

Broschüre zu
dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen
für Verkehrsflächen- und Metalldachabflüsse:

Schacht-/Kompaktsysteme, Rinnensysteme,
Straßeneinläufe und Flächenbeläge

von

Maximilian Huber, Brigitte Helmreich

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität München

und

Antje Welker

Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft und Hydromechanik, Frankfurt University of Applied Sciences

August 2015

Herausgeber:

Technische Universität München

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft

Am Coulombwall

D-85748 Garching

Kostenlose Weitergabe ist als gesamte Broschüre im pdf-Format sowie als vollständiger Ausdruck (60 Seiten) erlaubt.

Übernahme von Inhalten (auch auszugsweise) in andere Veröffentlichungen nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet. Zitate im Rahmen guter wissenschaftlicher Praxis sind gerne gesehen.

Stand: 08/2015 (die aktuelle Version finden Sie unter: www.sww.bgu.tum.de/nw)

Vorwort

In den letzten Jahrzehnten war die schnellstmögliche Ableitung des anfallenden Niederschlagswassers von befestigten Flächen durch die Kanalisation, teils über die Kläranlage, zum Vorfluter die vorrangige Bewirtschaftungsmaßnahme. Diese Vorgehensweise verursachte neben einer Verminderung der Grundwasserneubildung auch eine Verstärkung von Hochwasserspitzen sowie einen Schadstoffeintrag in Gewässer. Um die negativen Folgen sowohl stofflich als auch hydraulisch zu verringern, sind heute wichtige Ziele der Niederschlagswasserbewirtschaftung die Regenwassernutzung, die nachhaltige Regenwasserversickerung sowie die Entsiegelung von Flächen.

Zur Erreichung einer nachhaltigen Niederschlagswasserbewirtschaftung muss zunächst die Behandlungsbedürftigkeit der Niederschlagsabflüsse ermittelt werden. Verkehrsflächenabflüsse können mit einer Reihe an organischen und anorganischen Stoffen belastet sein. Werden stofflich belastete Verkehrsflächenabflüsse direkt vor Ort versickert, so muss in Abhängigkeit von der Verschmutzung eine Vorbehandlung beispielsweise über einen entsprechend mächtigen, bewachsenen Oberboden, einen (Retentions-)Bodenfilter oder durch technische, dezentrale Behandlungsanlagen erfolgen. Ebenfalls ist eine Behandlung belasteter Verkehrsflächenabflüsse vor der Einleitung in Oberflächengewässer notwendig. Ähnlich sieht es bei den Abflüssen unbeschichteter Metalldächer aus Kupfer, Zink und Blei aus, die mit den gelösten Schwermetallen der Eindeckung des jeweiligen Daches hochbelastet sind. Auch hier ist meist ab einer Dachfläche von 50 m² eine Behandlung rechtlich notwendig.

Bei den zur Behandlung der Verkehrsflächen- und Metalldachabflüssen verwendeten dezentralen Anlagen muss die Funktionsfähigkeit durchgehend gewährleistet sein, um negative Folgen für die Umwelt zu vermeiden. Um dies zu erreichen, sind zum einen Nachweise der Reinigungsleistung durch verschiedene Zulassungsverfahren bzw. vergleichbare Untersuchungen unabhängiger Dritter nötig, damit nur Anlagen zum Einsatz kommen, welche bis zum Erreichen der Standzeit ausreichende Reinigungsleistungen aufweisen. Zum anderen ist aber auch die ordnungsgemäße Wartung und Reinigung der dezentralen Anlagen während des Betriebs dringend erforderlich.

Die vorliegende Broschüre zu dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen für Verkehrsflächen- und Metalldachabflüsse soll dazu dienen, dem Leser einen Überblick über die Anlagentypen und deren Wirkmechanismen, die unterschiedlichen Herkunftsflächen und Zielkompartimente, die rechtlichen Anforderungen, die Zulassungsverfahren und aktuelle Forschungserkenntnisse zu geben. Zusätzlich werden in der zweiten Hälfte die derzeit auf dem deutschsprachigen Markt erhältlichen Schacht-/Kompaktsysteme, Rinnensysteme, Straßeneinläufe und Flächenbeläge für Verkehrsflächen sowie die Schacht-/Kompaktsysteme für Metalldächer in Tabellenform dargestellt.

Ergänzungen und Anregungen zu dieser Broschüre sind gerne willkommen (E-Mail an maximilian.huber@tum.de und b.helmreich@tum.de) und sollen regelmäßig in eine überarbeitete Auflage münden, welche kostenlos im Internet unter der Adresse www.sww.bgu.tum.de/nw verfügbar sein wird.

Garching, 14.08.2015

Maximilian Huber

Brigitte Helmreich

Antje Welker

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	7
2 Rechtliche Anforderungen für die Versickerung.....	9
3 Zusammenstellung von Vorgaben sowie Zulassungen zur Bewertung der Wirksamkeit dezentraler Behandlungsanlagen in Deutschland	12
3.1 Verkehrsflächenabflüsse.....	12
3.1.1 DIBt-Zulassungsgrundsätze für Filteranlagen (bundesweit)	12
3.1.2 DIBt-Zulassungsgrundsätze für Flächenbeläge (bundesweit)	13
3.1.3 Zulassungsverfahren in Nordrhein-Westfalen.....	13
3.1.4 Vorgaben in Bayern	14
3.2 Metalldachabflüsse.....	14
3.3 Fazit Zulassungsverfahren.....	15
4 Systeme und Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung.....	17
4.1 Wirkmechanismen	17
4.2 Verfügbare Behandlungssysteme und Einbauweisen	18
4.2.1 Flächenbeläge	19
4.2.2 Rinnensysteme	19
4.2.3 Straßeneinläufe.....	19
4.2.4 Schacht-/Kompaktsysteme.....	20
4.3 Rückhalteleistungen	20
4.4 Fazit Systeme und Anlagen	20
5 Bestimmung der Standzeit dezentraler Anlagen für Verkehrsflächenabflüsse.....	22
5.1 Laborverfahren zur Bestimmung der stofflichen Rückhalteleistung	22
5.2 Aspekte der Kolmation: Felduntersuchungen zum Kurz- und Langzeitverhalten	24
6 Zusammenfassung.....	25
7 Literaturverzeichnis	26

8	Überblick über derzeit auf dem deutschsprachigen Markt verfügbare dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen für Verkehrsflächenabflüsse (Schacht-/Kompaktsysteme, Rinnensysteme, Straßeneinläufe und Flächenbeläge)	30
9	Überblick über derzeit auf dem deutschsprachigen Markt verfügbare dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen für Metaldachabflüsse (Schacht-/Kompaktsysteme)	52
10	Weitergehende Informationen	56

1 Einleitung

In den letzten Jahren wurden aufgrund der reduzierten Flächenverfügbarkeit sowie veränderter rechtlicher Rahmenbedingungen über 70 dezentrale Behandlungssysteme als Alternativen zu bewachsenen Oberboden und (Retentions-)Bodenfiltern entwickelt und auf den deutschsprachigen Markt gebracht, um stoffliche Emissionen aus Niederschlagsabflüssen von Metaldächern und Verkehrsflächen vor der Versickerung bzw. der Einleitung in ein Gewässer zu reduzieren. Dabei variieren die in den dezentralen Anlagen eingesetzten Wirkmechanismen (siehe Kapitel 4.1) stark, um für die unterschiedlichen Randbedingungen jeweils möglichst effiziente Behandlungen des verschmutzten Niederschlagsabflusses anhand unterschiedlicher technischer Ausführungsformen zu ermöglichen. Die zu berücksichtigenden Randbedingungen setzen sich vornehmlich aus dem Verschmutzungsgrad des Niederschlagsabflusses und der Art der Herkunftsfläche sowie den Anforderungen bei Einleitung in das Zielkompartiment zusammen (Abbildung 1).

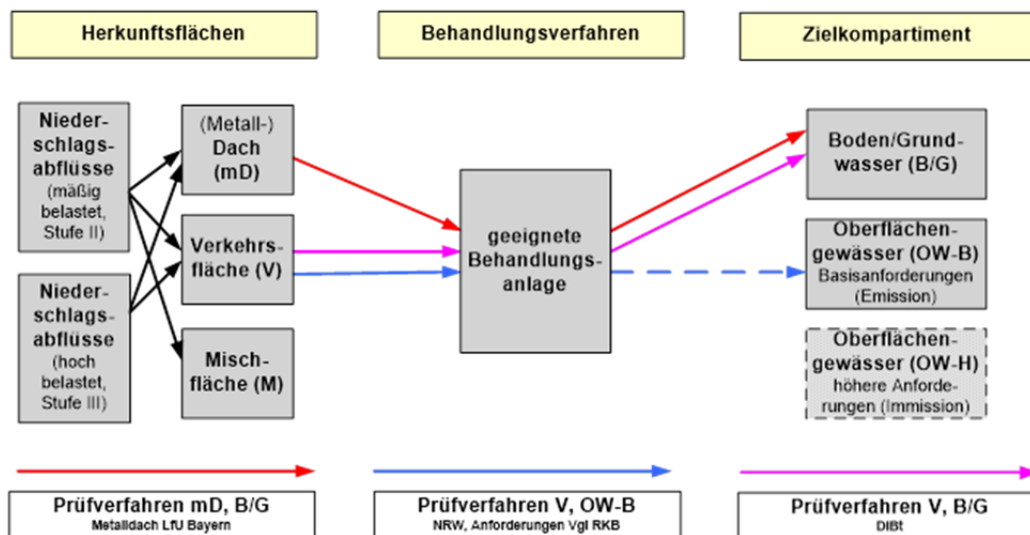


Abbildung 1: Anwendungsfälle für dezentrale Niederschlagswasserbehandlungsanlagen

Bei den Herkunftsfächen wird zwischen mäßig belasteten Niederschlagsabflüssen (mäßig belastete Verkehrs- und Mischflächen sowie mäßig belastete Dachflächen ohne Metalldeckung in Gewerbe- und Industriegebieten) sowie hoch belasteten Niederschlagsabflüssen (Metaldächer und stark belastete Verkehrsflächen) unterschieden.

Die stoffliche Belastung der Verkehrsflächen setzt sich v. a. aus Abfiltrierbaren Stoffen (AFS), Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW), Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Schwermetallen (z. B. Zink und Kupfer) sowie teilweise Auftausalze des Winterdienstes zusammen (Welker, 2005/2014). Diese können sowohl gelöst als auch partikulär gebunden vorliegen. Aktuell wird auch die Berücksichtigung weiterer Substanzen, wie Nährstoffe (z. B. Phosphor) und organische Spurenstoffe (z. B. die beiden Antiklopfmittel Ethyl-tert-butylether (ETBE) und Methyl-tert-butylether (MTBE)), für eine nachhaltige Niederschlagswasserbewirtschaftung bei einzelnen Fragestellungen insbesondere im ausländischen Markt in Betracht gezogen.

Im Gegensatz zu den Verkehrsflächenabflüssen beinhalten die Metaldachabflüsse meist nur die gelösten Schwermetalle Kupfer, Zink oder Blei, welche in der Bauwirtschaft traditionell zur Eindeckung von Dächern verwendet werden (Hullmann, 2003).

Darüber hinaus gibt es Sonderflächen, welche mäßig bis hoch belastet sein können, und aufgrund einzelfallabhängiger Stoffe einer besonderen Behandlung bedürfen. Dazu gehören beispielsweise Formiate, Acetate, Harnstoffe, Alkohole und Glykole, die u. a. auf Flughäfen zur Enteisung verwendet werden, sowie Biozide aus Fassadenabflüssen. Derzeit gibt es für diese Anwendungsfälle jedoch keine speziellen dezentralen Anlagen auf dem Markt, die für den Einsatz auf diesen Sonderflächen von unabhängigen Instituten getestet wurden. Die Behandlung dieser Sonderflächen ist nicht Teil dieser Broschüre zu dezentralen Anlagen.

Die Behandlungsqualität im Ablauf der dezentralen Anlagen hängt von den Anforderungen des Zielkompartiments ab. Dabei ist zu beachten, dass das gesammelte Niederschlagswasser, welches gezielt eingeleitet wird, in Deutschland als Abwasser eingestuft ist (§ 54, Abs. 1, Satz 2 Wasserhaushaltsgesetz) (WHG, 2009). Gleichzeitig müssen oberirdische Gewässer und das Grundwasser vor Stoffeinträgen geschützt werden, welche geeignet sind, eine dauernde oder in einem nicht unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderung dieser Gewässer herbeizuführen (§ 9, Abs. 2, Satz 2 WHG). Für die Festlegung einer zulässigen Emission wurden bisher für die Versickerung üblicherweise die Prüfwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV, 1999) herangezogen, wobei eine Verschärfung der Anforderungen durch die Geringfügigkeitsschwellenwerte der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) bereits formaljuristisch gegeben ist (siehe Kapitel 2). Im Gegensatz zur Versickerung der Niederschlagsabflüsse sind die Vorgaben bei Einleitungen in oberirdische Gewässer bundesweit uneinheitlich. In den meisten Bundesländern werden Einleitungen dann zugestimmt, wenn eine Behandlung des Niederschlagswassers nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erfolgt (vgl. § 60, Abs. 1 WHG). Als einschlägige technische Regelwerke gelten dabei häufig DWA-M 153 (2007) sowie BWK-M 3 (2007) und BWK-M 7 (2008). Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen der Regelwerke beim Einleiten in oberirdische Gewässer, z. B. emissions- bzw. immissionsbasierte Betrachtung, wird in Kapitel 2 eine Auswahl der Anforderungen an Anlagen zur anschließenden Versickerung dargestellt.

Bei der Verwendung dezentraler Anlagen ist besonders zu beachten, dass eine ständige Überwachung der Ablaufqualität dieser Anlagen in-situ durch die in der Regel hohe Anzahl an Betriebspunkten im Gegensatz zu den zentralen Anlagen, wie Regenklärbecken, nur schwer realisierbar ist. Dezentrale Anlagen können aber allgemeine, bauaufsichtliche Zulassungen erlangen, da sie im Unterschied zu zentralen Anlagen definierte und übereinstimmende Bauprodukte bzw. Bauarten sind. Zulassungen für Verkehrsflächenabflüsse können entweder bundesweit vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) oder durch länderspezifische Regelungen erteilt werden, wodurch die Reinigungsleistung unter definierten Bedingungen nachgewiesen und somit garantiert wird (siehe Kapitel 3.1). Eine standardisierte Methodik zur realistischen Standzeitermittlung dieser Anlagen ist jedoch bislang im Prüfverfahren des DIBt nicht vorgesehen. Solch ein Laborverfahren zur Bestimmung der Standzeit wurde 2013 im Rahmen eines vom Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU) beauftragten Forschungsvorhabens entwickelt und anhand mehrerer Anlagen evaluiert (siehe Kapitel 5.1). Für Metalldachabflüsse gibt es entsprechend ein vorläufiges Prüfverfahren des LfU (siehe Kapitel 3.2).

Im Anschluss an die Darstellung der rechtlichen Anforderungen an die Versickerung werden bundesweite und länderspezifische Vorgaben und Prüfverfahren zur Bewertung von Anlagen, deren Eigenschaften (Wirkmechanismen und Einbauweisen) sowie Standzeitbetrachtungen erläutert. Abschließend erfolgt ein Überblick über die derzeit auf dem deutschsprachigen Markt verfügbaren, dezentralen Systeme in Tabellenform zusammen mit den wichtigsten Kenndaten dieser Anlagen.

2 Rechtliche Anforderungen für die Versickerung

Als Vorgaben zur Bewertung der Leistungsfähigkeit dezentraler Behandlungsanlagen für die anschließende Versickerung wurden bislang die Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser zugrunde gelegt (BBodSchV, 1999). Mit Einführung der Verordnung zum Schutz des Grundwassers vom 09.11.2010 (GrwV, 2010) sind Einträge bestimmter Schadstoffe und Schadstoffgruppen, darunter Kupfer und Zink, durch geeignete Maßnahmenprogramme zu begrenzen. Bei der Festlegung der Maßnahmen sind, so die Aussagen vom Umweltbundesamt und der LAWA, die Länder zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung an die Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA (siehe unten) gebunden. Die Mantel-Verordnung („Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzstoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material“, derzeit Entwurf vom 31.10.2012) soll die GrwV und die BBodSchV harmonisieren und die Verbindlichkeit der Geringfügigkeitsschwellenwerte weiter untermauern. Tabelle 1 stellt die Anforderungen für ausgewählte anorganische Parameter gegenüber. Eine Verschärfung der Anforderungen für sämtliche Behandlungstechniken zur anschließenden Versickerung ist somit bereits formaljuristisch gegeben.

Tabelle 1: Auswahl der Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser, der Prüfwerte Grundwasser des Entwurfs der Mantel-Verordnung vom 31.10.2012 und der Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA aus den Jahren 2004 und 2013.

Anorganische Parameter	Einheit	BBodSchV, 1999	Geringfügigkeitsschwellenwerte, 2004	Entwurf Mantel-Verordnung, 2012	Geringfügigkeitsschwellenwerte, 2013
Antimon	µg/L	10	5	5	-
Arsen	µg/L	10	10	10	2,6
Barium	µg/L	-	340	340	186
Blei	µg/L	25	7	7	7,2
Cadmium	µg/L	5	0,5	0,25	0,25
Chrom, ges.	µg/L	50	7	7	3,4
Kobalt	µg/L	50	8	8	5,7
Kupfer	µg/L	50	14	14	10
Molybdän	µg/L	50	35	35	-
Nickel	µg/L	50	14	20	13
Quecksilber	µg/L	1	0,2	0,05	0,05
Selen	µg/L	10	7	7	3
Thallium	µg/L	-	0,8	0,8	0,2
Vanadium	µg/L	-	4	4	-
Zink	µg/L	500	58	58	50
Zinn	µg/L	40	-	-	-
Chlorid	mg/L	-	250	250	-
Nitrat	mg/L	-	-	50	-
Sulfat	mg/L	-	240	250	-

Weiterhin ist für die Anforderungen an diese Behandlungstechniken zu diskutieren, inwiefern sich das Wegfallen einzelner Parameter (z. B. DDT – Dichlordiphenyltrichlorethan) und das Hinzukommen neuer Parameter (z. B. Chlorid, MTBE) auswirken.

Für die grundsätzliche Bewertung der Relevanz einzelner Stoffe auf die Behandlung von Niederschlagsabflüssen sind zwei Aspekte wichtig. Zunächst ist zu klären, welche Stoffparameter öko- und humantoxikologisch wirkungsrelevant sind. Diese Stoffe fließen, sofern wirkungsrelevant, in die Gesetzgebung als Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser ein, um zu verhindern, dass im Grundwasser relevante toxikologische Wirkungen auftreten können. Zum anderen ist festzustellen, welche dieser Parameter in Verkehrsflächen- und Metaldachabflüssen aufkommensrelevant sind. Zu den aufkommensrelevanten anorganischen Parametern für Verkehrsflächen gehören vornehmlich die drei Schwermetalle Blei, Kupfer und Zink sowie bei Winterdienst Chlorid. Außerdem können in Verkehrsflächenabflüssen die Parameter Cadmium, Chrom, Nickel und Quecksilber in Konzentrationen oberhalb des Entwurfs der Mantel-Verordnung vorkommen (Huber et al., 2015a; Welker, 2005/2014). Zusätzlich sind weitere organische Parameter, wie PAK, in Verkehrsflächenabflüssen in behandlungsbedürftigen Konzentrationen vorhanden. Bei den unbeschichteten Metaldächern sind besonders Blei, Kupfer und Zink aufkommensrelevant.

Bei der Verschärfung der Anforderungen sind besonders die Werte für Cadmium, Kupfer, Zink und Chlorid für die bestehenden Behandlungstechniken relevant. Dabei ist Cadmium ein sehr mobiles Element, das leicht durch die Filtersubstrate dezentraler Anlagen durchbrechen kann. Ein verstärkter Transport aus den Verkehrsflächenabflüssen in das Grundwasser ist somit möglich. Generell ist zu beachten, dass viele der derzeitigen Messprogramme eine Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/L für Cadmium haben und somit eine gesicherte Aussage zur ausreichenden Behandlungsfähigkeit von Cadmium in sämtlichen Behandlungsanlagen (auch Oberboden) fehlt. Ferner führen die möglichen Verschärfungen der Prüfwerte für Kupfer und Zink dazu, dass an hoch-belasteten Stellen, z. B. Kreuzungen, Bereiche entlang von Leitplanken und Verkehrsschildern sowie Stop+Go- und Ampel-Bereiche (Huber et al., 2015a), ein zu hoher Austrag der beiden Schwermetalle in das Grundwasser erfolgen kann. Besonders kritisch ist auch zu sehen, dass in am Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität München durchgeführten Laboruntersuchungen festgestellt wurde, dass weder der Oberboden noch die untersuchten dezentralen Behandlungsanlagen Chlorid zurückhalten können (Helmreich et al., 2014) und sie somit nach GrwV schon heute nicht mehr zur Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen bei anschließender Versickerung geeignet wären.

Die von der LAWA veröffentlichten Geringfügigkeitsschwellenwerte sind als Konzentrationen definiert, bei denen trotz einer Erhöhung der Konzentration im Grundwasser keine relevanten toxikologischen Wirkungen auftreten können. Ferner werden die Anforderungen der Trinkwasserverordnung berücksichtigt, welche sowohl gesundheitliche als auch ästhetische Aspekte berücksichtigen (LAWA, 2004). Eine Aktualisierung der Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser von 2004 erfolgte in den Jahren 2012/2013 aufgrund rechtlicher Änderungen in der Europäischen Union und neuen fachlichen Erkenntnissen (Moll und Quadflieg, 2014). Die ursprünglichen und die aktualisierten Geringfügigkeitsschwellenwerte sind ebenfalls in Tabelle 1 aufgeführt. Da sie die Basis der Anforderungen nach GrwV und Entwurf Mantel-Verordnung darstellen, ist ein Eingang der aktualisierten Geringfügigkeitsschwellenwerte in die Gesetzgebung in Zukunft nicht ausgeschlossen. Eine weitere Verschärfung der Schwermetallwerte, besonders Kupfer, würde bedeuten, dass dieser Zielwert von 10 µg/L in vielen Fällen bereits durch den reinen Niederschlag überschritten wird (Dauber et al., 1979;

Dannecker et al., 1990). Eine Versickerung des Niederschlags wäre somit ohne Behandlung in vielen Fällen nicht möglich.

Mit der deutlichen Verschärfung der Prüfwerte der BBodSchV ist auch eine Diskussion über sogenannte Transferfaktoren notwendig, die derzeit noch nicht abgeschlossen ist. Bisher wurde bei Betrachtungen im Rahmen der BBodSchV, deren Geltungsbereich der Übergang der ungesättigten in die gesättigte Grundwasserzone ist, der Ort der Beurteilung an den Ablauf der Behandlungsanlage verlegt. Zukünftig ist für die Berücksichtigung der Bodenschicht zwischen Anlagenablauf und dem Übergang in die gesättigte Grundwasserzone die Verwendung eines geeigneten Transferfaktors, der die Behandlungsleistung der ungesättigten Bodenschicht wiedergeben soll, angedacht. Dessen Höhe sowie die Anwendung für verschiedene Bodenarten werden im Rahmen der Bearbeitung des Entwurfs der Mantel-Verordnung derzeit erörtert.

3 Zusammenstellung von Vorgaben sowie Zulassungen zur Bewertung der Wirksamkeit dezentraler Behandlungsanlagen in Deutschland

3.1 Verkehrsflächenabflüsse

Auf Bundesebene regelt das DIBt die bauaufsichtlichen Zulassungen von dezentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen, wobei sich die Zuständigkeit des DIBt aus rechtlichen Gründen derzeit auf die Herkunftsfläche „Verkehrsfläche“ sowie eine Einleitung in das Grundwasser beschränkt. Bisher sind zwei Zulassungsgrundsätze veröffentlicht worden: für Flächenbeläge (DIBt, 2012) sowie für Filteranlagen (DIBt, 2015a). Zusätzlich existieren länderspezifische Zulassungen, beispielsweise in Nordrhein-Westfalen (NRW), für ausgewählte Anlagen zur Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen zur Einleitung ins Oberflächengewässer (MKULNV, 2012). In Bayern sind zudem weitergehende Vorgaben vorhanden.

3.1.1 DIBt-Zulassungsgrundsätze für Filteranlagen (bundesweit)

Die DIBt-Zulassungsgrundsätze für Filteranlagen zur Einleitung in das Grundwasser umfassen verschiedene Bereiche wie die Umweltverträglichkeitsprüfung, Übereinstimmungsnachweise sowie Anforderungen an den Betrieb (DIBt, 2015a). Zulassungen werden nur für Anlagen ohne Bypass oder Notüberlauf erteilt. Bei einem möglichen Versagen der Behandlungsanlage (z. B. durch Kolmation) soll damit sichergestellt sein, dass ein Austritt des Niederschlagswassers auf die Fläche erfolgt und somit ein Versagen der Anlage sowie der Handlungsbedarf für den Betreiber sichtbar wird.

Wichtigster Punkt der Zulassung ist die Wirksamkeitsprüfung der Behandlungsanlage unter Laborbedingungen. Die Rückhaltevermögen an AFS und MKW werden nacheinander an der Originalanlage geprüft. Die Prüfanordnung, die Zusammensetzung des Beschickungswassers, die Höhe und Dauer der Prüffregenspenden, die Art der Probenahme, die Analytik und die Ergebnisauswertung werden in den Zulassungsgrundsätzen detailliert beschrieben (DIBt, 2015a). Die Ansätze für die Berechnung der Zulaufbelastung orientieren sich an real in Verkehrsflächenabflüssen vorkommenden stofflichen Belastungen und bilden die Stofffracht eines Jahres ab. Ein besonderes Augenmerk bei der AFS-Prüfung muss auf die exakte Dosierung der Feststoffe (hier ein Quarzmehl vom Typ Millisil W4) gelegt werden. Bei der MKW-Prüfung wird Heizöl EL verwendet.

Der Schwermetallrückhalt und die anschließende Salzprüfung werden an einem verkleinerten Filterssegment bzw. an einer Filtersäule durchgeführt, um so wenig wie möglich schwermetallhaltiges Abwasser zu produzieren. Das Segment wird mit einer festgelegten Schwermetalljahresfracht, die auf drei definierte Prüffregenspenden aufgebracht wird, beschickt. Anschließend wird in der Teilprüfung zum Salzeinfluss auf den Zink- und Kupferrückhalt die Beständigkeit der eingesetzten Filtermaterialien gegenüber dem Streusalz Natriumchlorid in einer Prüffregenspende untersucht.

Gefordert werden Rückhaltewerte von 92 % für AFS_{fein} (entsprechend dem quarzhaltigen Millisil W4), 80 % für MKW sowie 70 % für Zink und 80 % für Kupfer. Die Festlegung dieser Vorgaben ist in Anlehnung an die Prüfwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV, 1999) erfolgt. Bei der Salzprüfung dürfen die Differenzen aus Zulauf- und Ablaufkonzentration die zulässige Zinkkonzentration von 500 µg/L und Kupferkonzentration von 50 µg/L (Prüfwerte der BBodSchV) nicht übersteigen.

Die Vorgehensweise zur Berechnung der Standzeit des Filtermaterials ist derzeit noch nicht im Prüfverfahren definiert. Vielmehr dokumentieren die Hersteller wie die Standzeit ermittelt (z. B. Schüttel- oder Säulenversuche) bzw. hochgerechnet wurde. Dieses Vorgehen wird im Sachverständigenausschuss des DIBt geprüft und bewertet sowie, ggf. nach einer Korrektur, übernommen. Weitere Punkte einer DIBt-Zulassung sind der Nachweis der Umweltverträglichkeit der eingesetzten Materialien, der Übereinstimmungsnachweis des eingesetzten Filtermaterials sowie Hinweise zu Einbau, Betrieb und Wartung.

Derzeit sind fünf Filterrinnen sowie sieben Filterschachtanlagen vom DIBt zugelassen (DIBt, 2015b) (Stand: 14.08.2015).

3.1.2 DIBt-Zulassungsgrundsätze für Flächenbeläge (bundesweit)

Die DIBt-Zulassungsgrundsätze für Flächenbeläge zur Einleitung in das Grundwasser umfassen ebenfalls verschiedene Bereiche wie die Umweltverträglichkeitsprüfung, Übereinstimmungsnachweise sowie Anforderungen an den Betrieb (DIBt, 2012). Die zu untersuchenden Anlagen bestehen aus dem Stein, dem Fugenmaterial sowie der zugehörigen Bettung aus definierten Materialien. Zusätzlich müssen – im Gegensatz zu den Filteranlagen – die spezifische Versickerungsrate vor und nach der Prüfung des Partikelrückhalts sowie die Säureneutralisationskapazität bei den Flächenbelägen während des Zulassungsprozesses geprüft werden. Alle weiteren Nachweise sind ähnlich zu den Prüfungen bei den Filteranlagen zu erbringen.

Aktuell sind fünf Flächenbeläge vom DIBt zugelassen (DIBt, 2015b) (Stand: 14.08.2015).

3.1.3 Zulassungsverfahren in Nordrhein-Westfalen

Das Land Nordrhein-Westfalen hat in einem Erlass mehreren Anlagen zur Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen zur Einleitung ins Oberflächengewässer die Zulassung und Förderfähigkeit erteilt (MKULNV, 2012). Dabei ist die in NRW erstellte Einteilung der Herkunftsflächen in drei Kategorien zu beachten (MUNLV, 2005):

- Kategorie I: Unbelastetes, d. h. unverschmutztes, Niederschlagswasser kann grundsätzlich ohne Vorbehandlung in oberirdische Gewässer eingeleitet werden.
- Kategorie II: Schwach belastetes, d. h. gering verschmutztes, Niederschlagswasser bedarf grundsätzlich einer Behandlung.
- Kategorie III: Stark belastetes, also verschmutztes, Niederschlagswasser muss immer gesammelt, abgeleitet und einer Abwasserbehandlung (Abscheider, Regenklärbecken bzw. Bodenfilter) oder einer Kläranlage zugeführt werden.

Als Herkunftsflächen für das schwach belastete Niederschlagswasser der Kategorie II, welches mit den dezentralen Anlagen behandelt werden darf, zählen u. a. Dachflächen in Gewerbe- und Industriegebieten (keine Metaldächer), befestigte Flächen mit schwachem Verkehr (fließend und ruhend) sowie zwischengemeindliche Straßen- und Wegeverbindungen.

Die ersten sechs in NRW zugelassenen Anlagen wurden in einem über ein Jahr dauernden Forschungsprojekt im Labor sowie im Feld getestet (SEK, 2011). Nach Meinung der Autoren konnten sie ihre Gleichwertigkeit mit der Wirksamkeit von zentralen Regenklärbecken nachweisen. Die erforderliche Wirksamkeit entspricht 50 % AFS_{fein}-Rückhalt (entsprechend dem quarzhaltigen Millisil W4). Andere Anlagen können zugelassen werden, wenn sie entweder nach der Vorschrift des DIBt geprüft wur-

den oder ihre Leistungsfähigkeit in anderen Laborversuchen jeweils zusammen mit einem Feldmonitoring nachweisen konnten. Die Vorgehensweise der Prüfung und die im Betrieb erforderlichen Kontrollen wurden vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen veröffentlicht (LANUV, 2012). Sie werden im Folgenden kurz dargestellt: Bei den Laborversuchen werden zuerst die hydraulische Leistungsfähigkeit und anschließend der Feststoff- sowie (meist optional) der MKW-Rückhalt angelehnt an die DIBt-Prüfung ermittelt, wobei die Prüfung zum Feststoffrückhalt um die Parameter grobkörnige mineralische AFS, Schwebstoffe sowie Schwimmstoffe ergänzt ist. Bei den ebenfalls durchzuführenden Felduntersuchungen wird das Betriebsverhalten der Anlage in definierten Zeiträumen an einem Standort über ca. ein Jahr untersucht und anhand eines Überwachungsprotokolls bewertet (LANUV, 2012). Grundsätzlich sind bei diesen Anlagen Bypässe erlaubt, da nur Regenspenden bis 15 L/(s·ha) behandelt werden müssen.

Derzeit sind zwei Rinnensysteme, sieben Schacht-/Kompaktsysteme und sieben Straßeneinläufe vom LANUV zugelassen (LANUV, 2015) (Stand: 14.08.2015).

3.1.4 Vorgaben in Bayern

Für Bayern sind als einschlägige allgemein anerkannte Regeln der Technik insbesondere die Folgenden zu nennen, wobei für je ein Arbeits- und Merkblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. zusätzliche Informationen in LfU-Merkblättern enthalten sind:

- DWA-M 153 (2007) in Verbindung mit LfU-Merkblatt 4.3/2 (2012)
- DWA-A 138 (2005) in Verbindung mit LfU-Merkblatt 4.3/11 (2004)
- DWA-A 166 (2013)
- DWA-M 178 (2005)

Auf weitergehende Anforderungen geht das LfU-Merkblatt 4.4/22 (2013) zum Thema „Anforderungen an Einleitungen von häuslichem und kommunalem Abwasser sowie an Einleitungen aus Kanalisationen“ ein. Für erlaubnisfreie Einleitungen gelten in Bayern die Regelungen der Niederschlagswasserfreistellungsverordnung (NWFreiV, 2008), die Regelungen der Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser (TRENGW, 2008) und die Regelungen der Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in oberirdische Gewässer (TREN OG, 2008).

3.2 Metaldachabflüsse

Ein zu den DIBt-Zulassungsgrundsätzen für Filteranlagen zur Verkehrsflächenabflussbehandlung vergleichbares Labor-Prüfverfahren für dezentrale Anlagen für Metaldachabflüsse hat das LfU im Jahr 2011 in Zusammenarbeit mit der TU Kaiserslautern entwickelt und einem Praxistest unterzogen (Welker et al., 2011). Eine Umsetzung erfolgte jedoch vor dem Hintergrund der Novellierung des Grundwasser- und Bodenschutzrechts (siehe Kapitel 2) bisher nicht.

Daher hat das LfU bis zum Vorliegen eines Prüfverfahrens für Metaldachabflüsse zur rechtlichen Umsetzung der Bauartzulassung in Bayern „Prüfkriterien zur vorläufigen Beurteilung von Versickerungsanlagen zum Rückhalt von Metallionen aus Niederschlagsabflüssen von Metaldächern“ erarbeitet (LfU, 2011). Auf deren Grundlage werden Behandlungsanlagen für Metaldachabflüsse vorläufig beurteilt und können eine entsprechende wasserrechtliche Bauartzulassung für die Anwendung in Bayern erhalten. Einige Anlagen (siehe Kapitel 9) wurden bereits nach den Vorgaben durch ein Monitoring an realen Dächern (Kupfer und Zink) geprüft.

Das vorläufige Prüfverfahren sieht die Beprobung von zwanzig repräsentativen Niederschlagsereignissen im Untersuchungszeitraum von einem Jahr vor. Diese Niederschlagsereignisse werden je nach Höhe ihrer mittleren Regenspende gemäß den Prüfkriterien in eine der folgenden drei Klassen eingeteilt, wobei jede Klasse mindestens drei Regenereignisse beinhalten muss:

- Klasse 1: $0 < r \leq 4 \text{ L/(s}\cdot\text{ha)}$
- Klasse 2: $4 < r \leq 10 \text{ L/(s}\cdot\text{ha)}$
- Klasse 3: $r > 10 \text{ L/(s}\cdot\text{ha)}$

Nach den Vorgaben des LfU gilt die Prüfung als bestanden, wenn beide der folgenden Kriterien eingehalten werden:

- Der abflussgewichtete Jahresmittelwert der Konzentration im Filterablauf überschreitet den vorgegebenen Grenzwert nach BBodSchV nicht.
- Überschreiten alle gemessenen Ablaufkonzentrationen innerhalb einer einzelnen Klasse den vorgegebenen Grenzwert, darf der Mittelwert dieser Klasse das Zweifache des Grenzwertes nach BBodSchV nicht überschreiten.

In dem LfU-Prüfverfahren, welches tatsächliche praktische Herausforderungen, die während eines Jahres an die dezentrale Anlage gestellt werden (z. B. Blüte, Pollen und Blätter), widerspiegelt, wird außerdem nach der einjährigen Beprobungsphase der Filterkörper in abgestuften Filterschichttiefen beprobt und bezüglich Kupfer bzw. Zink analysiert, um die Standzeit besser abschätzen zu können.

Sofern der Nachweis für ein Kupferdach erbracht wurde, kann nach den Prüfkriterien des LfU dieser auch auf Zinkdachflächen anhand von Schüttelversuchen zur Bestimmung der Adsorptionskapazität übertragen werden (LfU, 2011).

Weitergehende Informationen zum Prüfverfahren sowie zu dessen Ergebnissen sind in Helmreich und Horn (2010) zu finden.

3.3 Fazit Zulassungsverfahren

Insgesamt existieren auf Bundesebene die Vorgaben des DIBt zur Einleitung von Verkehrsflächenabflüssen in Grundwässer. Bei einer Einleitung in Oberflächengewässer können die Vorgaben aus NRW als Grundlage verwendet werden. Für Metalldachabflüsse, die durch technische, dezentrale Anlagen in Bayern behandelt werden, muss das vorläufige Prüfverfahren des LfU berücksichtigt werden. Bei allen beschriebenen Vorgaben werden große Unterschiede bei den Anwendungsfällen und den Bewertungskriterien deutlich. Diese Heterogenität spiegelt sich auch in der Vielfalt der eingesetzten Behandlungsverfahren und deren produkttechnischen Ausführungen wider, die in Kapitel 4 erläutert werden.

Die Bedeutung der dezentralen Anlagen für Verkehrsflächenabflüsse ist durch die steigende Anzahl der geprüften Anlagen zu erkennen (Abbildung 2). Dabei wurde jeweils nur die Erstzulassung berücksichtigt. Beispielsweise haben die beiden in den Jahren 2006 und 2009 vom DIBt zugelassenen Anlagen in den Jahren 2011 und 2014 neue Zulassungsbescheide für die gleichen Systeme erhalten, welche für die Jahre 2011/2014 somit in Abbildung 2 nicht dargestellt sind.

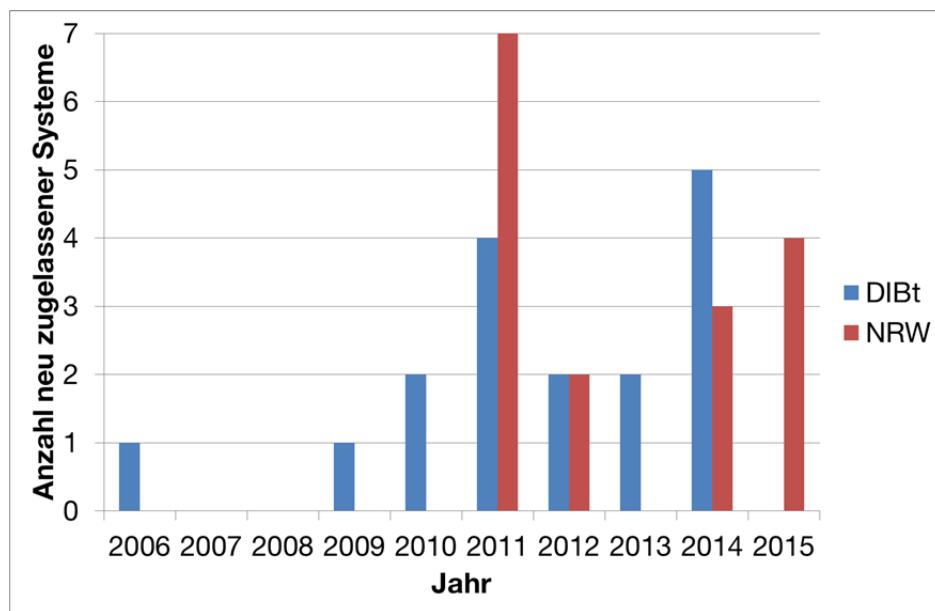


Abbildung 2: Anzahl der zugelassenen dezentralen Behandlungssysteme in Deutschland für Verkehrsflächenabflüsse nach Jahren der Erstzulassung (Stand 14.08.2015)

Derzeit wird in Deutschland von der Arbeitsgruppe ES 3.7 „Dezentrale Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. ein neues Merkblatt DWA-M 179 erarbeitet, das die Regeln der Technik definieren wird sowie Empfehlungen für Planung und Betrieb von dezentralen Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung beinhalten soll.

4 Systeme und Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung

Derzeit ist eine Vielzahl dezentraler Niederschlagswasserbehandlungsanlagen auf dem Markt, die für unterschiedliche Einsatzorte und angeschlossene Flächen konzipiert sind sowie variierende Reinigungsziele verfolgen. Eine Einteilung der Behandlungssysteme und deren technischen Ausführungen ist schwierig, da die Produkte sich in vielen Aspekten erheblich unterscheiden (Welker und Huber, 2014) und der Markt durch die sich ständig verändernde Produktentwicklung (zeitliche Komponente) großen Veränderungen unterworfen ist. So sind viele Anlagentypen vergleichsweise neu und befinden sich teilweise in der Erprobungsphase, sodass jede Zusammenstellung der Anlagen als eine Momentaufnahme verstanden werden muss. Auch fehlen bei zahlreichen Anlagen aufgrund der erst kürzlich erfolgten Markteinführung belastbare Angaben zur Standzeit.

Trotz der großen Diversität wird im Folgenden eine Klassifizierung der häufigsten Anlagensysteme mit den vorwiegenden Anwendungsfällen beschrieben. Dabei muss deutlich sein, dass es immer Zwischenlösungen geben wird, die sich nicht eindeutig in eine Systemklasse eingruppierten lassen. Auch die Kriterien (z. B. Flächenanschluss, Behandlungsprinzip) zur Beschreibung der Anlagenklassen sollen lediglich als ungefähre Orientierung verstanden werden. Dabei werden die Anlagen in dieser Broschüre nach den Reinigungsprinzipien (Dichtentrennung, Filtration, Sorption, Ionenaustausch, Fällung, biochemische Umwandlung) und der Einbauweise (oberflächennahe Flächenbeläge, Rinnensysteme und Straßeneinläufe bzw. oberflächenferne Schacht-/Kompaktsysteme) unterschieden bzw. klassifiziert.

4.1 Wirkmechanismen

Die am häufigsten bei diesen dezentralen Behandlungsanlagen auftretenden Wirkungsweisen der Behandlungsanlagen in Bezug auf den Schadstoffrückhalt werden nachfolgend kurz beschrieben, wobei die Mechanismen bis auf die ersten beiden Wirkungsweisen abhängig vom pH-Wert sind:

- **Dichtentrennung:** Dieses mechanisch-physikalische Verfahren ermöglicht den Rückhalt ungelöster Abwasserinhaltsstoffe (Bsp. Hydrozyklon, Sedimentationskammer). Sie umfasst den mechanischen Rückhalt aufgrund des Dichteunterschiedes (Leichtstoffabscheidung durch Aufschwimmen bzw. Sedimentation, d. h. Absetzen von Feststoffen). Bei der Sedimentation wird der Rückhalt von der Sinkgeschwindigkeit der Teilchen bestimmt, welche vom Feststoffdurchmesser und dessen Dichte abhängig ist. Je feiner das Teilchen, desto langsamer sinkt es ab.
- **Filtration:** Dabei handelt es sich um ein mechanisch-physikalisches Verfahren, bei dem partikuläre Schadstoffe zurückgehalten werden, indem sie entweder größer als der Porenraum des Filtersubstrats sind oder kleiner als dieser sind und durch Partikelträgheit, Adhäsion oder Sperreffekte zurückgehalten werden.
- **Sorption:** Der wichtigste Prozess zur Entfernung gelöster Stoffe ist die Adsorption an festen Oberflächen (Bsp. Aktivkohle). Dabei unterscheidet man zwischen Physisorption und Chemisorption. Bei der Physisorption werden die Stoffe aufgrund schwacher Van-der-Waals-Kräfte an der Materialoberfläche zurückgehalten. Dahingegen resultiert die Chemisorption aus elektrostatischen und kovalenten Wechselwirkungen. Das Prinzip dieser Bindung besteht in der Ausbildung sehr stabiler Einheiten der oberflächennahen, funktionellen Gruppen des Filtersubstrats (z. B. Carboxyl-, Hydroxy- bzw. Phenolgruppen) mit zahlreichen Stoffen im Niederschlagswasser.

- Ionenaustausch: Ein Sonderfall der Sorption ist der Ionenaustauschprozess, für den auf den Ionenaustauschermaterialoberflächen (Bsp. Zeolith) geladene Ionen wie Natriumionen (Na^+) oder Calciumionen (Ca^{2+}) durch elektrostatische Kräfte an entgegengesetzt geladenen Oberflächenladungen gebunden sein müssen. Jene gebundenen Ionen sind leicht durch andere Ionen gleicher Ladung austauschbar. Beispielsweise werden die auf den Oberflächen befindlichen Na^+ und Ca^{2+} während des Anlagenbetriebs durch Schwermetallkationen wie Zn^{2+} (Zinkionen) oder Cu^{2+} (Kupferionen) unter Berücksichtigung äquivalenter Ladungen weitestgehend unspezifisch ausgetauscht.
- Fällung: Durch eine Erhöhung des pH-Wertes kann es bei gelösten Schwermetallionen zu einer Ausfällung kommen (z. B. Bildung entsprechender Hydroxid- oder Carbonatverbindung). Die Schwermetallionen werden somit in eine wasserunlösliche Form überführt (Bsp. Carbonatgestein).
- Biochemische Umwandlung: Diese Form umfasst den Rückhalt organischer Stoffe durch Abbau- und Umwandlungsprozesse, welcher durch Mikroorganismen auf der Oberfläche der Filtersubstrate realisiert wird. Dabei beziehen die Mikroorganismen die benötigte Energie aus dem Energieinhalt der abgebauten chemischen Verbindungen des organischen Materials.

In den realisierten Anlagen werden diese sechs Behandlungsprinzipien entweder alleine oder in Kombination verwendet. Bei den einstufigen Anlagen werden die Schadstoffe meist rein mechanisch-physikalisch (z. B. durch Sedimentation) zurückgehalten, wohingegen bei den Anlagen, die aus einer Kombination mehrerer Behandlungsprinzipien bestehen, vorwiegend nach der mechanisch-physikalischen Behandlung eine oder mehrere chemisch-physikalische Verfahren nachgeschaltet sind (z. B. Ionenaustausch und Fällung mit Filtration im Filter). Bei den zwei- und dreistufigen Anlagen sind verschiedene Wirkmechanismen klar in unterschiedlichen Bauteilen getrennt voneinander umgesetzt. Solche weitergehenden Behandlungsanlagen werden oftmals durch konstruktive Merkmale so ausgelegt, dass ebenfalls eine Dichtentrennung möglich ist (z. B. Tauchwand). Hierdurch kann auch mit Filtermaterialien ohne MKW-Rückhalt bzw. zur Unterstützung des Filters im Havariefall eine entsprechende Abscheidung von Leichtflüssigkeiten erfolgen. Derzeit werden für spezielle Fragestellungen dezentrale Anlagen weiterentwickelt, um auch einen Rückhalt organischer Spurenstoffe (PAK, MTBE und ETBE) sowie von Nährstoffen (Phosphor- und Stickstoffverbindungen) sicherzustellen (Welker et al., 2015).

4.2 Verfügbare Behandlungssysteme und Einbauweisen

Eine Einteilung nach den Einbauweisen ist in Abbildung 3 für die Anlagen mit Prüfzeugnissen getrennt nach den Prüfverfahren dargestellt. Anhand dieser Darstellung wird ersichtlich, dass Schachtsysteme bei allen drei Zulassungen vertreten sind, wohingegen die Flächenbeläge nur vom DIBt zugelassen wurden sowie Straßeneinläufe nur in NRW. Rinnensysteme wurden anfangs nur vom DIBt zugelassen, sind aber seit 2015 in veränderter Bauform auch in NRW nach dem Trennerlass zugelassen und förderfähig.

Im Folgenden werden die vier Einbauweisen anhand der angeschlossenen Herkunftsflächen, den Zielkompartimenten, den Zulassungen und den eingesetzten Techniken grob charakterisiert. Der Inhalt der Prüfgrundsätze wurde in Kapitel 3 erläutert und die Wirkmechanismen sind aufgrund der Heterogenität nur in den Übersichten der einzelnen Systeme in den Kapiteln 8 und 9 aufgeführt.

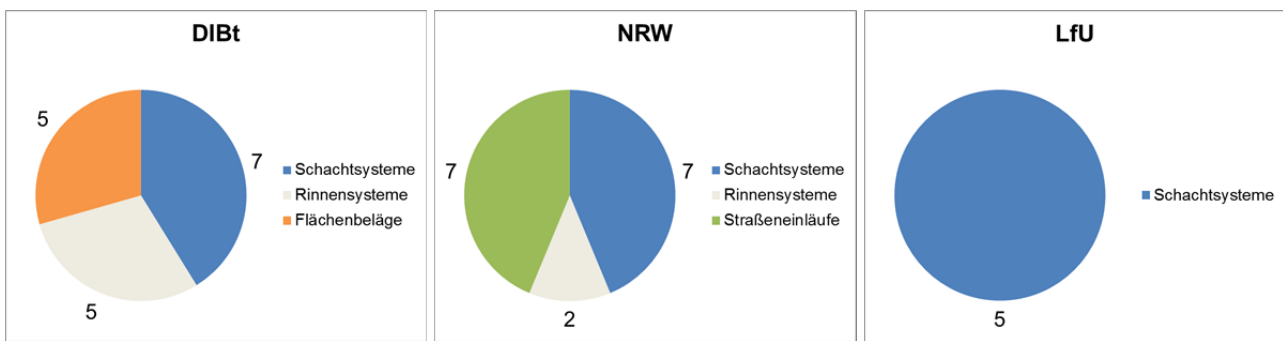


Abbildung 3: Anzahl der aktuell zugelassenen dezentralen Behandlungsanlagen in Deutschland nach Zulassungsverfahren und Einbauweisen (Stand 14.08.2015)

4.2.1 Flächenbeläge

Flächenbeläge werden bislang nur vom DIBt zugelassen. Bei den Herkunftsflächen überwiegen Verkehrsflächen mit verschiedenen Belastungen (vornehmlich NRW-Kategorie II). Derzeit wird auch der zusätzliche Anschluss von Dachflächen (keine Metalldächer) an Flächenbeläge diskutiert. Flächenbeläge haben als Zielkompartiment das Boden-/Grundwassersystem. Es gibt keine Begrenzung der DTV (Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke), es muss aber sichergestellt sein, dass der Aufbau den baulichen Anforderungen (z. B. Statik) genügt. Die Reinigungsfunktion der ein- und zweistufigen Behandlungssysteme kann sowohl über den Stein als auch kombiniert über das Stein-Fugen-System erfolgen und wird meist durch vorgeschriebene Bettungen unterstützt.

4.2.2 Rinnensysteme

Rinnensysteme können sowohl Zulassungen nach DIBt als auch eine länderspezifische Zulassung in NRW erhalten. Damit leiten sie je nach Zulassung in das Boden-/Grundwassersystem (DIBt) oder Oberflächengewässer (NRW) ein. Die Herkunftsflächen sind beim DIBt Verkehrsflächen ohne DTV-Begrenzung und in NRW werden Verkehrsflächen der Kategorie II genannt. Bei den Techniken der ein- und zweistufigen Behandlungssysteme dominieren Rinnenkörper (Kunststoff oder Beton), welche bei Einleitung in Grundwasser mit variierenden Filtersubstraten in verschiedenen Schichthöhen gefüllt sind. Bei Einleitung in Oberflächengewässer werden sie entweder mit einer Sedimentationseinheit ausgestattet oder mit variierenden Filtersubstraten in verschiedenen Schichthöhen gefüllt. Der Einbau ist oberflächennah, die Systeme fallen weitestgehend trocken.

4.2.3 Straßeneinläufe

Straßeneinläufe behandeln Verkehrsflächenabflüsse überwiegend nach NRW-Kategorie II. In der Regel werden anschließend die Niederschlagsabflüsse in Oberflächengewässer eingeleitet. Zulassungen zu diesen Systemen existieren nur länderspezifisch in NRW. Bei der Technik finden sich oft verschiedene in Straßeneinläufe passende Einsätze, teilweise gefüllt mit variierenden Filtersubstraten in verschiedenen Schichthöhen. Es existieren ein- bis dreistufige Behandlungssysteme, der Einbau erfolgt oberflächennah, und die Systeme sind meist trockenfallend.

4.2.4 Schacht-/Kompaktsysteme

Die Schacht-/Kompaktsysteme sind eine besonders heterogene Gruppe an Anlagentypen, da alle genannten Herkunftsflächen (siehe Abbildung 1) zur Anwendung kommen. Des Weiteren werden sie sowohl zur Einleitung in Boden/Grundwassersysteme als auch zur Einleitung in Oberflächengewässer eingesetzt. Damit existieren auch Zulassungen beim DIBt, in NRW und in Bayern. Entsprechend der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten variiert auch die technische Umsetzung von kleineren Schächten mit Anschlussflächen von je ca. 500 m² bis hin zu größeren Anlagenkomponenten mit bis zu 30.000 m². Die ein- bis dreistufigen Behandlungssysteme besitzen häufig eine Kombination verschiedener Wirkmechanismen. Der Einbau findet oftmals oberflächenfern statt und es gibt sowohl trockenfallende Systeme als auch Anlagen, die nach Regenende im Dauerstau bleiben.

4.3 Rückhalteleistungen

Einige Hersteller veröffentlichen neben dem Reinigungsprinzip Informationen zur Rückhalteleistung der dezentralen Anlagen. Allerdings sind diese Ergebnisse oft schwer vergleichbar. Sie unterscheiden sich in der verwendeten Untersuchungsmethodik (z. B. berücksichtigte Schadstoffe, Höhe der Zulaufkonzentrationen, Art des Beschickungswassers, Dauer und Intensität der beprobten Regenspenden), in der Dokumentation sowie bei Pilotanlagen im Untersuchungszeitraum und der untersuchten Herkunftsfläche. Außerdem wurden nur wenige Untersuchungen von unabhängigen Instituten durchgeführt. Ferner befinden sich viele Systeme noch in der Entwicklung, was dazu führt, dass ältere publizierte Untersuchungsergebnisse nicht mehr dem gegenwärtigen Behandlungsprinzip oder der Bauweise entsprechen. Daher werden die Ergebnisse aus Labor- und Felduntersuchungen in den Kapiteln 8 und 9 nicht mit Werten aufgeführt, sondern es wird nur auf entsprechende Nachweise (Laborergebnisse bzw. Pilotanlage) verwiesen, die beim Hersteller eingeholt werden können.

4.4 Fazit Systeme und Anlagen

Ausgehend von den verschiedenen Behandlungsprinzipien wird ersichtlich, dass realisierte Anlagen aus unterschiedlichen Baugruppen bestehen, die jeweils spezielle Rückhalteleistungen bieten und oftmals nur als gesamtes Anlagenprodukt aufeinander abgestimmt die erforderlichen Reinigungsleistungen erbringen können. Dieses modulare Prinzip ermöglicht es den Herstellern aber auch spezifische Anlagen je nach Herkunftsfläche und Zielkompartiment anbieten zu können, bei denen je nach Behandlungsziel einzelne Baugruppen kombiniert eingebaut werden können. Generell wird es dadurch möglich, passende Systeme mit reduzierten Kosten zu erstellen. Jedoch muss beachtet werden, dass vom DIBt erteilte Zulassungen nur für die geprüften Bauweisen gelten und für jede Änderung eine neue Zulassung bzw. eine Einzelfallentscheidung der amtlichen Sachverständigen vor dem Anlageneinbau erfolgen muss. Dahingegen sind in NRW auch Zulassungen für ganze Baugruppen möglich.

Da dezentrale Anlagen oft ein großes Verhältnis von Anschlussfläche zu Filterfläche ($A_u:A_F$) bzw. Filtervolumen aufweisen, besteht ein Marktsegment aus Anlagen, die spezielle Filtermaterialien, welche oftmals für die entsprechenden Anwendungsfälle vorbehandelt werden, einsetzen. Jedoch steigt mit diesem Verhältnis auch die Gefahr der Kolmation (siehe Kapitel 5.2).

Ferner werden die an dezentralen Anlagen angeschlossenen Flächen immer größer, sodass derzeit auch Anlagen auf dem Markt vertreten sind, bei denen bis zu 30.000 m² Anschlussfläche an Schächten mit weniger als 3,5 m Durchmesser bzw. an in Reihe geschalteten Sedimentationsstrecken mit Start- und Zielschächten angeschlossen werden. Dadurch ergeben sich sowohl für den Nachweis der

Reinigungsleistung vor Ort als auch für eine mögliche Zulassung für diese Systemtechniken neue Fragestellungen.

Eine vollständige Auflistung mit Bewertung aller verfügbaren Anlagen ist aufgrund der oben genannten Aspekte nur schwer möglich und würde aufgrund der regelmäßigen Änderungen in dem neuen, recht dynamischen Marktsegment zu ständig veralteten Angaben führen. Aktuelle, vergleichende Zusammenstellungen mit wechselnden Bewertungskriterien für Verkehrsflächenabflüsse finden sich in mehreren Publikationen (Helmreich et al., 2014; Sommer et al., 2014; fbr, 2015), die jedoch keinen Gesamtüberblick über alle auf dem deutschsprachigen Markt verfügbaren Anlagen geben. Eine umfassende Zusammenstellung der mehr als 70 Produkte von über 30 Herstellern ist in Kapitel 8 dieser Broschüre für Verkehrsflächenabflüsse und in Kapitel 9 für Metaldachabflüsse wiedergegeben.

5 Bestimmung der Standzeit dezentraler Anlagen für Verkehrsflächenabflüsse

Grundsätzlich müssen bei der Entwicklung einer Methodik für die Standzeitermittlung bei Verkehrsflächenabflüssen folgende Faktoren berücksichtigt werden (Huber et al., 2014a):

- Die Standzeit ist durch die Verringerung des stofflichen Rückhaltes limitiert. Hierbei ist im Regelfall die Rückhaltekapazität des Filtersubstrats hinsichtlich der Schwermetalle signifikant reduziert (Kapitel 5.1).
- Die Standzeit ist durch das hydraulische Betriebsversagen der Anlage limitiert. Hierbei wird häufig eine Kolmation beobachtet, welche meist durch eine erhöhte Feststoffbelastung in Kombination mit kolmationsfördernden Randbedingungen der Örtlichkeit (z. B. mineralische und organische Feststofffrachten aus Streustoffen, Baustaub, Pollenflug, Blüten sowie Laub) ausgelöst wird (Kapitel 5.2).

5.1 Laborverfahren zur Bestimmung der stofflichen Rückhalteleistung

Das Ziel eines vom LfU begleiteten Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines Laborverfahrens zur Bestimmung des stofflichen Betriebsversagens in Bezug auf gelöste Schwermetalle unter reproduzierbaren Bedingungen sowie gleichen Versuchsrandbedingungen für alle dezentralen Anlagen für Verkehrsflächenabflüsse (Helmreich et al., 2014; Huber et al., 2014a). Dieses neue Verfahren wurde von der Technischen Universität München in Kooperation mit der Frankfurt University of Applied Sciences entwickelt und basiert auf den Prüfgrundsätzen des DIBt, in denen derzeit eine einheitliche Bestimmung der Standzeit noch nicht definiert ist.

Für dieses Verfahren sind die Schwermetalle Zink und Kupfer in gelöster Form aufgrund ihrer Relevanz geeignete Inhaltsstoffe für das Beschickungswasser, in dem die beiden Schwermetalle als Nitratverbindungen in deionisiertem Wasser in Kombination gelöst werden. Der pH-Wert im Zulauf liegt zwischen 4,8 und 5,1 (Zugabe von Salpetersäure 65 %, gelöste Schwermetalle) und die Leitfähigkeit des Beschickungswassers ist kleiner als 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die gelösten Anteile der Jahresfrachten bezogen auf die angeschlossene undurchlässige Fläche werden ausgehend von einer eigenen Literaturstudie analog zum DIBt mit 135 mg/m^2 für Zink und 15,5 mg/m^2 für Kupfer festgesetzt.

Bei den Standzeitversuchen werden die zu untersuchenden dezentralen Systeme in geeigneten Versuchsmodellen abgebildet. Dabei werden bei der Durchführung der Untersuchungen die Durchströmungsrichtungen und Arten der Behandlungsanlagen (z. B. Rinnen- oder Schachtsysteme) unterschieden und entsprechend berücksichtigt. Außerdem werden in den Frachtberechnungen für die Standzeituntersuchungen die Anschlussfläche, der Modellmaßstab und die Standzeit nach Herstellerangabe berücksichtigt, sodass differenzierte Anlagenmodelle unter gleichen Versuchsrandbedingungen verwendet werden. Die Einfüllhöhen, die Substratmengen sowie die Einbringverfahren werden entsprechend den Angaben der Einbauanleitungen der Hersteller sowie des entsprechenden Modellmaßstabs berücksichtigt.

Die Anlagen werden über eine Pumpe aus dem Vorlagebehälter beschickt. Die Beregnungsintensitäten werden über den Durchfluss der Pumpe gesteuert sowie über ein Schwebekörper-Durchflussmessgerät bestimmt und mittels einer Waage kontrolliert.

Das entwickelte Verfahren zur Bestimmung der Standzeit besteht aus drei Teilen. Im ersten Teil werden die Substrate einer Vorbelastung unterzogen, um den Nachweis der Anlagenstandzeit im Zeitraffer zu ermöglichen. Während des ersten Versuchsteils werden die Stofffrachten in Abhängigkeit von der

prognostizierten Anlagenstandzeit aufgegeben, wobei eine Vorbelastung mit n-1 Jahren (n: Standzeit in Jahren gemäß Herstellerangabe) solange auf das Filtermodell aufgebracht wird, bis jedes Schwermetall zu mindestens 90 % vom Filtersubstrat zurückgehalten wird. In Teil 2 wird das mit (n-1) Jahren vorbelastete Filterelement durch das Aufbringen des letzten Betriebsjahres, also einer Jahresfracht, durch drei definierte Regenspenden analog zum DIBt mit je einem Drittel einer Jahresstofffracht, mit jeweils gleichem Wasservolumen und gleichen Zulaufkonzentrationen von 6.250 µg/L Zink und 718 µg/L Kupfer, beaufschlagt. Das Ziel der Berechnung der Anlagen mit drei Regenspenden (2,5; 6,0 und 25,0 L/(s·ha)) und entsprechenden Versuchsdauern (480 min, 200 min und 48 min) in Teil 2 ist es, das zeitliche Verhalten der Anlagen und der Substrate im Praxisbetrieb bestimmen zu können. Pro Regenspende werden vier Ablaufproben erzeugt, im Labor mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) gemessen und daraus die einzelnen prozentualen Rückhaltewerte berechnet. Nach dem Aufbringen der drei Teilregenspenden wird der Versuchsaufbau mit Trinkwasser gespült, um das mit Schwermetallen belastete Beschickungswasser aus dem Versuchsmodell vollständig zu entfernen. Die Menge an verwendetem Trinkwasser entspricht der einer Teilregenspende aus Teil 2. Frühestens 16 Stunden nach der Spülung beginnt Teil 3 der Untersuchung, welcher sich mit dem Rückhalt der Schwermetalle unter Salzeinfluss befasst. Es wird das gleiche, belastete Modell verwendet, welches auch bei den Versuchsteilen 1 und 2 verwendet wurde. Bei diesem Versuch wird eine Auftausalzmischung mit Zulaufkonzentrationen von 10 g NaCl/L und 2,5 g CaCl₂/L verwendet. Als Regenspende wird in Teil 3 6,0 L/(s·ha) bei einer Dauer von 200 Minuten verwendet. Die potenziell mögliche Rücklösung von zuvor zurückgehaltenen Schwermetallionen durch Auftausalze in der Behandlungsanlage wird durch erhöhte Ablaufkonzentrationen in diesem Verfahren detektiert. Somit wird durch den Versuchsteil 3 sichergestellt, dass die geforderten Ablaufkonzentrationen auch am Ende der untersuchten Standzeit während der simulierten Winterdienstsaison eingehalten werden.

Das entwickelte Verfahren zur einheitlichen und reproduzierbaren Ermittlung realistischer Standzeiten wurde durch Versuche an acht ausgewählten Anlagen sowie an bewachsenen Oberböden evaluiert. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen ergaben, dass die Versuchsanordnung insbesondere für Rinnensysteme geeignet ist, sich aber auch auf Schachtsysteme übertragen lässt (Helmreich et al., 2014; Huber et al., 2014a; Huber et al., 2014b). Eine Übertragung der Methodik auf die Untersuchung von Flächenbelägen ist mit diesem Verfahren noch nicht durchgeführt worden, erscheint aber möglich.

Folglich können mit dem in diesem Vorhaben entwickelten Verfahren im Labor Aussagen zur Standzeit und zu Veränderungen im Rückhalt der beiden gelösten Leitparameter Zink und Kupfer getroffen werden. Anhand der durchgeführten Versuche wurden die Herstellerangaben zu den Standzeiten einiger Systeme bestätigt. Die Ergebnisse ermöglichen daher Behörden, Planern und Betreibern die auf dem Markt verfügbaren Anlagen bezüglich der Dauerhaftigkeit besser vergleichen und bewerten zu können.

Die Untersuchungen zum Einfluss von Salzbelastungen (Teil 3; Natriumchlorid und Calciumchlorid in Trinkwasser gelöst) zeigten, dass nicht bei allen acht untersuchten Anlagen eine Beständigkeit gegenüber des eingesetzten Salzgemisches besteht. Bei den beim DIBt zugelassenen dezentralen Anlagen konnte während der DIBt-Prüfungen mit reinem Natriumchlorid und deionisiertem Wasser keine erhöhte Rücklösung der Schwermetalle festgestellt werden.

Als erste Erkenntnis dieser Untersuchungen kann festgehalten werden, dass die teilweise Remobilisierung von Schwermetallen bei dezentralen Anlagen unterschiedlich stark ausfällt. So können zum einen beide Schwermetalle oder nur Zink remobilisiert werden. Teils scheinen Natriumchlorid und Calciumchlorid bzw. nur Calciumchlorid für die Rücklösung verantwortlich zu sein. Ferner ist unklar, ob und

wie weit die Remobilisierung durch die Zusammensetzung des verwendeten Trinkwassers verstärkt wird. Somit ist eine Klärung der Vorgänge, auch bei der Simulierung des Einsatzes von Magnesiumchlorid im Straßenwinterdienst, durch weitere Untersuchungen notwendig. Diese weitergehenden Untersuchungen werden derzeit an der Technischen Universität München im Rahmen des von der Bayerischen Forschungsförderung geförderten Projekts „Einfluss von Auftausalzen auf die Remobilisierung von auf Filtermaterialien zur Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen zurückgehaltenen Schadstoffen“ durchgeführt (Huber et al., 2015b).

5.2 Aspekte der Kolmation: Felduntersuchungen zum Kurz- und Langzeitverhalten

Neben der Überprüfung der Wirksamkeit im Labor ist die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der dezentralen Anlagen unter realen Bedingungen ein wichtiger Aspekt. Häufig wird hier die mögliche Kolmation als möglicher Nachteil dezentraler Anlagen aufgeführt. Die Kolmation kann z. B. durch eine erhöhte Zulaufbelastung mit Feststoffen aber auch durch saisonale Einflüsse, wie beispielsweise Pollen, Blüten und Auftausalzausbringung, ausgelöst werden. Problematisch ist, dass diese Belastung ortsbezogen und zeitbezogen drastisch schwanken kann.

Eine allgemeine Aussage zur Kolmationsgefahr in der Praxis kann daher aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren vor Ort anhand von Laboruntersuchungen nur schwer getroffen werden. Jedoch wird in einem Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-3.1 unter Berufung auf verschiedene Projekte zu Betriebserfahrungen mit Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung von folgenden wesentlichen Erkenntnissen ausgegangen (Grau et al., 2011):

- Regelmäßige Abtrocknung der Versickerungs- bzw. Filterfläche kann eine Kolmation oft wirkungsvoller vermeiden als vorgeschaltete Absetzeinrichtungen.
- Kurzzeitig hoher Feststoffanfall, der bei kleinen Einzugsgebieten (z. B. Straßenbaustellen oder landwirtschaftliche Verschmutzungen) kaum vergleichmäßig wird, kann unmittelbar zur Kolmation führen.
- Filtereinheiten in technischen Behandlungsanlagen werden im Regelfall hydraulisch extrem belastet, womit die Kolmationsgefährdung steigt:
 - bei Mulden beträgt die Filterfläche in der Regel 5-15 % der angeschlossenen Fläche
 - bei Filterelementen in Schächten ist die Filterfläche teilweise < 0,2 % der angeschlossenen Fläche
 - bei mit Substrat gefüllten Entwässerungsrinnen beträgt die Filterfläche rund 2-6 % der angeschlossenen Fläche

Neben diesen Erkenntnissen muss die Empfindlichkeit der verschiedenen Anlagentypen (z. B. mit/ohne Bypass) in Verbindung mit der spezifischen Feststoffbelastung (Menge, Partikelzusammensetzung und deren Größenverteilung) des Einzugsgebiets betrachtet werden (Welker et al., 2013), um Rückschlüsse auf die Kolmation ziehen zu können. Eine allgemeingültige Aussage zur Kolmationsgefahr an einem Standort ist jedoch nur schwer möglich.

6 Zusammenfassung

Insgesamt ist festzuhalten, dass es verschiedene Vorgaben zur Bewertung dezentraler Behandlungsanlagen in einzelnen Bundesländern gibt. Teilweise sind die Grundsätze der Zulassungen solcher Anlagen übereinstimmend. So sind beispielsweise in allen Zulassungsverfahren für Verkehrsflächenabflüsse die Feststoffparameter als maßgebende Bewertungsparameter berücksichtigt. Teilweise sind aber auch völlig unterschiedliche Untersuchungsmethodiken oder Anforderungen festgelegt. Für die Metalldachabflüsse sind die gelösten Schwermetalle ausschlaggebend. Wünschenswert ist in diesem Bereich eine Vereinheitlichung hinsichtlich der verwendeten Prüfmethodik. Hierbei sind viele Einzelaspekte in der Durchführung der Prüfung (z. B. Wiederfindungsversuche des Zulaufwassers, exakte pH-Wert-Einstellung) zu beachten. In diesem Zusammenhang ist besonders wichtig, dass die benannten Prüfstellen unabhängig agieren und bei der Untersuchung einer Anlage die gleichen Ergebnisse erzeugen. Dies kann nur anhand sorgfältiger Akkreditierungsverfahren mit Nachweisen zur apparativen und personellen Ausstattung sowie durch die Teilnahme an vergleichenden Ringversuchen verschiedener Prüfstellen sichergestellt werden.

In Deutschland existiert derzeit eine steigende Anzahl an Prinzipien und ausgeführten Techniken zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung. Die Bewertung der Leistungsfähigkeit dieser Anlagen ist durch sehr unterschiedliche Datenlagen, sowohl in der Quantität als auch in der Qualität, erschwert. Entsprechend der Randbedingungen der Untersuchungen variieren die Methodiken (Labor versus Feld oder auch Kombination), die Intensität der Untersuchungen (Einzelstichproben oder mehrere Ganglinien) sowie die untersuchten Parameter inklusive der Bestimmungsmethoden. Daher ist die Umsetzung des einheitlichen Laborverfahrens zur Bestimmung der Standzeit in Bezug auf die stoffliche Limitierung empfehlenswert. Um auch die Kolmationsgefahr berücksichtigen zu können, müssen bei den im Feld durchgeführten Messprogrammen die ortsspezifischen Randbedingungen ausreichend genau beschrieben werden, damit deren Einflüsse auf die verschiedenen Anlagentypen quantifiziert werden können. Daher erscheint es sinnvoll, das Betriebsverhalten der in zunehmendem Maße eingebauten dezentralen Behandlungsanlagen regelmäßig zu untersuchen. Erste Erfahrungen zeigen, dass es Randbedingungen gibt, die zu einer schnellen Kolmation der Anlagen führen können (z. B. durch organische Belastungen oder hohen Sandeintrag). Stellt sich dieser Effekt systematisch und häufiger ein, müssten auch die bestehenden Prüfverfahren um eine aussagefähige Prüfung auf Kolmation, beispielsweise in Versuchsfeldern, erweitert werden. Zwischenzeitlich ist bei der Realisierung der dezentralen Behandlungsanlagen die Formulierung und Prüfung einer zielführenden Betriebsstrategie sehr zu empfehlen.

Eine allgemeine Tendenz geht zum Anschluss immer größerer Flächen an dezentrale Behandlungssysteme. Gegenwärtig werden bei den dezentralen Anlagen meist Flächen im Bereich von ca. 500 bis 3.000 m² angeschlossen. Durch die Randbedingungen des DIBt liegen die laborpraktischen Grenzen zur Zulassung zurzeit bei ca. 5.000 m² angeschlossener Fläche. Derzeit drängen aber auch zunehmend größere Systeme für Verkehrsflächenabflüsse auf den Markt, die Anschlussflächen von 10.000 m² und mehr aufweisen. Wie eine mögliche Zulassung für diese Systemtechnik und deren Anforderungen aussieht, ist noch völlig offen.

Bei Berücksichtigung dieser Aspekte ist die Realisierung von dezentralen Behandlungsanlagen zum Schutz der Gewässer bei Erfüllung bestimmter Randbedingungen (Behandlungsbedürftigkeit der Niederschlagsabflüsse, Sicherstellung der Funktionsfähigkeit, Nachweis der Reinigungsleistung, Wartung und Betrieb, ökonomische Randbedingungen) insgesamt als positiv zu bewerten.

7 Literaturverzeichnis

- BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999. BGBl. Nr. 36, S. 1554.
- BWK-M 3 (2007): Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse (November 2007). Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V., Sindelfingen.
- BWK-M 7 (2008): Detaillierte Nachweisführung immissionsorientierter Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen gemäß BWK-Merkblatt 3 (November 2008). Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V., Sindelfingen.
- Dannecker, W.; Au, M.; Stechmann, H. (1990): Substance load in rainwater runoff from different streets in Hamburg. Science of the Total Environment 93, 385-392.
- Dauber, L.; Novak, B.; Zobrist, J.; Zürcher, F. (1979): Schmutzstoffe im Regenwasserkanal einer Autobahn. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft. Beeinflussung der Gewässergüte durch Regenabflüsse von Straßen. Band 64, Oldenbourg Verlag, München, 41-57.
- DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) (2012): Zulassungsgrundsätze für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen. Teil 2: Wasserdurchlässige Beläge für Kfz-Verkehrsflächen für die Behandlung des Abwassers zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser (Abwasserbehandelnde Flächenbeläge). Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, April 2012.
- DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) (2015a): Zulassungsgrundsätze für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen. Teil 1: Anlagen zur dezentralen Behandlung des Abwassers von Kfz-Verkehrsflächen zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, Januar 2015.
- DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) (2015b): Zulassungssuche national. <http://www.dibt.de/>
- DWA-A 138 (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2005. ISBN: 3-937758-66-6.
- DWA-A 166 (2013): Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung (November 2013). DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2005. ISBN: 978-3-941897-54-0.
- DWA-M 153 (2007): Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2013. ISBN-13: 978-3-942964-50-0.
- DWA-M 176 (2013): Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2013. ISBN 978-3-942964-99-9.
- DWA-M 178 (2005): Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2007. ISBN 978-3-937758-37-4.
- fbr (Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V.) (2015): Marktübersicht Regenwassernutzung und Regenwasserversickerung. Ausgabe 2015/2016. Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V., Darmstadt.

- Grau, A.; Grotehusmann, D.; Harms, R.W.; Helmreich, B.; Petry, H.G.; Remmler, F.; Scheufele, G.; Schneider, F. (2011): Erkenntnisse und Erfahrungen bei der Anwendung des Arbeitsblatts DWA-A 138 - Teil 1: Qualitative Hinweise. KA Abwasser, Abfall 58 (4), 335-341.
- GrwV (2010): Grundwasserverordnung vom 9. November 2010. BGBl. I S. 1513.
- He, W.; Odnevall Wallinder, I.; Leygraf, C. (2001): A Comparison Between Corrosion Rates and Runoff Rates from New and Aged Copper and Zinc as Roofing Material. Wat. Air Soil Poll. 1 (1), 67-82.
- Helmreich, B. (2010): Stoffliche Betrachtungen der dezentralen Niederschlagswasserbehandlung. Berichte aus der Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität München, Band 199, ISSN 0942-914X.
- Helmreich, B.; Horn, H. (2010): Prüfung einer Behandlungsanlage für Metaldachabflüsse nach den Prüfkriterien des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, KA Abwasser-Abfall 57 (8), 756-764.
- Helmreich, B.; Huber, M.; Welker, A.; Dierschke, M. (2014): Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben „Untersuchung von Anlagen zur Behandlung des Niederschlagswassers von Verkehrsflächen“ vom 29.07.2014.
- Hullmann, H.; Kraft, U.; Lichtnecker, H. (2003): Einsatz von Kupfer und Zink bei Dächern, Dachrinnen und Fallrohren. Sachstandsbericht. Wirtschaftsvereinigung Metalle, Düsseldorf.
- Huber, M.; Welker, A.; Dierschke, M.; Drewes, J.E.; Helmreich, B. (2014a): Ein neues Laborverfahren zur Ermittlung von Standzeiten dezentraler Anlagen zur Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen. gwf-Wasser-Abwasser 155 (5), 630-638.
- Huber, M.; Dierschke, M.; Welker, A.; Helmreich, B. (2014b): Laborverfahren zur Ermittlung von Standzeiten von Anlagen zur Behandlung des Niederschlagswassers von Verkehrsflächen. Aqua Urbanica 2014, Innsbruck, 23.-24.10.2014. ISBN 978-3-902978-28-8.
- Huber, M.; Welker, A.; Helmreich, B. (2015a): Belastung von Verkehrsflächenabflüssen mit Schwermetallen – ein europäischer Vergleich. gwf-Wasser-Abwasser 156 (9).
- Huber, M.; Hilbig, H.; Drewes, J.E.; Helmreich, B. (2015b): Einfluss von Auftausalzen auf die Remobilisierung von auf Filtermaterialien zur Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen zurückgehaltenen Schwermetallen. Aqua Urbanica 2015, Stuttgart, 07.-08.10.2015.
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2012): Nachweis der Vergleichbarkeit von dezentralen Behandlungsanlagen. http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/2012_09_25_NWdezentral_pruefung.pdf
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2015): Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung. <http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/ds.htm>
- LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, Düsseldorf.
- Leygraf, C.; Graedel, T.E. (2000): Atmospheric Corrosion. John Wiley & Sons, New York, ISBN: 0-471-37219-6.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2011): Prüfkriterien zur vorläufigen Beurteilung von Behandlungsanlagen zum Rückhalt von Metallionen aus Niederschlagsabflüssen von Metaldächern, 03. Januar 2011. http://www.lfu.bayern.de/wasser/niederschlagswasser_umgang/versickerung/doc/pruefkriterien_be-handlungsanlagen.pdf

- LfU-Merkblatt 4.3/2 (2012): Hinweise zur Anwendung des Merkblatts DWA-M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser.“
http://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil4_oberirdische_gewaesser/index.htm
- LfU-Merkblatt 4.3/11 (2004): Gewässergütewirtschaft. Technische Information und fachlicher Erfahrungsaustausch. Arbeitsblatt ATV – DVWK – A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ vom Januar 2002.
http://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil4_oberirdische_gewaesser/index.htm
- LfU-Merkblatt Nr. 4.4/22 (2013): Anforderungen an Einleitungen von häuslichem und kommunalem Abwasser sowie an Einleitungen aus Kanalisationen.
http://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil4_oberirdische_gewaesser/index.htm
- Mantel-Verordnung (2012): Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzstoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Entwurf 31.10.2012.
- MKULNV (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2012): Erlass zur Niederschlagswasserbeseitigung vom 20.04.2012.
http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/Erlass_NW_dez_sys_20-4-2012%20%282%29.pdf
- Moll, B.; Quadflieg, A. (2014): Aktualisierung der Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, Wasser und Abfall (3), 10-14.
- MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2005): Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren, MUNLV vom 26.05.2005 („Trenn-Erlass“).
- NWFreiV (2008): Verordnung über die schadlose Versickerung von gesammeltem Niederschlagswasser. Niederschlagswasserfreistellungsverordnung vom 11. September 2008, Bayerisches Gesetz- und Verordnungsblatt Nr. 20/2008.
- Schriewer, A.; Horn, H.; Helmreich, B. (2008): Time focused measurements of roof runoff quality, Corr. Sci. 50 (2), 384-391.
- SEK (Stadtentwässerungsbetriebe Köln) (2011): Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung in Trennsystemen – Umsetzung des Trennerlasses. Forschungsvorhaben gefördert vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Projektlaufzeit: 10.07.2008 – 30.12.2010, Köln, März 2011.
- Sommer, H.; Post, M.; Estupinan, F. (2014): Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen – Übersicht verfügbarer Anlagen, 2. Auflage, erstellt im Rahmen des Projektes „Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen“, gefördert durch das Land Berlin im Rahmen des Umwelt Entlastungs-Programms Berlin und mit Mitteln des EU EFRE Fonds (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung).
- TRENGW (2008): Technische Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser vom 17. Dezember 2008. Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit Nr: 52e-U4502-2008/28-1b.
- TRENOG (2008): Technische Regel zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in oberirdische Gewässer vom 1. Februar 2002 – Allgemeines Ministerialamtsblatt – AllMBI 2002 S. 121. Aktualisiert: Az.: 52e-U4502-2008/28-1a.

- UBA (2005): Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden. Forschungsbericht 202 242 20/02. UBA-FB 000824.Umweltbundesamt, Texte 19-05.
- Welker, A. (2005/2014): Schadstoffströme im urbanen Wasserkreislauf - Aufkommen und Verteilung, insbesondere in den Abwasserentsorgungssystemen. Habilitationsschrift. Schriftenreihe der TU Kaiserslautern, FG Siedlungswasserwirtschaft, Band 20. Aktualisierter Anhangband.
- Welker, A.; Dierschke, M.; Schmitt, T.G. (2011): Entwicklung eines Prüfverfahrens für den Rückhalt von Metallen in Niederschlagsabflüssen von Metalldächern – Verifizierung und Versuche zur Dauerhaftigkeit. Im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Augsburg. Schlussbericht Phase III. TU Kaiserslautern, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Kaiserslautern, Dezember 2011.
- Welker, A.; Dierschke, M.; Uhl, M.; Langner, J. (2013): Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren – Verifikation. Im Auftrag der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Hennef. Schlussbericht. FH Frankfurt am Main, FG Siedlungswasserwirtschaft und Hydromechanik, Frankfurt am Main, März 2013.
- Welker, A.; Huber, M. (2014): Dezentrale Behandlungsanlagen für Verkehrsflächenabflüsse – Stand der Technik. 42. Abwassertechnisches Seminar: Zukunftsfähige Bewirtschaftungskonzepte für Niederschlagswasser, Garching, 10.07.2014. Berichte aus der Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität München, Band 211. ISSN 0942-914X.
- Welker, A.; Huber, M.; Dierschke, M.; Drewes, J.E.; Helmreich, B. (2015): Weitergehende Anforderungen an dezentrale Behandlungsanlagen für Verkehrsflächenabflüsse: organische Schadstoffe und Phosphor. Aqua Urbanica 2015, Stuttgart, 07.-08.10.2015.
- WHG (2009): Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert am 15. November 2014, BGBl. I, 2014, S. 1724.

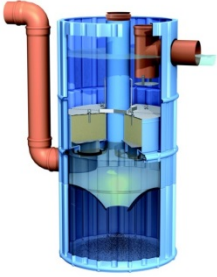
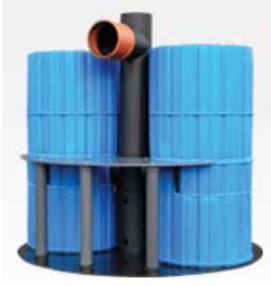
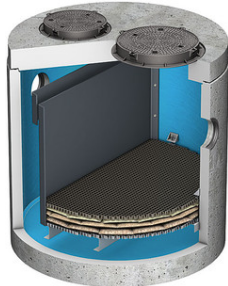

8 Überblick über derzeit auf dem deutschsprachigen Markt verfügbare dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen für Verkehrsflächenabflüsse (Schacht-/Kompaktsysteme, Rinnensysteme, Straßeneinläufe und Flächenbeläge)



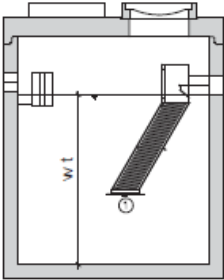
In diesem Kapitel wird eine Übersicht der dezentralen Anlagen zur Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen wiedergegeben. Diese Anlagen sind alphabetisch nach den Herstellernamen und alphabetisch nach den Produktnamen der einzelnen Systeme sortiert. Die Informationen umfassen eine Abbildung der Anlage, eine Darstellung des Aufbaus mit Wirkprinzipien, die maximal zulässige Anschlussfläche (ggf. Spanne bei verschiedenen Produktgrößen), die Wirkungsweise des Systems, die Nennung der vorhandenen Nachweise sowie eine kurze Beschreibung der Wartung bzw. Reinigung des Systems. Diese Basiskenndaten sollen einen Überblick ermöglichen, welcher regelmäßig aktualisiert werden kann. Weitergehende Informationen sind bei den Herstellern einzuholen.

Die Rechte der unter den Produktnamen abgebildeten Fotos, Skizzen und Modellabbildungen liegen bei den jeweiligen Herstellern. Die Darstellung erfolgt in Rücksprache mit diesen. Alle in diesem Dokument erwähnten Produktnamen können Marken oder eingetragene Marken der jeweiligen Eigentümer sein.

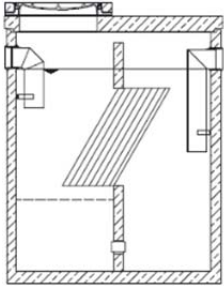
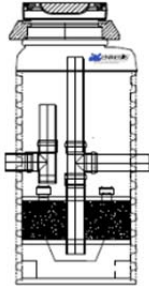
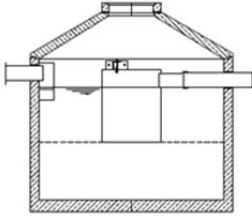
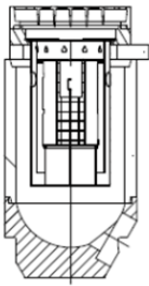
Die verschiedenen Wirkungsweisen der einzelnen Systeme wurden in sechs Kategorien gruppiert (Dichtentrennung, Filtration, Sorption, Ionenaustausch, Fällung und biochemische Umwandlung). Eine Beschreibung dieser Wirkmechanismen ist in Kapitel 4.1 gegeben. Dabei sind in der nachfolgenden Übersicht nur Wirkmechanismen aufgeführt, die ab Beginn der Inbetriebnahme zur Verfügung stehen.

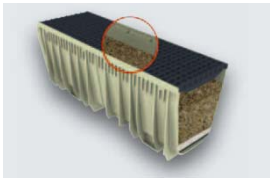
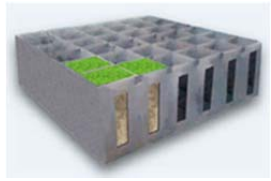
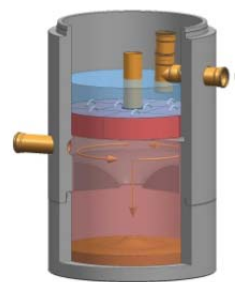
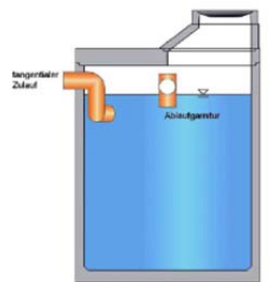
Die Nachweise umfassen einerseits die Zulassungen des DIBt (siehe Kapitel 3.1.1 und 3.1.2) sowie die Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen nach dem Trennerlass in NRW (siehe Kapitel 3.1.3). Die Zulassungsnummern sowie Verknüpfungen zu den Internetseiten des DIBt bzw. LANUV sind in Kapitel 10 zusammengefasst. Außerdem wird in dem Anlagenüberblick angegeben, ob ein Schadstoffrückhalt des Systems durch Laborversuche oder anhand von Pilotanlagen (eingebaute Anlage mit Untersuchung im Feld – umfasst von Referenzen mit Beschreibungen, über Gutachten, NRW-Überwachungsprotokolle bis hin zu wissenschaftlichen Monitoringprogrammen den gesamten Bereich der verfügbaren Untersuchungen unabhängig von der Dauer des Untersuchungszeitraums) dokumentiert wurde. Aussagen zu Rückhalteleistungen der einzelnen Systeme sind in der Übersicht nur dahingehend sichergestellt, dass beim Vorliegen einer Zulassung die in Kapitel 3 entsprechend spezifizierten Mindestrückhaltewerte für die untersuchten Parameter von dem System eingehalten werden. Dabei ist zu beachten, dass Anlagen mit reiner Dichtentrennung generell nicht für die anschließende Versickerung geeignet sind.

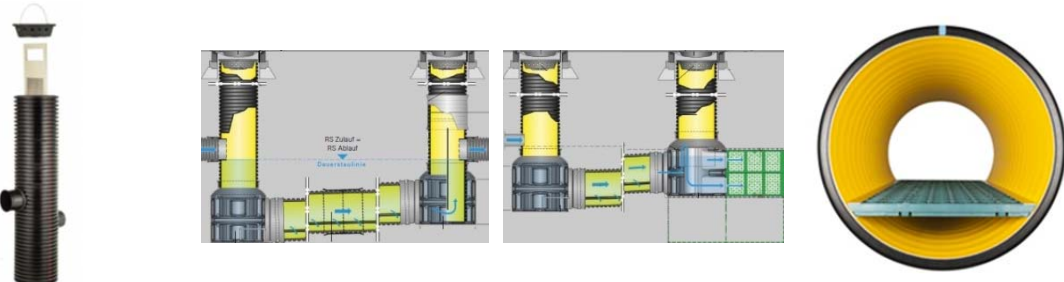
Hersteller	3P Technik Filtersysteme GmbH	3P Technik Filtersysteme GmbH	ACO Tiefbau Vertrieb GmbH	ACO Tiefbau Vertrieb GmbH
Produkt	3P Hydrosystem heavy traffic	3P Hydrosystem heavy traffic Mehrling	Schwermetallfilter HMS	Separationsstraßenablauf (SSA)
Abbildung				
Aufbau	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): dauergestautes Schachtbauwerk mit Sedimentationsraum; im Aufstromverfahren betriebene Filtereinheit, Filtersubstrat: Zeolith und Aktivkohle	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): dauergestautes Schachtbauwerk mit Sedimentationsraum; im Aufstromverfahren betriebene Filtereinheit, Filtersubstrat: Zeolith und Aktivkohle	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): Sedimentationskomponente mit nachgeschalteter Filterkomponente	dreistufiges Behandlungssystem (Straßeneinlauf) zur Vorbehandlung
Anschlussfläche	500 m ²	1.000 m ² bis 2.500 m ²	4.000 bis 10.000 m ²	500 m ²
Wirkungsweise	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch Fällung	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch Fällung	Dichtentrennung Filtration Sorption Fällung	Dichtentrennung
Zulassungen	DIBt-Zulassung seit 2005 bzw. 2010 Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2011	-	-	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2011
Weitere Nachweise	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage	Pilotanlage Laborergebnisse
Wartung	Wartungsvertrag ist abzuschließen; ordnungsgemäßer Zustand der Anlage alle zwölf Monate überprüfen (Durchlässigkeit der Filtersätze, Schlammspiegelmessung); Filtereinsätze alle drei Jahre austauschen; Reinigung der Anlage alle fünf Jahre	Wartungsvertrag wird empfohlen; ordnungsgemäßer Zustand der Anlage alle zwölf Monate überprüfen (Durchlässigkeit der Filtersätze, Schlammspiegelmessung); Filtereinsätze alle drei Jahre austauschen; Reinigung der Anlage alle fünf Jahre	Sichtkontrolle von Filter und Schlammfang nach einem Monat; alle drei Monate: Sichtkontrolle; alle sechs Monate: Messung der Schlamm-schichtdicke im Schlammfang und ggf. Entsorgung; jährlich: Kontrolle Filtermaterial und ggf. Austausch Filtermaterial und Entsorgung Schlammfanginhalt	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen

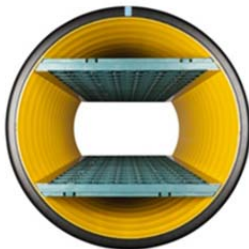



Hersteller	Aqua Clean GmbH	Aqua Clean GmbH	Bernhard Müller GmbH	BETON systeme ZEITHAIN GmbH
Produkt	AQUAFOEL L und LS	AQUAFOEL XL	ECO Straßenwasserfilter	Wabenklärer AgilEX
Abbildung				
Aufbau	Filtereinsatz für Straßeneinläufe; Schlammfang, Koaleszenzfilter, kein Filtersubstrat; Variante LS mit zusätzlichem seitlichem Einlauf	Filtereinsatz für Straßeneinläufe; Schlammfang, Koaleszenzfilter, kein Filtersubstrat	Bodenfilter in Beton-element	Lamellenklärer
Anschlussfläche	300 m ² bis 400 m ²	1.200 m ²	projektspezifische Berechnung	666 m ² bis 24.333 m ²
Wirkungsweise	Dichtentrennung	Dichtentrennung	Filtration Sorption biochem. Umwandlung	Dichtentrennung
Zulassungen	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2014	-	-	-
Weitere Nachweise	Pilotanlage Laboregebnisse	Pilotanlage Laboregebnisse	-	-
Wartung	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen

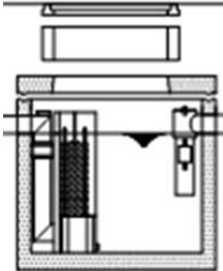
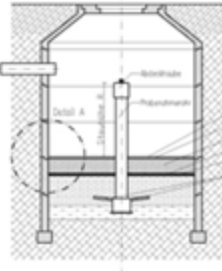


Hersteller	Betonwerk Lintel GmbH & Co. KG	BIRCO GmbH	BIRCO GmbH	BIRCO GmbH
Produkt	Cheops SV Enviro Plus	BIRCOpur	BIRCOsed	BIRCOtwinpack
Abbildung				
Aufbau	Flächenbelag mit Filtersubstrat	zweistufiges Behandlungssystem: Sedimentationsbox und Filtersack mit Filtersubstrat: Zeolith mit Aktivkohle	einstufiges Behandlungssystem mit Sedimentationsbox	Entwässerungsrinne mit zweiter Ebene für Sedimentation
Anschlussfläche	$A_{\text{U}}:A_{\text{F}}= 1:1$, Versickerungsrate 540 L/(s·ha)	20 m²/lfm	80 m²/lfm	42 m²/lfm
Wirkungsweise	Filtration Fällung	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch	Dichtentrennung	Dichtentrennung
Zulassungen	DIBt-Zulassung seit 2009 bzw. 2014	DIBt-Zulassung seit 2012	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2015	-
Weitere Nachweise	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	-
Wartung	Verunreinigungen regelmäßig entfernen und ordnungsgemäße Füllung überprüfen; nach 10 Jahren oder wiederholtem Auftreten von Rückstau Versickerungsrate prüfen	grobe Verunreinigungen regelmäßig entfernen; ordnungsgemäßer Zustand der Anlage alle zwölf Monate überprüfen (Lage der Einbauteile, Schlammspiegelmessung); Entleerung bei Schlamm Spiegel oberhalb der Markierung in Sedimentationsbox; nach 10 Jahren Austausch der Filtersäcke	grobe Verunreinigungen regelmäßig entfernen; erste Kontrolle sechs Monate nach Einbau; Kontrollintervall kann abhängig vom Ergebnis auf ein Jahr erhöht werden (Lage der Einbauteile, Schlammspiegelmessung), Entleerung bei Schlamm Spiegel oberhalb der Markierung in Sedimentationsbox	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen

Hersteller	ENREGIS GmbH	ENREGIS GmbH	ENREGIS GmbH	ENREGIS GmbH
Produkt	Lamellenklärer	Schwermetall-Adsorptionsfilter-schacht ESAF	Sedimentationsanlage	Straßeneinlaufsystem ENVIA
Abbildung				
Aufbau	Sedimentationsanlage mit Lamellen	Adsorptionsfilter-schacht	Sedimentationsanlage in Stahlbetonschacht	Straßeneinlauf
Anschlussfläche	572 m ² bis 3.782 m ²	200 m ² bis 3.000 m ²	260 m ² bis 2.300 m ²	500 m ²
Wirkungsweise	Dichtentrennung	Filtration Sorption Ionenaustausch	Dichtentrennung	Dichtentrennung
Zulassungen	-	-	-	-
Weitere Nachweise	Laborergebnisse	Laborergebnisse	Laborergebnisse	Laborergebnisse
Wartung	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen

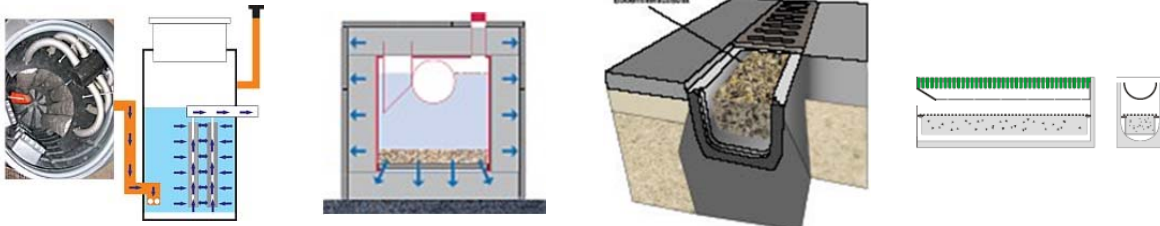
Hersteller	ENREGIS GmbH	ENREGIS GmbH	EUROFILTRATOR e.K.	Finger Baustoffe GmbH
Produkt	Vivo Channel	Vivo Stone heavy traffic mit Biocalith MR	Substrat-Filterschacht	Sedimentationsbecken FSB-R/FSB-J/FSB-RE
Abbildung				
Aufbau	einstufiges Behandlungssystem: mit zwei Filtersubstraten (Biocalith RCS/K) gefüllte Sickersmulde	Flächenentsiegelungssystem mit Filtersubstrat Biocalith MR	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): dauergestautes Schachtbauwerk mit Sedimentationsraum, Hydrozyklon, im Aufstromverfahren betriebene Filtereinheit, Filtersubstrat: Beton	Sedimentationsbecken in Betonschacht; drei verschiedene Bauformen: Rundbehälter, Jumbobehälter oder Großbehälter in Segmentbauweise
Anschlussfläche	15 m ² /lfm	-	500 m ² bzw. 1.000 m ²	260 m ² bis 44.890 m ²
Wirkungsweise	Filtration Sorption Ionenaustausch	Filtration Sorption Ionenaustausch biochem. Umwandlung	Dichtentrennung Filtration Sorption biochem. Umwandlung Fällung	Dichtentrennung
Zulassungen	DIBt-Zulassung seit 2014	-	-	-
Weitere Nachweise	Pilotanlage Laborergebnisse	-	Laborergebnisse	-
Wartung	Verunreinigungen regelmäßig entfernen; im ersten Betriebsjahr Höhe der Substratschüttung monatlich visuell überprüfen; nach 10 Jahren Versickerungsrate und Zinkgehalt des Substrates überprüfen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Entfernung von Verunreinigungen (Grobstoffe) sowie Sichtkontrolle halbjährlich, jährliche Entleerung des Schlammfangs; Filter alle sechs bis zehn Jahre zu reinigen und/oder auszutauschen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen



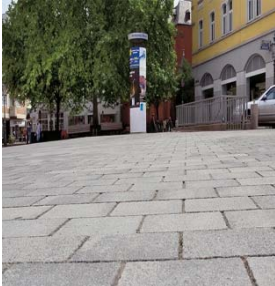

Hersteller	FRÄNKISCHE ROHRWERKE GmbH & Co. KG	FRÄNKISCHE ROHRWERKE GmbH & Co. KG	FRÄNKISCHE ROHRWERKE GmbH & Co. KG	FRÄNKISCHE ROHRWERKE GmbH & Co. KG
Produkt	RigoClean	SediPipe level	SediPipe basic	SediPipe XL
Abbildung				
Aufbau	zwei Absetzräume; Spaltsieb; Tauchrohr; zwei Baugrößen	zweistufiges Behandlungssystem: rohrförmige Sedimentationsstrecke mit unterem Strömungstrenner im Dauerstau mit nachgeschaltetem Tauchrohr; fünf Baugrößen; Mehrfachanlagen möglich	zweistufiges Behandlungssystem analog zu SediPipe level; zur direkten, konstruktiven Einbindung in Füllkörperrigolen und -behälter; fünf Baugrößen; Mehrfachanlagen möglich	zweistufiges Behandlungssystem analog zu SediPipe level; größere anschließbare Flächen sowie Schlamm- und Ölsammelräume, Start- und Zielschächte DN1000; vier Baugrößen; Mehrfachanlagen möglich
Anschlussfläche	500 m ² bzw. 1.000 m ²	325 m ² bis 23.350 m ²	325 m ² bis 23.350 m ²	524 m ² bis 44.450 m ² 2.000 m ² (NRW)
Wirkungsweise	Dichtentrennung Filtration	Dichtentrennung	Dichtentrennung	Dichtentrennung
Zulassungen	-	-	-	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2011 (SediPipe XL 600/12)
Weitere Nachweise	Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse
Wartung	anfangs monatlich auf Schmutzanfall zu kontrollieren und ggf. zu reinigen; Wartung mindestens einmal jährlich (Absaugen des Wassers und des Sediments sowie Spülung des Schachts und der Einbauteile)	Erstwartung: nach einem Jahr mit TV-Inspektion zur Festlegung des spezifischen Wartungsintervalls empfohlen; Regelwartung (alle 2-3 Jahre): Entleerung über Startschacht mittels Kanalreinigungstechnik (Spül-Saugfahrzeug) mit Hochdruckreinigung und Absaugen des Spülgutes	Erstwartung: nach einem Jahr mit TV-Inspektion zur Festlegung des spezifischen Wartungsintervalls empfohlen; Regelwartung (alle 2-3 Jahre): Entleerung über Startschacht mittels Kanalreinigungstechnik (Spül-Saugfahrzeug) mit Hochdruckreinigung und Absaugen des Spülgutes	Erstwartung: nach einem Jahr mit TV-Inspektion zur Festlegung des spezifischen Wartungsintervalls empfohlen; Regelwartung (alle 2-3 Jahre): Entleerung über Startschacht mittels Kanalreinigungstechnik (Spül-Saugfahrzeug) mit Hochdruckreinigung und Absaugen des Spülgutes

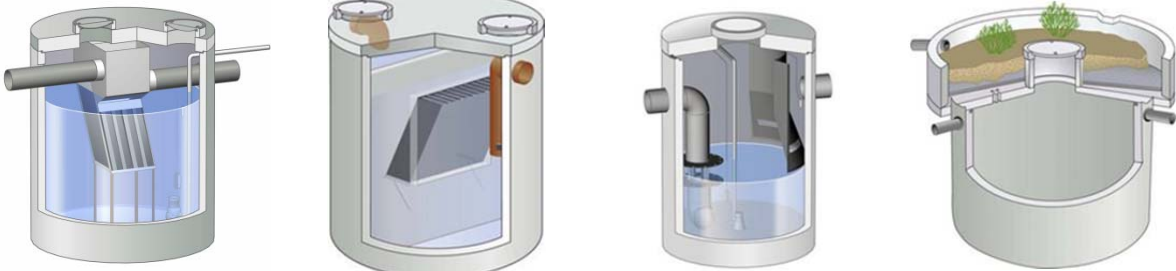
Hersteller	FRÄNKISCHE ROHRWERKE GmbH & Co. KG	FRÄNKISCHE ROHRWERKE GmbH & Co. KG	FRÄNKISCHE ROHRWERKE GmbH & Co. KG	FRÄNKISCHE ROHRWERKE GmbH & Co. KG
Produkt	SediPipe XL plus	SediSubstrator basic	SediSubstrator XL	SediSubstrator XL 600/12 und SediSubstrator XL 600/12+12
Abbildung				
   				
Aufbau	zweistufiges Behandlungssystem analog zu SediPipe XL; zusätzlich mit oberem Strömungstrenner zur gezielten Abscheidung von Leichtflüssigkeiten auch bei Durchfluss; vier Baugrößen; Mehrfachanlagen möglich	zweistufiges Behandlungssystem analog SediPipe basic, zusätzlich mit Substratpatrone im Ablaufschacht, Filtersubstrat Eisenhydroxid; drei Baugrößen; Mehrfachanlagen möglich	zweistufiges Behandlungssystem analog SediPipe XL, zusätzlich mit Substratpatrone im Ablaufschacht, Filtersubstrat Eisenhydroxid; vier Baugrößen; Mehrfachanlagen möglich	zweistufiges Behandlungssystem analog SediPipe XL, zusätzlich mit Substratpatrone im Ablaufschacht, Filtersubstrat Eisenhydroxid; zwei Baugrößen
Anschlussfläche	524 m ² bis 44.450 m ²	450 m ² bis 940 m ²	1.500 m ² bis 3.000 m ²	1.500 m ² bzw. 3.000 m ²
Wirkungsweise	Dichttrennung	Dichttrennung Filtration Sorption	Dichttrennung Filtration Sorption	Dichttrennung Filtration Sorption
Zulassungen	-	-	-	DIBt-Zulassung seit 2013
Weitere Nachweise	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse
Wartung	Erstwartung: nach einem Jahr mit TV-Inspektion zur Festlegung des spezifischen Wartungsintervalls empfohlen; Regelwartung (alle 2-3 Jahre): Entleerung über Startschacht mittels Kanalreinigungstechnik (Spül-Saugfahrzeug) mit Hochdruckreinigung und Absaugen des Spülgutes	Wartungsvertrag wird empfohlen; Eigenkontrolle alle drei Monate; Entnahme der Filterpatronen mit Substrataustausch sowie Reinigung und Prüfung auf ordnungsgemäßen Zustand der Anlage alle vier Jahre, Hochdruckreinigung mittels Kanalreinigungstechnik (Spül-Saugfahrzeug) und Absaugen des Spülgutes	Wartungsvertrag wird empfohlen; Eigenkontrolle alle drei Monate; Entnahme der Filterpatronen mit Substrataustausch sowie Reinigung und Prüfung auf ordnungsgemäßen Zustand der Anlage alle vier Jahre, Hochdruckreinigung mittels Kanalreinigungstechnik (Spül-Saugfahrzeug) und Absaugen des Spülgutes	Wartungsvertrag ist abzuschließen; Eigenkontrolle alle drei Monate; Entnahme der Filterpatronen mit Substrataustausch sowie Reinigung und Prüfung auf ordnungsgemäßen Zustand der Anlage alle vier Jahre, Hochdruckreinigung mittels Kanalreinigungstechnik (Spül-Saugfahrzeug) und Absaugen des Spülgutes

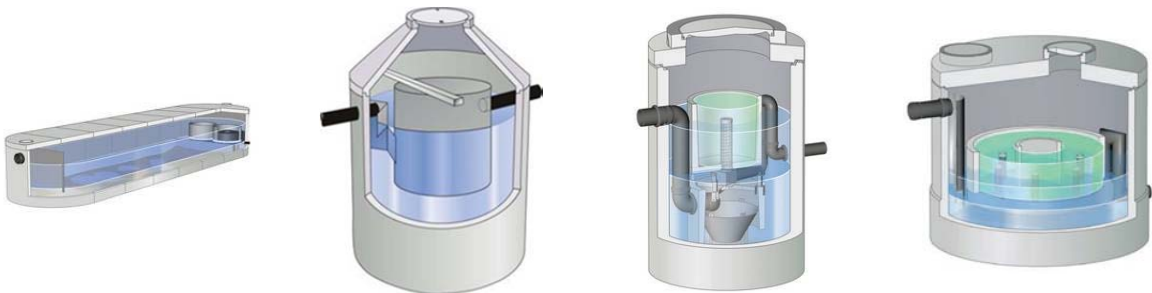
Hersteller	Freylit Umwelttechnik GmbH	Freylit Umwelttechnik GmbH	Funke Kunststoffe GmbH	Funke Kunststoffe GmbH
Produkt	Parkflächenentwässerungssystem PFE	Sickerschachteinlagen	D-Rainclean	INNOLET
Abbildung				
Aufbau	Schlammfang, Mineralölabscheider, Restölabscheider	Sickerschacht mit Filtermatte aus zwei losen Geotextillagen mit Filtersubstrat	einstufiges Behandlungssystem mit Filtersubstrat gefüllte Sickermulde, komplexe Substratzusammensetzung, welche verschiedene Rückhalte-mechanismen nutzt	zweistufiger Filtereinsatz für Straßeneinläufe mit Filtersubstrat
Anschlussfläche	projektspezifische Berechnung	projektspezifische Berechnung	12 m²/lfm	250 m² bzw. 400 m²
Wirkungsweise	Dichtentrennung	Filtration Sorption	Filtration Sorption Ionenaustausch Fällung biochem. Umwandlung	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch
Zulassungen	-	-	DIBt-Zulassung seit 2006 bzw. 2011	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2011 bzw. 2014
Weitere Nachweise	-	-	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse
Wartung	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Filtermatte nach jedem Starkregenereignis bzw. in Intervallen von zwei Monaten kontrollieren; jährliche Erneuerung des Deckvlieses; Austausch Filtersubstrat alle zwei bis drei Jahre	Verunreinigungen regelmäßig entfernen; im ersten Betriebsjahr Höhe der Substratschüttung monatlich visuell überprüfen; nach zehn Jahren Versickerungsrate und Zinkgehalt des Substrates überprüfen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen


Hersteller	Funke Kunststoffe GmbH	Godelmann GmbH & Co. KG/Klostermann GmbH & Co. KG	Hauraton GmbH & Co. KG	Hauraton GmbH & Co. KG
Produkt	INNOLET-G	DRAINSTON protect	DRAINFIX CLEAN 300	DRAINFIX CLEAN 400
Abbildung				
Aufbau	zweistufiger Filtereinsatz für Straßeneinläufe mit Nassschlammfang und Filtersubstrat	Flächenbelag mit Fugen- und Bettungsmaterial	einstufiges, trocken fallendes mit Carbonathaltigem Filtersubstrat gefülltes Retentionsrinnenfiltersystem; kein Dauereinstau; in NRW mit Notüberlauf möglich ($A_F:A_U=0,6\%$), Retentionsvolumen: 15 m³ bis 60 m³/haA _U	einstufiges, trocken fallendes mit Carbonathaltigem Filtersubstrat gefülltes Retentionsrinnenfiltersystem; kein Dauereinstau; in NRW mit Notüberlauf möglich ($A_F:A_U=0,6\%$), Retentionsvolumen: 15 m³ bis 60 m³/haA _U
Anschlussfläche	250 m²	$A_U:A_F= 1:1$, Versickerungsrate 540 L/(s·ha)	12 m²/lfm (DIBt), 50 m²/lfm (NRW)	18 m²/lfm (DIBt), 75 m²/lfm (NRW)
Wirkungsweise	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch	Filtration Fällung	Dichtentrennung Filtration Ionenaustausch Fällung biochem. Umwandlung	Dichtentrennung Filtration Ionenaustausch Fällung biochem. Umwandlung
Zulassungen	-	DIBt-Zulassung seit 2012	DIBt-Zulassung seit 2011 Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2015	DIBt-Zulassung seit 2011 Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2015
Weitere Nachweise	Pilotanlage	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse
Wartung	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Verunreinigungen regelmäßig entfernen und ordnungsgemäße Fugenfüllung im ersten Jahr monatlich überprüfen; nach 10 Jahren oder wiederholtem Auftreten von Rückstau Versickerungsrate überprüfen	Verunreinigungen regelmäßig entfernen; im ersten Betriebsjahr Höhe der Substratschüttung monatlich visuell überprüfen; nach 10 Jahren Versickerungsrate und Zinkgehalt des Substrates überprüfen	Verunreinigungen regelmäßig entfernen; im ersten Betriebsjahr Höhe der Substratschüttung monatlich visuell überprüfen; nach 10 Jahren Versickerungsrate und Zinkgehalt des Substrates überprüfen




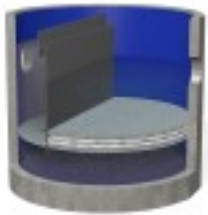
Hersteller	Heitker GmbH	Heitker GmbH	Heitker GmbH	Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
Produkt	Substrat-Filterschacht DN 1000	Regenwasser-Revisions-Rigolen mit Bodenfiltersubstrat	Rinnenfilter	INNOLET-Rinne
Abbildung				
Aufbau	Filterschacht mit Sedimentationsvorrichtung und Filtereinsätzen	Rigolen mit Bodenfiltersubstrat	Filterung von Flächenablaufwasser ohne Höhenverlust über Bodenfiltersubstrat	Grobstoffabscheidung, Adsorptionsmaterial
Anschlussfläche	100 m ² je Element, max. 1.000 m ²	projektspezifische Berechnung	projektspezifische Berechnung	projektspezifische Berechnung
Wirkungsweise	Dichtentrennung Filtration Sorption	Filtration Sorption biochem. Umwandlung	Filtration Sorption biochem. Umwandlung	Filtration Sorption Ionenaustausch Fällung biochem. Umwandlung
Zulassungen	-	-	-	-
Weitere Nachweise	Laborergebnisse	-	-	Pilotanlage Laborergebnisse
Wartung	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen





Hersteller	Klostermann GmbH & Co. KG/Godelmann GmbH & Co. KG	Klostermann GmbH & Co. KG/Godelmann GmbH & Co. KG	Klostermann GmbH & Co. KG/Godelmann GmbH & Co. KG	Mall GmbH
Produkt	Pflastersysteme gd protect	GEOSTON protect	Pflastersysteme hp protect	Innodrain
Abbildung				
Aufbau	Flächenbelag mit Fugen- und Bettungsmaterial	Flächenbelag mit Fugen- und Bettungsmaterial	Flächenbelag mit Fugen- und Bettungsmaterial	einstufiges Behandlungssystem: Tiefbeet als einstufähige Versickerungsmulde mit darunterliegender Füllkörperrigole
Anschlussfläche	$A_U:A_F = 1:1$, Versickerungsrate 540 L/(s·ha)	$A_U:A_F = 1:1$, Versickerungsrate 540 L/(s·ha)	$A_U:A_F = 1:1$, Versickerungsrate 540 L/(s·ha)	250 m² bis 400 m² (beliebig erweiterbar)
Wirkungsweise	Filtration Sorption Ionenaustausch	Filtration Sorption Ionenaustausch	Filtration Sorption Ionenaustausch	Filtration Sorption biochem. Umwandlung
Zulassungen	DIBt-Zulassung seit 2014	DIBt-Zulassung seit 2006 bzw. 2011	DIBt-Zulassung seit 2014	-
Weitere Nachweise	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage
Wartung	Verunreinigungen regelmäßig entfernen und ordnungsgemäße Fugenfüllung im ersten Jahr monatlich überprüfen; nach 10 Jahren oder wiederholtem Auftreten von Rückstau Versickerungsrate überprüfen	Verunreinigungen regelmäßig entfernen und ordnungsgemäße Fugenfüllung im ersten Jahr monatlich überprüfen; nach 10 Jahren oder wiederholtem Auftreten von Rückstau Versickerungsrate überprüfen	Verunreinigungen regelmäßig entfernen und ordnungsgemäße Fugenfüllung im ersten Jahr monatlich überprüfen; nach 10 Jahren oder wiederholtem Auftreten von Rückstau Versickerungsrate überprüfen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen

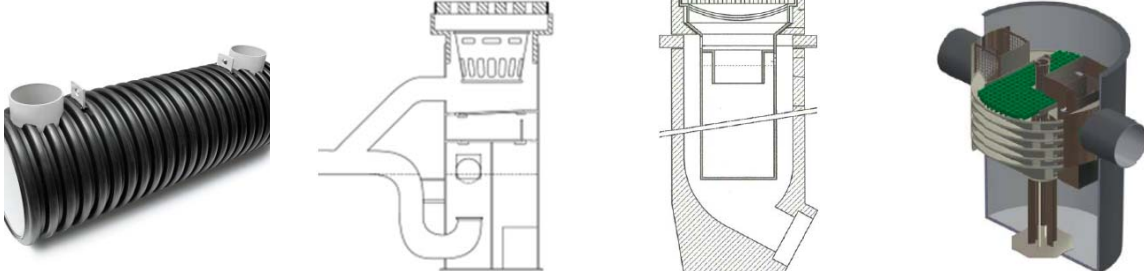
Hersteller	Mall GmbH	Mall GmbH	Mall GmbH	Mall GmbH
Produkt	Lamellenklärer ViaKan	Lamellenklärer ViaTub	Regenklärbecken ViaStorm	Regenspeicher Terra
Abbildung				
Aufbau	Sedimentationsanlage mit Lamellen; Ausführung nach Grundsätzen DWA-M 176	Sedimentationsanlage mit Lamellen	Stahlbetonbehälterspeicher mit automatischer Beckenentleerung; Entsorgung des ersten Spülstoßes über Schmutzwasserkanalisation	Stahlbetonbehälterspeicher mit integrierter Bodenzone zur Versickerung
Anschlussfläche	3.000 m ²	500 m ² bis 40.000 m ²	1.000 m ² bis 30.000 m ²	150 m ² bzw. 300 m ²
Wirkungsweise	Dichtentrennung	Dichtentrennung	Dichtentrennung	Filtration Sorption biochem. Umwandlung
Zulassungen	-	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2011 (MLK-R 20/09)	-	-
Weitere Nachweise	-	Pilotanlage Laborergebnisse	Laborergebnisse	-
Wartung	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen

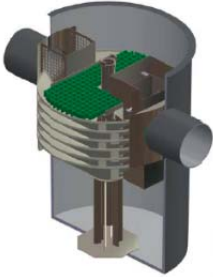
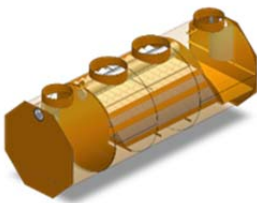
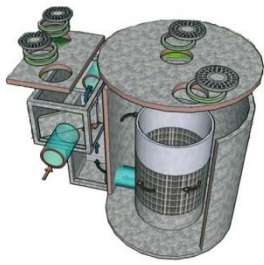
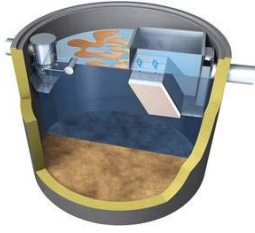
Hersteller	Mall GmbH	Mall GmbH	Mall GmbH	Mall GmbH
Produkt	Retentionsfilter Via-Save	Sedimentationsanlage ViaSedi	Substratfilter ViaPlus 500	Substratfilter ViaPlus 3000
Abbildung				
Aufbau	Stahlbetonbehälter-speicher mit nachge-schalteten ViaPlus 500	runde Anlage mit tan-gentialer Einleitung	dreistufiges Behand-lungssystem (Kom-paktanlage): Hydro-zyklon, Porenbetonfil-ter, Filtersubstrat: Zeo-lith	dreistufiges Behand-lungssystem (Kom-paktanlage): Hydro-zyklon, Porenbetonfil-ter, Filtersubstrat: Zeo-lith
Anschluss-fläche	1.000 m ² bis 30.000 m ²	250 m ² bis 5.000 m ² (ggf. Sonderlösung)	500 m ²	3.000 m ²
Wirkungs-weise	Dichtentrennung Filtration Sorption Fällung	Dichtentrennung	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch Fällung	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch Fällung
Zulassun-gen	-	-	DIBt-Zulassung seit 2011	DIBt-Zulassung seit 2013
Weitere Nachweise	-	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Laborergebnisse
Wartung	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Wartungsvertrag ist abzuschließen; Eigenkontrolle alle drei Monate; ordnungsgemäßer Zustand der Anlage alle zwölf Monate überprüfen (Durchlässigkeit der Filtersätze, Schlammspiegelmes-sung); Filtereinsätze alle vier Jahre austau-schen; Reinigung der Anlage alle fünf Jahre	Wartungsvertrag ist abzuschließen; Eigenkontrolle alle drei Monate; ordnungsgemäßer Zustand der Anlage alle zwölf Monate überprüfen (Durchlässigkeit der Filtersätze, Schlammspiegelmes-sung); Filtereinsätze alle vier Jahre austau-schen; Reinigung der Anlage alle fünf Jahre

Hersteller	MEA Water Management GmbH	MeierGuss Sales & Logistics GmbH & Co. KG	MeierGuss Sales & Logistics GmbH & Co. KG	MeierGuss Sales & Logistics GmbH & Co. KG
Produkt	MEA CLEAN PRO	BUDAVINCI E	BUDAVINCI N	BUDAVINCI Z
Abbildung				
Aufbau	einstufiges Behandlungssystem: mit zwei Filtersubstraten (Biocalith RCS/K) gefüllte Sickermulde	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): Einsatz für Straßenabläufe, äußerer Schlammfang und zentrales Element mit Filtersubstrat (Zeolith)	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): Einsatz für Straßenabläufe, äußerer Schlammfang und zentrales Element mit Filtersubstrat (Zeolith)	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): Einsatz für Straßenabläufe, äußerer Schlammfang und zentrales Element mit Filtersubstrat (Zeolith)
Anschlussfläche	15 m²/lfm	200 m²	400 m²	100 m²
Wirkungsweise	Filtration Sorption Ionenaustausch	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch
Zulassungen	DIBt-Zulassung seit 2014	-	-	DIBt-Zulassung seit 2014
Weitere Nachweise	Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse
Wartung	Verunreinigungen regelmäßig entfernen; im ersten Betriebsjahr Höhe der Substratschüttung monatlich visuell überprüfen; nach 10 Jahren Versickerungsrate und Zinkgehalt des Substrates überprüfen	Eigenkontrolle der Anlage alle sechs Monate; spätestens nach zwölf Monaten Entleerung der Schlammräume und Reinigung des Filtereinsatzes; Filteraustausch alle zwei bis drei Jahre	Eigenkontrolle der Anlage alle sechs Monate; spätestens nach zwölf Monaten Entleerung der Schlammräume und Reinigung des Filtereinsatzes; Filteraustausch alle zwei bis fünf Jahre	Wartungsvertrag ist abzuschließen; Eigenkontrolle der Anlage alle sechs Monate; spätestens nach zwölf Monaten Entleerung der Schlammräume und Reinigung des Filtereinsatzes; Filteraustausch alle drei Jahre




Hersteller	Otto Graf GmbH	Paul Schreck GmbH	Pecher Technik GmbH	Pecher Technik GmbH
Produkt	Substratfilter 400	Geotextil-Filtersack	FiltaPex	FiltaPex Modular Plus
Abbildung				
Aufbau	Substratfilter im Domschacht des Carat Regenwassertanks integriert oder in einem externen Schacht	Filtersack für Straßeneinläufe und Versickerungsschächte	zweistufiges Behandlungssystem (drei Schächte) mit Lamellensystem und nachgeschalteter Filterstufe	ein- oder zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage); optionales Strömungsberuhigungselement; optionales Lamellensystem; optional nachgeschaltete Filterstufe
Anschlussfläche	150 m ²	400 m ² (je nach Schachtgröße)	2.000 m ² bis 7.000 m ²	5.000 m ² bis 30.000 m ²
Wirkungsweise	Dichtentrennung Filtration Sorption	Dichtentrennung Filtration	Dichtentrennung Filtration Sorption Fällung	Dichtentrennung; <i>optional:</i> Filtration Sorption Fällung
Zulassungen	-	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2011	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2012	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2015
Weitere Nachweise	Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage
Wartung	Austausch der Filterelemente entsprechend ihrer Anwendung und Schadstoffkonzentration alle zwei bis fünf Jahre	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen

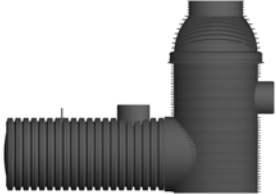
Hersteller	PURUS PLASTICS GmbH	REHAU AG + Co	REHAU AG + Co	REHAU AG + Co
Produkt	ECORASTER	RAUSIKKO Hydro-Clean HT	RAUSIKKO Hydro-Clean HT integriert in AWASCHACHT	RAUSIKKO Hydro-Maxx
Abbildung				
Aufbau	Flächenentsiegelungssystem mit Filtersubstrat	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): dauergestautes Schachtbauwerk mit Sedimentationsraum; im Aufstromverfahren betriebene Filtereinheit, Filtersubstrat: Zeolith und Aktivkohle	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): dauergestautes Schachtbauwerk mit Sedimentationsraum; im Aufstromverfahren betriebene Filtereinheit, Filtersubstrat: Zeolith und Aktivkohle	zweistufiges Behandlungssystem: Sedimentationstank und Schacht mit Filtersubstrat
Anschlussfläche	-	500 m ²	500 m ²	2.000 m ²
Wirkungsweise	Filtration Sorption Ionenaustausch biochem. Umwandlung	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch
Zulassungen	-	DIBt-Zulassung seit 2010	DIBt-Zulassung seit 2011	-
Weitere Nachweise	Pilotanlage	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Laborergebnisse
Wartung	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Wartungsvertrag ist abzuschließen; ordnungsgemäßer Zustand der Anlage alle zwölf Monate überprüfen (Durchlässigkeit der Filtersätze, Schlammspiegelmessung); Filtereinsätze alle drei Jahre austauschen; Reinigung der Anlage alle fünf Jahre	Wartungsvertrag ist abzuschließen; ordnungsgemäßer Zustand der Anlage alle zwölf Monate überprüfen (Durchlässigkeit der Filtersätze, Schlammspiegelmessung); Filtereinsätze alle drei Jahre austauschen; Reinigung der Anlage alle fünf Jahre	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen

Hersteller	REHAU AG + Co	ROVAL Umwelt Technologien Vertriebsges. mbH	ROVAL Umwelt Technologien Vertriebsges. mbH	Saint Dizier environnement
Produkt	RAUSIKKO SediClean	CENTRIFOEL	ROVALIQUA	STOPPOL 10 C
Abbildung				
Aufbau	Sedimentationsstrecke (Rohr)	Sicherheitsstraßenablauf, zweistufiges System mit selbsttätigem Absperrventil für Havariefall, mit Notüberlauf, kein Filtersubstrat, Varianten mit seitlichen Einläufen und vorgeschalteten Schlammfang	Nachrüsteinsatz für Straßeneinläufe, einstufiges Behandlungssystem mit Notüberlauf, kein Filtersubstrat	Sedimentations-schacht mit patentierten Lamellen
Anschlussfläche	3.500 m ² bis 14.500 m ²	400 m ²	400 m ²	1.000 m ²
Wirkungsweise	Dichtentrennung	Dichtentrennung	Dichtentrennung	Dichtentrennung
Zulassungen	-	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2011	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2015	Vergleichbarkeit mit zentralen Anlagen NRW 2014
Weitere Nachweise	-	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse
Wartung	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	halbjährlich, zur Kanalinspektion mittels Kamera und Kanalhochdruckspülung geeignet	halbjährlich, zur Kanalinspektion mittels Kamera und Kanalhochdruckspülung geeignet	einmal pro Jahr den Schlamm mit der B-Kupplung absaugen und die Reinigung durchführen

Hersteller	Saint Dizier environ- nement	Saint Dizier environ- nement	Steinhardt GmbH Wassertechnik	SW Umwelttechnik Österreich GmbH
Produkt	STOPPOL 10 CKF	UTEP LI	HydroTwister	Mineralölabscheider Euro-Sedirat
Abbildung				
Aufbau	Sedimentations- schacht mit patentier- ten Lamellen und nachgeschaltetem Filterpaket	Sedimentationsanlage mit Wabenlamellen, bemessen nach VI- CAS-Protokoll	Filterschacht mit Ge- röll- und Sandfang, Rechen, Tauchwand und dynamischem Abscheider	Filterschacht mit Ab- scheidern
Anschluss- fläche	1.000 m ²	2.500 m ² bis 37.500 m ²	projektspezifische Berechnung	-
Wirkungs- weise	Dichtentrennung Sorption	Dichtentrennung	Dichtentrennung	Dichtentrennung
Zulassun- gen	-	-	-	-
Weitere Nachweise	Pilotanlage Laborergebnisse	-	-	-
Wartung	einmal pro Jahr den Schlamm mit der B- Kupplung absaugen und die Reinigung durchführen, halbjähr- lich das Filterpaket tauschen	einmal pro Jahr den Schlamm absaugen und die Reinigung durchführen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	einmal monatlich so- wie nach besonderen Vorkommnissen (z. B. Unwetter, Ausfließen von Mineralöl) zu kon- trollieren; Wartung mindestens einmal jährlich (Messen der Schlammhöhe und Schlamm Entsorgung der Ölschichtstärke und Ölschichtstärke; Reinigung der Anlage)

Hersteller	SW Umwelttechnik Österreich GmbH	SW Umwelttechnik Österreich GmbH	SW Umwelttechnik Österreich GmbH	SW Umwelttechnik Österreich GmbH
Produkt				
Abbildung				
Aufbau				
Anschluss- fläche				
Wirkungs- weise				
Zulassun- gen				
Weitere Nachweise Wartung				

Hersteller	SW Umwelttechnik Österreich GmbH	Wavin GmbH	Wavin GmbH	Wavin GmbH
Produkt		Certaro HDS Pro	Certaro Substratfilter	SediStream Plus
Abbildung				
Aufbau		Schachtsystem mit Zulauf über ein Zentralkrohr in einen Schlammfangbehälter, Auslauf über ein Wendelsystem mit Aufstiegsneigung zur Rückführung von Sedimenten in den Schlammfang	Schachtsystem mit integrierter Filtersubstratkartusche, axiale Anströmung des Substrates für eine große Filteroberfläche und schwimmergesteuerter Durchflussregulierung, zwei verschiedene Substrate zur Auswahl	Modulare Sedimentationsstrecke im Dauerstau mit Tauchrohr im Auslauf zum Rückhalt von Schwimm- und Schwebstoffen, sowie patentiertem Zulaufmodul zur Erhöhung der Sedimentationsleistung.
Anschlussfläche		250 m ² bis 2.500 m ²	1.000 m ²	1.000 m ² bis 15.000m ² (modular erweiterbar)
Wirkungsweise		Dichtentrennung	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch Fällung	Dichtentrennung
Zulassungen		-	-	-
Weitere Nachweise		Laborergebnisse	Laborergebnisse	Pilotanlage Laborergebnisse
Wartung		Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Anlage ist je nach örtlichen Gegebenheiten, Verschmutzungsgrad sowie der anzuschließenden Fläche zu warten und zu reinigen; die Erstwartung wird innerhalb eines Jahres mittels TV-Inspektion und Standard-Saugschlauch und Spülung empfohlen; Folgeintervalle sind nach der Erstinspektion zu definieren

Hersteller	Wavin GmbH
Produkt	SediStream Plus begehrbar
Abbildung	
Aufbau	Prinzip analog SediStream Plus jedoch mit begehrbarem Auslaufmodul und einer zusätzlichen Möglichkeit zur separaten, gezielten Entfernung von Schwimmstoffen (Leichtflüssigkeiten, Laub, etc.) im Auslauf
Anschlussfläche	1.000 m² bis 15.000m² (modular erweiterbar)
Wirkungsweise	Dichtentrennung
Zulassungen	-
Weitere Nachweise	Pilotanlage Laborergebnisse
Wartung	Die Anlage ist je nach örtlichen Gegebenheiten, Verschmutzungsgrad sowie der anzuschließenden Fläche zu warten und zu reinigen. Die Erstwartung wird innerhalb eines Jahres mittels TV-Inspektion und Standard-Saugschlauch und Spülung empfohlen. Folgeintervalle sind nach der Erstinspektion zu definieren.

9 Überblick über derzeit auf dem deutschsprachigen Markt verfügbare dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen für Metaldachabflüsse (Schacht-/Kompaktsysteme)



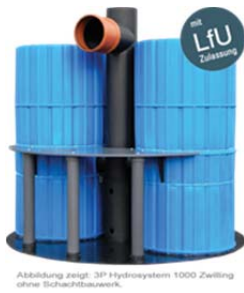

In diesem Kapitel wird eine Übersicht der dezentralen Anlagen zur Behandlung von Metaldachabflüssen wiedergegeben. Dezentrale Anlagen für diesen Anwendungszweck sind nötig, da die zur Eindeckung von Dächern eingesetzten unbeschichteten Schwermetalle Kupfer, Zink und Blei einen steten Korrosionsprozess durchlaufen, der zwar im Laufe der Jahre eine stabile Schutzschicht (Patina) ausbildet, jedoch trotz fortschreitender Patina bei jedem Regenereignis zur Abschwemmung von Kupfer- bzw. Zinkionen führt (Leygraf und Graedel, 2000; He et al., 2001). Die Abschwemmrate ist dabei definiert als die Menge Metall, die von der Patina pro Oberflächen- und Zeiteinheit freigesetzt wird. Korrosion und Abschwemmung finden unabhängig voneinander statt. Für den europäischen Raum liegen die jährlichen Abschwemmraten für Kupferdächer bei 1,3 g/(m²·a), für Zinkdächer bei 3,0 g/(m²·a) und für Bleidächer bei 0,2-8,0 g/(m²·a) (UBA, 2005). Daher ist in den Abläufen von Metaldächern immer mit einer Konzentration an Schwermetallionen im µg/L bis mg/L-Bereich zu rechnen, unabhängig von der Regendauer und Regenintensität (Schriewer et al., 2008; Helmreich, 2010).





Die aufgeführten dezentralen Anlagen sind alphabetisch nach den Herstellernamen und alphabetisch nach den Produktnamen der einzelnen Systeme sortiert. Die Informationen umfassen eine Abbildung der Anlage, eine Darstellung des Aufbaus mit Wirkprinzipien, die maximal zulässige Anschlussfläche (ggf. Spanne bei verschiedenen Produktgrößen), die Wirkungsweise des Systems, die Nennung der vorhandenen Nachweise sowie eine kurze Beschreibung der Wartung bzw. Reinigung des Systems. Diese Basiskennndaten sollen einen Überblick ermöglichen, welcher regelmäßig aktualisiert werden kann. Weitergehende Informationen sind bei den Herstellern einzuholen.

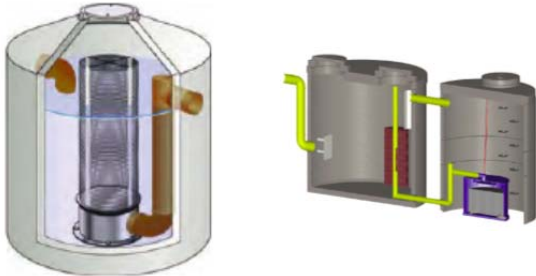
Die Rechte der unter den Produktnamen abgebildeten Fotos, Skizzen und Modellabbildungen liegen bei den jeweiligen Herstellern. Die Darstellung erfolgt in Rücksprache mit diesen. Alle in diesem Dokument erwähnten Produktnamen können Marken oder eingetragene Marken der jeweiligen Eigentümer sein.

Die verschiedenen Wirkungsweisen der einzelnen Systeme wurden in sechs Kategorien gruppiert (Dichtentrennung, Filtration, Sorption, Ionenaustausch, Fällung und biochemische Umwandlung). Eine Beschreibung dieser Wirkmechanismen ist in Kapitel 4.1 gegeben. Dabei sind in der nachfolgenden Übersicht nur Wirkmechanismen aufgeführt, die ab Beginn der Inbetriebnahme zur Verfügung stehen.

Die Nachweise umfassen die Zulassungen nach den vorläufigen Prüfkriterien des LfU inklusive Angabe der Zulassungsnummer (siehe Kapitel 3.2). Außerdem wird angegeben, ob ein Schadstoffrückhalt des Systems durch Laborversuche oder anhand von Pilotanlagen (eingebaute Anlage mit Untersuchung im Feld – umfasst von Referenzen mit Beschreibungen, über Gutachten bis zu einem wissenschaftlichen Monitoring sämtliche Abstufungen unabhängig von der Dauer des Untersuchungszeitraums) nachgewiesen wurde. Dabei muss beachtet werden, dass die auf dem Markt erhältlichen dezentralen Anlagen nicht auf den Rückhalt von Blei aus Metaldachabflüssen überprüft wurden. Somit sind die in Anlage 10 aufgeführten Anlagen nur für die Behandlung von unbeschichteten Zink- und Kupferdächern einsetzbar.

Hersteller	3P Technik Filtersysteme GmbH	3P Technik Filtersysteme GmbH	3P Technik Filtersysteme GmbH	ACO Tiefbau Vertrieb GmbH
Produkt	3P Hydrosystem metal DN400	3P Hydrosystem metal DN400 CU	3P Hydrosystem metal DN1000	Schwermetallfilter HMS – Dachentwässerung
Abbildung			 <small>Abbildung zeigt 3P Hydrosystem 1000 Zwillings ohne Schachtbauwerk.</small>	
Aufbau	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): dauergestautes Schachtbauwerk mit Sedimentationsraum; im Aufstromverfahren betriebene Filtereinheit; Bauhöhe des Filters 250 mm	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): dauergestautes Schachtbauwerk mit Sedimentationsraum; im Aufstromverfahren betriebene Filtereinheit; Bauhöhe des Filters 500 mm	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): dauergestautes Schachtbauwerk mit Sedimentationsraum; im Aufstromverfahren betriebene Filtereinheit, Filtersubstrat: Zeolith und Aktivkohle	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): Sedimentationskomponente mit nachgeschalteter Filterkomponente
Anschlussfläche	130 m ² bis 390 m ²	130 m ² bis 390 m ²	650 m ² bis 3.250 m ²	500 m ²
Wirkungsweise	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch	Dichtentrennung Filtration Sorption Ionenaustausch	Dichtentrennung Filtration Sorption Fällung
Zulassungen	LfU BY-41f-2010/2.1.0	LfU BY-41f-2010/2.1.0	LfU BY-41f-2010/2.1.0	-
Weitere Nachweise	Pilotanlage	Pilotanlage	Pilotanlage	-
Wartung	alle drei bis sechs Monate Entleerung Schlammraum; Filtereinheit jedes Jahr wechseln (Zink)	alle drei bis sechs Monate Entleerung Schlammraum; Filtereinheit alle zwei Jahre (Zink) bzw. 2,5 Jahre (Kupfer) wechseln	Filtereinheit alle zwei Jahre (Zink) bzw. 2,5 Jahre (Kupfer) wechseln; weitere Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Sichtkontrolle von Filter und Schlammfang nach einem Monat; alle drei Monate: Sichtkontrolle; alle sechs Monate: Messung der Schlamm-schichtdicke im Schlammfang und ggf. Entsorgung; jährlich: Kontrolle Filtermaterial und ggf. Austausch Filtermaterial und Entsorgung Schlammfanginhalt

Hersteller	ACO Tiefbau Vertrieb GmbH	Freylit Umwelttechnik GmbH	Mall GmbH	REHAU AG + Co
Produkt	Schwermetallfilter HMS – Großdachflächenentwässerung	Dachflächenentwässerungssystem DFE	Metalldachfilter Tecto	RAUSIKKO Hydro-Clean Typ M
Abbildung				
Aufbau	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): Sedimentationskomponente mit nachgeschalteter Filterkomponente	Absetzbecken (Absetzraum mit Schlammraum) und einem Sickerschacht mit Filtersubstrat Aktivkohle	dreistufiges Behandlungssystem: Grobfilter, Geotextilfilter, Adsorptionsfilter mit Filtersubstrat: Zeolith	zweistufiges Behandlungssystem (Kompaktanlage): dauergestautes Schachtbauwerk mit Sedimentationsraum; im Aufstromverfahren betriebene Filtereinheit, Filtersubstrat: Zeolith und Aktivkohle
Anschlussfläche	2.500 m ²	projektspezifische Berechnung	70 m ² bis 640 m ²	650 m ²
Wirkungsweise	Dichttrennung Filtration Sorption Fällung	Dichttrennung Filtration Sorption	Dichttrennung Filtration Sorption Ionenaustausch Fällung	Dichttrennung Filtration Sorption Ionenaustausch
Zulassungen	-	-	LfU BY-41f-2010/1.1.1	LfU BY-41f-2011/3.0.0
Weitere Nachweise	-	Pilotanlage	Pilotanlage	Pilotanlage
Wartung	Sichtkontrolle von Filter und Schlammfang nach einem Monat; alle drei Monate: Sichtkontrolle; alle sechs Monate: Messung der Schlamm-schichtdicke im Schlammfang und ggf. Entsorgung; jährlich: Kontrolle Filtermaterial und ggf. Austausch Filtermaterial und Entsorgung Schlammfanginhalt	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	halbjährliche Inspektionen, jährliche Reinigung, Geotextilfiltersack kann gegengespült werden, Filtereinheit alle 25 Jahre wechseln (Zink und Kupfer)	Filtereinheit alle zwei Jahre (Zink) bzw. 2,5 Jahre (Kupfer) wechseln; weitere Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen

Hersteller	Wallner & Neubert Gesellschaft m.b.H.	Wallner & Neubert Gesellschaft m.b.H.
Produkt	Regenwasserfilter- schacht	PURASORP
Abbildung		
Aufbau	Schacht aus Beton (Kompaktanlage) mit integriertem Notüberlauf, herausziehbares Spaltsieb-Filterelement aus Edelstahl, mit Filteraufnahme	Adsorptionsfilteranlage aus Schlammfangbehälter in Kompaktbauweise mit Vorfilter und Sickerschacht, Filtermedium: Aktivkohle
Anschluss- fläche	projektspezifische Berechnung	400 m ² bis 1.300 m ²
Wirkungs- weise	Filtration Sorption	Filtration Sorption
Zulassun- gen	-	-
Weitere Nachweise	-	-
Wartung	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen	Empfehlungen sind beim Hersteller zu erfragen

10 Weitergehende Informationen

Aktuelle Projekte am Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität München (2015): [Niederschlagswasserbewirtschaftung](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.1-2 (2011): [Flächenbelag zur Behandlung und Versickerung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen. geoSTON](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.1-3 (2014): [Flächenbelag zur Behandlung und Versickerung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen. Cheops SV Enviro Plus](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.1-9 (2012): [Flächenbelag zur Behandlung von mineralöhlhaltigen Niederschlagsabflüssen für die Versickerung. drainSTON protect](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.1-13 (2014): [Flächenbelag zur Behandlung und Versickerung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen. Pflastersystem-gd protect](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.1-14 (2014): [Flächenbelag zur Behandlung und Versickerung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen. Pflastersystem-hp protect](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-1 (2011): [Mulde zur Behandlung und Versickerung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen. D-Rainclean](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-4 (2010): [Anlage zur Behandlung von mineralöhlhaltigen Niederschlagsabflüssen für die Versickerung. 3P Hydrosystem heavy traffic](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-5 (2010): [Anlage zur Behandlung von mineralöhlhaltigen Niederschlagsabflüssen für die Versickerung. RAUSIKKO HydroClean HT](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-6 (2011): [Anlage zur Behandlung von mineralöhlhaltigen Niederschlagsabflüssen für die Versickerung. RAUSIKKO HydroClean HT integriert in A-WASCHACHT](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-7 (2011): [Anlage zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen für die Versickerung DRAINFIX CLEAN](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-8 (2011): [Anlagen zur Behandlung von mineralöhlhaltigen Niederschlagsabflüssen für die Versickerung ViaPlus 500](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-10 (2012): [Anlage zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen für die Versickerung. BIRCOpur](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-11 (2013): [Anlage zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen für die Versickerung. SediSubstrator XL 600/12 und SediSubstrator XL 600/12+12](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-12 (2013): [Anlagen zur Behandlung von mineralöhlhaltigen Niederschlagsabflüssen für die Versickerung. ViaPlus 3000](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-15 (2014): [Anlage zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen für die Versickerung. ENREGIS/Vivo-Channel](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-16 (2014): [Anlage zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen für die Versickerung. MEA CLEAN PRO](#).

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Z-84.2-17 (2014): [Anlage zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen für die Versickerung. BUDAVINCI Z.](#)

LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2015): [Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung.](#)

LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2012): [Metalldächer.](#)

Herausgeber:

Technische Universität München

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft

Am Coulombwall

D-85748 Garching

Kostenlose Weitergabe ist als gesamte Broschüre im pdf-Format sowie als vollständiger Ausdruck (60 Seiten) erlaubt.

Übernahme von Inhalten (auch auszugsweise) in andere Veröffentlichungen nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet. Zitate im Rahmen guter wissenschaftlicher Praxis sind gerne gesehen.

Stand: 08/2015 (die aktuelle Version finden Sie unter: www.sww.bgu.tum.de/nw)