 50% AFS-Rückhalt zu erwarten, sofern die betrieblichen Bedingungen es zulassen.

7.1.4 Ableitung mittlerer Wirkungsgrade

Für den stofflichen Vergleich werden in Kap. 8.1 nicht alle Parameter betrachtet. Die Auswahl wurde beschränkt auf den AFS, CSB als Leitparameter für sauerstoffzehrende Inhaltsstoffe, MKW sowie Zink.

Für diese Parameter wurden die Rückhaltewerte nach Tabelle 75 festgelegt. Der günstigste Wert wurde jeweils vom Mittelwert des RKB Dianasee mit einer mittleren Oberflächenbeschickung von 1 m/h übernommen, der sich vermutlich mit einer geringen Oberflächenbeschickung einstellen kann. Der ungünstigste Wert wurde auf die Hälfte des günstigsten Wertes festgesetzt und der mittlere als Mittelwert aus beiden angegeben. Der Wert für Zink wurde heraufgesetzt, da der geringe Rückhalt in Dianasee auch durch ortsspezifische Randbedingungen bedingt sein könnte und andere Anlagen bessere Rückhaltewerte nachweisen konnten.

Tabelle 75: abgeleitete Rückhaltewirkung in Regenklärbecken in %

Parameter	AFS	CSB	MKW	Zink
min	31	28	38	25
max	62	55	77	50
mittel	46,5	41	57,5	37,5

Zu bedenken ist bei der Gesamtreinigungsleistung, dass durch die Begrenzung des Zuflusses zum Regenklärbecken auf eine kritische Regenspense von $r_{\text{krit}} = 15 \text{ l/(s*ha)}$ etwa 15% des Jahresniederschlagsabflussvolumens, hervorgerufen durch Regenereignisse mit $r > 15 \text{ l/(s*ha)}$, unbehandelt in die Gewässer eingeleitet werden [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2001], [Sommer, 2007]. Die oben genannten Rückhaltewirkungen müssen somit um diese Prozentzahl abgemindert werden (siehe Tabelle 76). Die im methodischen Vergleich zur stofflichen Wirksamkeit auf dieser Grundlage angesetzten Wirkungsgrade sind in Kapitel 8.1 dokumentiert.

Tabelle 76: abgeleitete Gesamtrückhaltewirkung von Regenklärbecken in % unter Einrechnung des Beckenüberlaufs

Parameter	AFS	CSB	MKW	Zink
min	26	23	32	21
max	53	47	65	43
mittel	40	35	49	32

Zwischenfazit.

Die ermittelten Wirkungsgrade stellen den zweiten Vergleichswert für den Nachweis der Vergleichbarkeit von zentralen RKB und dezentralen Behandlungsanlagen dar.

7.2 Bewertung der Leistungsfähigkeit von Retentionsbodenfiltern

7.2.1 Allgemeines

Bei weitergehenden gewässerseitigen Anforderungen werden immer häufiger Retentionsbodenfilter zur Regenwasserbehandlung angeordnet. Diese zentrale Behandlungsmöglichkeit wird seit ca. 15 Jahren in Deutschland angewendet. Da das Behandlungsprinzip auf der Filtration in Verbindung mit physikalisch-chemischen und biologischen Prozessen beruht, lassen sich sehr gute Wirkungsgrade bezogen auf den Parameter AFS und weitere feststoff-assoziierte Parameter erzielen. Darüber hinaus weisen Bodenfilter bei optimierter Betriebsführung (ausreichender Wechsel von Trocken- und Beschickungszeiten) sehr gute Reinigungsleistungen für einige gelöste Komponenten (z.B. Ammonium) auf.

Bei der Bemessung von Retentionsbodenfiltern können das vom MUNLV herausgegebene Handbuch sowie das Merkblatt der DWA M-178 herangezogen werden. In beiden Vorgaben werden Bodenfilter, unterschieden nach der Kanalisationsart (Misch- oder Trennsystem), über die sogenannte Stapelhöhe [m pro Jahr] dimensioniert (Tabelle 77).

Tabelle 77: Kenngrößen von Bemessung und Betrieb (Auswahl aus [Dittmer, 2006])

	MUNLV [2003]	DWA [2005]
Hydr. Flächenbelastung [m/a]	Mittel: 30 - 40 Max.: 50	Mittel: 40 Max.: 60
Filtergeschwindigkeit [m/s]	$1 \cdot 10^{-5}$ bis $3 \cdot 10^{-5}$	Normalfall: $2 \cdot 10^{-5}$ Ausnahme *): $1 \cdot 10^{-5}$
Filtersubstrat	Mittelsand	Mittelsand
Art und Dimensionierung der Vorstufe	empfohlen: DB mögl.: FB, SKU, RÜ Dimensionierung nach Stand der Technik	empfohlen: DB mit $e_0 \leq 55 \%$ möglich: FB ($e_0 \leq 50 \%$); SKU ($e_0 \leq 45 \%$)

*) bei Substrat mit zu hohem Über- oder Unterkornanteil

Des Weiteren sind Vorschläge für die Einstellung der Ablaufdrosselung vorgegeben, welche je nach gewässerspezifischen Problemen variiert. Ein weiteres Kernstück dieser Regelungen ist der Vorschlag zur Verwendung bestimmter Filtersubstrate, die einen festgelegten Korngrößenverteilungsbereich (Sieblinie) aufweisen sollen.

Bisher bestehen gebaute Retentionsbodenfilter aus einer Vorstufe und einer Filterstufe. Die Vorstufe hat das Ziel der Feststoffentfernung durch Sedimentation und wird vornehmlich als Regenüberlaufbecken bzw. Stauraumkanal im Mischsystem bzw. als Regenklärbecken im Trennsystem ausgebildet.

7.2.2 Vorliegende Erkenntnisse

Bezüglich der Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern sind bislang erst wenige Untersuchungen an großtechnischen Anlagen durchgeführt worden. Dazu wurden die Zu- und Abläufe von Filterpassagen - zum Teil als Mischproben über lange Zeiträume - beprobt. Im Vordergrund standen vor allem die herkömmlich in Abwassersystemen betrachteten Parameter (Stickstoffkomponenten, CSB u.a.) [SCHMITT et al., 2005].

Neben Versuchen an Großanlagen sind umfangreiche Untersuchungen im halbtechnischen Maßstab durch Lysimeter und im Labormaßstab mittels Säulen durchgeführt worden [Uhl und Jübner, 2004]; [Wozniak, 2007]). Im Vordergrund stand dabei die Erfassung der Reinigungsleistung in Abhängigkeit von der gewählten hydraulischen und stofflichen Belastung, der Drossel-einstellung sowie des gewählten Filtersubstrates.

Insgesamt sind bis zum jetzigen Zeitpunkt bundesweit diverse Messprogramme bei einigen Anlagenbetreibern und Forschungseinrichtungen durchgeführt worden. Sie behandeln verschiedene Fragestellungen (stofflicher Rückhalt, Kolmation, mikrobiologische Kennwerte), woraus sich teilweise völlig verschiedene Versuchsrandbedingungen ergeben.

Bei den verfügbaren Messprogrammen in der Großtechnik liegt ein Schwerpunkt auf Anlagen im Mischsystem. Bislang sind erst wenige Bodenfilter im Trennsystem vorwiegend im Berliner Raum untersucht worden. Vereinzelt sind auch Daten verfügbar zu Filteranlagen zur Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass diese bedeutende Unterschiede zu den Bodenfiltern zur Behandlung der Mischwasserentlastungen und Trenngebietsabflüsse aufweisen. So ist die Bemessungsgrundlage anders (keine Vorentlastung), was zu deutlich größeren Anlagen führt. Des Weiteren werden diese Anlagen oft mit Rasen bepflanzt und es findet oftmals eine abschließende Versickerung statt.

Bei den untersuchten Parametern sind die abwassertypischen Parameter dominant. Es werden häufig der AFS, der CSB und im Mischsystem das Ammonium gemessen. Je nach Fragestellung werden vereinzelt Phosphorkomponenten, Hygieneparameter und Schwermetalle erfasst. Zu den MKWs sind fast keine Daten verfügbar.

Alle Messprogramme weisen eine sehr unterschiedliche Datendichte und teilweise unvollständige Dokumentation auf. Die dokumentierten Wirkungsgrade beziehen sich vorwiegend auf die Gesamtanlage, also die Filterstufe und die Vorstufe. Im Trennsystem wird also die Reinigungsleistung des vorgeschalteten Regenklärbeckens mit berücksichtigt.

Die Ermittlung der Wirkungsgrade beruht auf verschiedenen Auswertmethoden. Manche Studien berücksichtigen die Konzentrationen, andere die Frachten. Einige Ergebnisse beziehen sich auf Ganglinien von Einzelereignissen, andere berechnen Jahresfrachten basierend auf mittleren Ereigniskonzentrationen.

Nachfolgend werden die in der Fachliteratur verfügbaren Daten zur Wirksamkeit von Retentionsbodenfiltern in Trennsystemen und sowie von Anlagen bei der Straßenentwässerung dargestellt (Tabelle 78).

Tabelle 78: Zusammenstellung Messprogramme (TRENNSYSTEME UND STRASSEN) zur Wirksamkeit von Retentionsbodenfiltern (Randbedingungen der Untersuchungen); k. A.: keine Angaben; WG: Wirkungsgrad

Trennsystem Örtlichkeit Kurz- bezeichnung	Vorstufe/ Substrat/ Bepflanzung	Filterfläche [m ²]/ Stapel- höhe [m/a]	Besonderheiten	Probennahme/ Auswertemo- dus	Untersuchungsjahr/ Zitat
NRW Alsdorf (ALSD-TS)	SKU Sand/Kies, Gras	88 [m ² / A _{E,b}] k.A. [m/a]	Weitere Anlagen im MS, ungedrosselt, geringe stoffliche Belastung		1996 [MUNLV, 2003]
Berlin Halensee (HAL-TS)	RKBoD Sand (P), Schilf	2.650 m ² ca. 30 [m/a]	Stadtautobahn, Badeseesee	Umfangreiches Messpro- gramm, ifs beauftragt von Ber- liner Wasserbetrieben	2009 [Kummelt, 2010]
Berlin Biesdorf (BIES-TS)	Sand (P), Schilf	16.000 m ²	Fremdwasser, Versuchsanlage Schilfanwuchsprobleme	Umfangreiches Messpro- gramm, ifs beauftragt von Ber- liner Wasserbetrieben	2006-2007 [Kummelt, 2010]
Berlin Adlershof (ADLER-TS)	RKBoD Sand (P), Schilf	5.900 m ² ca. 27 [m/a]	Bauminseln, neu erbautes Ge- biet mit Mischnutzung, neuer Baumbestand, Fremdwasser	Umfangreiches Messpro- gramm, ifs beauftragt von Ber- liner Wasserbetrieben	2006-2008 [Kummelt, 2010]
Bremen (BREM- TS)	RKB div. Sande, div. Pflanz.	k.A. k.A.	Gewerbegebiet, Filter im Dau- erstau	drei Jahre Messprogramm	1993-1995 [Osterkamp et al., 1999]
Köln BAB 4 (AB4- SA)	Abscheider Sand, Rasen	1.570 [m ²] 185 [m ² / A _{E,b}] 24,2 [m/a]	Vorstufe sehr groß (106 m ³ / A _{E,b}) → sehr geringe stoffliche Belastung, keine Drosselung	BAST Forschungsprojekt, Konz-WG sehr gering wegen geringer Zulaufbelastung	2006-2007 [ifs, Grotehusmann, 2009]
Berlin BAB 113 (AB113-SA)	Abscheider Sand, Schilf	506 [m ²] 300 [m ² / A _{E,b}] 8,7 [m/a]	Vorstufe sehr groß (75 m ³ / A _{E,b}) → sehr geringe stoffliche Belas- tung keine Drosselung	BAST Forschungsprojekt, Konz-WG sehr gering wegen geringer Zulaufbelastung	2006-2007 [ifs, Grotehusmann, 2009]

In nachfolgender Tabelle 79 werden die Daten zu publizierten Wirkungsgraden zusammengefasst. Ein Schwerpunkt liegt hierbei auf den ausgewählten Leitparametern AFS, CSB, Kupfer, Zink und MKW. Wenn weitere Parameter betrachtet wurden, sind diese gesondert aufgeführt. Dargestellt sind jeweils die mittleren angegebenen Wirkungsgrade in % ergänzt um - soweit verfügbar - eine Angabe zu min- und max-Werten.

Tabelle 79: Zusammenstellung der Zahlenwerte zur Wirksamkeit von Retentionsbodenfiltern (stoffliche Wirkungsgrade in %) aus Messprogrammen mit Niederschlagsabflüssen im Trennsystem bzw. mit Straßenabflüssen; Zahlen in Klammern sind min/ max Werte (Quellenangaben siehe Tabelle 78)

Trennsystem	AFS	CSB	Cu	Zn	MKW	Weitere Parameter
ALSD-TS	50	35	-	-	-	BSB: 50; Ammonium: 62; Phosphor
HAL-TS	> 95	> 95	> 95	> 95	-	BSB, Stickstoff- und Phosphorkomponenten
BIES-TS	> 90	> 90	-	-	-	BSB, Stickstoff- und Phosphorkomponenten
ADLER-TS	> 90	86	-	92	-	BSB, Stickstoff- und Phosphorkomponenten
BREM-TS	> 60	0-55	-	-	-	Blei: > 60
Straßen	AFS	CSB	Cu	Zn	MKW	Weitere Parameter
AB4-SA	> 79	-	-	52	-	Ammonium; Phosphor
AB113-SA	Zulauf < BG	63	-	68	-	Ammonium; Phosphor

1) aus online-Messung

2) Tendenz aus drei Ereignissen (Konz)

Die Ergebnisse der Tabelle 79 lassen sich wie folgt zusammenfassen. Bei Bodenfiltern zur Reinigung von Trenngebietsabflüssen und Verkehrsflächenabflüssen dominieren die Parameter AFS und CSB sowie im Berliner Raum die Phosphorverbindungen, da hier das Niederschlagswasser auch in stehende Gewässer eingeleitet wird.

Entsprechend der Filterwirkung von Retentionsbodenfiltern ist der Rückhalt für die Feststoffe (gemessen als AFS) durchweg hoch. Von wenigen Ausnahmen abgesehen werden Rückhalteleistungen bis zu 90 % berichtet.

Etwas anders sieht das Bild aus, wenn man den Rückhalt von CSB-Verbindungen betrachtet. Der Rückhalt von CSB-Substanzen kann zum einen über die Filtration der partikulären Anteile vom CSB und zum anderen über die Sorption gelöster CSB-Anteile an der Sedimentschicht erfolgen. Auch der biologische Abbau schon während der Beschickung wurde in einigen Untersuchungen nachgewiesen [Wozniak, 2007]. Dementsprechend ist der Rückhalt von CSB-Verbindungen von vielen Einflussfaktoren abhängig und entsprechend unterschiedlich bei den verschiedenen Anlagen. Grundsätzlich kann bei einem ordnungsgemäßen Betrieb (Sicherstellung Wechsel Trocken- und Beschickungsphasen) und einer gut eingefahrenen Anlage davon ausgegangen werden, dass der CSB- Rückhalt deutlich über 80 % liegt.

Die Datenlage zum Rückhalt von ausgewählten Schwermetallen ist wesentlich schlechter als bei AFS und CSB. Für Kupfer und Zink, die als relevant in Niederschlagsabflüssen gelten, existieren vereinzelte Untersuchungen. Da beide Elemente zu einem gewissen Anteil an Partikel assoziiert transportiert werden und ein biologischer Abbau nicht stattfindet, ist der Rückhalt vorwiegend durch den Partikelrückhalt bedingt.

Der Gehalt an MKW-Verbindungen wurde ebenfalls als relevant für die Bewertung der Belastungen von Niederschlagsabflüssen angenommen. MKW-Verbindungen werden dominant an Partikel assoziiert transportiert. Leider existieren keine Untersuchungen zum Rückhalt dieser Verbindungsklasse in Bodenfiltern. Deshalb wird aufgrund von theoretischen Überlegungen davon ausgegangen, dass der Rückhalt an MKW weitgehend dem Rückhalt an AFS entspricht. Daher wird ein MKW-Rückhalt in Bodenfiltern im Bereich des Wirkungsgrades bei AFS vorgeschlagen.

Die im methodischen Vergleich zur stofflichen Wirksamkeit auf dieser Grundlage angesetzten Wirkungsgrade für Retentionsbodenfilter sind in Kapitel 8.1 dokumentiert.

Zwischenfazit:

Insgesamt wird damit deutlich, dass Retentionsbodenfilter als zentrale Behandlungsanlagen für Niederschlagabflüsse sehr gute Reinigungsleistungen für viele maßgebende Parameter aufweisen. Wegen des Platzbedarfes bei Ausführung entsprechend der genannten Regelwerke (DWA-M 178 und Handbuch MKULNV-NRW) kommen Retentionsbodenfilter in Deutschland bislang vorrangig dann zum Einsatz, wenn aufgrund gewässerseitiger Vorgaben eine weitergehende Behandlung nötig ist.

7.2.3 Pilotanlagen „Regenwasserbehandlung naturnaher Bauart“

In Pilotvorhaben der Wassergewinnungs- und –aufbereitungsgesellschaft Nordeifel mbH im Regierungsbezirk Köln wurden zur Sicherung der Trinkwassergewinnung aus Talsperren zwei „Regenwasserbehandlungsanlagen naturnaher Bauart“ an Einleitungsstellen von Regenwasserkanälen in Fließgewässer errichtet. Dabei handelt es sich bei der Anlage Paustenbach, Heppenbach um einen vertikal durchflossenen Bodenfilter mit vorgeschalteter Sedimentationsanlage. Die Anlage Simmerath, Fischbach wurde als horizontal durchflossener Filtergraben wiederum mit vorgeschalteter Sedimentationsstufe und zusätzlich einem Retentionsbecken ausgeführt. Bei beiden Anlagen wurden im Ablauf eine sehr geringe Keimbelastung und geringe Verschmutzungskonzentrationen mit deutlicher Reduzierung erhöhter Zulaufkonzentrationen festgestellt. Gemessen wurden die Parameter TOC, Ammonium, Nitrat und Nitrit sowie Phosphor.

Bodenfilter der beschriebenen naturnahen Gestaltung können als kostengünstige Alternative zur Anwendung im ländlichen Raum bei gegebenem Behandlungserfordernis angesehen werden. Für beide Anlagen werden Kosten als Bruttobaukosten zwischen 90.000 € und 120.000 € pro Hektar angeschlossener befestigter Fläche genannt.

Die Anlagen sind mit dem durchgeführten Messprogramm in einem Projektbericht umfassend beschrieben:

Regenwasserbehandlung im Trennsystem im Einzugsgebiet der WAG/Nordeifel GmbH – Regenwasserbehandlungsanlagen naturnaher Bauart, Abschlussbericht zum Pilotbetrieb 2001-2004, Björnsen Beratende Ingenieure, Koblenz, Dezember 2004.

8 VERGLEICHBARKEIT DER ZENTRALEN UND DEZENTRALEN BEHANDLUNG GEMÄSS TRENNERLASS

8.1 Vergleichbarkeit der stofflichen Leistungsfähigkeit

8.1.1 Allgemeines

Ziel des vorliegend beschriebenen Forschungsvorhabens liegt im Nachweis der Vergleichbarkeit von dezentralen und zentralen Maßnahmen der Niederschlagswasserbehandlung. Die Vergleichbarkeit ist dabei anhand der beiden Aspekte „Stoffliche Leistungsfähigkeit“, gleichbedeutend mit der Wirksamkeit des Schadstoffrückhalts, und „dauerhafte Betriebsicherheit“ nachzuweisen. Im vorliegenden Abschnitt werden der methodische Ansatz und die Vorgehensweise zum Vergleich der Wirksamkeit des Stoffrückhalts dezentraler Anlagen zur zentralen Niederschlagswasserbehandlung per Regenklärbecken (RKBoD) beschrieben und anhand konkreter, ausgewählter Beispielgebiete angewendet und bilanziert. Es erfolgt abschließend eine Zusammenfassung der Erkenntnisse, die eine Gesamtbewertung der Ergebnisse und Stoffbilanzen beinhaltet.

8.1.1.1 Grundsätze der Regenwasserbehandlung gem. Trennerlass

Am 26.05.2004 wurde vom MUNLV für NRW der Runderlass „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung in Trenngebieten“ [MUNLV 2004] eingeführt. Dieser sog. „Trennerlass“ definiert Anforderungen zur Schadstoffminderung bei der Niederschlagsentwässerung über öffentliche und private Kanalisationen im Trennverfahren vor Einleitung ins Gewässer auf Grundlage des §57 (1) LWG [MUNLV 1995] und die damit verbundenen Grundsätze zur Behandlungsbedürftigkeit von Niederschlagswasser.

Es wird eine dreistufige Kategorisierung der Behandlungsbedürftigkeit anhand von Herkunftsflächen wie folgt vorgenommen (Anlage 1 Trennerlass, [MUNLV 2004]):

- Kategorie I: Unbelastetes (unverschmutztes) Niederschlagswasser
- Kategorie II: Schwach belastetes (gering verschmutztes) Niederschlagswasser
- Kategorie III: Stark belastetes (verschmutztes) Niederschlagswasser

Während Oberflächenabflüsse von Flächen der Kategorie I grundsätzlich ohne Vorbehandlung in Gewässer eingeleitet werden dürfen, besteht für Niederschlagswasser der Kategorien II und III vor Einleitung in ein Oberflächenwasser oder das Grundwasser ein grundsätzliches Behandlungserfordernis. Die Art der Behandlung ist in Anlage 2 des Trennerlasses [MUNLV 2004] geregelt.

In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten kann gemäß Anlage 3 des Trennerlasses [MUNLV 2004] die Niederschlagswasserbehandlung (NWB) zentral, semizentral oder dezentral (auch in Kombination) erfolgen, wobei die

Behandlungspriorität „dezentral vor semizentral vor zentral“ formuliert ist. Insbesondere für schwach belastetes Niederschlagswasser der Kategorie II kann im Einzelfall von einer zentralen Behandlung abgesehen werden, wenn aufgrund der Flächennutzung mit nur einer unerheblichen Belastung durch sauerstoffzehrende Substanzen und Nährstoffe und einer geringen Belastung durch Schwermetalle und organische Schadstoffe gerechnet werden muss oder wenn eine „vergleichbare dezentrale Behandlung“ erfolgt.

Als zentrale Maßnahmen der Niederschlagswasserbehandlung benennt der Trennerlass [MUNLV 2004] explizit den Einsatz von Regenklärbecken mit Dauerstau (RKBmD) und ohne Dauerstau (RKBoD) sowie Retentionsbodenfiltern (RBF). Dezentrale Maßnahmen sind nicht explizit erwähnt.

8.1.1.2 Ergänzende Festlegungen und Vorgaben

Für den Vergleich der stofflichen Leistungsfähigkeit wurden als zentrale Behandlungsanlagen „Regenklärbecken ohne Dauerstau“, mit unterstellter Entleerung über die Schmutzwasserkanalisation und Behandlung in der Kläranlage und „Retentionsbodenfilter“ betrachtet. Regenklärbecken mit Dauerstau wurden aufgrund überwiegend negativer Bewertungen des Stoffaustrages in der Ereignisabfolge nicht betrachtet. Die mögliche Behandlungskette „RKB + RBF“ wurde als Sonderanwendung ebenfalls nicht in den Vergleich einbezogen.

Die für NRW landesweit abgestimmte Methodik zur weitergehenden Differenzierung bei der Kategorisierung von Verkehrsflächen je nach Verkehrsbelastung (DTV) in die Kategorien Ia und Ib (zitiert aus [FELDDHAUS, 2009]) wird im Vergleich dahingehend berücksichtigt, dass Flächen der Kategorie Ia hinsichtlich Stoffaufkommen und Behandlungsbedürfnis der Kategorie I zugeordnet werden; Flächen der Kategorie Ib entsprechend der Kategorie II. Dies wird im Einzelnen in Kapitel 8.1.3 beschrieben.

8.1.2 Vorgehensweise und methodischer Ansatz

8.1.2.1 Allgemeines

Der wesentliche Ansatz der hier vorgestellten Methodik besteht aus einer vergleichenden Bilanzierung der in ein Einzugsgebiet eingetragenen und nach zentraler oder dezentraler Niederschlagswasserbehandlung ins Gewässer ausgetragenen Schmutzstofffrachten. Die Bilanzierung erfolgt auf der Basis von Jahreswerten, ausgehend von einem vorgegebenen flächenspezifischen Niederschlagsabflussvolumen, exemplarisch für die Stoffparameter

- Abfiltrierbare Stoffe (AFS)
- Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)
- Mineralische Kohlenwasserstoffe (MKW)
- Schwermetall Zink (Zn)

Der Parameter CSB wird in den methodischen Vergleich der stofflichen Wirksamkeit von Behandlungsanlagen einbezogen, um diesbezügliche Aussagen auch zum Verhalten organischer, sauerstoffzehrender Verschmutzungen im

Niederschlagsabfluss einzelner Herkunftsflächen zu erhalten. Die Fokussierung auf Straßenabflüsse bei den Labor- und in situ Prüfungen wird hier etwas aufgeweitet.

Eine ausführliche Beschreibung der o. g. Schmutzstoffparameter und deren Stoffaufkommen ist Kapitel 4 zu entnehmen. Die für den Vergleich angesetzten Konzentrationswerte sind im Kapitel 8.1.3 dokumentiert.

Der durchgeführte Wirksamkeitsvergleich berücksichtigt neben der stofflichen Leistungsfähigkeit (Wirksamkeit des Stoffrückhalts) auch die hydraulische Leistungsfähigkeit, soweit je nach Anlagentyp eine planmäßige Begrenzung der Zuflussgröße, z.B. entsprechend einer kritischen Regenspende, zu beachten ist. Dies gilt entsprechend auch für Regenklärbecken, bei denen üblicherweise der den kritischen Niederschlagsabfluss übersteigende Zufluss am Becken vorbei direkt zum Gewässer geführt wird. Die angesetzte stoffliche Wirksamkeit beschränkt sich entsprechend auf das über die Behandlungsanlage geführte Volumen.

Wesentliches Merkmal der zentralen Regenwasserbehandlung, z. B. in Form eines Regenklärbeckens ohne Dauerstau (im Folgenden verkürzt als RKB bezeichnet), ist die fehlende Differenzierung der angeschlossenen Flächen bezüglich Belastungskategorien aufgrund der ‚End-of-pipe‘-Anordnung der Behandlungsanlage. Naturgemäß werden hier die Niederschlagswasserabflüsse aller Kategorien über die Regenwasserkanalisation der zentralen Behandlungsanlage zugeführt. Entsprechend erfolgt die Behandlung des gesamten Niederschlagsabflusses vor Einleitung in das Gewässer mit dem vorgegebenen Gesamtwirkungsgrad η_z der zentralen Anlage (vgl. Abbildung 65). Dabei sind Abflüsse von Flächen der Belastungskategorie III der Kläranlage oder einer vergleichbaren Behandlung zuzuführen.

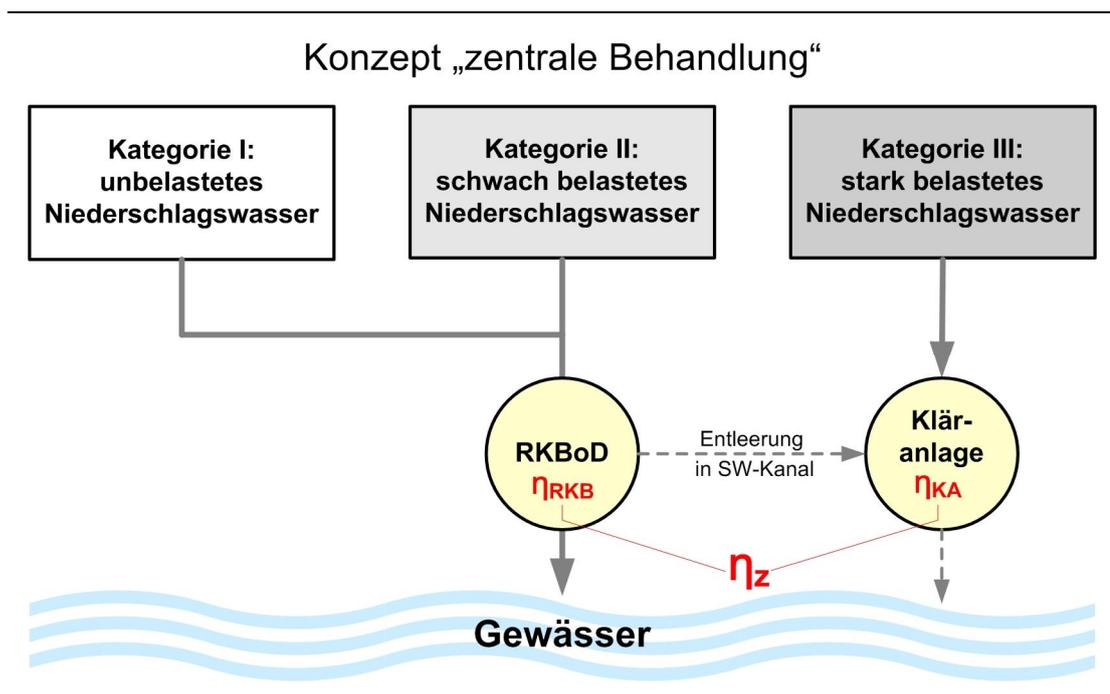


Abbildung 65: Prinzipskizze zur zentralen Niederschlagswasserbehandlung

Demgegenüber ermöglicht die dezentrale Behandlung eine Differenzierung nach der Kategorisierung der Herkunftsflächen und damit eine auf die Behandlungsbedürftigkeit des Niederschlagswassers abgestimmte Behandlung. Damit können innerhalb eines Einzugsgebietes je nach Art der Fläche und erwarteter Verschmutzung bzw. je nach erforderlichem Stoffrückhalt unterschiedliche Anlagentypen Anwendung finden.

Abbildung 66 zeigt als Schema das Prinzip der dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser im methodischen Vergleich. Die Abflüsse der Kategorie I werden ohne Behandlung und ohne Reduzierung der Stofffrachten direkt dem Gewässer zugeführt. Die Abflüsse von Flächen der Kategorien II und III werden – ggf. in unterschiedlichen Teilströmen - dezentralen Behandlungsanlagen mit unterschiedlichen Wirkungsgraden $\eta_{\text{dez},i}$ bis $\eta_{\text{dez},j}$ zugeführt. Dabei muss für Abflüsse von Flächen der Belastungskategorie III eine Behandlung erfolgen, die einer Zuführung und Mitbehandlung in der Kläranlage vergleichbar ist.

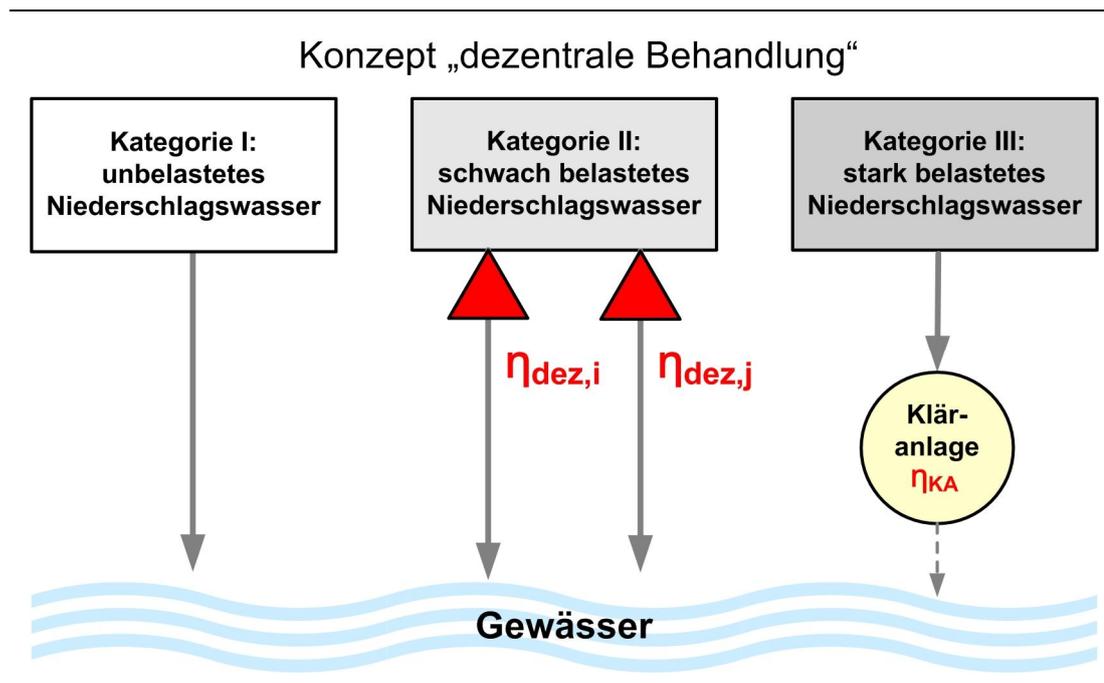


Abbildung 66: Prinzipskizze zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung

8.1.2.2 Schmutzstoffaufkommen und Stoffabtrag

Der methodische Wirksamkeitsvergleich wird an mehreren, sowohl fiktiven als auch repräsentativen realen Teilgebieten als Frachtbilanzierung durchgeführt (vgl. Kapitel 8.1.5). Die ausgewählten Beispielgebiete setzen sich aus unterschiedlichen Herkunftsflächen zusammen, die jeweils nach den Vorgaben des Trennerlasses zu kategorisieren sind. Je nach Flächenart und resultierender Belastungskategorie ergeben sich unterschiedliche Festlegungen zum Stoffaufkommen über die Konzentrationswerte der ausgewählten Parameter. Zur Frachtbilanzierung wird das Schmutzstoffaufkommen der Teilflächen über das Jahresniederschlagsabflussvolumen VQ_r ermittelt, berechnet als:

$$VQ_r = A_U \cdot h_{N,a} \cdot 10 = \sum (A_{E,b,i} \cdot \Psi_{m,i}) \cdot h_{N,a} \cdot 10$$

Darin bedeuten:

VQ_r Jahresniederschlagsabflussvolumen in [m³/a]

A_U undurchlässige / abflusswirksame Fläche in [ha]

$h_{N,a}$ mittlere Jahresniederschlagshöhe [mm/a]; für Köln: 798 mm/a

$A_{E,b,i}$ befestigte Fläche in [ha]; Herkunftsfläche i

$\Psi_{m,i}$ mittlerer Abflussbeiwert [-] nach DWA-M 153; Herkunftsfläche i

Anmerkung: Die Berechnung von A_U erfolgt im Sinne des Merkblatts DWA-M 153 [DWA, 2007] unter Vernachlässigung eines möglichen Abflussbeitrags nicht befestigter Flächen.

Über das Produkt von Jahresniederschlagsabflussvolumen und Schmutzstoffkonzentration lassen sich dann für jeden Stoffparameter X fiktive Jahresfrachten als resultierender Stoffabtrag B_X ermitteln:

$$B_{X,a} = \sum B_{X,a,i} = \sum (A_{E,b,i} * \Psi_{m,i} * C_{X,i}) * h_{N,a} * 10$$

Darin bedeuten:

$B_{X,a}$ Jahresschmutzfracht (Stoffabtrag) für Parameter X in [kg/a]; Gesamtgebiet

$B_{X,a,i}$ Jahresschmutzfracht (Stoffabtrag) für Parameter X in [kg/a]; Herkunftsfläche i

$C_{X,i}$ Schmutzstoffkonzentration für Parameter X [g/l bzw. kg/m³]; Herkunftsfläche i

Je nach Parameter können die Fracht- und Konzentrationswerte auch in der nächst kleineren Einheit angegeben sein!

8.1.2.3 Wirkungsgrade der zentralen Niederschlagswasserbehandlung

Für die Vergleichsvariante „zentrale Niederschlagswasserbehandlung“ erfolgt die Festlegung eines für den Gesamtzufluss maßgebenden Gesamtwirkungsgrades η_z . Betrachtet werden, wie oben ausgeführt, Regenklärbecken (RKB) und Retentionsbodenfilter (RBF). Einzelheiten zur Funktionsweise und konstruktiven Ausbildung eines RKBoD sind in Kapitel 7 beschrieben. Die dort aus der Literaturrecherche abgeleiteten Zahlenwerte zur Wirksamkeit wurden für die Festlegung der stoffspezifischen Wirkungsgrade herangezogen (vgl. Kapitel 7.1.4).

Die Festlegung der Gesamtwirkungsgrade η_z der zentralen Behandlungsanlage ist entsprechend der oben ausgewiesenen Streubreite gemessener Wirksamkeiten mit großen Unsicherheiten verbunden, da in der Realität jede Anlage unterschiedlichen Randbedingungen unterliegt und eine Vielzahl von Einflussfaktoren die Reinigungsleistung der Anlage bestimmen (siehe hierzu auch Kapitel 7.1.3). Dies gilt in ähnlicher Weise auch für die Wirksamkeit dezentraler Anlagen. Die genannten Unsicherheiten in den getroffenen Annahmen zum Stoffaufkommen und Stoffrückhalt werden deshalb hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Ergebnisse des methodischen Vergleichs im Rahmen einer Sensitivitätsbetrachtung (vgl. Kapitel 8.1.4.2 bis 8.1.4.5) verifiziert.

Bei der Bilanzierung der nach zentraler Behandlung ins Gewässer ausgetragenen Schmutzstofffracht $B_{X,e,z}$ sind drei Anteile des Jahresniederschlagsabflussvolumens VQ_r zu berücksichtigen:

1. $VQ_{B\ddot{U}}$ Volumenanteil Jahresniederschlagsabfluss über Beckenüberlauf

Der Jahresabflussanteil $VQ_{B\ddot{U}}$ umfasst alle Beckenzuflüsse, die den Bemessungszufluss $Q_{r,krit}$ der zentralen Anlage überschreiten. Dies sind in der Regel alle Niederschlagsereignisse mit Regenspenden oberhalb der kritischen Regenspende, üblicherweise $r_{krit} = 15 \text{ l/(s*ha)}$ (siehe auch Kapitel 7.1.2).

Die Größe dieses Anteils $VQ_{B\ddot{U}}$ hängt mit der Jahresniederschlagsverteilung im Untersuchungsgebiet zusammen und ist insoweit eine ortsspezifische Grö-

ße. Eigene Untersuchungen mit Langzeitsimulation mehrerer langjähriger Regenreihen unterschiedlicher Gebiete haben gezeigt, dass der Abflussvolumenanteil der Regenereignisse $> r_{\text{krit}}$ ($VQ_{\text{BÜ}}$) im langjährigen Mittel zwischen minimal 10 % und maximal 20 % des Jahresabflusses liegt. Für den methodischen Vergleich wurde als **repräsentativer Wert 15 %** angesetzt.

Die von diesem Volumenanteil transportierte Schmutzfracht erfährt keinen Stoffrückhalt am RKB und wird demnach in vollem Umfang ins Gewässer eingetragen.

2. $VQ_{\text{KÜ}}$ Abflussvolumen des Klärüberlaufs nach Beckenvollfüllung

Entsprechend dem o. g. Entlastungsanteil des Beckenüberlaufs $VQ_{\text{BÜ}}$ werden im Jahresmittel zwischen 80 % und 90 % (gewählt: 85 %) des Jahresabflusses VQ_r in der zentralen Anlage einer Niederschlagswasserbehandlung unterzogen. Im Falle eines RKBs erfolgt dies mittels Sedimentation und Leichtstoffrückhalt. Bei der Betriebsweise des Regenklärbeckens ohne Dauerstau erfolgt eine Entleerung des Speichervolumens nach Regenende über den Schmutzwasserkanal in Richtung Kläranlage, sodass nicht das komplette Beschickungsvolumen des RKB über den Klärüberlauf ins Gewässer gelangt. Der bei der Beckenentleerung zur Kläranlage geführte Volumenanteil ist seinerseits gebiets- und bauwerksspezifisch unterschiedlich. Die vorgenannten eigenen Untersuchungen beziffern diesen Volumenanteil auf 15 % bis 25 % des Jahresniederschlagsabflusses. Damit werden zwischen **60 % und 70 % von VQ_r** über den Klärüberlauf ins Gewässer geführt.

3. $VQ_{\text{KÜ}}$ Volumen der RKB-Entleerung nach Regenende in Richtung der Kläranlage

Als dritte Komponente des gesamten Jahresniederschlagsabflussvolumens VQ_r wird ein Volumenanteil von **ca. 15 % bis 25 %** im Zuge der RKB-Entleerung nach Regenende über den Schmutzwasserkanal der Kläranlage zugeführt und dort entsprechend mechanisch-biologisch gereinigt. Für den dabei resultierenden niederschlagsbedingten Stoffaustrag ist somit der Wirkungsgrad der Kläranlage maßgebend.

Für den methodischen Vergleich der stofflichen Leistungsfähigkeit wurden für Regenklärbecken Wirkungsgrade η_{RKB} angesetzt, die gegenüber der Wirksamkeit bezogen auf den Klärüberlauf entsprechend dem erwarteten Anteil des Beckenüberlaufes (ohne Behandlung) um ca. 15 % abgemindert wurden und damit als summarische Wirkungsgrade für beide RKB-Entlastungsvolumina $VQ_{\text{BÜ}} + VQ_{\text{KÜ}}$ zu verstehen sind.

Damit kann der Schmutzstoffaustrag des Regenklärbeckens ins Gewässer wie folgt berechnet werden:

$$B_{X,e,RKB} = (VQ_{BÜ} + VQ_{KÜ}) / VQ_r * B_{X,a} * (1 - \eta_{RKB})$$

Darin bedeuten:

$B_{X,e,RKB}$ Jahresemissionsfracht (Stoffaustrag) des RKB ins Gewässer für Parameter X in [kg/a]; Gesamtgebiet

$B_{X,a}$ Jahresschmutzfracht (Stoffabtrag) für Parameter X in [kg/a]; Gesamtgebiet

η_{RKB} Wirkungsgrad des Regenklärbeckens [-]

Unter Vernachlässigung des beim RKB durch die Beckenentleerung über den Kläranlagenablauf auftretenden Stoffaustrages $B_{X,e,KA}$ – aufgrund der dortigen hohen Wirkungsgrade i.d.R. in geringer Höhe – sowie allgemein für die Behandlungsanlage „Retentionsbodenfilter“ berechnet sich der Stoffaustrag bei der Variante „zentrale Behandlung“ mit $VQ_{BÜ} + VQ_{KÜ} = VQ_r$ in Vereinfachung wie folgt:

$$B_{X,e,z} = B_{X,e,RKB} = B_{X,a} * (1 - \eta_{RKB})$$

In diesem Fall entspricht η_{RKB} dem Gesamtwirkungsgrad η_z der zentralen Behandlung (siehe Abbildung 65) bezogen auf das betrachtete Einzugsgebiet.

Bei detaillierter Betrachtung, also mit gesonderter Berücksichtigung der Beckenentleerung nach Regenende in Richtung Kläranlage (vgl. Kapitel 8.1.4.5), ist der über den Kläranlagenablauf emittierte Stoffaustrag $B_{X,e,KA}$ bei der Gesamtemission mit zu bilanzieren:

$$B_{X,e,z} = B_{X,e,RKB} + B_{X,e,KA} \quad \text{mit:}$$

$$B_{X,e,KA} = VQ_{KA} * C_{X,KA} \quad [* \text{ Umrechnungsfaktor}]$$

Darin bedeuten:

$B_{X,e,z}$ Jahresemissionsfracht (Stoffaustrag) ins Gewässer nach zentraler Behandlung für Parameter X in [kg/a]; Gesamtgebiet

$B_{X,e,KA}$ niederschlagsbedingte Jahresemissionsfracht (Stoffaustrag) des Kläranlagenablaufs für Parameter X in [kg/a]; Gesamtgebiet

VQ_{KA} Abflussvolumen der RKB-Entleerung nach Regenende in Richtung Kläranlage

$C_{X,KA}$ Schmutzstoffkonzentration des Kläranlagenablaufs für Parameter X [mg/l] bzw. [µg/l] Tabelle 82

Der Gesamtwirkungsgrad der zentralen Regenwasserbehandlung berechnet sich dann zu:

$$\eta_z = 1 - B_{X,e,z} / B_{X,a} \quad \text{mit: } B_{X,e,z} = B_{X,e,RKB} + B_{X,e,KA}$$

8.1.2.4 Wirkungsgrade der dezentralen Niederschlagswasserbehandlung

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurde insgesamt ein breites Spektrum unterschiedlicher dezentraler Behandlungsanlagen betrachtet. Für den methodischen Vergleich mit zentralen Behandlungsanlagen wurden in Abstimmung mit den Projektbeteiligten (Sitzung des Lenkungskreises am 25.08.2009) drei Anlagentypen ausgewählt, die hinsichtlich ihrer möglichen Anwendungsbereiche und Wirksamkeiten die relevante Bandbreite dezentraler Behandlungsanlagen repräsentieren.

- (1) Geotextil-Filtersack, Fa. Schreck
- (2) INNOLET Filterpatrone, Funke Gruppe GmbH
- (3) 3P Hydrosystem, 3P Technik Filtersysteme GmbH

Insoweit sind die nachfolgenden Ergebnisse des methodischen Vergleichs weniger auf die einzelne, herstellerbezogene Anlage zu beziehen. Sie sind vielmehr als Bewertung eines Anlagentyps bzw. einer Anlagengruppe mit entsprechender Funktions- und Wirkungsweise, Belastungscharakteristik und Wirksamkeit zu verstehen.

Filtersack und INNOLET-Filterpatrone repräsentieren Anlagen, die unmittelbar und ohne größere Baumaßnahmen in Straßeneinläufe eingesetzt werden, während das 3P Hydrosystem ein größeres Bauvolumen in Form eines eigenen Schachtbauwerkes erfordert. Die Einzugsgebietsgröße entspricht bei Anlagentyp (1) und (2) der eines Straßenablaufes, in der Straßenentwässerung typischerweise ca. 400 m². Für das 3P Hydrosystem existieren unterschiedliche Baugrößen mit Einzugsgebieten zwischen 100 und 500 m².

Die Anlagen sind hinsichtlich ihrer baulichen Gestaltung, ihrer Wirkmechanismen und möglichen Wirksamkeit sowie ihres Einsatzbereiches in Kapitel 3 ausführlich beschrieben.

Für die INNOLET-Filterpatrone gibt der Hersteller eine Zuflussbegrenzung auf den kritischen Niederschlagsabfluss an, sodass hier die Ausgangswerte der Wirksamkeit wie für RKB beschrieben zu einem für das Jahresabflussvolumen maßgebenden Wirkungsgrad abgemindert wurden. Für die Anlagentypen (1) und (3) wurde eine Behandlung des gesamten Abflussspektrums in der Anlage unterstellt.

Entsprechend der Systematik dezentraler Behandlung in Abbildung 66 berechnet sich der resultierende Stoffaustrag für ggf. unterschiedliche dezentrale Anlagen innerhalb des Einzugsgebietes wie folgt:

$$B_{X,e,dez} = B_{X,a,Kat.I} + B_{X,a,i} \cdot (1-\eta_{dez,i}) + B_{X,a,j} \cdot (1-\eta_{dez,j}) + B_{X,a,k} \cdot (1-\eta_{dez,k})$$

Darin bedeuten:

$B_{X,e,dez}$ Jahresemissionsfracht (Stoffaustrag) ins Gewässer nach dezentraler Behandlung für Parameter X in [kg/a]; Gesamtgebiet

$B_{X,a,Kat.I}$ Jahresschmutzfracht (Stoffabtrag) für Parameter X in [kg/a]; Flächenkategorie I (ohne Behandlung)

$B_{X,a,i}$ Jahresschmutzfracht (Stoffabtrag) für Parameter X in [kg/a]; behandlungsbedürftige Teilfläche und dezentrale Anlage i

$\eta_{dez,i}$ anlagenbezogener Wirkungsgrad (Parameter X), dezentrale Anlage i

Daraus berechnet sich der **Gesamtwirkungsgrad der dezentralen Regenwasserbehandlung** für das betrachtete Einzugsgebiet zu

$$\eta_{dez} = 1 - B_{X,e,dez} / \sum B_{X,a,i}$$

Der so resultierende Wert η_{dez} ist als Gesamtwirkungsgrad der dezentralen Regenwasserbehandlung dem Wert der zentralen Einzelanlage gegenüberzustellen.

8.1.3 Randbedingungen und Eingangsparameter des Vergleichs

a) Auswahl von Modellgebieten

Die Methodik des Wirksamkeitsvergleichs von zentralen und dezentralen Behandlungsanlagen wird zunächst anhand von vier ausgewählten Modellgebieten durchgeführt. Dabei handelt es sich um drei reale und ein fiktives Einzugsgebiet(e), die jeweils im Trennverfahren entwässert werden und unterschiedliche Flächenanteile der Belastungskategorien I bis III aufweisen. Damit soll zum einen die Methodik des Vergleichs getestet und illustriert werden. Zum anderen dient die beispielhafte Anwendung auf unterschiedliche Ausgangssituationen der Prüfung auf Plausibilität und Verifizierung getroffener Annahmen und Vorgaben zum Stoffaufkommen sowie zur Wirksamkeit der Behandlungsanlagen, auch im Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Stoffparameter untereinander. Flächenanteile der Belastungskategorie III sind nur in einem Fall als Metalldachflächen in geringem Umfang vorhanden. Sie werden deshalb bezüglich einer der Kläranlage vergleichbaren Behandlung nicht gesondert ausgewiesen.

Die untersuchten Modellgebiete werden in Kapitel 6.2 näher charakterisiert.

b) Belastungskategorien IIa und IIb

Die den Eingangsdaten zugrundeliegende Kategorisierung von Verkehrsflächen orientiert sich an der behördeninternen Vorgehensweise der Bezirksregierung Köln (zitiert aus [FELDHAUS, 2009]). Dabei wird eine praxisbezogene Konkretisierung der im Trennerlass unter Abschnitt 2.2 formulierten Ausnahmeregelung für schwach belastetes Niederschlagswasser der Kategorie II, wie dies für „schwachen bzw. geringen Kfz-Verkehr“ zutrifft, vorgenommen. Die Vorgehensweise ist in [Feldhaus 2009] beschrieben. Sie besteht aus einer weiteren Differenzierung der Kategorie II in die Unterkategorien IIa (ohne Behandlung) und IIb (mit Behandlung) anhand der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke DTV [Kfz/d] wie folgt:

ohne Verkehrsbelastung	→ Kategorie I
DTV bis 300 Kfz / Tag	→ Kategorie IIa → keine Behandlung
DTV 300 ... 2.000 Kfz/Tag	→ Einzelfallbetrachtung: → Zuordnung IIa oder IIb
DTV > 2.000 Kfz / Tag	→ Kategorie IIb → Behandlung obligatorisch
DTV > 15.000 Kfz / Tag	→ Kategorie III → mech.-bio. Behandlung

Direkt an Straßen der Kategorie IIa, IIb oder III angrenzende Geh- und Radwege werden der gleichen Kategorie wie die Straße selbst zugeordnet.

Im methodischen Vergleich wird Kategorie IIa wie Kategorie I bilanziert, Kategorie IIb wie Kategorie II zugeordnet und bilanziert.

c) Zahlenwerte zum Stoffaufkommen in den Belastungskategorien

Für den methodischen Vergleich zentraler und dezentraler Behandlungsanlagen müssen Zahlenwerte zum Stoffaufkommen für die vier ausgewählten Stoffparameter differenziert nach Belastungskategorien – und ggf. nach unterschiedlichen Flächenarten – vorgegeben werden. Die hierfür vorgenommenen Festlegungen orientieren sich zum einen an der voranstehend beschriebenen umfangreichen Literaturrecherche (siehe Kapitel 4). Zum anderen wurden unter Berücksichtigung der großen Spannweiten unterschiedlicher Literaturwerte bewusst grobe Abstufungen der Konzentrationswerte nach pragmatischen Gesichtspunkten vorgenommen. Insbesondere wurde in den Kategorien II und III eine für alle vier Stoffparameter gleichartige Abstufung der Konzentrationswerte vorgegeben, obwohl sich diese nicht durch Untersuchungsergebnisse aus der Literatur belegen lässt. Insgesamt wird mit den Vergleichsrechnungen kein Anspruch auf Richtigkeit oder „Wahrheit“ der resultierenden Frachtwerte erhoben. Vielmehr soll mit den gewählten Zahlenwerten die methodische Richtigkeit der durchgeführten Vergleichsrechnungen gestützt und sichergestellt werden.

Die in Tabelle 80 ausgewiesenen Zahlenwerte wurden in mehreren Sitzungen des Lenkungskreises erörtert und in der Sitzung am 11.03.2010 abgestimmt.

Tabelle 80: Gewählte Flächentypen, -kategorien und Schmutzstoffkonzentrationen für den methodischen Vergleich

Herkunftsflächen / Belastungskategorie	AFS [mg/l]	CSB [mg/l]	MKW [mg/l]	Zn [µg/l]
Flächen allgemein – Kategorien I und II				
Kategorie I	50	50	0,7	220
Kategorie II	200	100	1,0	440
Verkehrsflächen, Kategorien IIa, IIb, III				
Kategorie IIa	50	50	0,7	220
Kategorie IIb	200	100	1,0	440
Kategorie III (DTV > 15.000)	300	150	1,5	660
Sonderflächen - Kategorie III				
Metалldach	50	50	0,7	6.000
landwirtschaftliche Nutzung	300	150	1,5	660
weitere Flächen der Kategorie III Einzelfallbetrachtung, z.B. Flugplatz CSB bis 30.000 mg/l bei Enteisung oder erhöhtes MKW-Aufkommen bei Start- und Landebahnen, Flächen, auf denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird → für diese Studie: Anschluss an Schmutzwasserkanal				

d) Vorgabe von Wirkungsgraden als Maß der Wirksamkeit der Behandlungsanlagen

Die im Rahmen dieses Vergleichs angesetzten Gesamtwirkungsgrade sind als mittlere Wirkungsgrade im Jahreszeitraum zu verstehen und wurden im Rahmen einer umfangreichen Recherche von Literatur- und Herstellerangaben von tectraa, TU KL ermittelt; siehe dazu die Ausführungen in voranstehenden Kapiteln. Um auch hier die erheblichen Unsicherheiten bei der zahlenmäßigen Festlegung von Wirkungsgraden zu illustrieren, wurde nach Diskussion und Abstimmung mit den Projektbeteiligten im Lenkungskreis festgelegt, die Zahlenwerte auf 5 % - Abstufungen gerundet gemäß Tabelle 81 anzusetzen.

Tabelle 81: Gewählte Wirkungsgrade η_{dez} und η_{z} der betrachteten Behandlungsanlagen für den methodischen Vergleich

Fabrikat / Hersteller	Anwendungsbereich	AFS	CSB	MKW	Zink
Dezentrale Behandlungsanlagen mit Wirkungsgrad η_{dez}					
3P Hydrosystem, 3P Technik Filtersysteme GmbH	Dachflächen	0,90	0,70	0,90	0,85
Geotextil-Filtersack Fa. Schreck	Verkehrs- und Hofflächen	0,80	0,65	0,80	0,65
INNOLET Filterpatrone Funke Gruppe GmbH	Verkehrs- und Hofflächen	0,50	0,40	0,50	0,40
Zentrale Behandlungsanlage mit Wirkungsgrad η_{z}					
Regenklärbecken ohne Dauerstau (RKBoD)	Alle Flächen	0,40	0,35	0,50	0,30
Retentionsbodenfilter (RBF)	Alle Flächen	0,75	0,70	0,75	0,70

Bei den in Tabelle 81 ausgewiesenen Zahlenwerten konnten die Ergebnisse der im Rahmen des Projektes von IKT durchgeführten Laboruntersuchungen zunächst noch nicht einbezogen werden, da diese erst zu einem späteren Zeitpunkt des Projektablaufes verfügbar wurden.

Die in Kapitel 5 dargestellten Ergebnisse der Untersuchungen des IKT belegen die zutreffende Wahl der Wirkungsgrade der hier betrachteten dezentralen Anlagen. Dies gilt in besonderem Maße für das 3P Hydrosystem und die INNOLET Filterpatrone für die Parameter AFS und Zink. Nach den IKT-Ergebnissen liegen die Wirkungsgrade des Geotextil-Filtersackes näher bei den Werten der Filterpatrone. Das mit den Zahlenwerten im methodischen Vergleich abgedeckte Spektrum möglicher Wirkungsgrade dezentraler Anlagen ist somit sehr zutreffend abgebildet, sodass nachstehende Aussagen zur Vergleichbarkeit in stofflicher Hinsicht keinerlei Relativierung bedürfen.

e) Kläranlagenablaufkonzentrationen zur Berücksichtigung der RKB-Entleerung

Wie unter Kapitel 8.1.2.3 beschrieben, ist für die gesonderte Berücksichtigung der Beckenentleerung nach Regenende in Richtung Kläranlage deren Reinigungsleistung bezüglich der unterschiedlichen Schmutzstoffparameter über Konzentrationswerte des Kläranlagenablaufs zu definieren. Dies erfolgt durch Vorgabe von Ablaufkonzentrationen für den Kläranlagenablauf bei Re-

genwetter. Damit lassen sich über das zugeführte Niederschlagsabflussvolumen die Stoffausträge parameterspezifisch berechnen.

Es wurden für die Anwendung der vorliegenden Methodik folgende Konzentrationen des Kläranlagenablaufs nach Abstimmung im Lenkungsreis angesetzt:

Tabelle 82: Gewählte Stoffkonzentrationen im Kläranlagenablauf bei Regenwetter im methodischen Vergleich

Kläranlagenablauf	AFS [mg/l]	CSB [mg/l]	MKW [mg/l]	Zn [µg/l]
C _{X,KA}	10	30	0,3	50

8.1.4 Vergleichende Stoffbilanzen an ausgewählten Modellgebieten

Die in Kapitel 8.1.2 beschriebene Methodik für den Vergleich der stofflichen Leistungsfähigkeit zentraler und dezentraler Behandlungsanlagen mit Bilanzierung des jeweils resultierenden Stoffaustrages und Ermittlung von Wirkungsgraden auf der Grundlage von mittleren Jahresfrachten wurde in mehreren Bearbeitungsschritten umgesetzt. Hierfür wurden zunächst vier Modellgebiete ausgewählt und in ihren Flächenkennwerten, vorliegenden Flächenarten und -nutzungen sowie den daraus resultierenden Belastungskategorien analysiert.

Tabelle 83 zeigt die Kennwerte der vier ausgewählten Modellgebiete. Neben drei real existierenden Einzugsgebieten mit Trennentwässerung ist ein fiktives Einzugsgebiet mit einem jeweils 50%-igen Anteil der Belastungskategorien I und II enthalten. Die realen Einzugsgebiete weisen unterschiedliche Flächenanteile dieser Belastungskategorien auf. Flächen der Belastungskategorie III sind nur bei einem Trenngebiet (820 – Schilfweg) als Metalldachflächen in geringem Umfang, ansonsten gar nicht enthalten. Sie dürften in der Charakterisierung im Trennerlass in der Praxis auch nur einen geringen Anteil einnehmen und dann ohnehin stark ortsbezogene Betrachtungen erfordern. Somit wird mit dem hier vorliegenden Spektrum unter unterschiedlicher Flächenzusammensetzung in der Gesamtbetrachtung ein repräsentatives Bild erzeugt, das eine Verallgemeinerung der Erkenntnisse erlaubt.

Ergänzende Anmerkungen zum Modellgebiet TG 820 – Schilfweg, Köln Porz-Lind:

Die Flächenkategorisierung dieses Trenngebiets wurde für die Anwendung dieser Vergleichsmethodik konform zu den Vorgaben des Trennerlasses NRW [MUNLV, 2004] unter ergänzender Beachtung der bezirksspezifischen Regelungen des Regierungsbezirks Köln mit weitergehender Differenzierung der Verkehrsflächen in die Kategorien IIa und IIb vorgenommen und liefert eine Flächenrelation der Kategorie I zu II von ca. 40% zu 60%, was im Übrigen das Gesamtspektrum der Flächenzusammensetzungen der übrigen Modellgebiete ideal ergänzt.

Sie weicht damit von den realen, im Rahmen der Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit des Betriebs (Kapitel 6.2.3, Tabelle 43) erhobenen Flächenkate-

gorisierungen ab, die eine Gesamtrelation von Kategorie I zu II von ca. 80% zu 20% ausweist. Die vorliegende Vergleichsmethodik hat ergeben, dass eine solche Flächenrelation keine geeignete Vergleichsbasis mehr liefert. Einzelheiten hierzu sind Kapitel 8.1.4.1, Punkt d) zu entnehmen.

Tabelle 83: Flächenzusammenstellung der ausgewählten Modellgebiete

Flächenanteile Kategorie 1 / 2	Trenngebiet 820 ¹ Schilfweg (Köln Porz-Lind)		Fiktives Mischgebiet		Trenngebiet 107 Diepenbeekallee (Köln-Weiden)		Trenngebiet 301 Marienburg	
	40% / 60%		50% / 50%		87% / 13%		25% / 75%	
Flächenkategorie	A _{E,b} [ha]	Anteil [%]	A _{E,b} [ha]	Anteil [%]	A _{E,b} [ha]	Anteil [%]	A _{E,b} [ha]	Anteil [%]
Allgemeine Flächen (Dachflächen, Hofflächen ohne Kfz, etc.)								
Kategorie I	1,478	34,4%	44,700	44,7%	10,131	70,7%	0,260	20,6%
Kategorie II (Dachflächen) ²	0,331	7,7%	8,500	8,5%				
Kategorie II (Hofflächen)	1,374	32,0%	11,000	11,0%				
Verkehrsflächen (öffentlich u. privat)								
Kategorie IIa	0,215	5,0%	5,300	5,3%	2,376	16,6%	0,060	4,8%
Kategorie IIb	0,880	20,5%	30,500	30,5%	1,825	12,7%	0,941	74,6%
Kategorie III								
Sonderflächen (u. a. Metaldächer)								
Kategorie III (Metaldächer) ²	0,014	0,3%						
Summen	4,292	100,0%	100,000	100,0%	14,332	100,0%	1,262	100,0%
- nicht behandlungsbedürftig	1,693	39,4%	50,000	50,0%	12,507	87,3%	0,320	25,4%
- behandlungsbedürftig	2,599	60,6%	50,000	50,0%	1,825	12,7%	0,941	74,6%

¹ Flächenkategorisierung für methodischen Vergleich

² dezentrale Behandlungsmaßnahme für Dachflächen: 3P Hydrosystem

Für diese Modellgebiete wurden umfangreiche Vergleichsrechnungen durchgeführt. Zur Bewertung des Einflusses der bestehenden Ungenauigkeiten und Unsicherheiten in den Eingangsdaten und Parameterwerten wurde eine Sensitivitätsanalyse in Form einer Variantenbetrachtung vollzogen. Die betrachteten Varianten sind in Tabelle 84 zusammengestellt.

Die aus der vergleichenden Bilanzierung resultierenden Ergebnisse sind in ihrer Gesamtheit in Anlage 2 enthalten.

Tabelle 84: Variantenübersicht zum methodischen Vergleich der Stoffbilanzen

		Trenngebiet 820 Schilfweg Köln Porz-Lind		Fiktives Mischgebiet		Trenngebiet 107 Diepenbeekallee (Köln-Weiden)		Trenngebiet 301 Marienburg	
		Flächenanteile Kat. I / II		40% / 60%		50% / 50%		87% / 13%	
Variante	dez. Behandlungsanlage	Innolet	Filtersack	Innolet	Filtersack	Innolet	Filtersack	Innolet	Filtersack
Nullvariante									
0	Nullvariante	X	X	X	X	X	X	X	X
Abkopplung Flächenkategorie I und IIa (nicht behandlungsbedürftiger Flächenanteil)									
1A	-25%	X	X	X	X			X	X
1B	-50%	X	X	X	X			X	X
1C	-100%	X	X	X	X			X	X
Variation Konzentrationswerte Stoffaufkommen (alle 4 Parameter)									
2A	C _{xxx} -50% in Kat. I			X	X			X	X
2B	C _{xxx} +50% in Kat. I			X	X			X	X
2C	C _{xxx} -50% in Kat. II			X	X			X	X
2D	C _{xxx} +50% in Kat. II			X	X			X	X
Variation der Wirkungsgrade									
3A	η_{dez} -10%-Punkte			X	X			X	X
3B	η_{RKB} -10%-Punkte			X	X			X	X
Kläranlageneinfluss bei zentraler Behandlung (RKBOD); Variation Entleerungsanteile zur KA									
4A	15%-Vol.anteil zur KA	X	X	X	X			X	X
4B	20%-Vol.anteil zur KA	X	X	X	X			X	X
4C	25%-Vol.anteil zur KA	X	X	X	X			X	X

8.1.4.1 Bilanzierung mit Standardwerten des methodischen Vergleichs ("Nullvariante")

a) Erläuterung der Nullvariante

In einer ersten Bearbeitungsstufe erfolgte die vergleichende Bilanzierung des Stoffaustrages bei zentraler und dezentraler Behandlung der Niederschlagsabflüsse unmittelbar mit den in Kapitel 8.1.3 beschriebenen Eingangsdaten und Parameterwerten. Dieser Datensatz wird in Abgrenzung zu den nachfolgenden Berechnungen als "Nullvariante" bezeichnet.

Dabei wurden als dezentrale Behandlungsanlagen alternativ die Innolet Filterpatrone und der Filtersack betrachtet, die jeweils unmittelbar in Straßeneinläufe eingesetzt werden und somit für belastete Verkehrsflächen infrage kommen. Das 3P Hydrosystem wurde jeweils für die behandlungsbedürftigen Dachflächen – und beim Teilgebiet 820 – Schilfweg für die in geringem Umfang vorhandenen Metalldachflächen der Kategorie III – eingesetzt. Behand-

lungsvarianten mit ausschließlicher Anwendung des 3P Hydrosystems auf alle behandlungsbedürftigen Flächen wurden als nicht praxisrelevant angesehen und deshalb in der Variantenbetrachtung nicht umgesetzt.

Die Ergebnisse der Bilanzierung mit dezentraler Behandlung der Niederschlagsabflüsse wurden bei der Nullvariante den Ergebnissen einer zentralen Behandlung alternativ mit Regenklärbecken (ohne Dauerstau) und Retentionsbodenfilter gegenübergestellt. Der Einfluss der Beckenentleerung über die Schmutzwasserkanalisation zur Kläranlage beim Regenklärbecken wurde hier nicht berücksichtigt. Dieser Aspekt ist Gegenstand einer eigenen Berechnungsvariante (Kap.8.1.4.5).

b) Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse des Vergleichs zentraler und dezentraler Behandlungsanlagen sind für die Nullvariante in der Gegenüberstellung der resultierenden Gesamtwirkungsgrade getrennt für jeden der vier Stoffparameter für die vier betrachteten Einzugsgebiete in Form von Balkendiagrammen dargestellt. Abbildung 67 und Abbildung 68 zeigen diese exemplarisch für die Stoffparameter AFS und MKW.

Alle Ergebnisse der Nullvariante sind in ihrer Gesamtheit in Anlage 2 enthalten.

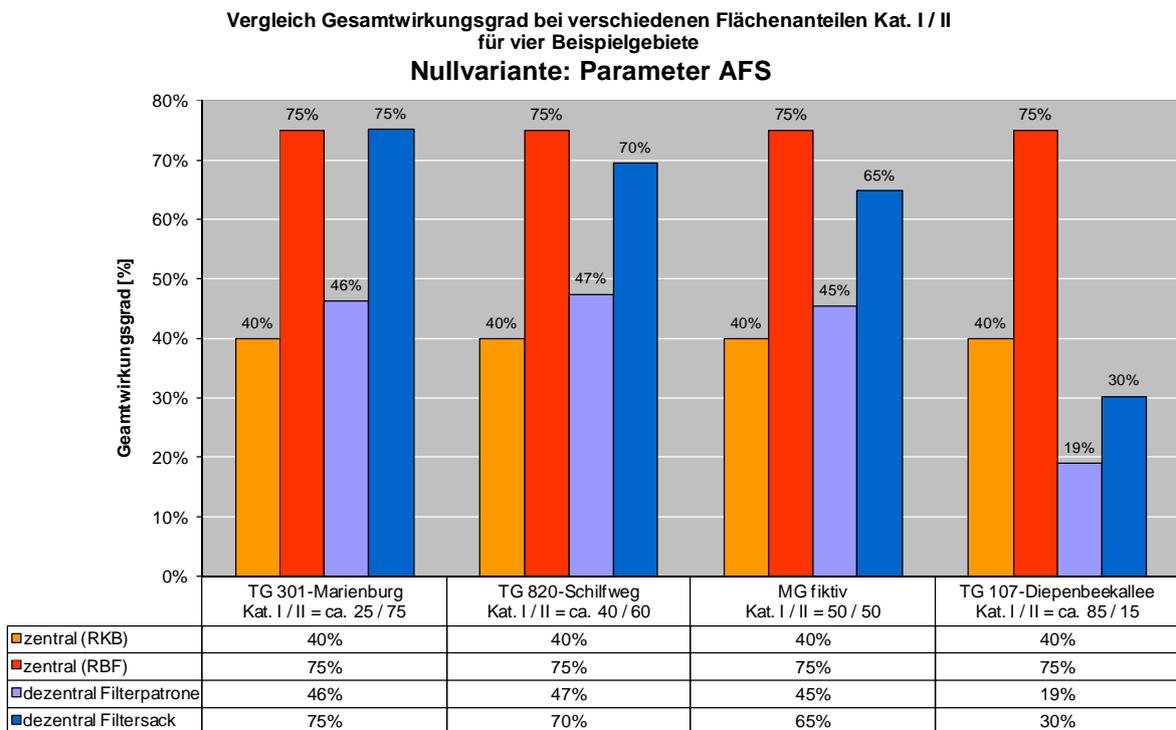


Abbildung 67: Nullvariante: Parameter AFS, alle Gebiete

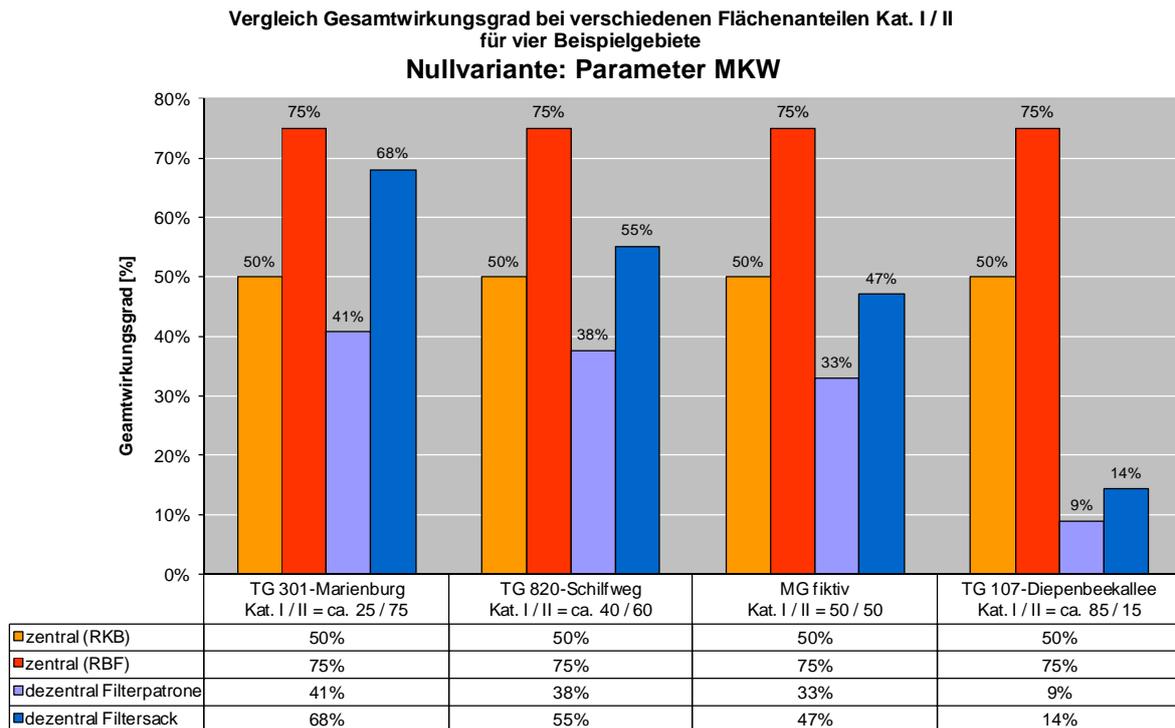


Abbildung 68: Nullvariante: Parameter MKW, alle Gebiete

c) Diskussion der Ergebnisse

Die Gegenüberstellung der aus dem methodischen Vergleich resultierenden Gesamtwirkungsgrade zeigt deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Stoffparametern. Bei AFS zeigen die dezentralen Anlagen – mit Ausnahme von TG 107, Diepenbeekallee – eindeutig höhere Gesamtwirkungsgrade als die zentrale Behandlung mit RKBs. Der Retentionsbodenfilter wiederum zeigt aufgrund der Behandlung der Niederschlagsabflüsse aller Teilflächen mit hoher Wirksamkeit durchweg die höchste Wirksamkeit. Entsprechend den unterschiedlich vorgegebenen Wirkungsgraden für Filtersack und Filterpatrone zeigt sich der Filtersack bei allen Gebieten mit deutlich höherem Gesamtwirkungsgrad als die Filterpatrone.

Beim Stoffparameter MKW führt diese abgestufte Wirksamkeit bei vergleichsweise hohem Wirkungsgrad des RKBs (aufgrund angenommener Abscheidestufe) dazu, dass der Gesamtwirkungsgrad der zentralen Behandlung die Wirksamkeit der Filterpatrone deutlich übertrifft, während der Filtersack abhängig vom behandelten Flächenanteil besser oder vergleichbar dem RKB abschneidet. Auch hier liegt der Gesamtwirkungsgrad des Retentionsbodenfilters – da mit 75 % für die Variantenberechnung vorgegeben - deutlich am besten.

Bei den Parametern CSB und Zink zeigt die Gegenüberstellung der resultierenden Gesamtwirkungsgrade ähnliche Relationen wie bei AFS. In allen Fällen wird der Einfluss des Flächenanteils der Belastungskategorie I deutlich. Diese Flächen erfahren bei den dezentralen Varianten keine Behandlung.

Dadurch vermindert sich rechnerisch der Gesamtwirkungsgrad dezentraler Anlagen mit steigendem Anteil dieser Flächen. Dieser Sachverhalt wird nachstehend für den "Extremfall" TG 107 näher beleuchtet.

d) Sonderfall TG 107 – Diepenbeekallee

Die Gegenüberstellung der resultierenden Gesamtwirkungsgrade zentraler und dezentraler Behandlung beim Trenngebiet 107 – Diepenbeekallee zeigt, dass dieses Modellgebiet für weitergehende Aussagen und Bewertungen zur stofflichen Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Behandlungsanlagen nicht geeignet ist. Darin offenbart sich gleichzeitig überdeutlich eine zwangsläufige methodische Schwäche des Vergleichs!

So wird bei zentraler Behandlung unterstellt, dass tatsächlich alle Flächen, die an die Regenwasserkanalisation angeschlossen sind, unabhängig von ihrer Behandlungsbedürftigkeit auch an das Regenklärbecken angeschlossen sind. Damit erfährt der Schmutzstoffabtrag auch dieser Flächen in der Bilanzierung als Stoffaustrag eine Reduzierung entsprechend des Wirkungsgrades der Behandlungsanlage. Demgegenüber erfolgt bei dezentraler Behandlung konsequenterweise kein Ansatz eines Stoffrückhaltes bei Flächen der Belastungskategorie I. Deren Stoffaufkommen wird somit vollständig als Stoffabtrag bilanziert.

Daraus resultiert unmittelbar das Ergebnis, dass mit steigendem Anteil nicht behandlungsbedürftiger Flächen der Gesamtwirkungsgrad dezentraler Anlagen gegenüber der zentralen Alternative abnimmt. Bei dominierendem Flächenanteil der Kategorie I im Falle des Modellgebietes 107 – Diepenbeekallee von 87 % (!) führt dies entsprechend zu einer extremen Überbewertung dieses Effektes. In dieser Flächenkonstellation wäre allerdings die Anordnung einer zentralen Behandlungsanlage mit Anschluss aller Teilflächen extrem unwirtschaftlich.

Wegen der unrealistisch erscheinenden Option einer vollständig zentralen Behandlung der Niederschlagsabflüsse wird dieses Modellgebiet für die weiteren Betrachtungen ausgeklammert.

Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse wurde für die Anwendung dieser Vergleichsmethodik die Flächenkategorisierung des TG 820 – Schilfweg, Porz-Lind abweichend zu den Angaben des Kapitels 6.2.3 in Ansatz gebracht, wie unter Kapitel 8.1.4 beschrieben.

8.1.4.2 Variante 1: Einfluss von Flächenabkopplungen auf die vergleichende Bilanzierung

a) Erläuterung der Variante 1

Wie aus den vorstehenden Auswertungen für die Nullvariante bereits deutlich wurde, haben – methodisch bedingt – zunehmende Flächenanteile der Belastungskategorie I deutliche Auswirkungen auf das Ergebnis des Vergleichs zentraler und dezentraler Behandlungsanlagen.

Wasserwirtschaftlich wünschenswerte Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung mit gezielter Abkopplung von Flächen werden sich vorrangig auf Flächen mit geringer stofflicher Belastung, somit Flächen der Kategorie I, beziehen. Damit führt die Flächenabkopplung in der Tendenz zur Reduzierung des Flächenanteils der Belastungskategorie I. Zur Illustration und Quantifizierung dieser Effekte wurde in der Berechnungsvariante 1 eine Flächenabkopplung nicht behandlungsbedürftiger Flächen abgestuft mit 25 ... 50 ... 100 % als Untervarianten 1A bis 1C angesetzt. Die für eine praktische Umsetzung unrealistisch hohen Werte wurden dabei zur Überhöhung der zu zeigenden Effekte bewusst gewählt. Als zentrale Behandlungsanlage wird nur noch das Regenklärbecken betrachtet.

c) Diskussion der Ergebnisse

Wie bei der Nullvariante werden die resultierenden Gesamtwirkungsgrade der zentralen und dezentralen Behandlung getrennt nach Stoffparameter in Balkendiagrammen gegenübergestellt. Die Entwicklung der Wirkungsgrade mit zunehmender Abkopplung bestätigt nachdrücklich den bei der Nullvariante bereits besprochenen Einfluss unterschiedlicher Flächenanteile der Kategorien I und II. Mit zunehmender Abkopplung, ausschließlich auf nicht behandlungsbedürftige Teilflächen bezogen, erhöhen sich die Gesamtwirkungsgrade der dezentralen Anlagen, während der Wert beim RKB naturgemäß unverändert bleibt.

Beim Parameter AFS (Abbildung 69) wächst der Abstand zwischen der Wirksamkeit der durchgängig besseren dezentralen Maßnahmen und dem RKB mit steigendem Abkopplungsgrad. Der Unterschied zwischen Filterpatrone und Filtersack bleibt dabei erhalten.

Vergleich Gesamtwirkungsgrad bei verschiedenen Flächenanteilen Kat. I / II infolge Abkopplung
Gebiete "820-Schilfweg", "MG fiktiv" und "301-Marienburg"
Varianten 1A - 1C: Parameter AFS

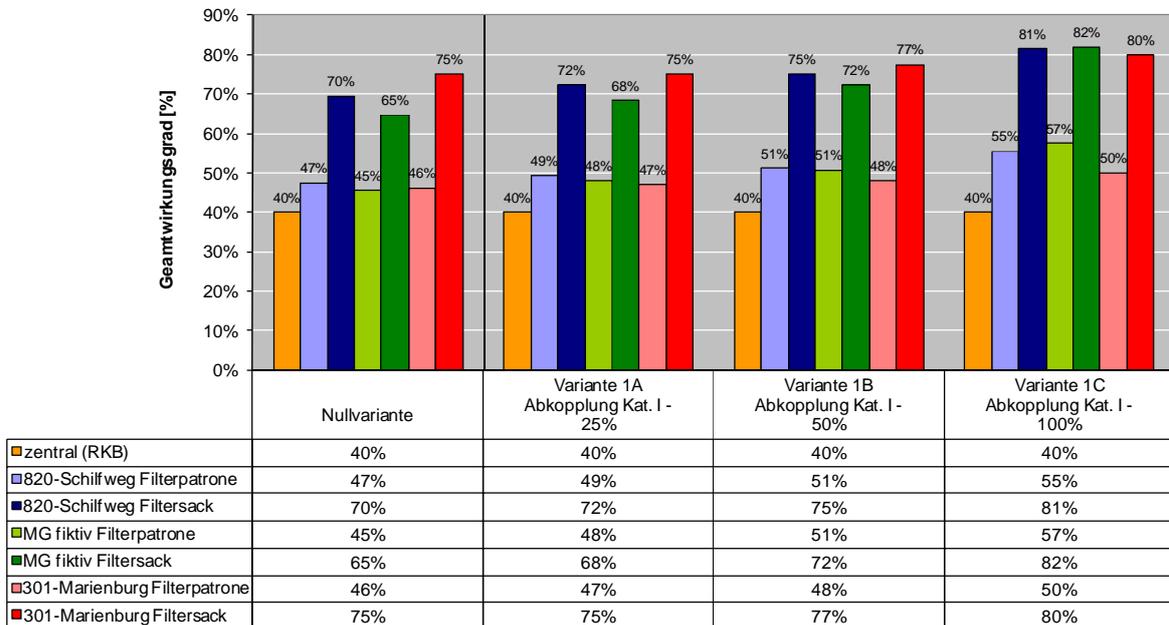


Abbildung 69: Variante 1 mit Einfluss der Flächenabkopplung bei 3 Teilgebieten, Parameter AFS

Beim Parameter CSB (Abbildung 70) zeigt sich die Option Filterpatrone bei der Nullvariante (als Bezugsbasis) dem RKB unterlegen, bei Abkopplung von 25 % wird bei allen drei Gebieten de facto eine Gleichwertigkeit erreicht und bei 50 % Abkopplung und mehr übertrifft der Gesamtwirkungsgrad mit Filterpatrone den des RKBs. Die Option Filtersack ist für alle Abkopplungsgrade und Teilgebiete der zentralen Lösung überlegen.

Vergleich Gesamtwirkungsgrad bei verschiedenen Flächenanteilen Kat. I / II infolge Abkopplung
Gebiete "820-Schilfweg", "MG fiktiv" und "301-Marienburg"
Varianten 1A - 1C: Parameter CSB

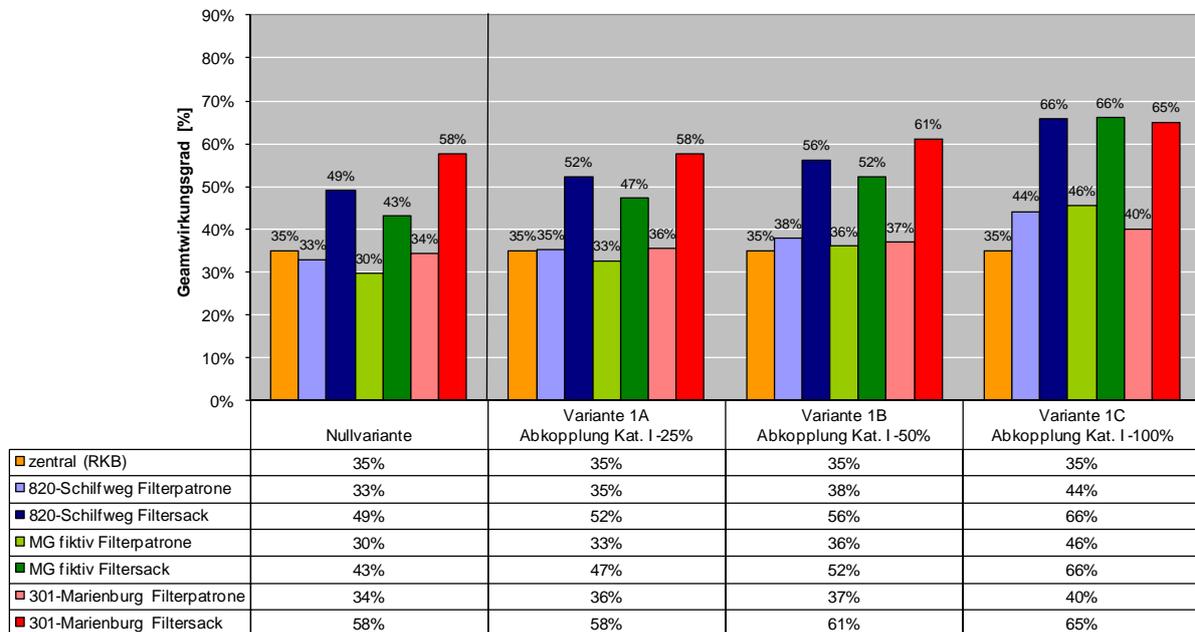


Abbildung 70: Variante 1 mit Einfluss der Flächenabkopplung bei 3 Teilgebieten, Parameter CSB

8.1.4.3 Variante 2: Sensitivitätsbetrachtung zum angesetzten Stoffaufkommen

a) Erläuterung der Variante 2

Angesichts der erheblichen Unsicherheiten bezüglich der tatsächlichen Größe der Abflussverschmutzung und des bewusst schematischen Charakters der gewählten Abstufung der Konzentrationswerte in den drei Belastungskategorien wurde für diese Eingangsgröße eine Sensitivitätsbetrachtung durchgeführt. Dazu wurden die abgeleiteten Konzentrationswerte (Kap. 10.1.3) gegenüber der Nullvariante in folgenden Abstufungen geändert:

- Var. 2A: Reduzierung um 50 % in Kategorie I (unverändert in Kat. II)
- Var. 2B: Erhöhung um 50 % in Kategorie I (unverändert in Kat. II)
- Var. 2C: Reduzierung um 50 % in Kategorie II (unverändert in Kat. I)
- Var. 2D: Erhöhung um 50 % in Kategorie II (unverändert in Kat. I)

b) Diskussion der Ergebnisse

Zur besseren Übersichtlichkeit werden hier die Ergebnisse der vergleichenden Bilanzierung für die drei Modellgebiete und die Stoffparameter dargestellt.

Für alle Modellgebiete und Stoffparameter zeigt sich die erwartete Tendenz, wonach bei Reduzierung der Schmutzstoffkonzentrationen bei Kategorie I

(Untervariante 2A) und bei Erhöhung bei Kategorie II (Untervariante 2C) die dezentralen Anlagen ein stärkeres Gewicht bekommen und ihre gegenüber dem RKB höhere Wirksamkeit sichtbar wird. Umgekehrt bewirkt eine Erhöhung des Stoffaufkommens auf Flächen der Kategorie I (Untervariante 2B) ebenso wie die Reduzierung bei Flächen der Kategorie II (Untervariante 2D) eine Abschwächung der besseren Wirksamkeit der dezentralen Anlagen. Das Ausmaß dieser Veränderungen bleibt allerdings – angesichts der starken Auslenkung von 50 % Zu- oder Abschlägen – begrenzt und die Relationen der Gesamtwirkungsgrade untereinander bleiben erhalten. Damit kann festgestellt werden, dass die aus der vergleichenden Bilanzierung abgeleiteten Erkenntnisse trotz der großen Streubreite möglicher Konzentrationswerte im Niederschlagsabfluss ihre Gültigkeit behalten. Die Ergebnisdarstellungen für Variante 2 mit den beschriebenen Untervarianten 2A bis 2D finden sich sämtlich in Anhang 2.

8.1.4.4 Variante 3: Sensitivitätsbetrachtung der angesetzten Wirkungsgrade

a) Erläuterung der Variante 3

Neben den Eingangsgrößen zur Abflussverschmutzung haben naturgemäß die angesetzten Wirkungsgrade zur Wirksamkeit der dezentralen und zentralen Behandlungsanlagen einen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse der vergleichenden Bilanzierung. Deshalb wurde auch diese elementare Eingangsgröße einer Sensitivitätsbetrachtung unterzogen.

Nach übereinstimmender Einschätzung erschien dabei eine weitere Erhöhung der Wirkungsgrade mit den in Kap. 8.1.3 abgeleiteten Werten eher unrealistisch. Deshalb wurden nur Berechnungsvarianten mit Reduzierung der Wirkungsgrade wie folgt betrachtet:

- Var. 3A: Reduzierung der Wirkungsgrade dezentraler Anlagen um 10 %-Punkte (unverändert bei RKB)
- Var. 3B: Reduzierung der Wirkungsgrade des RKB um 10% Punkte (unverändert bei dezentralen Anlagen)

Die Variante 3 wurde für die beiden Teilgebiete „MG Fiktiv“ und „301-Marienburg“ berechnet.

b) Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

Bei dieser Variante zur Betrachtung der Auswirkung reduzierter Wirksamkeiten werden die Ergebnisse jeweils für ein Gebiet und alle vier Stoffparameter in einer Grafik gezeigt. Darin sind die ursprünglichen Gesamtwirkungsgrade aus der Nullvariante den mit der Reduzierung resultierenden Werten gegenübergestellt. Die Reduzierung wurde jeweils getrennt nur für die dezentrale bzw. die zentrale Planungsoption dargestellt.

Exemplarisch zeigen Abbildung 71 und Abbildung 72 die Gegenüberstellung der Ergebnisse für das idealisierte Teilgebiet "MG-fiktiv". Die gesamten Grafiken für beide betrachteten Teilgebiete sind in Anlage 2 dargestellt.

**Sensitivitätsbetrachtung: Variation der Gesamtwirkungsgrade (dezentral) - 10%-Punkte
Gebiet "MG fiktiv"**

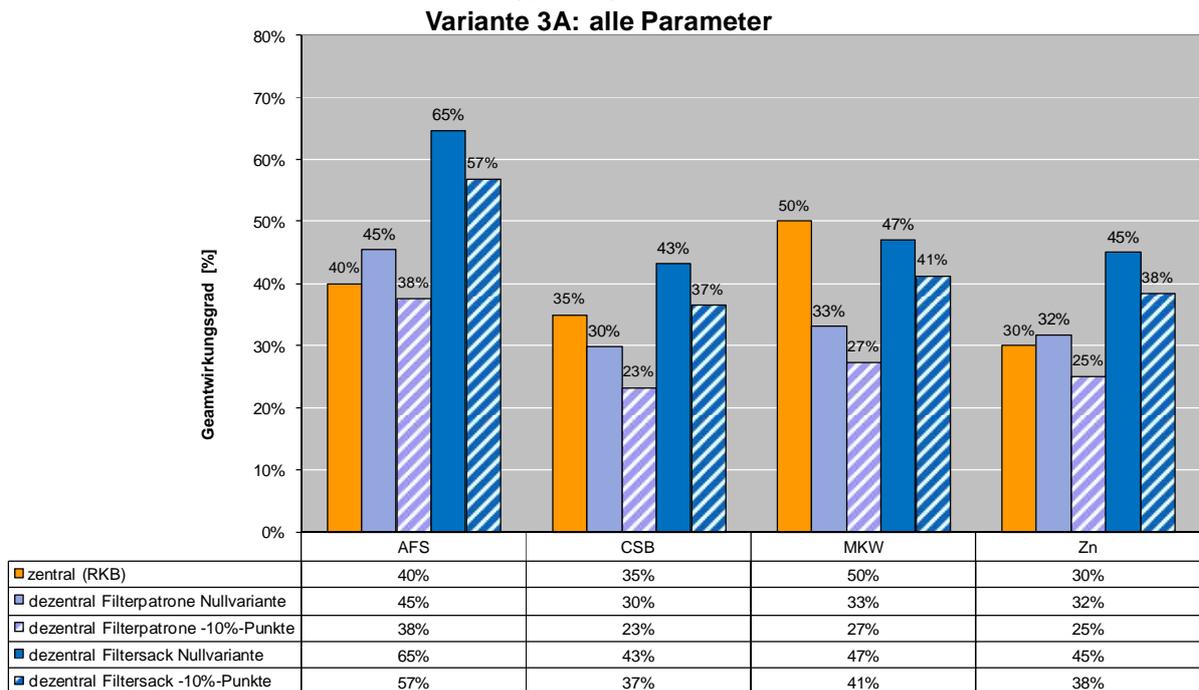


Abbildung 71: Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade dezentral): alle Parameter, MG fiktiv

**Sensitivitätsbetrachtung: Variation der Gesamtwirkungsgrade (zentral) - 10%-Punkte
Gebiet "MG fiktiv"**

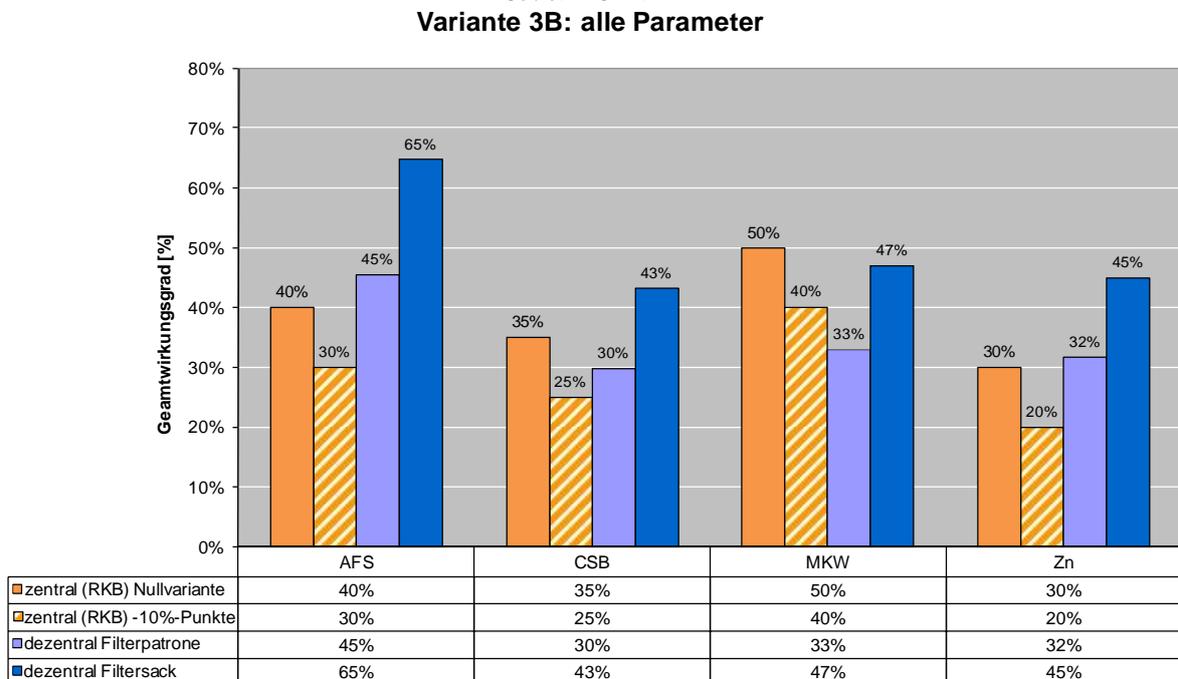


Abbildung 72: Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade zentral): alle Parameter, MG fiktiv

In Abbildung 72 ist zu erkennen, dass sich mit reduzierter Wirksamkeit der dezentralen Anlagen (Untervariante 3A) die Relation zur zentralen Anlage RKB bei einzelnen Stoffparametern verschieben kann. So resultiert für die Option "Filterpatrone" bei AFS und Zink gegenüber der Nullvariante ein geringfügig schlechterer Gesamtwert als beim RKB. Bei der Option "Filtersack" bleibt die Relation "besser als RKB" bei reduzierten Gesamtwirkungsgraden bei allen Parametern erhalten.

In ähnlicher Weise gestaltet sich die Reduzierung der Wirksamkeit des RKBs (Untervariante 3B). Hier schneidet beim CSB das RKB mit reduzierter Wirksamkeit im Unterschied zur Nullvariante schlechter ab als beide dezentralen Behandlungsvarianten.

Das Ausmaß der Veränderung der Gesamtwirkungsgrade und die Verschiebungen in der Relation der Werte "zentral - dezentral" unterstreichen die große Bedeutung der angesetzten Wirkungsgrade als Eingangsgrößen in den methodischen Vergleich. Hier erscheint eine Bestätigung der angenommenen Wirkungsgrade der dezentralen Anlagen durch die parallelen Labor-Untersuchungen beim IKT (vgl. Kapitel 5) und die Betriebsbeobachtungen (vgl. Kapitel 6) von besonderer Wichtigkeit.

8.1.4.5 Variante 4: Untersuchung des Einflusses der Beckenentleerung

a) Erläuterung der Variante 4

Wie oben ausgeführt, wird bei Regenklärbecken ohne Dauerstau eine Beckenentleerung nach Ende des Regenereignisses bzw. der Beckenbeschickung erforderlich. Bei Beckenstandorten in der Nähe einer Schmutzwasserkanalisation wird diese Entleerung über den Schmutzwasserkanal zur Kläranlage erfolgen.

Mit diesem Sachverhalt der weitergehenden Behandlung des Beckeninhaltes ist dieses Teilvolumen in der Bilanzierung für RKB methodisch anders zu behandeln. In den vorstehenden Berechnungsvarianten wurde dieser Aspekt jedoch ausgeklammert. Er soll hier im Vergleich mit der Nullvariante in folgenden Abstufungen systematisch betrachtet werden:

- Var. 4A: Ansatz eines 15 %igen Volumenanteils zur Kläranlage
- Var. 4B: Ansatz eines 20 %igen Volumenanteils zur Kläranlage
- Var. 4C: Ansatz eines 25 %igen Volumenanteils zur Kläranlage

In eigenen Untersuchungen über eine Langzeitsimulation mit langjährigen Regenreihen unterschiedlicher Niederschlagsstationen wurde dieser Wertebereich für den Volumenanteil der Beckenentleerung am Jahresniederschlagsabfluss eingegrenzt. Einzelheiten hierzu finden sich in Kapitel 8.1.2.3.

b) Diskussion der Ergebnisse

Zur Veranschaulichung des Einflusses der Berücksichtigung der Beckenentleerung über die Kläranlage in der Bilanzierung beim RKB ist hier eine veränderte Darstellung gewählt. Die Balkendiagramme sind jeweils für ein Modellgebiet und alle vier Stoffparameter gegenübergestellt, sodass die Stoffparameter spezifischen Effekte unmittelbar sichtbar werden.

Erwartungsgemäß erhöht sich bei allen Stoffparametern mit zunehmendem Volumenanteil des Niederschlagsabflusses, der über die Kläranlage abfließend mit dem dortigen Wirkungsgrad und Stoffrückhalt bilanziert wird, der Gesamtwirkungsgrad der zentralen Anlage RKB. Die Werte der dezentralen Anlagen Filtersack und Filterpatrone bleiben dabei unverändert.

Das Ausmaß der Verbesserung der zentralen Behandlung wird umso größer, je stärker sich die Rückhaltewirkung in der Kläranlage vom angesetzten Wirkungsgrad im RKB unterscheidet. Entsprechend ist der Anstieg bei AFS und Zink stärker als bei CSB und MKW (bei allen Modellgebieten). Dadurch kann sich die Relation zwischen RKB und Filterpatrone soweit verändern, dass die Wirksamkeit des RKB (bei erhöhtem Anteil Beckenentleerung zur Kläranlage) die der Lösung mit Filterpatrone übertrifft.

Hier bestätigt die Sensitivitätsbetrachtung eindeutig die Notwendigkeit, im methodischen Vergleich die Teilströme sachlich korrekt zu erfassen und darzustellen und die erzielbaren Wirkungsgrade möglichst zutreffend zu beziffern. Bezogen auf den Einfluss der Beckenentleerung wird empfohlen, eher die niedrigeren Werte (15 % oder 20 %) für die weiteren Bilanzierungen anzusetzen.

Abbildung 73 und Abbildung 74 zeigen die Gegenüberstellung für die Trenngebiete 820-Schilfweg und 301-Marienburg.

**Sensitivitätsbetrachtung: Einfluss der RKBoD-Entleerung zur Kläranlage
Gebiet "820-Schilfweg"
Variante 4A bis 4C: alle Parameter**

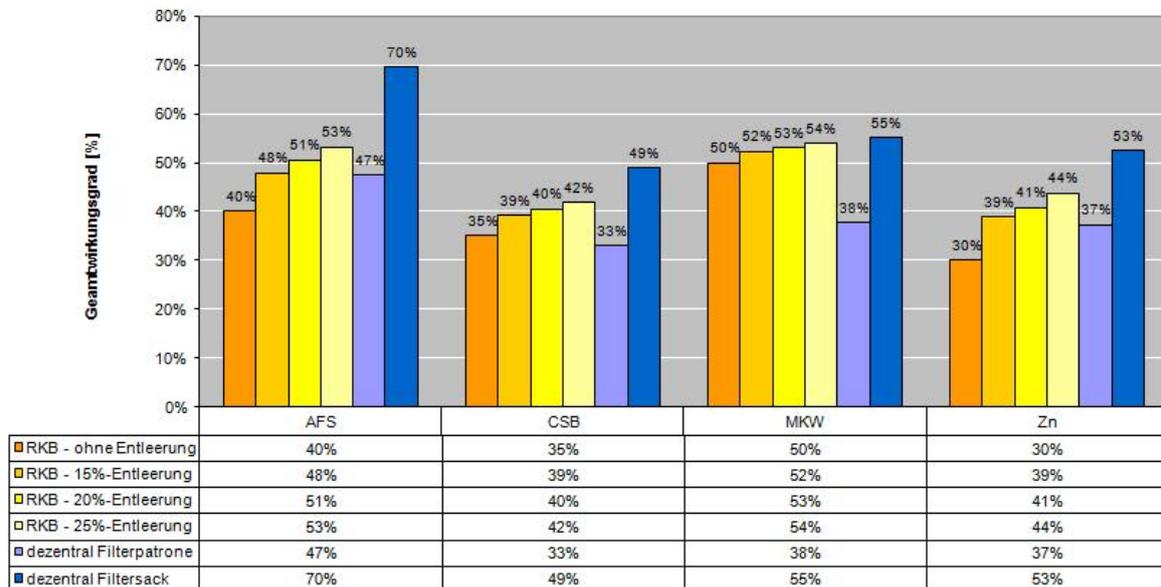


Abbildung 73: Variante 4 (Einfluss der RKBoD-Entleerung zur KA):
alle Parameter, Schilfweg

**Sensitivitätsbetrachtung: Einfluss der RKBoD-Entleerung zur Kläranlage
Gebiet "301-Marienbourg"
Variante 4A bis 4C: alle Parameter**

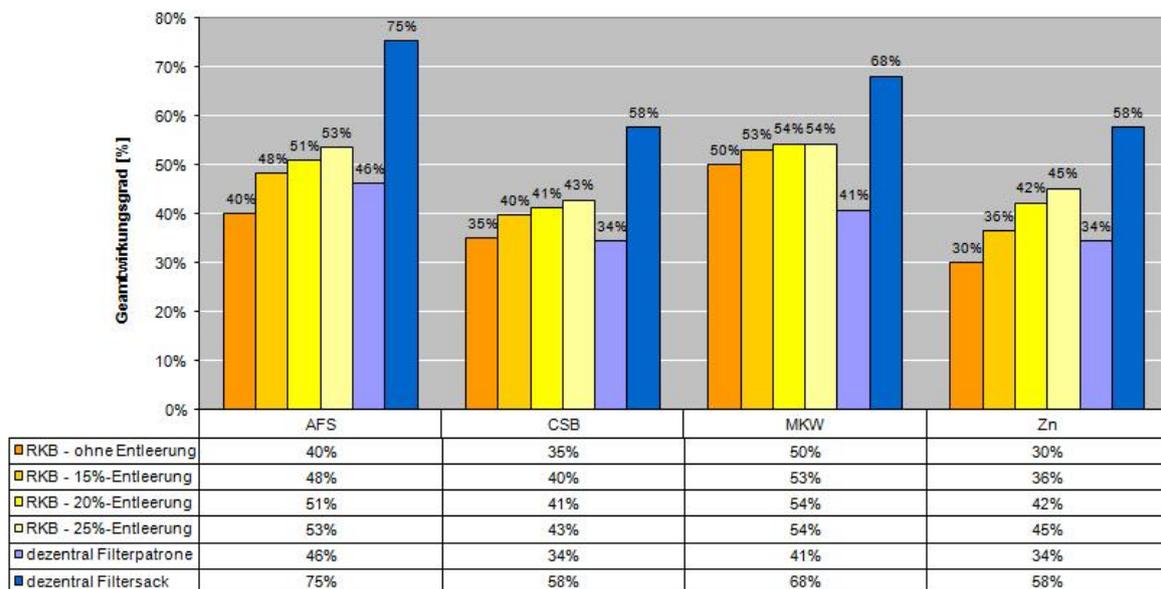


Abbildung 74: Variante 4 (Einfluss der RKBoD-Entleerung zur KA):
alle Parameter, Marienbourg

8.1.5 Erkenntnisse aus der Stoffbilanz der Variantenberechnungen

Die in den Kapiteln 8.1.1 bis 8.1.4 beschriebenen Variantenberechnungen liefern für die Bewertung der Vergleichbarkeit zentraler und dezentraler Behandlungsanlagen in stofflicher Hinsicht wesentliche Erkenntnisse.

Zunächst kann festgestellt werden, dass der Retentionsbodenfilter mit den gewählten Wirkungsgraden in allen Konstellationen hinsichtlich des Stoffrückhaltes als deutlich überlegene Anlage hervortritt. Demgegenüber zeigt sich das Ergebnis des Vergleichs des Regenklärbeckens mit den betrachteten dezentralen Anlagen unterschiedlich bei den verschiedenen Stoffparametern und hängt zudem maßgeblich von den Flächenanteilen der Belastungskategorien I und II ab (siehe nachstehenden Punkt a)). Aufgrund der deutlich unterschiedlich angesetzten Wirkungsgrade von Filtersack und Filterpatrone liegen die Gesamtwirkungsgrade des RKB bei verschiedenen Konstellationen zwischen diesen beiden dezentralen Anlagentypen. Dies unterstreicht eine weitere, zu erwartende Erkenntnis, wonach die angesetzten Wirkungsgrade in ihrer Relation zueinander naturgemäß deutlichen Einfluss auf das Ergebnis des stofflichen Vergleichs haben.

Danach schneidet in der Mehrzahl der Fälle die Planungsvariante „dezentrale Behandlung mit Filtersack“ besser ab als die zentrale Behandlung mit RKB. Andererseits zeigt das Regenklärbecken bei einigen Konstellationen (je nach Stoffparameter und Flächenanteile) einen höheren Gesamtwirkungsgrad als die Planungsvariante „dezentrale Behandlung mit Filterpatrone“.

Die Ergebnisse zur Wirksamkeit der dezentralen Anlagen in den IKT-Untersuchungen deuten auf geringere Unterschiede der Wirkungsgrade von „Filtersack“ und „Filterpatrone“. Insoweit sollte aufgrund der hier gewonnenen Zahlenwerte keine Abstufung zwischen diesen beiden dezentralen Anlagen erfolgen.

Insoweit ist hier keine eindeutige Aussage zur Überlegenheit einer Planungsvariante möglich. Die Einflüsse auf das Ergebnis der Vergleichsbetrachtungen werden nachstehend näher erläutert.

a) Einfluss der Flächenanteile der Belastungskategorien I und II

Zunächst wird aus der Betrachtung der Ergebnisse der Nullvariante der Einfluss der Flächenanteile in den unterschiedlichen Belastungskategorien auf die Aussagen zur Vergleichbarkeit überdeutlich. In der gewählten Methodik des stofflichen Vergleichs werden, entsprechend den planerischen und betrieblichen Sachverhalten, dezentrale Anlagen nur für die tatsächlich behandlungsbedürftigen Flächen (Belastungskategorien II und III; hier im Wesentlichen Kat. II) angeordnet, für die dann der Stoffrückhalt mit Reduzierung des Stoffaustrages entsprechend der angesetzten Wirkungsgrade wirksam wird. Die Niederschlagsabflüsse von Flächen der Kategorie I werden mit ihren Stofffrachten unvermindert als Stoffaustrag bilanziert.

Demgegenüber erfassen zentrale Anlagen typischerweise alle Abfluss liefernde Teilflächen im angeschlossenen Einzugsgebiet – mit Ausnahme abgekoppelter Flächen. Damit wird das Stoffaufkommen aller Teilflächen in den

Belastungskategorien I, II und III als Stoffrückhalt über die angesetzten Wirkungsgrade zu einem reduzierten Stoffaustrag errechnet.

Durch diesen methodisch und sachlich bedingten Effekt schneiden bei Teilgebieten mit hohem Anteil an Flächen der Kategorie I zentrale Behandlungsanlagen tendenziell besser ab, während umgekehrt ein höherer Anteil von Flächen der Kategorie II (und III) tendenziell dezentrale Anlagen favorisiert. Darin wird gleichzeitig ein wesentlicher Vorteil dezentraler Anlagen deutlich: Sie werden gezielt für die behandlungsbedürftigen Teilflächen angeordnet und entsprechend für diesen Flächenanteil erforderlich bzw. dimensioniert. Demgegenüber müssen zentrale Behandlungsanlagen für alle angeschlossenen, Abfluss liefernden Teilflächen ausgelegt werden – unabhängig von deren stofflicher Belastung. Mit zunehmendem Anteil von Teilflächen der Kategorie I werden zentrale Anlagen deshalb in dieser Konstellation auch zunehmend unwirtschaftlich.

Vor diesem Hintergrund wurde das Trenngebiet 107 Diepenbeekallee mit einem Flächenanteil der Belastungskategorie I von 87 % als ungeeignet für den methodischen Vergleich nach der Nullvariante für die weiteren Variantenberechnungen ausgeklammert.

Ausdrücklich zu betonen ist, dass gerade Einzugsgebiete mit geringem Anteil belasteter Abflüsse und Flächenanteilen der Belastungskategorie II (und ggf. III) sich besonders für die Anwendung dezentraler Anlagen anbieten, da diese gezielt für die Teilflächen und Abflüsse angeordnet werden können, die einer Behandlung bedürfen. Hier lässt sich eine Behandlung sowohl effizienter als auch eindeutig wirtschaftlicher umsetzen als in einer zentralen Behandlungsanlage mit Anschluss aller Teilflächen und Bemessung für den Gesamtzufluss.

b) Einfluss der Flächenabkopplung

Der Einfluss unterschiedlicher Flächenanteile der Belastungskategorien I und II wurde weitergehend durch die Betrachtung unterschiedlicher Abkopplungsszenarien untersucht. Die Abkopplung von Flächen (durch dezentrale Versickerung oder sonstige Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung) wird sich in der Praxis vorrangig auf Flächen der Kategorie I beziehen. Dadurch erhöht sich – zumindest in der Tendenz – der Flächenanteil der Belastungskategorie II. Dies wiederum begünstigt im relativen Vergleich, wie unter a) ausgeführt, tendenziell die dezentralen Behandlungsanlagen. Die Ergebnisse der Varianten 1 bestätigen die vorgenannten Erkenntnisse eindeutig.

c) Einfluss der Niederschlagsabflussverschmutzung

Die angesetzten Konzentrationswerte zum Stoffaufkommen und Stoffabtrag im bzw. durch Niederschlagsabfluss beinhalten erhebliche Unsicherheiten bezüglich der Absolutwerte. Die Berechnungen der Variantenreihe 2 zeigen, dass die Relation der angesetzten Konzentrationen zwischen den Belastungskategorien (I : II : III) wesentlichen Einfluss auf den stofflichen Vergleich hat. Höhere Konzentrationen der behandlungsbedürftigen Abflüsse (Kat. II

und III) im Vergleich zu Kategorie I begünstigen in der relativen Betrachtung die Wirksamkeit der dezentralen Anlagen. Die in den Vergleichsrechnungen angesetzten Verschmutzungswerte (als Stoffaufkommen bzw. Konzentrationen im Niederschlagsabfluss) stützen sich – auch in ihrer Abstufung untereinander – auf eine umfangreiche Recherche in der Literatur dokumentierter Untersuchungen. Sie stellen damit trotz der verbleibenden Unsicherheiten eine „belastbare“ Grundlage für den stofflichen Vergleich dar.

Auch diese Erkenntnis zum Einfluss der Abflussverschmutzung stützt die Philosophie dezentraler Anlagen mit gezielter Anordnung an Belastungsschwerpunkten im Einzugsgebiet.

d) Einfluss der angesetzten Wirkungsgrade

Naturgemäß haben die angesetzten Wirkungsgrade der einzelnen Behandlungsanlagen wesentlichen Einfluss auf den rechnerischen Stoffaustrag und damit die Wirksamkeit der Behandlung in Bezug auf das jeweilige Einzugsgebiet. Im hier vollzogenen relativen Vergleich sind weniger die Absolutwerte der Wirkungsgrade als vielmehr die gewählte Relation der Wirkungsgrade untereinander maßgebend. Die hier angesetzten Wirkungsgrade stützen sich – auch in ihrer Abstufung gegeneinander – auf eine umfangreiche Recherche in der Literatur dokumentierter Untersuchungen. Sie stellen damit, trotz der auch hier verbleibenden Unsicherheiten bezüglich der Absolutwerte, eine „belastbare“ Grundlage dar.

Die für den methodischen Vergleich gewählten Wirkungsgrade werden in den IKT-Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes weitgehend auch zahlenmäßig bestätigt. Dies gilt besonders eindrucksvoll für das 3P Hydrosystem (für alle Parameter) und die INNOLET Filterpatrone (für CSB und Zink). Damit wird die konstatierte Vergleichbarkeit dezentraler Anlagen in stofflicher Hinsicht zusätzlich abgesichert.

e) Einfluss der Beckenentleerung

Mit der Festlegung auf Regenklärbecken ohne Dauerstau besteht die Notwendigkeit, das Becken nach Beschickungsende zu entleeren, innerhalb urbaner Einzugsgebiete in der Regel über den Schmutzwasserkanal zur Kläranlage. Berücksichtigt man diesen Sachverhalt, verbessert sich in der Tendenz die Wirksamkeit der zentralen Behandlung, da der Stoffrückhalt in der Kläranlage bei allen betrachteten Parametern höher ist, als die Reinigungswirkung im Becken selbst. Dieser Effekt wird umso deutlicher, je größer der Volumenanteil des Niederschlagsabflusses zur Kläranlage ist bzw. rechnerisch angesetzt wird. Die hier untersuchten Werte wurden durch eigene Abflusssimulationen abgesichert und unterstreichen die Notwendigkeit, die Teilströme im methodischen Vergleich zutreffend quantitativ zu erfassen.

Zwischenfazit „Vergleichbarkeit in stofflicher Hinsicht“:

Zur Vergleichbarkeit zentraler und dezentraler Behandlungsanlagen in stofflicher Hinsicht, d.h. hinsichtlich des erzielbaren Stoffrückhaltes, kann aufgrund der umfangreichen Variantenberechnungen festgestellt werden, dass diese Vergleichbarkeit gegeben ist. Die hier betrachteten dezentralen Anlagen bzw. die angesetzten Wirkungsgrade des damit erzielbaren Stoffrückhaltes führen in der Gesamtschau der unterschiedlichen problemrelevanten Stoffparameter zu vergleichbaren Ergebnissen des Stoffrückhaltes – und umgekehrt des Stoffaustrages – wie zentrale Anlagen, insbesondere im Vergleich zu Regenklärbecken.

Retentionsbodenfilter mit ihren physikalisch-chemischen und biologischen Wirkmechanismen zeigen sich in den Vergleichsrechnungen zwar eindeutig überlegen, sie stellen jedoch in der Systematik des Trennerlasses eine biologische Behandlungsmaßnahme dar, die „nur“ für die Belastungskategorie III zwingend erforderlich würde. Insoweit erscheint die Planungsoption Retentionsbodenfilter für den Vergleich mit dezentralen Behandlungsanlagen im vorliegenden Anwendungsspektrum mit überwiegend Flächenanteilen der Belastungskategorien I und II als „nicht angemessener“ Bezug.

Daraus kann jedoch nicht geschlossen werden, dass Retentionsbodenfilter immer eine aufwendigere Lösung darstellen. Bei Maßnahmen vornehmlich im ländlichen Raum mit hoher Flächenverfügbarkeit können Bodenfilter im Trennsystem mit RKB durchaus wirtschaftlich konkurrieren. Dies gilt insbesondere, wenn an Einleitungen ohnehin aus hydraulischen Gründen Anforderungen zu stellen sind und RRB und RBF kombiniert und dadurch technische und wirtschaftliche Synergieeffekte genutzt werden können.

Insgesamt ist zu betonen, dass die gewählte Methodik zur stofflichen Vergleichbarkeit die Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Anlagen und Maßnahmen hier gänzlich außer Acht lässt. Auf diesen Aspekt wurde auch im Zusammenhang mit dem Einfluss unterschiedlicher Flächenanteile der Belastungskategorien I und II deutlich hingewiesen.

8.2 Vergleichbarkeit des dauerhaften Betriebs

8.2.1 Allgemeines

Wie oben ausgeführt, untergliedert die Aufgabenstellung der vorliegenden Studie in die Untersuchung und Bewertung der Vergleichbarkeit zentraler und dezentraler Anlagen der Niederschlagswasserbehandlung in die beiden Fragestellungen

- stoffliche Vergleichbarkeit: Wirksamkeit des Stoffrückhaltes in den Anlagen
- betriebliche Vergleichbarkeit: Dauerhaftigkeit der Anlagen bezüglich Funktionsfähigkeit und Betriebssicherheit

Der Vergleich in betrieblicher Hinsicht erscheint besonders wichtig, da über den Betrieb dezentraler Anlagen bislang insgesamt nur wenige Betriebserfahrungen vorliegen und sich in der einschlägigen Literatur kaum Untersuchungen zur systematischen Erfassung und Bewertung betrieblicher Bewertungsgrößen finden. Aufgrund der relativen Neuheit der Mehrzahl der infrage kommenden und in die hier vorliegende Untersuchung einbezogenen Anlagen fehlen naturgemäß insbesondere gesicherte Erkenntnisse zur Dauerhaftigkeit des Betriebs dezentraler Behandlungsanlagen. Der Dauerhaftigkeit des Betriebs dieser Anlagen bzw. dem notwendigen Wartungsaufwand zu deren Sicherstellung kommt angesichts des Charakters dezentraler Behandlung mit einer Vielzahl von kleinen Einzelanlagen im Vergleich zur zentralen Anlage, z.B. als Regenklärbecken, naturgemäß eine besondere Bedeutung zu.

Für die Analyse der Vergleichbarkeit des dauerhaften Betriebs der Behandlungsanlagen wurden die relevanten Kenngrößen und Einflussfaktoren zunächst allgemein erfasst und als Kriterien in einer Bewertungsmatrix systematisiert. Dabei werden die einzelnen Bewertungskriterien erläutert und nach inhaltlichen Gesichtspunkten gruppiert (Hydraulik – Rückhaltevermögen – Wartung). Im Anschluss daran wird die Anwendung der Bewertungsmatrix für die im Praxistest in den ausgewählten Testgebieten untersuchten dezentralen Behandlungsanlagen vollzogen.

Dies ergibt damit erstmalig in NRW und auch in Deutschland die Möglichkeit, über den parallelen Einsatz von verschiedenen dezentralen Anlagen zu berichten und auf die betrieblichen Erfahrungen im Detail einzugehen. Aufgrund der gewählten Einsatzzeit von

- November 2009 bis Dezember 2010 – 13 Monate

ist eine seriöse Grundlage zu Aussagen hinsichtlich betrieblicher Erfahrungen gegeben, da über alle spezifischen Eigenheiten der Jahreszeiten hinweg eine Dokumentation aufgebaut werden konnte.

Hinsichtlich der getroffenen Aussagen und Einschätzungen ist zu betonen, dass die Bewertungen tatsächlich nur im Lichte der Aufgabenstellung zu sehen sind und sich auf die Vergleichbarkeit einer einzelnen dezentralen Behandlungsanlage mit der zentralen Behandlungsanlage „Regenklärbecken“

beziehen. Ein Vergleich zwischen den einzelnen Anlagen aus dem Betriebsversuch ist ausdrücklich nicht beabsichtigt und durchgeführt worden.

Ziele der Ausführungen zum dauerhaften Betrieb der dezentralen Anlagen sind eindeutig die im Trennerlass dargestellten Zusammenhänge – Zitat: „Voraussetzung für den genehmigungsfähigen Einsatz dezentraler Anlagen ist, dass hinsichtlich des Schadstoffrückhaltes und des dauerhaften Betriebs eine Vergleichbarkeit zum zentralen Behandlungsverfahren vorliegt“ zu belegen.

8.2.2 Aufbau und Erstellung der Bewertungsmatrix

Zur Bewertung eines dauerhaften Betriebs, unter Berücksichtigung der vor Ort gewonnenen Erkenntnisse, wurde mittels einer transparenten Bewertungsmatrix untersucht, inwieweit die getesteten dezentralen Anlagen vergleichbar sind mit einem zentralen Regenklärbecken (RKB). Dabei wurde besonders auf die Vergleichbarkeit zwischen der jeweiligen dezentralen Anlage und einem RKB Wert gelegt. Der Vergleich in der Bewertungsmatrix ist nicht dazu geeignet die dezentralen Anlagen untereinander zu vergleichen oder zu bewerten. Die nachfolgenden Bewertungen stützen sich auf die Beobachtungen und Auswertungen des Betriebsverhaltens der in den Testgebieten eingebauten Anlagen.

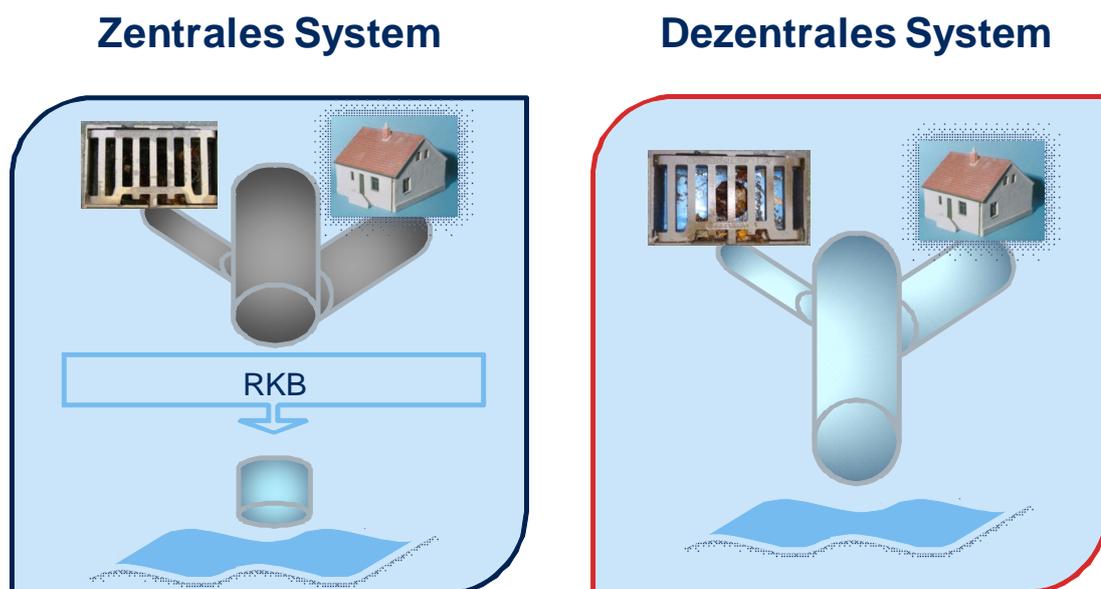


Abbildung 75: Systemdarstellung zentrale und dezentrale Behandlung

Wichtig hierbei ist der Hinweis, dass bei dem Vergleich eine Vielzahl (im Fall von Köln Porz-Lind ca. 28) von dezentralen Anlagen mit einer zentralen Anlage verglichen wird. Die vorangegangene Abbildung macht ferner deutlich, dass der zu einem dezentralen System zugehörige Straßenablauf auch beim zentralen System zur Sammlung erforderlich ist.

Um die im Praxistest in Porz-Lind untersuchten Anlagen bewerten zu können, müssen diese eine Vielzahl von Kriterien erfüllen. Hierzu sind für die

Bewertung der einzelnen Anlage folgende Kriterien entwickelt worden, um die Bewertung mittels einer Bewertungsmatrix darzustellen. Es wurden zunächst drei Gruppen von Parametern gebildet, in denen der jeweilige Vergleich mit einer zentralen Anlage dargestellt wird. Diese sind:

- Hydraulik
- Rückhaltevermögen
- Wartung

Diese drei Rubriken wurden hinsichtlich ihrer Bewertungseigenschaften unterteilt. Im Folgenden wird dargestellt, welche Unterrubriken vergeben worden sind und wie diese in den einzelnen Fällen bewertet werden.

8.2.2.1 Hydraulik

Die Hydraulik einer dezentralen Anlage stellt aufgrund der Größe der Anlage einen wichtigen Vergleichsparameter dar. Hier müssen die dezentralen Anlagen nachweisen, dass sie in ihrer Vielzahl (im Beispiel Köln Porz-Lind 28 dezentrale Anlagen) einen Vergleich mit einer vergleichbaren zentralen Anlage bestehen können. Der Parameter Hydraulik wird für den Vergleich weiter in Leistungsvermögen, Rückstauverhalten und spezifisches Speicherverhalten unterteilt.

Leistungsvermögen

Das Leistungsvermögen bezieht sich auf die hydraulische Leistungsfähigkeit einer dezentralen Behandlungsanlage. Hierbei wurde verglichen, wie gut eine dezentrale Anlage eine Belastung über das Maß von $Q_{krit} = 15 \text{ l/(s*ha)}$ gemäß der Anforderung des Trennerlasses hinaus behandeln kann. Mit dem Maßstab eines Klär- und Beckenüberlaufs eines RKB wurde bewertet, wie die dezentralen Anlagen in Köln Porz-Lind auf einen erhöhten hydraulischen Zulauf reagieren. Dazu wurden folgende Unterpunkte in der Bewertung berücksichtigt:

- Welches Vorlagevolumen hat die Anlage?
- Gibt es eine Speicherlamelle?
- Ist eine Behandlung $\gg Q_{krit}$ gegeben?
- Wieviel Stoffrückhalt / Volumen ist vorhanden?

In der Bewertung zeigte sich insbesondere in den hydraulischen Versuchen vor Ort, dass ein entscheidender Parameter die Häufigkeit der Reinigung der Anlagen für die Vergleichsergebnisse ist. So ist beispielsweise bei den vergleichbar kleinen Filtersäcken eine häufigere Reinigung notwendig, um die

Durchlässigkeit gemäß Trennerlass sicherzustellen. Gleichzeitig ist ein Filtersack nach einer Reinigung in der Lage deutlich mehr Niederschlagszufluss als 15 l/(s*ha) zu behandeln, was einem RKB per Definition von Klär- und Beckenüberlaufs nicht möglich ist. Bei anderen dezentralen Anlagen war eher das Volumen des Baukörpers entscheidend.

Rückstauverhalten > Q_{krit}

Bei diesem Unterpunkt soll explizit noch einmal der Vergleich zur vorher beschriebenen Problematik des Klär- und Beckenüberlaufs übertragen auf die dezentralen Anlagen dargestellt werden. Während beim zentralen RKB eine Ableitung der Wassermenge größer Q_{krit} dem Beckenüberlauf (BÜ) bestimmungsgemäß zugeführt wird, sind dezentrale Anlagen je nach Bauart in der Lage diese Mengen (in Teilen) mitzubehandeln oder über den Überlauf abzuschlagen. Die Bewertung dieser Eigenschaft ist unter dem Kriterium des Verhaltens bei $Q_{\text{zu}} > Q_{\text{krit}}$ zu verstehen. Hierzu wurden folgende Fragestellungen im Vergleich berücksichtigt:

- Behandelt die dezentrale Anlage mehr als Q_{krit} ?
- Wohin erfolgt der Überlauf (\rightarrow BÜ)?
- Nach welcher Standzeit wird $Q < Q_{\text{krit}}$?
- Kann es einen Überstau im Verkehrsbereich geben?

Es konnte aufgezeigt werden, dass die hier getesteten Anlagen unterschiedlich reagiert haben. Es zeigt sich, dass Anlagen mit einem größeren Baukörper deutlich bessere Eigenschaften aufzeigen als Nachrüstsysteme für den Straßenablauf. In den hydraulischen Versuchen war zu erkennen, dass diese einen größeren Anteil als Q_{krit} behandeln können.

Spezifisches Speicherverhalten

Das spezifische Speicherverhalten zeigt Unterschiede im Überlaufverhalten auf. So soll hier verglichen werden, ob eine dezentrale Anlage eine ähnlich hohe hydraulische Kapazität bei sehr starkem Zulauf aufweist. Fragen, die in diesem Zusammenhang einbezogen wurden, sind die eines Überlaufs und ob dieser kontrollierbar ist. Dies ist für eine Genehmigung und Überwachung der dezentralen Anlagen von Bedeutung. Im Einzelnen wurden folgende Aspekte bewertet:

- Überlaufverhalten bei höherem Zufluss
- Wann springt Überlauf an?
- Überlauf kontrollierbar?
- Kontrollmöglichkeit nachrüstbar?

8.2.2.2 Stoffliches Rückhaltevermögen

Das stoffliche Rückhaltevermögen wird neben der Hydraulik als übergeordnete Rubrik für den Vergleich gewählt. Hierbei werden die Grobstoffe, die abfiltrierbaren Stoffe (AFS) und die Leichtflüssigkeiten unterschieden. Die hier vorgenommenen Bewertungen basieren im Unterschied zu den Ausführungen zur stofflichen Vergleichbarkeit als methodischer Vergleich in Kapitel 8.1 auf den Beobachtungen des Betriebsverhaltens der untersuchten Anlagen in den Testgebieten.

Grobstoffe allgemein

Bei der Betrachtung der Grobstoffe wird verglichen, ob die untersuchten dezentralen Anlagen die Grobstoffe in ähnlicher Weise zurückhalten können wie ein zentrales RKB. Die meisten Grobstoffe sollen im System Straßenablauf zurückgehalten werden. Dies ist auch beim System „zentrales RKB“ der Fall. In diesem Vergleich werden die Stoffe betrachtet die ein Standardsinkkasten in Verbindung mit einem RKB zurückhält gegenüber einer dezentralen Anlage. Zum Vergleich waren folgende Fragestellungen besonders relevant:

- Welche Stoffe sind relevant?
- Wo werden diese zurückgehalten?
- Wie erfolgt die Entnahme?
- Gibt es Rücklösungsprozesse?

Abfiltrierbare Stoffe (AFS)

Die abfiltrierbaren Stoffen (AFS) sind von besonderer Bedeutung, da sich hier die Schwermetallpartikel anhaften. Gelöste Schwermetalle wurden beim vergleichenden Rückhalt nicht separat berücksichtigt, da diese zu einem sehr großen Anteil an Feinstoffen angelagert sind. Werden diese vom System zurückgehalten, ist auch ein Rückhalt von Schwermetallen gegeben. Der Vergleich bezieht sich daher auf folgende Fragestellungen:

- Welche Fraktionen werden zurückgehalten?
- Auswirkung auf das Filtermaterial → Zusetzen der Anlage
- Fracht → Welche Menge kann zurückgehalten werden?

Leichtflüssigkeiten

Leichtflüssigkeiten sind ein wesentlicher Bestandteil von gesammeltem Niederschlagswasser von Straßen. Durch Tropfverluste sind regelmäßig LFKn in Straßenabwässern nachweisbar. Gegenüber einem RKB mit Tauchwand für

LFKn stellte sich im Praxistest die Frage, ob auch eine dezentrale Behandlungsanlage einen entsprechenden Rückhalt aufweisen kann. Bei dieser Rubrik sind jedoch nicht größere Mengen von LFKn gemeint, die bei einer Havarie anfallen können. Es wurden daher folgende Punkte in die Wertung einbezogen:

- Besteht ein Rückhalt für LFKn?
- Kann der erfolgreiche Rückhalt erkannt werden?
- → Maßnahmen zur Beseitigung
- Welche Mengen bezogen auf das Einzugsgebiet können „gespeichert“ werden?

8.2.2.3 Wartung

Wartung ist die letzte Vergleichsrubrik. Hier werden in Bezug auf die Unterhaltung der Anlagen die Unterpunkte Reinigungsintervalle, Aufwand, Havarieverhalten, Erreichbarkeit im Verkehrsraum und Ersatzteile bewertet.

Reinigungsintervalle

Bei dezentralen Anlagen ist aufgrund der Baugröße eine häufigere Überwachung und Reinigung notwendig. Um einen gleichen, genehmigungsfähigen Betrieb wie bei einem RKB sicherstellen zu können, müssen hier entsprechend häufiger Überwachungen durchgeführt werden, die sich unmittelbar auf den Betriebsaufwand und die Wirtschaftlichkeit auswirken. Es wurde daher bewertet, wie häufig die dezentralen Anlagen inspiziert und ggf. gereinigt werden müssen, um einen wasserrechtlich einwandfreien Betrieb garantieren zu können. Dabei wurde aus den Praxistests heraus bewertet, wie oft eine Anlage kontrolliert, gereinigt und ggf. repariert werden musste. Folgende Punkte waren beim Vergleich zu untersuchen.

- Welche Kontrollen sind erforderlich?
- Wie häufig sind Reinigungen nötig?
- Wie leistungsfähig sind die Anlagen nach einer Reinigung?

Aufwand

Die eben beschriebene Häufigkeit einer Überwachung ist mit einem Betriebsaufwand verbunden, der sich mit dem eines zentralen RKB messen lassen muss. Hierzu wurde ein System von 28 Straßenabläufen mit einem zentralen RKB und 28 dezentrale Anlagen verglichen. Wichtig hierbei ist, dass auch zu einem RKB entsprechende Straßenabläufe gehören, wie eingangs in diesem Kapitel beschrieben. Folgende Fragen sind berücksichtigt worden:

- Welche Fahrzeuge sind nötig?
- Gibt es automatische Reinigungseinrichtungen (RKB)?
- Vergleich 28 Straßenabläufe und 1 RKB,
- aber 28 dezentrale Anlagen
- Verkehrssicherungsaufwand bei der Wartung

Havarieverhalten

Unter Havarieverhalten wird der Verlust von wassergefährdenden Stoffen, in der Regel LFKn, in nicht unerheblichem Ausmaß verstanden. Hierzu wurde für den Vergleich ein typischer Verkehrsunfall mit austretendem Öl und Kraftstoff gewertet. Diese Mengen sollen von einem RKB oder einer dezentralen Regenwasserbehandlungsanlage gleichsam aufgefangen werden. Hierzu existieren Ölalarmpläne bei den unteren Wasserbehörden, in denen entsprechende Regelungen zur Absperrung bestimmter Kanalabschnitte vor Schadstoffeinführung in ein Gewässer erfolgen müssen. Dies gelingt bei zentralen Anlagen auch durch die Transparenz eines häufig offenen ausgeführten RKBs recht gut. Für dezentrale Anlagen stellt sich aufgrund der Vielzahl der Anlagen die Frage, wie eine zentrale Absperrung, z.B. im anschließenden Regenwasserkanal erfolgen muss. Weitaus größere Havarien, wie z.B. das Auslaufen eines Tanklastzuges, stellen größere und seltenere Unfälle dar, die in einem Vergleich wie diesem keine exemplarische Rolle spielen können. Näher untersucht und verglichen wurden folgende Punkte:

- Rückhaltungsmöglichkeit von LFKn
- Absaugmöglichkeiten
- Alarmmeldung
- Leistungsfähigkeit 1 dezentrale Anlage vs. 1 RKB
- Absperrmöglichkeiten

Erreichbarkeit im Verkehrsraum

Unter Erreichbarkeit im Verkehrsraum soll dargestellt werden, wie gut die Anlage für eine Kontrolle oder Reinigung zu erreichen ist. Die Diskussion dieser Eigenschaft zeigt zwei Seiten. Zum einen kann eine Anlage im Verkehrsraum wie ein Straßenablauf als Vorteil gut erreichbar sein, gleichzeitig bei anderer Lage aber eben auch zu Verkehrsbehinderungen führen, die den Aufwand einer Kontrolle deutlich höher werden lassen. Auch hier wurde nur ein Vergleich für das Gebiet Köln Porz-Lind durchgeführt und bewertet. Die Fragestellungen waren dabei:

- Zufahrtmöglichkeiten
- Lastklassen der Zuwegung
- Verkehrslenkung
- Verkehrssicherung
- Zeitaufwand

Ersatzteile

Für die Reparatur einer Regenwasserbehandlungsanlage sind zentral und dezentral Ersatzteile notwendig. Welche und wie einfach diese vorzuhalten und zu beschaffen sind, wird in diesem Vergleich bewertet. Dabei sind folgende Kriterien begutachtet worden:

- Erreichbarkeit der Anlagenteile
- Anzahl der Anlagenteile
- Empfindlichkeit der Anlagenteile
- Verfügbarkeit Ersatzteile

Mit den oben genannten Kriterien wurde die Bewertungsmatrix erstellt (Tabelle 85). Die nachfolgende Abbildung zeigt exemplarisch den Aufbau der Bewertungsmatrix. Der Vergleich für die einzelnen dezentralen Anlagen wurde dann jeweils mit separaten Bewertungsmatrizen erstellt.

Es erfolgt ein Vergleich der untersuchten dezentralen Anlagen zu jeweils einer alternativ geplanten zentralen Anlage. Wichtig hierbei ist, dass jeweils ein dezentraler Anlagentyp mit der zentralen Anlage im Hinblick auf eine vergleichbare Behandlung bewertet wird.

Tabelle 85: Bewertungsmatrix Betrieb

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“							
Bewertungsmatrix Vergleich zentral / dezentral							
Anlagentypen	Anlagentyp	dezentral					zentral
	Wirkungsweise	Mechanisch-physikalische Anlagen			Physikalisch bzw. phys.-chem. Anlagen	Erweiterte mehrstufige Anlagen	Physikalisch bzw. phys.-chem. Anlagen
	Hersteller	Paul Schreck	ACO-drain Passavan	Fa. Roval	Funke Kunststoffe GmbH	3 P Technik Filtersysteme GmbH	
	Bezeichnung /Typ	Geotextil Filtersack	Separations-Straßenablauf SSA	Centrifoeel	Innolet	3 P Hydrosystem 1000	RkBoD
Hydraulik	Leistungsvermögen						
	Rückstauverhalten ($>Q_{krit}$)						
	spezif. Speicherverhalten						
Rückhaltevermögen	Grobstoffe allgemein						
	AFS						
	Havarieverhalten						
	Leichtflüssigkeiten						
Wartung	Reinigungsintervalle						
	Aufwand						
	Erreichbarkeit Verkehrsraum						
	Ersatzteile						
Wertung	Hydraulik						
	Wartung						
	Rückhaltevermögen						

Legende: Die Bewertung erfolgt nach dem System Bedingungen erfüllt "o", Nicht erfüllt "-", mehr als vergleichbare Anlage "+"

8.2.3 Anwendung der Bewertungsmatrix

Um zu einer Bewertung im oben beschriebenen Vergleich zukommen, sind gemeinsam folgende Anforderungen und Sachverhalte festgelegt worden:

- Die Eigenschaften müssen objektiv vergleichbar sein.
- Der Vergleich bezieht sich auf eine zentrale Anlage (hier: RkBoD).
- Es erfolgt kein direkter Vergleich zwischen dezentralen Anlagen.
- Die Bewertungen sind kein „Warentest“.

Dabei muss davon ausgegangen werden, dass es sich um eine Ersteinschätzung handelt. Um jegliche Einflussnahme eines Notensystems auszuschließen, gelten die nachfolgenden Kriterien:

Vergabe von 3 Bewertungsstufen

- O => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage
- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage
- + => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

Angewendet auf die entsprechenden dezentralen Anlagen zeigen sich folgende Ergebnisse:

Geotextil-Filtersack

Der Geotextil-Filtersack entspricht im Bereich der **Hydraulik** im Wesentlichen dem einer zentralen Regenwasserbehandlungsanlage. Im spezifischen Speicherverhalten ist durch die Beobachtungen im Praxistest aufgefallen, dass der Filtersack bedingt durch seine Konstruktion für einen Einsatz im bestehenden Straßenablauf kein entsprechendes Speicherverhalten aufweisen kann. Bei höherem Zufluss ist in vielen Fällen ein Überlauf des Systems erfolgt. Bei Prüfungen ergab sich, dass sich die Struktur des Geotextils relativ kurzfristig durch Feinpartikel zusetzt. Konstruktionsbedingt zeigt sich, dass der Überlauf je nach Anbindung des Filtersacks an den Schlammeimer eine zu geringe hydraulische Kapazität haben kann. Somit ist die standardmäßige hydraulische Leistungsfähigkeit des Straßenablaufs ohne Einsatz des Filtersacks als deutlich höher anzusehen. Aufgrund der erstmaligen Anwendung des Filtersacks in kleinen Straßenabläufen, können hier aber seitens des Herstellers noch Verbesserungen durchgeführt werden.

Das **Rückhaltevermögen** stellt sich insgesamt als ausgewogen dar. Beim Filtersack muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Anlage lediglich im Rahmen der Möglichkeiten (Einbau im Straßenablauf) bewertet werden kann. Die aus den Erfahrungen des Praxistests gewonnenen Erkenntnisse zeigen bei einem besseren Rückhalt von Grob- und Feinstoffen und eine schlechtere Wirkung beim Rückhalt von Leichtflüssigkeiten und dem Lastverhalten im Havariefall im Vergleich zum RKB als zentrale Anlage.

In der **Wartung** kann der Filtersack aufgrund seiner Kompaktheit und einfachen Handhabung gegenüber einem RKB punkten, zeigt bei einem positiven Ersatzteilverhalten aber Schwächen in der Häufigkeit der Reinigungsintervalle, weil diese je nach Einsatzort sehr kurz sein können. Wichtig ist der Hinweis, dass der Filtersack im Zweifel aufgrund seiner geringen Investitionskosten einfach ersetzt werden kann.

Tabelle 86: Bewertungsmatrix Betrieb, Geotextil-Filtersack

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Bewertungsmatrix Vergleich zentral / dezentral		
Anlagentypen	Anlagentyp	dezentral
	Wirkungsweise	Mechanisch-physikalische Anlagen
	Hersteller	Paul Schreck
	Bezeichnung /Typ	Geotextil Filtersack
Hydraulik	Leistungsvermögen	o
	Rückstauverhalten ($>Q_{krit}$)	o
	spezif. Speicherverhalten	-
Rückhaltevermögen	Grobstoffe allgemein	+
	AFS	+
	Havarieverhalten	-
	Leichtflüssigkeiten	-
Wartung	Reinigungsintervalle	-
	Aufwand	o
	Erreichbarkeit Verkehrsraum	o
	Ersatzteile	+
Wertung	Hydraulik	o
	Rückhaltevermögen	o
	Wartung	o
Legende: Die Bewertung erfolgt nach dem System Bedingungen erfüllt "o", Nicht erfüllt "-", mehr als vergleichbare Anlage "+"		

- o => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage
- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage
- + => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

Separationsstraßenablauf

Der Separationsstraßenablauf (SSA) weist im Bereich der **Hydraulik** Vorteile gegenüber einer zentralen Regenwasserbehandlungsanlage auf. Dies ist insbesondere auf das große spezifische Speichervolumen zurückzuführen. Aufgrund seiner aufwändigen Bauart als separates System hat er ein auf die angeschlossene Fläche bezogenes Volumen [m³/ha], welches das eines zentralen RKB bei der Anordnung mehrerer Behandlungsanlagen übersteigt.

Das **Rückhaltevermögen** stellt sich aufgrund seiner Größe als vergleichbar zur zentralen Behandlung dar. Der gute Rückhalt von Grob- und Feinstoffen steht einer schlechteren Wirkung beim Rückhalt von Leichtflüssigkeiten und dem Lastverhalten im Havariefall gegenüber. Diese Bewertung stützt sich besonders auf die Ergebnisse der Laboruntersuchungen des IKT. Die im Praxisversuch ermittelten Mengen an zurückgehaltenem Schlamm waren deutlich unterhalb der technischen Speicherkapazitäten, so dass bei Gebieten, die ähnlich beschaffen sind, wie das Gebiet in Köln Porz-Lind lange Reinigungsintervalle vermuten lassen. Leichtflüssigkeiten werden vom System konstruktionsbedingt nicht zurückgehalten, sind für dieses Gebiet aber auch nicht erforderlich. Dies führt im Vergleich zu einer zentralen Behandlungsanlage jedoch zu einer Abwertung. In den Kriterien Havarieverhalten und Leichtflüssigkeiten wird daher ein „-“ vergeben. Diese Bewertung wird aber durch die besseren Eigenschaften hinsichtlich Grobstoffe und AFS wieder zu einem gesamten „entspricht“ für das Rückhaltevermögen.

Die **Wartung** ist bedingt durch die Bauart und verschiedenen Kammern etwas aufwändiger als bei Straßenablaufsystemen, entspricht aber noch den Aufwendungen für eine zentrale Anlage. Positiv im Vergleich sind aber die wenigen nötigen Ersatzteile sowie die aufgrund seiner Baugröße niedrigen Wartungsintervalle. Die Bewertung im Vergleich zum RKB erfolgte noch positiv, da die Anlage in einer Vielzahl (In Porz-Lind 28 Stück) und ihrer spezifischen Größe einem geringen Wartungsbedarf unterliegen. Auch hier macht sich die großzügige Dimensionierung bemerkbar.

Tabelle 87: Bewertungsmatrix Betrieb, Separationsstraßenablauf

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Bewertungsmatrix Vergleich zentral / dezentral		
Anlagentypen	Anlagentyp	dezentral
	Wirkungsweise	Mechanisch-physikalische Anlagen
	Hersteller	ACO-drain Passavant
	Bezeichnung /Typ	Separations-Straßenablauf SSA
Hydraulik	Leistungsvermögen	+
	Rückstauverhalten ($>Q_{krit}$)	+
	spezif. Speicherverhalten	+
Rückhaltevermögen	Grobstoffe allgemein	+
	AFS	+
	Havarieverhalten	-
	Leichtflüssigkeiten	-
Wartung	Reinigungsintervalle	+
	Aufwand	o
	Erreichbarkeit Verkehrsraum	o
	Ersatzteile	+
Wertung	Hydraulik	+
	Rückhaltevermögen	o
	Wartung	+
Legende: Die Bewertung erfolgt nach dem System Bedingungen erfüllt "o", Nicht erfüllt "-", mehr als vergleichbare Anlage "+"		

O => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage

- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage

+ => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

MLK-R

Der MLK-R wurde im Praxistest nicht verbaut. Somit gibt es hier nur Untersuchungen aus dem Labortest beim IKT. Eine Bewertungsmatrix aus dem Praxisversuch wurde daher nicht erstellt.

Centrifoeel

Der Centrifoeel weist im Bereich der **Hydraulik** Vorteile beim Abflussverhalten $Q_{zu} > Q_{krit}$ gegenüber einer zentralen Regenwasserbehandlungsanlage auf. Dies begründet sich in dem hohen flächenspezifischen Bauvolumen ähnlich dem SSA. Für das Leistungsvermögen und das spezifische Speicherverhalten ist aufgrund der filigranen Zulaufsituation kein Vorteil gegenüber einer zentralen Behandlung zu erkennen. Da sich aus dem aktuellen Praxistest auch kein gravierender Nachteil darstellt, ist das System in der notwendigen Anzahl von Anlagen der zentralen Behandlung noch gleichwertig.

Das **Rückhaltevermögen** stellt sich aufgrund seiner Größe als vergleichbar zur zentralen Behandlung dar. Die Bewertung einer schlechteren Wirkung beim Rückhalt von Leichtflüssigkeiten ist auf die Ergebnisse der Laboruntersuchungen des IKT zurückzuführen. Hier haben sich aufgrund der Konstruktion und des Strömungsverhaltens in der Anlage keine Gleichwertigkeiten gegenüber einer zentralen Behandlung mit einer Tauchwand ergeben. Insgesamt wurde die Anlage daher knapp mit einem „entspricht“ gewertet.

Die **Wartung** ist, bedingt durch die Bauart als separates Schachtbauwerk, nicht so häufig wie bei einer zentralen Lösung und hebt sich damit hervor. Kompensiert wird diese Bewertung vom Aufwand für die Reinigung der verschiedenen Kammern. Diese müssen durch Öffnen von jeweils eigenen Verschlussdeckeln gereinigt werden, welches sich aufwändiger darstellt als bei einer vergleichbaren zentralen Anlage. Die Erreichbarkeit im Verkehrsraum und mögliche Ersatzteile sind gleichwertig anzusehen. Problematisch bei der Wartung war auch die fehlende Möglichkeit zur Feststellung einer Verlegung des Siphons unterhalb der Leichtflüssigkeitskugel. Zur Kontrolle muss zunächst die Anlage im unteren Bereich mit Wasser gefüllt werden, die Kugel entnommen und dann durch die fehlende Kontrollmöglichkeit prophylaktisch gereinigt werden. Im Praxistest fiel dies zunächst gar nicht auf, erst durch die Laborversuche im IKT konnten im Rahmen der Laborbedingungen entsprechende Ablagerungen festgestellt werden. Auch durch dieses Erkenntnis wurde die nicht vergleichbare Leistung im Aufwand bewertet.

Tabelle 88: Bewertungsmatrix Betrieb, Centrifoel

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Bewertungsmatrix Vergleich zentral / dezentral		
Anlagentypen	Anlagentyp	dezentral
	Wirkungsweise	Mechanisch-physikalische Anlagen
	Hersteller	Fa. Roval
	Bezeichnung /Typ	Centrifoel
Hydraulik	Leistungsvermögen	o
	Rückstauverhalten ($>Q_{krit}$)	+
	spezif. Speicherverhalten	o
Rückhaltevermögen	Grobstoffe allgemein	o
	AFS	o
	Havarieverhalten	o
	Leichtflüssigkeiten	-
Wartung	Reinigungsintervalle	+
	Aufwand	-
	Erreichbarkeit Verkehrsraum	o
	Ersatzteile	o
Wertung	Hydraulik	o
	Rückhaltevermögen	o
	Wartung	o
Legende: Die Bewertung erfolgt nach dem System Bedingungen erfüllt "o", Nicht erfüllt "-", mehr als vergleichbare Anlage "+"		

o => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage

- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage

+ => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

Innolet

Der Innolet entspricht im Bereich der **Hydraulik** im Wesentlichen dem einer zentralen Regenwasserbehandlungsanlage. Beim Behandlungsvolumenstrom kann das System aufgrund der vor Ort durchgeführten Belastungstests einen höheren Zulauf als Q_{krit} behandeln. Damit erhält das System beim Rückstauverhalten ein „+“, da es offensichtlich eine größere Zulaufmenge als Q_{krit} behandelt. Dies betrifft jedoch nur einen Zustand, bei dem das System regelmäßig gereinigt wird. Praxistests haben gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit bei belegtem Filter deutlich nachlässt. Alle weiteren Kriterien dieser Rubrik sind als gleichwertig zu einer zentralen Behandlung anzusehen.

Beim **Rückhaltevermögen** kann der Innolet die zulaufenden Grob- und Feinstoffe nicht optimal zurückhalten. Aufgrund seiner Bauart für einen Straßenablauf und Auslegung auf die weitergehende Behandlung ist eine Vergleichbarkeit gegenüber einer zentralen Lösung für die AFS und dem Havarieverhalten nicht gegeben.

Für die Parameter der **Wartung** ist der Innolet mit einer zentralen Anlage vergleichbar, im Bereich der Reinigungsintervalle ist er aufgrund seines einfachen Kartuschensystems als besser bewertet worden. Gleiches gilt für die Ersatzteile, da die Anlage modular und langlebig entwickelt wurde. Die Standzeiten eines im Schacht eingebauten Systems aus Edelstahl entsprechen mindestens denen eines RKB aus Beton und entsprechenden einbauten.

Tabelle 89: Bewertungsmatrix Betrieb, Innolet

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Bewertungsmatrix Vergleich zentral / dezentral		
Anlagentypen	Anlagentyp	dezentral
	Wirkungsweise	Physikalisch bzw. phys.-chem. Anlagen
	Hersteller	Funke Kunststoffe GmbH
	Bezeichnung /Typ	Innolet
Hydraulik	Leistungsvermögen	o
	Rückstauverhalten ($>Q_{krit}$)	+
	spezif. Speicherverhalten	o
Rückhaltevermögen	Grobstoffe allgemein	+
	AFS	o
	Havarieverhalten	-
	Leichtflüssigkeiten	o
Wartung	Reinigungsintervalle	+
	Aufwand	o
	Erreichbarkeit Verkehrsraum	o
	Ersatzteile	+
Wertung	Hydraulik	o
	Rückhaltevermögen	o
	Wartung	+
Legende: Die Bewertung erfolgt nach dem System Bedingungen erfüllt "o", Nicht erfüllt "-", mehr als vergleichbare Anlage "+"		

- O => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage
- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage
- + => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

3P Hydrosystem

Das 3P Hydrosystem weist im Bereich der **Hydraulik** über alle Bereiche Vorteile gegenüber einer zentralen Regenwasserbehandlungsanlage auf. Begründet ist dies in der Bauform, die für die semizentralen Behandlungsanlagen steht.

Das **Rückhaltevermögen** stellt sich aufgrund seiner Größe als besser gegenüber der zentralen Behandlung dar. Aufgrund der mit der weitergehenden Behandlung verbundenen Größe der Anlage ist auch in dieser Rubrik eine bessere Bewertung gegenüber einer zentralen Anlage festzustellen. Da der 3P bereits über eine DIBt-Zulassung verfügt kann er den Ablauf aus der Behandlung unmittelbar der Versickerung zuführen. Dieser weitergehende Behandlung schließt eine Behandlung von Leichtflüssigkeiten und der gelösten Stoffe ein. Dies war eine Grundlage für die gute Bewertung im Vergleich zu einem zentralen RKB. Im Havarieverhalten kann der 3P aufgrund seiner Auslegung als semizentrales System mit entsprechendem Volumen und Filterpaket ebenfalls besser bewertet werden.

Bei der **Wartung** sind Abstriche im Bereich des Aufwandes zu verzeichnen. Alle positiven Eigenschaften der Anlage sind in dem größeren Konstruktionsaufwand begründet. Somit ist der Aufwand für die Wartung vieler solcher Anlagen verglichen mit einer zentralen Anlage entsprechend höher. Eine bessere Bewertung erfährt das System bei den Reinigungsintervallen, da auch hier die aufwändige Konstruktion für entsprechend lange Intervalle sorgt. Wichtig ist jedoch der Hinweis, dass diese Anlage mit Blick auf eine direkte Versickerung entwickelt wurde und damit auch über eine entsprechende Leistungsfähigkeit im Hinblick auf die DIBt-Zulassung verfügt. Als einzige Anlage, auch aus der DIBt-Zulassung heraus, verfügt der 3P über ein Wartungsmodell, das der Betreiber über einen entsprechenden Anbieter bestellen kann. In diesem Fall wird die Anlage nach Herstellerangaben regelmäßig überwacht und gewartet. Dies bietet sich insbesondere für Lösungen im gewerblichen Bereich an, wo nur wenige Anlagen betrieben werden.

Tabelle 90: Bewertungsmatrix Betrieb, 3P Hydrosystem

Forschungsvorhaben „Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen“		
Bewertungsmatrix Vergleich zentral / dezentral		
Anlagentypen	Anlagentyp	dezentral
	Wirkungsweise	Erweiterte mehrstufige Anlagen
	Hersteller	3 P Technik Filtersysteme GmbH
	Bezeichnung /Typ	3 P Hydrosystem 1000
Hydraulik	Leistungsvermögen	+
	Rückstauverhalten (>Q _{krit})	+
	spezif. Speicherverhalten	+
Rückhaltevermögen	Grobstoffe allgemein	+
	AFS	+
	Havarieverhalten	+
	Leichtflüssigkeiten	+
Wartung	Reinigungsintervalle	+
	Aufwand	-
	Erreichbarkeit Verkehrsraum	o
	Ersatzteile	o
Wertung	Hydraulik	+
	Rückhaltevermögen	+
	Wartung	o
Legende: Die Bewertung erfolgt nach dem System Bedingungen erfüllt "o", Nicht erfüllt "-", mehr als vergleichbare Anlage "+"		

- O => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage
- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage
- + => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

8.2.4 Erkenntnisse aus dem Vergleich des dauerhaften Betriebs

Der Vergleich zum dauerhaften Betrieb der untersuchten dezentralen Behandlungsanlagen mithilfe der entwickelten Bewertungsmatrix macht die Vielschichtigkeit der Fragestellung deutlich. Entsprechend der Bandbreite relevanter Einflussgrößen und Bewertungskriterien für den Vergleich und der systembedingten Unterschiedlichkeit zentraler und dezentraler Anlagen ist eine durchgängige, einheitliche („homogene“) Bewertung kaum zu erwarten.

Dies gilt für die dezentralen Anlagen als Ganzes, aber auch für die einzelne betrachtete dezentrale Anlage kommt es zu divergierenden Einschätzungen bei den Einzelkriterien.

Insofern sollte die entwickelte Bewertungsmatrix nicht als Checkliste verstanden werden, bei der die „Nichterfüllung“ einzelner Kriterien zu einem „Ausschluss“ der betrachteten Anlage führen würde. Vielmehr bedarf es einer zusammenfassenden Bewertung des Gesamtbildes mit Relativierung und auch Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien. Dabei helfen die im Einzelfall gegebenen Erläuterungen zur Vergabe der Bewertungen „+ / 0 / -“. Sie dienen sowohl der Begründung und dem Verständnis, warum eine bestimmte Bewertung vergeben wurde, als auch ggf. der Relativierung einer bestimmten Beurteilung.

Einzelne, durch „-“ – Bewertungen erkennbare Schwächen dezentraler Anlagen im Vergleich zum Regenklärbecken sind entsprechend nicht als Ausschlusskriterium der Anlage insgesamt zu verstehen. Sie können aber als Auswahlhilfe im konkreten Anwendungsfall mit seinen spezifischen Erfordernissen dienlich sein, wo bestimmte Kriterien besonderes Gewicht erhalten oder umgekehrt nur von untergeordneter Bedeutung sein können.

Umgekehrt machen die vergebenen „+“ – Bewertungen deutlich, dass dezentrale Anlagen in einzelnen Leistungsmerkmalen des dauerhaften Betriebs ganz offensichtlich Vorteile gegenüber zentralen Anlagen haben. Auch diese sollten mehr als Auswahlhilfe zu den spezifischen Anforderungen des einzelnen Anwendungsfalls verstanden werden.

Aus der Anwendung der Bewertungsmatrix an den dezentralen Einzelanlagen ist auch deutlich geworden, dass einzelne Bewertungskriterien für den Vergleich mit der zentralen Behandlungsanlage „Regenklärbecken“ scheinbar unpassend wirken. Dies gilt z.B. für das Kriterium „Ersatzteile“! Hier ist zunächst festzustellen, dass sich die Notwendigkeit von Ersatzteilen beim RKB für das eigentliche Bauwerk nicht stellt, allenfalls für die maschinentechnische Ausstattung (Entleerungspumpe, Drosselorgan oder die Reinigungseinrichtung). Hier ist dann eine Vergleichbarkeit der Anfälligkeit gegen Ausfall evt. nicht gegeben. Insofern sollte dieses Kriterium dahingehend verstanden werden, ob und in welchem Ausmaß hier bei der dezentralen Anlage besondere „Aufwendungen“ zu erwarten sind.

Dabei ist insgesamt zu betonen, dass die Bewertungen zur Dauerhaftigkeit auch in den aufgeführten Einzelkriterien überwiegend rein qualitativ vollzogen wurden. Ein zahlenmäßiger, quantitativer Vergleich hätte bei den Kriterien zur Hydraulik und zum Stoffrückhalt die parallele Untersuchung beider Systeme und die vollständige Erfassung der Zulauf- und Ablaufsituation erfordert, und das über einen längeren Zeitraum, um eine hydrologisch repräsentative Grundgesamtheit des Belastungsspektrums zu erhalten. Dieser Untersuchungsaufwand war im vorliegenden Projekt nicht zu leisten und wäre der Fragestellung zur Vergleichbarkeit auch nicht angemessen gewesen. Zwangsläufig verbleibt mit dem begrenzten Beobachtungszeitraum und Anwendungsspektrum ein Unsicherheitsmaß hinsichtlich der Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse für gänzlich andere Anwendungsfälle.

Andere Vorhaben die zum selben Thema in NRW durchgeführt wurden kommen zu dem Ergebnis, dass eine Untersuchung der Zu- und Ablaufsituation im Wesentlichen nur qualitativ durchgeführt werden konnte. In Hagen wurden mehrere Innolets an einer stark befahrenen Straße beprobt. Hier konnte durch die Untersuchung nicht in allen Fällen die zulaufende Regenwassermenge eines Ereignisses nach der Behandlung wieder aufgenommen und beprobt werden. Somit wurden durch verschiedene Zu- und Ablaufsituationen an eingebauten Anlagen qualitativ Stichproben entnommen, die hinsichtlich einzelner Parameter näher untersucht wurden. Nähere Hinweise können dem Projektbericht „Untersuchung Straßenablauffilter INNOLET“ (Stadtentwässerung Hagen; Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Hoppegarten) entnommen werden.

Zwischenfazit:

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die untersuchten Anlagen in den betrachteten Testgebieten insgesamt die geforderte Vergleichbarkeit hinsichtlich eines dauerhaften Betriebes weitgehend erfüllen.

8.3 Diskussion und Gesamtbewertung zur Vergleichbarkeit zentraler und dezentraler Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung

Die Ergebnisse und Erläuterungen der voranstehenden Kapitel 8.1 (stofflicher Vergleich) und 8.2 (betrieblicher Vergleich) zeigen auf, dass die Vergleichbarkeit dezentraler Behandlungsanlagen für Niederschlagsabflüsse mit zentralen Anlagen – mit vorrangiger Betrachtung von Regenklärbecken – grundsätzlich gegeben ist.

Die durchgeführten Untersuchungen als methodischer Vergleich zur Leistungsfähigkeit des Stoffrückhaltes einerseits und als Betriebsbeobachtung und -auswertung zur Dauerhaftigkeit des Betriebs belegen insgesamt die Gleichwertigkeit der betrachteten dezentralen Anlagen mit der zentralen Behandlungsanlage (Typ RKB).

Die Bewertungen zur Vergleichbarkeit in stofflicher Hinsicht stützen sich methodisch auf zwei Betrachtungsweisen:

a) methodischer (theoretischer) Vergleich der stofflichen Leistungsfähigkeit zentraler und dezentraler Anlagen auf der Basis systematisch abgeleiteter und durch umfangreiche Literaturrecherchen abgesicherter Kenngrößen zum Schmutzstoffaufkommen im Niederschlagsabfluss und zur Wirksamkeit unterschiedlicher Anlagen(typen),

b) praktisch-empirischer Vergleich der betrieblichen Dauerhaftigkeit durch systematische Beobachtung und Kontrolle ausgewählter dezentraler Anlagen und Testgebiete; Erstellung einer gegliederten Bewertungsmatrix und syste-

matischem Vollzug der Bewertungen in Bezug auf die Referenzanlage „Regenklärbecken“.

a) methodischer Vergleich zur stofflichen Wirksamkeit

Der methodische Vergleich der stofflichen Leistungsfähigkeit durch vergleichende Bilanzierung resultierender Stoffausträge bei dezentraler und zentraler Lösung belegt die Wirksamkeit dezentraler Anlagen für einen gezielten Stoffrückhalt. Diese Anlagen können je nach vorliegender Nutzung der Abflussflächen und erwarteter Verschmutzung oder je nach Schutzbedürfnis des Gewässers, in das eingeleitet werden soll, anwendungsspezifisch konfektioniert werden. Dies gestaltet sich naturgemäß bei Neuerschließungen einfacher als bei bestehenden Entwässerungssystemen.

Die gezielte – und dann auch besonders wirtschaftliche – Anordnung dezentraler Anlagen für nur kleine Flächenanteile mit erhöhter Verschmutzung ist ein weiterer Vorteil gegenüber der zentralen Anlage, auch wenn der rechnerische Vergleich hier zunächst ein anderes Bild liefert. Hinzu kommt, dass beide Anlagentypen mit geringem baulichen Aufwand auch in bestehende Straßeneinläufe eingebaut werden können, während umgekehrt bei einem Regenklärbecken mit geringem Volumen bereits vergleichsweise hohe „Grundaufwendungen“ erforderlich werden.

Darauf hinzuweisen ist, dass sich die Bewertungen zur stofflichen Leistungsfähigkeit aus dem methodischen Vergleich weniger auf den namentlich genannten Anlagentyp beziehen, sondern im Sinne einer Typisierung dezentraler Anlagen zu verstehen sind. Um diese Relativierung zu unterstreichen, wurden z.B. die angesetzten Wirkungsgrade in einer groben Abstufung vorgegeben, abweichend von den in Kapitel 4 aus der Literaturrecherche abgeleiteten, scheinbar genaueren Zahlenangaben. Entsprechend bezieht sich die Bewertung zur festgestellten „Vergleichbarkeit in stofflicher Hinsicht“ auch allgemein auf Anlagen, die vergleichbare Wirkungsgrade und Wirksamkeiten zum Stoffrückhalt, bezogen auf die einzelnen Stoffparameter, aufweisen.

b) betrieblich-empirischer Vergleich zur Dauerhaftigkeit des Betriebs

Auch aus der vollzogenen Bewertung zum dauerhaften Betrieb kann den dezentralen Anlagen mit den gewonnenen Erkenntnissen aus den betrachteten Testgebieten und den dort eingebauten Anlagen ihre grundsätzliche Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen – Referenzanlage RKB – bescheinigt werden. Dabei ist deutlich geworden, dass aufgrund der Andersartigkeit der Anlagen und der naturgemäß deutlich größeren Anzahl an „Betriebspunkten“, die einer regelmäßigen Inspektion und Wartung bedürfen, auch andere Anforderungen an die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit resultieren. Dem überwiegend deutlich geringeren Aufwand zur Erstellung bzw. zum Einbau der dezentralen Anlagen steht ein erhöhter betrieblicher Aufwand zur Sicherstellung und Erhaltung der Funktionsfähigkeit und Leistungsfähigkeit über die gesamte Betriebsdauer entgegen.

Dieser Sachverhalt ist nachvollziehbar und war zu erwarten. Er ist jedoch kein Widerspruch zum Bewertungsergebnis der grundsätzlichen Vergleichbarkeit in diesem Punkt. Hinsichtlich der Verallgemeinerung dieser Bewertung muss einschränkend auf die begrenzte Grundgesamtheit der Beobachtung hingewiesen werden, auch wenn in den gängigen Anwendungsfällen kein grundsätzlich anderes Betriebsverhalten erwartet wird. Die Einflüsse besonderer Randbedingungen bedürfen ohnehin einer gesonderten Bewertung im Einzelfall. Die **quantitative Bewertung** von Lösungsalternativen nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist ohnehin dem jeweiligen Anwendungsfall vorbehalten, ggf. auch hinsichtlich der Auswahl des richtigen dezentralen Anlagentyps.

c) Anmerkung zum hydraulischen Aufnahmevermögen

Bei den Betrachtungen zur Vergleichbarkeit zentraler und dezentraler Anlagen zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen ist auf eine Besonderheit in der hydraulischen Auslegung der Anlagen besonders hinzuweisen. Die als Referenz gewählte zentrale Anlage „Regenklärbecken“ wird üblicherweise auf einen kritischen Niederschlagsabfluss ausgelegt, für den die Oberflächenbeschickung einzuhalten ist. Darüber hinausgehende Zuflüsse werden über einen Beckenüberlauf an der Anlage vorbei geführt. Dieser geordnete „Bypass“ unterliegt somit keiner stofflichen Behandlung, er vermeidet aber den Austrag bereits im Becken abgesetzter Schmutzstoffe. Die regelmäßige Inspektion des Regenklärbeckens offenbart per Augenschein den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage bzw. umgekehrt die nicht ordnungsgemäße Aktivierung des Beckenüberlaufs. Betriebsstörungen lassen sich so leicht erkennen und beheben.

Grundsätzlich kann auch bei dezentralen Anlagen eine Begrenzung der Zuflussgröße auf eine vergleichbare Größe wie beim RKB vorgenommen werden (z.B. entsprechend einer Regenspende von 15 l/s*ha). Die Schwierigkeit liegt hier aber im Erkennen eines reduzierten hydraulischen Aufnahmevermögens oder von betrieblichen Störungen, wenn der Bypass aufgrund von Verlegungen oder Kolmation des Filtermaterials frühzeitig aktiviert wird. In diesem Fall würde der Zufluss insgesamt oder ein erhöhter Abflussanteil ohne Behandlung weitergeführt.

Zum dauerhaften Betrieb gehört somit die Anforderung, dass bei hydraulisch begrenzter Auslegung der Behandlungseinheit sichergestellt ist, dass Zuflüsse bis zu diesem „Grenzwert“ tatsächlich durch die Behandlungseinheit geführt werden, das hydraulische Aufnahmevermögen oberhalb dieses Schwellwertes verbleibt bzw. ein Unterschreiten des Schwellwertes schnell erkannt wird. Die bloße Sichtkontrolle in regelmäßigen, auch in kurzen Abständen, dürfte nicht zu einem Erkennen derartiger Probleme führen.

Die Weiterentwicklung der am Praxistest beteiligten Anlagen wird zeigen, welche Möglichkeiten bestehen diese Behandlungsgrenzen aufgrund der Verlegung der Anlage anzuzeigen. Neben den im Projekt durchgeführten Untersuchungen können hier in Zukunft technische Einrichtungen zum Tragen kommen, die in der Lage sind, nach entsprechender Eichung des Behand-

lungsanlagentyps im Labor, ein Signal vor Ort oder Verschaltung mehrerer Anlagen per Funk abzugeben. Auch der Einsatz der RFID-Technologie wäre hier angezeigt.

Eine Möglichkeit wäre das Auftreten eines sichtbaren Rückstaus des Zuflusses auf die Oberfläche, allerdings mit möglicherweise unerwünschten Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit etc. Hier sind die Hersteller von Anlagen mit geordnetem Bypass gefordert, entsprechende Kontrollmöglichkeiten zur Feststellung der hydraulischen Funktionsfähigkeit bzw. ihrer Beeinträchtigung vorzusehen.

Im konkreten Anwendungsfall kann der Aspekt der hydraulischen Funktionsfähigkeit von dezentralen Anlagen relevante Auswirkungen auf die Entwässerungsplanung nach sich ziehen. Zum Beispiel ist bei der Anwendung im Einzugsgebiet von Trinkwassertalsperren bzw. ausgewiesenen Wasserschutzgebieten nicht nur das Verschmutzungspotential der zufließenden Stoffströme zu beachten, sondern insbesondere das Gefährdungspotential für die Umwelt abzuschätzen und in der Gesamtbetrachtung mit einzubeziehen. Im Einzelfall kann es möglich sein, aus planerischer oder behördlicher Sicht den sinnvollen Einsatz von bestimmten dezentralen Anlagen auszuschließen, solange hierfür keine betriebssicheren Lösungen gegeben sind.

Die hier durchgeführten Untersuchungen beziehen sich ausschließlich auf Einsatzbereiche zur Behandlung von Niederschlagswasser von Verkehrsflächen. Ein analoger Einsatz von dezentralen Anlagen in Gewerbegebieten kann daraus nicht geschlussfolgert werden und war auch nicht Gegenstand der durchgeführten Untersuchungen. In Gewerbegebieten liegen grundsätzlich andere Voraussetzungen vor, da das behandlungsbedürftige Niederschlagswasser von (öffentlichen) Verkehrsflächen nur einen vergleichsweise kleinen Anteil am insgesamt behandlungsbedürftigen Niederschlagswasser ausmacht. In den Vordergrund treten behandlungsbedürftige Niederschlagswässer der (privaten) Hofflächen mit Nutzungen zum Beispiel als Produktlagerflächen sowie vielfältigen Sondernutzungen, die sich im Laufe der Jahre auch erheblich ändern können. Daneben treten andere Kriterien wie das Havarieverhalten in den Vordergrund, die das Vorhalten zentraler Regenklärbecken erforderlich machen und dezentrale Lösungen ausschließen können. Auch spielen rechtliche Aspekte der Abwasserbeseitigungspflicht eine Rolle, da unter Vorsorgegesichtspunkten zur Wahrung einer gesicherten Erschließung eine öffentliche Entsorgung belasteter Niederschlagswässer zweckmäßig oder notwendig sein kann. Öffentliche Niederschlagswasserbeseitigung kann jedoch nicht durch dezentrale Anlagen auf privaten Grundstücken erfolgen.

Aufgrund der völlig anderen Randbedingungen lassen sich die Aussagen des Untersuchungsvorhabens nicht auf Gewerbegebiete übertragen.

Generell ist festzuhalten, dass die grundsätzliche Vergleichbarkeit des Stoffrückhaltes und des dauerhaften Betriebs dezentraler Behandlungsanlagen für Niederschlagswasserabflüsse mit zentralen Anlagen gem. Trennerlass gegeben ist, jedoch in der individuellen Projektanwendung und der Entwässerungsplanung die besonderen Randbedingungen bzw. die wasserwirtschaftliche Bedeutung des konkreten Einzugsgebietes mit der gebotenen Sorgsamkeit zu beachten sind. Dies erfordert von den Projektbeteiligten eine ganzheitliche Betrachtung der Aufgabe und macht den hohen Qualitätsanspruch an die Planung deutlich.

9 PLANERISCHE HINWEISE FÜR DIE UMSETZUNG VON DEZENTRALEN BEHANDLUNGSANLAGEN

Für die konkrete Planung und Umsetzung von dezentralen Systemen sind insbesondere die technischen und die wirtschaftlichen Aspekte von Bedeutung, wobei die Wirtschaftlichkeit von dezentralen Anlagen für den Netzbetreiber ein wesentliches Auswahlkriterium darstellt.

Die Zulassung von dezentralen Behandlungssystemen ist gemäß Trennerlass im Wesentlichen abhängig von der Vergleichbarkeit der stofflichen Wirksamkeit und des dauerhaften Betriebs mit zentralen Systemen.

Um einen wirtschaftlichen Vergleich verschiedener Varianten zur Regenwasserbehandlung durchführen zu können, sind im Rahmen einer Studie / Vorplanung die nachfolgenden stichwortartig erfassten Arbeitsschritte erforderlich. Auf die technischen und wirtschaftlichen Aspekte wird anschließend genauer eingegangen, um darauf aufbauend beispielhaft einen wirtschaftlichen Vergleich verschiedener Varianten zur Regenwasserbehandlung im Einzugsgebiet Köln Porz-Lind aufzuzeigen.

- Erfassung der Flächen im Einzugsgebiet
 - Durchführung einer Ortsbegehung und Erstellen einer Fotodokumentation
 - Kategorisierung der Flächen nach Trennerlass des MUNLV 2004
 - Flächennutzungen (z. B. Wohnbau-, Gewerbeflächen)
 - Verkehrsbelastung (z. B. DTV)
 - Gefahrenpotential (z.B. Gefahrguttransporte)
- Ermittlung der Flächengrößen (klärflichtige Flächen)
 - Dachflächen
 - Park- und Hofflächen
 - Straßenflächen
 - Anschlussfläche jedes Straßenablaufs
- Auswahl geeigneter dezentraler Behandlungsanlagen
 - Naturnahe Systeme
 - Flächenbeläge
 - Sinkkasteneinsätze
 - Schachtsysteme DN 1000
 - größere Kunststoffsysteme
 - größere Betonsysteme (Ortbeton oder Fertigteile)

- Zu berücksichtigen ist
 - Die Bauart des Systems
 - Mögliche Anschlussfläche
- Nachweis der Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen gem. Trennerlass
 - Stofflich, unter Anwendung der Bewertungsmethodik mit
 - den Flächengrößen
 - den Jahresfrachten
 - den Wirkungsgraden
 - Betrieblich, unter Anwendung der Bewertungsmatrix
- Ermittlung/ Prüfung der technischen Machbarkeit im Rahmen einer Studie / Vorplanung
 - Integrierbarkeit ins vorhandene Entwässerungssystem
 - Kompatibilität mit der Größe der angeschlossenen Fläche
 - Kompatibilität mit den Zu- und Abläufen
 - Betriebsarbeiten im Planungsraum
- Vergleich der Kosten
 - Berechnung der Investitionskosten
 - Berechnung der Betriebskosten
 - Berechnung und Vergleich der Projektkostenbarwerte nach den „Leitlinien zur dynamischen Kostenvergleichsrechnung“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

9.1 Technische Aspekte

Die technische Machbarkeit von dezentralen und zentralen Anlagen ist abhängig von den individuellen Gegebenheiten im Planungsraum, wie zum Beispiel der Größe der undurchlässigen Fläche und des Platzangebotes. Des Weiteren kann der Einsatz durch die Bauart des Systems (Platzbedarf, Zu- und Ablaufhöhen), oder, wie bei den zentralen Regenklärbecken, von den Bemessungsgrundlagen (z. B. Bestimmung des Nutzvolumens, max. Oberflächenbeschickung und max. horizontale Fließgeschwindigkeit) beeinflusst sein.

Während die genannten Aspekte bei einem Einsatz der Systeme in Neubaugebieten oder neu geplanten Verkehrsflächen eine untergeordnete Rolle spielen, können sie bei einer Anwendung in bestehenden Gebieten bzw. Straßenflächen maßgeblichen Einfluss auf die erforderlichen Maßnahmen und somit auf die Investitionskosten haben.

Einige Hersteller von dezentralen Systemen bieten eine Unterstützung bei den ersten Planungsschritten und der Dimensionierung ihrer Produkte an und stellen teilweise sehr detaillierte Bemessungshilfen z. B. in Form von Ex-

cel Tabellen und digitalen Systemplänen (z. B. im dwg-Format) zur Verfügung, wodurch die Umsetzung der Behandlungsanlagen im Planungsraum unter Berücksichtigung der verschiedenen örtlichen Restriktionen vereinfacht werden kann.

Im Folgenden werden die technischen Aspekte näher erläutert.

Integrierbarkeit ins vorhandene Entwässerungssystem

Die Integrierbarkeit in das vorhandene Entwässerungssystem spielt bei größeren dezentralen Systemen, aber auch bei zentralen Regenklärbecken, eine wesentliche Rolle. Kann ein Becken oder ein dezentrales System nicht im öffentlichen Straßenraum angeordnet werden, ist gegebenenfalls Grunderwerb erforderlich, der den Planungsverlauf bekanntermaßen zeitlich und somit auch kostentechnisch negativ beeinflussen kann. Unterirdische Bauwerke, wie Tiefgaragen oder entwässerungstechnische Bauwerke sind gleichermaßen für die Standortauswahl zu berücksichtigen wie das Vorhandensein eines alten Baumbestandes sowie Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete. Die Lage von Ver- und Entsorgungsleitungen ist sowohl für große als auch für kleine Systeme zu berücksichtigen. Erfahrungen aus dem Forschungsvorhaben haben gezeigt, dass sich beispielsweise die Investitionskosten eines Schachtsystems DN 1000 durch eine Vielzahl bestehender Ver- und Entsorgungsleitungen signifikant erhöhen können. Abhängig von der Art des gewählten Behandlungssystems sollte ein Bodengutachten zur Feststellung der hydrogeologischen Verhältnisse und der Grundwasserstände erstellt werden.

Kompatibilität mit der Größe der angeschlossenen Fläche

Während zentrale Regenklärbecken u. a. nach der Größe der angeschlossenen Fläche (also einzugsgebietsspezifisch) dimensioniert werden, ist bei vielen dezentralen Systemen die hydraulische Leistungsfähigkeit und somit die Größe der anschließbaren Fläche durch die Bauart festgelegt. Einige Systeme werden vom Hersteller auch in unterschiedlichen Bauarten mit unterschiedlich großen, anschließbaren Flächen angeboten. Trotz allem müssen die Flächen im Einzugsgebiet möglichst genau bestimmt werden. Dies gilt vor allem für den Einsatz von Sinkkasteneinsätzen bzw. Schachtsystemen für kleinere Anschlussflächen. Diese sind häufig für Flächen der Größe von 250 m² bis 500 m² ausgelegt, wobei die vorhandene Anschlussfläche der Sinkkästen, wie sich im Einzelfall gezeigt hat, durchaus wesentlich größer sein kann. Dies bedeutet, dass in einem solchen Fall zusätzliche Sinkkästen im Straßenraum angeordnet bzw. die vorhandenen Sinkkästen umgebaut werden müssen, um das Niederschlagswasser schadlos abzuführen. Bei kleineren Anschlussflächen können auch mehrere Sinkkästen an ein System angeschlossen werden. Ob ein Eingriff in den Straßenoberbau vertretbar ist, ist im Einzelfall zu prüfen und zu entscheiden. Gegebenenfalls können Synergieeffekte bei Erfordernis einer Sanierung des Straßenoberbaus genutzt werden.

Kompatibilität mit den Zu- und Abläufen

Lassen die oben genannten Kriterien einen Einsatz der in Betracht gezogenen Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung zu, können die Lage und die Art der Zu- und Abläufe den Einsatz wiederum einschränken.

Die Kompatibilität mit den Zu- und Abläufen ist ebenfalls eher bei kompakten Fertigteilsystemen zu berücksichtigen, da hier die Zulaufhöhe und der Durchmesser in der Regel durch die Bauart vorgegeben sind. Besonders tief liegende Kanäle erfordern eine entsprechende Tiefenlage des Systems, beispielsweise eines Reinigungsschachtes, wobei hier die Begehbarkeit des Systems nicht beeinträchtigt werden darf. Ebenso ist die Auslegung des Schachts auf den vorhandenen Erddruck zu berücksichtigen. Bei vorgegebener Ablaufhöhe ist zu prüfen, ob ein ausreichendes Gefälle zum Anschlusskanal eingehalten werden kann.

Der Einsatz einiger Sinkkasteneinsätze ist abhängig von der Bauhöhe des Sinkkastens. Handelt es sich um einen Straßenablauf mit niedriger Bauhöhe, ist dieser ggf. auszutauschen, was eine Anpassung des Ablaufkanals zum Sammler erforderlich macht. Einige Hersteller bieten auch eine Sonderanfertigung ihrer Systeme an – die Wirtschaftlichkeit beider Varianten ist im Einzelfall zu prüfen.

Sollen bei großer Anschlussfläche mehrere Systeme parallel angeordnet werden, ist ein Verteilerbauwerk vorzusehen, durch das gleichzeitig der Durchmesser des Zulaufs zum Behandlungssystem angepasst werden kann.

Des Weiteren erfordern einige dezentrale Systeme einen oberirdischen Zulauf des Niederschlagswassers. Besteht die Möglichkeit, das Behandlungssystem am Fahrbahnrand anzuordnen, kann der Zulauf dem vorhandenen Entwässerungssystem entsprechend, über die Bordrinne erfolgen. Hierbei ist das Längsgefälle der Rinne zu berücksichtigen und zu prüfen, ob eine Verengung des Straßenquerschnittes (gem. RAS-Q) oder ein Eingriff in den Rad- oder Gehweg möglich ist.

Betriebsarbeiten im Planungsraum

Wesentlich für den Einsatz von dezentralen Behandlungsanlagen sind nicht nur die planerischen Aspekte, die einen Einfluss insbesondere auf die Investitionskosten haben, sondern auch die betrieblichen Aspekte.

So stellt die Möglichkeit eines schadlosen Abflusses bei Rückstau ein weiteres Auswahlkriterium für die Art der Regenklärung dar. Befinden sich Sinkkästen in einem Geländetiefpunkt, was vor allem im Bereich von Unterführungen der Fall ist, sind die Auswirkungen eines möglichen Rückstaus genau zu prüfen und daraufhin ein Einsatz von dezentralen Systemen zu beurteilen.

Bei Verkehrsflächen mit hohem Verkehrsaufkommen muss für die Betriebsarbeiten (Kontrolle, Reinigung und Wartung) aus Gründen der Sicherheit ggf. eine Fahrspur gesperrt werden. Dies ist häufig nur schwer umzusetzen,

da es sich in der Regel um Verkehrsknotenpunkte handelt. Auch die Zugänglichkeit von Behandlungsanlagen muss gewährleistet sein. Befinden sich dezentrale Reinigungssysteme in Straßenabläufen, können diese ggf. überparkt werden, wodurch der Ablauf der Betriebsarbeiten gestört werden kann, was sich entsprechend auf die Betriebskosten niederschlägt.

9.2 Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionskosten können aufgrund der unter Kapitel 9.1 genannten Restriktionen sowohl für dezentrale als auch zentrale Systeme eine große Spannweite aufweisen. Daher lässt sich nicht pauschal sagen, welche Lösung die kostengünstigste ist. Diese ist im Rahmen einer Studie oder Vorplanung, in der die Einzugsgebietsspezifischen Aspekte berücksichtigt werden, zu ermitteln.

Einen pauschalen Ansatz für die Betriebskosten von dezentralen und zentralen Anlagen gibt es bislang nicht. Viele dezentrale Systeme befinden sich zur Feststellung des Betriebsaufwandes noch in der Beprobung.

Zudem ist das Erfordernis einer Reinigung oder eines Austausches von System- bzw. Filterelementen von der stofflichen Belastung des Niederschlagswassers und damit von den Flächennutzungen im Einzugsgebiet abhängig, was für dezentrale und für zentrale Systeme gleichermaßen gilt.

9.3 Kostenvergleich von dezentralen und zentralen Behandlungssystemen

Um einen Überblick über die Gesamtkosten verschiedener Maßnahmen zur Regenklärung zu erhalten, wurde beispielhaft ein Kostenvergleich nach den "Leitlinien zur dynamischen Kostenvergleichsrechnung (KVR-Leitlinien) der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)" für dezentrale Systeme und ein zentrales Regenklärbecken am Beispiel des Einzugsgebietes Köln Porz-Lind durchgeführt.

Hierfür wurden die Investitionskosten für ein zentrales Regenklärbecken mittels spezifischer Nettobaukosten in €/m³ Beckenvolumen gem. [Bezirksregierung Köln, 2009] berechnet. Das erforderliche Beckenvolumen wurde nach Trennerlass abhängig von den Flächengrößen mit

- 10 m³/ha angeschlossener Fläche der Kategorie II und III (klärflichtig) und
- 5 m³/ha angeschlossener Fläche der Kategorie I (nicht klärflichtig)

bestimmt.

Die Betriebskosten für Regenklärbecken wurden bereits in Kapitel 6.5.8 erläutert und für die Kostenvergleichsrechnung verwendet.

Die Berechnung der Investitions- und Betriebskosten für die dezentralen Systeme erfolgte auf Grundlage der während des Forschungsvorhabens ermittelten Werte:

- Anzahl der Sinkkästen
- Größe der Anschlussflächen jedes Sinkkastens
- Baukosten je System
- Betriebskosten pro Jahr jedes Systems

Bei der Kostenschätzung blieben sowohl für das zentrale RKB als auch für die dezentralen Systeme Kosten für

- Ingenieurleistungen,
- Nebenanlagen,
- einzelne Aspekte der technischen Machbarkeit wie
- Grunderwerb,
- Ver- und Entsorgungsleitungen und
- Bodenverhältnisse

unberücksichtigt.

Mittels einer Variantenbetrachtung konnte das Kostenspektrum, in dem sich dezentrale und zentrale Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung bewegen, veranschaulicht werden. Es wurde deutlich, dass der Ansatz der Wiederholungshäufigkeiten für die Kontrollen und die Reinigung sowie die Nutzungsdauern maßgeblichen Einfluss auf die Gesamtkosten nehmen.

Da die Wiederholungshäufigkeiten abhängig von der Schadstoffbelastung der klärpflichtigen Flächen sind, können die dezentralen Systeme, je nach Beschaffenheit des Einzugsgebietes, durchaus die kostengünstigere Variante darstellen.

Die Kostenvergleichsrechnung einschließlich der Kostengrundlagen ist dem Kapitel 3 in der Anlage 2 zu entnehmen.

9.4 Einsatz der verschiedenen Systeme

Die in den Kapiteln 9.1, 9.2 und 9.3 dargestellten zahlreichen Einflussfaktoren für die Auswahl der unterschiedlichen am Markt vorhandenen Systeme fordern vom Planer, sich der örtlichen Situation anzupassen. Für alle Gebiete bieten sich durch die Kombination von dezentralen Anlagen wie Filtersack, Innolet und SSA und semizentralen Anlagen wie 3P-Hydrosystem und Lamellenklärer sowie zentralen Regenklärbecken für Teilgebiete Lösungen, die die Anforderungen des Trennerlasses erfüllen und eine wirtschaftliche Beseitigung des Niederschlagswassers sicherstellen.

In vielen Fällen ist aber auch ein zeitlich begrenzter Einsatz von Anlagen denkbar. Wenn in einem Gebiet Straßenabläufe an belasteten Straßen saniert werden müssen, ehe eine geplante Sanierung der Kanäle oder eine Er-

neuerung der Straße in diesem Gebiet durchgeführt werden kann, sind insbesondere die Anlagen, die in vorhandene Einläufe eingesetzt werden, in der Lage, das Niederschlagswasser für eine begrenzte Zeit mit geringen Investitionskosten zu reinigen, um die Einhaltung der wasserrechtlichen Anforderungen zu erfüllen. Damit kann in erheblichem Umfang Zeit für eine Planung gewonnen werden, die alle Gesichtspunkte wie Sanierung der öffentlichen Kanalisation und der Grundstücksanschlüsse oder einen Ausbau einer Straße berücksichtigt. Die höheren Betriebskosten werden durch die Vorteile des Zeitgewinnes mehr als ausgeglichen.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Kosten hat die Häufigkeit der Überwachung der Anlagen. In den Berechnungen für die Kosten und in der Wirtschaftlichkeitsermittlung wird auf die Selbstüberwachungsverordnung Kanal zurückgegriffen. Im Anhang sind Richtwerte für die Anlagenüberwachung angegeben, die allerdings noch aus der Zeit des Erlasses der Verordnung stammen. Die Verordnung bietet aber die Möglichkeit, aktuelle Erfahrungen beim Betrieb der Kanalisationen und damit auch der Regenklärbecken und der dezentralen und semizentralen Anlagen in einem Überwachungsplan zu berücksichtigen. Die darin geplanten Zeiten für die Kontrollen können an die örtlichen Erfahrungen und an die übliche Betriebsweise angepasst werden und damit die Kosten für den Betrieb erheblich senken. Der Einfluss dieser Anpassungen ist in der Wirtschaftlichkeitsberechnung für jedes einzelne Gebiet zu berücksichtigen.

Deshalb ist auch die Berechnung für Köln Porz-Lind als Muster für eine Berechnung anzusehen, die immer an die tatsächliche Situation angepasst und ergänzt werden muss.

10 ZUSAMMENFASSUNG

Projektveranlassung

Die emissionsbezogenen Anforderungen an die Niederschlagswasserbehandlung im Trennsystem werden in Nordrhein-Westfalen durch den RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vom 26.05.2004 (kurz: Trennerlass) geregelt. Dort wird das Erfordernis einer Behandlung des Niederschlagswassers von der Schadstoffbelastung der einzelnen Flächen abhängig gemacht, die an eine Einleitung angeschlossen sind. Diese emissionsbezogenen Anforderungen können bei besonderen Gewässerzielen durch immissionsbezogen begründete Erfordernisse ergänzt werden.

Bei den für die Behandlung von Niederschlagsabflüssen in Frage kommenden Verfahren wird zwischen **zentralen** und **dezentralen** Anlagen unterschieden. Vorrangig angewandte zentrale Behandlungsanlagen sind:

- nicht ständig gefüllte Regenklärbecken (Regenklärbecken ohne Dauerstau, RKBoD)
- ständig gefüllte Regenklärbecken (Regenklärbecken mit Dauerstau, RKBmD)
- Retentionsbodenfilter

Die zentrale Behandlung in Regenklärbecken stellt die am häufigsten eingesetzte Verfahrensweise dar. Insbesondere bei städtischer Bebauung bzw. engen Platzverhältnissen sind die naturnahen Regenklärbecken nicht oder Regenklärbecken in Betonbauweise nur mit hohem Kostenaufwand umsetzbar. Folglich sind zur Einhaltung der Gewässerziele alternative Lösungen „wünschenswert“ bzw. erforderlich. Dazu gehören insbesondere dezentrale Anlagen der Niederschlagswasserbehandlung.

Gemäß Trennerlass sind für die Behandlung des Niederschlagswassers von Flächen der Kategorie II bevorzugt dezentrale Anlagen anzuwenden. Voraussetzung für den genehmigungsfähigen Einsatz dezentraler Anlagen ist allerdings, dass hinsichtlich Schadstoffrückhalt und dauerhaftem Betrieb eine Vergleichbarkeit zu den aufgezählten zentralen Behandlungsverfahren vorliegt.

Dies war Veranlassung für das hier vorgestellte und in seinen Ergebnissen dokumentierte Forschungsprojekt. Gegenstand war die Untersuchung der geforderten Vergleichbarkeit in stofflicher und betrieblicher Hinsicht. Vorrangiges Projektziel war die Etablierung und Anwendung einer Methodik zum Nachweis, dass mit dezentralen Behandlungsanlagen sowohl ein zur zentralen Behandlung vergleichbarer Schadstoffrückhalt als auch ein vergleichbarer dauerhafter Betrieb gewährleistet werden kann.

Ausgangssituation und Kenntnisstand

Die Ausgangssituation für die Projektbearbeitung war gekennzeichnet durch einen begrenzten Umfang an Kenntnissen und praktischen Erfahrungen zum Einbau und Betrieb dezentraler Anlagen zur Behandlung verschmutzter Niederschlagsabflüsse. Dies wird unterstrichen durch die im Rahmen des Projektes durchgeführte Umfrage der Kommunal- und Abwasserberatung (KuA) Düsseldorf bei allen 396 Kommunen in Nordrhein-Westfalen. Bei einer Beteiligung von 182 Kommunen (entspricht einer Rücklaufquote von 45 %) gaben 75 % der Kommunen an, Erfahrungen in der Anwendung von Regenklärbecken zu haben. Für dezentrale Behandlungsanlagen liegt dieser Wert nur bei 20 %.

Demgegenüber kann der allgemeine Kenntnisstand zur Problematik der Belastung und Verschmutzung von Niederschlagsabflüssen sowie der Wirkung der dadurch im Gewässer resultierenden Belastungen als umfangreich bezeichnet werden. Dies bezieht sich vorrangig auf die im Niederschlagsabfluss vorkommenden Schmutz- und Schadstoffe. Allerdings zeigen sich die umfangreichen Daten aus unterschiedlichen Messprogrammen äußerst heterogen hinsichtlich der beobachteten Zahlenwerte zum Stoffaufkommen im Nie-

erschlagsabfluss, aber auch bezüglich der angewandten Methoden der Probennahme, Analytik und Auswertung. Entsprechend resultieren sehr breite Spektren gemessener Konzentrationswerte der vorrangig gemessenen Schmutz- und Schadstoffparameter

- Feststoffe (als abfiltrierbare Stoffe)
- organische Kohlenstoffverbindungen (als TOC)
- Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)
- Phosphor
- die Schwermetalle Kupfer, Zink, Cadmium
- Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und MKW als organische Schadstoffe

Hierbei kommt dem Stoffparameter AFS besondere Bedeutung zu, da mit den darin enthaltenen Feststoffen auch ein erheblicher Teil der genannten Schadstoffe (Schwermetalle und organische Schadstoffe) adsorptiv gebunden ist, in die Gewässer eingetragen oder bei Behandlung der Niederschlagsabflüsse mit der Abtrennung von Feststoffen zurückgehalten wird.

Als offensichtlich ganz wesentliche Quelle von Stoffeinträgen der vorgenannten Stoffe und Stoffgruppen sind Verkehrsflächen anzusehen.

Untersuchungsprogramm „Labor“

Mit diesen Bewertungen wurden für die Untersuchungen dezentrale Behandlungsanlagen ausgewählt, die zur Anwendung bei Niederschlagsabflüssen von Straßenflächen geeignet sind. Im Fokus der stofflichen Untersuchungen stand der Feststoffparameter AFS aus den vorgenannten Gründen. Daneben wurden die Parameter Kupfer, Zink und MKW betrachtet.

Die durchgeführten Laboruntersuchungen ergaben für die ausgewählten dezentralen Anlagen durchweg gute Ergebnisse hinsichtlich des erzielten Stoffrückhaltes. Dabei zeigte sich der Schadstoffrückhalt naturgemäß abhängig von der Bauart und den enthaltenen Wirkmechanismen der einzelnen Anlagen. Während die Abtrennung der Feststoffe vorrangig über Sedimentation vorgenommen wird, können gelöste Schwermetallanteile nur bei Systemen mit geeignetem Filtersubstrat (z.B. über Ionenaustausch) eliminiert werden. Bei der Abtrennung der MKW zeigten die Anlagen deutliche Rückhaltewirkungen, die eine Leichtstoffabscheidung ermöglichen.

Insgesamt konnten mit den abgeleiteten „Wirkungsgraden“ der Anlagen sowohl die der Literatur entnommenen Werte als auch die Herstellerangaben in ihrem Wertebereich bestätigt werden.

Tabelle 91 und

Tabelle 92 zeigen exemplarisch die aus den Untersuchungen abgeleiteten Zahlenwerte zur hydraulischen und stofflichen Leistungsfähigkeit dezentraler Anlagen.

Tabelle 91: Ergebnis der Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit im Neuzustand

dezentrales System	hydraulische Leistungsgrenze im Neuzustand
Geotextil-Filtersack	20 l/s 570 l/s*ha bei 350 m ² Anschlussfläche
SSA	22 l/s 550 l/s*ha bei 400 m ² Anschlussfläche
MLK	8,6 l/s 150 l/s*ha bei 572 m ² Anschlussfläche
Centrifoeel	1,13 l/s 30 l/s*ha bei 400 m ² Anschlussfläche
Innolet	1,5 l/s 60 l/s*ha bei 250 m ² Anschlussfläche
3P Hydrosystem	13,5 l/s 270 l/s*ha bei 500 m ² Anschlussfläche

Tabelle 92: Ergebnisse der Untersuchungen zur stofflichen Leistungsfähigkeit im Neuzustand ¹⁾

System	AFS			MKW ²⁾	Schwermetalle ³⁾	
	Mineralisch		Schwebstoffe	MKW	Kupfer	Zink
	Grob-körnig	Fein-körnig	PE und PS			
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Geotextil- Filtersack	99,9	64,1	100	-	-	-
SSA	97,9	76,6	10	-	-	-
MLK-R 20/09	100	93,9	100	95,0	-	-
Centrifoeel	92,3	60,2	0	-	-	-
Innolet	93,5	45,4	80	-	78,1	45,3
3P Hydro- system	100	95,6	100	90,2	97,2	96,9

1) Bei Anlagen mit vergleichsweise geringem Volumen ist zu beachten, dass das tatsächliche Ausmaß des Stoffrückhalts in der Praxis stark von den lokalen betrieblichen Randbedingungen und einer zuverlässigen Wartung abhängen kann.

2) Details hierzu vgl. Kapitel 5.6 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

3) Details hierzu vgl. Kapitel 5.7 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

Ergänzend wurden vom IKT jeweils die hydraulische und die stoffliche Leistungsfähigkeit sowie die Reinigungsleistung von weiteren dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen ermittelt. Diese Untersuchungen wurden durch die jeweiligen Firmen beauftragt. Untersucht wurden das System Sedi®-pipe der Fränkischen Rohrwerke Gebr. Kirchner GmbH & Co. KG (FRÄNKISCHE) (vgl. IKT2011-1) sowie zwei Modifikationen des Innolet®-Systems der Funke Kunststoffe GmbH (vgl. IKT2011-2 und IKT2011-3). Die Ergebnisse liegen den Herstellern in Form von Prüfberichten vor und können dort angefragt werden.

Untersuchungsprogramm „Betriebsüberwachung“

Ein wesentlicher Gegenstand des Forschungsprojektes waren Untersuchungen zur technischen Machbarkeit und praktischen Anwendbarkeit der dezentralen Behandlungssysteme, die sowohl von den baulichen Gegebenheiten der Anlagen selbst als auch von Eigenschaften des Einzugsgebietes bzw. der angeschlossenen Herkunftsflächen des Niederschlagsabflusses abhängen. Dazu gehören insbesondere

- die Integrationsmöglichkeit ins vorhandene Entwässerungssystem (z.B. in bzw. als Straßenablauf)
- die Kompatibilität mit der Anschlussfläche
- die Kompatibilität mit den vorhandenen Zu- und Abläufen

Diese Sachverhalte haben wesentlichen Einfluss auf die resultierenden Investitionskosten und damit die Wirtschaftlichkeit dezentraler Behandlungssysteme.

Bestandteil der in-situ-Untersuchungen war eine intensive Betriebsüberwachung der eingebauten dezentralen Behandlungsanlagen. In dem einjährigen Überwachungszeitraum erfolgte die Überprüfung zunächst jede Woche, nach ca. 6 Monaten dann alle vier Wochen in nachstehenden Punkten:

- Zustand des Zulaufs
- Füllhöhe der Laubeimer
- Höhe der Schlammspiegel
- Anspringen des Überlaufs (soweit vorhanden)
- Erfordernis einer Reinigung oder Wartung

Dabei zeigten die einbezogenen Systeme im Betrieb insgesamt ein hohes Maß an Zuverlässigkeit. Insbesondere konnten keine Probleme festgestellt werden hinsichtlich Laubeintrag im Herbst, Eintrag von Streusplitt während der langen Winter- und Frostperiode, Pollenflug im Frühjahr sowie bei starken Regenerereignissen in den Sommermonaten.

Gleichzeitig kann festgestellt werden, dass für die Funktionstüchtigkeit ein sorgfältiger Einbau der Systemteile, auch nach Kontrolle, Reinigung und Wartung durch das Betriebspersonal erforderlich ist.

In Ergänzung zu den periodischen, routinemäßigen Überprüfungen der dezentralen Anlagen im Betrieb wurden vor Ort Versuche zur hydraulischen Leistungsfähigkeit („hydraulisches Aufnahmevermögen“) nach längerer Betriebszeit und erfolgten Beschickungen durchgeführt. In Verbindung mit den Untersuchungen aus der Betriebsüberwachung konnten Aussagen zur möglichen Standzeit und Festlegung von Kontroll-, Wartungs- und Reinigungsintervallen, ggfs. verbunden mit dem Austausch von Filtern o.ä., abgeleitet werden.

Tabelle 93: Anlagenbezogene Empfehlungen für Kontrolle, Reinigung, und Wartung / Austausch

Dezentrales System	Kontrolle [1/a]	Reinigung [1/a]	Wartung/ Austausch [1/a]	Summe Termine vor Ort [1/a]
Geotextil- Filtersack	0	3-6	0,5	3,5-6,5
SSA	1	1	0,2	1,2
MLK	System wurde nicht im Praxistest untersucht			
Centrifoel	2	2	0,5	4,5
Innolet	3	2	0,5	5,5
3P Hydrosystem	0	1	0,33	1,33

In Tabelle 93 sind die anlagenbezogenen abgeleiteten Empfehlungen für die Intervalle der Reinigungs- und Wartungsarbeiten aufgelistet. Da eine Reinigung eine Kontrolle umfasst und eine Wartung bzw. Austausch mit einer Reinigung und Kontrolle einhergeht kann ggf. die Angabe „0“ für Kontrollen erfolgen. Dies bedeutet, dass über die angegebene Anzahl der Reinigungen keine weiteren Kontrollen mehr notwendig sind. Die Summe der Termine vor Ort soll einen direkten Vergleich des gesamten Betriebsaufwandes pro Jahr deutlich machen.

Beurteilungskriterien zur Vergleichbarkeit „dauerhafter Betrieb“

Weiterhin wurden aus den durchgeführten Betriebsüberwachungen Hochrechnungen zu den erwarteten Betriebskosten aus Kontroll-, Wartungs- und Reinigungsarbeiten sowie ggfs. Austausch von Filtersubstrat oder Filtersäulen vorgenommen. Daraus wird deutlich, dass die erwarteten Betriebskosten bei Anlagen mit notwendigen Baumaßnahmen beim Einbau (hier: SSA und Centrifoel) geringer ausfallen als bei den kleineren, einfach nachrüstbaren Systemen (hier: Filtersack und Innolet). Dieser Aspekt wird auch bei den vergleichenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen (KVR nach LAWA) sichtbar. Die Gegenüberstellung der für die dezentralen Anlagen ermittelten Betriebskosten mit bekannten Kostenansätzen für zentrale Anlagen zeigt, dass bei günstigen Eigenschaften des Einzugsgebietes, die längere Wiederholungsintervalle für Reinigung und Wartung ermöglichen, dezentrale Systeme im

Vergleich mit Regenklärbecken auch unter Einbeziehung der Betriebskosten die wirtschaftlichere Lösung darstellen können.

Die Erfahrungen aus der über den Jahreszeitraum durchgeführten Betriebsüberwachung wurden für jede der einbezogenen dezentralen Anlagen in einer Bewertungsmatrix nach den drei Hauptkriterien

- Hydraulik,
- Rückhaltevermögen und
- Wartung

zusammengeführt und jeweils in der Gegenüberstellung mit der Bewertung für das Regenklärbecken als zentrale Referenzanlage hinsichtlich der Vergleichbarkeit bewertet. Wie die Zusammenstellung der Bewertungen in Kapitel 8.2.2 zeigen, konnte in der Gesamtbetrachtung für jede Anlage die Vergleichbarkeit nach betrieblichen Gesichtspunkten bestätigt werden.

Vergleichbarkeit des Stoffrückhaltes

Die Frage der Vergleichbarkeit der untersuchten dezentralen und zentralen Behandlungsanlagen in stofflicher Hinsicht wurde mittels eines methodischen Vergleichs zur Leistungsfähigkeit des Stoffrückhaltes einerseits und als Betriebsbeobachtung und –auswertung zur Dauerhaftigkeit andererseits bearbeitet. Die Untersuchungen zeigen, dass die Vergleichbarkeit dezentraler Behandlungsanlagen für Niederschlagsabflüsse mit zentralen Anlagen – mit vorrangiger Betrachtung von Regenklärbecken – grundsätzlich gegeben ist. Die Gleichwertigkeit der betrachteten dezentralen Anlagen mit der zentralen Behandlungsanlage (Typ RKB) beim Stoffrückhalt der untersuchten Stoffparameter wird eindeutig bestätigt.

Wasserrechtliche Genehmigung der dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen

Um den Einsatz der dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen zu fördern, muss die Genehmigung und damit die Arbeit der Kommunen und der zuständigen Wasserbehörden erleichtert werden.

Bau und Betrieb von Abwasserbehandlungsanlagen müssen nach §58 Abs. 2 Landeswassergesetz NRW (LWG) durch die zuständige Wasserbehörde genehmigt werden, soweit diese nicht eine bauaufsichtliche Zulassung des DIBT oder eine Bauartzulassung aufweisen oder in einer Freistellungsverordnung erfasst sind.

Die behördliche Einzelgenehmigung kann durch die bauaufsichtlichen Zulassungen des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBT) oder eine Bauartzulassung ersetzt werden, wenn sie in Serie gebaut werden, wie z.B. Kleinkläranlagen, Leichtstoffabscheider und andere Behandlungsanlagen. Diese Zulassungen enthalten Aussagen zu den Leistungen und Einsatzbedingungen der jeweiligen Anlage und entlasten die Kommunen bei der Antragstellung und die Behörden bei der Genehmigung.

Die Anlagen zur dezentralen Behandlung des Niederschlagswassers sind solche kleine, in Serie gebaute Einheiten, für die das LWG die oben genannte Möglichkeit vorsieht.

Das DIBT benötigt für seine bauaufsichtliche Zulassung wasserrechtliche Anforderungen an die Einleitung von Niederschlagswasser in Gewässer, wie sie in der Abwasserverordnung enthalten sein könnten. Weiter sind ein Auftrag der Bundesländer und eine Aufnahme der Anlagen in die Wasserbauproduktenverordnung notwendig. Diese Voraussetzungen sind im Augenblick nicht gegeben.

Das DIBT lässt im Augenblick nur Abwasserbehandlungsanlagen zu, die der Versickerung des Niederschlagswassers in den Untergrund dienen. Dabei ergeben sich die Anforderungen aus den bodenschutzrechtlichen Regelungen zum Schutz des Bodens und des Grundwassers. Ob diese Zulassungen für die Einleitung in ein Gewässer anerkannt werden können, hängt davon ab, ob die wasserrechtlichen Anforderungen schwächer oder schärfer als die Anforderungen an die Versickerung sind.

Um Grundlagen für die bauaufsichtliche Zulassung von Anlagen für die Einleitung des Niederschlagswassers in ein Gewässer für einen späteren Zeitpunkt zu entwickeln, hat die DWA ein von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördertes Untersuchungsvorhaben zur Entwicklung von Prüfverfahren für die bauaufsichtliche Zulassung dezentraler, standardisierbarer Anlagen für die Behandlung von Niederschlagsabflüssen durchgeführt (DWA, 2010).

Eine Möglichkeit, die Einzelgenehmigung bis zu dem Zeitpunkt zu ersetzen, an dem das DIBT in der Lage ist, die bauaufsichtliche Zulassung zu erteilen, bietet die Bauartzulassung. Bei der Bauartzulassung wird anhand von technischen Beschreibungen und Zeichnungen und gegebenenfalls durch Untersuchungen geprüft, ob die Behandlungsanlage die Anforderungen erfüllt. Die Grundsätze für die Konstruktion und die Art der Prüfungen können anhand der Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens entwickelt werden.

Die Zulassung könnte durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW erteilt werden, wie es auch durch die Landesämter anderer Bundesländer geschieht. Die Prüfungen müssten von einem dafür geeigneten Institut durchgeführt werden. Da im LWG eine Regelung enthalten ist, dass Zulassungen anderer Bundesländer anerkannt werden, wären Absprachen mit anderen Bundesländern notwendig.

Wenn diese Bauartzulassungen nicht möglich sind, müssen die Behandlungsanlagen einzeln genehmigt werden. Für Anlagen, die in diesem Forschungsvorhaben geprüft worden sind, liegen die Ergebnisse als Grundlage für die Genehmigung vor.

Wenn allerdings die Anlagen verbessert werden, um erkannte Schwachstellen zu beseitigen oder die Leistung zu erhöhen oder völlig neue Anlage auf den Markt kommen, sind neue Prüfungen notwendig, um deren Ergebnis in die Genehmigungsverfahren einbringen zu können. Damit stehen nur für die Anlagen, so wie sie geprüft worden sind, die notwendigen Unterlagen zur

Verfügung. Allerdings kann dabei auf die hier dargestellte Methodik zurückgegriffen werden.

11 FAZIT UND AUSBLICK

Am Beispiel des gewählten Untersuchungsgebietes Porz-Lind hat sich gezeigt, dass die Vergleichbarkeit der untersuchten dezentralen und zentralen Behandlungsanlagen für belastete Niederschlagsabflüsse grundsätzlich gegeben ist. Dezentrale Behandlungsanlagen sind mit einem (deutlich) geringeren baulichen Aufwand bei der Implementierung der Anlagen verbunden. Dem geringeren baulichen Aufwand und in der Regel deutlich niedrigeren Investitionskosten steht allerdings ein erhöhter betrieblicher Aufwand für Wartung und Reinigung angesichts einer Vielzahl von „Betriebspunkten“ über die gesamte Betriebsdauer gegenüber. Hier steht die Sicherstellung und dauernde Erhaltung der Funktionstüchtigkeit und Leistungsfähigkeit der dezentralen Anlagen als Aufgabe des Entwässerungsbetriebes im Vordergrund.

Die gewonnenen Erfahrungen lassen für dezentrale Systeme gewisse Schwierigkeiten beim Erkennen eines abnehmenden hydraulischen Aufnahmevermögens der Anlagen erwarten. Dies gilt in besonderem Maße für Anlagen mit Überlauf, z.B. ab einer kritischen Regenspende analog den zentralen Anlagen (Regenklärbecken). Hier könnte es bei dezentralen Anlagen zu einer frühzeitigen, aber unzulässigen Aktivierung des Überlaufs z.B. bei Kolation im Filterkörper kommen. Bei den derzeitigen Anlagen scheint ein Erkennen dieses Phänomens mittels Sichtkontrolle auch in kürzeren Abständen praktisch nicht möglich. Hier sind die Hersteller gefragt, Kontrollmöglichkeiten für den geordneten Betrieb ohne außerplanmäßige Aktivierung des Überlaufes zu schaffen.

Generell ist festzuhalten, dass die grundsätzliche Vergleichbarkeit der untersuchten dezentralen Behandlungsanlagen für Niederschlagswasserabflüsse mit zentralen Anlagen gegeben ist, jedoch in der individuellen Projektanwendung und der Entwässerungsplanung die besonderen Randbedingungen bzw. die wasserwirtschaftliche Bedeutung des konkreten Einzugsgebietes mit der gebotenen Sorgsamkeit zu beachten sind. Dies erfordert von den Projektbeteiligten eine ganzheitliche Betrachtung der Aufgabe und macht den hohen Qualitätsanspruch an die Planung deutlich.

Neben einer Erweiterung des bisher begrenzten Erfahrungsschatzes mit dem Betrieb dezentraler Behandlungsanlagen können als offene Fragestellungen für zukünftige Forschungsprojekte formuliert werden:

- Optimierung der Abläufe und Arbeitsschritte zur Betriebsüberwachung und der Wartungs- und Reinigungsarbeiten
- Bewertung und Quantifizierung möglicher Standzeiten der unterschiedlichen Behandlungssysteme, in Abhängigkeit der jeweiligen Wirkmechanismen sowie örtlicher Randbedingungen
- Verbesserung des Kenntnisstandes zur Quantifizierung der Wirksamkeit des Stoffrückhaltes bezogen auf einzelne, umwelt- und gewässerrelevante Schmutz- und Schadstoffe

Als wesentliches Anliegen erscheint es, den Beteiligten zukünftiger Projekte der Niederschlagswasserbehandlung, wie Kommunen, Planer und Genehmigungsbehörde, eine Handlungsanleitung verfügbar zu machen, die aufzeigt, wie mit dezentralen Behandlungssystemen hinsichtlich Auswahl, Einbau und Betrieb umzugehen ist. Dafür können die Erkenntnisse und Ergebnisse des vorliegenden Forschungsvorhabens eine hilfreiche Grundlage bilden.

Weitere zentrale Voraussetzung für den verbreiteten Einsatz dezentraler Systeme ist eine Regelung zur behördlichen Zulassung dieser Anlagen.

LITERATURVERZEICHNIS

Kapitel 1

- DWA** (2007): Landesverbandstagung Pforzheim: Neue Entwicklungen in der Regenwasserbewirtschaftung, „Die Wasserbilanz als Planungskriterium“, ein Beitrag von Dr.-Ing. Heiko Sieker
- DWA** (2010): Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren. Schlussbericht an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef, August 2010 (unveröffentlicht)
- LWG** (1996): Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen, (Landeswassergesetz-LWG); Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen
- MUNLV** (2004): Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren, Runderlass Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz v. 26.05.2004
- UBA** (2005): Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden – Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen“, UBA-Texte 19/05, Forschungsbericht 202 242 20/02 UBA-FB 000824
- WHG** (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG) Wasserhaushaltsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Juli 2009;

Kapitel 3

- DIN 4052** (2003): Bauteile und Eimer für Straßeneinläufe; Teil 1: Bauart und Einbau als Entwurf, Teil 2: Zusammenstellung und Bezeichnungen als Entwurf, Teil 3: Betonteile als Entwurf, Teil 4: Eimer als Entwurf.
- FGSV** (2005): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung RAS-Ew, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2005
- Leisse, Regina**: Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser im Trennverfahren; Diplomarbeit Februar 2008
- Sommer, H.** (2007): Behandlung von Straßenabflüssen, Anlagen zur Behandlung und Filtration von Straßenabflüssen in Gebieten mit Trennsystemen – Neuentwicklungen und Untersuchungen. Dissertation an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, 2007

Stadtentwässerung Hagen (SEH); Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH. (2010): Untersuchungen Straßenablaufilter INNOLT. Forschungsprojekt gerichtet an das Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, (August 2010)

Kapitel 4

siehe Kapitel 7

Kapitel 5

DIBt (2010): Deutsches Institut für Bautechnik: Zulassungsgrundsätze für „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen“, Entwurf Februar 2010 (unveröffentlicht)

DIBt (2005): 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. 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. Juli 2001

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

IKT2011-1: Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit sowie der stofflichen Reinigungsleistung einer dezentralen Regenwasserbehandlungsanlage, Typ Sedi[®]-pipe. Prüfbericht D00496 (März 2011), IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag der Fränkischen Rohrwerke Gebr. Kirchner GmbH & Co. KG, unveröffentlicht.

IKT2011-2: Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit sowie der stofflichen Reinigungsleistung einer dezentralen Regenwasserbehandlungsanlage, Typ INNOLET[®] G. Prüfbericht D00588 (März 2011), IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag der Ingenieurgesellschaft Sieker mbH, unveröffentlicht.

IKT2011-3: Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit sowie der stofflichen Reinigungsleistung einer dezentralen Regenwasserbehand-

lungsanlage, Typ INNOLET®. Prüfbericht D00578 (März 2011), IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag der Funke Kunststoffe GmbH, unveröffentlicht.

National Instruments Homepage unter www.ni.com/labview/d

MUNLV (2004): „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“. RdErl. Vom 25.5.2004.

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

Kapitel 6

DIN 4052 (2003): Bauteile und Eimer für Straßeneinläufe; Teil 1: Bauart und Einbau als Entwurf, Teil 2: Zusammenstellung und Bezeichnungen als Entwurf, Teil 3: Betonteile als Entwurf, Teil 4: Eimer als Entwurf.

MUNLV (2004): Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren, RdErl. d. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, -IV-9 031 001 2104-, 26.05.2004

Neuhaus, J. (2008): Diplomarbeit „Entwässerung im Trennsystem am Beispiel zweier Kölner Teilgebiete“, FH-Köln, Köln

Stadtbetriebe Königswinter (2009): „Niederschlagswasserbeseitigungskonzept für die Stadt Königswinter“, Grontmij AEW Plan GmbH, Köln 2009

Kapitel 7

ATV (1999): ATV-A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung, Hennef, 11/1999

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, 2008a:
„Technische Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in oberirdische Gewässer (TREN OG) vom 17. Dezember 2008

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, 2008b:
„Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser (TREN GW) vom 17. Dezember 2008

- Brunner, P.G.** (1998): Regenwasserbehandlung in Bodenfilterbecken. *Wasserwirtschaft*, 85, 134-138
- Byrns, G.** (2001): The fate of xenobiotic organic compounds in wastewater treatment plants. *Water Research*, Vol. 35, No. 10, S. 2523-2533
- DIN 38409-2** (1987): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. „Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H), Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe und des Glührückstandes (H 2)“, Ausgabe März 1987
- Dierkes, C.** (2009): „Untersuchungen einer Behandlungsanlage für Straßenabflüsse an der Bremer Straße in Hamburg-Harburg über einen Zeitraum von zwei Jahren“. 3P Technik Filtersysteme GmbH, Donzdorf, Februar 2009
- Dittmer, U.** (2006): Prozesse des Rückhaltes und Umsatzes von Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen in Retentionsbodenfiltern zur Mischwasserbehandlung. Dissertationsschrift, Schriftenreihe des FG Siedlungswasserwirtschaft, TU Kaiserslautern, Band 23
- DWA** (2005): Empfehlungen für Planung, Konstruktion und Betrieb von Retentionsbodenfilteranlagen zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennverfahren, DWA-Regelwerk, Merkblatt M 178, Hennef
- DWA** (2010): Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren. Schlussbericht an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef, August 2010 (unveröffentlicht)
- EAWAG**, (2005): „Schadstoffe im Straßenabwasser einer stark befahrenen Straße und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Geotextil und Adsorbermaterial“. EAWAG, Schlussbericht, Dübendorf, 2005
- Feldhaus, R.; Klein, N.; Röhrig, J.; Meier, G.** (2009): Maßnahmen zur Niederschlagswasserbehandlung in kommunalen Trennsystemen am Beispiel des Regierungsbezirkes Köln. Abschlussbericht im Auftrag der Bezirksregierung Köln
- FGSV**, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2002): „Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag)“. Köln, Ausgabe 2002
- FGSV**, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2005): „Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Entwässerung (RAS-Ew)“. Köln, Ausgabe 2005
- Geiger, W.F.** (1998): Planung, Bau und Betrieb von Filteranlagen zur Regenwasserbehandlung. unveröffentlichte Zusammenstellung
- Grotehusmann, D.** (2009): Bodenfilter für Trennsystem und Straßenentwässerung – Unterschiede und Betriebsergebnisse - . Beitrag zur DWA-Fachtagung „20 Jahre Bodenfilter“ in Monheim

- Grüning, H. und Giga A.** (2009): „Möglichkeiten und Grenzen der dezentralen Regenwasserbehandlung – Straßeneinläufe – Rinnen – Schächte“ BEW-Seminar „Regenrückhaltebecken und Retentionsbodenfilter“ Essen, 23.06.2009
- ifs** (Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie) (2009): Vergleich der Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern und Versickerungsanlagen an Bundesfernstraßen. Forschungsbericht zum Projekt FE 05.0141/2005/GRB der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)
- IGKB**, Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (2005): „Bodensee-Richtlinien 2005“, www.igkb.org
- Kasting U.**, 2003: „Reinigungsleistung von zentralen Anlagen zur Behandlung von Abflüssen stark befahrener Straßen“. Schriftenreihe des Fachgebiets Siedlungswasserwirtschaft der Universität Kaiserslautern, H 17, 2003
- Kaufmann, P** (2006): „Der Straßenwasser-Filterschacht“ Ein Forschungsprojekt der Berner Fachhochschule, Burgdorf. Kanalisationsforum Bern, VSA Zürich, Burgdorf 2006
- Kochs, T.** (2008): Kostenangaben zu den Retentionsbodenfiltern Gillesshütte und Herrendorf; Reinigungsleistung zu Retentionsbodenfilter Gillesshütte, Städtischer Abwasserbetrieb Korschenbroich; 11/2008, zitiert in Feldhaus 2009
- Krauth, Kh. und Klein, H.** (1981): „Untersuchungen über die Beschaffenheit des über ein Rückhaltebecken mit Leichtflüssigkeitsabscheider geleiteten Niederschlagswassers der A8/B10 bei Ulm/West“, Schlussbericht Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, im Auftrag des Autobahnamtes Baden-Württemberg, unveröffentlicht (zitiert in [Kasting, 2003])
- Krauth, Kh. und Klein, H.** (1982): „Untersuchungen über die Beschaffenheit des Oberflächenwassers von Bundesautobahnen, Teil 1, Untersuchungen an der BAB A 81, Teil 2, Untersuchungen an der BAB A6“, Forschungsberichte aus dem Forschungsprogramm des Bundesministers für Verkehr und der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Heft 363, Bonn-Bad Godesberg 1982
- Kummelt, A.** (2010): persönliche Mitteilung, Berliner Wasserbetriebe
- Lange, G., Grotehusmann, D., Kasting, U., Schütte, M., Dieterich, M. und Sondermann, W.** (2003): „Wirksamkeit von Entwässerungsbecken im Bereich von Bundesfernstraßen“. Forschungsberichte aus dem Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Heft 861, Bonn, Januar 2003
- Leisse, R.** (2008): „Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser im Trennverfahren“. Diplomarbeit des Studiengangs Bauingenieurwesen, Fachrichtung Wasserwirtschaft an der FH Köln, unveröffentlicht, Köln, Februar 2008

- MNUL** (1992): „Technische Bestimmungen zum Bau und Betrieb von Anlagen zur Regenwasserbehandlung bei Trennkanalisation“ Gl.-Nr. 7521.4, Amtsblatt Schleswig-Holstein. 1992, S. 829 vom 25.11.1992, geändert am 15.4.2002 (Bek.-V. 441-5200.330, Amtsbl. S. 250)
- MUNLV** (2003): Retentionsbodenfilter, Handbuch für Planung, Bau und Betrieb. In: Ministerium für Umwelt und Naturschutz; Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] ISBN 3-9808617-1-6.
- MUNLV** (2004): „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“. RdErl. Vom 25.5.2004.
- MUV-BW** (1999): „Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr über die dezentrale Beseitigung von Niederschlagswasser vom 22. März 1999“, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, 1999
- Namuth, M.** (2006): Pilotprojekt „Retentionsbodenfilter Hartum“; Forschungsprojekt im Auftrag des MUNLV NRW; AZ IV-9-042 240 0010. Endbericht, zitiert in Feldhaus 2009
- Osterkamp, S.; Lorenz, U.; Schirmer, M.** (1999): Einsatz von Pflanzenkläranlagen zur Behandlung von schadstoffbelastetem Oberflächenabfluss städtischer Straßen. *Limnologica*, 29 (1), 93-102
- Pfeifer, R.**, 1998: „Schmutzstoffrückhalt durch chemisch-physikalische Regenwasserbehandlung im Trennsystem“, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Band 92
- Schnabel, S.; Fuchs, S.** (2001): Betriebserfahrungen mit dem Retentionsbodenfilter Langenalb. Tagungsbeitrag ATV-DVWK Bundes- und Landesverbandstagung Traditionen und Visionen 2001, 204-216
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin**, 2001: „Abwasserbeseitigungsplan Berlin“, 1. Auflage, Oktober 2001
- Sommer, H.** (2007): Behandlung von Straßenabflüssen, Anlagen zur Behandlung und Filtration von Straßenabflüssen in Gebieten mit Trennsystem – Neuentwicklungen und Untersuchungen. Dissertation an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Universität Hannover, 2007.
- Terzioglu, K., Peter, A. und Sarfert, F.**(1987): Regenklärbecken am Dianasee in Berlin, ein Pilotprojekt im Zusammenhang mit dem Sonderprogramm zur Verbesserung der Wassergüte der Berliner Seen, *Korrespondenz Abwasser*, Jhrg. 34, H 12 1987, S. 1296 - 1302
- Uhl, M.; Kasting, U.** (2002): Verschmutzung des Niederschlagsabflusses in Misch- und Trennsystemen und von Straßen. *Wasser und Abfall*, 3, S. 14-22
- Umweltministerium Baden-Württemberg** (1999): Verordnung über die dezentrale Beseitigung von Niederschlagswasser, vom 22. März 1999. (GBl. Nr. 7 S. 157) zuletzt geändert am 25. April 2007 (GBl. Nr. 9, S. 252)

URömpf (2000): Römpf Lexikon Umwelt, 1. und 2. Auflage, Hrsg. Hulpke, H.; Koch, H.A.; Nießner, R.; Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Van Luin, A.B.; van Starckenburg, W.: (1984): Hazardous substances in waste water. Water, Science & Technology, Vol. 17, No. 6/ 7, S. 843-853

VwV Baden-Württemberg, 2008: Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums und des Umweltministeriums über die Beseitigung von Straßenoberflächenwasser (VwV – Straßenoberflächenwasser) vom 25. Januar 2008 – Az.: 63-3942.40/129 und 5-8951.13 und “Technische Regeln zur Ableitung und Behandlung von Straßenoberflächenwasser“; Stand 01.01.2008

aus: <http://www.rpbwl.de/tuebingen/download/rpt-91-techn-regelstroberflwasser.pdf>

Welker, A.; Dierschke, M. (2009): Aufkommen von Schwermetallen in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen als Basis für die Festlegung von Stoffkonzentrationen für Prüfverfahren von Behandlungsanlagen. gwf Wasser Abwasser (150) Nr. 7-8, 595-605

Wozniak, R. (2008): Ermittlung von Belastungsgrenzen an Bodensubstraten zur weitergehenden Mischwasserbehandlung in Retentionsbodenfiltern. Dissertationsschrift, Schriftenreihe des FG Siedlungswasserwirtschaft, TU Kaiserslautern, Band 24

Kapitel 9

Alt, K.; Bosbach R.; Neuhaus, J. (2010): „Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen“ BEW Seminar Essen (Anforderungen an die Niederschlagswasserbehandlung)

Bezirksregierung Köln, FH Köln (2009): Forschungsvorhaben „Maßnahmen zur Niederschlagswasserbehandlung in kommunalen Trennsystemen am Beispiel des Regierungsbezirkes Köln“

Grüning H.; Giga A.; Quarg-Vonscheidt J. (2010): „Vergleichende Gegenüberstellung von Regenklärbecken und dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen“ 9. Regenwassertage Bremen

MUNLV (2004): Anforderung an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren; RdErl. der Ministeriums für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV-9 031 001 2104 vom 26.05.2004

Seminarvorträge zum Forschungsprojekt von 2008-2011

- Alt, K.; Bosbach R.; Neuhaus, J.** (2009): „Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen“ BEW Seminar Essen (Anforderungen an die Niederschlagswasserbehandlung)
- Alt, K.; Bosbach R.; Neuhaus, J.** (2010): „Untersuchung von dezentralen Niederschlagswasser-Behandlungssystemen“ BEW Seminar Essen (Beseitigung von Niederschlagswasser)
- Alt, K.; Bosbach R.; Hofmann, J.** (2011): „Dezentrale Regenwasserbehandlung – Umsetzung des Trennerlasses“ AG Abwassertechnik, MKULNV
- Bennerscheidt, C.; Harting, K.**(2008): „Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen“ BEW Seminar Essen (Beseitigung von Niederschlagswasser)
- Bennerscheidt, C.; Harting, K.**(2010): „Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen, eine Marktübersicht“ BEW Seminar Essen (Beseitigung von Niederschlagswasser)
- Ellerhorst, S.; Werker, H.** (2010): „Dezentrale Behandlung Im Trennsystem – Prüfung von Betriebstauglichkeit und Betriebsaufwand unter realen Bedingungen“ 9. DWA Regenwassertage 2010, Bremen
- Koch, A.** (2010): „Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen-erste Erfahrungen“ 11. Kölner Kanal und Kläranlagen Kolloquium 2010
- Werker H.; Alt, K.; Neuhaus, J.** (2010): „Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung in Trennsystemen“ Essener Tagung (Anforderungen an die Niederschlagswasserbehandlung)
- Werker H.; Alt, K.; Hofmann, J.** (2011): „Untersuchung von dezentralen Niederschlagswasser-Behandlungssystemen“ BEW Seminar Essen (Beseitigung von Niederschlagswasser)
- Alt, K.; Bosbach, R.; Hofmann, J.; Werker, H.** (2011): „Erfahrungsbericht dezentraler Anlagern in Köln und Königswinter“ Seminar der Fachhochschule Frankfurt am Main „Dezentrale Behandlung von Niederschlagsabflüssen, Status Quo und zukünftige Entwicklungen“