

AQUA URBANICA 2014

Misch- und Niederschlagswasserbehandlung im urbanen Raum



Erprobung dezentraler Rinnensysteme zur Behandlung des Straßenoberflächenabflusses

Rebecca Eyckmanns-Wolters

Gliederung

- Einleitung
 - Hydraulische Belastung und Leistungsfähigkeit von Regenwasserbehandlungsanlagen
- Methoden
 - Prüfverfahren – Durchlässigkeitsmessung
 - Charakterisierung des Modellsubstrats (Sedimentauflage)
 - Versuchsstand und Konfiguration der Versuchsreihen
- Ergebnisse
 - Durchlässigkeiten Laborversuche
 - Durchlässigkeiten Felduntersuchungen
- Fazit

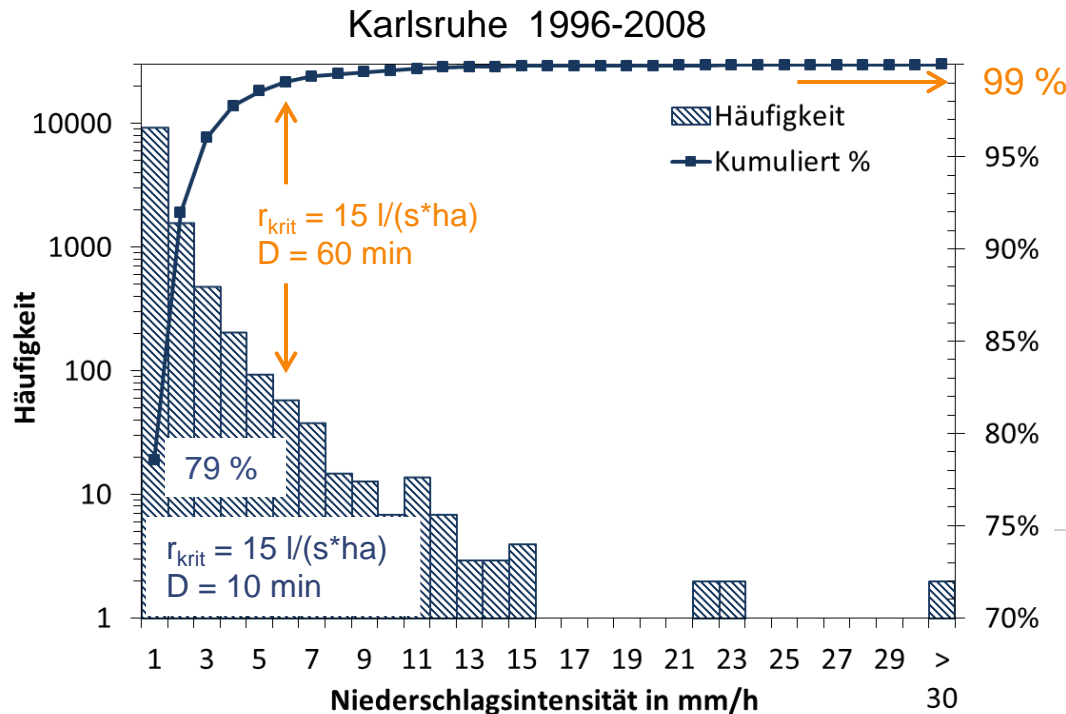
Einleitung



Fotos: M. Reiter

- Unterschiedliche Wirkmechanismen von Regenwasserbehandlungsanlagen (Speicherung, Sedimentation, Filtration (Siebwirkung) und Adsorption)
- Dezentral: Gradwanderung zwischen Durchlässigkeit – schnelle Ableitung (Verkehrssicherheit) und Reinigungserfolg (Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen 10^{-6} und 10^{-3} m/s)
- Hydraulische Leistungsfähigkeit und Reinigungsleistung dezentraler Systeme stehen immer im Vergleich zu zentralen Systemen

Häufigkeitsverteilung von Niederschlägen

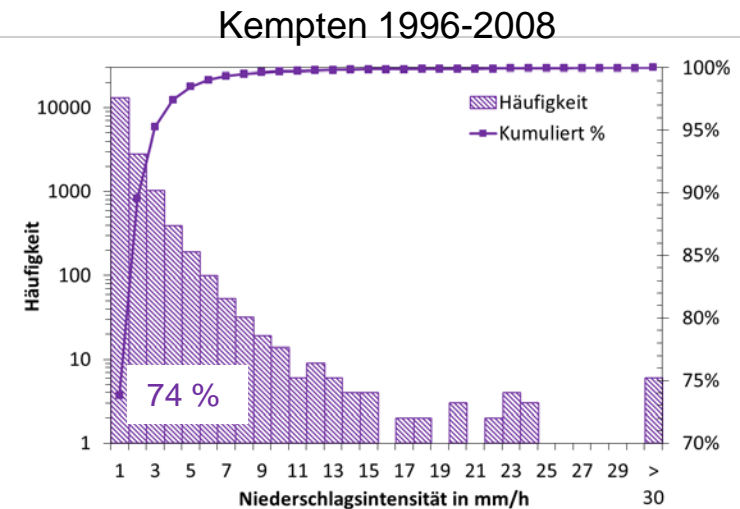


Eine Intensität von 1 mm/h wird in mehr als 70 % der Ereignisse erreicht.

99 % aller Regenereignisse weisen eine Intensität kleiner 6 mm/h auf.

Dimensionierung von RKBs - Minimalanforderung

- $r_{krit} \geq 15 \text{ l/(s*ha)}$ ~ 1 mm/10 min
- $V_s \geq 10 \text{ m}^3/\text{ha}$ = 1 mm



Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD)

Hydraulische Leistungsfähigkeit der Systeme

- Bemessungsspenden für dezentrale Anlagen
 - Je nach System: 10 l/(s*ha), 15 l/(s*ha); 120 l/(s*ha); 150 l/(s*ha)
- Prüfreghenspenden DiBt für dezentrale Anlagen

l/(s*ha)	2,5	6	(15)*	25	100
mm/10min	0,2	0,4	(1)	1,5	6
mm/h	1,2	2,4	(6)	9	36

- Starkregen DWD:
 - Markante Wetterwarnung ab einer Regenmenge ≥ 10 mm/h
 - Unwetterwarnung ab einer Regenmenge ≥ 25 mm/h

* Vergleichswert, keine Prüfreghenspende nach DiBt

Hydraulische Belastung von Filtern

- Bestimmung der notwendigen Versickerungsfläche für eine bekannte Durchlässigkeit nach DWA A-138
- Umformung und Bedingung, dass kein Einstau vorliegt:

$$k_f = r_{D,n} * I_{hy} * A_u / A_s * 10^{-7}$$

mit	k_f :	Durchlässigkeitsbeiwert der ungesättigten Zone in m/s
	$r_{D,n}$:	Bemessungsregenspende in l/(s*ha)
	I_{hy} :	hydraulischer Radius, dimensionslos (ohne Einstau = 1)
	A_u :	angeschlossene reduzierte abflusswirksame Fläche in ha
	A_s :	Filterfläche in ha

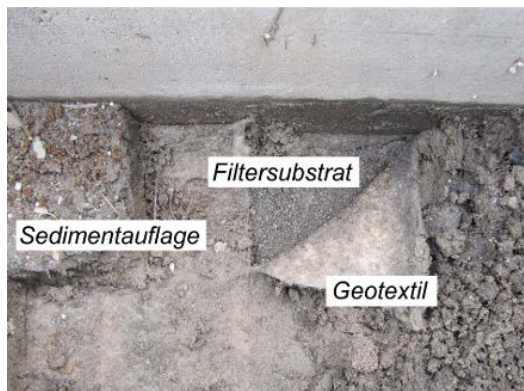
- Für A_u/A_s von 50 und einer Regenspende von 15 l/(s*ha) ergibt sich rechnerisch ab einer Durchlässigkeit unter $7,5 * 10^{-5}$ m/s ein Einstau.
- wichtigste Einflussgrößen bei der Bestimmung des k_f -Wertes:
 - Darcy-Gleichung: $Q/A = k_f * i$
 - Korngrößen- und Porenverteilung, Wassergehalt, durchflossene Fläche und Fließstrecke, Druckhöhen (hydraulischer Gradient)

Angewandte Durchlässigkeitsmessmethoden

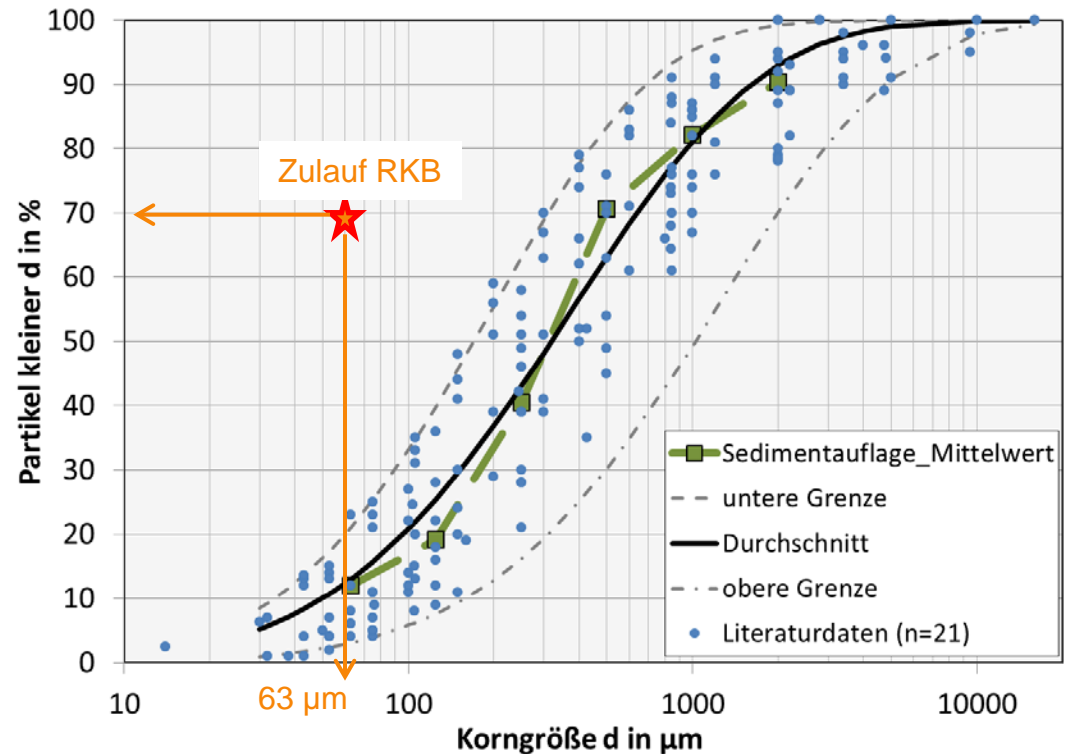
Methode	Prinzip	Vorteil/Nachteil	Einsatzbereich	
Ausflussmesszylinder vgl. RVS 11.06.29 (Österreichische Straßenrichtlinie)	Fallende Druckhöhe	zerstörungsfrei „stabile“ Oberfläche erforderlich	bisher nur im Feld geprüft Einsatz nur auf Sedimentauflage möglich	
Ringinfiltrometer	Fallende Druckhöhe	Störung des Gefüges ungenau Ablesen	Feldmethode und Labormethode	
Haubeninfiltrometer	Konstante Druckhöhe	zerstörungsfrei zeitintensiver intensivere Auswertung	Bisher nur im Labor geprüft	
Empirisch nach Beyer	Korngrößen- verteilung	wetterunabhängig gilt nur für entnommene Schichten nicht für Gesamtgefüge	Feldmethode und Labormethode	

Fotos: M. Reiter und E. Dobner

Korngrößenverteilung der Sedimentauflage

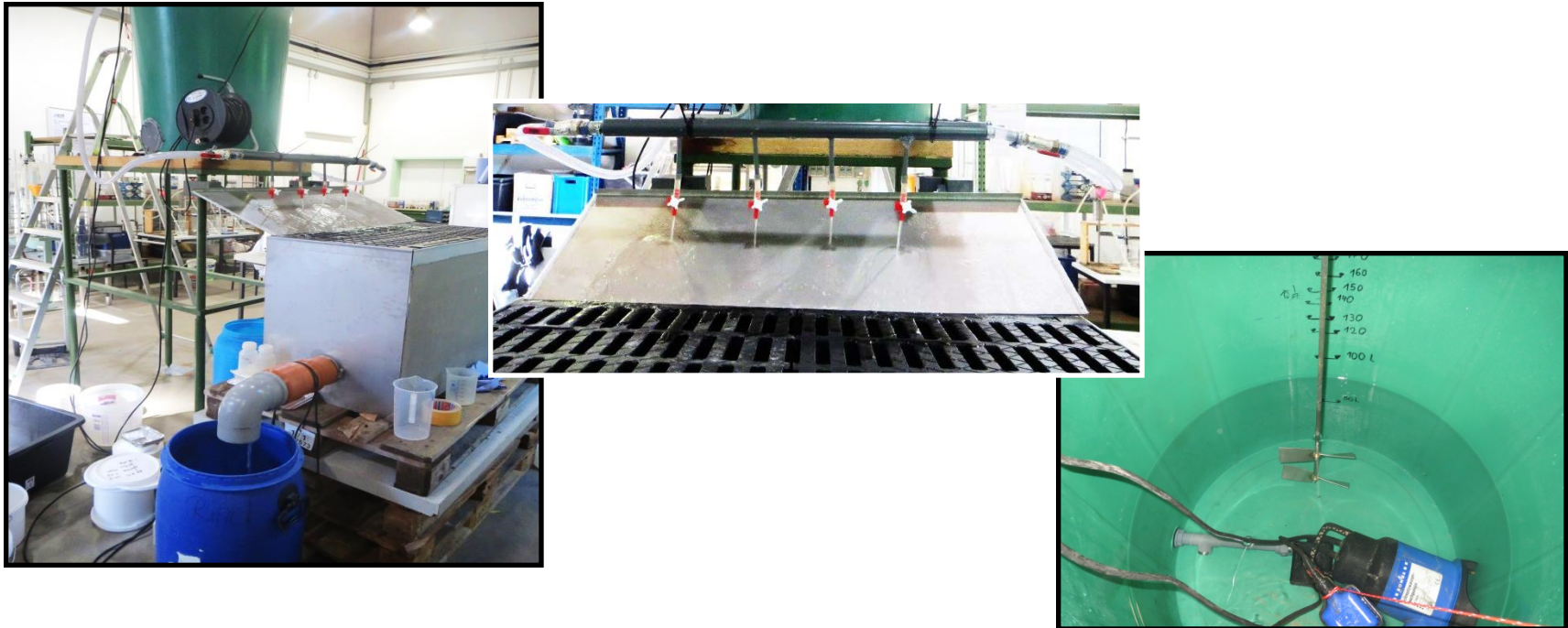


➔ Verwendung der Sedimentauflage als Modellsustrat bis 500 μm



- Gleiche Zusammensetzung der Sedimentauflage für unterschiedliche Standorte
- Korngrößenverteilung mit Literaturdaten vergleichbar

Versuchsstand Einmischung des Materials



- Intensive Durchmischung des Prüfmateri als ($d < 500 \mu\text{m}$) mit Rührwerk und Umwälzpumpe - sehr hoher Energieeintrag notwendig, um Feststoffe zwischen 125 und 500 μm in Schwebe zu halten
 - ➡ Eintrag von Material $> 125 \mu\text{m}$ in Straßenrinnen kann über Regenereignis selbst nicht erfolgen
 - ➡ Eintrag in Straßenrinnen zufallsabhängig – Spritzwasser, Überfah rung
- Fotos: E. Dobner*

Versuchsstand – Versuchskonfiguration

	Konzentration	Austausch Substrat	% der Jahresfracht
Versuchsreihe 1	400 mg/l	Nullbelastung	4
Versuchsreihe 2	200 mg/l	2 cm ausgetauscht	9
Versuchsreihe 3	1000 mg/l	2 cm abgetragen	22

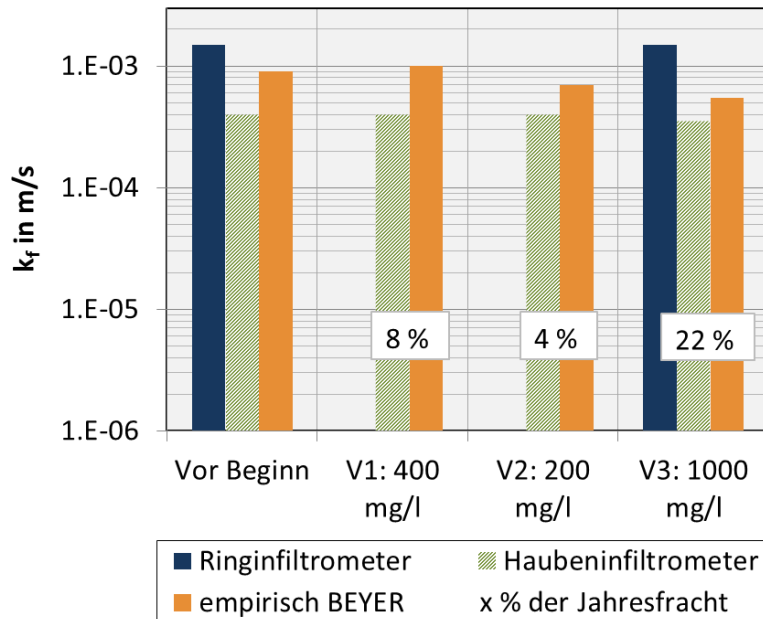
Je Versuchsreihe 3 Versuche, kein Austausch des Filtersubstrats innerhalb einer Reihe
Je Einzelversuch: Regenspende von 30 l/(s*ha) und Dauer von 30 min

- Bestimmung der Ausgangsdurchlässigkeit mittels Haubeninfiltrrometer, Ringinfiltrrometer und Korngrößenverteilung nach Beyer
- Einsatz des Haubeninfiltrrometers nach jeder Versuchsreihe
- Entnahme des Filtermaterials (10 x 10 cm x 2 cm) zur Bestimmung der Korngrößenverteilung nach jedem Einzelversuch (anschließend wurden Mittelwerte je Versuchsreihe gebildet)



Abbildung: E. Dobner

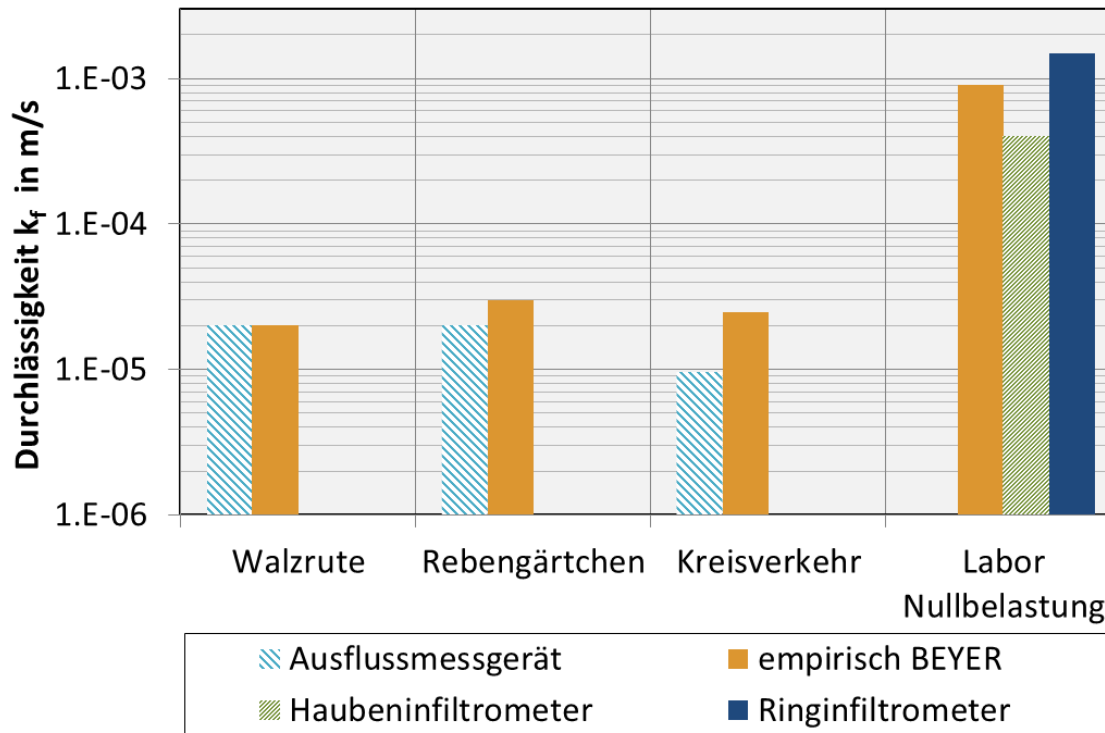
Durchlässigkeit der Versuchsreihen Labor



- Durchlässigkeit von Bestimmungsmethode abhängig (Angabe der Bestimmungsmethode erforderlich)
- Haubeninfiltrometer: keine Änderung der Durchlässigkeit
- Empirische Durchlässigkeit: deutliche Reduktion nach der 3. Versuchsreihe erkennbar
- Haubeninfiltrometer: erfasst Durchlässigkeit des gesamten Bodenkörpers, empirisch: erfasst Durchlässigkeit der obersten 2 cm

	Ringinfiltrometer k_f in m/s	Haubeninfiltrometer k_f in m/s	Emp. nach BEYER k_f in m/s
vor Beginn	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$9,0 \cdot 10^{-4}$
Nach Versuchsreihe 1	n.b.	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Nach Versuchsreihe 2	n.b.	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$7,0 \cdot 10^{-4}$
Nach Versuchsreihe 3	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$

Durchlässigkeit der Versuchsreihen in-situ



- $k_{f,Ausgang_Beyer}$:
5,5*10⁻⁴ bis 1*10⁻³ m/s
- $k_{f\ in-situ_Beyer}$:
1*10⁻⁵ bis 3*10⁻⁵ m/s

- empirische Durchlässigkeit und Durchlässigkeit mit Ausflussmessgerät sind ähnlich
- kein Unterschied zwischen Standorten erkennbar
- Durchlässigkeit im Feld liegt um etwa 1 bis 2 Zehnerpotenzen unter der Ausgangsdurchlässigkeit

Fazit

- Korngrößenverteilung ist deutlich gröber als die, die an RKBs ermittelt wurde
- Eintrag von groben Feststoffen in Systeme unterliegt dem Zufallsprinzip – kein Eintrag über Regenwasser selbst
 - Eintrag erfolgt z.B. über Überfahung, Spritzwasser, Straßenreinigung
- Durchlässigkeit und Korngrößenverteilung der unterschiedlichen Standorte ist vergleichbar
- Sedimentauflage fungiert als Filterkuchenschicht, sie bildet sich nach mehreren Monaten bis Jahren aus, bis dahin wirkt Filtermaterial
- Sedimentauflage bestimmt langfristig die Durchlässigkeit der Rinnensysteme
- In situ bestimmte Durchlässigkeit liegt mit $1 \text{ bis } 3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ im geforderten Bereich zwischen guter Reinigungsleistung und erforderlicher Durchlässigkeit
- Eine kritische Regenspende von 15 l/(s*ha) kann auch aufgrund des vorhandenen Retentionsraums ohne Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit abgeleitet werden.
- Orientierende Bestimmung der Durchlässigkeit: empirisch mit Formel nach Beyer
- Genauere Bestimmung der Durchlässigkeit: Haubeninfiltrrometer
- Laboruntersuchungen mit höherer Belastung erforderlich

Literatur

- *Dobner, Eva (2014):* Entwicklung und Erprobung eines Versuchsstandes zur Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit einer dezentralen Filtersubstratrinne, Bachelorarbeit, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), September 2014, unveröffentlicht
- *DWA (2013):* Reduktion des Feststoffeintrages durch Niederschlagswassereinleitungen – Phase 1, Abschlussbericht , Oktober 2013
- *DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“,* DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2005
- *DWD (2014):* Klimadaten Deutschland, Messstation Karlsruhe, Stundenwerte Niederschlag für den Zeitraum 1996-2008, www.dwd.de, abgerufen September 2014
- *Reiter, Michael (2014):* Untersuchung der Drainfix Clean Filtersubstratrinnen im Neubaugebiet Walldorf Süd, Bachelorarbeit, Karlsruher Institut für Technologie, Januar 2014, unveröffentlicht
- *RVS 11.06.29 „Bestimmung der Durchlässigkeit mit dem Ausschüttversuch und dem Ausflussmessgerät“,* Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen der österreichischen Forschungsgesellschaft Straße und Verkehr (FSV), Wien, 1997
- *UGT (2012):* Bedienungsanleitung Haubeninfiltrometer IL 2700: Müncheberg Freising Homécourt, Umwelt-Geräte-Technik GmbH, Version 30/01/12