



Ertüchtigung von vorhandenen dezentralen Regenwasserbehandlungs- systemen am Beispiel des Nassschlammfangs Modell Hannover unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Organik

*Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter dem Az
33308/01 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt*

von

*Ralf Sonnenberg, Leiter Produktentwicklung; Peter Westendorf,
Produktmanagement; Stefan Weis, Konstrukteur (MeierGuss),*

*Dr.-Ing. Maike Beier, Bereichsleitung Siedlungswasserwirtschaft,
Wasserversorgung und industrielle Wasserwirtschaft; Kristina Elsner,
wissenschaftliche Mitarbeiterin (ISAH, Leibniz Universität Hannover),*

*Paul Kober, wissenschaftlicher Mitarbeiter (TU Berlin, FG
Siedlungswasserwirtschaft),*

*Ylva Lund-Weiß, Sachgebietsleiterin Generalplanung; Thomas Kirk,
Sachgebietsleiter Kanalnetzreinigung, Milka Vukovic,
Sachbearbeiterin (Stadtentwässerung Hannover).*

Februar 2019

Der Abschlussbericht ist online erhältlich über die

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

An der Bornau 2

49090 Osnabrück

https://www.dbu.de/projekt_33308/01_db_2848.html

Zitationshinweis: DBU Az 33308/01 (2019): Abschlussbericht zum Forschungsprojekt „Ertüchtigung von vorhandenen dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen am Beispiel des Nassschlammfangs *Modell Hannover* unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Organik“.

Kooperationspartner:

MeierGuss Limburg GmbH (MeierGuss) - Antragsteller

Elzer Straße 22-25, 65556 Limburg

Leibniz Universität Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ISAH), wiss. Leitung

Welfengarten 1, 30167 Hannover

Technische Universität Berlin, Institut für Bauingenieurwesen, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (TUB)

Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin

Sowie als gleichberechtigter Kooperationspartner ohne Förderung:

Stadtentwässerung Hannover, Eigenbetrieb der Landeshauptstadt Hannover (SEH)

Sorststraße 16, 30165 Hannover



Ertüchtigung von vorhandenen dezentralen Regenwasserbehandlungs- systemen am Beispiel des Nassschlammfangs Modell Hannover unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Organik

*Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter dem Az
33308/01 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt*

von

*Ralf Sonnenberg, Leiter Produktentwicklung; Peter Westendorf,
Produktmanagement; Stefan Weis, Konstrukteur (MeierGuss),*

*Dr.-Ing. Maike Beier, Bereichsleitung Siedlungswasserwirtschaft,
Wasserversorgung und industrielle Wasserwirtschaft; Kristina Elsner,
wissenschaftliche Mitarbeiterin (ISAH, Leibniz Universität Hannover),*

*Paul Kober, wissenschaftlicher Mitarbeiter (TU Berlin, FG
Siedlungswasserwirtschaft),*

*Ylva Lund-Weiß, Sachgebietsleiterin Generalplanung; Thomas Kirk,
Sachgebietsleiter Kanalnetzreinigung, Milka Vukovic,
Sachbearbeiterin (Stadtentwässerung Hannover).*

Februar 2019

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	33308/01	Referat	23	Fördersumme	119.865 €
----	-----------------	---------	-----------	-------------	------------------

Antragstitel **Ertüchtigung von vorhandenen dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen am Beispiel des Nassschlammfangs Modell Hannover unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Organik**

Stichworte Regenwasserbehandlung, Nassschlammfang, Betrieb, Straßenablauf, Tauchbogen

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
21,5 Monate	14.02.2017	30.11.2018	1

Bewilligungsempfänger	MeierGuss Limburg GmbH Elzer Str. 22 - 25 65556 Limburg	Tel.: 05771 918-167 Fax: 05771 918-241
		Projektleitung R. Sonnenberg
		Bearbeiter P. Westendorf, S. Weis

Kooperationspartner *Wissenschaftliche Projektleitung und –koordination:*
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ISAH)
der Leibniz Universität Hannover
www.isah.uni-hannover.de
Dr.-Ing. M. Beier, K. Elsner

Durchführung Versuche am Teststand
FG Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität Berlin,
www.siwawi.tu-berlin.de
P. Kober

Assoziierte Partner Stadtentwässerung Hannover (SEH)
Y. Lund-Weiß, T. Kirk, M. Vukovic

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Im Rahmen des Projektes MoHaOrg wurden am Beispiel des Straßenablaufs *Modell Hannover* vorhandene Niederschlagswasserbehandlungssysteme mit Nassschlammfang betrachtet und bzgl. ihrer Reinigungsleistung im Hinblick auf zukünftige Anforderungen eingeordnet und optimiert. Im Gegensatz zu umfangreichen Untersuchungen für Neuanlagen, liegen für die Bewertung der Leistungsfähigkeit von bestehenden Systemen wie Nassschlammfängen bislang kaum vergleichbare Untersuchungen vor. Im Projekt sollten daher Kennwerte für Bestandsanlagen am Beispiel des Nassschlammfangs *Modell Hannover* ausgelotet und allgemein verwendbar beschrieben werden. Ergänzend wurde der Einfluss von Organik auf die Niederschlagswasserverschmutzung betrachtet und im Hinblick auf die Reinigungsleistung von Nassschlammfängen im Betrieb bewertet. Ziel des Projektes war es damit der großen Anzahl im Einsatz befindlicher Bauwerke ihren optimalen Platz im Regenwassermanagement zuzuordnen.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Die Reinigungsleistung des Nassschlammfangs *Modell Hannover* wurde mit Hilfe von Teststand-Versuchen unter verschiedenen Betriebs- und Systembedingungen eingeordnet und durch technische Weiterentwicklung bzw. die Identifikation optimaler Betriebsbedingungen (z.B. Einfluss der Vorfüllung des Schlammraums) bzgl. des Rückhalts von AFS_{fein} ertüchtigt. Auf Basis von in situ Untersuchungen und ergänzenden Laborversuchen wurde der Einfluss der Organik auf die Belastung des abfließenden (Einfluss Einzugsgebiet) und emittierten Niederschlagswassers (Einfluss Anlage) analysiert und ein verbessertes Betriebskonzept erarbeitet. Außerdem erfolgte eine Einordnung der Reinigungsleistung der dezentralen Anlagen auf Basis von Flächenkategorisierungen.

Ergebnisse und Diskussion

Für den in Hannover über 52.000-mal verbauten Straßenablauf mit Nassschlammfang Modell Hannover wurde entsprechend der aktuell bestehenden Testverfahren ein Rückhalt von 62,6 % mit aktuell verbautem Tauchbogen (TBorg) bzw. 63 % für den verbesserten Tauchbogen (TB_org_K_Dach40mm) ermittelt. Dieser ist nach dem DWA-A 102 (Entwurf) ausreichend für die dort definierte Flächenkategorie II. In Hannover könnten damit 90 % der Straßenabläufe bestehen bleiben und optimierte bzw. neue Systeme gezielt an ‚Hot-Spots‘ mit der Flächenkategorie III installiert werden. Daraus lässt sich ableiten, dass eine Überprüfung der weiteren Nutzung von Bestandsanlagen auch für andere Städte zu empfehlen ist.

Als zentraler Austragsmechanismus für AFS_{fein} wurde die Ausbildung einer Wirbelströmung im Straßenablauf identifiziert. Durch die Modifikation des Tauchbogens wurde die Wirbelbildung deutlich reduziert. Der Einsatz eines Filters oder Siebs erwies sich im ersten Ansatz als betrieblich nicht geeignet. Die über ein halbes Jahr erfolgte in situ Erprobung der ertüchtigten Variante zeigte hydraulisch kaum Unterschiede, wobei im Untersuchungsjahr nur sehr wenig Niederschlag gefallen ist. Hier finden ergänzend weitere Untersuchungen statt.

Die direkte Verwendung der Ergebnisse aus Teststanduntersuchungen für eine auf die Wasserrahmenrichtlinie gebietsbezogene stoffstromspezifische Bilanz (Regenwassermanagement) ist nicht möglich. Zum einen besteht Anpassungsbedarf bei den notwendigerweise standardisierten Prüfmaterialien. Zum anderen sind Übertragungsfaktoren für gebietsspezifische Besonderheiten (Vegetation, Anwohnerverhalten etc.) zu entwickeln. Millisil®W4 als Prüfstoff entspricht nicht AFS63 entsprechend DWA-A 102 (Entwurf), sodass der Zusammenhang nur rechnerisch hergestellt werden kann. Außerdem entsprechen die Korngrößenverteilung und insbesondere die Dichte des eingesetzten Prüfmaterials nur bedingt den real im Nassschlammfang vorhandenen fein-partikulären Stoffen, organische Grob- und Schwimmstoffe werden zurzeit nicht berücksichtigt. Damit berücksichtigt die Prüfmethodik bislang nicht in ausreichendem Maß die Einflussgröße Vegetation und die damit verbundene mögliche Emission für die Gewässerqualität relevanter Organik-bürtiger Schadstoffe wie bspw. dem gelösten CSB. Die Einbindung von Vorfüllung in das Prüfverfahren ist durchaus hilfreich zur Identifizierung des Betriebsverhaltens, gleichzeitig haben sich aber auch Schwächen dieses Untersuchungsansatzes (zeitlicher Aufwand, Reproduzierbarkeit, Auswahl von Prüfstoffen) gezeigt.

Durch in situ Untersuchungen und Probenahmen über den Zeitraum von einem Jahr konnte das Verständnis für Akkumulationsprozesse von Substrat im Nassschlammfang erheblich verbessert werden. Darauf aufbauende Laborversuche zu Zersetzungs- und Leachingprozessen von Vegetationsbestandteilen in wässriger Lösung zeigen, dass sich während der Standzeiten im Schlammraum von Nassschlammfängen organische Substrate wie bspw. Laub und Pollen unterschiedlich schnell zersetzen. Aus der Kombination dieser beiden Untersuchungen konnten gemeinsam mit der Stadtentwässerung Hannover Konzepte für angepasste Reinigungs- und Wartungsintervalle ermittelt werden.

Als grundsätzliches Problem für die Anerkennung von Bestandsanlagen wird gesehen, dass der aktuell im DWA-A 102 beschriebene Weg eine DIBt-Zulassung der Bauart voraussetzt, die für ein bestehendes System (bislang) nicht zu erzielen ist.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Projektflyer auf der IFAT im Rahmen der Messepräsentation von ISAH, TUB und MeierGuss ausgelegt. Beier, M.; Elsner, K.; Verworn, F.; Köster, S. (2018): Charakterisierung des Rückhalts von Nassschlammfängen zur Abschätzung der Reinigungsleistung von bestehenden Straßenabläufen. Poster-Flash Präsentation auf der Gemeinschaftstagung aqua urbanica mit den DWA-Regenwassertagen. Workshop Erfahrungsaustausch (17.01.2019, Hannover) mit Teilnehmern von DIBt, IKT, FH Münster, DWA AG A-102 und allen Projektpartner aus Wissenschaft und Praxis. Insgesamt 6 studentische Arbeiten mit Projektbezug, davon vier in der Projektlaufzeit.

Fazit

Bei der Ertüchtigung von Nassschlammfängen ist insbesondere eine Reduzierung der Turbulenzen im Schacht mit einer Wasserentnahme im Zentrumspunkt zielführend. Als Empfehlung kann der Austausch der Tauchbögen gegen eine optimierte Variante mit Dachprofil abgeleitet werden. Die in den Versuchen ermittelte Reinigungsleistung des Modell Hannover ist ausreichend für Flächenkategorie II nach DWA-A 102 (2016, Entwurf). In Hannover könnten damit 90 % der Straßenabläufe bestehen bleiben. Eine Ertüchtigung für Flächenkategorie III ist voraussichtlich nur mit weiteren ergänzenden Einbauten möglich. Die langfristige Nutzung von Bestandssystemen durch angepassten Einsatz und Optimierung sollte im Hinblick auf die Interessen der Bürger*innen (Gebührenaufwand) weiter unterstützt werden. Die Versuche zum Einfluss der Organik zeigen, dass die Vegetation in der Umgebung eine wichtige bislang nicht ausreichend betrachtete Einflussgröße ist. Dabei können Zersetzungsprozesse von Vegetationsbestandteilen zu der Belastung des in Straßenabläufen mit Nassschlammfang eingestauten Wassers beitragen, grobe Vegetationsbestandteile zu einem vermehrten Feinstoffrückhalt führen. Daher sind optimierte Betriebsstrategien z. B. in Form von zeitlich fokussierten Reinigungsphasen für Straßenabläufe sinnvoll und durch angepasste Betriebsroutinen umsetzbar.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	viii
1 Einleitung.....	1
2 Weiterentwicklung des Straßenablaufs Modell Hannover	3
2.1 Betriebliche Ausgangssituation.....	3
2.2 Einbauten und Modifikationen des Tauchbogens	5
2.2.1 Modifikationen des Tauchbogens zur Verbesserung der Sedimentationseigenschaften	5
2.2.2 Ergänzende Einbauten zur Verbesserung des Stoffrückhalts	7
2.3 Versuche zur hydraulischen Leistungsfähigkeit und zum Stoffrückhalt des Straßenablaufs Modell Hannover	7
2.3.1 Beschreibung der Versuchsdurchführung und Weiterentwicklung des Teststands.....	7
2.3.1.1 Aufbau des Teststands	7
2.3.1.2 Versuchsdurchführung nach DIBt.....	8
2.3.1.3 Verkürzte Versuchsdurchführung angelehnt an DIBt-Verfahren.....	9
2.3.1.4 Visualisierung der Strömung	10
2.3.1.5 Versuche mit Vorfüllung.....	10
2.3.2 Ergebnisse der durchgeführten Versuche	11
2.3.2.1 Ergebnisse zur Optimierung des Tauchbogens (verkürztes Prüfverfahren)	11
2.3.2.2 Ergebnisse zur Visualisierung der Strömung.....	13
2.3.2.3 Ergebnisse der Versuche mit Vorfüllung.....	15
2.3.2.4 Ergebnisse der Versuche nach dem DIBt-Verfahren.....	17
2.4 Fazit zu den Einbauvarianten und Versuchen am Teststand	19
2.5 In situ Erprobung der gewählten Einbauvariante	20
2.5.1 Beschreibung der Methodik	21
2.5.2 Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse.....	25
2.6 Bewertung der Weiterentwicklung.....	27
2.6.1 Ökonomische Bewertung (Produzent).....	27
2.6.2 Technologische Bewertung (Produzent).....	28
2.6.3 Ökologische Bewertung (Wissenschaft)	28
2.6.4 Betriebliche und ökonomische Bewertung (Anwender)	29
3 Untersuchungen zum Einfluss der Organik.....	30

3.1	Abschätzung und Charakterisierung des Eintrags in Abhängigkeit des Einzugsgebietes und des Rückhaltevermögens von Nassschlammfängen.....	31
3.1.1	Datengrundlage für die Beschreibung der Vegetation im Einzugsgebiet.....	31
3.1.2	Einordnung und Beschreibung der Einzugsgebiete für die in situ Probenahmen	31
3.1.3	Vorgehen bei der Erfassung der Kehrrichtmengen.....	33
3.1.4	Ergebnisse in situ durchgeführter Sammlungen von Kehrrecht	34
3.2	Beprobung von Straßenabläufen mit Nassschlammfang.....	35
3.2.1	Vorgehensweise bei der in situ Probenahme aus Nassschlammfängen	35
3.2.2	Ergebnisse der durchgeführten in situ Probenahmen.....	35
3.3	Laborversuche zur Zersetzung von Laub, Blüten und Pollen im Nassschlammfang	42
3.3.1	Vorgehen bei den Laboruntersuchungen	42
3.3.2	Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche.....	43
3.4	Fazit zum Einfluss von Organik im Hinblick auf die Gewässerbelastung	44
4	Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabenergebnisse	46
4.1	Veröffentlichungen, Messepräsentationen und Workshops.....	46
4.2	Lehre und studentische Arbeiten.....	46
4.3	Mitarbeit in Arbeitsgruppen und im interkommunalen Austausch.....	47
5	Fazit	48
	Literatur.....	50
6	Anhang	52
6.1	Steckbriefe für untersuchte Einbauten.....	52
6.2	Prüfverfahren nach DIBt	71
6.3	In situ Erprobung.....	73
6.3.1	Bewertungsmatrix Einbau.....	73
6.3.2	Informationsblatt Einbau	74
6.3.3	Überwachungsprotokoll	75
6.3.4	Ergebnisse der Überwachung des in situ Einbaus der Tauchbögen	76
6.4	Ergänzungen zu Probenahmen	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Anlagen zum Leistungsverzeichnis, Anlage 4.2, Blatt 1: Betonfertigteile (links) und Blatt 3 Tauchbogen (rechts), Ausgabe 2018, Stadtentwässerung Hannover	4
Abbildung 2-2:	Systematik der Abkürzungen für die Benennung der Einbau-Prototypen (links), TBorg (rechts).....	6
Abbildung 2-3:	Fotos der angefertigten Prototypen, die Nummer verweist auf Tabelle 2-1.....	6
Abbildung 2-4:	Fließbild Teststand TU Berlin (links); Acrylglas-Schacht Modell Hannover (rechts).....	8
Abbildung 2-5:	EvU-Pearl®, SESSIL®-Streifen, SESSIL®-Stücke, Laub-Mix (Linde-Ahorn)	11
Abbildung 2-6:	Ergebnisse der verkürzten DIBt Prüfungen	13
Abbildung 2-7:	Turbulenzvisualisierung bei 4 L/s: von links nach rechts: TBorg mit Millisil® W4 und Lebensmittelfarbe; TBorg mit EvU-Pearl®; TBr_L_Platte0 mit EvU-Pearl®; TBorg_K_Dach40mm mit EvU-Pearl®	14
Abbildung 2-8:	EvU-Pearl®-Rückhalt bei 4 L/s und 450- SESSIL®-Stücken	14
Abbildung 2-9:	Ergebnisse der SESSIL®-Vorfüllungsversuche des Tauchbogens "TBr_L_Platte0" im Vergleich zu TBorg bei 4 l/s (5 Min.) (links); SESSIL®-Stücke werden vor Einlauf-Fenstern bei TBr_L-Platte0 gedrückt (rechts)	15
Abbildung 2-10:	SESSIL®-Rückhalt (Stücke) bei verschiedenen Durchflüssen für "TBorg", "TBr_L_Platte0" und "TBr_L_Platte0_PP_TRohr1"	16
Abbildung 2-11:	Verkürzter Versuch in Anlehnung an DIBt-Verfahren mit Laub-Vorfüllung für TBorg und TBorg_K_Dach40mm	17
Abbildung 2-12:	Ergebnisse der Versuche nach dem DIBt-Verfahren	19
Abbildung 2-13:	Anordnung des Schwimmschalters auf dem Tauchbogen (links) und im Straßenablauf (rechts).....	22
Abbildung 2-14:	Wasserspiegelanstieg im Schacht bei den einzelnen Teilprüfungen nach DIBt.....	22
Abbildung 2-15:	Einzugsgebiet der Straßenabläufe Ü1 und Ü2.....	23
Abbildung 2-16:	Lage der beiden Straßenabläufe zur Erprobung des optimierten Tauchbogens.....	23
Abbildung 2-17:	Niederschlagsmengen 2017 und 2018 im Vergleich mit Mittelwerten historischer Daten	24
Abbildung 2-18:	Jahressumme Niederschlag von 2010 bis 2018 für Niedersachsen und für 2017 und 2018 für Hannover im Vergleich zum Mittelwert des Niederschlags seit Beginn der Klimadatenaufzeichnung 1881.....	24
Abbildung 2-19:	Vergleich der Schachtabmessungen von Ü1 und Ü2.....	25
Abbildung 2-20:	Gemessene Wasserspiegel- und Schlammspiegelhöhen für TBorg_K_Dach40mm (Ü1) und TBorg (Ü2).....	25
Abbildung 2-21:	Ereignisbasierte Auswertung der Niederschlagsmenge und maximalen Intensität in mm/5 min für die detektierten Niederschlagsereignisse	27
Abbildung 3-1:	Ansätze zur Evaluation des Einflusses der Organik	30
Abbildung 3-2:	Lage der ausgewählten Straßenabläufe (P1, P2, P3, P4) im Kanalübersichtsplan (links), Einsatz aus Acrylglas vor dem Einbau (Mitte), Einsatz aus Acrylglas mit Herbstlaub (rechts)	32

Abbildung 3-3:	Optischer Eindruck der betrachteten Straßenabläufe in der Beekestraße P1 (links) und P2 (rechts).....	32
Abbildung 3-4:	Einzugsgebiet der Straßenabläufe P3 (links und rechts) und P4 (rechts im hinteren Bereich).....	33
Abbildung 3-5:	Lage der beprobten Flächen (A1-A4) im Vergleich zu den beprobten Straßenabläufen (P1-P4) (links); Vorgehensweise bei der Kehrrichtsammlung für die Flächen A2 und A3 für den 27.02.2018 und 14.11.2017 jeweils vorher/nachher (rechts).....	33
Abbildung 3-6:	Ergebnis der wöchentlichen Kehrrichtmengen aufgeteilt in mineralische und organische Anteile (gemessen über den Glühverlust).....	34
Abbildung 3-7:	Ergebnis für die vier ausgewählten Flächen, wobei jeweils A1 repräsentativ für P1 usw. ist.....	34
Abbildung 3-8:	Ablauf der Probenahmen aus realen Straßenabläufen.....	35
Abbildung 3-9:	Füllhöhe der vier Straßenabläufe in cm bei den Probenahmen (P.) über die Zeit.....	36
Abbildung 3-10:	Box-Whisker-Plots aller pH-Wert-Messungen für die vier Probenahmeorte (links) und Veränderung der gemessenen Sauerstoffkonzentrationen über die 14 durchgeführten Probenahmen (rechts).....	36
Abbildung 3-11:	Box-Whisker-Plots aller Leitfähigkeits-Messungen für die vier Probenahmeorte (links) und Veränderung der gemessenen Leitfähigkeiten über die 14 durchgeführten Probenahmen (rechts).....	37
Abbildung 3-12:	Vergleich der Entwicklung der Leitfähigkeit über die Zeit für die Straßenablauf P1, P2, P3 und P4 über die.....	38
Abbildung 3-13:	Vergleich der Entwicklung der CSB filtrierte Konzentrationen für P1, P2, P3 und P4 über die Tiefe des Straßenablaufs, dabei ist P1-I die obersten und P1-III die unterste Schicht.....	39
Abbildung 3-14:	Korrelation des filtrierten CSB zum TOC.....	40
Abbildung 3-15:	Vergleich der Entwicklung des homogenisierten CSB über die Zeit für den in drei Schichten unterteilten Straßenablauf P3, dabei ist P1-I die obersten und P1-III die unterste Schicht.....	40
Abbildung 3-16:	Gesamtschau der gemessenen Konzentrationen des homogenisierten und filtrierten CSB sowie des TOC in den aus der Flüssigphase entnommenen Proben.....	41
Abbildung 3-17:	Zusammenstellung der gemessenen Nährstoffkonzentrationen, wobei Nges die Summe aus NH4-N, NO3-N und NO2-N darstellt.....	41
Abbildung 3-18:	Versuchsaufbau Laborversuche zum Hydrolysepotential verschiedener Pflanzenbestandteile.....	42
Abbildung 3-19:	Vergleich der Extinktion von Kastanien-Herbstlaub in demineralisiertem Wasser bei einer Temperatur von 20 bzw. 12°C.....	43
Abbildung 6-3:	Stadtkarte von Hannover (Landeshauptstadt Hannover, 2017) mit Thiessen-Polygonen (Stadtentwässerung Hannover, 2016). Darstellung der Niederschlagshöhen [mm] für drei Stationen (Stadtentwässerung Hannover, 2018) für den 28.07.2018 mit zwei Gewitterfronten, die aus Richtung	

	Nordwesten kommend über das Stadtgebiet von Hannover zogen und das Protokoll des Schwimmschalters in Straßenablauf Ü1.....	76
Abbildung 6-4:	Studiengebiete im Projekt MoHaOrg bzw. in der Vorbereitung auf das Projekt, Datenquelle Umgebungskarte Region Hannover CC-BY-4.0 – Bereich Geoinformation – LH Hannover	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Übersicht der Prototypen; Anordnung ist chronologisch für die einzelnen Varianten (TBorg, TBr, TB_Rohr, Separationswand) dargestellt; für am Teststand erprobte Prototypen mit Steckbrief ist eine Seitenzahl angegeben, entsprechende Fotos sind Abbildung 2-3 zu entnehmen	7
Tabelle 2-2:	Prüfungsdurchführung für die Ermittlung des Partikelrückhaltes (AFS) nach DIBt für 400 m ² Anschlussfläche.....	9
Tabelle 2-3:	Prüfungsdurchführung für die Ermittlung des Partikelrückhaltes (AFS) für 400 m ² Anschlussfläche in verkürzter Methodik angelehnt an DIBt.....	9
Tabelle 2-4:	Übersicht über die von den Sensoren aufgezeichneten Ereignisse	26
Tabelle 3-1:	Matrix der durchgeführten Versuche Kategorien und Substrate.....	42
Tabelle 3-2:	Übersicht der Messergebnisse zum Zeitpunkt t = 21 d für die beprobten Substrate und die Parameter Leitfähigkeit (LF) [μ S/cm], CSB _{filtr.} , Pges, N und NH-4, jeweils in mg/L; die Einfärbung entspricht dabei der relativen Höhe des Wertes 0: dunkelgrün, Maximum: rot.....	44
Tabelle 6-1:	Übersicht über die entwickelten und erprobten Prototypen in alphabetischer Reihenfolge.....	52
Tabelle 6-2:	Korngrößenverteilung Millisil W4 (Quarzwerke, 2014).....	71

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AFS	Abfiltrierbare Stoffe
Az	Aktenzeichen
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DN	Nennweite
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
IKT	Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
ISAH	Leibniz Universität Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik
Kfz	Kraftfahrzeug
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz in Nordrhein-Westfalen
LHH	Landeshauptstadt Hannover
MID	magnetisch-induktiven Durchflussmessern
MoHaOrg	Durch die DBU gefördertes Forschungsprojekt zur „Ertüchtigung von vorhandenen dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen am Beispiel des Nassschlammfangs Modell Hannover unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Organik“
P	Plexigläseinsatz (eingesetzt zur in situ Beprobung von Straßenabläufen)
RKB	Regenklärbecken
SEH	Stadtentwässerung Hannover, Eigenbetrieb der Landeshauptstadt Hannover
TB	Tauchbogen
TBr	TB Prototyp, welcher näher an der Schachtwand angeordnet ist
TP	Teilprüfung
TUB	TU Berlin
Ü1	Straßenablauf in Hannover-Ricklingen mit eingebautem verbesserten Tauchbogen TBorg_K_Dach40mm und Schwimmschalter zur Überwachung eines Einstaus im Schacht
Ü2	Straßenablauf in Hannover-Ricklingen mit eingebautem verbesserten Tauchbogen TBorg und Schwimmschalter zur Überwachung eines Einstaus im Schacht

Ergänzend kann der folgenden Auflistung die Systematik der Abkürzungen für die Benennung der Tauchbögen entnommen werden:

Systematik der Abkürzungen		
TB	=	Tauchbogen
org	=	original
TBr	=	TB Prototyp, welcher näher an der Schachtwand hängt (Rand)
K	=	kurz
L	=	lang
0	=	0° Neigung (horizontal)
45	=	45° Neigung
S	=	tiefster Punkt Richtung Schacht
A	=	tiefster Punkt Richtung Ablauf
40mm	=	Abstand zw. TB-Unterkante und Dachfirst
TU	=	Anbau durch TU-Werkstatt
PP	=	obere Prallplatte
TRohr	=	Tauchrohr

Zusammenfassung

Mit dem primären Ziel des verbesserten Feststoffrückhalts wurden in Deutschland eine Vielzahl von Straßenabläufen mit Nassschlammfang ausgeführt. Die Reinigungsleistung und Einordnung dieses Straßenablaufsystems in ein gebietsbezogenes Gesamtkonzept war bislang nur eingeschränkt möglich. Für den in Hannover über 52.000 Mal verbauten Straßenablauf mit Nassschlammfang *Modell Hannover* ergaben erste sondierende Untersuchungen entsprechend der Zulassungsgrundsätze für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen zur Versickerung in Boden und Grundwasser (DIBt, 2015) am Teststand des IKT eine deutliche höhere Reinigungsleistung als aus dem im DWA-Merkblatt 153 festgelegten Durchgangswert von 0,8 (DWA, 2007) ersichtlich. Diese Werte zu bestätigen, die Reinigungsleistung weiter zu optimieren und die Einsatzmöglichkeiten des Modell Hannover im Hinblick auf ein Gesamtentwässerungskonzept zu bewerten, war Ziel des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes MoHaOrg (Az 33308/01-23). Das Forschungsprojekt wurde gemeinsam von der Firma MeierGuss (technische Weiterentwicklung), den wissenschaftlichen Partnern Leibniz Universität Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (wiss. Begleitung Teststand- und In-Situ-Untersuchung, Durchführung von Laboruntersuchungen zur Bewertung und Einordnung der organischen Verschmutzung durch urbanes Grün), sowie der Technischen Universität Berlin, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (Durchführung und Bewertung der Teststandversuche) und der Stadtentwässerung Hannover (Durchführung In-Situ-Untersuchung, praktische Begleitung der Weiterentwicklung, Bewertung) durchgeführt.

Einordnung der Reinigungsleistung: Es wurde festgestellt, dass nach DIBt-Verfahren (für Einleitungen in Boden und Grundwasser bestehendes Zulassungsverfahren) der Straßenablauf *Modell Hannover* einen Rückhalt von 62,6 % bzw. 63 % bietet. Entsprechend des im Entwurfsstadium befindlichen DWA-A 102 (2016) wäre dieser Feststoff-Rückhalt ausreichend für Flächen der Kategorie II. Durch diese Erkenntnis könnten ca. 90 % der Straßenabläufe in Hannover bestehen bleiben und die Umsetzung neuer Systeme gezielt an ‚Hot-Spots‘ mit der Flächenkategorie III erfolgen. Durch die Einordnung der Reinigungsleistung von Bestandssystemen können Maßnahmen priorisiert, Ressourcen gespart und letztendlich die Umwelt entlastet werden. Es ist zu überprüfen in wie weit diese Ergebnisse auf Bestandssysteme anderer Städte übertragen werden können.

Ertüchtigung des Straßenablaufs Modell Hannover: Verschiedene Um- und Einbauten wurden hinsichtlich betrieblicher und wirtschaftlicher Aspekte diskutiert und mehrere Varianten am Teststand der TU Berlin erprobt. Für den Betrieb sind dabei eine vergleichbare (und einfache) Handhabung, ein möglichst geringes Gewicht, sowie die Nachrüstung ohne bauliche Veränderungen zentrale Kriterien. Bei der Erprobung zeigte sich, dass eine Ertüchtigung von Nassschlammfängen möglich ist, wobei insbesondere die Turbulenzreduktion (Verminderung der Wirbelbildung) zielführend ist. Durch eine Veränderung der Geometrie des Tauchbogens können Ablagerungen von abfiltrierbaren Stoffen (AFS) im Tauchbogen reduziert werden. Die über ein halbes Jahr erfolgte in situ Erprobung der ertüchtigten Variante lässt hydraulisch nur geringe Unterschiede zu dem bislang eingesetzten Tauchbogen erkennen – es ist damit kein erhöhter Einstau zu erwarten.

Eignung des Prüfverfahrens: Als weitere Aussagen lassen sich aus den umfangreichen Untersuchungen am Teststand der Einfluss des Prüfmaterials Millisil®W4 ableiten. Die Korngrößenverteilung und

insbesondere die Dichte dieses Materials entsprechen nur bedingt den real im Nassschlammfang vorhandenen fein-partikulären Stoffen. Da das Prüfverfahren ausschließlich für eine Einleitung ins Grundwasser (Versickerung, Filtration) gedacht ist, werden gelöste Parameter wie Zehr- oder Nährstoffe nicht betrachtet. Diese sind jedoch relevant für eine Einleitung in Oberflächengewässer.

In situ Messungen und Verschmutzungspotentiale durch urbanes Grün: Durch monatliche in situ Untersuchungen und Probenahmen über den Zeitraum von einem Jahr konnte das Verständnis für Akkumulationsprozesse von Substrat im Nassschlammfang erheblich verbessert werden. Ergänzende Sammlungen von Kehrriecht im Einzugsgebiet ermöglichen Rückschlüsse auf den Jahresgang der Einträge und ermöglichen stark einzugsgebietsabhängige Prognosen für die Akkumulation von Feststoffen im Schlammfang. Darauf aufbauende Laborversuche zu Zersetzungs- und Leachingprozessen von Vegetationsbestandteilen in wässriger Lösung zeigen, dass sich in der wässrigen Lösung im Schlammraum von Nassschlammfängen organische Substrate wie bspw. Laub und Pollen in Abhängigkeit von der Baum- und Substratart unterschiedlich schnell zersetzen (Verlagerung von Zehr- und Nährstoffen in die gelöste Phase). Das dieser Prozess mit einer Rücklösung von oberflächlich gebundenen Schadstoffen einhergeht ist zu vermuten (vgl. Huwe, 2019) wurde aber im Projektrahmen nicht untersucht. Das verdeutlicht die Relevanz der bislang im Rahmen der Oberflächenabflussberechnung nicht ausreichend erfassten Einflussgröße Vegetation. Aus der Kombination der beiden beschriebenen Untersuchungen konnten gemeinsam mit der Stadtentwässerung Hannover Konzepte für angepasste Reinigungs- und Wartungsintervalle ermittelt werden.

Aus den Erkenntnissen des Projektes MoHaOrg können als Empfehlung für das weitere Vorgehen der Austausch der Tauchbögen, gegen die optimierte Variante mit Dachprofil abgeleitet werden. Der Großteil des Bestands ist weiter nutzbar, mit Ergänzungen für einzelne Teilbereiche. Für den Betrieb und die Art der Leerung kann abgeleitet werden, dass die Leerung im Frühjahr direkt nach der Blütezeit sowie im Anschluss an den Laubfall sinnvoll sind. Die Auswirkungen dieser angepassten Reinigungs- und Wartungszyklen sollten wissenschaftlich untersucht und ergänzend gezielte Untersuchungen am Gebietsauslass zu im Niederschlagswasser enthaltenen Nähr- und Zehrstoffen durchgeführt werden.

1 Einleitung

Erhöhte Anforderungen an die Gewässerqualität, die sich u. a. aus der Wasserrahmenrichtlinie (Europäische Union, 22. Dezember 2000) ergeben, rücken die Behandlung von Niederschlagswasser in den Fokus von wissenschaftlichen Studien und Forschungsprojekten. Im urbanen Raum ist der Platz für zentrale Niederschlagswasserbehandlungsanlagen begrenzt, weshalb ein aktueller Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkt auf der Untersuchung von dezentralen Anlagen liegt. Bei der Auswahl der bisher im Rahmen von Forschungsvorhaben untersuchten Anlagen stand vor allem die Neuentwicklung von Systemen im Fokus, sodass herkömmliche dezentrale Anlagen wie beispielsweise Straßenabläufe mit Nassschlammfängen nur geringe bis keine Berücksichtigung fanden.

Für die in großer Zahl bspw. in Hannover in unterschiedlichen Flächenkategorien verbauten dezentralen Anlagen mit Nassschlammfang liegen daher aktuell keine Leistungsdaten vor. Aufgrund der vorgenannten Anforderungen aus der EG-WRRL sowie den voraussichtlich zukünftig heranzuziehenden Flächenkategorien entsprechend DWA Arbeitsblatt DWA-A 102 (DWA, 2016) müssen die niederschlagsbedingten Abflüsse neu bewertet werden, woraus sich erhebliche Maßnahmenumfänge ableiten können. Eine Einordnung der Leistungsfähigkeit bestehender Anlagen zusammen mit einer Kategorisierung der Flächen ist daher unbedingt erforderlich, um eine zielgerichtete, kurzfristige und damit für die Umwelt förderliche Implementierung von Maßnahmen zu ermöglichen.

Die Stadtentwässerung Hannover (SEH) als Eigenbetrieb der Landeshauptstadt Hannover verfolgt vor dem Hintergrund der von der Landeshauptstadt Hannover und der SEH gesteckten Ziele zum nachhaltigen und umweltgerechten Handeln einen integrierten strategischen Lösungsansatz, um die Qualität der Gewässer im Stadtgebiet zu verbessern. Neben Maßnahmen an den Gewässern selbst (Gewässerfaktoren, z. B. Verbesserung der Selbstreinigungskraft, naturnaher Ausbau und Renaturierung) deren Umsetzung im Wesentlichen von Grundstückserwerbchancen abhängig sind, wird auch an einer möglichen Reduktion des Stoffeintrags in das Niederschlagswasser gearbeitet. Dabei werden unter anderem Vorgaben in der Bauleitplanung bezüglich eingesetzter Baumaterialien und zur Verkehrsplanung gemacht, um die Emission von Schadstoffen zu begrenzen und eine Vorreinigung vor der Einleitung in das Kanalnetz z. B. durch entsprechend häufigere Straßenreinigung angestrebt.

Innerhalb des Handlungsrahmens der SEH liegt aus entwässerungstechnischer Sicht der Fokus auf dem Transport und Rückhalt von belastenden Regenwasserinhaltsstoffen. Erste sondierende Untersuchungen am Teststand des IKT zeigen, dass der Straßenablauf mit Nassschlammfang Modell Hannover eine deutliche höhere Reinigungsleistung aufweist entsprechend der Zulassungsgrundsätze für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen zur Versickerung in Boden und Grundwasser (DIBt, 2015) als aus dem im DWA-Merkblatt 153 festgelegten Durchgangswert von 0,8 (DWA, 2007) ersichtlich. Diese Werte zu bestätigen, die Reinigungsleistung weiter zu optimieren und die Einsatzmöglichkeiten des Modell Hannover im Hinblick auf ein Gesamtentwässerungskonzept zu bewerten war Ziel des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes MoHaOrg (Az 33308/01-23), das gemeinsam von der Firma MeierGuss (technische Weiterentwicklung), den wissenschaftlichen Partnern Leibniz Universität Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (wiss.

Begleitung Teststand- und In-Situ-Untersuchung, Durchführung von Laboruntersuchungen zur Bewertung und Einordnung der organischen Verschmutzung durch urbanes Grün), sowie der Technischen Universität Berlin, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (Durchführung und Bewertung der Teststandversuche) und der Stadtentwässerung Hannover (Durchführung In-Situ-Untersuchung, praktische Begleitung der Weiterentwicklung, Bewertung) durchgeführt wurde.

Im Rahmen des Projektes MoHaOrg wurden die Untersuchungen zum aktuellen Stoffrückhalt des Straßenablaufs Modell Hannover wiederholt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen. Im Anschluss wurden umfangreiche Untersuchungen zur Ertüchtigung bzw. Weiterentwicklung der Einbauten am Teststand durchgeführt, um eine optimierte Abtrennleistung für sedimentierbare Stoffe zu erzielen. Als zweiter Schwerpunkt wurde im Rahmen des Projektes MoHaOrg der Einfluss der Organik auf die Verschmutzung untersucht. Hierzu wurden über den Zeitraum von einem Jahr in monatlichen Abständen Proben aus in situ eingebauten Nassschlammfängen genommen und Laborversuche zur Rücklösung organischer Materialien durchgeführt. Ergänzend werden in der Bewertung betriebliche Aspekte wie Reinigungszyklen und Arbeitsschritte herangezogen.

2 Weiterentwicklung des Straßenablaufs Modell Hannover

Im Rahmen des Forschungsprojektes MoHaOrg wurden relevante Austragseffekte für den Straßenablauf Modell Hannover identifiziert und entsprechende Optimierungen der Einbauten vorgenommen und erprobt. Nachfolgend werden zunächst der Straßenablauf Modell Hannover und im Anschluss die diskutierten Einbauvarianten und ihre Erprobung am Teststand vorgestellt.

2.1 Betriebliche Ausgangssituation

Der Straßenablauf Modell Hannover beruht auf einem Straßensinkkastensystem mit geruchsverschließendem Schwimmstoff-Ablenker, welches Ende der 40er-Jahre von der Firma Voss entwickelt wurde. Zunächst wurde er im Bereich der Mischwasserkanalisation zur Vermeidung von Gerüchen und Verstopfungen der Abflussleitungen entwickelt. Die Weiterentwicklung des Voss'schen Sinkkastens und ständige Funktionsverbesserungen führten zum heute im Stadtgebiet der Landeshauptstadt Hannover (LHH) verwendeten Straßenablauf Modell Hannover mit Nassschlammfang und Tauchbogen. Durch den Einbau eines Tauchbogens vor dem Ablauf des Sinkkastens konnten die bis dahin sehr häufig auftretenden Störungen der Abflussleitung erheblich reduziert werden. Mit dem Ausbau der Trennkanalisation und einer zunehmenden Motorisierung der Bevölkerung wurde der Straßenablauf Modell Hannover außerdem als Maßnahme zur Vermeidung von Kraftstoff- und Öleinträgen in Gewässer eingesetzt. Der Straßenablauf wird für die folgenden Versuche als Einbauvariante TBorg (**T**auch**B**ogen **O**riginal) bezeichnet.

Der Straßenablauf Modell Hannover mit Nassschlammfang unterscheidet sich von dem nach DIN 4052 standardisierten Modell neben einer leicht abweichenden Geometrie v.a. durch einen Tauchbogen aus Gusseisen Abbildung 2-1. Der Nassschlammfang besitzt ein Volumen von ca. 100 Litern und die beschickte Oberfläche ist ca. 1160 cm² groß. Der Rückhalt erfolgt in mehreren Schritten: Der Pultaufsatz hält sehr grobe Stoffe wie Äste etc. zurück, im Schlammfang erfolgt eine Abtrennung von mineralischen und schweren organischen Stoffen durch Sedimentation und der Tauchbogen, durch den die Ableitung in den Kanal erfolgt, hält Leichtstoffe wie Öl und trockenes Laub zurück. Gleichzeitig wirkt der Tauchbogen impulsreduzierend, dabei wird zufließendes Niederschlagswasser umgelenkt und erfährt zunächst eine Querschnittsaufweitung bevor es nach einem Richtungswechsel durch den Tauchbogen abfließt. Der Tauchbogen wirkt durch sein Eigengewicht selbstabdichtend und kann zu Wartungsarbeiten herausgenommen werden. Der Übergang vom Tauchbogen zum Regenwasserkanal ist mit einer Gummidichtung versehen.

Der Straßenablauf Modell Hannover ist wartungsärmer als Straßenabläufe mit Eimer (Trockenschlammfang) und Filtersysteme. Für seine Entleerung sind allerdings Saugfahrzeuge erforderlich. In Abhängigkeit von der Straßenkategorie werden Straßenabläufe ca. 0,5 – 1-mal jährlich gereinigt. Pro Fahrzeug und Woche werden dabei in der Tagschicht ca. 300 und in der Nachtschicht 400 Straßenabläufe gereinigt. Pro Straßenablauf können ca. 6 min Reinigungszeit veranschlagt werden, dabei bleiben Rüstzeiten unberücksichtigt. Die Dokumentation der Leerungen erfolgt über Tageseinsatzberichte, die zu Wochenberichten zusammengefasst werden (Kirk, 4. Dezember 2018).

Betriebliche Störungen wie Verstopfungen des Schachtes oder Querschnittsverengungen durch Wurzeleinwuchs in der Anschlussleitung werden in einer Datenbank erfasst. Pro Starkregenereignis treten ca. 100 – 150 Störungen auf. Am häufigsten treten dabei Verstopfungen des Rostes oder des

Tauchbogens mit Laub, Abfall oder Sediment, Beton oder Zement im Schacht und Querschnittsverengungen durch Wurzeleinwüchse in der Anschlussleitung auf. Dabei ist die Hauptursache für eine Verstopfung des Schachtes, dass parkende Autos eine Leerung des Schachtes verhindern. Für den Tauchbogen speziell kann die Dichtung ihre Funktion einbüßen (abgefallen, undicht) und der Tauchbogen selbst in den Schacht fallen (Kirk, 4. Dezember 2018).

Die Entscheidung des Stadtbaurates zum Ende der 50er Jahre, generell 2-reihige Gossen statt 3-reihige Gossen für die Straßenentwässerung auszuführen, führt bis heute dazu, dass sich der Straßenablauf in zwei Ausführungsvarianten darstellt: i) Straßenablauf Modell Hannover mit a) Rost für 2-reihige Gosse mit Bord oder b) Rost für 3-reihige Gosse in Mulden- oder Pendelgossen und ii) Straßenablauf Modell Hannover mit Vorablauf (bei nicht vorhandener Einbautiefe). Konstruktiv gesehen besteht der Straßenablauf Modell Hannover aus 3-Komponenten: 1) Unterteil als Schlammfang, 2) Oberteil mit integriertem Tauchbogen mit Nasenstützen und Übergangsring und 3) gusseiserner Aufsatz in den oben beschriebenen Formen mit Auflagering und Druckring. Je nach Betonhersteller und Einbaubedingungen können die bauliche Maße geringfügig abweichen. Der Straßenablauf Modell Hannover macht heute etwa 85 % des Straßenablaufbestands (ca. 52.000 von 60.000) in Hannover aus. In den später eingemeindeten Städten/Kommunen sind Trockenstraßenabläufe Standard.

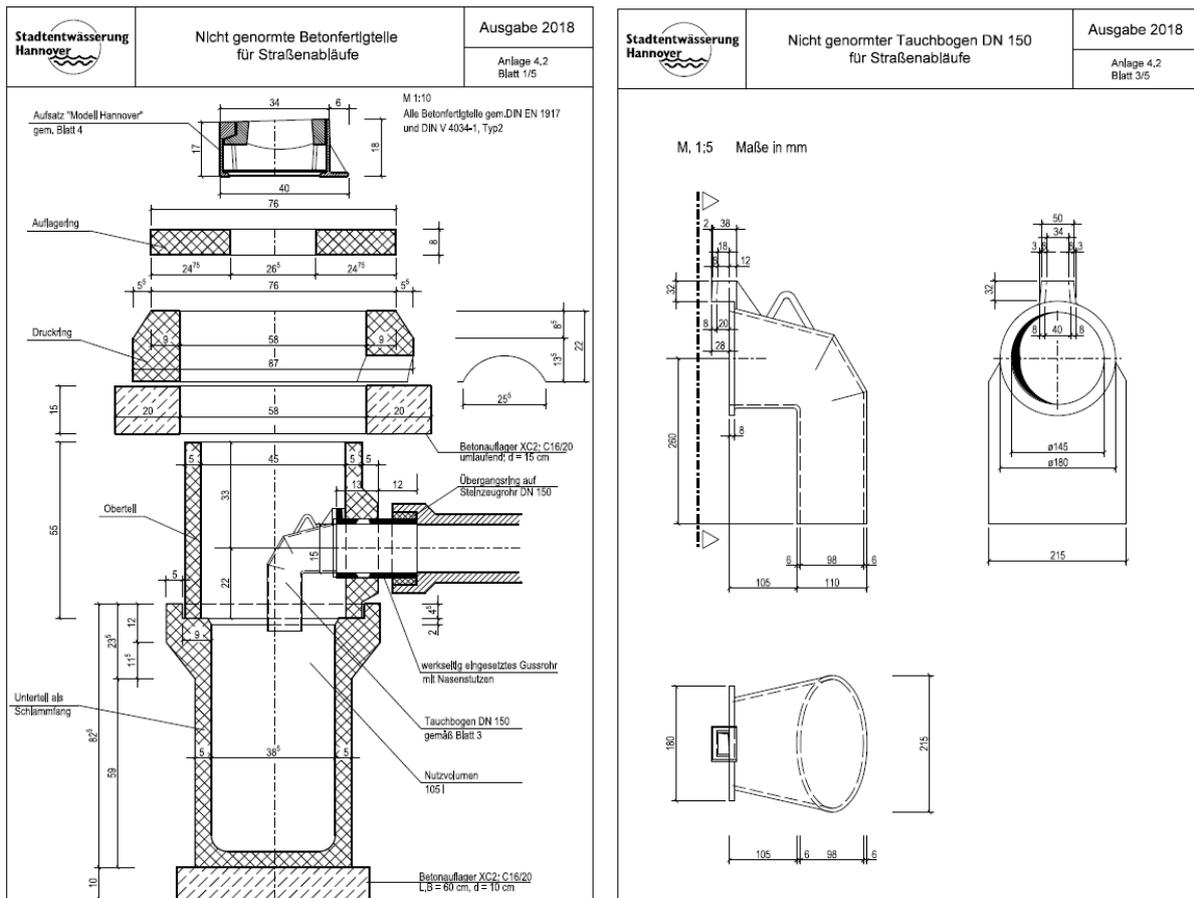


Abbildung 2-1: Anlagen zum Leistungsverzeichnis, Anlage 4.2, Blatt 1: Betonfertigteile (links) und Blatt 3 Tauchbogen (rechts), Ausgabe 2018, Stadtentwässerung Hannover

Ansatzkosten für Material und den Einbau eines Straßenablaufs Modell Hannover sind gegenüber einem genormten Straßenablauf nur geringfügig höher (maximal 2 bis 3 %). Durch die gute

Reinigungsleistung des hannoverschen Straßenablaufs, wird der Reinigungsaufwand in der Kanalisation und damit die Unterhaltungskosten deutlich niedriger, sodass der Straßenablauf Modell Hannover auf lange Sicht als sehr wirtschaftlich gegenüber dem genormten Straßenablauf bezeichnet werden kann. Bei baulichen Schäden kann zwischen Bruch des Gussrahmens und Stabilitätseinbußen durch einen Defekt des Unterfutters des Aufsatzes an der Oberfläche, defekten oder nicht vorhandenen Tauchbögen sowie Einbrüchen des Ablaufes oder der Anschlussleitung differenziert werden. Die kalkulatorische Nutzungsdauer wird für einen kompletten Straßenablauf mit Einbauten zu 66,75 Jahren angesetzt. Der Austausch von Tauchbögen und Gitterrosten wird als Aufwand im laufenden Jahr abgerechnet.

Im täglichen Kanalnetzbetrieb ist das Gewicht von Einzelteilen relevant. Aufsätze von Straßenabläufen bestehen aus Rahmen und Rost. Die zum Modell Hannover gehörigen rechteckigen Roste wiegen ca. 35 kg. Zusätzlich ist bei der betrieblichen Reinigung der gusseiserne Tauchbogen zu entnehmen (Heben mit dem Schachthaken). Dieser wiegt in der aktuellen Ausführung 11,5 kg. Bei der Entwicklung für weitere Einbauten wurde aus dem Betrieb der SEH ein Maximalgewicht von 20 kg für ein Einzelteil und bei zwei Teilen von 15 kg je Teil benannt. Neben dem Gewicht ist in den betrieblichen Abläufen die Anzahl und Dauer der Arbeitsschritte bedeutsam. Das normale Arbeitspensum eines Teams ist 40 – 70 Abläufe pro Tag. Die Arbeit ist als hohe Belastung nach der Leitmerkmalermethode einzuschätzen. Die Reinigung des Straßenablaufs erfordert die folgenden Arbeitsschritte: Roste ausheben und auf die Seite ziehen, Tauchbogen mit dem Schachthaken herausnehmen und auf die Seite legen, Schlammfang mit Saugrohr entleeren, Tauchbogen wieder einhängen und Rost wieder einlegen. Straßenabläufe Modell Hannover mit Nassschlammfängen werden 1- bis 2-mal / Jahr entsprechend der Kategorisierung der Straßen entleert und Trockensandfänge/Körbe 2-mal/ Jahr – nach festgelegtem Reinigungsplan entleert.

2.2 Einbauten und Modifikationen des Tauchbogens

Um den Bestand bestmöglich nutzen zu können, sollen an den Betonfertigteilen keine Änderungen vorgenommen werden. Es erfolgt damit eine Modifikation und Optimierung der Einbauten. Bei der Entwicklung werden angestrebt i) die Verbesserung der Sedimentationswirkung zur Erhöhung des Stoffrückhalts und ii) eine möglichst weitgehende Beibehaltung der betrieblichen Rahmenbedingungen.

Das im Antrag formulierte Arbeitspaket 1.4 zur Erprobung eines angepassten Aufsatzes zur Optimierung der Zulaufsituation zum Straßenablauf Modell Hannover wurde im Rahmen des Projektes MoHaOrg nicht betrachtet, da zwischenzeitlich ein anderes vom Projektpartner MeierGuss begleitetes Projekt (vgl. Schlenkhoff, Kemper und Mayer, 2016) umfassende Erkenntnisse ergeben hat und somit im Vergleich zum Zeitpunkt der Antragsstellung eine veränderte Sach- und Kenntnislage vorlag.

2.2.1 Modifikationen des Tauchbogens zur Verbesserung der Sedimentationseigenschaften

Zur Verbesserung der Sedimentationseigenschaften soll eine Mehrfachumlenkung und Beruhigung des Volumenstromes erfolgen. Dafür wurden Optimierungen des Tauchbogens durchgeführt, wobei i) die Länge des Tauchbogens, ii) die Anordnung des Tauchbogens im Schacht (nah zum Zentrum bzw. Rand), iii) Prallplatten unterhalb des Tauchbogens in den Formen gerade, schräg und dachförmig in

verschiedenen Neigungswinkeln und iv) mit verschiedenen Abständen zum Tauchbogen untersucht wurden.

Neben der Erprobung des Original-Tauchbogen (TBorg) wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens verschiedene Einbauten entwickelt, um den Stoffrückhalt des Straßenablaufes Modell Hannover zu steigern. Die Benennung der Prototypen folgt der in Abbildung 2-2 (links) dargestellten Systematik. Die konzeptionierten Einbauvarianten sind in Tabelle 6-1 im Anhang 6.1 benannt, dabei wurden die fett hervorgehobenen Varianten als Prototyp umgesetzt und am Teststand erprobt. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prototypen kann den Steckbriefen im Anhang 6.1 dieses Berichtes entnommen werden.

Systematik der Abkürzungen	
TB	= Tauchbogen
org	= original
TBr	= TB Prototyp, welcher näher an der Schachtwand hängt (Rand)
K	= kurz
L	= lang
0	= 0° Neigung (horizontal)
45	= 45° Neigung
S	= tiefster Punkt Richtung Schacht
A	= tiefster Punkt Richtung Ablauf
40mm	= Abstand zw. TB-Unterkante und Dachfirst
TU	= Anbau durch TU-Werkstatt
PP	= obere Prallplatte
TRohr	= Tauchrohr

TBorg



Abbildung 2-2: Systematik der Abkürzungen für die Benennung der Einbau-Prototypen (links), TBorg (rechts)

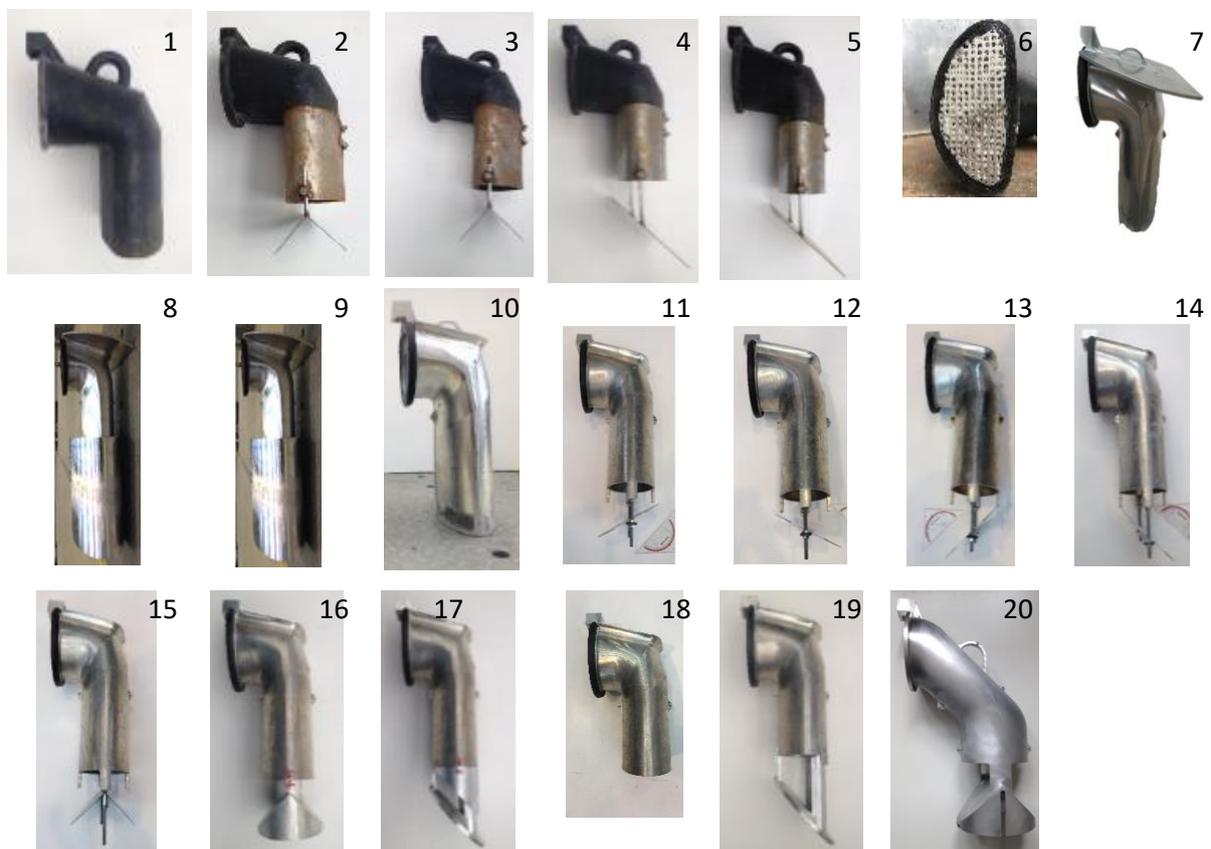


Abbildung 2-3: Fotos der angefertigten Prototypen, die Nummer verweist auf Tabelle 2-1

Tabelle 2-1: Übersicht der Prototypen; Anordnung ist chronologisch für die einzelnen Varianten (TBorg, TBr, TB_Rohr, Separationswand) dargestellt; für am Teststand erprobte Prototypen mit Steckbrief ist eine Seitenzahl angegeben, entsprechende Fotos sind Abbildung 2-3 zu entnehmen

Nr.	Kurzname	S.	Nr.	Kurzname	S.
1	TBorg	54	12	TBr_L_Platte30S_TU	67
2	TBorg_K_Dach22mm	55	13	TBr_L_Platte45A_TU	68
3	TBorg_K_Dach40mm	56	14	TBr_L_Platte45S_TU	70
4	TBorg_K_Platte45S	57	15	TBr_L_Dach40mm_TU	61
5	TBorg_L_Platte45S	58	16	TBr_L_Dach22mm	60
6	TBorg_K_Dach40mm_Filter		17	TBr_L_Platte45S	69
7	TBr_L_Platte0_PP	63	18	TBr_K	
8	TBr_L_Platte0_PP_TRohr1	64	19	TBr_K_Platte45S_TU	59
9	TBr_L_Platte0_PP_TRohr2	65	20	TB_Rohr45_Dach40mm	53
10	TBr_L_Platte0	62		Separationswand	
11	TBr_L_Platte30A_TU	66			

2.2.2 Ergänzende Einbauten zur Verbesserung des Stoffrückhalts

Zusätzlich zur Reduzierung der Turbulenzen im Schacht, wurden mögliche Ergänzungen des Systems konzipiert, mit dem Ziel einen zusätzlichen Rückhalt für feinere Partikel (Sieb, Filter) bzw. einen Rückhalt für gelöste Schwermetalle zu ermöglichen (Adsorption). Dabei waren als Randbedingungen seitens der SEH gegeben, weder die betriebliche Handhabung noch die Kosten stark zu beeinflussen. Unter Berücksichtigung der Randbedingungen wurde entschieden, die ergänzenden Einbauten möglichst mit dem zuvor bereits angedachten Tauchbogen zu verknüpfen. Dadurch wurde gewährleistet, dass die Einbauten in einem Arbeitsschritt entnommen werden und gereinigt bzw. ausgetauscht werden können. Zudem konnte die Integration einer Separationswand in den Schacht getestet werden.

Zur Integration in den Tauchbogen wurden mehrere Varianten von Siebeinsätzen und Filterpatronen diskutiert. Aufgrund der umfangreichen Versuche zur Turbulenzreduzierung konnte die Erprobung nur noch für eine in den Tauchbogen einzuschiebende Filterpatrone erfolgen. Dabei wurde in den Tauchbogen (TBorg_K_Dach40mm) ein Filterelement gefüllt mit Filtermaterial der Wasserbehandlungsanlage BUDAVINCI® eingesetzt. Bei einer Integration der ergänzenden Elemente in den Tauchbogen kann es durch die Ergänzung selbst oder betriebsbedingt (Kolmation) hydraulisch zu Engpässen kommen, daher ist ein Notüberlauf zu ergänzen. Hierfür wurde zum einen die Möglichkeit eines Zwischenstücks, welches zwischen Tauchbogen und Ablauf angeordnet werden soll und zum anderen die Anfertigung eines neuen Tauchbogens mit integriertem Notüberlauf diskutiert.

2.3 Versuche zur hydraulischen Leistungsfähigkeit und zum Stoffrückhalt des Straßenablaufs Modell Hannover

2.3.1 Beschreibung der Versuchsdurchführung und Weiterentwicklung des Teststands

2.3.1.1 Aufbau des Teststands

Der Teststand für die im Projekt durchgeführten Untersuchungen des TBorg und aller angepassten Tauchbögen befindet sich an der TU Berlin in der Peter-Behrens-Halle in Berlin. Er wird vom Fachgebiet

Siedlungswasserwirtschaft betrieben und entspricht im Aufbau den Anforderungen der Zulassungsgrundsätze „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen, Teil 1: Anlagen zur dezentralen Behandlung des Abwassers von Kfz-Verkehrsflächen zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser“ des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt, 2015). Der Teststand ist für eine Anschlussfläche von 250 m² bis zu 1.000 m² ausgelegt. Abbildung 2-4 (links) zeigt in Form eines Fließbildes den Aufbau des Teststandes, der für die Untersuchungen genutzt wurde.

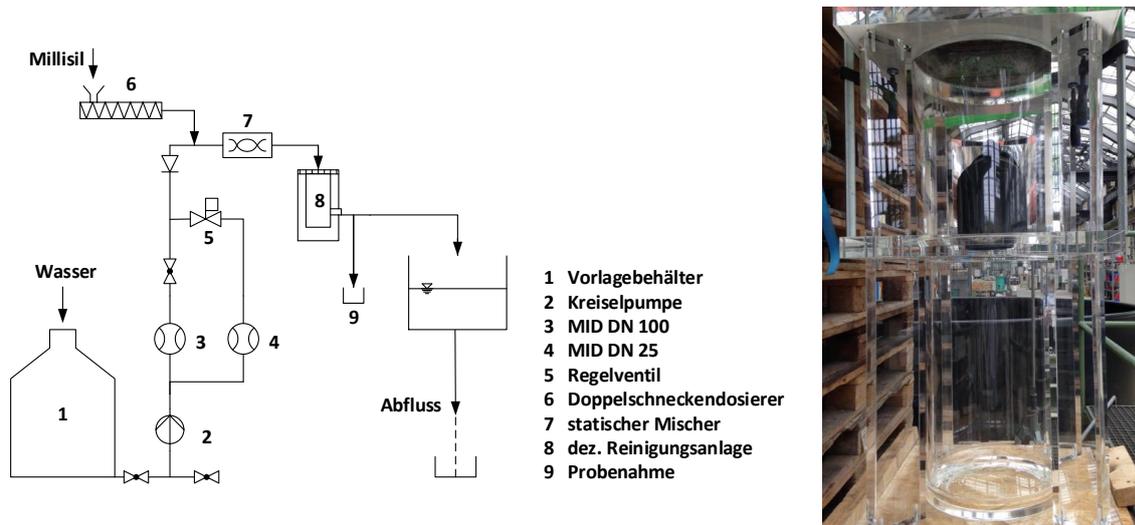


Abbildung 2-4: Fließbild Teststand TU Berlin (links); Acrylglas-Schacht Modell Hannover (rechts)

Der Teststand besteht aus einem Vorlagebehälter (10 m³), einer Kreislumpumpe, einer Messstrecke mit zwei magnetisch-induktiven Durchflussmessern (MID) und elektrischen Regelventil, einer Dosierstelle (Doppelschneckendosierer), einem statischen Mischer sowie einem Zwischenbehälter für den Ablauf. Der Teststand wird über die Siemens SP7 Software gesteuert. Die Durchflüsse von 3 L/s bis 16 L/s werden über die Hauptleitung DN 100 gefördert. Diese werden über die Motordrehzahl der Pumpe und dem MID geregelt. Die Durchflüsse kleiner 3 L/s werden mithilfe eines Bypasses (DN 25) und eines dort eingebauten elektrischen Reglers in Kombination mit einem zusätzlichen MID bei minimaler Motordrehzahl der Pumpe konstant gefördert. Zur Voreinstellung des Durchflusses wird erst im Kreislauf gefahren. Wenn der erwünschte Durchfluss generiert ist, wird der Kreislauf unterbrochen, das Wasser auf die Reinigungsanlage geleitet und der Test gestartet. Zur Zugabe und Vermischung des Prüfstoffs Millisil® W4 werden der Doppelschneckendosierer und der statische Mischer eingesetzt. Zur Zwischenspeicherung der anfallenden Wassermenge bei hohen Durchflüssen, dient ein Auffangbecken, aus dem das Wasser in den Abfluss geleitet wird.

Zur Veranschaulichung der Abläufe im Schacht wurde der Straßenablauf Modell Hannover in den Maßen der technischen Zeichnung aus Acrylglas mit Gitterrost (Aufsatz 300 x 500 mm, DIN1229, EN124, C250) und Beton-Auflagering angefertigt, vgl. Abbildung 2-4 (rechts).

2.3.1.2 Versuchsdurchführung nach DIBt

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) hat die „Zulassungsgrundsätze für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen Teil 1“ (Fassung 2011 bzw. 2015) zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser ausgearbeitet, an die sich die im Projekt durchgeführten

Versuche am Teststand anlehnen. Die Zulassungsgrundsätze definieren Prüfungen zur Umweltverträglichkeit, zum Stoffrückhaltevermögen, zur Identifikation der verwendeten Baustoffe und zum Kolmationsverhalten. Das Stoffrückhaltevermögen wird nach Partikel-, Kohlenwasserstoff- und Schwermetallrückhalt gegliedert. Im Rahmen des Projekts wurde das Hauptaugenmerk auf den Partikelrückhalt gesetzt, weitere Prüfungen wurden nicht vorgenommen. Tabelle 2-2 zeigt die Prüfungsdurchführung entsprechend des DIBt-Verfahrens. Die detaillierte Beschreibung der Durchführung der Prüfungen ist in Anhang 6.2 beschrieben. Im Anhang 6.2 sind außerdem die Formeln zur Berechnung der gemittelten Gesamtablauffracht bzw. der gemittelten Gesamtablaufkonzentration hinterlegt. Der hydraulische Remobilisierungstest (TP4) wird nach DIBt zur Hälfte eingerechnet.

Tabelle 2-2: Prüfungsdurchführung für die Ermittlung des Partikelrückhaltes (AFS) nach DIBt für 400 m² Anschlussfläche

Teilprüfung	Prüfdauer [min]	Prüfregenspende [L/(s·ha)]	Zufluss [L/s]	Wasservolumen V _{ges} [m ³]	Millisil® W4 [kg]
1	480	2,5	0,1	2,88	10
2	200	6,0	0,24	2,88	6,66
3	48	25	1	2,88	3,34
4	15	100	4	3,6	0
Summe	743		-	12,24	20

2.3.1.3 Verkürzte Versuchsdurchführung angelehnt an DIBt-Verfahren

Zur ersten Einordnung der verschiedenen Prototypen wurde das DIBt-Verfahren angepasst mit dem Ziel die Prüfdauer soweit zu verkürzen, dass Versuche innerhalb eines Tages durchgeführt werden können. Zudem können Ressourcen wie Wasser und Prüfstoffe eingespart werden. Das Verfahren lehnt an die Zulassungsgrundsätze des DIBt an, kürzt aber unter anderem die TP1 und TP2 ab. Dadurch wird ca. die Hälfte der errechneten Jahresfracht des Prüfstoffes Millisil® W4 zugegeben. Die TP4 (Austragsversuch) wird nicht durchgeführt. Zwischen TP2 und 3 wird der Straßenablauf gereinigt um eine bessere Vergleichbarkeit der dritten Teilprüfung zu gewährleisten (Ableitung der Abtrennleistung in Abhängigkeit der Hydraulik, keine Beeinflussung durch Wiederaustrag). In der folgenden Tabelle sind die Einstellungen der Teilprüfungen dargestellt.

Das verkürzte Verfahren reicht für eine erste Einstufung bezüglich des AFS-Rückhaltes aus. Im Fall, dass eine Optimierungsmaßnahme ein positives Resultat im verkürzten Verfahren ergibt, wird im Anschluss die originale DIBt -Prüfung durchgeführt und damit eine Vergleichbarkeit gewährleistet.

Tabelle 2-3: Prüfungsdurchführung für die Ermittlung des Partikelrückhaltes (AFS) für 400 m² Anschlussfläche in verkürzter Methodik angelehnt an DIBt

Teilprüfung	Prüfdauer [min]	Zufluss [L/s]	Wasservolumen V _{ges} [m ³]	Millisil® W4 [kg]
1	120	0,1	0,72	2,52

2	120	0,24	1,728	4,03
Reinigung des Straßenablaufs				
3	48	1	2,88	3,34

2.3.1.4 Visualisierung der Strömung

Zur Visualisierung der Strömungsverhältnisse im Schacht wurden Versuche mit dem Material EvU-Pearl® der Dichte 1,01 und Lebensmittelfarbstoff durchgeführt. EvU-Pearl®, vgl. Abbildung 2-5 (links), sind Trägermaterialien für Biofilme der EvU-Innovative Umwelttechnik GmbH, die in der biologischen Abwasseraufbereitung verwendet werden. Sie bewegen sich aufgrund ihrer Dichte mit dem Wasserstrom und sind optisch aufgrund ihrer Farbe und Größe sehr gut für die Visualisierung von Strömungen geeignet. Es wurden verschiedene Tests mit 0,5 bzw. 1 L EvU-Pearl® mit Durchflüssen von 0,1 L/s, 1 L/s, 2 L/s, 2,7 L/s und 4 L/s durchgeführt. Die EvU-Pearl® wurden vor Beginn der Versuche am Schachtboden eingebracht. Ausgetragene EvU-Pearl® wurden im Ablauf mit einem Siebkorb aufgefangen.

Zusätzlich wurde rote Lebensmittelfarbe (Icing Color) als Tracer eingesetzt, um die Strömungsverhältnisse im durchsichtigen Schacht bei 4 L/s und zuvor eingebrachten Millisil® W4 zu visualisieren. Hierfür wurden 1 L bzw. 3 L in den Zulauf hinzugegeben.

2.3.1.5 Versuche mit Vorfüllung

Ergänzend zur standardisierten Durchführung nach DiBt sollten im Rahmen des zweiten Projektschwerpunktes „Organik“ untersucht werden, wie sich i) Vorfüllung am Teststand abbilden lässt und ii) in wie weit sich eine Vorfüllung mit großflächiger Organik (Laub) auf den AFS-Rückhalt auswirkt. Dabei wurde zunächst untersucht, welche Materialien sich grundsätzlich eignen, um Laub abzubilden. Weiterhin wurden verschiedene Möglichkeiten der Kombination der Vorfüllung mit Millisil® W4 geprüft.

Die im Vorfeld des Projektes am IKT durchgeführten sondierenden Vorversuche mit einer Vorfüllung aus Laub und Nassschlammfanggut jeweils über Millisil® W4 geschichtet bzw. mit Millisil® W4 gemischt zeigten, dass dieses Vorgehen aufgrund der Inhomogenität des Nassschlammgutes für Teststandversuche nicht geeignet ist, da nicht reproduzierbar. Daher wurde im Rahmen des MoHaOrg-Projektes mit verschieden zusammengesetztem Laub-Mix (definierte Zusammensetzung) und mit industriell hergestellten Kunststoffmaterial zur Abbildung von Laub experimentiert. Für die Versuche wurde letztlich SESSIL® ausgewählt, dass in der biologischen Abwasseraufbereitung als Aufwuchskörper verwendet wird. Es ist ein Trägermaterial mit aufgespritztem und verstärkendem Kunststoffaden als Zugträger, das reiß- und zugfeste Folienstreifen aus UV-beständigem Polyethylen bildet (Norddeutsche Seekabelwerke GmbH, 2018). In den Versuchen wurde SESSIL® äquivalent zu trockenem Laub als Schwimmschicht eingesetzt oder analog zu feuchtem Laub als Zopf bzw. beschwert mit Millisil® W4 in den Schlammraum eingebracht. Die verwendeten Materialien sind Abbildung 2-5 zu entnehmen.

Anschließend erfolgten Versuche bei Durchflüssen von 0,1 bis 4 L/s mit 450 SESSIL®-Stücken (4 cm x 6,9 cm) in Kombination mit 1 L EvU-Pearl®. EvU-Pearl® sind Kunststoffträger mit einer Dichte leicht über 1, die sich vergleichbar zu Organikpartikeln stärker mit der Wasserphase bewegen und darin deutlich von mineralischen Partikeln unterscheiden. In dieser Versuchsreihe wurden die SESSIL®-

Stücke an der Wasseroberfläche bzw. in der oberen Schwimmschicht eingebracht. Für die Probenahme wurde am Ablauf des Straßenablaufs ein 50 µm Sieb bzw. ein Siebkorb installiert.

Die Vorversuche zur Vorfüllung wurden bei 4 L/s gefahren mit dem TBorg und SESSIL®-Streifen (4 cm x 20,6 cm) in Kombination mit 0,5 bis 12,5 kg voreingebrachten Millisil® W4 und zum Teil mit einem SESSIL®-Zopf, bestehend aus 50 à 3,1 m langen Streifen (in der Hälfte geknickt und verdreht eingebracht). Die Streifenanzahl lag bei 510 und 1.660 Stück. Die Laufzeit der Versuche betrug 5 bis 15 min. Ein Vorversuch wurde mit einem Laub-Mix (Linde-Ahorn, 10 bis 40 L) und 0,5 kg Millisil® W4 bei 4 L/s durchgeführt. Das Laub wurde dabei locker geschichtet, im unteren Bereich etwas mehr verdichtet und Millisil® W4 zur Beschwerung untergemischt.

Für die Versuche zur Vorfüllung mit Laub wurde luftgetrocknetes Platanen- und Eichenlaub (Verhältnis 40/60) verwendet, da i) auf diese Weise groß- und kleinblättrige Vegetation abgebildet werden, ii) das Verhältnis der Anzahl an groß- bzw. kleinblättrigen Straßenbäumen in Hannover entspricht und iii) diese Kombination beständiger als Ahorn und Linde ist. Das in den Schlammraum eingebrachte Laub wurde vor den Versuchen gewässert. Es wurde bis zu einer Höhe von 30 cm im Nassschlammfang leicht komprimiert eingebracht. Nachdem der Straßenablauf bis ca. 70 cm mit Wasser befüllt wurde, schwamm das Laub zum Teil auf und wurde durchmischt. Die Laubversuche wurden im verkürzten DIBt-Verfahren durchgeführt ohne Reinigung zwischen TP2 und TP3 sowie zusätzlicher TP4 bei 4 L/s.



Abbildung 2-5: EvU-Pearl®, SESSIL®-Streifen, SESSIL®-Stücke, Laub-Mix (Linde-Ahorn)

2.3.2 Ergebnisse der durchgeführten Versuche

2.3.2.1 Ergebnisse zur Optimierung des Tauchbogens (verkürztes Prüfverfahren)

Sowohl für den TBorg als auch alle entwickelten Einbauten wurden Steckbriefe mit den wichtigsten Parametern zur technischen Beschreibung angefertigt. Diese befinden sich im Anhang 6.1 und beinhalten ebenfalls im Überblick alle Messergebnisse zum AFS-Rückhalt der verschiedenen Ausführungen sowie die Ergebnisse der Vorfüllungsversuche. Nachfolgend sind die Ergebnisse im Hinblick auf die technischen Variationen zusammengefasst. Die Ergebnisse der verkürzten Prüfungen in Anlehnung an das DIBt-Verfahren sind Abbildung 2-6 zu entnehmen:

TBorg: Für den aktuell in Hannover eingesetzten Tauchbogen TBorg wurden aus dem verkürzten DIBt-Verfahren die Teilprüfung 1 (TP1) und Teilprüfung 3 (TP3) durchgeführt. Der Rückhalt bei TP1 beläuft sich auf 75,0 % und bei TP3 auf 34,5 %. Nach den Teilprüfungen konnte eine Millisil®-Ablagerung im Tauchbogen festgestellt werden. Hierfür wurde einerseits die raue Oberfläche des Materials als auch eine ausreichend große horizontale Fläche im Tauchbogen verantwortlich gemacht.

TBr_L Platte0: Ausgehend von dem originalen Tauchbogen TBorg wurde im nächsten Schritt ein Prototyp (TBr_L_Platte0) erstellt, welcher aufgrund von Millisil®-Ablagerungen auf der horizontalen Fläche im TBorg so konzipiert wurde, dass der Einlauf weniger weit in den Straßenablauf rein ragt und damit nicht mehr von oben betrachtet mittig, sondern näher an der Wandung des

Straßenablaufs hängt. Mit diesem Prototypen TBr_L_Platte0 mit horizontaler Prallplatte am Einlauf konnte in TP3 eine deutliche Steigerung im Rückhalt an Millisil® W4 von 34,5% (TBorg) auf 44% erreicht werden. Auf der horizontalen Prallplatte waren signifikante Millisil®-Ablagerungen vorhanden, was für den Gesamtversuch eine verschlechterte Abtrennleistung erwarten ließ.

TBr L Platte0 PP TRohr1: Diese konnte auch bei der Variante TBr_L_Platte0_PP_TRohr1 einer Kombination des TBr mit Tauchrohr festgestellt werden. Im Vergleich zum TBr_L_Platte0 stieg bei TP1 der Rückhalt durch das Tauchrohr geringfügig an, jedoch konnte nicht der gleich hohe Rückhalt bei TP3 erzielt werden. Als Schlussfolgerung wurde eine schräge Prallplatte bzw. alternativ eine Prallplatte mit Dachprofil als Optimierung vorgesehen, um eine Millisil®-Ablagerung zu verhindern.

TBr L-Dach22mm und TBr L Platte45S: Für die geneigte Anordnung der Prallplatte bzw. der Gestaltung der Prallplatte als Dachprofil wurden zunächst unterschiedliche Neigungswinkel und Variationen des tiefsten Punktes (Richtung Schachtmitte bzw. Ablauf) der Prallplatte an den von der TU angepassten vorläufigen Modellen unter TP1 getestet. Die Versuche ergaben, dass bei einem Neigungswinkel von 30° die Millisil®-Ablagerungen auf der Prallplatte nicht ausreichend verhindert wurden. Die Variante der Prallplatte mit 45°-Neigung und tiefsten Punkt Richtung Schacht zeigte die besten Ergebnisse. Da auch das Dachprofil als Ansatz weiter betrachtet werden sollte, wurden die Anbau-Varianten von der Fa. MeierGuss in Aluminium gefertigt (TBr_L-Dach22mm und TBr_L_Platte45S). Bei diesen Modellen konnten keine signifikanten Millisil®-Ablagerungen auf der Prallplatte nach der ersten Teilprüfung festgestellt werden. Gleichzeitig verringerte sich durch die Anpassungen der Millisil®-Rückhalt. Dies ist vermutlich auf den ausführungsbedingt reduzierten Querschnitt im Einlauf zurückzuführen, wodurch eine höhere Durchflussgeschwindigkeit verursacht wird und somit das Prüfmaterial stärker mitgerissen wird. Ergänzend wurde mit der Variante TBr_K_Platte45S_TU überprüft, ob eine kurze Version (untere Einlaufkante ohne Anbauten auf der Höhe des TBorg) höhere Rückhaltewerte als die lange Version (TBr_L_Platte45S_TU) erzielt. Dies konnte für den TBr, der sich nah an der Schachtwand befindet, nicht bestätigt werden, sodass im weiteren mit der langen Variante gearbeitet wurde.

TB Rohr45 Dach40mm: In Weiterführung der o.g. Variante sollte durch die größere Öffnung (40mm Abstand) zwischen Tauchbogen-Einlaufkante und Scheitel des Dachprofils die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit am Tauchbogeneinlauf wieder auf das alte Maß reduziert werden und gleichzeitig durch die als Dachprofil ausgeführte Prallplatte der Wirbel unterbrochen und Ablagerungen vermieden werden. Bedingt durch die Länge des 45°-Rohres befand sich der Einlauf in dieser Versuchsreihe nun jedoch nicht mehr mittig im Schacht, was die direkte Vergleichbarkeit mit den Vorversuchen erschwert. Es konnten die folgenden Rückhaltewerte erzielt werden: TP1: 74,7 %, TP2: 57,6 % und TP3: 40,1 %. Der Einfluss einer möglichst zentralen Positionierung des Einlaufes im Schacht wird im Vergleich der Rückhaltewerte der beiden Modelle TBr_K_Platte45S_TU und dem TBorg_K_Platte45S deutlich. TBorg zeigt hier eine Erhöhung der Rückhaltewerte für TP1 um 1,5 % bei TP2 um 3,1 % und bei TP3 um 6 %. Es zeigt sich damit, dass der mittig liegende Einlauf des originalen Tauchbogens die Strömungsverhältnisse eine wichtige Voraussetzung für den Rückhalt von AFS darstellt. Da aus zeitlichen Gründen kein weiterer Prototyp erstellt werden konnte, wurden die nachfolgend beschriebenen Optimierungen am originalen Modell durchgeführt.

Variationen von TBorg: Die vier untersuchten Variationen von TBorg in kurzer und verlängerter Ausführung mit im 45-Grad-Winkel angeordneter Platte oder Dachprofil zeigen trotz Millisil®-Ablagerungen im Tauchbogen bessere Ergebnisse als die "TBr"-Tauchbögen, speziell in TP3. Die beiden Modelle TBorg_K_Platte45S und TBorg_K_Dach40mm zeigten mit einem Rückhalt von 41,0 % und 42,4 % besonders gute Ergebnisse in TP3. Bei der Variation der Prallplatte mit Dachprofil erwies sich der größere Abstand der Prallplatte zur Unterkante des Tauchbogens von 40 mm als effizienter. Ebenfalls erwies sich die kürzere Variation mit schräger Prallplatte (TBorg_K_Platte_45S) hinsichtlich des AFS-Rückhaltes im Vergleich zum TBorg_L_Platte45S als besser geeignet.

Nach Abschluss der Versuche wurde im Projektteam der TBorg_K_Dach40mm mit den im Vergleich hohen Rückhaltewerten von 77,4 % für TP1, 61,1 % für TP2 und 42,4 % für TP3 für die vollständige DIBt-Prüfung sowie den in situ Einbau ausgewählt.

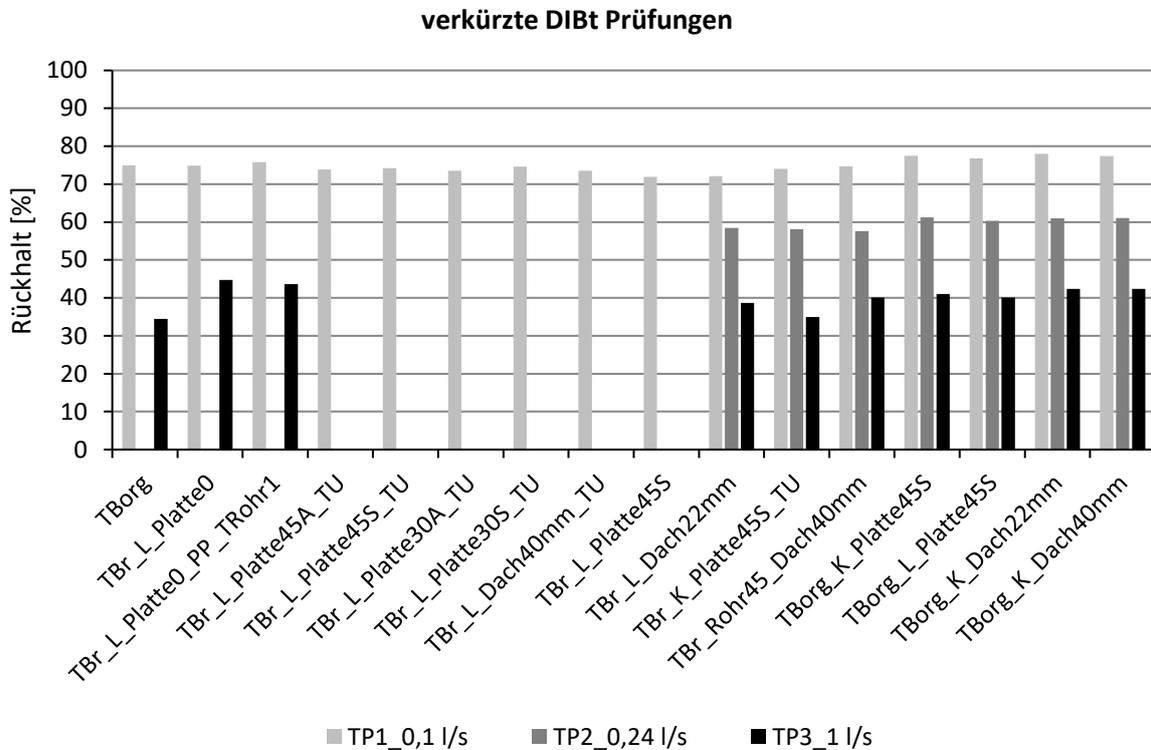


Abbildung 2-6: Ergebnisse der verkürzten DIBt Prüfungen

2.3.2.2 Ergebnisse zur Visualisierung der Strömung

Zur Beurteilung des Einflusses der Einbauten auf die im Schlammfang auftretenden Turbulenzen wurde der Prototyp ohne Anbauten TBr_L_Platte0 sowie der TBorg_K_Dach40mm gegen den originalen Tauchbogen mit 1 L EvU-Pearl® bei 4 L/s getestet. Der TBorg zeigt eine deutliche Tornadobildung bei der 50,5 % der EvU-Pearl® ausgetragen werden. Dieser Tornadoeffekt konnte auch durch die eingesetzte Lebensmittelfarbe in einem Versuch mit zu vor eingebrachten Millisil® bei 4 L/s visualisiert werden. Mit dem Prototyp TBr_L_Platte0 konnte durch die Anordnung der horizontalen Prallplatte die Tornadoströmung erheblich reduziert werden. Es konnte ein Rückhalt der EvU-Pearl® von 98,8 % erzielt werden. Bei dem TBorg_K_Dach40mm bildete sich zwar ein flacher bodennaher Wirbel aus, der

während des Versuchs aber auf die Ablaufseite des Schachts gedrückt wurde. Es wurden 100 % der eingebrachten EvU-Pearl® zurückgehalten.

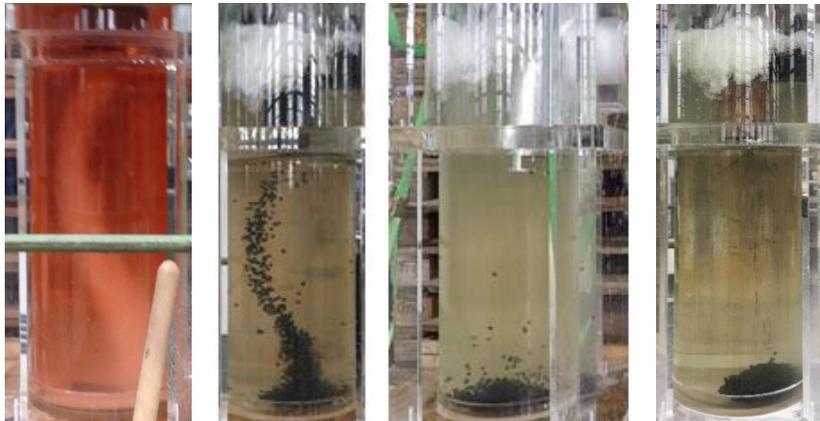


Abbildung 2-7: Turbulenzvisualisierung bei 4 L/s: von links nach rechts: TBorg mit Millisil® W4 und Lebensmittelfarbe; TBorg mit EvU-Pearl®; TBr_L_Platte0 mit EvU-Pearl®; TBorg_K_Dach40mm mit EvU-Pearl®

Die EvU-Pearl®-Versuche wurden auch für weitere Einbauvarianten in Kombination mit 450 SESSIL®-Stücken durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2-8 dargestellt. Insgesamt zeigten alle Anpassungen des Tauchbogens den gewünschten Effekt der Verhinderung der Ausbildung eines Strömungs-„Tornados“, sodass in allen Versuchsreihen bei 4 L/s Rückhaltewerte von 97,5 % bis 99,8 % erreicht wurden.

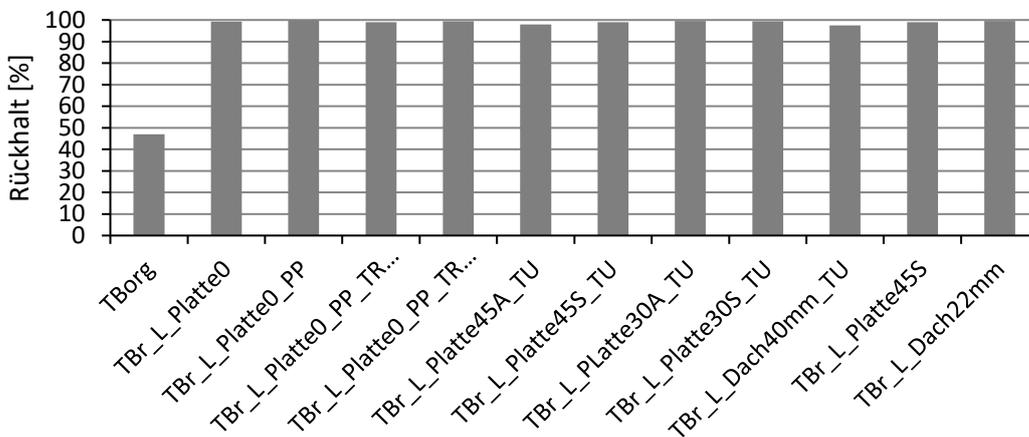


Abbildung 2-8: EvU-Pearl®-Rückhalt bei 4 L/s und 450- SESSIL®-Stücken

Zur Vollständigkeit der Turbulenzvisualisierung wurden weitere Versuche bei geringeren Durchflüssen von 0,1 L/s, 1 L/s, 2 L/s und 2,7 l/s sowohl für TBr_L_Platte0 und TBr_L_Platte0_PP_TRohr1 im Vergleich zu TBorg in Kombination mit SESSIL®-Stücken durchgeführt. Die Ergebnisse sind dem Anhang 6.1 zu entnehmen. Hierbei zeigten alle Modelle einen Rückhalt von 99 bis 100 % auf. Ebenfalls konnte auch bei geringeren Durchflüssen stets eine geringere Turbulenz beim Modell TBr_L_Platte0 sowohl mit als auch ohne Anbauten gegenüber dem Modell TBorg festgestellt werden.

Die Untersuchungen mit der Separationswand mit Siebeinsatz haben erste positive Ergebnisse gezeigt.

2.3.2.3 Ergebnisse der Versuche mit Vorfüllung

Vorversuche zur Eignung der Materialien für Prüfverfahren

Wie im Methodikteil in Kapitel 2.3.1.5 beschrieben wurden zunächst Vorversuche mit mit SESSIL®-Streifen und SESSIL®-Stücken sowie Versuche mit Linden- und Ahornlaub durchgeführt. Die Versuche mit Linden- und Ahornlaub wurden mit 10 bis 40 L Laub sowie 0,5 kg Millisil® W4 bei einem Durchfluss von 4 L/s mit dem TBorg gefahren. Bei dem 10 L-Laubversuch kam es zu einem kontinuierlichen Laubaustrag mit einer Aufwirbelung bis zum Schachtboden. Während der 5 min Testlaufzeit wurden 80 % an Laub ausgetragen. Bei dem 15-minütigen 20 L-Laubversuch wurden insgesamt 10 % Laub ausgetragen. Wobei sich vor allem in den ersten 5 Minuten der Laubaustrag ereignete. Die Zugabe von 3 L Farbtracer zeigte eine gleichmäßige Verteilung der Strömung im Schacht. Nach ca. 30 Sekunden war der Tracer nicht mehr im System erkennbar. Der 40 L-Laubversuch wurde nach 5 min abgebrochen, da der Wasserspiegel stark anstieg. Der Tauchbogen war komplett in das Laub eingetaucht. Es wurden nur vereinzelte Blätter ausgetragen.

Die Versuche mit SESSIL®-Streifen in Kombination mit zuvor eingebrachten Millisil® zur Fixierung des ansonsten aufschwimmend SESSILs® erwiesen sich als nicht praktikabel, da die sehr aufwändige Reinigung des Schachtes nach Ablauf der Versuche zu zeitintensiv und dadurch nicht realisierbar war. Auch eine Vorfüllung mittels SESSIL®-Zopf zur Fixierung der einzelnen SESSIL®-Streifen erwies sich als nicht praktikabel, da dadurch das gesamte Schachtvolumen ausgefüllt wurde und der TBorg vollständig in dem SESSIL®-Zopf eintauchte. Einzelversuche mit SESSIL®-Streifen zeigten, dass durch deren Länge von 20,6 cm sich diese zum Teil verkeilen und so den Einlauf der verschiedenen Tauchbögen blockieren. Daher wurden die Streifen in die 6,9 cm langen SESSIL®-Stücke geteilt.

Einfluss der Vorfüllung auf die Reinigungsleistung

Zur Abschätzung des Einflusses der durch ein Regenereignis ausgelösten Turbulenz auf den Rückhalt bzw. die Remobilisierung von grober fester Organik wurde TBr_L_Platte0, d.h. ohne Anbauten, gegen den TBorg mit einer Vorfüllung aus 150 SESSIL®-Streifen plus 450 SESSIL®-Stücken bei einem Durchfluss von 4 L/s getestet.

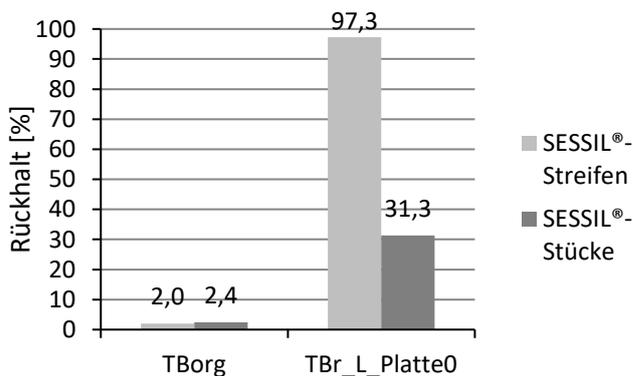


Abbildung 2-9: Ergebnisse der SESSIL®-Vorfüllungsversuche des Tauchbogens "TBr_L_Platte0" im Vergleich zu TBorg bei 4 l/s (5 Min.) (links); SESSIL®-Stücke werden vor Einlauf-Fenstern bei TBr_L-Platte0 gedrückt (rechts)

Durch die zuvor beschriebene Tornadobildung bei 4 L/s für den TBorg wurden die SESSIL®-Streifen und -Stücke nahezu vollständig mobilisiert und ausgespült. An den Einlauf-Fenstern zwischen Prallplatte und Tauchbogenunterkante trat beim Modell TBr_L_Platte0 ein zufälliges Festsetzen der SESSIL®-Streifen und zum Teil auch der SESSIL®-Stücke auf. Dadurch wurden Rückhaltewerte von 97,3 % für die

SESSIL®-Streifen und 31,3 % für die SESSIL®-Stücke erzielt. Diese sich am Teststand zunächst positiven Effekte sind für die Praxisumsetzung jedoch kritisch zu bewerten, da sie die Sensitivität des Systems gegenüber Verstopfung verdeutlichen.

Zur Vollständigkeit der Versuche wurden Prüfungen bei geringeren Durchflüssen von 0,1 bis 4 L/s für das Modell TBr_L_Platte0 als auch TBr_L_Platte0_PP_TRohr1 im Vergleich zum TBorg durchgeführt. Gleichbleibend wurden 450 SESSIL®-Stücke als Vorfüllung eingebracht. Bei einem Durchfluss von 0,1 L/s war keine Aufwirbelung zu erkennen. Bei den höheren Durchflüssen war nur eine leichte Aufwirbelung wahrnehmbar.

Während für TBorg ab 2 L/s ein deutlicher Abfall des Rückhalts mit zunehmender Strömung erkennbar ist, zeigen die Ergebnisse für den TBr_L_Platte0, dass der Rückhalt bei 2 L/s am geringsten ausfällt und mit steigendem Durchfluss steigt. Womöglich beeinflusst der geringere Querschnitt, bedingt durch die kleinen Fenster am Einlauf, die Strömungsgeschwindigkeit und nimmt damit auch Einfluss auf das Rückhaltevermögen, da die SESSIL®-Stücke stärker vor die Öffnungen gedrückt werden und so besser zurückgehalten werden können.

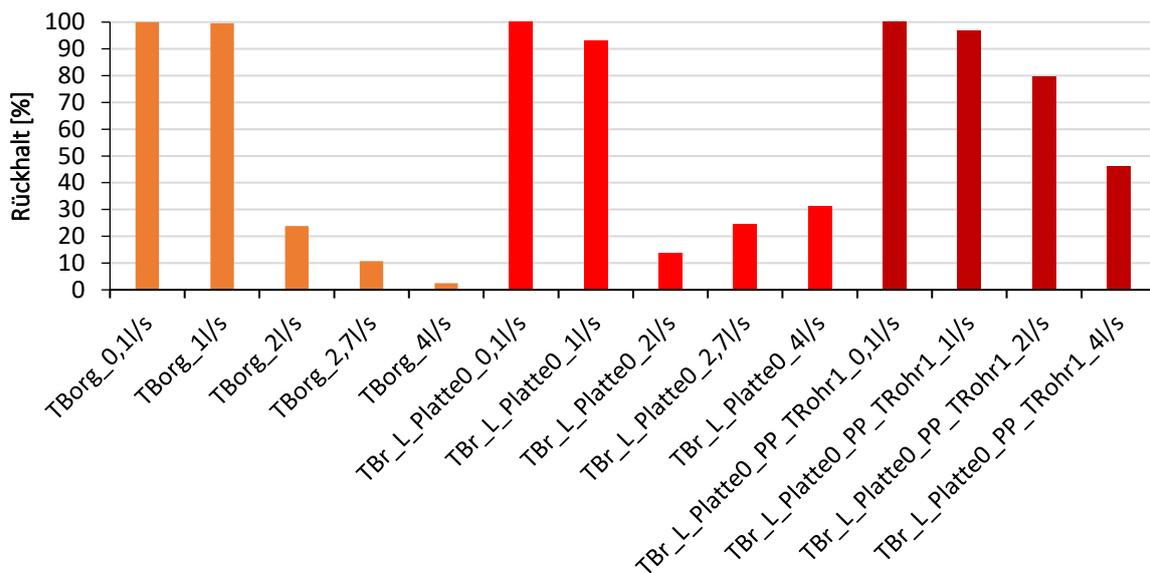


Abbildung 2-10: SESSIL®-Rückhalt (Stücke) bei verschiedenen Durchflüssen für "TBorg", "TBr_L_Platte0" und "TBr_L_Platte0_PP_TRohr1"

Die Modelle TBorg und TBorg_K_Dach40mm wurden mit Platanen- und Eichenlaub (Verhältnis 40/60) als Vorfüllung in der verkürzten DIBt Prüfung getestet, wobei hier zwischen TP2 und TP3 nicht gereinigt und zusätzlich TP4 durchgeführt wurde, um das Verhalten bei hohen Durchflüssen zu bewerten. Das Laub wurde dabei so eingefüllt, dass mit leichter manuellen Komprimierung eine Höhe von 30 cm im Schacht vorlag.

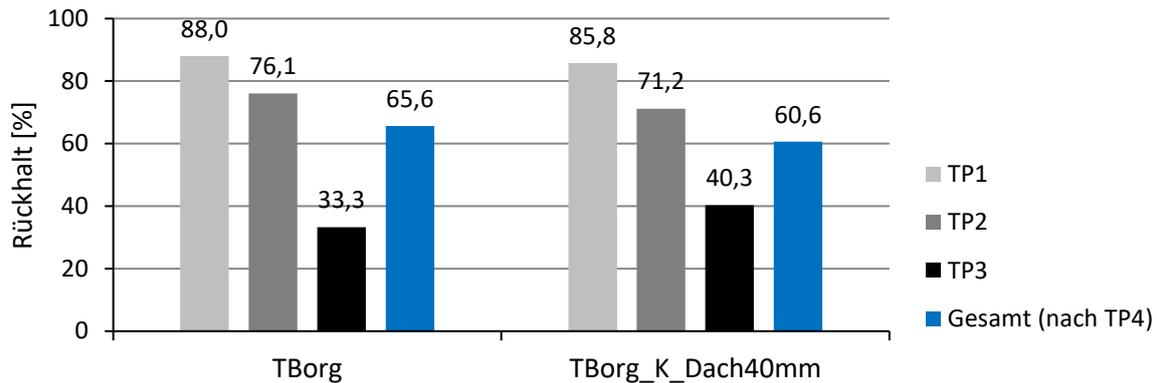


Abbildung 2-11: Verkürzter Versuch in Anlehnung an DIBt-Verfahren mit Laub-Vorfüllung für TBorg und TBorg_K_Dach40mm

Die Ergebnisse des TBorg_K_Dach40mm zeigten im verkürzten Versuch in Anlehnung an das DIBt-Verfahren und einer Vorfüllung mit Laub in allen Teilprüfungen schlechtere Ergebnisse als das originale Modell mit Vorfüllung. Dies lag hauptsächlich daran, dass sich der Tauchbogen TBorg nach dem Einhängen auf der Laubschicht befand und der Einlauf regelrecht vom Laub verschlossen wurde und somit als eine Art Filter für das dosierte Millisil® W4 fungiert. Es wurde kein Laub bei den TBorg-Versuchen ausgetragen. Bei TP4 wurde die obere Laubschicht aufgewirbelt und abgesetztes Millisil® freigespült. Bei dem Versuch des TBorg_K_Dach40mm schwimmen einzelne Blätter auf und bilden eine Schwimmschicht, das Dachprofil drückt das im Schacht eingebrachte Laub jedoch herunter, sodass die seitlichen Öffnungen frei blieben. Hierdurch wird die Strömung erhöht und deutlich mehr Millisil® W4 wird unbehindert ausgetragen. Das Laub selber wurde während der ersten zwei Teilprüfungen nicht ausgespült. Nur bei TP3 und TP4 kam es zum Austrag weniger Blätter.

Bei beiden Versuchen zeigte sich, dass vor allem bei geringen Wassermengen (TP1 und TP2) Millisil zwischen dem Laub nach unten bis auf den Schachtboden rieselte und dann bei nachfolgender Beschickung größtenteils dort verbleibt.

2.3.2.4 Ergebnisse der Versuche nach dem DIBt-Verfahren

Nach den Vorversuchen wurden der Originaltauchbogen (TBorg), der verlängerte Prototyp mit Platte (TBr_L_Platte0) sowie der verkürzte Originaltauchbogen mit Dachprofil (TBorg_K_Dach40mm) sowie zusätzlich eingebauter Filterkatsche (TBorg_K_Dach40mm_Filter) der vollständigen DIBt-Prüfung mit Millisil® W4 unterzogen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2-12 für TP1, TP2, TP3 und den Gesamttrückhalt zusammengefasst:

- **TBorg** erzielte einen Gesamttrückhalt von 62,6 %. Dieses Ergebnis bestätigt die im Vorfeld durchgeführten Versuche von dem Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH (IKT) mit 62,1 %.
- Für den **TBr_L_Platte0** ergab sich ein Gesamttrückhalt von 60,9 %. Somit konnte keine Verbesserung gegenüber dem TBorg erreicht werden. Dies ist vermutlich sowohl auf einen kleineren Querschnitt am Einlauf, als auch den Millisil®-Ablagerungen auf der horizontalen Prallplatte, die zu Beginn einer Teilprüfung ausgespült werden, zurückzuführen. Insgesamt wurde bei der TP4 4,25-mal so viel Millisil® ausgetragen wie bei dem TBorg-Versuch.

TBorg_K_Dach40mm erzielte bei der DIBt-Prüfung einen Gesamttrückhalt von 63 %. Somit konnte nur eine geringfügige Verbesserung gegenüber den TBorg hinsichtlich des Rückhalts an

Millisil® W4 erreicht werden. Durch die Reduzierung der Tornadoströmung wird davon ausgegangen, dass der Rückhalt gegenüber organischen Schwimm bzw. Schwebstoffen deutlich erhöht werden kann. Vergleicht man die Ergebnisse mit den Laub-Vorfüllversuchen für TBorg und TBorg_K_Dach40mm zeigt sich, dass bei Vorfüllung mehr Millisil zurückgehalten werden kann. Es wurden vor allem bei TP1 und TP2 deutlich höhere Rückhaltewerte erzielt. Der TBorg_K_Dach40mm wurde zusätzlich ohne Dichtung untersucht. Dabei lag der Gesamtrückhalt um 2,8 % niedriger als bei den Versuchen mit Dichtung und ist damit signifikant schlechter. In TP4 wurde bei dem Versuch ohne Dichtung doppelt so viel Masse an Millisil® ausgetragen.

- Abschließend wurde
- der Einsatz einer Filterkartusche im Tauchbogen TBorg_K_Dach40mm getestet. Dabei wird die Filterkartusche mittels eines Lochblechs in Position gehalten. Da das eingesetzte Granulat speziell auf Schwermetalle ausgelegt ist und aufgrund der Korngröße des Granulats keine Abtrennwirkung für Millisil® W4 aufweist sollte mit diesem Testlauf vor allem Kenntnisse zum Einfluss auf die Hydraulik erlangt werden. Die vierte Teilprüfung musste aufgrund des eintretenden Überstaus des Straßenablaufs bereits nach 50 Sekunden abgebrochen werden. Es wurden deutlich geringere Rückhaltewerte für alle Teilprüfungen gegenüber den anderen Varianten erzielt. Der Gesamtrückhalt wurde über die zwei zur Verfügung stehenden Proben aus TP4 hochgerechnet und ergibt einen Wert von 46,3 %. Das Filterelement und hier insbesondere auch das Lochblech reduzieren den effektiven Querschnitt des Tauchbogens und sorgen damit für eine höhere Strömungsgeschwindigkeit, die sich negativ auf den Sedimentationsprozess im Schacht auswirkt. Eine Vorabtrennung von gröberen Feststoffen vor Durchströmung der Filterkartusche ist zu empfehlen. Zur Vermeidung eines Überstaus im Verstopfungsfall muss zusätzlich immer ein Notüberlauf installiert werden. Der Einsatz einer Filterkartusche ist nur sinnvoll, wenn auch eine Trennwirkung für AFS63 durch den Filter erreicht wird. Vor und nach dem DIBt-Versuch wurde ein Durchflusstest zur Einschätzung und Auswirkung der Millisil®-Beladung durchgeführt, der zeigt, dass vor dem DIBt-Versuch 500 mL Wasser durchschnittlich 46 Sekunden benötigte, um den Tauchbogen mit Filterkartusche zu passieren. Nach dem DIBt-Versuch passierte die gleiche Menge Wasser durchschnittlich in 17 Sekunden den Tauchbogen. Demnach entstehen während der DIBt-Versuche vermutlich durch Verlagerung der Granulatpartikel Kurzschlussströmungen. Eine Untersuchung der Millisil®-Beladung im Filterelement erfolgte nicht.
- Bei einem weiteren Versuch mit einem Tauchbogenfilter sollte anstelle des Lochblechs ein Sieb mit Langlöchern und einer Öffnungsbreite von 5,5mm verwendet werden. Es sollte untersucht werden, ob es möglich ist, mit anderen Filtermaterialien oder mehr Material in Verbindung mit einem zusätzlichen Sieb zum Beispiel mit einer Maschenweite von 0,3 x 0,3 mm, ein Ablaufschacht Modell Hannover dermaßen zu ertüchtigen, dass eine Einordnung in die Flächenkategorie III erfolgen kann.

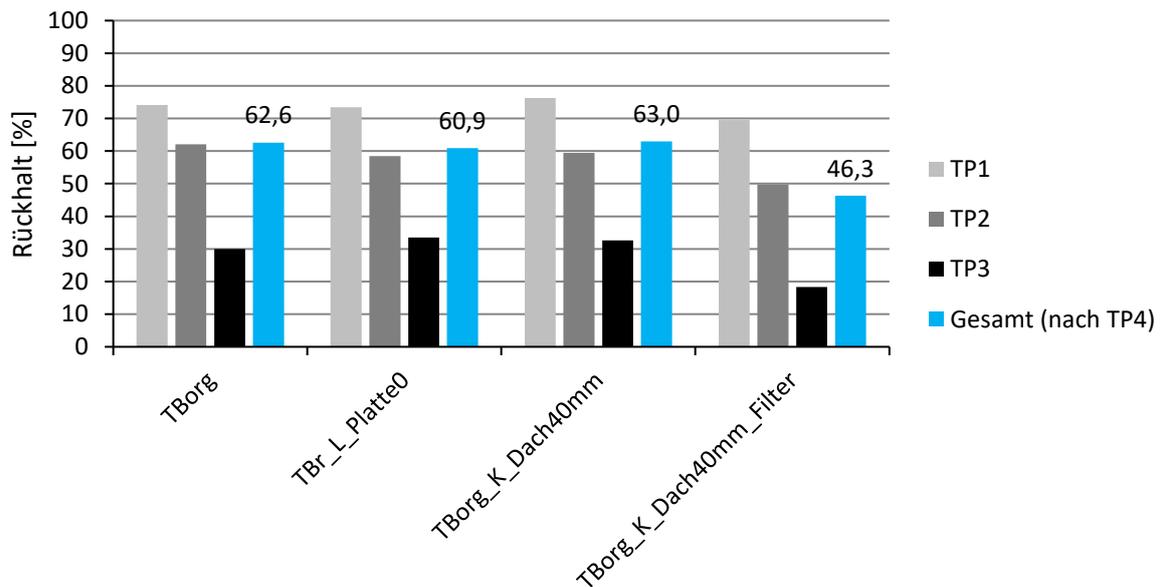


Abbildung 2-12: Ergebnisse der Versuche nach dem DIBt-Verfahren

2.4 Fazit zu den Einbauvarianten und Versuchen am Teststand

Aus den Untersuchungen können folgende Hinweise für Bau und Betrieb des Straßenablaufs Modell Hannover abgeleitet werden:

- Der Abzug über den Tauchbogen sollte im Zentrumspunkt des Straßenablaufes erfolgen, da hier die geringste Strömungsgeschwindigkeit auftritt.
- Um den Austrag unterstützende Wirbelbildung im Schlammfang und damit auch eine Remobilisierung zu verhindern, sollte eine Prallplatte auf der Unterseite des Tauchbogens angebracht sein.
- Hierbei ist darauf zu achten, dass die Eintrittsgeschwindigkeit nicht durch eine Verengung des Querschnitts < „40mm“ ungünstig erhöht wird.
- Um Ablagerungen von Feinstoffen auf der Prallplatte und damit mit einem hohen Risiko des Austrags beim nächsten Ereignis zu vermeiden, sollte die Prallplatte als Dachprofil oder in einem 45° Winkel einseitig geneigt ausgeführt werden
- Der horizontale Rohranteil im Tauchbogen sollte möglichst klein gehalten werden (ggf. geneigte Ausführung), um mögliche Ablagerungen, die später unweigerlich ausgetragen werden, zu verhindern.
- Die Ablaufleitungen von Straßenabläufen sind in der Regel mit einer DN150er Ablaufleitung ausgeführt, dementsprechend sollten die Querschnitte von zukünftig ggf. ergänzend vorzusehenden Einbauten im Straßenablauf (z.B. Tauchbogen) ebenfalls durchgängig einem Querschnitt von DN150 entsprechen.

Als zentraler Austragsmechanismus für AFS_{fein} wurde die Ausbildung einer Wirbelströmung im Straßenablauf identifiziert. Durch die Modifikation des Tauchbogens wurde die Wirbelbildung deutlich reduziert. Dadurch verbleiben eingetragene Sedimente und Stoffe auch bei höheren hydraulischen Beanspruchungen länger im Straßenablauf. Die durchgeführten Versuche zeigen auch die Grenzen des

Systems auf – eine signifikante Verbesserung des bestehenden Systems für den AFS-Rückhalt war nicht möglich. Hier zeigten die Versuche mit Vorfüllung deutlich die Grenzen der Versuchsanordnung am Teststand gegenüber der in-situ erreichbaren Abtrennleistung auf (positiv wie negativ). Die Untersuchungen mit Siebwänden zeigten verbesserte Abtrennleistungen wurden aber im Rahmen des Projektes bau- und betriebstechnisch nicht mehr in der für eine großtechnische Umsetzung notwendigen Weise durchgeplant und erprobt.

Für den in Hannover über 52.000-mal verbauten Straßenablauf mit Nassschlammfang Modell Hannover wurde entsprechend der aktuell bestehenden Testverfahren für eine Einleitung ins Grundwasser (DIBt, 2015) ein Rückhalt für Millisil®-W4 von 62,6 % für TBorg ermittelt. Bei den verschiedenen durchgeführten Versuchen hat sich der Tauchbogen TBorg_K_Dach40mm als besonders vorteilhaft gezeigt. Dieser hat die vertikale Wirbelbildung unter den gemessenen Bedingungen deutlich reduziert und nahe am Zentrumspunkt des Schachtes das relativ ruhige Oberflächenwasser, mit niedriger Umfangsgeschwindigkeit, abgezogen. Zusätzlich hat sich auch die verringerte Abzugshöhe als vorteilhaft gezeigt. Teilchen mit hoher Dichte sinken zum Boden ab und Teilchen mit niedriger Dichte Schwimmen oberhalb der Abzugshöhe des Tauchbogens auf und verbleiben damit im Schacht. Die mit dem Tauchbogen TBorg_K_Dach40mm erzielten Ergebnisse gestalten sich wie folgt: Teilversuch 1, 120min, Rückhalt 77,4%; Teilversuch 2, ohne vorherige Reinigung, 120min, Rückhalt 61,1%; Teilversuch 3, 48min, Rückhalt 42,4%. DIBT gesamt, Rückhalt 63%. Nach DWA-A 102 (Entwurfsstadium) reichen diese Ergebnisse für die Flächenkategorie II aus. In Hannover könnten damit 90 % der Straßenabläufe bestehen bleiben und optimierte bzw. neue Systeme gezielt an ‚Hot-Spots‘ mit der Flächenkategorie III installiert werden.

Die direkte Verwendung der Ergebnisse aus Teststanduntersuchungen für eine auf die Wasserrahmenrichtlinie gebietsbezogene stoffstromspezifische Bilanz (Regenwassermanagement) ist zurzeit nicht möglich. Zum einen besteht Anpassungsbedarf bei den notwendigerweise standardisierten Prüfmaterialien, zum anderen sind Übertragungsfaktoren für gebietsspezifischen Besonderheiten (Vegetation, Anwohnerverhalten etc.) zu entwickeln: Millisil®W4 als Prüfstoff entspricht nicht AFS63 entsprechend DWA-A 102 (Entwurf 2016), sodass der Zusammenhang nur rechnerisch hergestellt werden kann. Außerdem entsprechen die Korngrößenverteilung und insbesondere die Dichte des eingesetzten Prüfmaterials nur bedingt den real mit dem Oberflächenabfluss transportierten fein-partikulären Stoffen, organische und Grob- und Schwimmstoffe werden auf diese Weise nicht berücksichtigt. Die Anpassung des Verfahrens durch Einstellungen mit Vorfüllung könnten durchaus hilfreich sein, gleichzeitig haben sich bei der Projektbearbeitung aber auch Schwächen dieser Untersuchungsmethodik (zeitlicher Aufwand, Reproduzierbarkeit, Auswahl von Prüfstoffen) gezeigt, die eine Übernahme erschweren. Letztendlich wird in den nächsten Jahren (nicht zuletzt auch für die Anerkennung der Reinigungsleistungen von Bestandsanlagen) neben dem von NRW beschrittenen Weg über die Zulassungsverfahren die standardisierte in situ Untersuchung ihren Weg in die wasserbehördliche Genehmigungspraxis finden müssen.

2.5 In situ Erprobung der gewählten Einbauvariante

Nach umfangreichen Versuchen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit und zum Stoffrückhalt am Teststand wurde die Variante TBorg_K_Dach40mm Anfang Mai 2018 in situ im Stadtteil Ricklingen eingebaut, vgl. Abbildung 2-16.

2.5.1 Beschreibung der Methodik

In Niedersachsen gibt es aktuell kein Verfahren und keine Vorgaben, wie eine wasserwirtschaftliche Genehmigungsfähigkeit für dezentrale Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung zu erlangen ist. Seitens der SEH wird daher angestrebt den Nachweis der Vergleichbarkeit von dezentralen Anlagen entsprechend des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz in Nordrhein-Westfalen (LANUV) in anstehende Verfahren zur Genehmigung von Einleitungsstellen einzubringen.

Ziel der in situ Erprobung ist es, in Ergänzung zu den Teststandergebnissen den verbesserten Tauchbogen praktisch zu erproben und Betriebserfahrungen zu sammeln. Weiterhin soll mit dem Blick auf die Betriebssicherheit der Nachweis erbracht werden, dass sich die hydraulische Leistungsfähigkeit im Vergleich zum TBorg nicht bzw. nur unwesentlich verschlechtert. Parallel wurden weitere Einflüsse wie die zeitlich gestaffelte Einlagerung von Pollen, Sediment und Laub mit in die Betrachtung einbezogen, um Hinweise zum Reinigungskonzept ableiten zu können.

Gemäß Trennerlass in Nordrhein-Westfalen (MUNLV, 26. Mai 2004) ist eine Vergleichbarkeit der dezentralen Systeme mit zentralen Anlagen gegeben, wenn der **AFS-Rückhaltegrad von $AFS_{\text{fein}} > 50 \%$** (im Testverfahren) und die betrieblichen Untersuchungsergebnisse eine **Vergleichbarkeit mit Regenklärbecken (RKB)** als zentrale Behandlungsmaßnahme bestätigen. Die in situ Untersuchungen sind durch eine unabhängige Stelle über den Zeitraum von mindestens einem Jahr durchzuführen. Die Kontrollen haben regelmäßig, d.h. in den ersten 6 Monaten alle 14 Tage und in den zweiten 6 Monaten alle vier Wochen, zu erfolgen. Zusätzlich sollen nach Möglichkeit stichprobenartige Kontrollen während außergewöhnlichen Niederschlagsereignissen erfolgen. Dabei sollen jeweils die Zulaufsituation, Füllhöhe, Wasserspiegel, Schlammspiegelhöhe und besondere Vorkommnisse sowie ggf. das Erfordernis einer Reinigung bzw. Wartung dokumentiert werden.

Im Rahmen des Projektes erfolgte eine Untersuchung über den Zeitraum von 6 Monaten durch das ISAH. Hierfür wurden 6,5 cm oberhalb des Scheitels des Ablaufrohres mit Datenlogger versehene Schwimmschalter installiert, die anzeigen, wenn das Regenereignis die hydraulische Leistungsfähigkeit des Schachtes übersteigt, d.h. Wasser im Schacht einstaut. Die Anordnung des Schwimmschalters ist in Abbildung 2-13 dargestellt. Die parallele Aufzeichnung dieser Werte für den TBorg und den TBorg_K_Dach40mm ermöglicht eine Aussage, ob sich die hydraulische Leistungsfähigkeit des TBorg_K_Dach40mm gegenüber dem TBorg verschlechtert hat.



Abbildung 2-13: Anordnung des Schwimmschalters auf dem Tauchbogen (links) und im Straßenablauf (rechts)

Die Höhe des Schwimmschalters ist dabei so gewählt, dass sie einem Wasserspiegelanstieg im Schacht entspricht, der vergleichbar mit einem Niederschlagsereignis > TP 3 ist. Dazu wurden die Wasserspiegelanstiege im Schacht bei den einzelnen Teilprüfungen gemessen. Sie sind in Abbildung 2-14 dargestellt.

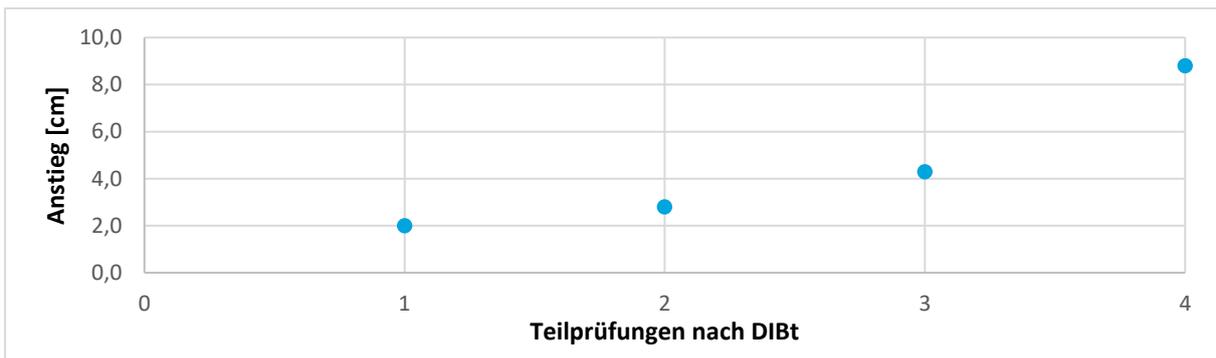


Abbildung 2-14: Wasserspiegelanstieg im Schacht bei den einzelnen Teilprüfungen nach DIBt

Bei der Auswahl der Studiengebiete wurde besonderer Wert auf die Vergleichbarkeit der beiden an die Straßenabläufe angeschlossenen Einzugsgebiete gelegt. Dabei fanden insbesondere die Kriterien i) Größe des Einzugsgebietes ungefähr 400 m² (maximal zulässig nach RAS-EW und damit kritischer Fall), ii) Struktur des Einzugsgebietes (Bebauung, Vegetation, Verkehr) und iii) Geometrie und Aufbau des Straßenablaufs Berücksichtigung.

In dem Studiengebiet in Hannover-Ricklingen wurden zwei Straßenabläufe ausgewählt, die die bestmöglichen Übereinstimmungen mit den oben genannten Kriterien aufwiesen. Die beiden Straßenabläufe Ü1 und Ü2 befinden sich direkt nebeneinander in der Stammestraße, vgl. Abbildung 2-15 und Abbildung 2-16, haben beide ein ca. 390 m² großes Einzugsgebiet und vergleichbare Wasserspiegelhöhen im Ruhezustand wie in Abbildung 2-19 dargestellt. In Ü1 wurde der optimierte Tauchbogen mit Dachprofil TBorg_K_Dach40mm und in Ü2 TBorg eingebaut. Bei Ü1 besteht die Gefahr, dass bei starken Niederschlagsereignissen im Kreuzungsbereich zusätzliche Teilströme zufließen und sich das Einzugsgebiet vergrößert.

Die Stammestraße ist eine Tempo 30 Zone durch ein Wohngebiet und als Fahrradstraße ausgebaut. Gleichzeitig ist sie jedoch durch ihren geraden Streckenverlauf und aufgrund von Baumaßnahmen in

der Projektlaufzeit viel durch PKW und LKW frequentiert. Die anhand von einer Verkehrszählung abgeschätzte DTV beträgt 3.000 Fahrzeuge pro Tag. Daraus ergibt sich eine Flächenkategorie II nach DWA-A 102 (DWA, 2016). Die Stammestraße wird von Kastanienbäumen gesäumt, daraus resultieren Blüteneinträge im Frühjahr und Laubeinträge im Spätsommer und Herbst.



Abbildung 2-15: Einzugsgebiet der Straßenabläufe Ü1 und Ü2

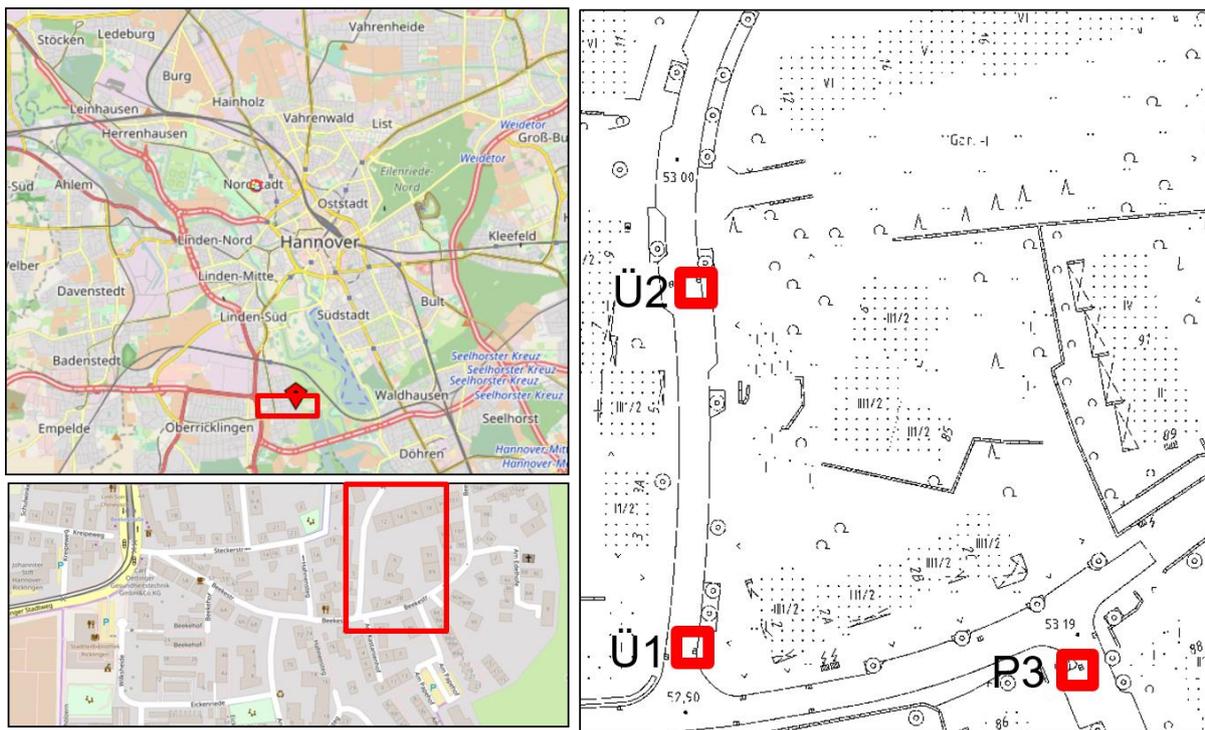


Abbildung 2-16: Lage der beiden Straßenabläufe zur Erprobung des optimierten Tauchbogens.

Der Einbau der Tauchbögen mit Sensoren erfolgte am 03.05.2018. Details zum Einbau sind im Informationsblatt Einbau festgehalten, das dem Anhang 6.3.2 dieses Berichtes zu entnehmen ist. Da bei Ü2 ein deutlicher Wurzeleinwuchs in das Ablaufrohr festgestellt wurde, wurde das Ablaufrohr dieses Straßenablaufs in der KW 21 getauscht, der Straßenablauf im Anschluss gereinigt und mit Leitungswasser neu befüllt.

Die hydraulische Belastung der Straßenabläufe war im Untersuchungszeitraum aufgrund des geringen Niederschlags im Sommer 2018 für die Überprüfung der hydraulischen Belastbarkeit ungünstig. Von Anfang Mai (Einbau der Schwimmschalter und Datenlogger in die Straßenabläufe) bis Ende November hat es insgesamt nur 174 mm Niederschlag gegeben, im Vergleich zu 463 mm, die dem niedersächsischen Mittelwert (1881 – 2018) desselben Zeitraums entsprechen. Dieses ist auch in Abbildung 2-17 und Abbildung 2-18 für die einzelnen Monate bzw. als Jahressumme abzulesen.

Bei der Auswertung der Niederschlagsdaten wurden insgesamt Daten von drei Stationen berücksichtigt: Klärwerk Herrenhausen, Mühlenberg und Frobösestraße. Die Daten der Station Petristraße wurden bewusst ausgeschlossen, da aus der Vergangenheit Probleme dieser Messstelle bekannt waren. Starkregenereignisse mit einer extremen hydraulischen Belastung liegen für die o.g. Stationen in den zurückliegenden zwei Jahren vor mit Niederschlagshöhen von bis zu 26,1 mm.

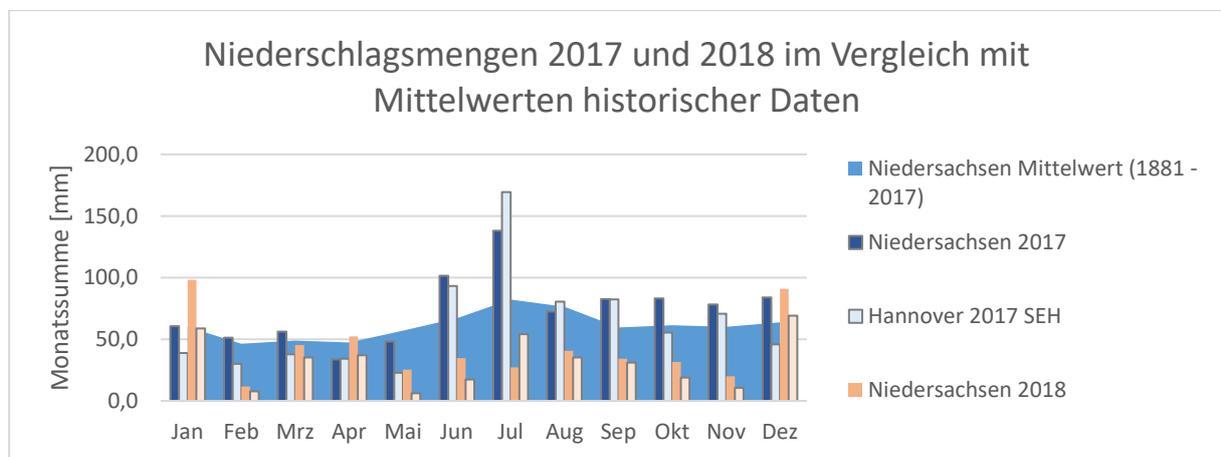


Abbildung 2-17: Niederschlagsmengen 2017 und 2018 im Vergleich mit Mittelwerten historischer Daten

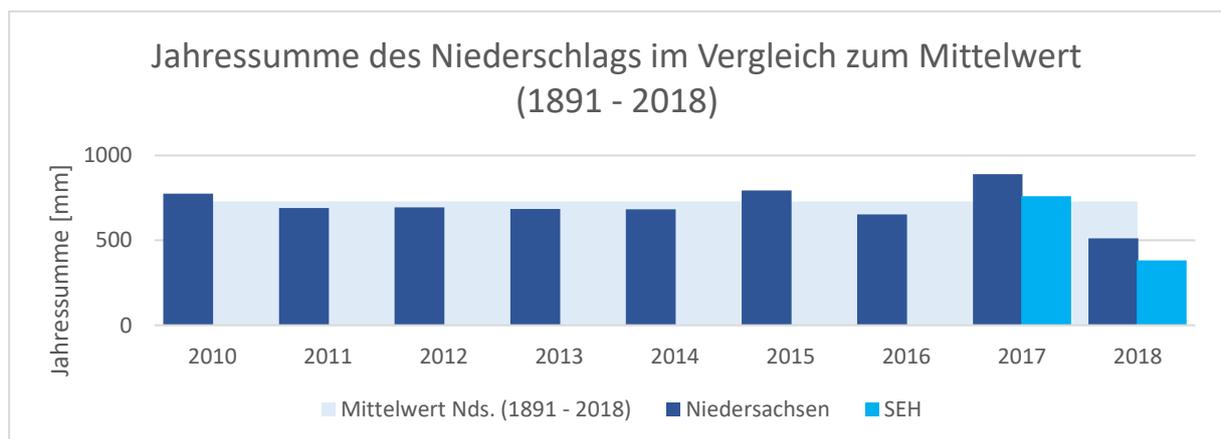


Abbildung 2-18: Jahressumme Niederschlag von 2010 bis 2018 für Niedersachsen und für 2017 und 2018 für Hannover im Vergleich zum Mittelwert des Niederschlags seit Beginn der Klimadatenaufzeichnung 1881

▪ Ü1

▪ Ü2

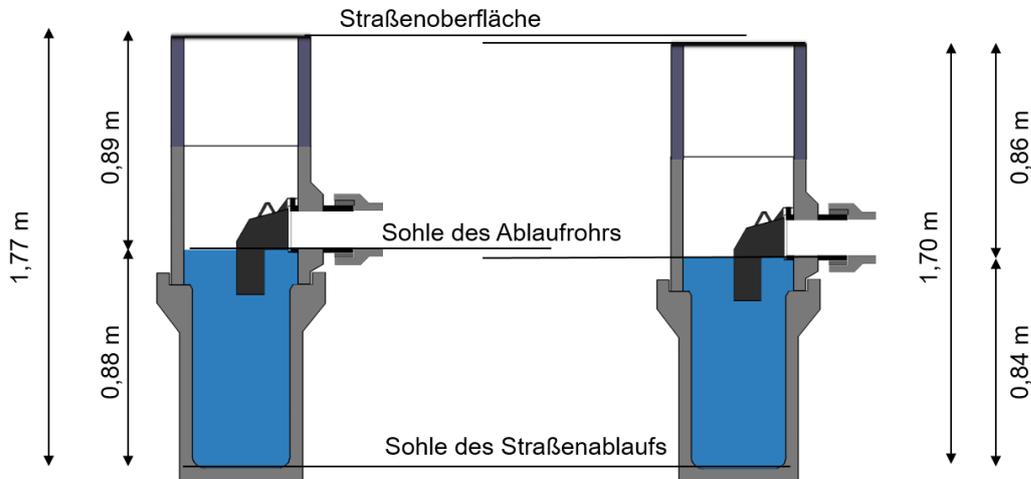


Abbildung 2-19: Vergleich der Schachtabmessungen von Ü1 und Ü2

2.5.2 Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse

Nach Abschluss der ersten sechs Monate (03. Mai – 14. Nov. 2018) mit insgesamt fünfzehn 14-tägigen Kontrollterminen wovon es zwei Mal leicht geregnet hat, lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen: Beide Anlagen waren zu jedem Kontrolltermin in Betrieb, ein Rück- oder Überstau war in keinem Fall vorhanden. Der Wasserstand ab der Sohle des Straßenablaufs kann Abbildung 2-20 entnommen werden, wobei kleinere Schwankungen im Bereich weniger Zentimeter Messunsicherheiten bzw. Unebenheiten der Sohle des Straßenablaufs sein können. Eine Schlammspiegelhöhe konnte ab dem 22.08.2018 dokumentiert werden, wobei der Schlammspiegel im Straßenablauf Ü2 größer ist als der von Ü1.

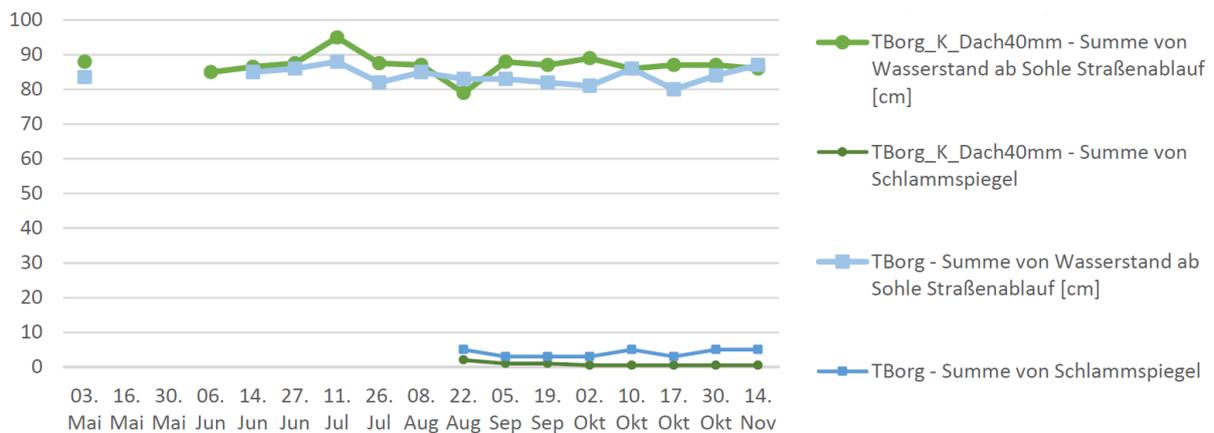


Abbildung 2-20: Gemessene Wasserspiegel- und Schlammspiegelhöhen für TBorg_K_Dach40mm (Ü1) und TBorg (Ü2)

Die sichtbare Schwimmstoffschicht auf der Oberfläche des Straßenablaufs wird von den Straßenbäumen (Kastanien) dominiert: Während erwartungsgemäß Mitte Mai bis Anfang Juni frische bzw. trockene Kastanienblüten auf der Oberfläche des Straßenablaufs und auf dem Tauchbogen absetzen, begann Ende Juli der vereinzelte Eintrag von trockenem Kastanienlaub, der sich dann ab

Ende August verstärkte. Bei der Prüfung der Anlage zeigte sich auch, dass das Laub nach und nach absinkt und dann unterhalb der Wasseroberfläche in einer ca. 0,5 m tiefen Schicht angelagert ist.

Eine Sichtprüfung des Schlammfangs oder des Ablaufs erfolgten nicht. Der Versuch die Verhältnisse im Straßenablauf mit Hilfe einer Unterwasserkamera und Unterwassertaschenlampe zu dokumentieren war zu Beginn schwierig und mit zunehmender Trübung des Wassers im Straßenablauf unmöglich, sodass die Fotos schließlich eingestellt wurden.

Während der gesamten Zeit waren keine betriebsbedingten Wartungen oder Reinigungen erforderlich. In der ersten Phase war durch den vermehrten Eintrag von Kastanienblüten eine Reinigung des Schwimmschalters erforderlich, da dieser zu verkleben drohte. Dafür wurde dieser ohne Ausbau des Tauchbogens mit einem Schlauch abgespritzt. Bei dem Straßenablauf Ü2 wurde nach Start der Überwachung zwei Baumaßnahmen (Tausch des Ablaufrohrs vom Straßenablauf zum Regenwasserkanal und Austausch des gebrochenen Rahmens) durchgeführt, sodass dieser jeweils am 16.05.2018 und am 06. Juni 2018 geleert werden musste, um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch im Straßenablauf enthaltenen Staub und Bauschutt auszuschließen. In der Zeit vom 02.10. – 10.10. ist die Aufzeichnung des Datenloggers von Ü2 auf Grund einer leeren Batterie unterbrochen. In diesem Zeitraum gab es aber keine maßgeblichen Niederschlagsereignisse.

Die Sensoren haben an den in Tabelle 2-4 dargestellten Tagen Ereignisse detektiert. Dabei wurden die Messreihen, um die Test-Auslösungen bei Probenahmen und beim Anstecken des Dataloggers an den PC bereinigt. Das nur von Ü2 detektierte Ereignis am 22.05. ist auf die an diesem Tag erfolgte Umbaumaßnahme zurückzuführen. Es ist kein Niederschlag gefallen. Die Sensoren beider Einbauten TBorg (Ü2) und TBorg_K_Dach40mm (Ü1) zeichnen die Niederschlagsereignisse am 28.07. und 30.08. auf. Der 28.07.2018 ist ein besonders interessanter Tag mit zwei starken Niederschlagsereignissen, daher wurde dieser Tag noch einmal gesondert aufgearbeitet mit Niederschlagsverteilungen jeweils für die Stationen Klärwerk Herrenhausen, Mühlenberg und Frobösestraße sowie dem Protokoll des Sensors Ü1 (Standorte siehe Stadtkarte von Hannover in Abbildung 6-1). Die Niederschlagsereignisse am 10.07.2018 und 24.08.2018 werden nur von dem Sensor bei Ü1 detektiert.

Tabelle 2-4: Übersicht über die von den Sensoren aufgezeichneten Ereignisse

Ereignis detektiert	Ü1	Ü2	Bemerkungen
22.05.2018 12:10		X	kein Niederschlag, Baumaßnahme
10.07.2018 14:50	X		
28.07.2018 13:39	X	X	
28.07.2018 20:55	X	X	
24.08.2018 12:33	X		im Anschluss Sensor bei Ü1 blockiert
30.08.2018 16:14	(x)	X	Sensor bei Ü1 wieder frei

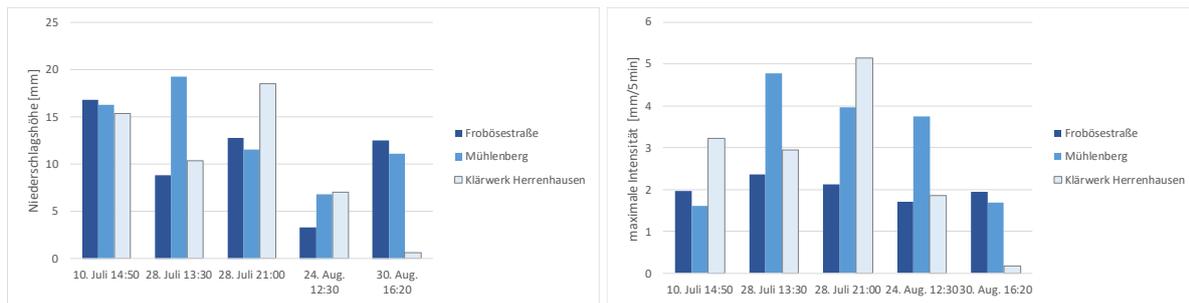


Abbildung 2-21: Ereignisbasierte Auswertung der Niederschlagsmenge und maximalen Intensität in mm/5 min für die detektierten Niederschlagsereignisse

Eine genauere Auswertung der Gesamtniederschlagsmenge der auslösenden Ereignisse und ihrer maximalen Intensität angegeben in mm/5 min ist in Abbildung 2-21 dargestellt. Diese zeigt, dass die näher gelegenen Stationen Frobösestraße und Mühlenberg, in der Regel maximale Intensitäten größer 1,5 mm/5min aufweisen und die Niederschläge mit Ausnahme des Ereignisses am 24.08. länger als eine Stunde gedauert haben. Die Niederschlagsmengen lagen in der Regel über 5 mm, bzw. 10 mm je nach betrachteter Station. Eine Intensität von 1,5 mm/ 5min entspricht einem Zwischenwert von den Teilprüfungen 3 und 4 nach DIBt, vgl. Abbildung 2-14. Zusätzlich zu den detektierten Ereignissen zeigen die Auswertungen der Niederschlagsdaten, dass die Intensität von 1,5 mm/ 5 min auch am 01.08., 02.08., 09.08. und 14.08. überschritten wurde - allerdings jeweils nur bei einer Station und für sehr kurze Zeit. Es ist also durchaus plausibel, dass an diesen Tagen kein Einstau im Schacht detektiert wurde.

Insgesamt sind die detektierten Ereignisse plausibel, was für eine zuverlässige Arbeit der Sensoren spricht. Die Ergebnisse machen deutlich, dass der Straßenablauf Ü1 mit dem TBorg_K_Dach40mm häufiger Ereignisse anzeigt als Ü2 mit eingebautem TBorg. Dabei sind die veränderte Geometrie des Tauchbogens und, wahrscheinlicher, ein bei stärkeren Niederschlägen um den Kreuzungsbereich, vgl. Abbildung 2-16, vergrößertes Einzugsgebiet bei Ü1 mögliche Erklärungen. Die in Ü2 festgestellte höhere Schlammspiegelhöhe auf Erosion aus dem direkt angrenzenden Beet und ggf. verbesserten Rückhalt zu erklären. Beides ist bei Ü1 nicht vorhanden. Um Gewissheit zu erhalten, sollten die beiden Tauchbögen für die folgenden sechs Monate getauscht werden, um diese Hypothesen zu verifizieren. Aktuell wird eine Erweiterung der Untersuchungen auf Messungen am Gebietsauslass für zwei Teilstränge mit TBorg bzw. TBorg_K_Dach40mm geplant.

2.6 Bewertung der Weiterentwicklung

2.6.1 Ökonomische Bewertung (Produzent)

Mit Ausbau der Kanalisation wurden deutschlandweit verschiedene Straßenabläufe mit Nassschlammfang zur Sedimentation eingebunden. Teilweise wurden Tauchbögen DN 150 und DN 100 zur Erhöhung der Rückhalteleistung für Leicht-/Schwimmstoffe integriert. Der Anteil DN100 lag im Mittel bei 10%. Im Zeitraum von 2011 bis 2018 wurden im Stadtgebiet Hannover im Jahresdurchschnitt ca. 1.000 Tauchbögen durch die SEH neu eingesetzt. Da es aktuell keine belastbaren Erhebungen darüber gibt, welche Städte im Bundesgebiet ebenfalls mit Tauchbögen arbeiten, beschränkt sich die monetäre Betrachtung des entwickelten Tauchbogens auf die Ausführung DN 150 und das Stadtgebiet Hannover.

Die Kosten für den aktuellen Tauchbogen TBorg DN 150 setzen sich zusammen aus Materialkosten und Fertigungskosten. Wobei die Fertigungskosten den größeren Anteil ausmachen. Das Gewicht beträgt aktuell 11,5kg. Der weiterentwickelte Tauchbogen **TBorg_K_Dach40mm** ist um ein Dachprofil ergänzt worden. Dadurch wird das Produkt in seinen Abmessungen deutlich größer. Obwohl aufgrund neuer Fertigungstechnologien das Gewicht gegenüber TBorg nahezu unverändert bleibt, ergeben sich auf der Fertigungsseite höhere Kosten. Diese begründen sich in dem beim Urformen benötigten Platzbedarf im Formkasten, dem Einsatz zusätzlicher Kerne und einem höheren Nachbearbeitungsaufwand. Der **zusätzliche Aufwand** für die Herstellung wird zu **+ 30%** abgeschätzt. Die anfallenden Werkzeugkosten wurden hierbei nicht betrachtet, da es sich bei diesen Kosten um Einmalaufwände handelt.

Erst zum Ende des Projektes wurde eine Untersuchung mit dem TBorg_K_Dach40mm mit einem integrierten Filterelement gestartet. Dabei wurde auf vorhandene Materialien aus der Entwicklung des BUDAVINCI® zurückgegriffen. Der **Tauchbogen mit Filterelement und Sieb** ist in der Herstellung vermutlich etwas teurer als ein Tauchbogen ohne Filter. Bei der laufenden Wartung ist ein schneller Ein- und Ausbau des Tauchbogens auch mit Filterelement möglich. Die aufwändige Rückspülung bzw. der Austausch der Filterkartuschen muss nicht vor Ort erfolgen. Im Vergleich zu anderen Einbauten bleiben die Arbeitsschritte pro Straßenablauf damit nahezu unverändert. Des Weiteren wurde bei den Ausführungsvarianten auf eine nachträgliche Einbaumöglichkeit in die vorhandenen Straßenabläufe geachtet, um aufwendige Baumaßnahmen zu vermeiden. Auch kann auf diesem Weg die Belastung für Anwohner, Verkehrsteilnehmer und die Umwelt auf ein Minimum reduziert werden, da kein Straßenaufbruch erforderlich ist und somit keine Vibration, Lärm, Staub oder ähnliche Emissionen entstehen.

2.6.2 Technologische Bewertung (Produzent)

Ein typischer Straßenablauf mit Nassschlammfang besitzt keine zusätzlichen Einbauten zum erhöhten Stoffrückhalt. Eine Differenzierung zeigt sich ausschließlich in verschiedenen groß dimensionierten Schlammräumen. Vereinzelt Nassschlammfangsysteme haben als Einbauten fest einbetonierte oder einfach herausnehmbare Tauchbögen aus Grauguss.

Bislang gibt es nur Möglichkeiten Systeme vollständig durch komplexere Systeme zu ersetzen. Über eine am Modell Hannover erprobte Neugestaltung des Tauchbogens wird auch für andere Systeme technologisch die Möglichkeit geschaffen den Bestand mit Hilfe eines Einbauteils zu ertüchtigen.

Die präferierte Ausführung des Tauchbogens ist im Herstellungsprozess aufwendiger darzustellen, da der Formaufbau beim Urformen komplexer wird. Mit Hilfe moderner Herstellungsverfahren sind auch solch komplexe Geometrien als Gussteil darstellbar.

2.6.3 Ökologische Bewertung (Wissenschaft)

Entsprechend der aktuell bestehenden Testverfahren bietet der Straßenablauf einen ausreichenden Rückhalt für die Flächenkategorie II nach dem sich im Entwurfsstadium befindlichen DWA-A 102 (2016). Durch diese Erkenntnis können ca. 90 % der Straßenabläufe in Hannover bestehen bleiben und neue Systeme gezielt an ‚Hot-Spots‘ mit der Flächenkategorie III installiert werden, bei denen zentrale Lösungen auf Grund der räumlichen Enge nicht in Frage kommen. Diese Vorgehensweise ist zielgerichtet und ermöglicht eine kurzfristige Umsetzung von Maßnahmen bei besonders belasteten

Flächen, wodurch die positive Wirkung auf die Umwelt schneller eintritt. Die Priorisierung ermöglicht auch das Einsparen vieler Ressourcen und Baumaßnahmen was die Umwelt entlastet. Durch die Anpassung der im Jahr neu eingesetzten Straßenabläufe in der optimierten Form, kann eine weitere Stabilisierung der Reinigungsleistung der Straßenabläufe erreicht werden, was sich positiv auf die Gewässerbelastung auswirkt. Gleichzeitig können durch angepasste Betriebsstrategien mit gezieltem, saisonalen Einsatz der Saugfahrzeuge zur Leerung der Nassschlammfänge (z.B. nach der Blütephase) positive Effekte auf die Gewässergüte erreicht werden, durch Vermeidung von Umsetzungsprozessen im Nassschlammfang (Erhöhung des gelösten Anteils) und verbesserte Ausnutzung des zusätzlichen Feinstoffrückhalts durch grobe organische Feststoffe. Dieser Teil der ökologischen Bewertung wird in Kapitel 3.4 umfassender thematisiert.

2.6.4 Betriebliche und ökonomische Bewertung (Anwender)

Die Weiterentwicklung ist sehr gut kompatibel mit dem vorhandenen System und könnte problemlos implementiert werden. Vorhandene Arbeitsvorgänge und Zeitaufwände bei der Entleerung können beibehalten werden – es entsteht kein Mehraufwand. Das nur sehr geringe Mehrgewicht ist betrieblich gut zu hantieren.

Die langfristige Nutzung von Bestandssystemen durch angepassten Einsatz und Optimierung sollte im Hinblick auf die Interessen der Bürger*innen (Gebührenaufwand) weiter unterstützt werden.

Es ist anzunehmen, dass die Abminderung des „Tornadoeffekts“ durch das Dachprofil zu einem geringeren Sedimenteintrag ins Kanalnetz und weniger Räumgut führen wird. Dies könnte einen wirtschaftlichen Vorteil darstellen, der jedoch zum aktuellen Zeitpunkt schwer zu beziffern ist. Für Gewässer zweiter und dritter Ordnung mit größeren angeschlossenen Regenwassereinzugsgebieten, könnten damit neben den o.g. positiven Effekten eventuell auch Verschlammungen im Bereich der Einleitungen besser vermieden werden.

3 Untersuchungen zum Einfluss der Organik

Der zweite Schwerpunkt im Projekt MoHaOrg sind die Untersuchungen zum Einfluss der Organik auf die Reinigungsleistung von dezentralen Reinigungsanlagen, speziell den Nassschlammfang Modell Hannover. In 2014 bis Anfang 2016 wurden gemeinsam von ISAH und SEH in situ Beprobungen bei Straßenabläufen Modell Hannover durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass sich einige Verschmutzungsparameter über die Tiefe des Nassschlammfangs über die Zeit verändern. Zusätzlich ergaben optische Begutachtungen (ohne Beprobung), dass die jahreszeitlichen Einflüsse auf die Charakteristik des Nassschlammfanggutes erheblich sind. In der im Rahmen des Projektes MoHaOrg durchgeführten Messkampagne, die bewusst in ein Gebiet mit sehr geringem Verkehrsaufkommen ($DTV < 2000$), dafür aber hohem Vegetationsanteil gelegt wurde, sollen die folgenden Fragestellungen beantwortet werden:

- a) Messung der Akkumulation von Inhaltsstoffen im Nassschlammfang und Identifikation relevanter Einflussgrößen (in situ: Füllhöhe, Kehrrecht)
- b) Validierung der Hypothese zur Ausbildung einer Schichtung im Nassschlammfang von Straßenabläufen (in situ)
- c) Verbesserung des Verständnisses über Prozesse im Nassschlammfang mit einem Schwerpunkt auf der Bewertung des Rücklösungs- und Hydrolysepotentials von Zehr- und Nährstoffen (Laborversuche)
- d) Mit welcher Emission von Zehr- und Nährstoffen aus dezentralen Anlagen, im speziellen Anlagen mit Nassschlammfang, ist zu rechnen und ist dies beeinflussbar (in situ)

Für die Untersuchungen zum Einfluss der Organik wurden dabei drei Methoden gewählt und zusätzlich Daten bei der Kontrolle der Sensoren der Einbauvariante erhoben (vgl. Abbildung 3-1).

1. Im Rahmen des Projektes wurde über den Zeitraum von einem Jahr wöchentlich Kehrrecht aus dem Einzugsgebiet analysiert und monatlich Proben aus realen Straßenabläufen entnommen. Das Ziel war gezielt über die Probenahme aus Nassschlammfängen den Rückhalt zu analysieren.
2. Außerdem wurden Laborversuche durchgeführt, mit dem Ziel Rücklösungsprozesse von organischen Materialien wie Laub oder Pollen in Abhängigkeit des Substrates und der Temperatur unter gezielt einstellbaren Randbedingungen zu untersuchen.
3. Im Rahmen der in Kapitel 2.5 beschriebenen regelmäßigen Prüfungen der Einbauvarianten (TBorg bzw. TBorg_K_Dach40mm) wurde zusätzlich eine Sichtprüfung der Schwimmstoffe und soweit mit möglichst geringer Beeinflussung möglich auch eine Abschätzung der im Nassschlammfang befindlichen, abgesunkenen, organischen Materialien durchgeführt.

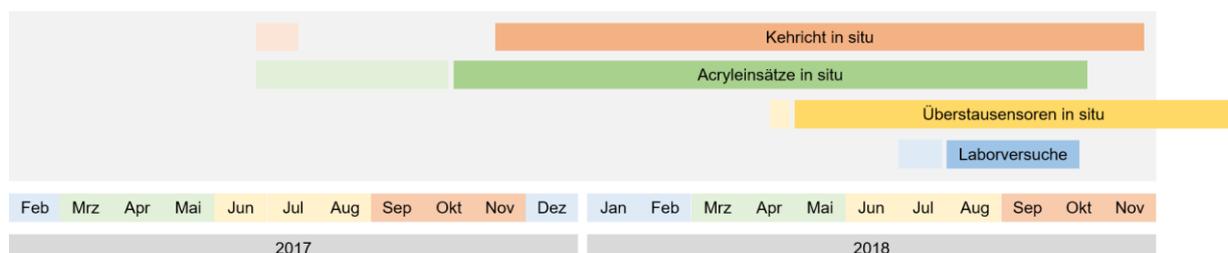


Abbildung 3-1: Ansätze zur Evaluation des Einflusses der Organik

3.1 Abschätzung und Charakterisierung des Eintrags in Abhängigkeit des Einzugsgebietes und des Rückhaltevermögens von Nassschlammfängen

3.1.1 Datengrundlage für die Beschreibung der Vegetation im Einzugsgebiet

Als Grundlage für die Beschreibung des Einzugsgebietes stehen seitens des Fachbereichs Planen und Stadtentwicklung der Landeshauptstadt Hannover eigene Geodaten als ‚Open GeoData‘ kostenfrei unter der Lizenz CC-BY-4.0 zur Verfügung (Landeshauptstadt Hannover, 2017). Über dieses Portal sind digitale Stadtkarten, Orthophotos, ein 3D-Stadtmodell und Geländemodell sowie Themenkarten und eine statistische Gliederung verfügbar.

Die Erhebung von Vegetationsdaten im Stadtgebiet obliegt in der Regel dem Fachbereich Umwelt- und Stadtgrün, der in Hannover dem Wirtschafts- und Umweltdezernat unterstellt ist. Die Straßenbäume der Landeshauptstadt Hannover werden seit 1990 in einem Baumkataster erfasst (Bonk, 2005). In Hannover ist dieses Kataster nicht öffentlich. Andere Großstädte wie beispielsweise Berlin oder Braunschweig haben eine digitale Karte des Baumbestands veröffentlicht, die online einsehbar ist mit Daten zu Baumhöhe, Stammumfang, Kronen-Durchmesser und Vitalität (Stadt Braunschweig, Fachbereich 67 Stadtgrün und Sport, 2011, Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2018).

Das Baumkataster stellt eine sehr gute Datengrundlage für die Betrachtung der öffentlichen Gehölzflora dar, da es im Rahmen der regelmäßigen Kontrollen durch den Fachbereich Umwelt und Stadtgrün gepflegt und aktualisiert wird. Für Bäume auf Privatgrundstücken, deren Einfluss auf die Straßenabläufe auch erheblich ist, gibt es jedoch bislang keine Datengrundlage. Für die Erfassung der Gehölzflora kann für kleine Einzugsgebiete eine Baumbestimmung vor Ort durchgeführt werden. Für größere Gebiete ist jedoch eine automatisierte Erfassung wie bspw. mit Hilfe von Algorithmen sinnvoll. Diese Algorithmen finden in der Geodäsie Anwendung zur Entfernung von Bäumen aus Referenzbildern für das autonome Fahren, in der Forstinventur angewandten terrestrischen Laserscannerpunktswolken (Bienert und Scheller, 2008) oder flugzeuggetragenen Full Waveform Laserscannern (Reitberger, 2010). Aktuell steht diese Datengrundlage für Innenstadtbereiche jedoch nicht zur Verfügung.

3.1.2 Einordnung und Beschreibung der Einzugsgebiete für die in situ Probenahmen

Im Rahmen des Projektes MoHaOrg wurden im Hannoveraner Stadtteil Ricklingen in einem Wohngebiet umfangreiche in situ Beprobungen durchgeführt. Dabei erfolgen die Messungen nicht im Zulauf oder Gebietsauslass, sondern es werden im Nassschlammfang zurückgehaltene Stoffe betrachtet. Dabei liegt der Fokus – anders als bei vorhergegangenen Untersuchungen - auf den gelösten Stoffen. Diese Messungen sind in Abbildung 6-2 im Anhang 6.3.4 als Messphase 2 gekennzeichnet.

In dem Gebiet wurden in vier Straßenabläufe Einsätze aus Acrylglas eingebracht. Diese Einsätze fassen jeweils ein Volumen von 48 L, bei einem Durchmesser von 38 cm. Durch die Möglichkeit den Einsatz aus dem Straßenablauf zu entnehmen, ist eine gezielte Probenahme aus verschiedenen Höhen und die optische Dokumentation des Inhalts möglich. Die Lage der Straßenabläufe ist in Abbildung 3-2 dargestellt. Dabei beträgt die Entfernung zwischen P1 und P4 weniger als 150 m. Zwei Einsätze

befinden sich in einem verkehrsberuhigten Bereich, der beidseitig durch Poller begrenzt und in der Regel nur Fußgängern und Radfahrern zugänglich ist (DTV < 10). Die Straße ist in diesem Bereich mit rotem Pflaster im Läuferverband ausgeführt und entwässert über eine etwa am Dreiteilpunkt der Straße angeordnete dreireihige Muldenrinne. Der Straßenabschnitt ist beidseitig über Mauern begrenzt wobei die in Abbildung 3-3 dargestellte Ziegelmauer bei P1 ca. 2,20 m hoch ist und dann im weiteren Verlauf in eine ca. 1,50 m hohe Betonmauer bei P2 übergeht. In den Fotos aus dem Gebiet rechts dargestellt ist eine teilweise mit einer Hecke kombinierte Mauer mit Zaunelementen, die für den Zugang zu angrenzenden Mehrfamilienhäusern unterbrochen ist. Diese Mauer ist ca. 1 m hoch. Die Hecke erreicht eine Höhe von 1,40 m. Auf den Privatgrundstücken neben der Straße stehen über die Mauern hinausragende Bäume (Kastanie, Eiche, Weide, Obstbäume), vgl. Abbildung 3-3.



Abbildung 3-2: Lage der ausgewählten Straßenabläufe (P1, P2, P3, P4) im Kanalübersichtsplan (links), Einsatz aus Acrylglas vor dem Einbau (Mitte), Einsatz aus Acrylglas mit Herbstlaub (rechts)



Abbildung 3-3: Optischer Eindruck der betrachteten Straßenabläufe in der Beekestraße P1 (links) und P2 (rechts)

Die anderen beiden Einsätze befinden sich in der Straße Am Papehof. Die Wohnstraße ist eine Sackgasse mit längs und quer zur Fahrtrichtung angeordneten Parkmöglichkeiten. Die DTV wird mit < 500 abgeschätzt. Die Oberfläche ist als Ellbogenverband aus grauem Betonpflaster ausgeführt. Das Profil der Straße ist ein Dachprofil mit zweireihigen bzw. vor den Parkbuchten dreireihigen Rinnen und rechteckigen Einlaufrosten auf der linken Seite und dreireihigen Entwässerungsrinnen mit quadratischen Einlaufrosten auf der rechten Seite (vgl. Abbildung 3-4 (rechts)). Dieser Bereich wird dominiert von Straßenbäumen (Eichen, Ahornbäumen sowie wenigen Obstbäumen).

Die Straßenreinigung und der Winterdienst erfolgen wöchentlich. Im Abschnitt Am Papehof werden die Leistungen durch das für die Stadt Hannover zuständige Unternehmen erbracht. Der Straßenabschnitt der Beekestraße wird von einem privaten Reinigungsunternehmen gereinigt.



Abbildung 3-4: Einzugsgebiet der Straßenabläufe P3 (links und rechts) und P4 (rechts im hinteren Bereich)

3.1.3 Vorgehen bei der Erfassung der Kehrrichtmengen

Das Kehrlicht wurde von vier 1 m² großen Flächen in der Entwässerungsrinne von Straßenabläufen, die in der Regel den in situ beprobten Straßenabläufen gegenüber- bzw. naheliegen gesammelt. Auch hier werden je zwei Flächen in der Beekestraße und Am Papehof beprobt, vgl. Abbildung 3-5.



Abbildung 3-5: Lage der beprobten Flächen (A1-A4) im Vergleich zu den beprobten Straßenabläufen (P1-P4) (links); Vorgehensweise bei der Kehrlichtsammlung für die Flächen A2 und A3 für den 27.02.2018 und 14.11.2017 jeweils vorher/nachher (rechts)

3.1.4 Ergebnisse in situ durchgeführter Sammlungen von Kehrriecht

Von dem über den Zeitraum von einem Jahr gesammelten Kehrriecht sind etwa 66 % der Trockensubstanz organischer Natur, messbar als Glühverlust der Kehrriechtprobe, nur ca. 34 % sind mineralisch. Die Kehrriechtmengen spiegeln gut jahreszeitlich bedingte Ereignisse wieder, wie in Abbildung 3-6 dargestellt. So können zum einen Blütezeit und Laubfall als Charakteristiken der Vegetationsperiode als deutliche Peaks des organischen Anteils abgelesen werden. Bei heftigen Stürmen und Gewitterfronten sind sowohl mineralischer als auch organischer Anteil im Kehrriecht erhöht. Die Kälteperiode Ende Februar Anfang März 2018 zeichnet sich durch besonders hohe mineralische Anteile aus, da in Hannover Rollsplit und Sand als Streumittel eingesetzt werden. Eine Salzfreigabe erfolgt nur in Ausnahmefällen.

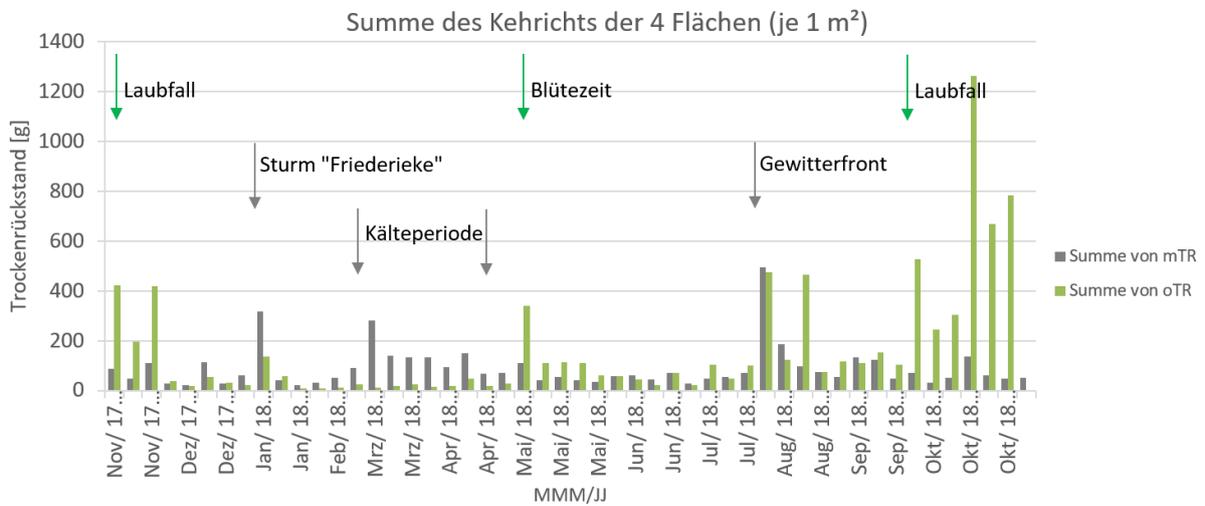


Abbildung 3-6: Ergebnis der wöchentlichen Kehrriechtmengen aufgeteilt in mineralische und organische Anteile (gemessen über den Glühverlust)

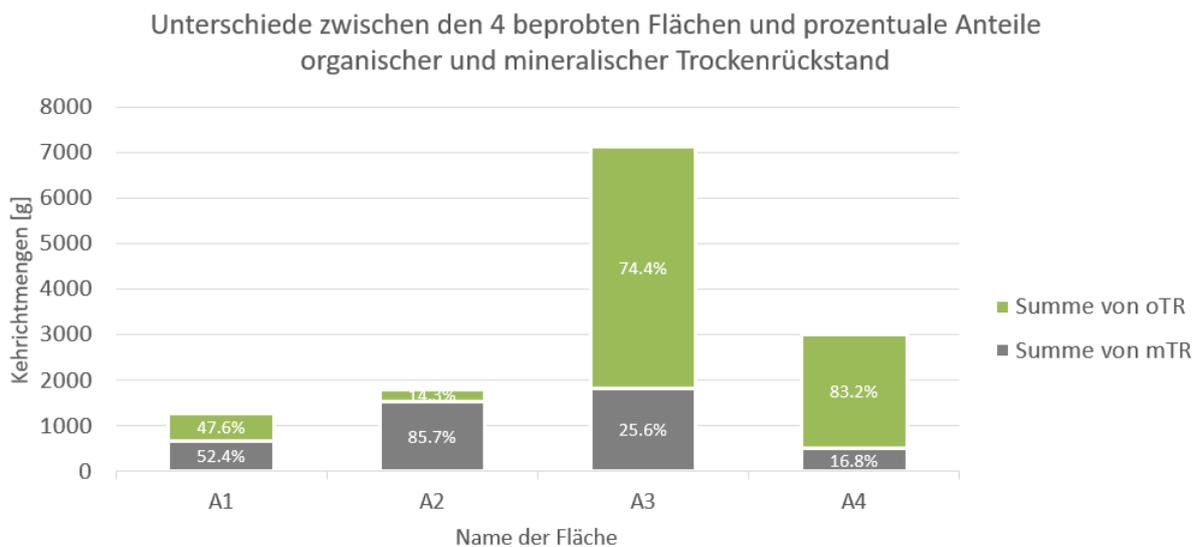


Abbildung 3-7: Ergebnis für die vier ausgewählten Flächen, wobei jeweils A1 repräsentativ für P1 usw. ist

Wie erwartet gehen hohe Kehrrichtmengen mit den größten Füllhöhen in den Straßenabläufen einher (vgl. Abbildung 3-9, in Kapitel 3.2.2). Abbildung 3-7 zeigt, dass bei A3 mit Abstand die größten Mengen anfallen und das A3 und A4 von organischer Substanz dominiert werden. Der prozentuale Anteil der mineralischen Trockensubstanz ist bei A2 am höchsten, was mit der Position der Straßenabläufe im Vergleich zu Straße und Bordsteinen zu erklären ist. Dabei ist zu beachten, dass die Kehrrichtmengen aus der Gosse stammen und damit im Vergleich zum Einzugsgebiet insgesamt deutlich überhöht sind. Auf den von Bordsteinen begrenzten Fläche sammelt sich insgesamt das meiste Substrat.

3.2 Beprobung von Straßenabläufen mit Nassschlammfang

3.2.1 Vorgehensweise bei der in situ Probenahme aus Nassschlammfängen

Der Ablauf der monatlichen Probenahmen aus realen Nassschlammfängen ist der Abbildung 3-8 zu entnehmen. Insgesamt wurden die Straßenabläufe an 14 Terminen beprobt. Eine ergänzende Nährstoffanalytik fand an sechs Terminen statt. Hygieneparameter wurden an drei Termine betrachtet. Mit Start der Untersuchung wurden die in Abbildung 3-2 (Mitte, rechts) dargestellten Einsätze aus Acrylglas in die Straßenabläufe eingebracht. Diese wurden bei jeder Probenahme entnommen und Proben aus drei Schichten über eine ‚Schlauchwaage‘ entnommen. Vor-Ort wurden Begleitparameter wie pH-Wert, Sauerstoffkonzentration und Leitfähigkeit erfasst, alle weiteren Untersuchungen fanden im Labor statt. Bedauerlicherweise wurde der am meisten gefüllte Straßenablauf P3 im August 2018 kurz vor der 12. Probenahme geleert.

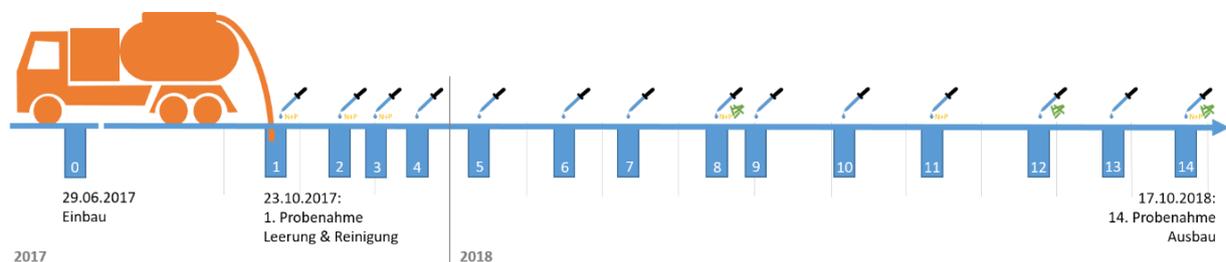


Abbildung 3-8: Ablauf der Probenahmen aus realen Straßenabläufen

3.2.2 Ergebnisse der durchgeführten in situ Probenahmen

Die in situ Untersuchungen im Rahmen des MoHaOrg Projektes fokussieren auf die in den Nassschlammfängen enthaltene Flüssigphase, d.h. auf feine im Wasser schwebende Partikel und gelöste Stoffe. Im Einzelnen wurden vor Ort die Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit und Sauerstoffkonzentration gemessen. Im Labor wurden im Anschluss an die Probenahme der chemische Sauerstoffbedarf filtriert und homogenisiert und der TOC bestimmt. Bei insgesamt 6 Probenahmen wurden ergänzend Nährstoffe (Pges, KN filtriert, NO₃-N, NH₄-N) gemessen. Zusätzlich wurde jeweils nach Abschluss der Probenahme die ‚komprimierte‘ Füllhöhe bestimmt.

Die Füllhöhe steigt zu Beginn der Messkampagne im Herbst bis etwa Mitte Dezember bei allen vier Straßenabläufen steil an. Danach stabilisiert sie sich für P1, P2 und P4 bei ca. 20 cm und P3 bei ca. 45 cm und fällt im Anschluss kontinuierlich ab bis sie zu Beginn der Laubfallperiode Mitte August wieder ansteigt. Die Blütezeit (Probenahmen (P.) 8 + 9) markiert einen weiteren zwischenzeitlichen Anstieg der Füllhöhe.

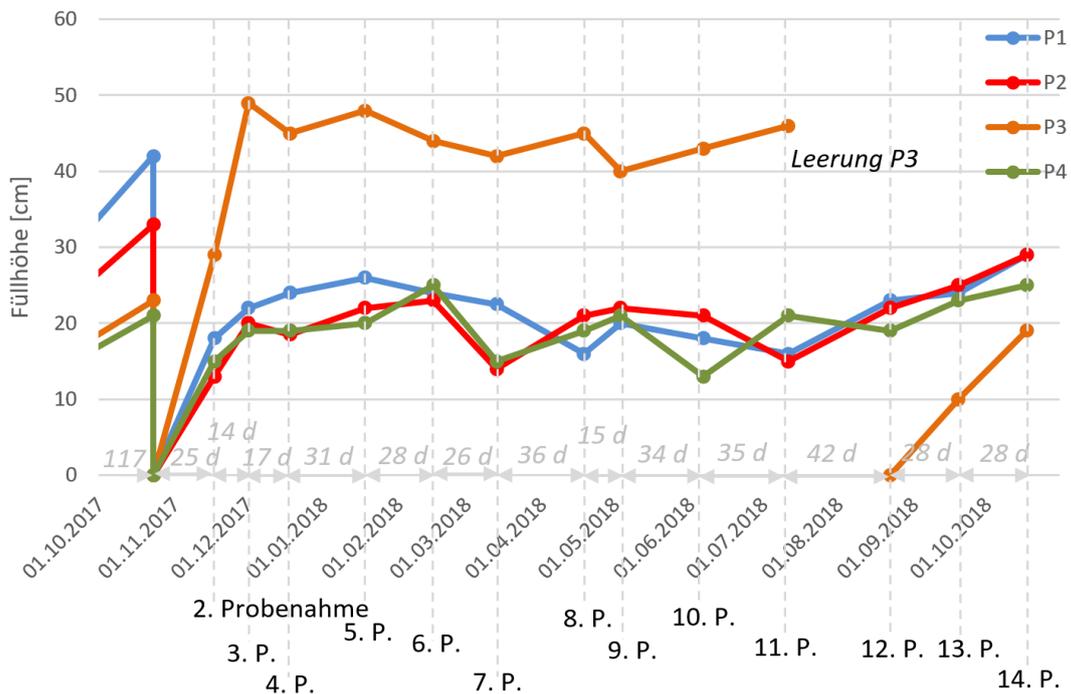


Abbildung 3-9: Füllhöhe der vier Straßenabläufe in cm bei den Probenahmen (P.) über die Zeit

Die Ergebnisse der in situ gemessenen Parameter zeigen, dass der pH-Wert für die Straßenabläufe P1, P2 und P4 nur gering streut und im Mittel zwischen 6 und 7 liegt (vgl. Abbildung 3-10 links). Der Straßenablauf P3 weist eine größere Bandbreite und insgesamt niedrigere pH-Werte um 6 auf. Für P1 und P2 sind einige Ausreißer zu erkennen. Diese können für P2 mit einer illegalen Entsorgung von Zement und Fassadenfarbe erklärt werden. Über die Zeit betrachtet waren die gemessenen pH-Werte bei der ersten Probenahme am niedrigsten. Die größte Bandbreite weisen die 3. und die 12. Probenahme auf (vermutet: jeweils Einleitung von Baumaterialien in P2).

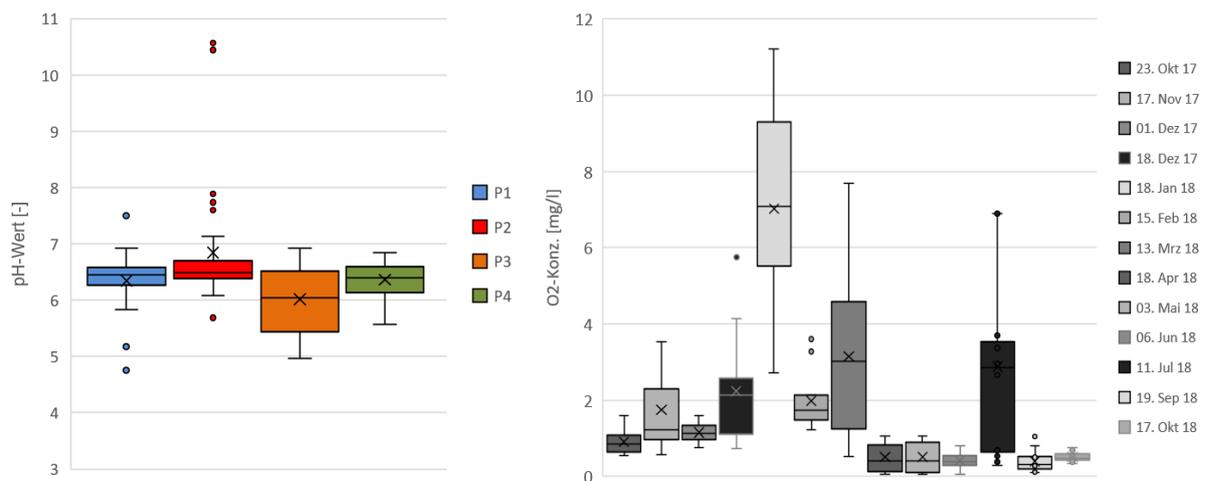


Abbildung 3-10: Box-Whisker-Plots aller pH-Wert-Messungen für die vier Probenahmeorte (links) und Veränderung der gemessenen Sauerstoffkonzentrationen über die 14 durchgeführten Probenahmen (rechts)

Bei der in Abbildung 3-10, rechts dargestellten Sauerstoffkonzentration zeigt sich erwartungsgemäß eine starke Abhängigkeit zu den vorausgegangenen Niederschlagsereignissen: Hat es während oder

kurz vor der Probenahme geeignet sind die gemessenen Konzentrationen insgesamt und auch ihre Bandbreite höher. Dabei ist die zeitliche Nähe zur Probenahme relevanter als die Gesamthöhe des Niederschlagsereignisses. Das zeigt, dass im Straßenablauf eine erhebliche Sauerstoffzehrung stattfindet. Bei kalten Temperaturen im Januar (5° C im Straßenablauf) sind die Sauerstoffkonzentrationen am höchsten, liegen aber z.T. deutlich unterhalb des Sättigungswertes.

Bei der in Abbildung 3-11 dargestellten Leitfähigkeit zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den im verkehrsberuhigten Bereich angeordneten und von einem Privatunternehmen gereinigten Straßenabschnitts der Beekestraße (P1, P2) und den entlang der Straße Am Papehof angeordneten Straßenabläufen (P3, P4). Deutlich wird, dass die Bandbreiten für P3 und P4 deutlich geringer sind und die gemessenen Höchstwerte um 1.000 µS/cm liegen. Bei P1 und P2 hingegen wurden höchstwahrscheinlich während der Kälteperioden Streusalze eingesetzt, die Leitfähigkeiten bis hin zu Werten von knapp unter 10.000 µS/cm ansteigen lassen. Die höchsten Werte werden in der untersten Schicht gemessen. Die in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellte Ausbildung eines Leitfähigkeitsgradienten über die Höhe des Straßenablaufs zeigt, dass sich die oberen Schichten schneller regenerieren. Es ist daher davon auszugehen, dass diese bei Niederschlagsereignissen häufiger ausgetauscht werden als tiefer gelegene Schichten. Das belegt, dass ein Straßenablauf mit Vorfüllung nicht als vollaufgemischtes System angenommen werden darf. Die anhand von gelösten Parametern nachweisbare Schichtung im Straßenablauf, lässt auch vermuten, dass auch abgesunkene Feinstoffe im unteren Teil des Straßenablaufs nur zum Teil remobilisiert werden.

Die im August 2018 erfolgte Leerung von P3 bedingt, dass für diesen Straßenablauf für die 12. Probenahme keine Werte vorliegen und somit alle nachfolgenden Ergebnisse nicht mit den drei anderen Abläufen zu vergleichen sind.

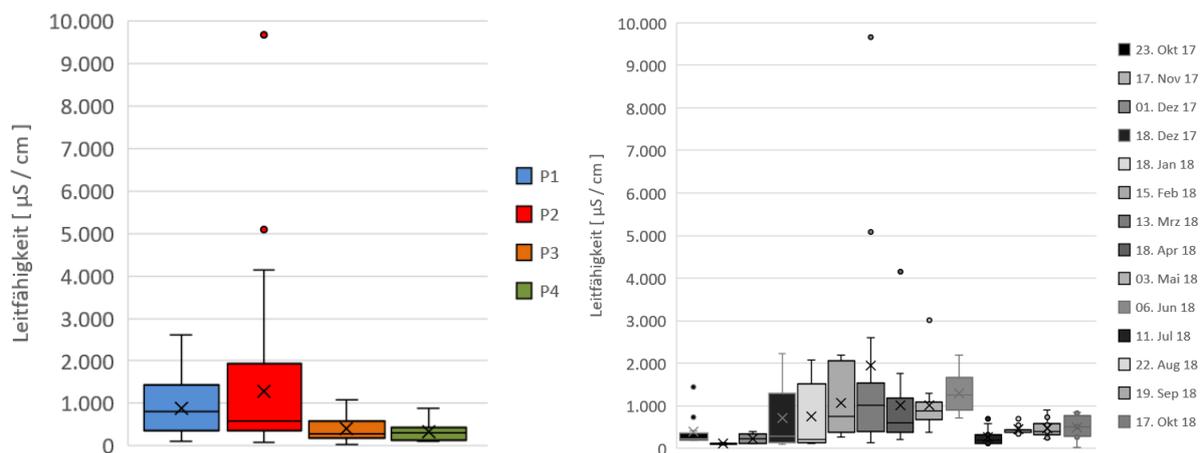


Abbildung 3-11: Box-Whisker-Plots aller Leitfähigkeits-Messungen für die vier Probenahmeorte (links) und Veränderung der gemessenen Leitfähigkeiten über die 14 durchgeführten Probenahmen (rechts)

Für den filtrierten CSB der Proben unterscheiden sich die Ergebnisse der einzelnen Straßenabläufe stark (vgl. Abbildung 3-13). In den Sauerstoff limitierten unteren Schichten, die häufig die meiste Organik enthalten, treten höhere Werte als in den oberen Schichten ohne bzw. mit weniger Laub auf. Auswertungen zeigen, dass es eine Korrelation zum in der Flüssigphase gemessenen TOC gibt. Der

Faktor ist vergleichbar zu kommunalem Abwasser und beträgt in etwa 3:1. Die Korrelation ist sehr hoch ($R^2 = 0,93$), vgl. Abbildung 3-14.

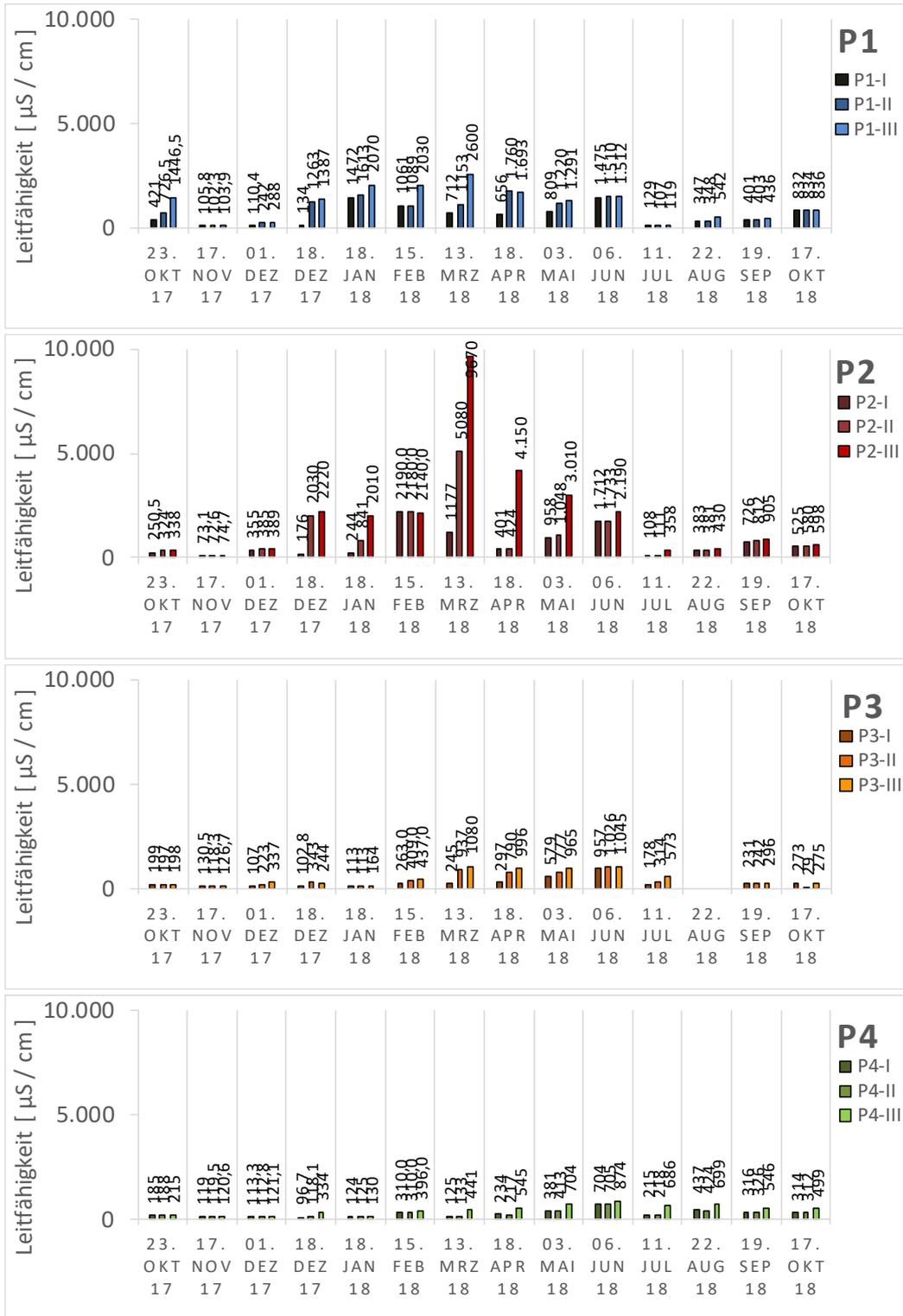


Abbildung 3-12: Vergleich der Entwicklung der Leitfähigkeit über die Zeit für die Straßenablauf P1, P2, P3 und P4 über die

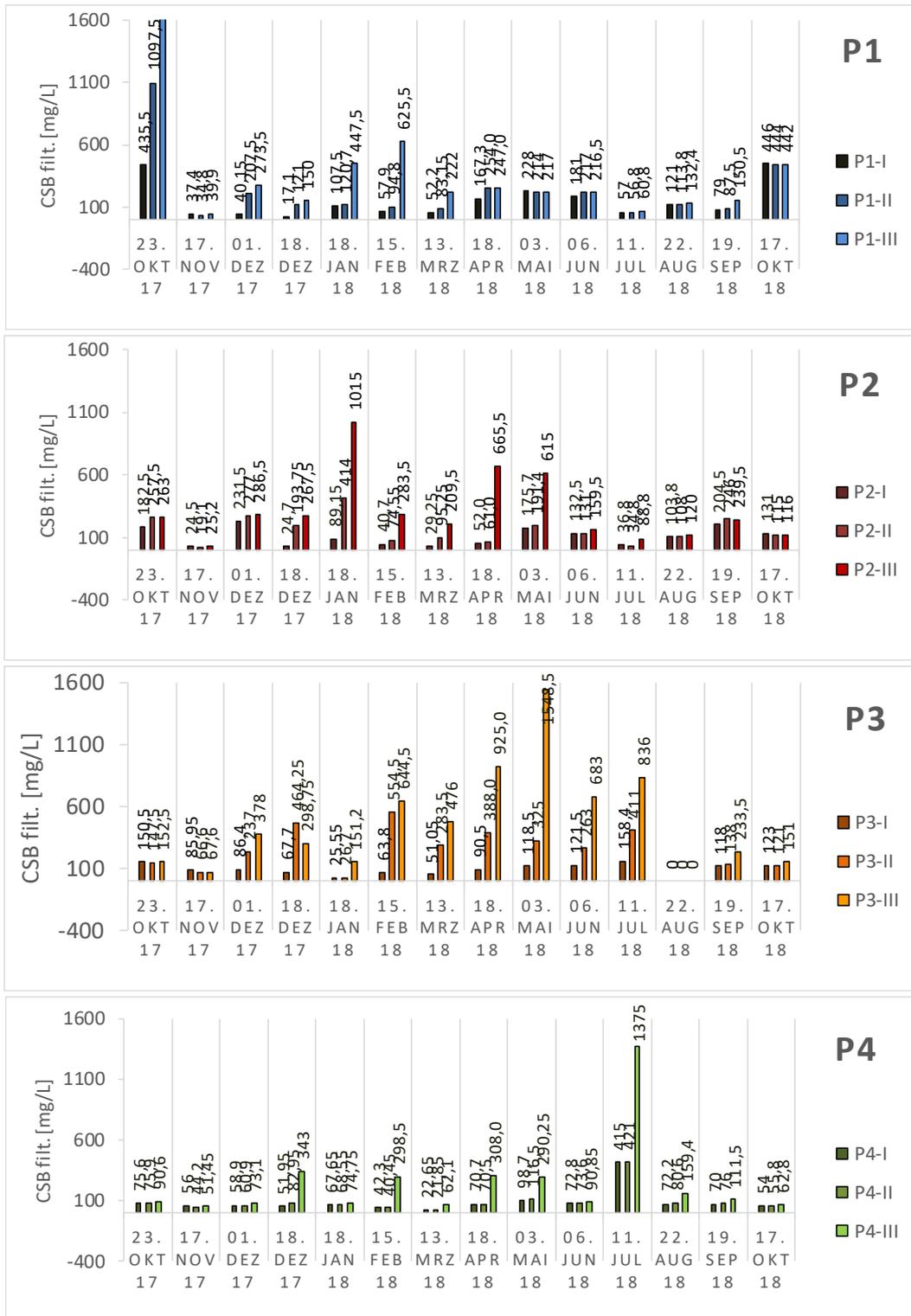


Abbildung 3-13: Vergleich der Entwicklung der CSB filtrierte Konzentrationen für P1, P2, P3 und P4 über die Tiefe des Straßenablaufs, dabei ist P1-I die obersten und P1-III die unterste Schicht

Des Weiteren zeigt sich, dass es einen Zusammenhang zwischen dem homogenisierten CSB und dem oTS-Gehalt der Proben gibt ($R^2 = 0,7$). Da die Proben mit einem 0,8 cm dicken Schlauch aus der Flüssigphase entnommen wurden, enthalten sie nur feine organische Schwebstoffe. Das Verhältnis des homogenisierten zum filtrierten CSB beträgt in etwa 5. Aus diesen beiden Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass ein Großteil des chemischen Sauerstoffbedarfs aus feinen organischen Schwebstoffen resultiert.

Die an insg. sechs Probenahmeterminen gemessenen Nährstoffkonzentrationen sind in Abbildung 3-17 dargestellt. Sie verdeutlichen, dass sowohl Stickstoff als auch Phosphor in den Proben enthalten sind. KN setzt sich dabei zu einem großen Teil aus organischem Stickstoff und $\text{NH}_4\text{-N}$ zusammen. Der Anteil von $\text{NO}_3\text{-N}$ ist gering, die Messung von $\text{NO}_2\text{-N}$ wurde ab der dritten Probenahme eingestellt.

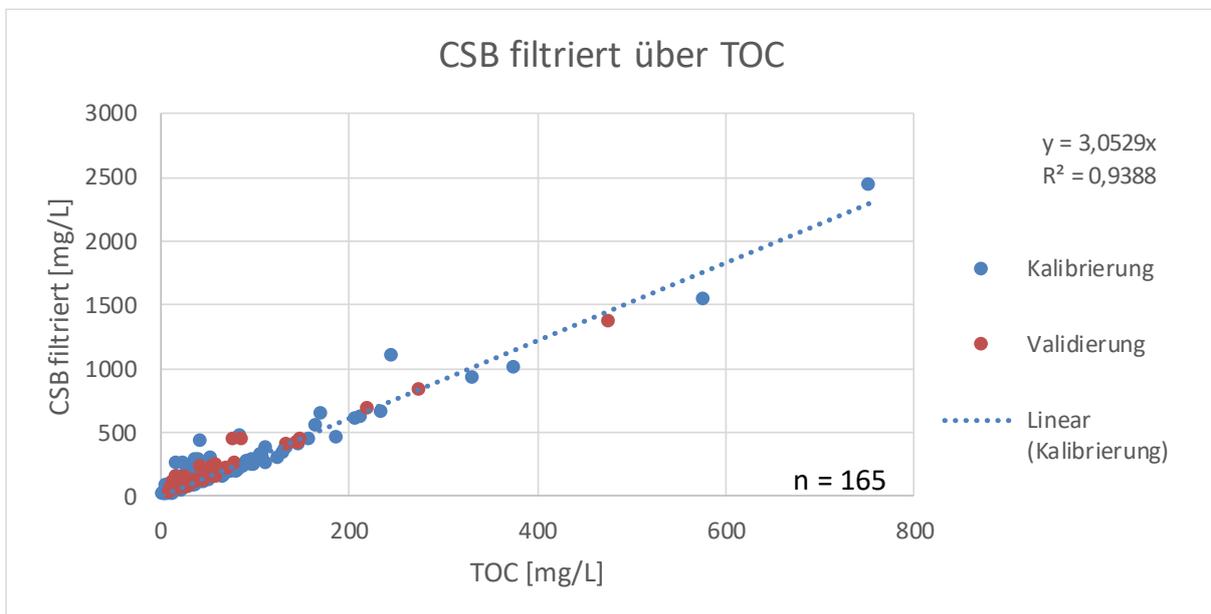


Abbildung 3-14: Korrelation des filtrierten CSB zum TOC

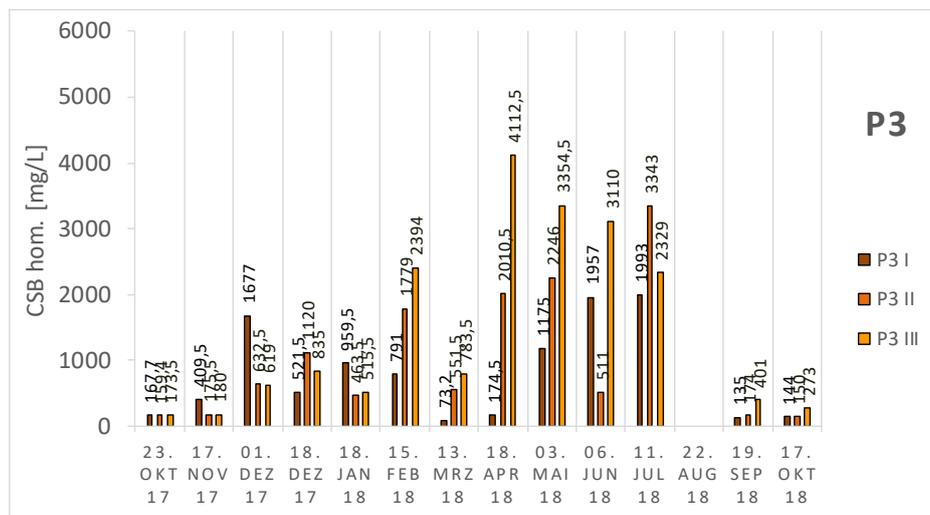


Abbildung 3-15: Vergleich der Entwicklung des homogenisierten CSB über die Zeit für den in drei Schichten unterteilten Straßenablauf P3, dabei ist P1-I die obersten und P1-III die unterste Schicht

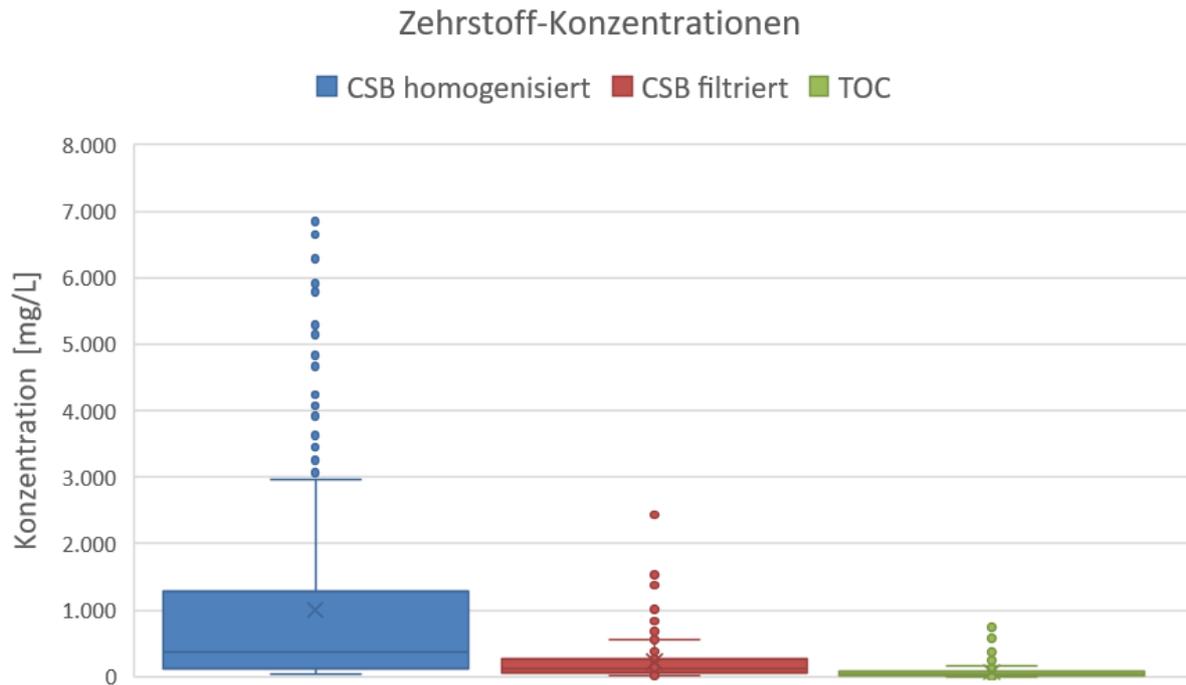


Abbildung 3-16: Gesamtschau der gemessenen Konzentrationen des homogenisierten und filtrierten CSB sowie des TOC in den aus der Flüssigphase entnommenen Proben

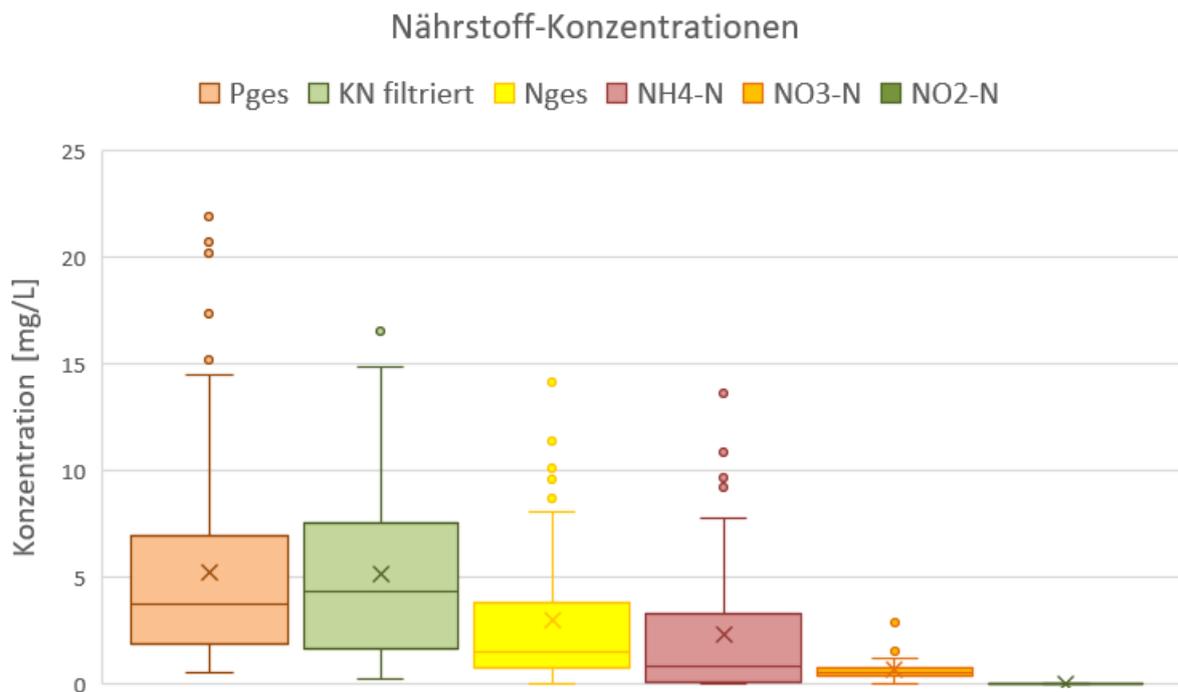


Abbildung 3-17: Zusammenstellung der gemessenen Nährstoffkonzentrationen, wobei Nges die Summe aus NH4-N, NO3-N und NO2-N darstellt

3.3 Laborversuche zur Zersetzung von Laub, Blüten und Pollen im Nassschlammfang

3.3.1 Vorgehen bei den Laboruntersuchungen

Bei den Laborversuchen wurden in fünf verschiedenen Ansätzen organischen Substrate hinsichtlich ihrer Abgabe von Zehr- und Nährstoffen in wässriger Lösung untersucht. Aufgrund der in Vorversuchen mit einem Laubmix ermittelten Ergebnisse wurde entschieden, dass demineralisiertes Wasser als wässrige Lösung verwendet wird. Dieses weist vergleichbare Eigenschaften in Leitfähigkeit und pH-Wert wie Regenwasser auf. Außerdem ist dieses am besten reproduzierbar.

Tabelle 3-1: Matrix der durchgeführten Versuche Kategorien und Substrate

Pollen/Blüten Knospenschuppen	Grünes Laub (Sommer)	Herbstlaub (T=20°C)	Herbstlaub (T=12°C)	Nassschlamm- fanggut
Lindenblüten	Linde	Kastanie	Kastanie	P1
Kastanienblüten	Ahorn	Ahorn	Ahorn	P2
Birkenpollen	Platane	Platane	Platane	P3
Knospenschuppen der Buche	Eiche	Eiche	Eiche	P4

Eine Übersicht der durchgeführten Versuche ist Tabelle 3-1 zu entnehmen.

Zur Vorbereitung der Ansätze wurde von dem Substrat jeweils 10 g Trockensubstanz mit 1 kg demineralisiertem Wasser übergossen und über einen Zeitraum von 21 Tagen im Hinblick auf pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit, Redoxpotential, spektralen Absorptionskoeffizienten, chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) und Nährstoffe (P, N) hin untersucht. Abbildung 3-18 zeigt exemplarisch den Versuchsaufbau. Das Nassschlammfanggut wurde als einziges Substrat zuvor nicht getrocknet. Die Temperatur entsprach der Raumtemperatur um 20 °C, der Ansatz mit Herbstlaub wurde zusätzlich mit geringeren Temperaturen von 12 °C durchgeführt.



Abbildung 3-18: Versuchsaufbau Laborversuche zum Hydrolysepotential verschiedener Pflanzenbestandteile

3.3.2 Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche

Die Laborversuche mit den in Tabelle 3-1 beschriebenen Substraten zeigen, dass i) sich der pH-Wert nur wenig verändert. Bei den meisten Proben fällt er in den ersten Stunden leicht ab und steigt dann wieder leicht an. ii) Die Sauerstoffkonzentration in den Proben in der Regel innerhalb der ersten 48 h von etwa 8 mg/L auf ca. 0,2 abfiel. Das bedeutet, dass eine nahezu vollständige Sauerstoffzehrung in den Proben auftritt. iii) Die Leitfähigkeit bei allen Proben ansteigt, die Anstiegsgeschwindigkeit und der Endwert hingen dabei maßgeblich vom Substrat ab. Für das bereits ausgelaugte Nassschlammfanggut (Proben 18 – 21) stieg die Leitfähigkeit nahezu linear an und erreichte nach 21 Tagen Werte zwischen 100 und 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die höchsten Werte wurden für das grüne Sommerlaub aufgezeichnet. Wobei der Anstieg innerhalb der ersten Woche erfolgte und sich danach auf einen Endwert stabilisierte. iv) Die Messung des Redoxpotentials ermöglicht Zusatzinformationen über im Nassschlamm ablaufende Prozesse, nämlich über Konzentrationsverhältnis von oxidierten und reduzierten Stoffen. Dabei wird ein stark oxidierendes Milieu (sauerstoffreich, Metalloxide, Nitrat, Sulfat) durch eine Redoxspannung von +800 mV und ein stark reduzierendes Milieu durch -300 mV (Sauerstoffmangel, Metallionen, organische Substanz) gekennzeichnet. Die Messung selber ist jedoch sehr langwierig und stör anfällig, da der Messwert viel Zeit benötigt um sich zu stabilisieren während seitens des Messgeräts teilweise schneller ein Wert fixiert wird. In den durchgeführten Messungen ist das Redoxpotential in den meisten Fällen zunächst von einem Startwert um ca. 400 mV abgesunken, erreichte nach 2 bis 7 Tagen den Tiefstwert von bis zu -300 mV, je nach Substrat, und stieg anschließend wieder an. Gegen Ende des Versuchs wurden in der Regel Werte zwischen +100 bis -100 mV gemessen. Dabei wird sauerstoffarmes Wasser durch ein Redoxpotential von 200 mV charakterisiert, sauerstoffreiches Wasser hat ein deutlich höheres Redoxpotential um 550. In situ wurden Werte zwischen 200 und -400 mV gemessen.

Wie erwartet ist bei niedrigeren Temperaturen der Effekt der Hydrolyse deutlich abgemindert. Dies zeigt sich in den Ergebnissen für die Parameter Leitfähigkeit, SAK, CSB und Nährstoffe. Für Kastanienlaub sind die gemessenen Extinktionen beispielhaft aus Abbildung 3-19 zu entnehmen. Die Messungen des SAK zeigen deutlich die Ausbildung eines lokalen Maximums bei einer Wellenlänge von ca. 280 nm. Dieses Maximum ist bereits bei der 5. Messung nach 24 h erkennbar. Die Ausprägung des Maximums unterscheidet sich je nach Substrat und Reaktionstemperatur und ist ein Hinweis auf die Anwesenheit von Huminstoffen wie z.B. Tannin.

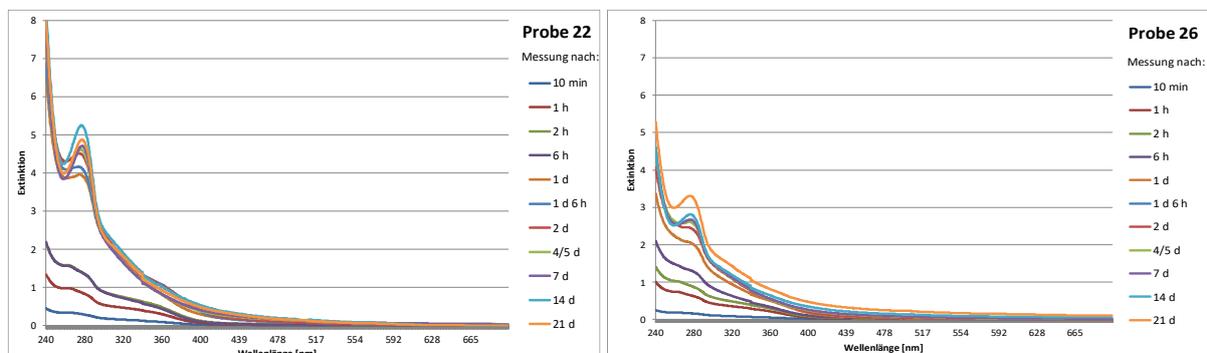


Abbildung 3-19: Vergleich der Extinktion von Kastanien-Herbstlaub in demineralisiertem Wasser bei einer Temperatur von 20 bzw. 12°C

Es waren weiterhin deutliche Unterschiede in den auftretenden Prozessen bei der Einlagerung von frischem, getrocknetem Laub und dem bereits durch die Aufenthaltszeit im Nassschlammfang ausgelagten Substrat erkennbar. Weiterhin zeigten sich Unterschiede hinsichtlich der Zersetzung in Abhängigkeit von der Baum- und Substratart (Laub, Pollen). Die Ergebnisse für Zehr- und Nährstoffe und die Leitfähigkeit können Tabelle 3-2 entnommen werden. Dabei wurden die Werte für die schnelle optische Bewertung farblich hinterlegt. Grün steht für niedrige Werte und rot für hohe Messwerte. Die Skala für die verschiedenen Parameter ist in der untersten Zeile angegeben

Tabelle 3-2: Übersicht der Messergebnisse zum Zeitpunkt t = 21 d für die beprobten Substrate und die Parameter Leitfähigkeit (LF) [$\mu\text{S}/\text{cm}$], CSB_{fit} , Pges, N und NH_4 , jeweils in mg/L ; die Einfärbung entspricht dabei der relativen Höhe des Wertes 0: dunkelgrün, Maximum: rot

	Pollen, Blüten + Knospenschuppen					Grünes Sommerlaub					Braunes Herbstlaub T = 20 °C					Braunes Herbstlaub T = 12 °C					Nassschlammfanggut				
	LF	CSB _{fit}	Pges	N	NH ₄	LF	CSB _{fit}	Pges	N	NH ₄	LF	CSB _{fit}	Pges	N	NH ₄	LF	CSB _{fit}	Pges	N	NH ₄	LF	CSB _{fit}	Pges	N	NH ₄
	Lindenblüten (12)					Linde (17)					Kastanie (22)					Kastanie (26)					P1 (18)				
	386	1206	11,52	9,96	0,334	756	1168	17,8	3,32	0,065	700	1088	2,16	5,9	0,178	339	730	1,99	4,8	0,164	344	55,2	1,22	0,222	1,08
	Kastanienblüten (10)					Ahorn (15)					Ahorn (23)					Ahorn (27)					P2 (19)				
	500	1318	10,22	6,36	0,23	478	1820	5,64	12,54	0,131	706	2332	2,1	14,34	0,25	428	1550	2,36	11,6	0,202	281	69,6	1,386	0,228	0,208
	Birkenpollen (9)					Platane (16)					Platane (24)					Platane (28)					P3 (20)				
	365	1156	10,48	4,76	0,512	624	934	8,1	4,36	0,019	576	580	8	3,86	0,08	328	536	9,58	3,42	0,094	229	132,4	3,28	0,788	0,05
	Knospenschuppen Buche (11)					Eiche (14)					Eiche (25)					Eiche (29)					P4 (21)				
	351	436	1,584	2,28	0,124	547	1902	16,8	9,52	0,105	231	626	5,98	4,88	0,082	190	602	4,4	5,2	0,07	115	135	1,356	0,802	0,05
Referenzwerte	0 - 1000					0 - 1000					0 - 1000					0 - 1000					0 - 1000				
	0 - 2500					0 - 2500					0 - 2500					0 - 2500					0 - 2500				
	0 - 30					0 - 30					0 - 30					0 - 30					0 - 30				
	0 - 20					0 - 20					0 - 20					0 - 20					0 - 20				
	0 - 20					0 - 20					0 - 20					0 - 20					0 - 20				

Tabelle 3-2 hebt auch die Unterschiede zwischen frischem organischem Substrat und bereits ausgelagtem Nassschlammfanggut deutlich hervor. Bereits zersetztes, im Januar entnommenes, Nassschlammfanggut weist bei Laborversuchen deutlich geringere CSB-Werte und eine langsamere Sauerstoffzehrung auf. Weiterhin steigt die Leitfähigkeit anders als bei ‚frischen‘ Substraten langsamer und nahezu linear an. Es steht zu vermuten, dass der Zersetzungsprozess bei dem im Januar entnommenen Nassschlammfanggut deutlich fortgeschritten ist und so ein Anteil des gelösten CSB ggf. bereits das Gewässer erreicht hat.

Unter Ansatz der in den Laborversuchen ermittelten maximalen Konzentrationen aus den Zersetzungsprozessen kann die hierdurch verursachte Gewässerbelastung überschlägig zu 2,5 kg CSB pro Jahr und Straßenablauf (Fracht aus 5 kg Ahorn-Herbstlaub, Sicherheitsfaktor 2) bzw. zu 0,01 kg P pro Jahr und Straßenablauf (Fracht aus 2 kg Lindenblüten, Sicherheitsfaktor 2) berechnet werden. Da diese Bestandteile gelöst vorliegen, können sie nicht zurückgehalten werden. Das legt nahe, angepasste Reinigungsintervalle zu entwickeln.

3.4 Fazit zum Einfluss von Organik im Hinblick auf die Gewässerbelastung

Die Projektergebnisse und hier insbesondere die in situ Messungen zeigen wie kleinräumig und vielfältig die Einflüsse auf die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe von Nassschlammfängen sind. Dabei legen sowohl die in situ Messungen als auch die Laborversuche nahe, dass aus der im Nassschlammfang enthaltenen Organik zum einen eine Gewässerbelastung durch gelöste Stoffe wie CSB, P oder N resultieren kann, zum anderen aber auch durch eine Art „Blätterfilter“ zusätzlich Feinstoffe zurückgehalten werden.

Es wird erwartet, dass eine angepasste Betriebsstrategie mit gezielterem, saisonalem Einsatz der Saugfahrzeuge zur Leerung der Nassschlammfänge nach der Blütephase und im Anschluss an die Laubfallphase eine Reduzierung der ins Gewässer emittierten Zehr- und Nährstoffe zur Folge hat. Abzuwägen ist dieses gegen eine sich ggf. einstellende zusätzliche Trennleistung für AFS durch die Filterwirkung des im Nassschlammfang enthaltenen Laubs. Für eine abschließende Bewertung müssen die erwarteten Effekte mit Hilfe von Messungen am Einleitungspunkt für ein Einzugsgebiet validiert werden.

Aus den bislang vorliegenden Ergebnissen lässt sich die **hohe Relevanz von Organik** ableiten. Für die Berücksichtigung der Effekte in gebietsspezifischen Ansätzen sind modellbasierte Prognosewerkzeuge weiter zu entwickeln bzw. diese um die Einflussgröße Organik / Vegetation zu ergänzen.

4 Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabenergebnisse

4.1 Veröffentlichungen, Messepräsentationen und Workshops

Erfolgte Veröffentlichungen:

Projektflyer ausgelegt auf der Messepräsentation von ISAH, TU Berlin und MeierGuss im Rahmen der IFAT 2018 in München.

Beier, M.; Elsner, K.; Verworn, F.; Köster, S. (2018): Charakterisierung des Rückhalts von Nassschlammfängen zur Abschätzung der Reinigungsleistung von bestehenden Straßenabläufen. Poster-Flash Präsentation auf der Gemeinschaftstagung aqua urbanica mit den DWA-Regenwassertagen.

Workshops:

Erfahrungsaustausch zu Prüfverfahren für dezentrale Niederschlagswasserbehandlungsanlagen im Kontext aktueller Regelwerkentwicklungen, 17.01.2019 in Hannover. Weitere Teilnehmer: D. Wahrmund (DIBt), M. Goerke (IKT), Prof. M. Uhl (FH Münster), Dr.-Ing. D. Leutnant (FH Münster)

4.2 Lehre und studentische Arbeiten

In Vorbereitung auf und im Rahmen des DBU-Projektes MoHaOrg wurden insgesamt sechs studentische Arbeiten am ISAH bzw. der TUB verfasst.

Drosten, J. (2014): Untersuchungen zu Leistungsfähigkeit und Rückhaltevermögen von Nassschlammfängen am Beispiel des hannoverschen Straßenablaufs. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Leibniz Universität Hannover.

Elsner, K. (2016): Bewertung von Verschmutzungsprognose und Vegetationsbetrachtung als Eingangsgrößen zur Niederschlagsbewirtschaftung. Unveröffentlichte Masterarbeit, Leibniz Universität Hannover.

Meyer, A.-F. (2018): Bewertung von Probenahmen im Nassschlammfang im Hinblick auf die Einträge von Nähr- und Zehrstoffen in Oberflächengewässer. Unveröffentlichte Projektarbeit, Leibniz Universität Hannover.

Koza, M. (2018): Verfahrenstechnische Optimierung und experimentelle Bewertung eines Straßenablaufs mit Nassschlammfang. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, TU Berlin, FG Siedlungswasserwirtschaft.

Jeß, A.-L. (2018): Einfluss von Pflanzenbestandteilen auf Adsorptions- und Desorptionsprozesse von Schadstoffen in Nassschlammfängen von Straßenabläufen. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Leibniz Universität Hannover.

Meyer, A.-F. (Abgabe 2019): Bewertung der Zusammensetzung von Nassschlammfanggut im Hinblick auf kleinräumige gebietsbezogene Verschmutzungspotentiale. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Leibniz Universität Hannover.

4.3 Mitarbeit in Arbeitsgruppen und im interkommunalen Austausch

MeierGuss kann die Ergebnisse im Rahmen der Mitarbeit bei der Gütesicherung Entwässerungstechnik, Fachbereich 1 Kanalguss (Abdecken/Entwässern) sowie in den DIN Normenausschüssen NA119-05-01 AA und NA119-05-01-03 UA einbringen. Außerdem führt MeierGuss bei verschiedenen Veranstaltungen, z.B. beim IKT, Fachvorträge mit dem Thema „Dezentrale Entwässerung mit BUDAVINCI®“ durch. Vereinzelt werden auch Städte und Behörden direkt über dieses Thema informiert.

Mitglieder des ISAH unterstützen als Lehrende in den sogenannten Buchstabenkursen der DWA (projektspezifisch Q1, Q2) den Ergebnistransfer in die Praxis ebenso wie über ihre aktive Mitarbeit und Leitung verschiedener Arbeitsgruppen und Fachausschüsse der DWA (u.a. FA ES 1, KA 6 etc.). Im wissenschaftlichen Austausch ist u.a. die Mitarbeit in der Hochschulgruppe Simulation (Kläranlage und Entwässerung) zu nennen sowie der persönliche Austausch über Netzwerkgruppen wie das jährliche Treffen der wissenschaftlichen MitarbeiterInnen der deutschsprachigen siedlungswasserwirtschaftlichen Institute und die junge DWA. Des Weiteren fließen Projektergebnisse auch in andere Projekte wie z.B. das BMBF Projekt Raster4Rain ein und werden hier mit weiteren kommunalen Partnern kommuniziert.

Die Stadtentwässerung Hannover ist in verschiedenen Gremien vertreten und aktiv. Dabei sind insbesondere Herr Dr. Weusthoff (kommissarischer Betriebsleiter und zugleich Bereichsleiter Planung und Bau) in der Arbeitsgruppe DWA-AG ES-3.7 „Dezentrale Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung“, im fachlichen interkommunalen Austausch, DIN-Ausschuss, Deutschem Städtetag, niedersächsischem Städtetag sowie der DWA Nord vertreten. Herr Kirk (Sachgebiet Kanalnetzreinigung) ist als Lehrer in der DWA Kanalnachbarschaft und im Aquabench Benchmarking Prozess involviert. Er wird im Rahmen der Kanalnachbarschaft einen Vortrag über die Erkenntnisse aus dem MoHaOrg Projekt mit Schwerpunkten auf die Anforderungen der FK II A 102 und den Vorteilen von dezentralen gegenüber zentralen Lösungen halten. Im Rahmen des Aquabench Benchmarking wird er anderen Kanalnetzbetreibern den Hannoverschen Straßenablauf und seine Leistung als Sonderthema vorstellen. Außerdem plant Frau Lund-Weiß als Sachgebietsleiterin Generalplanung und Hochwasserschutzkoordination Vorträge und Fachartikel zu den Ergebnissen des Forschungsprojektes im Kontext der Verschärfung der Richtlinien für die Regenwasserqualität und Anforderungen aus der Gewässersicht in ihrem Heimatland Schweden zu veröffentlichen und mit der Umsetzung der WRRL in Schweden zu vergleichen.

5 Fazit

Für den in Hannover über 52.000-mal verbauten Straßenablauf mit Nassschlammfang Modell Hannover wurde entsprechend der aktuell bestehenden Testverfahren ein Rückhalt von 62,6% für TBorg bzw. 63% für TB_org_K_Dach40mm ermittelt. Dieser Rückhalt ist nach dem im Entwurfsstadium befindlichen DWA-A 102 ausreichend für die dort definierte Flächenkategorie II. In Hannover könnten damit 90 % der Straßenabläufe bestehen bleiben und optimierte bzw. neue Systeme gezielt an ‚Hot-Spots‘ mit der Flächenkategorie III installiert werden. Daraus lässt sich ableiten, dass eine Überprüfung der weiteren Nutzung von Bestandsanlagen auch für andere Städte zu empfehlen ist.

Als zentraler Austragsmechanismus für AFS_{fein} wurde die Ausbildung einer Wirbelströmung im Straßenablauf identifiziert. Durch die Modifikation des Tauchbogens wurde die Wirbelbildung deutlich reduziert. Der Einsatz einer Tauchwand, Filters oder Siebs erwies sich im ersten Ansatz als betrieblich nicht geeignet. Die über ein halbes Jahr erfolgte in situ Erprobung der ertüchtigten Variante zeigte hydraulisch keine Nachteile, wobei nur sehr wenig Niederschlag gefallen ist. Hier finden ergänzend weitere Untersuchungen statt. Es zeigt sich, dass die direkte Verwendung der Ergebnisse aus Teststanduntersuchungen für eine auf die Wasserrahmenrichtlinie gebietsbezogene stoffstromspezifische Bilanz (Regenwassermanagement) ist nicht möglich. Zum einen besteht Anpassungsbedarf bei den notwendigerweise standardisierten Prüfmaterialien, zum anderen sind Übertragungsfaktoren für gebietsspezifischen Besonderheiten (Vegetation, Anwohnerverhalten etc.) zu entwickeln.

Millisil®W4 als Prüfstoff entspricht nicht AFS63 entsprechend DWA-A 102, sodass der Zusammenhang nur rechnerisch hergestellt werden kann. Außerdem entsprechen die Korngrößenverteilung und insbesondere die Dichte des eingesetzten Prüfmaterials nur bedingt den real im Nassschlammfang vorhandenen fein-partikulären Stoffen, organische und Grob- und Schwimmstoffe werden gar nicht berücksichtigt. Des Weiteren berücksichtigt die Prüfmethodik bislang nicht in ausreichendem Maß die Einflussgröße Vegetation und bietet keine Korrelation zu für die Gewässerqualität relevanten Schadstoffen wie bspw. dem gelösten CSB. Die Anpassung des Verfahrens durch Vorfällung sind durchaus hilfreich, gleichzeitig haben sich bei der Projektbearbeitung auch Schwächen dieser Untersuchungsmethodik (zeitlicher Aufwand, Reproduzierbarkeit, Auswahl von Prüfstoffen) gezeigt.

Durch monatliche in situ Untersuchungen und Probenahmen über den Zeitraum von einem Jahr konnte das Verständnis für Akkumulationsprozesse von Substrat im Nassschlammfang erheblich verbessert werden. Ergänzende Sammlungen von Kehrriecht im Einzugsgebiet ermöglichen Rückschlüsse auf den Jahrgang der Einträge und ermöglichen kleinräumige Beschreibungen für die Akkumulation von Feststoffen. Darauf aufbauende Laborversuche zu Zersetzungs- und Leachingprozessen von Vegetationsbestandteilen in wässriger Lösung zeigen, dass sich in der wässrigen Lösung im Schlammraum von Nassschlammfängen organische Substrate wie bspw. Laub und Pollen in Abhängigkeit von der Baum- und Substratart unterschiedlich schnell zersetzen. Das verdeutlicht die Relevanz der bislang nicht ausreichend erfassten Einflussgröße Vegetation. Aus der Kombination dieser beiden Untersuchungen konnten gemeinsam mit der Stadtentwässerung Hannover Konzepte für angepasste Reinigungs- und Wartungsintervalle ermittelt werden.

Ein grundsätzliches Problem für die Anerkennung dieser positiven Ergebnisse in die Praxis besteht darin, dass der im Entwurf des DWA-A 102 (2016) beschriebene und damit für die meisten Genehmigungsbehörden angewandte Weg eine DIBt-Zulassung der Bauart voraussetzt, die für ein bestehendes System (bislang) nicht zu erzielen ist.

Aus den Erkenntnissen des Projektes MoHaOrg können als Empfehlung für das weitere Vorgehen der Austausch der Tauchbögen, gegen die optimierte Variante mit Dachprofil abgeleitet werden. Weiterhin sollte es eine weitere Untersuchung der Auswirkungen angepasster Reinigungs- und Wartungszyklen erfolgen und ergänzend gezielte Untersuchungen am Gebietsauslass zu im Niederschlagswasser enthaltenen Nähr- und Zehrstoffen durchgeführt werden.

Literatur

BIENERT, A. und S. SCHELLER, Hg., 2008. Verfahren zur automatischen Bestimmung von Forstinventurparametern aus terrestrischen Laserscannerpunktwolken. Tagungsband 17.

BONK, K.-D., 2005. Baumkataster - Ein Erfahrungsbericht aus Hannover. Stadt + Grün: Das Gartenamt, **54(3)**, 3.

DIBT, 2015. Zulassungsgrundsätze Niederschlagswasserbehandlungsanlagen. Teil 1: Anlagen zur dezentralen Behandlung des Abwassers von Kfz-Verkehrsflächen zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser.

DWA, 2007. Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. DWA-M 153. Hennef: DWA. DWA-Regelwerk. ISBN 9783939057987.

DWA, 2016. Arbeitsblatt DWA-A 102/BWK-A 3. Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer (Entwurf). Oktober 2016. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. DWA-Arbeitsblatt. 102. ISBN 3887213831.

EUROPÄISCHE UNION, 22. Dezember 2000. EG-Wasserrahmenrichtlinie: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. WRRL [online] [Zugriff am: 9. Dezember 2018]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32000L0060&from=DE>

HUWE, C., 2019. System- und Randbedingungen in der Regenwasserbehandlung. unveröffentlicht. In: DWA-Landesverbandstagung. Leipzig, S. 1-5.

KIRK, T., 4. Dezember 2018. Betriebsaspekte für die Reinigung von Straßenabläufen.

LANDESHAUPTSTADT HANNOVER, 2017. Open GeoData. Hannover: CC-BY-4.0 – Bereich Geoinformation – LH Hannover.

MUNLV, 26. Mai 2004. Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren. Trennerlass [online] [Zugriff am: 13. Juli 2018]. Verfügbar unter: <https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/trennerlass.pdf>

QUARZWERKE, 2014. MILLISIL[®]-Mehle Werk Haltern. Stoffdaten.

REITBERGER, J., 2010. 3D-Segmentierung von Einzelbäumen und Baumartenklassikation aus Daten ugezeugtragener Full Waveform Laserscanner. Dissertation. München.

SCHLENKHOFF, A., S. KEMPER und A. MAYER, 2016. Ableitung von extremen Niederschlagsereignissen im urbanen Raum. Leistungsfähigkeit von Straßeneinläufen [online]. Verfügbar unter: https://www.hydro.uni-wuppertal.de/fileadmin/bauing/hydro/docs_kemper/Abschlussbericht_BUW_Strasseneinlaeuft.pdf

SENATSVERWALTUNG FÜR UMWELT, VERKEHR UND KLIMASCHUTZ, 2018. Baumbestandskarte online / Land Berlin [online] [Zugriff am: 9. Dezember 2018]. Verfügbar unter: <https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/stadtgruen/stadtbaeume/de/karte/index.shtml>

STADT BRAUNSCHWEIG, FACHBEREICH 67 STADTGRÜN UND SPORT, 2011. Baumkataster - Baumkontrolle - Baumpflege.

STADTENTWÄSSERUNG HANNOVER, 2016. Niederschlagsstationen in Hannover: Stadtentwässerung Hannover.

STADTENTWÄSSERUNG HANNOVER, 2018. Niederschlagsdaten 2017 - 2018.

6 Anhang

6.1 Steckbriefe für untersuchte Einbauten

Tabelle 6-1 ist eine Übersicht über die entwickelten und erprobten Prototypen zu entnehmen. Jeder Prototyp wird im Folgenden in Form eines Steckbriefes detailliert beschrieben. Die Anordnung der Steckbriefe erfolgt in alphabetischer Reihenfolge entsprechend der Kurznamen.

Tabelle 6-1: Übersicht über die entwickelten und erprobten Prototypen in alphabetischer Reihenfolge

Nr.	Kurzname	S.	Nr.	Kurzname	S.
20	TB_Rohr45_Dach40mm	53	8	TBr_L_Platte0_PP_TRohr1	64
1	TBorg	54	9	TBr_L_Platte0_PP_TRohr2	65
2	TBorg_K_Dach22mm	55	11	TBr_L_Platte30A_TU	66
3	TBorg_K_Dach40mm	56	12	TBr_L_Platte30S_TU	67
4	TBorg_K_Platte45S	57	13	TBr_L_Platte45A_TU	68
5	TBorg_L_Platte45S	58	17	TBr_L_Platte45S	69
19	TBr_K_Platte45S_TU	59	14	TBr_L_Platte45S_TU	70
16	TBr_L_Dach22mm	60	6	TBorg_K_Dach40mm_Filter	
15	TBr_L_Dach40mm_TU	61	18	TBr_K	
10	TBr_L_Platte0	62		Separationswand	
7	TBr_L_Platte0_PP	63			

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TB_ROHR45_DACH40MM“ (PROTOTYP)							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			Neuer Prototyp. Aufgrund der <i>Millisil</i> [®] -Ablagerungen im TBorg wurde dieser Prototyp hergestellt. Zusätzlich sind eine Prallplatte am Einlauf mit Dachprofil angebracht. Der Schenkel ist um 45° nach unten geneigt und ca. 145 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 260 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 195 mm. Der Abstand zwischen Dachfirst und Einlaufkante beträgt 40 mm. Der Einlauf des TB hängt nicht mittig vom Schacht.				
	Kurzname:		TB_Rohr45_Dach40mm				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 14 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	21.06.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4	74,7 %	57,6 %	40,1 %	---	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	--	EvU-pearls [®]	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „ORIGINAL“ (PROTOTYP)							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			<p>Tauchbogen aus Gusseisen, welcher aktuell in Hannover eingesetzt wird. Der Einlass bei diesem Modell liegt mittig vom Straßenablauf Typ Hannover. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 105 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 260 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 160 mm.</p>				
	Kurzname:		TBorg				
Anbauteile / Modifikationen:		<ul style="list-style-type: none"> Prallplatte am Einlauf in verschiedenen Ausführungen (Dachprofil, 45° Neigung) 					
EIGENSCHAFTEN	Material		Gusseisen				
	Gewicht		12,5 kg				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		zentral, ca. 18 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase (Stutzen).				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		62,6 %				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	15.10.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4	75,0 %	---	34,5 %	---	
	26.06.2017	DIBt, Millisil W4	74,1 %	62,1 %	30,0 %	62,6 %	
	10.01.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4 (+Laub)	88,0 %	76,1 %	40,3 %	65,6 %	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	25.10.2017	EvU-pearls®	100 %	100 %	100 %	100 %	47,0 %
	25.10.2017	Sessil-Stücke	100 %	99,6 %	23,8 %	10,7 %	2,4 %
	25.10.2017	Sessil-Streifen	--	--	--	--	2,0 %

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBORG_K_DACH22MM“							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			TBorg mit Prallplatte mit Dachprofil als Schürze angebaut. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 105 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 260 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 160 mm. Der Abstand zwischen Dachfirst und Einlaufkante des TB beträgt 22 mm.				
	Kurzname:		TBorg_K_Dach22mm				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Gusseisen				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Zentral, ca. 18 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase (Stutzen).				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	18.04.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4	78,0 %	61,0 %	40,2 %		
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	--	EvU-pearls®	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBORG_K_DACH40MM“							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			TBorg mit Prallplatte mit Dachprofil als Schürze angebaut. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 105 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 260 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 160 mm. Der Abstand zwischen Dachfirst und Einlaufkante des TB beträgt 40 mm.				
	Kurzname:		TBorg_K_Dach40mm				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Gusseisen				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Zentral, ca. 18 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase (Stutzen).				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		63,0 %				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	25.04.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4	77,4 %	61,1 %	42,4 %		
	14.07.2018	DIBt, Millisil W4 (o.Dichtung)	73,0 %	56,4 %	33,9 %	60,2 %	
	13.08.2018	DIBt, Millisil W4	76,3 %	59,4 %	32,6 %	63,0 %	
	09.07.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4 (+Laub)	85,8 %	71,2 %	33,3 %	60,6 %	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	--	EvU-pearls®	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBORG_K_PLATTE45S“							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			TBorg mit Prallplatte im 45° geneigtem Winkel mit tiefer Kante Richtung Schacht als Schürze angebaut. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 105 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 260 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 160 mm. Die Schürze schließt bündig mit der Einlaufkante des TB ab. Der Abstand zwischen der Prallplatte am höchsten Punkt und Einlaufkante des TB beträgt 50 mm. Die Grundfläche der Prallplatte beträgt 270 x 180 mm.				
	Kurzname:		TBorg_K_Platte45S				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Gusseisen				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Zentral, ca. 18 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase (Stutzen).				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	15.03.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4	77,5 %	61,2	41,0 %		
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	--	EvU-pearls®	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBORG_L_PLATTE45S“							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			TBorg mit Prallplatte im 45° geneigtem Winkel mit tiefer Kante Richtung Schacht als Schürze angebaut. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 105 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 300 mm. Die Schürze schließt somit nicht bündig mit der Einlaufkante des TB ab, sondern ragt 40 mm darüber hinaus. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 160 mm. Der Abstand zwischen der Prallplatte am höchsten Punkt und Einlaufkante des TB beträgt 50 mm. Die Prallplatte hat eine Grundfläche von 270 x 180 mm.				
	Kurzname:		TBorg_L_Platte45S				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Gusseisen				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Zentral, ca. 18 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase (Stutzen).				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	27.03.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4	76,8 %	60,3 %	40,1 %		
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	--	EvU-pearls®	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TB R“ (PROTOTYP) 45°-PRALLPLATTE							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			Basierend auf dem Prototypen "TBr_L_Platte0". Die Prallplatte am Einlass wurde entfernt, der TB an der Einlaufkante um 40 mm gekürzt und in der TU-Werkstatt eine Prallplatte im 45° geneigtem Winkel mit tiefer Kante Richtung Schacht angebracht. Der Abstand zwischen höchster Kante der Prallplatte und Einlaufkante des TB beträgt 50 mm. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 63 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 260 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 118 mm.				
	Kurzname:		TBr_K_Platte45S_TU				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	13.04.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4	74,0 %	58,1 %	35,0 %	---	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	--	EvU-pearls®	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBR“ (PROTOTYP) DACH							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			Basierend auf dem Prototypen "TBr_L_Platte0". Die Prallplatte am Einlass wurde entfernt und nach den Versuchen mit dem Anbau aus der TU-Werkstatt von MeierGuss Limburg GmbH ein Dachprofil professionell nachgerüstet. Der Abstand zwischen Dachfirst und Einlaufkante des TB beträgt 22 mm. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 63 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 300 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 118 mm.				
	Kurzname:		TBr_L_Dach22mm				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	07.03.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4	72,1 %	58,5 %	38,7 %		
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	08.02.2018	EvU-pearls®	--	--	--	--	99,5 %
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBR“ (PROTOTYP) DACHPROFIL							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			<p>Basierend auf dem Prototypen "TBr_L_Platte0". Die Prallplatte am Einlass wurde entfernt und in der TU-Werkstatt durch eine Prallplatte mit Dachprofil ersetzt. Der Abstand zwischen Dachfirst und Einlaufkante beträgt 40 mm. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 63 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 300 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 118 mm.</p>				
	Kurzname:		TBr_L_Dach40mm_TU				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	14.12.2017	DIBt verkürzt, Millisil W4	73,5 %	---	--	---	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	15.12.2017	EvU-pearls®	--	--	--	--	97,5 %
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBR“ (PROTOTYP)							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			Neu angefertigter Tauchbogen mit Prallplatte am Einlass des Tauchbogens als Hindernis für AFS und vier länglichen Durchgangsöffnungen (ca. 35 mm (H) x 110 mm (L)). Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 63 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 300 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 118 mm. Dieses Modell ist für die leichtere Handhabung während der Versuche aus Aluminium gefertigt.				
	Kurzname:		TBr_L_Platte0				
Anbauteile / Modifikationen:		<ul style="list-style-type: none"> • Prallplatte oberhalb des Tauchbogens. Zweck: Strömungsbrechung des einlaufenden Niederschlagswasser • Tauchrohr um die Durchgangsöffnungen zur Beruhigung der Turbulenz um den Einlauf 					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		9,5 kg				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf (vgl. techn. Skizze), Einhängung in Nase				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		60,9 %				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	01.11.2017	DIBt verkürzt, Millisil W4	75,0 %	---	44,7 %	---	
	22.11.2017	DIBt, Millisil W4	73,3 %	58,4 %	32,4 %	60,7 %	
	06.12.2017	DIBt, Millisil W4	73,4 %	58,5 %	33,5 %	60,9 %	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	25.10.2017	EvU-pearls®	100 %	100 %	99,9 %	99,9 %	99,2 %
	25.10.2017	Sessil-Stücke	100 %	93,1 %	13,8 %	24,7 %	31,3 %
	25.10.2017	Sessil-Streifen	--	--	--	--	97,3 %

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBr“ (PROTOTYP) + PRALLPLATTE							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			<p>Tauchbogen "TBr" (Prototyp) mit oberer Prallplatte. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 63 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 300 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 118 mm.</p>				
	Kurzname:		TBr_L_Platte0_PP				
Anbauteile / Modifikation		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
Stoffrückhalt nach DIBt:		--					
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	--	DIBt verkürzt, Millisil W4	--	---	--	---	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 5 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	25.10.2017	EvU-pearls®	--	--	--	--	99,8 %
	25.10.2017	Sessil-Stücke	--	--	--	--	13,3 %
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBr“ (PROTOTYP) + PRALLPLATTE + TAUCHROHR							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			<p>Tauchbogen "TBr_L_Platte0" (Prototyp) mit oberer Prallplatte und in der Höhe verstellbarem Tauchrohr um den Einlass des Tauchbogens. Das Tauchrohr kann in zwei verschiedenen Höhen angebracht werden, die um 3 cm auseinander liegen. Diese Version ist die <u>obere</u> Ausrichtung. Im Vergleich zur unteren Ausrichtung schneidet dieses Modell bezüglich der Turbulenzversuche besser ab.</p>				
	Kurzname:		TBr_L_Platte0_PP_TRohr1				
Anbauteile / Modifikation		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	02.11.2017	DIBt verkürzt, Millisil W4	75,8 %	--	43,6 %	--	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 5 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	25.10.2017	EvU-pearls®	100 %	99,8 %	99,7 %	--	99,0 %
	25.10.2017	Sessil-Stücke	100 %	96,9 %	79,6 %	--	46,0 %
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBr“ (PROTOTYP) + PRALLPLATTE + TAUCHROHR2							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			<p>Tauchbogen "TBr" (Prototyp) mit oberer Prallplatte und in der Höhe verstellbarem Tauchrohr um den Einlass des Tauchbogens. Das Tauchrohr kann in zwei verschiedenen Höhen angebracht werden, die um 3 cm auseinander liegen. Diese Version ist die <u>untere</u> Ausrichtung.</p>				
	Kurzname:		TBr_L_Platte0_PP_TRohr2				
Anbauteile / Modifikation		-					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		-				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	--	DIBt verkürzt, Millisil W4	--	---	--	---	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 5 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	25.10.2017	EvU-pearls®	--	--	--	--	99,4 %
	25.10.2017	Sessil-Stücke	--	--	--	--	56,6 %
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBR“ (PROTOTYP) 30°-PRALLPLATTE (TU)							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			<p>Basierend auf dem Prototypen "TBr_L_Platte0". Die Prallplatte am Einlass wurde entfernt und in der TU Werkstatt durch eine Prallplatte im 30° geneigtem Winkel mit tiefer Kante Richtung Ablauf ersetzt. Der Abstand zwischen Prallplatte am Höchsten Punkt und Einlaufkante beträgt 40 mm. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 63 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 300 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 118 mm.</p>				
	Kurzname:		TBr_L_PLatte30A_TU				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
Stoffrückhalt nach DIBt:		--					
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	13.12.2017	DIBt verkürzt, Millisil W4	73,5 %	---	--	---	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	13.12.2017	EvU-pearls®	--	--	--	--	99,5 %
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBR“ (PROTOTYP) 30°-PRALLPLATTE							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			Basierend auf dem Prototypen "TBr_L_Platte0". Die Prallplatte am Einlass wurde entfernt und in der TU Werkstatt durch eine Prallplatte im 30° geneigtem Winkel mit tiefer Kante Richtung Schacht ersetzt. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 63 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 300 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 118 mm.				
	Kurzname:		TBr_L_Platte30S_TU				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	13.12.2017	DIBt verkürzt, Millisil W4	74,6 %	---	--	---	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	13.12.2017	EvU-pearls®	--	--	--	--	99,4 %
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBR“ (PROTOTYP) 45°-PRALLPLATTE							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			<p>Basierend auf dem Prototypen "TBr_L_Platte0". Die Prallplatte am Einlass wurde entfernt und in der TU-Werkstatt durch eine Prallplatte im 45° geneigtem Winkel mit tiefer Kante Richtung Ablaufseite ersetzt. Der Abstand zwischen höchster Kante der Platte und Einlaufkante des TB beträgt 35 mm. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 63 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 300 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 118 mm.</p>				
	Kurzname:		TBr_L_Platte45A_TU				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	13.12.2017	DIBt verkürzt, Millisil W4	73,9 %	---	--	---	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	13.12.2017	EvU-pearls®	--	--	--	--	98,0 %
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBR“ (PROTOTYP) 45°-PLATTE							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			Basierend auf dem Prototypen "TBr_L_Platte0". Die Prallplatte am Einlass wurde entfernt und nach den Versuchen mit dem Anbau aus der TU-Werkstatt von MeierGuss Limburg GmbH eine schräge Prallplatte mit 45° Neigung mit tiefer Kante Richtung Schacht professionell nachgerüstet. Dadurch wurde jedoch der Einlaufquerschnitt verkleinert. Der Abstand zwischen Prallplatte am höchsten Punkt und Einlaufkante beträgt 50 mm. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 63 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis mittlere Unterkante des Einlaufs beträgt 350 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 118 mm.				
	Kurzname:		TBr_L_Platte45S				
	Anbauteile / Modifikationen:		--				
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	07.02.2018	DIBt verkürzt, Millisil W4	71,8 %	---	--	---	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	08.02.2018	EvU-pearls®	--	--	--	--	99,0 %
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

MODELL HANNOVER TAUCHBOGEN „TBR“ (PROTOTYP) 45°-PRALLPLATTE							
ALLGEMEINES	Abbildung		Beschreibung				
			<p>Basierend auf dem Prototypen "TBr_L_Platte0". Die Prallplatte am Einlass wurde entfernt und in der TU-Werkstatt durch eine Prallplatte im 45° geneigtem Winkel mit tiefer Kante Richtung Schacht ersetzt. Der Abstand zwischen Prallplatte am höchsten Punkt und Einlaufkante beträgt 35 mm. Der Schenkel ist waagrecht ausgeführt und 63 mm lang. Die Länge von Mitte Ablauf bis Unterkante des Einlaufs beträgt 300 mm. Die Breite von Auslauf bis Mitte Einlauf beträgt 118 mm.</p>				
	Kurzname:		TBr_L_Platte45S_TU				
Anbauteile / Modifikationen:		--					
EIGENSCHAFTEN	Material		Aluminium				
	Gewicht		--				
	Nennweite Anschlussstutzen Ablaufrohr		DN 150				
	Position und Befestigung im Schacht		Nicht zentral, ca. 22 cm von Schachtwand gegenüber Auslauf, Einhängung in Nase.				
	Prinzipien des Stoffrückhalts		Sedimentation, Leichtflüssigkeitsabscheidung, Wirbelbrechung				
	Stoffrückhalt nach DIBt:		--				
AFS	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	TP 1 ¹⁾	TP 2 ¹⁾	TP 3 ¹⁾	TP 4 ¹⁾	
	13.12.2017	DIBt verkürzt, Millisil W4	74,2 %	---	--	---	
TURBULENZ	Prüfdatum	Prüfung, Prüfstoff	0,1 l/s, 2 min ¹⁾	1 l/s, 5 min ¹⁾	2 l/s, 5 min ¹⁾	2,7 l/s, 5 min ¹⁾	4 l/s, 5 min ¹⁾
	13.12.2017	EvU-pearls®	--	--	--	--	99,0 %
	--	Sessil-Stücke	--	--	--	--	--
	--	Sessil-Streifen	--	--	--	--	--

¹⁾ Angegeben ist jeweils der Rückhalt für den benannten Prüfstoff in Prozent.

6.2 Prüfverfahren nach DIBt

Die Durchführung der Prüfungen zum Partikelrückhalt ist in vier Teilversuche unterteilt. Die Teilprüfungen (TP) 1 bis 3 repräsentieren dabei jeweils ein Drittel des Jahresniederschlagsabflusses. Die Intensität wird von TP1 zu TP 4 gesteigert, dabei dauern die Prüfungen mit geringeren Intensitäten entsprechend länger. Die Prüfmittel-Zugabe erfolgt ausschließlich in den TP1 bis TP3. Die TP4 (hydraulischer Remobilisierungstest) dient als Prüfung, in wie weit bereits abgetrennte Stoffe bei Niederschlagsereignissen mit hohen Intensitäten aus der Anlage ausgetragen werden. Zur Prüfung des Partikelrückhalts (Parameter: AFS) wird eine Jahresfracht an Feinpartikeln von 50 g/m² Anschlussfläche angegeben. Für eine Anschlussfläche von 400 m², für die das Modell Hannover ausgelegt ist, entspricht dies 20,0 kg. Als AFS-Prüfstoff wird das Quarzmehl Millisil® W4 von der Fa. Quarzwerke GmbH mit einer Dichte von 2,65 g/cm³ und einem definierten Korndurchmesser von 2 bis 400 µm verwendet (vgl. Anhang 6.2). Die Jahresfracht wird im Verhältnis 3:2:1 auf die Teilprüfungen 1 bis 3 verteilt. Die Zugabe erfolgt kontinuierlich. Tabelle 6-2 kann die Korngrößenverteilung für Millisil®-W4 entnommen werden.

Tabelle 6-2: Korngrößenverteilung Millisil W4 (Quarzwerke, 2014)

Lichte Maschenweite Alpine Luftstrahlsieb [µm]	Rückstand [Gew.-%]	Korndurchmesser Cilias Granulometer [µm]	Rückstand [Vol.-%]
400	0,1	40	66
315	0,2	32	70
200	4	16	80
160	10	8	88
125	22	6	91
100	30	4	93
63	51	2	96

Zwischen TP3 und TP4 muss ein Ruhezeitraum von 16 bis 24 h eingehalten werden. Die Standzeit zwischen TP1 und TP2 als auch TP2 und TP3 ist nach DIBt nicht festgelegt, wurde im Rahmen dieser Arbeit jedoch konstant gehalten um eine Reproduktion zu gewährleisten. Zwischen TP1 und TP2 liegt die Standzeit bei 16 Stunden und zwischen TP2 und TP3 bei zwei Stunden. Zur Bestimmung des Partikelrückhaltes sind Wasserproben in Glasflaschen zur AFS-Bestimmung in definierten Abständen am Ablauf zu entnehmen. Während der Teilprüfungen werden für die TP1 bis TP3 jeweils fünf Wasserproben in Doppelbestimmungen am Ablauf entnommen. Die erste Probe wird nach einmaligem Austausch des gesamten Volumens des Straßenablaufs entnommen und die darauffolgenden Proben in regelmäßigen Abständen über die gesamte Prüfdauer. Für TP4 werden 15 Wasserproben in regelmäßigen Intervallen entnommen. Die Proben werden auf den Parameter AFS nach DIN 38409 mit Membranfiltern (ME 25 Whatman Cellulosemischester, Porenweite: 0,45 µm) analysiert.

In den Zulassungsgrundsätzen „Niederschlagswasserbehandlungsanlagen, Teil 1: Anlagen zur dezentralen Behandlung des Abwassers von Kfz-Verkehrsflächen zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser“ (Fassung Januar 2015) des DIBt wird mit der folgenden Formel die gemittelte Gesamtablauffracht bzw. die gemittelte Gesamtablaufkonzentration berechnet. Der hydraulische Remobilisierungstest (Teilprüfung 4) wird zur Hälfte eingerechnet (DIBt, 2015).

Gemittelte Gesamtablauffracht:

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

Gemittelte Gesamtablaufkonzentration:

$$C_{ges} = \frac{B_{ges}}{V_{Pr,1} + V_{Pr,2} + V_{Pr,3} + V_{Pr,4}}$$

B_{ges}	Gemittelte Gesamtablauffracht [mg]
C_{ges}	Gemittelte Gesamtablaufkonzentration [mg/L]
$V_{Pr,n}$	Beschickungsvolumen der Teilprüfung n [L]
C_n	Gemittelte Ablaufkonzentration der Teilprüfung n [mg/L]

6.3 In situ Erprobung

6.3.1 Bewertungsmatrix Einbau

Bewertungsmatrix Einbau (dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen)			
Allgemeines	Gebietsbeschreibung:	Hannover- Ricklingen, Bereich Stammestraße 1 - 10, Straßenbäume auf beiden Seiten (Kastanien)	
	Datum / Uhrzeit:	03.05.2018	10:00
	Wetter:	klar, sonnig	
	Temperatur:	12 °C	
	Name Protokollführer:	Elsner, Kristina	
	Firma:	Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Leibniz Universität Hannover	
	Einbauort	Ü1	Ü2
Anlagen- typen	Wirkungsweise	Mechanisch-physikalische Anlagen	
	Hersteller	MeierGuss / SEH	MeierGuss
	Bezeichnung / Typ	Tauchbogen Original + Dachprofil	Tauchbogen Original
Planungs- aufwand	Angaben Hersteller	3 - 4 Tage	0
	Einbindung in Bestand	+++ / 1, wird in bestehende Abläufe eingesetzt	entspricht dem Bestand
	Flexibilität	keine	keine
	Auswahl von Varianten	keine	keine
Bauart	Material	Graugruss + VA, Gummidichtung	Graugruss, Gummidichtung
	Stabilität	+ / 3	++ / 2
	Anschlüsse	aktuell Datalogger, später keine	aktuell Datalogger, später keine
	Bemerkungen	mobil	mobil
Anforderungen Baugrube	Tiefe Anschlussleitung	entfällt, da volle Kompatibilität zum Bestand	entfällt, da Bestand
	Volumen Baukörper		
	Standsicherheit		
	GW-Einstau		
Einbau	Anlieferung	durch SEH	durch SEH
	Baugerät	keines erforderlich	keines erforderlich
	Anschlüsse / Übergänge	DN 150, wie TB original	DN 150, wie TB original
	Dauer	5 - 10 min	5 - 10 min
	Anleitung	keine erforderlich	keine erforderlich
Inbetrieb- nahme	Dokumentation	Fotos / Protokoll	Fotos / Protokoll
	Funktionstest	Ablauf wird befüllt und läuft ab	negativ, da Wurzeleinwuchs in der Ablauf- leitung, wird behoben
	Testbetrieb		
Wertung	Planung	2	
	Bauart	2-	2
	Anforderungen Baugrube	1	1
	Einbau	1	1
	Inbetriebnahme	2	2
	Gesamt	2	2+

6.3.2 Informationsblatt Einbau

Informationsblatt Einbau Tauchbogen Original (+Dachprofil)			
Anlage	Hersteller	MeierGuss / SEH	MeierGuss
	Bezeichnung / Typ	Tauchbogen Original + Dachprofil	Tauchbogen Original
	Typ Straßeneinlauf	Modell Hannover	Modell Hannover
	Abmessungen	Straßenablauf Modell Hannover, mit einer Tiefe von 1,77 m, 88 cm bis Sohle Ablauf	Straßenablauf Modell Hannover, mit einer Tiefe von 1,70 m; 83,5 cm bis Sohle Ablauf
	Nr. in Forschungsvorhaben	Ü1	Ü2
erfüllte Anforderungen	Kategorie Trennerlass	II	II
	Wasserschutzgebietszone		
	Morphologie		
	Bemerkungen		
Entwurfsplanung	max. anzuschließenden Fläche je Anlage	ca. 400 m ²	ca. 400 m ²
	Art der Baumaßnahme	Einsatz in den vorhandenen Straßenablauf	Einsatz in den vorhandenen Straßenablauf
	Verkehrssicherungsmaßnahmen	geringfügiger Aufwand bei Einbauten am Straßenrand	geringfügiger Aufwand bei Einbauten am Straßenrand
	Bemerkungen		
Einbau	Art der Baumaßnahme	Einsatz in den vorhandenen Straßenablauf	Einsatz in den vorhandenen Straßenablauf
	Gerät	Normales Kanalwartungswerkzeug ausreichend	Normales Kanalwartungswerkzeug ausreichend
	Dauer der Arbeiten	5 - 10 min je Straßenablauf	5 - 10 min je Straßenablauf
	Kreuzen von Versorgungsleitungen	nicht erforderlich	nicht erforderlich
	Bemerkungen		
weitere Hinweise			

6.3.3 Überwachungsprotokoll

Überwachungsprotokoll (dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen)			
Allgemeines	Gebietsbeschreibung:		
	Datum / Uhrzeit:		
	Wetter:	klar, sonnig / bedeckt, trocken / bedeckt leichter Nieselregen / Regen / Schneefall / Hagel / Sturm, Böen / Nebel detaillierte Beschreibung:	
	Temperatur:		
	Name Protokollführer:		
	Firma:		
Anlage	Hersteller		
	Bezeichnung / Typ		
	Nr.		
Sichtprüfung	Anlage in Betrieb?	ja / nein	ja / nein
	Rückstau / Überstau vorhanden?	ja / nein	ja / nein
	Zulauf verlegt?	ja / nein	ja / nein
	Wasserstand ab Sohle Straßenablauf [cm]		
Prüfung der Anlage	Anlage geöffnet?	ja / nein	ja / nein
	Sichtprüfung Schwimmstoffe?	ja / nein	ja / nein
	Sichtprüfung Schlammfang?	ja / nein	ja / nein
	Schlamm Spiegelhöhe		
	Sichtprüfung Ab-/Zulauf?	ja / nein	ja / nein
	Bemerkungen		
Reinigung / Wartung	Art und Menge an Grobstoffen	ja / nein	ja / nein
	Reinigung erforderlich?	ja / nein	ja / nein
	Wartung erforderlich?	ja / nein	ja / nein
	Reparatur erforderlich?	ja / nein	ja / nein
	Bemerkungen		
Regenereignis	Beobachtung allgemein		
	Überlauf der Anlage im Vergleich zu anderen Anlagen / Einläufen?	ja / nein	ja / nein
	"Menge" Rückstau?		
	Bemerkungen		
Sonstiges	Bemerkungen		
	Zustand Batterie [V]		
	Zustand Datenlogger <small>(Zeit zwischen zwei Mal grün blinken)</small>		

6.3.4 Ergebnisse der Überwachung des in situ Einbaus der Tauchbögen

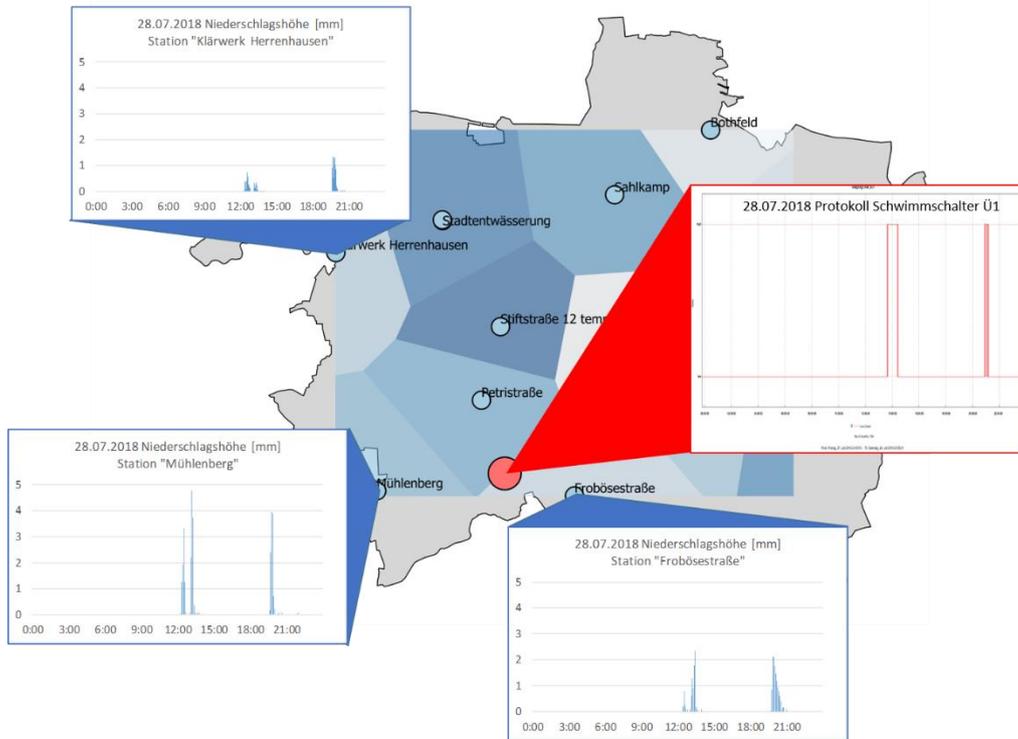


Abbildung 6-1: Stadtkarte von Hannover (Landeshauptstadt Hannover, 2017) mit Thiessen-Polygonen (Stadtentwässerung Hannover, 2016). Darstellung der Niederschlagshöhen [mm] für drei Stationen (Stadtentwässerung Hannover, 2018) für den 28.07.2018 mit zwei Gewitterfronten, die aus Richtung Nordwesten kommend über das Stadtgebiet von Hannover zogen und das Protokoll des Schwimmschalters in Straßenablauf Ü1.

6.4 Ergänzungen zu Probenahmen



Abbildung 6-2: Studiengebiete im Projekt MoHaOrg bzw. in der Vorbereitung auf das Projekt, Datenquelle Umgebungskarte Region Hannover CC-BY-4.0 – Bereich Geoinformation – LH Hannover