

# Dezentrale Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen durch die Kombination von Absetz- und Versickerungsschacht

Steffen Rommel, Maximilian Huber (Garching/München), Susanne Krüger (München) und Brigitte Helmreich (Garching)

## Zusammenfassung

Zur Behandlung von stofflich belasteten Verkehrsflächenabflüssen werden seit einigen Jahren technische dezentrale Behandlungsanlagen genutzt. In der vorliegenden Studie wurde für die Landeshauptstadt München die Eignung der Kombination aus Absetz- und Versickerungsschacht mit einem Sandfilter gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005) für die Behandlung des Verkehrsflächenabflusses einer stark befahrenen Straße vor der Einleitung in das Boden-/Grundwassersystem untersucht. Hierzu wurde die Anlage über einen Zeitraum von vier Jahren betrieben und überwacht. Da der ursprünglich eingesetzte carbonatreiche Sand zur Kolmation neigte, wurde dieser durch das Filtermaterial Carbotec®60 ersetzt. Während beide Filtermaterialien einen guten Rückhalt von Abfiltrierbaren Stoffen (AFS, AFS63), Kupfer und Zink gewährleisteten, erwies sich die Anlagenkonfiguration mit Carbotec®60 als deutlich wirtschaftlicher, da die geringere Neigung zur Kolmation zu geringeren Unterhaltskosten führt. Als ausschließliche Behandlungsstufe war der Absetzschacht nicht geeignet, um zukünftige Anforderungen zu erfüllen.

**Schlagwörter:** Entwässerungssysteme, Verkehrsfläche, Abfluss, Behandlung, dezentral, abfiltrierbare Stoffe, Sediment, Versickerung

DOI: 10.3242/kae2022.08.002

## Abstract

### Decentralised treatment of traffic-area runoff by combining settling and infiltration shafts

Stormwater quality improvement devices (SQIDs) have been used for several years to treat contaminated traffic-area runoff. This study tested an SQID consisting of a sedimentation tank and an infiltration shaft with a sand filter in accordance with DWA-A 138 (2005) for the City of Munich. The SQID was operated and monitored for four years to examine its suitability to treat runoff from a heavily trafficked road before its infiltration into the groundwater. Since the carbonate-rich sand that was initially used was prone to colmation, it was replaced with a Carbotec®60 filter medium. Both filter media allowed for good retention of total suspended solids (TSS, TSS63), copper and zinc. However, the configuration using Carbotec®60 was more cost-efficient since its lower tendency for colmation means lower maintenance costs. The tested sedimentation stage was not sufficient to fulfil future requirements as the sole treatment stage.

**Key Words:** drainage systems, traffic area, runoff, treatment, decentralised, suspended solids, sediment, infiltration

## 1 Einleitung und Zielsetzung

Zur Behandlung von stofflich belasteten Verkehrsflächenabflüssen sind seit einigen Jahren technische dezentrale Behandlungsanlagen im Einsatz [1]. Es liegen jedoch nur sehr wenige wissenschaftlich dokumentierte Erfahrungen zum Verhalten dieser Anlagen im Praxisbetrieb vor [2, 3]. Insbesondere gibt es wenig Erfahrungen zu Betrieb und Unterhalt. Der Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität München hat über einen Zeitraum von vier Jahren eine von der Landeshauptstadt München (LHM) vorgeschlagene zweistufige Behandlungsanlage, bestehend aus einem Absetzschacht und einem Versickerungsschacht Typ B gemäß DWA-A 138 [4] mit einer Filterschicht aus carbonathaltigem Sand, an einer städtischen Ringstraße auf ihre Praxistauglichkeit untersucht.

Ziel war die Evaluierung, ob die stoffliche Belastung der Verkehrsflächenabflüsse durch die Behandlungsanlage so weit

reduziert werden kann, dass die Prüfwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [5] für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser im Ablauf eingehalten werden können bzw. ob bereits die Behandlung mittels Absetzschacht hierfür ausreichend ist. Die Effektivität der Behandlungsanlage wurde repräsentativ für die Schwermetalle Kupfer (Cu) und Zink (Zn) untersucht, deren Prüfwerte derzeit bei 50 µg/L für Cu bzw. 500 µg/L für Zn liegen. Zusätzlich wurde der Rückhalt von abfiltrierbaren Stoffen (AFS) und feinstpartikulären abfiltrierbaren Stoffen (AFS63) ermittelt.

Der Parameter AFS63 ist ein wichtiger Parameter zur Beurteilung der stofflichen Belastung von Verkehrsflächenabflüssen für das Regelwerk DWA-A 102-2 [6]. Derzeit findet der Parameter nur für die Einleitung in Oberflächengewässer Anwendung. Dezentrale Behandlungsanlagen für Verkehrsflächenab-

flüsse können für das Einleiten ins Grundwasser vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) geprüft werden [7]. DIBt-geprüfte Behandlungsanlagen müssen im Laborversuch einen Wirkungsgrad von  $\geq 92\%$  bezüglich AFS aufweisen (geprüft mit Millisil W4, Korngruppe 0/0,25 mm, ca. 50 % AFS63 [8]).

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Aufbau der dezentralen Behandlungsanlage

Im April 2016 wurde die zweistufige Behandlungsanlage, bestehend aus einem Absetzschacht DN 2000 (Wassertiefe ca. 2,4 m) und einem Versickerungsschacht DN 2000 (Tiefe ca. 5,5 m) mit einer 50–60 cm dicken Sandschicht nach DWA-A 138 (Versickerungsschacht Typ B), an der Landshuter Allee in München zur Entwässerung von ca. 400 m<sup>2</sup> Straßenverkehrsfläche (Asphaltbelag mit Bordsteinen und Mittelleitplanke, zwei Fahrstreifen, eine Einfädelspur und ein Standstreifen mit Halteverbot) installiert (Abbildung 1). Im Einzugsgebiet der Anlage (Fahrtrichtung Norden) herrschte eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke von ca. 24 000 bis 26 000 Kfz/d (Verkehrszählung 2016 und 2019). Der umliegende Bereich war besonders durch die angrenzende Vegetation mit losem Baumbestand ohne angrenzende Bebauung geprägt.

Die Bemessung der Anlage erfolgte nach DWA-A 138 (2005) [4] und DWA-M 153 (2007) [9] unter Beachtung der RAS-Ew (2005) [10] mit einem 5-jährlichen Regenereignis mit einer Dauer von 60 min. Die Bemessungsregenhäufigkeit und -dauer wurde individuell in Abhängigkeit von den Eigenschaften des Einzugsgebiets und deren Flächennutzung berechnet. Auf privaten Verkehrsflächen findet beispielsweise die RAS-Ew in der Regel keine Anwendung. Weitere Anforderungen an Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden werden in DIN EN 752 (2017) definiert. Bei der aktuellen Bemessungsregenspende  $r_{(15,1)}$  von 131,1 L/(s·ha) ergibt sich für den Sedimentationsschacht eine Oberflächenbeschickung von 6,0 m/h. Weiterhin wurden die Anforderungen aus der Regelzeichnung 12469 der Münchner Stadtentwässerung berücksichtigt (unter anderem Rohrqualität, T-Stück und Prallplatten im Versickerungsschacht).

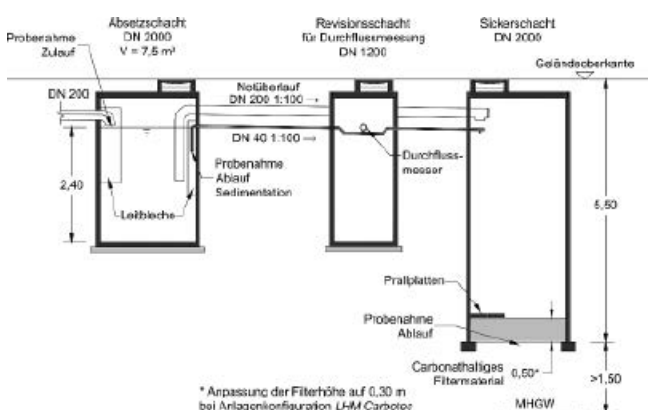


Abb. 1: Querschnitt der dezentralen Versickerungsanlage in der Konfiguration LHM Sand nach Einbau der Leitbleche im Absetzschacht an der Landshuter Allee, in der Konfiguration LHM Carbotec wurde die Filterhöhe auf ca. 30 cm verringert; MHGW, mittlerer jährlicher höchster Grundwasserstand; verändert nach Landeshauptstadt München)

Der Niederschlagsabfluss wurde der dezentralen Behandlungsanlage durch einen Straßenablauf (Münchner Modell – kurze Bauform mit 0,85 m Aufbauhöhe und einem verzinkten Eimer nach DIN ISO 1461) über eine Anschlussleitung (PP DN 200) zugeführt. Der Straßenablauf floss zunächst in den Absetzschacht, der im Dauerstau betrieben wurde. Hier wird durch ein Absetzen von größeren Bestandteilen und Partikeln am Boden des Schachts ein Verstopfen des anschließenden Filters im Versickerungsschacht verhindert. Zudem werden durch die Sedimentation partikelgebundene Schadstoffe zurückgehalten. Das Tauchrohr für die Überleitung aus dem Absetzschacht in den Versickerungsschacht wies im Bereich des Absetzschachts eine Krümmung von 90° auf und endete 0,5 m unterhalb des Wasserspiegels. Dadurch sollte vermieden werden, dass aufschwimmende Bestandteile, wie zum Beispiel Leichtflüssigkeiten oder Blätter, auf den Filter gelangen. Die Überführung des Wassers vom Absetzschacht in den Versickerungsschacht erfolgte mit einem Gefälle von 1 % in Fließrichtung. Zur Messung des Durchflusses wurde hier ein Rohr mit DN 40 (bei allen Anlagen ohne Monitoring DN 200) eingesetzt, um auch Niederschlagsereignisse geringer Intensität erfassen zu können. Von der Überleitung gelangte das Wasser in den Versickerungsschacht über ein T-Stück auf eine Prallplatte, die eine Verlagerung des Filtermaterials (Sandschicht) vermied und das Wasser auf der Filteroberfläche verteilte. Um einen möglichen Rückstau durch den geringeren Rohrdurchmesser von DN 40 auf die Straßenoberfläche zu verhindern, wurde für diese Versuchsanlage zusätzlich ein erhöht eingebauter Bypass mit DN 200 und 1 % Gefälle im Absatzschacht installiert, der ebenfalls in den Sickerschacht einleitete. Der Überlauf des Bypasses wurde ebenfalls durch die Filterschicht im Sickerschacht behandelt, wodurch eine Einleitung von unbehandeltem Straßenabfluss in das Grundwasser verhindert wurde. Alle Schächte wurden aus Beton- und Stahlbetonfertigteilen nach DIN 4034-1 hergestellt. Nach Durchsickern der Filterschicht gelangte der behandelte Straßenabfluss ins anstehende Boden-/Grundwasser-System.

Als Filterschicht wurde eine 50–60 cm mächtige carbonathaltige Sandschicht der Firma Isarkies (Korngrößenverteilung 0–4 mm, Durchlässigkeitsbeiwert  $1,8 \cdot 10^{-4}$  m/s (ermittelt nach Beyer [11]) in den Versickerungsschacht eingebracht. Diese Konfiguration der Versuchsanlage wird im Folgenden LHM Sand bezeichnet. Da die Behandlungsanlage LHM Sand anfällig für eine Kolmation des Filters war, wurde die Untersuchung verändert und im Jahr 2019 der carbonathaltige Sand durch das Filtermaterial Carbotec®60 mit einer Filterhöhe von ca. 30 cm ersetzt (Anlagenbezeichnung: LHM Carbotec) und von April 2019 bis Mai 2020 betrieben. Carbotec®60 (Hauraton, Deutschland) mit einem  $k_f$ -Wert von  $2,9 \cdot 10^{-4}$  m/s (ermittelt nach Beyer [11]) ist hydraulisch durchlässiger als der Sand der Konfiguration LHM Sand. Das Material zeichnet sich ebenfalls durch einen hohen Calciumcarbonat-Anteil aus [12]. Im Zeitraum April 2016 bis Dezember 2016 wurde der Absetzschacht ohne Leitbleche betrieben, im Dezember 2016 wurden zusätzlich Leitbleche im Absetzschacht (Abbildung 1) installiert und die Anlage in dieser Konstellation bis Mai 2020 betrieben.

### 2.2 Probenahme und Analysen

Zur Probenahme wurden mithilfe von automatischen Probennehmern (WaterSam WS 316, Edmund Bühler PP 84) im Zu-

lauf der Versuchsanlage, im Ablauf der Sedimentation (Absetzschacht) und im Ablauf der Versuchsanlage unterhalb des Filters (Abbildung 1) Proben entnommen. Die Steuerung der Probennehmer sowie die Erfassung der Durchflussmengen erfolgten über einen magnetisch-induktiven Durchflussmesser (MID, Optiflux 1100C, DN40, Krohne Messtechnik, Deutschland) mit einem Messbereich zwischen 1 L/min und 75 L/min. Bis einschließlich April 2017 wurden die Proben zeitproportional in 5-min-Intervallen entnommen, die maximal messbare Abflussspende lag bei 150 L/(s·ha). Im restlichen Projektverlauf erfolgte eine volumenproportionale Probenahme (eine Probe-nahme je 67 L Abfluss). Insgesamt wurden 32 Abflussereignisse beprobt (n = 24 für *LHM Sand* und n = 8 für *LHM Carbotec*), beim Absetzschacht 25 Ereignisse (n = 24 für *LHM Sand* und n = 1 für *LHM Carbotec*). Da die Bestimmung von AFS63 erst später durchgeführt wurde, konnten hierbei nur 16 Abflussereignisse für *LHM Sand* und 7 für *LHM Carbotec* beprobt werden.

Zur Messung des Wasserstands oberhalb der Filteroberfläche im Versickerungsschacht wurde eine Drucksonde (OPTIBAR LC 1010 C, Krohne Messtechnik, Deutschland) oberhalb der Sandschicht installiert, um den Wasserstand kontinuierlich aufzuzeichnen. Vergleichend zum MID wurde kontinuierlich die Regenhöhe mittels des Niederschlagsmesssystems nach dem Kippwaagen-Prinzip mit einer Auflösung von 0,1 mm (RG-50, Seba Hydrometrie, Deutschland) aufgezeichnet. Zum Abgleich und bei Ausfall des lokalen Niederschlagsmesssystems wurden die zehnmütigen Niederschlagsdaten der Wetterstation 03379 des Deutschen Wetterdienstes verwendet. Diese liegt ca. 1,8 km vom Standort der Versuchsanlage entfernt.

Die Analysen erfolgten im Labor jeweils aus Mischproben der jeweiligen Abflussereignisse. Die Schwermetalle Cu und Zn wurden als Gesamtkonzentrationen nach Aufschluss EN ISO 15587-1:2002 bzw. EN ISO 15587-2:2002 bestimmt, Cu nach DIN 38406, DEV E7 und Zn nach DIN 38406, DEV E8 (Flammen-AAS, Varian Spectrometer AA-240FS, Palo Alto, USA bzw. Graphitofen-AAS Varian Spectrometer AA-240Z mit GTA 120, Palo Alto, USA). Die Analyse der AFS erfolgte gemäß DIN 38409, DEV H2 mittels Membranfiltern (Cellulose Nitrat, 0,45 µm, Sartorius, Deutschland), AFS63 nach Dierschke und Welker [13]. Die Bestimmungsgrenzen lagen bei Cu: 5 µg/L, Zn: 20 µg/L, AFS: 5 mg/L und AFS63: 5 mg/L.

### 2.3 Darstellung und Bewertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung wurden getrennt für die Konfigurationen *LHM Sand* und *LHM Carbotec* dargestellt. Da nach dem Einbau des Filtermaterials Carbotec®60 der Ablauf der Sedimentation nicht mehr bei allen Probenahmen analysiert wurde, wurden Werte des Ablaufs der Sedimentation nicht für die Konfiguration *LHM Carbotec* dargestellt. Zur Darstellung der Ergebnisse wurden Box-Whisker-Plots gewählt, bei denen das obere bzw. untere Ende der Box dem oberen bzw. unteren Quartil entspricht und der Strich in der Box dem Median. Innerhalb der Box liegen 50 % der Daten. Die Länge der Antennen (engl. *whisker*) geben das 1,5-fache des Interquartilsabstands wieder. Werte außerhalb wurden als Ausreißer angesehen.

Auf Grundlage des Wasserstands im Versickerungsschacht wurde der Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert) des Filtermaterials bei Durchflüssen unterhalb des Messbereichs (<1 L/min)

# ZukunftSICHER!



## 4.0-Netzbewirtschaftung – Schwankungen im Griff halten



Mehr unter: [hst.de/KA](http://hst.de/KA)  
Telefon: +49 291 9929 16



### 4.0-Technologieführer in der Wasserwirtschaft

bestimmt. Hierfür wurden Infiltrationsereignisse mit Wasserständen  $\geq 10$  cm ausgewählt. Ab dem 24. Juli 2017 wurden Daten mit einer zeitlichen Auflösung von 5 min verwendet, zuvor hatten die Daten eine zeitliche Auflösung von 20 s. Das Ende der Infiltration wurde definiert als der Zeitpunkt, an dem entweder wieder messbare Durchflüsse auftraten oder ein konstanter Wert des Wasserstands erreicht wurde. Die Berechnung erfolgte entsprechend den Gleichungen 1–3, in Anlehnung an DWA-A 138 [4], mit der Filtergeschwindigkeit  $v$ , dem hydraulischen Gefälle  $i$ , der durchströmten Länge beziehungsweise hier der Filterhöhe  $l$ , dem Wasserstand zu Beginn und Ende der Infiltration  $h_0$  und  $h_1$  und der Infiltrationsdauer  $\Delta t$ .

$$k_f = \frac{v}{i} \tag{1}$$

$$i = \frac{l + \frac{h_0 + h_1}{2}}{l} \tag{2}$$

$$v = \frac{h_0 - h_1}{\Delta t} \tag{3}$$

Zum Vergleich der Zu- und Ablaufbelastung der Anlagen wurden empirische Verteilungsfunktionen erstellt. Um eine relative Häufigkeit der Unterschreitung der Zielgröße, abgeleitet aus dem DWA-A 102-2 [6] und der Prüfwerte der BBodSchV [5] für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser für Cu und Zn angeben zu können, wurden die Daten log-transformiert, um die von Haslwanter [14] beschriebenen Methoden zur linearen Regression mit Konfidenzintervallen durchführen zu können. Die Berechnung aller statischer Parameter und Tests erfolgte mit Scipy (Version 1.2.1, [15]).



### 3 Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 Hydraulische Belastung und Durchlässigkeit

Die beprobten Abflussereignisse wiesen im Median mittlere Abflussspenden von 5,7 L/(s·ha) an der Anlagenkonfiguration *LHM Sand* und 3,4 L/(s·ha) an der *LHM Carbotec* auf (Abbildung 2). Die mittleren Abflussspenden während der Probenahmen lagen im Bereich von 1,6 bis 26,1 L/(s·ha) bei *LHM Sand* und 1,6 bis 11,0 L/(s·ha) bei *LHM Carbotec*.

Auf Grundlage der gemessenen Regen- und Abflusshöhen ließ sich ein mittlerer Abflussbeiwert von 0,84 berechnen. Somit wurde während der Untersuchung ca. 7 % des berechneten Abflusses der Konfiguration *LHM Sand* und 12 % von *LHM Carbotec* beprobt. Diese Auswertung berücksichtigt nicht die Unterbrechungen der Messkampagne aufgrund von technischen Defekten der Messtechnik und Straßenbauarbeiten am Standort.

Die hydraulische Durchlässigkeit des Filtermaterials ist für die Entwässerungssicherheit und somit für den Praxisbetrieb von entscheidender Bedeutung. Durch die Wasserstandsmessung im Filterschacht über die Drucksonde war es möglich, die Durchlässigkeit des Filters in Abhängigkeit von der Standzeit zu überwachen (Abbildung 3). Mit zunehmender Laufzeit des Filters fiel die hydraulische Durchlässigkeit ab. Bereits nach ca. zwei Monaten Betrieb kolmatisierte der Filter *LHM Sand*. Durch Entfernung des Filterkuchens sowie der obersten 1–5 cm des

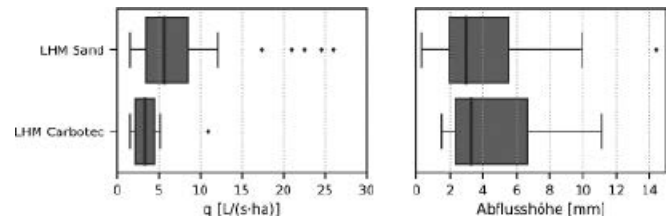


Abb. 2: Mittlere Abflussspende ( $q$ ) und Abflusshöhe der beprobten Abflussereignisse (*LHM Sand*:  $n = 24$  und *LHM Carbotec*:  $n = 8$ )

Filtermaterials konnte die Durchlässigkeit des Filters wieder auf den Ausgangszustand angehoben werden. Um die Durchlässigkeit des Filters zu gewährleisten, wurde erneut die oberste Sandschicht nach ca. 10, 18 und 24 Monaten Betrieb entfernt. Mit jedem Abschälen der obersten Filterschicht wurde die in Abbildung 3 dargestellte Standzeit wieder von Neuem begonnen. Somit konnte beim Einsatz des Sandfilters nach DWA-A 138 und der Optimierung des Absetzschachtes mit Leitblechen eine Standzeit von ca. acht Monaten erzielt werden. Während der Untersuchung lag der mittlere berechnete  $k_f$ -Wert der Konfiguration *LHM Sand* bei  $1,5 \cdot 10^{-5}$  m/s. Dieser Wert weicht deutlich von der Abschätzung des  $k_f$ -Werts auf Grundlage der Sieblinie ( $1,8 \cdot 10^{-4}$  m/s) ab. Da die regelmäßige Entfernung der oberen kolmatisierten Sandschicht zu erhöhten Unterhaltskosten führt (siehe Abschnitt 4), wurde nach drei Jahren Betrieb das Filtermaterial durch das Filtermaterial *Carbotec*®60 mit geringfügig höherer Durchlässigkeit (gemäß Produktdatenblatt  $2-5 \cdot 10^{-4}$  m/s) ausgetauscht.

Für die Konfiguration *LHM Carbotec* wurde ein mittlerer  $k_f$ -Wert von  $1,8 \cdot 10^{-5}$  m/s über die Wasserstandsmessung berechnet. Des Weiteren fiel die Durchlässigkeit bei *LHM Carbotec* deutlich langsamer ab als die der (Abbildung 3). Somit können beim Einsatz von *Carbotec*®60 höhere Standzeiten des Filters erreicht werden.

#### 3.2 Stoffliche Belastung

Bei der Interpretation der stofflichen Belastung muss berücksichtigt werden, dass die Beprobung der Anlage *LHM Carbotec* im Herbst bis Frühjahr stattfand. Somit bildet dies den Zeitraum mit der höchsten stofflichen Belastung ab. Im Herbst ist mit starkem Blattfall, im Winter mit Streusalz und erhöhtem Reifenabrieb und im Frühling mit hohen Konzentrationen an Pollen zu rechnen.

Der Parameter AFS63 ist ein wichtiger Parameter zur Beurteilung der stofflichen Belastung von Verkehrsflächenabflüssen für das Regelwerk DWA-A 102-2. Im Median wurden im ge-

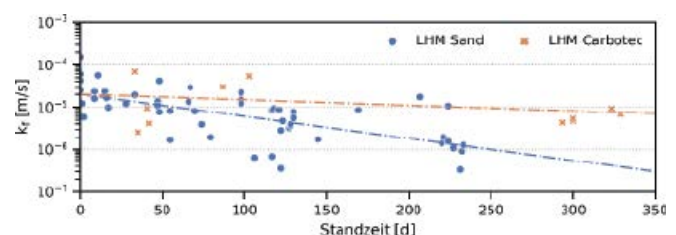


Abb. 3: Zeitliche Entwicklung des Durchlässigkeitsbeiwerts  $k_f$  der Filter berechnet auf Grundlage der Wasserstandsmessung, die Linien zeigen die lineare Regression der Daten (*LHM Carbotec*:  $n = 11$ , *LHM Sand*:  $n = 5$ )



## Karriere anschieben!

Am 6.10.2022 starten die berufsbegleitenden Lehrgänge

- Abwassermeister
- Meister für Kreislauf- und Abfallwirtschaft und Städtereinigung

Infoveranstaltung am  
1.9.2022 · 18 Uhr

Jetzt anmelden auf

▶▶▶ [elbcampus.de](https://www.elbcampus.de)

samen Beprobungszeitraum im Zulauf der Behandlungsanlage 86 mg/L AFS und 73 mg/L AFS63 gemessen (AFS63 siehe Abbildung 4). Im Median lag somit der Anteil der Fraktion AFS63 bei 79 % bezogen auf AFS. Der hohe Anteil der Feinfraktion stellt hohe Anforderungen an die Sedimentations- und/oder Filtrationsstufe.

Wie bereits in Abschnitt 1 erwähnt, müssen DIBt-geprüfte dezentrale Behandlungsanlagen im Labor einen Wirkungsgrad von  $\geq 92\%$  bezüglich AFS aufweisen (geprüft mit Millisil W4, Korngruppe 0/0,25 mm, 49 % AFS63 [8]). Unter Beachtung der Partikelgrößenverteilung des Prüfmehls in der DIBt-Prüfung und den Messwerten dieser Untersuchung ergibt sich eine Zielgröße von 14,6 mg/L AFS63 im Ablauf der Behandlungsanlage. Die Zielgröße entspricht einem 80-prozentigen Rückhalt von AFS63 (DWA-A 102-2). Im Ablauf der Sedimentation lag AFS63 im Median bei 28 mg/L.

Durch die Konfiguration *LHM Sand* wurden die nach der Sedimentationsstufe verbleibenden AFS und AFS63 durch den carbonathaltigen Filtersand zurückgehalten. Im Median betrug die AFS-Konzentration im Ablauf 5 mg/L, AFS63 lag ebenfalls bei 5 mg/L (Bestimmungsgrenze). Bei der Konfiguration *LHM Carbotec* betrug die Konzentration an AFS im Ablauf 16 mg/L und 15 mg/L AFS63. Der AFS-Rückhalt durch die Konfiguration *LHM Carbotec* fiel geringer aus. Dies kann durch die erhöhte Belastung im Winter/Frühjahr, den geringeren Probenumfang der Konfiguration *LHM Carbotec* und den Einfahrbetrieb des Filters erklärt werden. Während des Einfahrbetriebs des Filters kommt es zum Austrag von feinen, nicht schadstoffbelasteten Partikeln. Sowohl *LHM Sand* als auch *LHM Carbotec* unterschritten im Median die Zielgröße für AFS63, jedoch entsprach die Konzentration im Ablauf der Konfiguration *LHM Carbotec* ungefähr der Zielgröße. Mit größerem Probenumfang und einem längeren Beprobungszeitraum wird erwartet, dass die Konfiguration *LHM Carbotec* bessere Ablaufqualitäten erreicht.

Die Analysen der Gesamtkonzentrationen der Schwermetalle Cu und Zn wiesen im Zulauf der Versuchsanlage über den gesamten Beprobungszeitraum einen Median von 76  $\mu\text{g/L}$  Cu

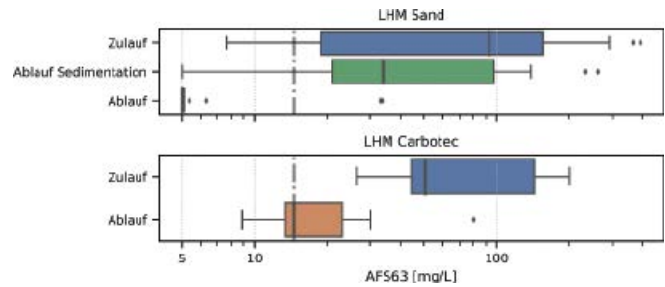


Abb. 4: AFS63-Konzentration im Zulauf, Ablauf der Sedimentation und Ablauf der Versuchsanlage, die graue Linie zeigt die Zielgröße abgeleitet aus dem DWA-A 102-2; LHM Sand:  $n = 16$ , LHM Carbotec  $n = 7$

und 195  $\mu\text{g/L}$  Zn aus (Abbildung 5 und Abbildung 6). Unter Anwendung der BBodSchV, Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser überschritt somit die Zulaufkonzentration den Prüfwert von Cu (50  $\mu\text{g/L}$ ) im Median, den Prüfwert von Zn (500  $\mu\text{g/L}$ ) jedoch nicht. Im Ablauf der Sedimentationsstufe wurde im Median eine Konzentration von 57  $\mu\text{g/L}$  Cu und 92  $\mu\text{g/L}$  Zn gemessen. Damit überschritt die Cu-Konzentration im Median den Prüfwert der BBodSchV.

Im Ablauf des Versickerungsschachtes der *LHM Sand*-Konfiguration lag die Gesamtkonzentration an Cu im Median bei 37  $\mu\text{g/L}$ , an Zn bei 23  $\mu\text{g/L}$ . Der Ablauf der *LHM Carbotec* Kon-

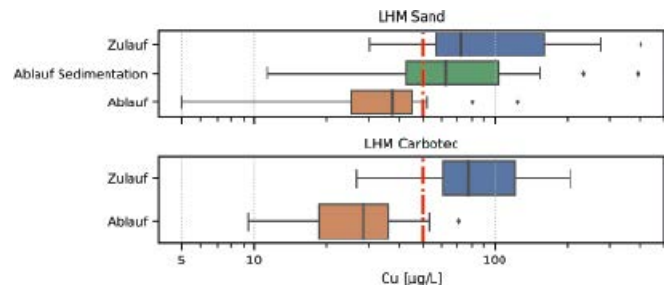


Abb. 5: Kupfer-Gesamtkonzentration im Zulauf, Ablauf der Sedimentation und Ablauf der Versuchsanlage, die rote Linie zeigt den Prüfwert der BBodSchV; LHM Sand:  $n = 23$ , LHM Carbotec  $n = 8$



ENEXIO Water Technologies ist jetzt Teil von Brentwood. Wir freuen uns darauf, unsere Expertise zu bündeln und die Stärken des jeweils anderen zu nutzen für:

- Wasser- und Abwasseraufbereitung
- Regenwasser-Management
  - Kühltürme
  - Stoffaustausch
- Aquakultur und Agrartechnik

Erfahren Sie mehr:



Besuchen Sie uns auf der:

**ACHEMA  
in Frankfurt**

22. - 26. August 2022  
Halle 4.0 - Stand D09

**Taking Confidence to the Next Level. Today, Tomorrow, Together.**

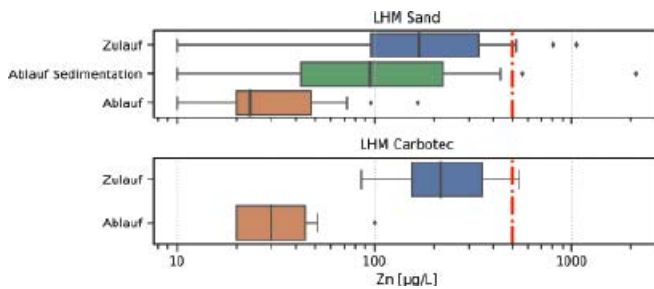


Abb. 6: Zink-Gesamtkonzentration im Zulauf, Ablauf der Sedimentation und Ablauf der Versuchsanlage, die rote Linie zeigt den Prüfwert der BBodSchV; LHM Sand:  $n = 23$ , LHM Carbotec  $n = 8$

figuration wies im Median  $28 \mu\text{g/L}$  Cu und  $30 \mu\text{g/L}$  Zn auf. Daher wurden im Median die Prüfwerte der BBodSchV bei beiden Anlagenkonfigurationen unterschritten.

### 3.3 Bewertung der stofflichen Rückhalteleistung

Die Konfiguration *LHM Sand* unterschritt in 76 % (Konfidenzintervall: 64–89 %) der Ereignisse die Zielgröße für AFS63 abgeleitet aus dem DWA-A 102-2 (Abbildung 7). Dies erreichte die Konfiguration *LHM Carbotec* nur in 47 % (31–63 %) der Ereignisse. Aufgrund der geringen Oberflächenbeschickung des Absetzschachts unterschritt der Ablauf der Sedimentation bereits in 30 % (26–33 %) der Ereignisse die Zielgröße abgeleitet aus dem DWA-A 102-2. Die Breite der Konfidenzintervalle zeigt die große Unsicherheit verbunden mit der Beurteilung des AFS63-Rückhalts.

Die Konfiguration *LHM Sand* unterschritt in 70 % (63–76 %) der Ereignisse den Prüfwert der BBodSchV von  $50 \mu\text{g/L}$  (Abbildung 8). Die Konfiguration *LHM Carbotec* erreichte dies in 85 % (76–94 %) der Ereignisse. Somit ermöglicht die Konfiguration *LHM Carbotec* trotz geringerer Filterhöhe einen besseren Kupferrückhalt. Der Ablauf der Sedimentation unterschritt in 46 % (43–49 %) der Ereignisse den Prüfwert. Somit zeigt sich, dass die sedimentierbaren AFS einen relevanten Beitrag zur Schwermetallbelastung von Verkehrsflächenabflüssen darstellen. Im Zulauf unterschritten bereits 27 % (24–30 %) der Ereignisse den Prüfwert.

Sowohl die Konfiguration *LHM Sand* als auch *LHM Carbotec* unterschritten in 100 % der Ereignisse den Zink-Prüfwert der BBodSchV (Abbildung 8). Der Ablauf der Sedimentation erreichte dies in 89 % (84–94 %) der Ereignisse. Im Zulauf unterschritten bereits ebenfalls 77 % (72–83 %) der Ereignisse den Prüfwert.

Auf Grundlage der Messwerte zeigt sich, dass beide Anlagenkonfigurationen (*LHM Sand* und *LHM Carbotec*) gut geeignet sind, um Verkehrsflächenabflüsse von stark belasteten Straßen zu behandeln. Die alleinige Behandlung des Verkehrsflächenabflusses durch den Absetzschacht ist nicht ausreichend, um die derzeitigen Behandlungsanforderungen aus der BBodSchV zu gewährleisten, obgleich dies rechnerisch nach DWA-M 153 derzeit der Fall ist (Absetzschacht vom Typ D21d).

## 4 Betrieb und Kosten

Der störungsfreie und wartungsarme Betrieb leistet einen substanzialen Beitrag zur Reinigungsleistung und zu den Betriebskosten von dezentralen Behandlungsanlagen. Zu den Aufgaben des Betreibers einer Anlage gehören die regelmäßige Kontrol-

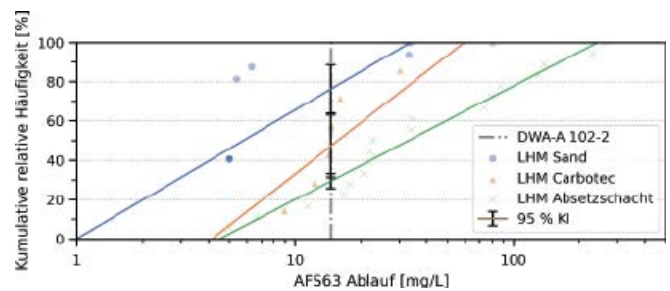


Abb. 7: Empirische Verteilungsfunktion der AFS63-Konzentration im Ablauf der Sedimentation und Ablauf der Versuchsanlage (LHM Sand:  $n = 16$ ; LHM Carbotec: AFS63  $n = 7$ ; Absetzschacht: AFS63  $n = 18$ ), die graue Linie zeigt die Zielgröße abgeleitet aus dem DWA-A 102-2, lineare Regression mit 95 % Konfidenzintervall (KI) an der Zielgröße

le, Reinigung und Instandsetzung der Anlagen. Die Kontrolle einer Regenwasserbehandlungsanlage wird als Sichtprüfung ausgeführt. Hierbei wird die Anlage durch das Betriebspersonal in Augenschein genommen. Erfasst werden sollen hierbei der Feststoffanfall, Verstopfungen, der freie Ablauf und der allgemeine Bauzustand. An der Anlage wurde im Rahmen des Forschungsprojekts im vierteljährlichen Intervall die Kontrolle vorgenommen. Hierbei empfiehlt sich die Kontrolle des baulichen Zustands, des Vorhandenseins von groben Schwimmstoffen und Unrat in beiden Stufen, des Wasserstands im Absetzschacht und auf der Filteroberfläche, von Schlammablagerungen an nicht hierfür vorgesehen Stellen, der Schlamm- bzw. Filterkuchenhöhen in den Schächten sowie von Verlagerungen des Filters. Sollte sich bei einer Kontrolle ein Reinigungs- oder Wartungsbedarf zeigen, wird dieser veranlasst und unmittelbar durch den Service durchgeführt. Im Regelfall beträgt das Wartungsintervall für die Reinigung der Anlage inklusive Filterersatz sechs Jahre.

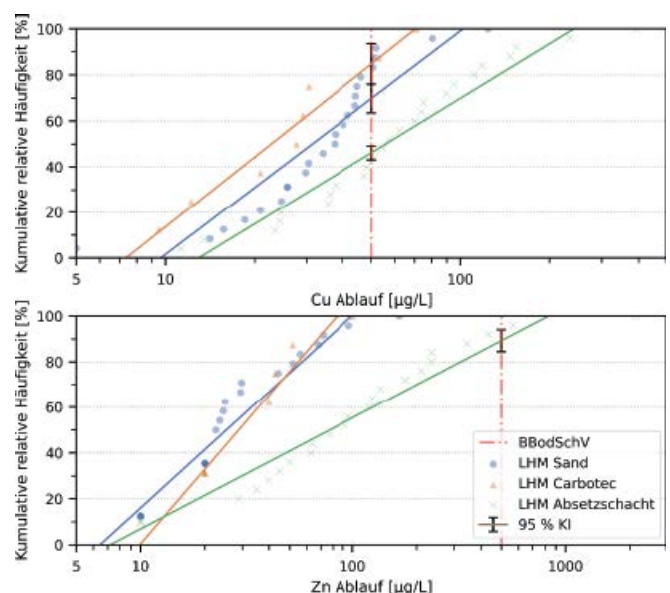


Abb. 8: Empirische Verteilungsfunktion der Cu- und Zn-Gesamtkonzentration im Ablauf der Sedimentation und Ablauf der Versuchsanlage (LHM Sand:  $n = 24$ ; LHM Carbotec:  $n = 8$ ; Absetzschacht:  $n = 25$ ), die roten Linien zeigen die Prüfwerte der BBodSchV, lineare Regression mit 95 % Konfidenzintervall (KI) am Prüfwert der BBodSchV



Für Bau und Betrieb der zweistufigen Behandlungsanlage fallen Sach- und Personalkosten für folgende Leistungen an: Kosten für die Planung, Ausschreibung und den Bau, die unter anderem die Herstellung der baulichen Voraussetzungen, Investitionen (Kauf der Behandlungsanlage), den Einbau inklusive Oberflächenherstellung, Entsorgung des Aushubmaterials und die Bauüberwachung umfassen. Die Betriebskosten umfassen die Inspektion der Systeme, die Reinigung, die Entsorgung für Schlamm und Filtermaterialien, die Ersatzbeschaffungen in Abhängigkeit von der Lebensdauer sowie die Dokumentation des Betriebs.

Die im Rahmen des Forschungsprojekts vom Baureferat Tiefbau der Landeshauptstadt München erfassten Baukosten sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Baukosten enthalten den Erdaushub inklusive Verbau und Entsorgung des Aushubmaterials, erforderliche Leitungen, die beiden Schächte sowie den Straßenablauf. Zusätzliche Bauwerke für die Messtechnik des Forschungsprojekts wurden nicht berücksichtigt.

In den Unterhaltskosten sind Inspektion, Reinigung der Schächte, Abschälen der Sedimentauflage des Filters einschließlich Entsorgung sowie Reinigung und Ersatz der Filterschicht einschließlich Entsorgung enthalten. Die Unterhaltskosten wurden berechnet am Beispiel der Durchführung durch die Münchner Stadtentwässerung mit eigenem Personal und Fahrzeugen.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Bewertung der Gesamtkosten nur orientierenden Charakter aufweist und die Investitionskosten je nach Einzelfall und Örtlichkeit (zum Bei-

	LHM Sand	LHM Carbotec
Investitionskosten netto		
Baukosten inkl. Filtermaterial	10040 €	10330 €
Investitionskosten netto pro m <sup>2</sup> Anschlussfläche	25,10 €	25,83 €
Unterhaltskosten netto pro m <sup>2</sup> Anschlussfläche und Jahr	2,96 € <sup>*)</sup>	0,78 €

<sup>\*)</sup> Die höheren Unterhaltskosten sind bedingt durch die Kolmationsneigung (vgl. 3.1) und die daraus folgende höhere Wartungsfrequenz.

Tabelle 1: Übersicht über Investitions- und Unterhaltskosten (netto) der beiden Konfigurationen LHM Sand und LHM Carbotec, aufgrund von orts- und projektspezifischen Rahmenbedingungen können die anfallenden Kosten zum Teil stark abweichen.

spiel Sparten, Oberfläche, MHGW-Stand, Tiefe/Anzahl/Durchmesser Sickerschacht) abweichen können. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass die Unterhaltskosten für kleinere Kommunen höher sind wegen fehlender Synergieeffekte der Entwässerungsbetriebe.

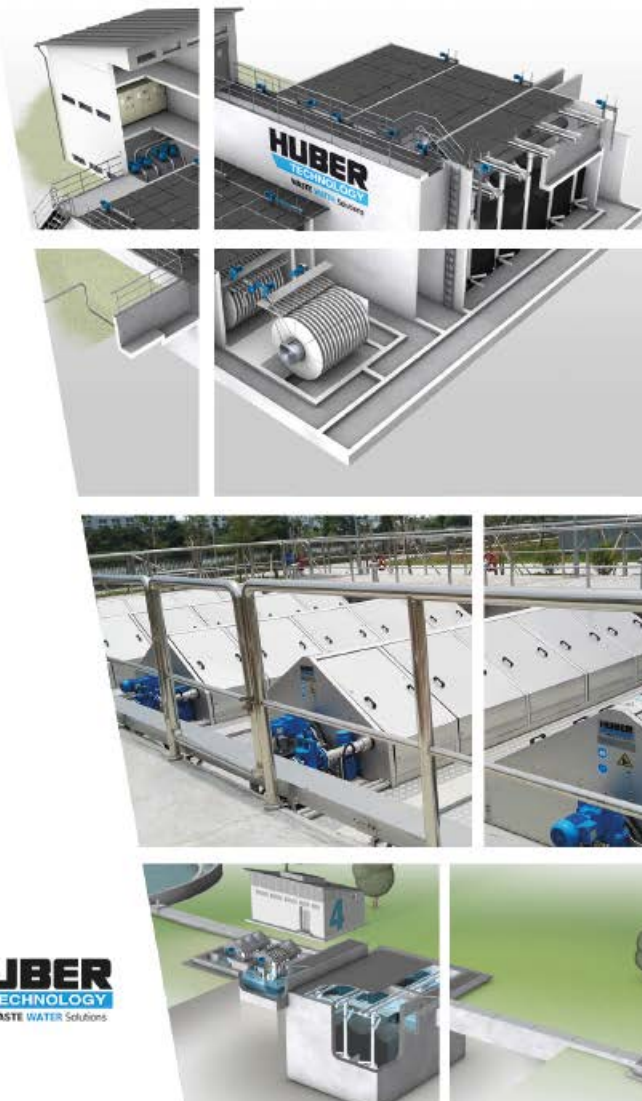
## 5 Fazit

Auf Grundlage der Untersuchung konnte gezeigt werden, dass in einer zweistufigen dezentralen Behandlungsanlage, bestehend aus einem Absetzschacht DN 2000 und einem Versicke-

## Tuchfiltration, Sandfiltration und Aktivkohle-Adsorption

### Flexible Produktlösungen für die Vierte Reinigungsstufe

- ▶ Vielseitige Optionen für die Vorfiltration
- ▶ Zuverlässige Rückhalt von PAK
- ▶ Effiziente Entfernung von Spurenstoffen mit GAK
- ▶ Gezielte Nutzung von Synergien bei gleichzeitiger Phosphor-Elimination



rungsschacht Typ B nach DWA-A 138, sowohl carbonatreicher Sand als auch das Filtermaterial Carbotec®60 die derzeitigen Anforderungen an dezentrale Behandlungsanlagen nach DWA-A 138 (2005) in Verbindung mit DWA-M 153 erfüllen und den Prüfwert der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser für Cu und Zn im Jahresmittel einhalten. Der Versickerungsschacht Typ B mit seinem carbonatreichen Sand ist auch weiterhin Bestandteil des neuen DWA-A 138-1, das im November 2020 als Gelbdruck erschienen ist [16]. Des Weiteren wurde ein guter Rückhalt von AFS63 in den Anlagen nachgewiesen. Die alleinige Behandlung des Verkehrsflächenabflusses durch Sedimentation im Absetzschacht war nicht ausreichend, um die derzeitigen Anforderungen der BBodSchV einzuhalten.

Da die Unterhaltskosten der dezentralen Behandlungsanlage vorwiegend durch die Neigung zur Kolmation bestimmt sind, erwies sich die Anlagenkonfiguration *LHM Carbotec* mit dem Filtermaterial Carbotec®60 als wirtschaftlichere Lösung zur dezentralen Behandlung des Verkehrsflächenabflusses. Somit kann eine höhere Standzeit des Filters realisiert werden.

## Dank

Die Untersuchung erfolgte im Rahmen des Projekts „Wissenschaftliche Untersuchung der Effizienz der Kombination Absetzschacht und Versickerungsschacht zur Reduzierung der stofflichen Belastung von Verkehrsflächenabflüssen“, finanziert durch die Landeshauptstadt München. Wir danken der Münchner Stadtentwässerung für die umfassende personelle Unterstützung. Das Filtermaterial Carbotec®60 wurde kostenfrei von der Firma Hauraton zur Verfügung gestellt.

## Literatur

- [1] Huber, M.; Helmreich, B.; Welker, A.: *Einführung in die dezentrale Niederschlagswasserbehandlung für Verkehrsflächen- und Metalldachabflüsse: Schacht-/Kompaktsysteme, Rinnensysteme, Straßeneinläufe und Flächenbeläge*, Berichte aus der Siedlungswasserwirtschaft, Bd. 213, TU München, Garching, 2015
- [2] Barjenbruch, M.; Heinzmann, B.; Kober, P.; Post, M.; Remy, C.; Rouault, P.; Sommer, H.; Sonnenberg, H.; Weiß, B.: *Dezentrale Reinigung von Straßenabflüssen – Projekt im Berliner Umweltentlastungsprogramm UEP/II/2, Abschlussbericht*, 2016
- [3] Wichern, M.; Vesting, A.; Pecher, K. H.; Giga, A.; Wolke, M.; Helmreich, B.; Huber, M.; Li, Y.: *Untersuchungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich Abwasser zum Themenschwerpunkt Niederschlagswasserbeseitigung: Vergabe-Nr. 08/058.2. Reduktion von Kohlenwasserstoffen und anderen organischen Spurenstoffen durch ein dezentrales Behandlungssystem für Verkehrsflächenabflüsse*, 2017, S. 273
- [4] DWA-A 138: *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser*, Hennef, 2005
- [5] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I, S. 1554), die zuletzt durch Artikel 126 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I, S. 1328) geändert worden ist
- [6] DWA-A 102-2/BWK-A 3-2: *Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächenwässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen*, Hennef, 2020
- [7] Zulassungsgrundsätze Niederschlagswasserbehandlungsanlagen: *Teil 1: Anlagen zur dezentralen Behandlung des Abwassers von Kfz-Verkehrsflächen zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser*, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 2017, S. 26
- [8] Quarzwerke GmbH, Leistungserklärung, Kennnummer 13139-2013-1, [https://www.quarzwerke.com/fileadmin/quarzwerke/Leistungs-erklarungen/Leistungserklaerung-Sortenverzeichnis\\_SMW-EN\\_13139\\_Moertel\\_deu\\_-\\_Revision\\_1\\_-Juli\\_2016.pdf](https://www.quarzwerke.com/fileadmin/quarzwerke/Leistungs-erklarungen/Leistungserklaerung-Sortenverzeichnis_SMW-EN_13139_Moertel_deu_-_Revision_1_-Juli_2016.pdf) (abgerufen am 16.06.2021)
- [9] DWA-M 153: *Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser*, Hennef, 2007
- [10] *Richtlinie für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2005
- [11] Beyer, W.: Zur Bestimmung Der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilungskurve, *WWT* 1964, 14, 165–168
- [12] Hauraton: *AQUABAU: Das Programm für ein zukunftssicheres Regenwassermanagement*, Rastatt, 2015, S. 86
- [13] Dierschke, M.; Welker, A.: Bestimmung von Feststoffen in Niederschlagsabflüssen, *gwf Wasser/Abwasser* 2015, 156, 440–446
- [14] Haslwanter, T.: Linear Regression Models, in: *An Introduction to Statistics with Python: With Applications in the Life Sciences*, Haslwanter, T. (Hrsg.): *Statistics and Computing*, Springer International Publishing, Cham, 2016; S. 183–220
- [15] Virtanen, P.; Gommers, R.; Oliphant, T. E.; Haberland, M.; Reddy, T.; Cournapeau, D.; Burovski, E.; Peterson, P.; Weckesser, W.; Bright, J.; et al.: SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python, *Nature Methods* 2020, DOI: 10.1038/s41592-019-0686-2
- [16] DWA-A 138-1: *Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau und Betrieb*, Gelbdruck, November 2020

## Autoren

Dr.-Ing. Steffen Rommel<sup>a,b</sup>, Dr.-Ing. Maximilian Huber<sup>a,c</sup>, Susanne Krüger<sup>d</sup>, Prof. Dr. rer. nat. habil. Brigitte Helmreich<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Technische Universität München  
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft  
Am Coulombwall 3, 85748 Garching

E-Mail: [b.helmreich@tum.de](mailto:b.helmreich@tum.de)

<sup>b</sup> GFM Bau- und Umweltingenieure GmbH  
Anni-Albers-Straße 7, 80807 München

<sup>c</sup> Landeshauptstadt München  
Münchner Stadtentwässerung  
Schleißheimer Straße 387a, 80935 München

<sup>d</sup> Landeshauptstadt München  
Baureferat Tiefbau  
Friedenstraße 40, 81671 München

KA

**Es ist Zeit zu handeln!**  
**Nachhaltiger Umweltschutz**  
**für Straßen und Kanäle**

Geruchsfilter · Wasserabläufe · Köderstationen



**COALSI**

Ihr Paket anfordern:   
Fon 08095-873390  
[info@coalsi.com](mailto:info@coalsi.com) 