

Literaturstudie zur stofflichen Belastung von Gewässern durch Regenwasserentlastungen im Mischsystem

Aachen, im September 2002

Sachbearbeitung: Dipl.-Ing. Daniela Arndt

gez.

Dr. rer. nat. R. Ostrowski

(wissenschaftlicher Leiter)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Ziel des Vorhabens	2
3	Vorgehensweise.....	3
4	Auswertung	4
4.1	Untersuchung von Bodenfilteranlagen in Nordrhein-Westfalen, (2001) [1]	5
4.1.1	Charakterisierung der beprobten Systeme	5
4.1.2	Probenahmeintervalle	6
4.1.3	Untersuchungsparameter und –ergebnisse.....	7
4.2	Untersuchung der Leistungsfähigkeit von Bodenfiltern in NRW (2001) [4]	8
4.2.1	Charakterisierung des beprobten Systems.....	8
4.2.2	Probenahmeintervalle	8
4.2.3	Untersuchungsparameter und –ergebnisse.....	9
4.3	Ermittlung gebietsspezifischer Schmutzfrachtpotentiale flach verlegter und vorentlasteter Mischwassernetze (1995) [5].....	10
4.3.1	Charakterisierung der beprobten Systeme	10
4.3.2	Probenahmeintervalle	11
4.3.3	Untersuchungsparameter und –ergebnisse.....	11
4.4	Der Regenabfluss und seine Behandlung beim Mischverfahren (1976) [6]	13
4.4.1	Charakterisierung des beprobten Systems.....	13
4.4.2	Probenahmeintervalle	13
4.4.3	Untersuchungsparameter und –ergebnisse.....	14
4.5	Einsatz von Lamellenabscheidern in Mischwasserbehandlungsanlagen (2000) [7].....	15
4.5.1	Charakterisierung des beprobten Systems.....	15
4.5.2	Probenahmeintervalle	15

4.5.3	Untersuchungsparameter und –ergebnisse.....	16
4.6	Niederschlagsbedingte Schmutzbelastung der Gewässer aus städtischen befestigten Flächen (2000) [8]	17
4.7	Begleitband zum Leitfaden zur Ableitung von Anforderungen an Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse (1999) [9].....	18
4.7.1	Charakterisierung der beprobten Systeme	18
4.7.2	Probenahmeintervalle	19
4.7.3	Untersuchungsparameter und –ergebnisse.....	19
5	Zusammenfassung.....	20
6	Literatur	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Charakterisierung der untersuchten Kanalnetze [1].....	6
Tabelle 2:	Charakterisierung der untersuchten Kanalnetze [1].....	6
Tabelle 3:	Untersuchungsergebnisse [1]	7
Tabelle 4:	Charakterisierung des untersuchten Systems [4]	8
Tabelle 5:	Charakterisierung der untersuchten Kanalnetze [4].....	8
Tabelle 6:	Untersuchungsergebnisse [4]	9
Tabelle 7:	Charakterisierung des Braunschweiger Kanalnetzes [5].....	10
Tabelle 8:	Charakterisierung des Braunschweiger Kanalnetzes [5].....	10
Tabelle 9:	Charakteristische Daten des Trockenwetterabflusses [5]	11
Tabelle 10:	Charakterisierung des Stuttgart-Büsnauer Kanalnetzes [6]	13
Tabelle 11:	Charakterisierung des Stuttgart-Büsnauer Kanalnetzes [6]	13
Tabelle 12:	Untersuchungsergebnisse [6]	14
Tabelle 13:	Charakterisierung des Kanalnetzes Aachen [7]	15
Tabelle 14:	Charakterisierung des Kanalnetzes Aachen [7]	15

Tabelle 15: Ergebnisse Aachen [7].....	16
Tabelle 16: Charakterisierung der untersuchten Kanalnetze [9].....	18
Tabelle 17: Charakterisierung der untersuchten Kanalnetze [9].....	19
Tabelle 18: Ergebnisse BWK 3 [9].....	19
Tabelle 19: Zusammenfassende Darstellung der Messwerte	21

Literaturstudie zur stofflichen Belastung von Gewässern durch Regenwasserentlastungen im Mischsystem

1 Einleitung

Die Bedeutung der Misch- und Regenwasserbehandlung hat in den vergangenen Jahren ständig zugenommen. Zur weitergehenden Reinigung des entlasteten Misch- und Regenwassers werden in jüngster Zeit zusätzlich zu Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen und Regenüberläufen vermehrt Bodenfilteranlagen (BFA) eingesetzt. So wurden 2001 in NRW 17 BFA im Mischsystem betrieben und weitere 23 Anlagen befanden sich in Planung. Bei der Planung von BFA fehlt bislang allerdings eine bundeseinheitliche Norm. Die vorrangigen Ziele dieser Regenwasserbehandlungsanlagen sind der Ausgleich der Wasserführung, der lokale Hochwasserschutz und die Überflutungssicherheit der Einzugsgebiete. Mit dem Anstieg der Anzahl dieser BFA wurden die Zielvorgaben an die Reinigungsleistung erhöht.

Die Bemessung von Retentionsbodenfiltern erfolgt bislang lediglich über eine hydraulische, nicht aber über eine stoffliche Belastung des Gewässers durch Misch- und Regenwasser.

Derzeit erfolgt die Bemessung von Regenentlastungsanlagen nach 4 verschiedenen Ansätzen:

1. Bemessung als RRB nach A 117.
2. Nachweis durch Langzeitsimulation: ein Regenüberlaufbecken und der nachgeschaltete Retentionsbodenfilter leiten eine geringere Schmutzfracht ein, als ein RÜB mit einer Entlastungsrate von 25 %.
3. Nachweis durch Langzeitsimulation: die vorgegebene Entlastungshäufigkeit und ein bestimmter maximaler Entlastungsvolumenstrom kann eingehalten werden und
4. nach der Vorgabe, dass das Volumen des Retentionsbodenfilters 50 % des vorgeschalteten, nach A 128 bemessenen RÜB betragen muss.

Die dabei angesetzten Wiederkehrintervalle und Drosselabflüsse sind zum Teil sehr unterschiedlich. [1]

Nachweisrechnungen werden derzeit nur bezogen auf die Parameter AFS und $\text{NH}_4\text{-N}$ durchgeführt. Als Grundlage hierzu dient eine umfassende Studie des BWK [2]. Für das Mischwasser werden dabei vereinfachend konstante Mischwasserkonzentrationen (AFS_{zu} : 250 mg/l ; $\text{NH}_4\text{-N}_{\text{zu}}$: 8 mg/l) angesetzt.

Bemessungsgrundlage für neuere Bodenfilter stellt das Handbuch „Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem“ der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg dar [3]. Aber auch in diesem Werk werden die Eigenschaften des Mischwasserabflusses nur qualitativ beschrieben.

2 Ziel des Vorhabens

Ziel des Vorhabens ist eine Zusammenstellung und Bewertung verschiedener Arbeiten bezüglich der stofflichen Belastung in Überläufen aus Regenwasserentlastungen. Ein Hauptaugenmerk sollte dabei auf der Auswertung der eingesetzten Untersuchungsmethodik liegen, mit dem Ziel, vergleichbare und belastbare Grundlagen für die künftige Bemessung von Retentionsbodenfiltern zu erarbeiten.

Untersuchungen zur stofflichen Belastung aus dem Ablauf von Regenüberlaufbecken wurden zwar bislang innerhalb einiger Forschungsvorhaben durchgeführt, jedoch erfolgte bislang keine zusammenfassende vergleichende Bewertung bezüglich der Randbedingungen der einzelnen Messungen. Daher soll durch die vorliegende Studie eine Auswertung und Validierung bislang durchgeführter Untersuchungen zur stofflichen Belastung im Überlauf aus Regenwasserentlastungen erstellt werden.

3 Vorgehensweise

Vor der Einschätzung und Bewertung der Ergebnisse bereits durchgeführter Forschungsvorhaben gilt es zunächst, deren Ziele herauszustellen, da sich hieraus die Herangehensweise an die entsprechende Problemstellung ergibt. Mögliche Ziele bei der Untersuchung von Mischwassereinleitungen sind:

1. Ermittlung von Gewässerbelastungen und Emissionsschwerpunkten
2. Überprüfung von Sonderbauwerken
3. Sanierung bestehender Kanalnetze und Sonderbauwerke
4. Planung einer Kanalnetzsteuerung und
5. Neuplanungen von Kanalnetzen und Sonderbauwerken.

Je nach Zielsetzung sind dabei zum Teil sehr unterschiedliche Arbeitsprogramme hinsichtlich der Zeitspanne der Untersuchungen, dem Untersuchungsumfang und der eingesetzten Methoden erstellt worden.

Einerseits ist die hydraulische und andererseits die stoffliche Belastung auf Gewässer durch Mischwasserentlastungen zu bewerten. Je nach Zielsetzung liegt folglich der Schwerpunkt der Untersuchungen auf der Erfassung der entlasteten Volumenströme oder auf der Bestimmung sauerstoffzehrender (CSB, BSB), eutrophierend (z. B. Stickstoff, Phosphor), toxisch (z. B. Schwermetalle, Pestizide, Ammonium) oder pathogen (Keime) wirkender Substanzen.

Im Rahmen dieser Studie wird versucht, eine möglichst breite Basis vergleichbarer Daten hinsichtlich der Parameter, Methoden und Randbedingungen aufzuzeigen.

4 Auswertung

Die im Rahmen verschiedener Untersuchungsvorhaben ermittelten Konzentrationen und Frachten der einzelnen Abwasserinhaltsstoffe bzw. Summenparameter sind nur eingeschränkt miteinander vergleichbar, da die Untersuchungsergebnisse der Messungen von verschiedenen Einflussgrößen abhängig sind.

Diese Unterschiede resultieren zum Einen aus den örtlichen Gegebenheiten des Einzugsystems, wie Oberflächenneigung, Versiegelungsgrad, Nutzung und denen des Kanalsystems, wie Kanalneigungen, Vorentlastungen, Vermaschungsgrad, Tendenz zu dauerhaften Ablagerungen; zum Anderen spielen systematische Faktoren der Probenahme (wie Messtechnik, Probeentnahme, Analytik, Messumfang, Messzeitraum) und des mathematischen Verfahrens der Frachtermittlung eine entscheidende Rolle. Um eine allgemeingültige Prognose des Einflusses von Mischwasserentlastungen auf Fließgewässer treffen zu können, muss besonderes Augenmerk auf die Messdatenermittlung gelegt werden.

In den folgenden Kapiteln werden verschiedene Untersuchungsvorhaben vor diesem Hintergrund ausgewertet. Die Auswertung zeigt die Charakterisierung der untersuchten Einzugsgebiete, die Beschreibung der Probenahme und die Darstellung der ermittelten Analyseergebnisse, soweit diese aus den Aufzeichnungen hervorgehen.

4.1 Untersuchung von Bodenfilteranlagen in Nordrhein-Westfalen, (2001) [1]

4.1.1 Charakterisierung der beprobten Systeme

Im Rahmen einer Zusammenstellung der sich in Betrieb befindenden Bodenfilteranlagen (BFA) in NRW wurde von Uhl (2001) eine Aufstellung bereits durchgeführter Untersuchungen an Bodenfiltern in NRW gegeben. Genauer analysiert wurden die Bodenfilter in Waldangeloch, Fulda, Wülfrath und Alsdorf. Über die Schmutzstoffkonzentrationen und -frachten im Zulauf zu den genannten Anlagen liegen jedoch nur lückenhafte Informationen vor. Die Anlage Alsdorf wurde nicht in die nachstehende Auswertung aufgenommen, da dem Bodenfilter ein Ausgleichsbecken vorgeschaltet ist, aus welchem die Zulaufproben entnommen wurden und so keine qualitative Aussage über die Beschaffenheit des Mischwasserabflusses gegeben werden kann.

Des Weiteren ist zu beachten, dass sowohl für das System Fulda-Fellenweg als auch in Wülfrath Einstauereignisse der Bodenfilter erzwungen wurden, um zu auswertbaren Ergebnissen zu kommen. Die BFA Fulda-Fellenweg wurde für eine befestigte Fläche von 20,8 ha ausgelegt, im Zeitraum der durchgeführten Messungen waren jedoch nur 14,5 ha angeschlossen. Damit dennoch beprobte Ereignisse erzielt werden konnten, wurde der Drosselabfluss des Regenüberlaufes (DN 1.200 auf DN 600) reduziert. Diese eingestellten Verhältnisse zeigen daher nur eingeschränkt die realen Bedingungen am Standort.

In Wülfrath wurde die Förderleistung der Entleerungspumpen des RÜB erhöht und zusätzlich das Nutzvolumen des Regenüberlaufbeckens auf 890 m³ verringert.

Eine Beschreibung der untersuchten Systeme ist in Tabelle 1 und 2 gegeben. Die BFA ist in Sinsheim einem Stauraumkanal (SK) und in Fulda und Wülfrath einem Regenüberlaufbecken (RÜB) nachgeschaltet.

Tabelle 1: Charakterisierung der untersuchten Kanalnetze [1]

Untersuchtes System	mittlere Fließzeit (ohne Rückstau) [min]	Stauraumvolumen (Hauptsammler) [m ³]	Mittlere Ablagerungshöhen (HS) [cm]	Vermaschungsgrad	Vorentlastungen
Sinsheim, Waldangelloch	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	Stauraumkanal, 235 m ³
Fulda-Fellenweg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	nein
Wülfrath	n. b.	n. b.	Ablagerungen bei TW-Abfluss	n. b.	Fangbecken 1.000 m ³

n. b.: nicht bekannt

Tabelle 2: Charakterisierung der untersuchten Kanalnetze [1]

Untersuchtes System	Probenahmestelle	Kanalgefälle [‰]	Messzeitraum [Monate]	A _{ges} [ha]	A _{red} [ha]
Sinsheim, Waldangelloch	Überlauf SK	n. b.	60	36,1	18,7
Fulda-Fellenweg	Überlauf RÜB	n. b.	60	28	14,5
Wülfrath	Überlauf RÜB	4	2 * 1 Jahr	540	189

n. b.: nicht bekannt

4.1.2 Probenahmeintervalle

Sinsheim, Waldangelloch: In der vorliegenden Arbeit wurden keine weiteren Angaben zu den angewandten Probenahmeintervallen gemacht.

Fulda-Fellenweg: In der ersten Stunde eines Ereignisses wurde alle zwei Minuten eine Probe gezogen, ein Flaschenwechsel fand nach 10 min statt. In der Folgezeit wurde der Probenahmeintervall auf 10 Minuten verlängert. Der Flaschenwechsel fand dann nach 5 Probenahmen statt.

Wülfrath: Die Beprobung erfolgte als zeitproportionale Probenahme, bei der alle 3 Minuten eine Teilprobe entnommen wurde. Der Flaschenwechsel fand nach 30 Minuten statt.

4.1.3 Untersuchungsparameter und –ergebnisse

Für die vorliegende Zusammenstellung werden nur die Zuflüsse zu den entsprechenden Bodenfiltern und nicht deren Abflusskonzentrationen berücksichtigt. Der Untersuchungsumfang ist sehr unterschiedlich. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Untersuchungsergebnisse [1]

	Sinsheim		Fulda		Wülfrath	
	Konz. [mg/l]	Fracht [kg/a]	Konz. [mg/l]	Fracht [kg/a]	Konz. [mg/l]	Fracht [kg/a]
AFS	128	n. b.	404	2.395	n. b.	n. b.
BSB ₅	40,4	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CSB _{hom}	92,8	n. b.	191	1.130	n. b.	n. b.
TOC	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	20,7	n. b.
NH ₄ -N	6,85	n. b.	1,46	8,71	6,2	n. b.
NO ₃ -N	1,51	n. b.	n. b.	n. b.	1,9	n. b.
N _{ges}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	11,6	n. b.
P _{ges}	1,04	n. b.	n. b.	n. b.	1,63	n. b.
oPO ₄ -P	0,42	n. b.	0,35	2	n. b.	n. b.

n. b.: nicht bekannt

4.2 Untersuchung der Leistungsfähigkeit von Bodenfiltern in NRW (2001) [4]

4.2.1 Charakterisierung des beprobten Systems

Im Rahmen eines vom MUNLV NRW geförderten Forschungsvorhabens wurde der Retentionsbodenfilter Geilenkirchen-Flahstrass beprobt (2001). Der Bodenfilter dient der Mischwasserbehandlung (geringer Gewerbe-Anteil).

Tabelle 4: Charakterisierung des untersuchten Systems [4]

Untersuchtes System	mittlere Fließzeit (ohne Rückstau) [min]	Stauraumvolumen (Hauptsammler) [m ³]	Mittlere Ablagerungshöhen (HS) [cm]	Vermaschungsgrad	Vorentlastungen
Geilenkirchen-Flahstrass	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	ja

n. b.: nicht bekannt

Tabelle 5: Charakterisierung der untersuchten Kanalnetze [4]

Untersuchtes System	Probenahmestelle	Kanalgefälle [‰]	Messzeitraum [Monate]	A _{ges} [ha]	A _{red} [ha]
Geilenkirchen-Flahstrass	Zulauf RBF	n. b.	3	n. b.	418,4

n. b.: nicht bekannt

4.2.2 Probenahmeintervalle

Die Zulaufprobenahme wurde zeitproportional mit stündlichem Flaschenwechsel durchgeführt.

4.2.3 Untersuchungsparameter und –ergebnisse

Für die vorliegende Zusammenstellung werden nur die Zuflüsse zu dem Bodenfilter berücksichtigt.

Tabelle 6: Untersuchungsergebnisse [4]

	Geilenkirchen	
	Konz. [mg/l]*	Fracht [kg/Ereignis]
AFS	52	147
CSB _{hom}	110	245
NH ₄ -N	7,65	19,7
NO ₃ -N	0,18	0,6
N _{ges}	7,8	20,3
oPO ₄ -P	0,83	2

* mittlere Konzentrationswerte (4 Ereignisse)

n. b.: nicht bekannt

4.3 Ermittlung gebietsspezifischer Schmutzfrachtpotentiale flach verlegter und vorentlasteter Mischwassernetze (1995) [5]

4.3.1 Charakterisierung der beprobten Systeme

In drei Gebieten des Braunschweiger Entwässerungsnetzes wurden von Schulz [5] in der Zeit zwischen 1988 bis 1993 Messungen zur Ermittlung des gebietsspezifischen Gesamtschmutzfrachtpotentiales durchgeführt. Dabei wurden drei Teilgebiete des Mischwassernetzes, die in Tabelle 7 und 8 näher beschrieben sind, sowohl hydraulisch als auch stofflich genauer untersucht. Diese drei Systeme weisen sehr flache Netzstrukturen und eine relativ dichte, großstädtische Bebauung auf.

Tabelle 7: Charakterisierung des Braunschweiger Kanalnetzes [5]

Untersuchtes System	mittlere Fließzeit (ohne Rückstau) [min]	Stauraumvolumen (Hauptsammler) [m ³]	Mittlere Ablagerungshöhen (HS) [cm]	Vermaschungsgrad	Vorentlastungen
BS I	18	3.000	5 – 15	gering	nein
BS II	99	5.000	0 – 10	stark	ja (ca. 80)
BS III	127	25.000	0 – 25	in Teilbereichen sehr stark	ja

Tabelle 8: Charakterisierung des Braunschweiger Kanalnetzes [5]

Untersuchtes System	Probenahmestelle	Kanalgefälle [‰]	Messzeitraum [Monate]	A _{ges} [ha]	A _{red} [ha]
BS I	n. b.	1,3	1/90-10/93	82	58
BS II	n. b.	1,0	1/89-10/93	148	60 (bis 75)
BS III	n. b.	3,0	6/88 - 10/93	638	375

n. b.: nicht bekannt

4.3.2 Probenahmeintervalle

In dem Untersuchungszeitraum wurden ca. 10.000 Einzelproben analysiert, wobei ca. 450 Mischwasserereignisse und ca. 150 Trockenwetterganglinien beprobt wurden.

Die Proben wurden niederschlagsabhängig entnommen. Das bedeutet, dass unmittelbar zu Beginn der Abflusswelle eine automatische Beprobung in kurzen Zeitintervallen erfolgte und nach Überschreiten des ersten Pegelmaximums auf Intervalle von 1 h gewechselt wurde. Es konnten maximal 24 Einzelproben pro Niederschlagsereignis gewonnen werden.

4.3.3 Untersuchungsparameter und –ergebnisse

Charakteristische Daten der Trockenwetterabflüsse sind in Tabelle 9 gegeben.

Tabelle 9: Charakteristische Daten des Trockenwetterabflusses [5]

	BS I		BS II		BS III	
	Q _{t24} [l/s]: 38		Q _{t24} [l/s]: 146		Q _{t24} [l/s]: 555	
	Konz. [mg/l]	Fracht [g/s]	Konz. [mg/l]	Fracht [g/s]	Konz. [mg/l]	Fracht [g/s]
AFS	311	13,5	141	21,8	278	170
BSB ₅	206	8,4	247	38,1	274	164
CSB	616	25,7	522	79,9	679	406
TKN	68	2,6	54	8,1	61	35
P _{ges}	11	0,4	9	1,4	11	6,5

Verlässliche Angaben über die stoffliche Belastung durch Entlastungsereignisse wurden anhand der vorliegenden Arbeit nur für die Gebiete BS I und BS II gewonnen.

Für das Gebiet BS 1 betragen die mittleren gewichteten Regenüberlauf-Konzentrationen für den Parameter **AFS 541 mg/l** und für den Parameter **CSB 413 mg/l**. Die Probenahmestelle befand sich in einem Entlastungsbauwerk, welches als luftgesteuertes Heberwehr mit einer Kronenlänge von 5,65 m ausgebildet ist. Dem mittleren Trockenwetterabfluss von 38 l/s steht hier ein Q_{max} von 4.500 l/s gegenüber.

Für das Gebiet BS II wurden **AFS-Werte** von **234 mg/l** und **CSB-Konzentrationen** von **340 mg/l** ermittelt. Die Probenahmestelle befand sich an der Hauptent-

lastungsstelle der Innenstadt. Diese ist ebenfalls als Heberwehr mit einer Kronenlänge von 3,32 m ausgebildet. Die sich wesentlich von BS I unterscheidenden Werte resultieren u. a. aus der Vielzahl der vorgeschalteten Entlastungen (ca. 80).

Die mittleren Schmutzfrachtpotentiale wurden im Rahmen der Untersuchungen hinreichend genau ermittelt. Jedoch konnte im Rahmen der von Schulz vorgelegten Arbeit kein Nachweis auf die Begrenzung der Schmutzfracht auf ein maximal austragbares Stoffpotential je Mischwasserereignis bezüglich der Parameter AFS und CSB erbracht werden.

4.4 Der Regenabfluss und seine Behandlung beim Mischverfahren (1976) [6]

4.4.1 Charakterisierung des beprobten Systems

Die vorliegende Arbeit beschreibt Messungen am gesamten Kanalnetz Stuttgart-Büsnau. Zielsetzung der Arbeit war, Auslegungsgrößen für die Bemessung von Regenüberlaufbecken zu liefern. Das untersuchte Gebiet wurde im Mischsystem entwässert und bestand aus einer reinen Wohnbebauung.

Tabelle 10: Charakterisierung des Stuttgart-Büsnauer Kanalnetzes [6]

Untersuchtes System	mittlere Fließzeit (ohne Rückstau) [min]	Stauraumvolumen (Haupt-sammler) [m ³]	Mittlere Ablagerungshöhen (HS) [cm]	Vermaschungsgrad	Vorentlastungen
Stuttgart-Büsnau	7	n. b.	n. b.	gering	1 RÜB

n. b.: nicht bekannt

Tabelle 11: Charakterisierung des Stuttgart-Büsnauer Kanalnetzes [6]

Untersuchtes System	Probenahmestelle	Kanalgefälle [‰]	Messzeitraum [Monate]	A _{ges} [ha]	A _{red} [ha]
Stuttgart-Büsnau	n. b.	> 5	24	31,7	11,8

n. b.: nicht bekannt

4.4.2 Probenahmeintervalle

Innerhalb der Projektlaufzeit wurden 621 Niederschlagsereignisse erfasst und ausgewertet.

Die Probenahme wurde ab einem Abfluss von 20 l/s automatisch gestartet. Innerhalb von 3 Minuten wurden 30 mal je 2,5 s lang 130 ml Abwasser in die Probenahmeflasche gefüllt (Probenvolumen rd. 4 l). Nach 18 Minuten (bzw. 6 Probenahmeflaschen) wurde das Probenahmeintervall für weitere 6 Flaschen auf 7,5 Minuten verlängert, wobei ebenfalls 30 mal je 2,5 s lang 130 ml Proben entnommen wurden. Für die folgenden sechs Flaschen wurde das Intervall auf 15 Minuten und für die dann noch folgenden Proben auf 30 Minuten verlängert. Bei einem geringeren Abfluss als 20 l/s wurde die Probenahme beendet.

4.4.3 Untersuchungsparameter und –ergebnisse

Da die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit die Ermittlung des Einflusses von Spülstößen auf die Entlastungsfrachten war, liegen für das Netz Stuttgart-Büsnau Konzentrationsmittelwerte über verschiedene Regenabflussspenden vor. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Tabelle 12: Untersuchungsergebnisse [6]

	Stuttgart-Büsnau							
	mittlere Konzentrationen [mg/l]							
Regenabfluss- spende [l/s*ha]	0 - ∞	0 - 1	1 – 3,5	3,5 – 7,7	7,7 – 16,2	16,2 – 24,6	24,6- 33,0	> 33,0
AFS	174	158	169	163	194	235	235	275
BSB ₅ (nicht abgesetzt)	114	126	116	93	95	126	125	130
N _{ges} (nicht abgesetzt)	19,42	23,38	22,32	17,29	14,72	14,51	14,61	15,99
N _{ges} (abgesetzt)	15,93	19,67	18,50	13,58	11,57	11,72	12,20	13,38
P _{ges} (nicht abgesetzt)	6,63	7,75	7,09	5,73	5,69	5,72	5,90	6,67
P _{ges} (abgesetzt)	4,38	5,35	4,61	3,36	3,68	3,92	4,33	4,95

4.5 Einsatz von Lamellenabscheidern in Mischwasserbehandlungsanlagen (2000) [7]

4.5.1 Charakterisierung des beprobten Systems

Im Rahmen der Erprobung des Einsatzes von Lamellenabscheidern in Regenüberlaufbecken der Kläranlage Aachen-Soers wurden großtechnische Untersuchungen durchgeführt.

Das Kanalnetz der Stadt Aachen hat eine Länge von ca. 760 km. Der wesentliche Teil des anfallenden Abwassers wird der Kläranlage Aachen-Soers zugeführt. Diese Kläranlage ist für einen Anschluss von 458.000 E ausgebaut. Derzeit sind 410.000 E angeschlossen.

Tabelle 13: Charakterisierung des Kanalnetzes Aachen [7]

Untersuchtes System	mittlere Fließzeit (ohne Rückstau) [min]	Stauraumvolumen (Haupt-sammler) [m ³]	Mittlere Ablagerungshöhen (HS) [cm]	Vermaschungsgrad	Vorentlastungen
Aachen	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	ja

n. b.: nicht bekannt

Tabelle 14: Charakterisierung des Kanalnetzes Aachen [7]

Untersuchtes System	Probenahmestelle	Kanalgefälle [‰]	Messzeitraum [Monate]	A _{ges} [ha]	A _{red} [ha]
Aachen	Überlauf RÜB	n. b.	3	n. b.	n. b.

n. b.: nicht bekannt

4.5.2 Probenahmeintervalle

Innerhalb der Projektlaufzeit wurden 14 Niederschlagsereignisse erfasst und ausgewertet.

Bei Abschlagsereignissen wurde innerhalb von 15 Minuten ein Probevolumen von rd. 2 l entnommen.

4.5.3 Untersuchungsparameter und –ergebnisse

Da die Zielsetzung der Arbeit auf der Ermittlung der Tauglichkeit des Einsatzes von Lamellenabscheidern lag, wurden die Mischwasserproben hinsichtlich folgender Parameter analysiert:

- chemischer Sauerstoffbedarf homogenisiert und filtriert ($CSB_{\text{hom.}}$, $CSB_{\text{filtr.}}$)
- abfiltrierbare Stoffe (AFS)

Gelöst vorliegende Stoffe wie $NH_4\text{-N}$ und P wurden daher nicht berücksichtigt. In Tabelle 15 sind die Ergebnisse für den Ablauf des Regenüberlaufbeckens als Gesamtmittelwerte wiedergegeben.

Tabelle 15: Ergebnisse Aachen [7]

	Aachen-Soers	
	Mittelwerte	Extrema
	Konz. [mg/l]	
AFS	117	10 – 736
CSB_{hom}	132	33 – 553
CSB_{fil}	51	5 – 274

4.6 Niederschlagsbedingte Schmutzbelastung der Gewässer aus städtischen befestigten Flächen (2000) [8]

Im Rahmen einer Gesamtbilanzierung für die Flussgebiete der Lahn und des Neckars wurden nur für den Parameter P_{ges} Angaben zur Konzentration im entlasteten Mischwasser gemacht. Messungen an 2 Regenüberlaufbecken und 2 Regenüberläufen im Einzugsgebiet der Lahn ergaben dabei Mittelwerte zwischen **0,8 und 1,1 mg/l P_{ges}** .

Der Anteil der gesamten Stoffeinträge durch Entlastungen der Mischkanalisation betragen für das Einzugsgebiet Neckar für den Parameter Phosphor 5 %, Stickstoff 1 % und CSB 25 %. Für das Einzugsgebiet Lahn betragen die Anteile für den Parameter Phosphor 8 %, Stickstoff 3 % und CSB 30 %.

Der Anteil der Mischkanalisation für das Einzugsgebiet des Neckar beträgt 96 %, für die Lahn 90 %.

4.7 Begleitband zum Leitfaden zur Ableitung von Anforderungen an Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse (1999) [9]

4.7.1 Charakterisierung der beprobten Systeme

Im Rahmen der Bearbeitung des Leitfadens zur Ableitung von Anforderungen an Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse des BWK wurde eine Aufstellung verschiedener Untersuchungsprojekte zur Beurteilung der Niederschlagswassereinleitung vorgenommen. Dabei wurden die Systeme Bremen-Horn, Düsseldorf-Oberkassel, München-Harlaching und Solingen herangezogen.

Tabelle 16: Charakterisierung der untersuchten Kanalnetze [9]

Untersuchtes System	mittlere Fließzeit (ohne Rückstau) [min]	Stauraumvolumen (Hauptsammler) [m³]	Mittlere Ablagerungshöhen (HS) [cm]	Vermaschungsgrad	Vorentlastungen
Bremen-Horn	n. b.	n. b.	ja	n. b.	ja
Düsseldorf-Oberkassel MP 2	n. b.	n. b.	ja	n. b.	ja
Düsseldorf-Oberkassel MP 7	n. b.	n. b.	ja	n. b.	ja
München-Harlaching	10 – 50	n. b.	ja	n. b.	ja
Solingen S1	n. b.	n. b.	nein	n. b.	nein
Solingen S2	n. b.	n. b.	nein	n. b.	ja
Solingen S3	n. b.	n. b.	nein	n. b.	ja

n. b.: nicht bekannt

Tabelle 17: Charakterisierung der untersuchten Kanalnetze [9]

Untersuchtes System	Probenahmestelle	Kanalgefälle [‰]	Messzeitraum [Monate]	A _{ges} [ha]	A _{red} [ha]
Bremen-Horn	n. b.	5	18	n. b.	n. b.
Düsseldorf-Oberkassel MP 2	n. b.	5	24	43	23
Düsseldorf-Oberkassel MP 7	n. b.	5	24	180	61
München-Harlaching	n. b.	4	24	540	189
Solingen S1	n. b.	50	28	n. b.	24
Solingen S2	n. b.	24	28	n. b.	66
Solingen S3	n. b.	14	28	300	88

n. b.: nicht bekannt

4.7.2 Probenahmeintervalle

Über die eingesetzten Probenahmeverfahren und -intervalle wurde in der vorliegenden Arbeit keine Aussage getroffen.

4.7.3 Untersuchungsparameter und -ergebnisse

Die Zusammenstellung der Ergebnisse zeigt Tabelle 18.

Tabelle 18: Ergebnisse BWK 3 [9]

	Bremen-Horn	Ddorf MP 2	Ddorf MP 7	M-Harlaching	Solingen S1	Solingen S2	Solingen S3
AFS [mg/l]	n. b.	316	262	123	142	154	146
BSB ₅ [mg/l]	125	143	105	79	28	48	53
CSB _{hom} [mg/l]	351	451	372	n. b.	160	169	178
TOC [mg/l]	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
NH ₄ -N [mg/l]	10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
P _{ges} [mg/l]	9,39	n. b.	n. b.	6,20	n. b.	n. b.	n. b.

Die kursiv wiedergegebenen Messwerte stellen aufgrund des geringen Probenumfangs arithmetische Mittelwerte dar

n. b.: nicht bekannt

4.8 Auswirkungen von Mischwassereinleitungen auf den Stoffhaushalt und die Biozönose von Fließgewässern [15]

4.8.1 Charakterisierung des beprobten Systems

Zur Bestimmung des Einflusses von Mischwasserentlastungen auf ein Mittelgebirgsgewässer wurden von Fuchs [15] Untersuchungen in der Gemeinde Langenalb durchgeführt. Im Laufe dieser Untersuchungen wurden auch die Mischwasserentlastungen eines Regenüberlaufbeckens näher betrachtet.

Tabelle 19: Charakterisierung des Kanalnetzes Langenalb [15]

Untersuchtes System	mittlere Fließzeit (ohne Rückstau) [min]	Stauraumvolumen (Hauptsammler) [m ³]	Mittlere Ablagerungshöhen (HS) [cm]	Vermaschungsgrad	Vorentlastungen
Langenalb	10	n.b.	n.b.	n.b.	nein

n. b.: nicht bekannt

Tabelle 20: Charakterisierung des Kanalnetzes Langenalb [15]

Untersuchtes System	Probenahmestelle	Kanalgefälle [‰]	Messzeitraum [Monate]	A _{ges} [ha]	A _{red} [ha]
Langenalb	RÜB	1,7	12	40,3	17*

* zum Zeitpunkt der Messungen

n. b.: nicht bekannt

4.8.2 Probenahmeintervalle

Über die eingesetzten Probenahmeverfahren und -intervalle wurde in der vorliegenden Arbeit keine Aussage getroffen. Es wurden 9 Ereignisse dargestellt.

4.8.1 Untersuchungsparameter und -ergebnisse

Die Zusammenstellung der Ergebnisse zeigt Tabelle 21.

Tabelle 21: Abflussgewichtete Mittelwerte - Langenalb [15]

	Langenalb (Mittelwerte)	Minima- Maxima
CSB [mg/l]	73	18 – 126
NH ₄ -N [mg/l]	1,9	0,21 – 3,29

4.9 Zusammenfassung

Die im Rahmen von Mischwasserentlastungen am häufigsten untersuchten Parameter sind AFS, BSB₅ und CSB. In Tabelle 22 ist eine zusammenfassende Darstellung aller Mittelwerte gegeben.

Die relativ hohen AFS-Werte der Systeme BS I und Fulda lassen sich u.a. darauf zurückführen, dass es sich hierbei um nicht vorentlastete Systeme handelt, die zudem noch mit Ablagerungen behaftet sind. Die extrem niedrigen AFS-Werte für Geilenkirchen sind aus den vorliegenden Unterlagen nicht interpretierbar.

Die Verhältnisse BSB/CSB liegen im Bereich von 2,8 bis 3,5, mit Ausnahme der Systeme Solingen S1 (5,7) und Sinsheim (2,2).

Tabelle 22: Zusammenfassende Darstellung der Messwerte (Konzentrationen in mg/l)

	AFS	BSB ₅	CSB _{nom}	CSB _{fil}	TOC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N _{ges}	N _{ges, abg.}	P _{ges}	P _{ges, abg.}	oPO ₄ -P
Bremen-Horn	n. b.	125	351	n. b.	n. b.	10	0,43	n. b.	n. b.	9,39	n. b.	n. b.
Ddorf MP 2	316	143	451	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ddorf MP 7	262	105	372	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
M-Harlaching	123	79	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	6,2	n. b.	n. b.
Solingen S1	142	28	160	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Solingen S2	154	48	169	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Solingen S3	146	53	178	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Lahn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	1,1	n. b.	n. b.
Aachen-Soers	117	n. b.	132	51	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Stuttgart-Büsnau	174	114	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	19,4	15,9	6,63	4,38	n. b.
BS I	541	n. b.	413	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BS II	234	n. b.	340	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BS III	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Geilenkirchen	52	n. b.	110	n. b.	n. b.	7,65	0,18	7,8	n. b.	n. b.	n. b.	0,83
Sinsheim	128	40,4	92,8	n. b.	n. b.	6,85	1,51	n. b.	n. b.	1,04	n. b.	0,42
Fulda	404	n. b.	191	n. b.	n. b.	1,46	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,35
Wülfrath	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	20,7	6,2	1,9	11,6	n. b.	1,63	n. b.	n. b.
Langenalb	n. b.	n. b.	73	n. b.	n. b.	1,90	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

n. b.: nicht bekannt

Den am häufigsten untersuchten Summenparameter stellt der CSB dar. Hierbei wurden Konzentrationen im Bereich von 73 mg/l (in steilen Netzen) bis 450 mg/l (in flach verlegten Netzen) nachgewiesen.

Die Ergebnisse aus den grau hinterlegten Kanalsystemen flossen in die Arbeiten des BWK zu [2] ein. Die im Rahmen dieser Studie gefundenen Werte für die Parameter AFS, BSB und CSB liegen in einem ähnlichen Wertebereich.

Die gelöst vorliegenden Stoffe NH_4 , NO_3 und P fanden erst durch den Einsatz von Retentionsbodenfiltern Beachtung. Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich z. T. um Untersuchungen weniger Einzelereignisse handelt. Der Wertebereich für den Parameter $\text{NH}_4\text{-N}$ liegt zwischen 1,46 und 10 mg/l, wobei Werte kleiner 5 mg/l nur in Fulda und Langenalb gefunden wurden. P_{ges} wurde in sechs Fällen untersucht und lag in einem Wertebereich zwischen 1 und 9,39 mg/l.

Zur Bestimmung der stofflichen Belastung von Gewässern durch Regenwasserentlastungen im Mischsystem sind weitere Auswertungen bezüglich der gelösten Abwasserinhaltsstoffe sowie systematische Untersuchungen der Belastungen durch Keimemissionen notwendig. Im Hinblick auf den in Zukunft vermehrten Einsatz von Bodenfilteranlagen ist eine weitergehende Untersuchung bestehender Anlagen von Interesse.

Als weitere Vorgehensweise bietet sich daher an, ein umfassendes Messprogramm an dem Bodenfilter Flahstrass [4] durchzuführen, da so zum Einen die Belastung im Mischwasserabschlag bestimmt und zum Anderen eine detaillierte Untersuchung der Leistungsfähigkeit der Bodenfilteranlage durchgeführt werden kann. Hierbei können Erfahrungen aus den schon durchgeführten Messprogrammen [4] mit eingebracht werden.

5 Literatur

- [1] Uhl et. al Bodenfilteranlagen in NRW, Stand der Technik, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Januar 2001
- [2] Borchardt, D. et al. Merkblatt: Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse; Bearbeitung BWK-Arbeitsgruppe 2.3, Düsseldorf, 2001
- [3] Brunner, P. G. Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Handbuch Wasser 4, Band 10, Hrsg.:Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 1998
- [4] Liebeskind, M. Untersuchung der Leistungsfähigkeit von Bodenfiltern in NRW, Abschlussbericht, unveröffentlicht, Aachen 2001
- [5] Schulz, O. Gebietsspezifische Schmutzfrachtpotentiale flach verlegter und vorentlasteter Mischwassernetze, Braunschweig, 1995
- [6] Krauth, K. Der Regenabfluss und seine Behandlung beim Mischverfahren, Oldenbourg-Verlag, München, 1979
- [7] Buer, Th. et al Ideenwettbewerb: Kosten, Preis- und Gebührensenkung / Einsatz von Lamellenabscheidern in Mischwasserbehandlungsanlagen, unveröffentlichter Zwischenbericht, Aachen 2000
- [8] Hahn, H. H., Fuchs, St. et al. Niederschlagsbedingte Schmutzbelastung der Gewässer aus städtischen befestigten Flächen, BMBF-Verbundprojekt, Karlsruhe, 2000
- [9] Borchardt, D. et al. Begleitband zum „Leitfaden zur Ableitung von Anforderungen an Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse“ Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Bearbeitung BWK-Arbeitsgruppe 2.3, unveröffentlicht, Düsseldorf, 1999
- [10] Geiger, W. F. Mischwasserabfluss und dessen Beschaffenheit- ein Beitrag zur Kanalnetzplanung, München, 1984
- [11] N.N. Arbeitsblatt ATV-A 166, Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung, Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung, November 1999, Hennef
- [12] ATV Merkblatt ATV-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Entwurf, Std. Januar 1999, unveröffentlicht

- [13] N.N. Anforderungen an die öffentliche Niederschlagsentwässerung im Mischverfahren, RdErl. des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW vom 3.1.1995, IV B 6-031 001 2102/ IV B 5-673/4/2-32602
- [14] Dohmann, M., Rietsch, B. Untersuchungen zum ökologisch und ökonomisch optimierten Einsatz von Regenüberlaufbecken und Stauraumkanälen in der Mischkanalisation, Abschlussbericht zu dem Forschungsvorhaben AZ IV B 6-041 110 des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, unveröffentlicht, Aachen, 2001
- [15] Fuchs, S. Auswirkungen von Mischwassereinleitungen auf den Stoffhaushalt und die Biozönose von Fließgewässern, GWF Nr. 6, S. 323 ff, 1998