

LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON PRAXISERPROBTEN FORMEN DER DEZENTRALEN UND ZENTRALEN REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG IM URBANEN KONTEXT

RECHERCHE UND DARSTELLUNG AUSGEWÄHLTER METHODEN UND
ANWENDUNGSBEISPIELE

Auftraggeber

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin
- FB Wasserwirtschaft

Auftragnehmer

AKUT Umweltschutz Ingenieure Burkard und Partner,
Wattstr. 10, 13355 Berlin
www.akut-umwelt.de

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
Rennbahnallee 109 A, 15366 Hoppegarten
www.sieker.de

Berlin, Februar 2018

AKUT
Partner

 **Sieker**
Die Regenwasserexperten

Bearbeitung:

Jens Nowak,
Sabine Rühmland,
Heribert Rustige,

Mike Post,
Harald Sommer.

INHALT

Ausgangssituation	5
Aufgaben des Regenwassermanagements	5
Integriertes Regenwassermanagement	6
Auswahl baulicher Maßnahmen	8
Soziale Akzeptanz	9
Methodik - Erläuterungen zu den Steckbriefen	9
Hauptwirkung für das Regenwassermanagement	9
Kappung Spitzenabfluss	9
Rückhalt fester Stoffe	10
Rückhalt gelöster Stoffe	10
Grundwasserneubildung	11
Zusatzwirkung als Multifunktionaler Nutzen	11
Verdunstung/ Mikroklima	11
Ökologisches Potenzial/ Biotoptyp	12
Beitrag zur Freiraumgestaltung	12
Reinigungsverfahren	13
Bemessung	13
Maßgebliche Kriterien	14
Anschließbare Fläche	14
Spezifische Fläche der Anlage	14
Spezifisches Speichervolumen der Anlage	14
Hydraulische Wirkung	15
Retention	15
Abflussdrosselung	15
Stoffliche Wirkungen	15
AFS/AFS63 - Abfiltrierbare Stoffe	16
Phosphor (partikulär/ gelöst)	16
Schwermetalle	17

Organischer Summenparameter	17
Ammonium und Kjeldahl-Stickstoff	17
Planung	17
Bemessungsverfahren - hydraulisch	17
Bemessungsverfahren - stofflich.....	17
Wissensstand	17
Regelwerk.....	17
Bau	18
Schwierigkeitsgrad	18
Betrieb.....	18
Dargestellte Verfahren.....	19
Übersicht weiterer Verfahren zur Regenwasserbewirtschaftung.....	19
Literaturindex Steckbriefe.....	20
Zitate in Steckbriefen	22
Sonstige Informationsquellen	28
Technische Regelwerke und Richtlinien.....	29

AUSGANGSSITUATION

Die Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Kontext steigen nicht nur hinsichtlich der unmittelbaren wasserwirtschaftlichen Zielstellungen, sondern auch in gestalterischer, ökologischer und stadtklimatischer Hinsicht. Die Forderungen nach integrativen Lösungen treten zunehmend in den Vordergrund (siehe StEP Klima Berlin, Forschungsvorhaben KURAS [Matzinger et.al. (2017)]). Dabei bietet die Anpassung der Infrastruktur für Niederschlagswasser die Chance, die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels zu dämpfen.

Regenrückhaltebecken dienen vorrangig dem hydraulischen Rückhalt. Regenklärbecken und Retentionsbodenfilter setzen den Fokus auf den Stoffrückhalt, wobei sich letztgenannte als Anlagen zur gezielten Behandlung von Regenwasser, v.a. dem Rückhalt abfiltrierbarer Stoffe (AFS) und Phosphor, bewährt haben und den Status allgemein anerkannter Regel der Technik (a.a.R.d.T.) besitzen. Neuere Entwicklungen wie die sogenannte Hochleistungssedimentation zielen ebenfalls darauf ab, den Stoffrückhalt mit der Retentionsfunktion zu verbinden. Retentionsbodenfilter sind in Berlin im vielfältigen Einsatz.

Nicht an allen Standorten können derartige Anlagen jedoch optimal zum Einsatz kommen. Zudem können klassische Formen der Regenwasserbewirtschaftung objektive Nachteile aufweisen, die durch angepasste Planungen überwunden werden können. Nachteile herkömmlicher zentraler Verfahren können beispielsweise sein:

- Fehlende gestalterische Integration,
- Geringer stadtklimatischer Ausgleich,
- Geringer Beitrag zur Biodiversität.

Im dezentralen Bereich sind seit mehr als 20 Jahren auch Mulden- oder Mulden-Rigolen-Systeme in Betrieb und dienen sowohl dem Stoffrückhalt als auch der Retention und stützen den lokalen Wasserhaushalt. Es wurden auch etliche Typen Gründächer mit unterschiedlichen Aufbauten errichtet.

Zur künftigen Optimierung von standortspezifischen oder einzugsgebietsspezifischen Lösungen wird hier der aktuelle Wissensstand zu einer Auswahl von 21 Möglichkeiten der zentralen und dezentralen Regenwasserbewirtschaftung dokumentiert. Dabei handelt es sich um Verfahren zur Verringerung der hydraulischen Belastung und stofflicher Einträge aus dem urbanen Trenn- und Mischsystem (Versickern, Speichern, Behandeln). Die Ausführungen gelten für den Standort Berlin und klimatisch ähnliche Gebiete und Städte. Damit bietet die Monographie Hilfe für die Umsetzung von Maßnahmen und Zielen, die sich Berlin u.a. im Bericht zur "Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin" (AFOK) [REUSSWIG et al. (2016)], im "Stadtentwicklungsplan Klima Konkret" [2016], in der "Berliner Strategie zur biologischen Vielfalt" (2012) und im "Landschaftsprogramm einschließlich Artenschutzprogramm" (2016) gesetzt hat.

AUFGABEN DES REGENWASSERMANAGEMENTS

Regenwasser von Gebäuden, Straßen und anderen versiegelten Flächen wird im Bestand weitgehend systematisch abgeleitet. Das verändert den natürlichen Wasserhaushalt so, dass sich die ohnehin vom anthropogenen Klimawandel verstärkten Regen- und Trockenperioden extremer auswirken. Die Funktion des nachhaltigen Regenwassermanagements ist es, das natürliche Wasserregime weitestgehend zu erhalten bzw. wiederherzustellen [SIEKER et al. 2003; SIEKER 2004; GEIGER et al. 2009]. Im Einzelnen erfüllt es folgende Aufgaben:

- Erhöhung der Verdunstungsleistung und dadurch Verbesserung des städtischen Kleinklimas bei extremen Temperaturen mit Hitzestress und Staubbelastungen
- Schutz der Infrastruktur vor Beschädigungen bei Regenereignissen durch z.B. Kappung des Spitzenabflusses
- Verbesserung von Grundwasserneubildung, GW-Spiegel und Niedrigwasserabfluss im Fließgewässer
- Verbesserung der Regenabflussqualität

- Reduzierung des Hochwasserabflusses
- Vermeidung von ökologischen und morphologischen Schäden in den aufnehmenden Gewässern durch hydraulische und stoffliche Überlastung.

Die Folgen des Klimawandels (u.a. mehr Starkregentage und häufigere Trockenperioden mit Hitze [REUSSWIG et al. 2016]) werden von einem nachhaltigen Regenwassermanagement gedämpft. Sowohl konventionelle zentrale Regenrückhalte- und Regenklärbecken sowie andere zentrale und dezentrale Verfahren werden in den Steckbriefen dargestellt. Im Vergleich mit Verfahren der Wasserbehandlung besteht die besondere Herausforderung in der Behandlung einer von Ereignis zu Ereignis stark schwankenden Menge und Zusammensetzung der Regenwasserabflüsse.

Eine Kombination von Maßnahmen kann die durch Versiegelung eingeschränkten Wasserhaushaltskomponenten wieder dem natürlichen Wasserhaushalt annähern. Dies ist Ziel der Wasserwirtschaft in Deutschland, das sich auch in der Fortschreibung des Regelwerks der DWA niederschlagen wird [WHG (2009), DWA-A 102 (2016)].

Die Regenwasserbewirtschaftung birgt darüber hinaus auch Potenziale für die generelle Aufwertung von urbanen Standorten durch die gezielte Einbindung des Elements Wasser in die Freiraumplanung:

- Wasser eröffnet Gestaltungsmöglichkeiten. Bestimmungsgemäß funktionierende Wasser- und Pflanzenflächen werden als angenehm wahrgenommen, machen Wasser erlebbar und tragen zu höherer Lebensqualität und Wertsteigerung anliegender Grundstücke bei.
- Wichtige Biototypen sind an Gewässer und Feuchtgebiete gebunden. Adäquat eingesetzt kann Regenwasser die Artenvielfalt erhöhen.

Eine solche Regenwasserbewirtschaftung führt insgesamt im Zusammenspiel mit Maßnahmen in den Bereichen Abwasserbehandlung und Mischwasserüberläufe zu Verbesserungen in Gewässerschutz, Badegewässernutzung und Naturschutz sowie zur "Abnahme der Vulnerabilität der Stadt und der Gewässer gegenüber Klimaänderungen" [nach SENSTADTUM & MLUL 2015].

Grundsätzlich sind Lösungen im Bestand schwieriger zu finden als in neuen Erschließungsgebieten. In den vorhandenen Mischwassernetzen kommt der Abkopplung von Regeneinleitungen in die Kanalisation durch dezentrale Bewirtschaftung eine hohe Bedeutung zur Vermeidung von ungeklärten Mischwasserentlastungen in die Gewässer zu. Schließlich werden auch die Berliner Kläranlagen dadurch hydraulisch entlastet.

Generell lässt sich durch eine großflächige Anwendung dezentraler Maßnahmen im Stadtgebiet die hydraulische und stoffliche Last vorhandener zentraler Netze reduzieren. Damit erhöht sich der Wasserrückhalt und verringert sich die Gefahr von Überlastungen. Bei einer Vergleichmäßigung der Abflüsse steigt das Potenzial für eine ausreichende Behandlung. Insgesamt führt dies zu einer Steigerung der Resilienz des urbanen Raumes gegen Risiken, die mit dem Klimawandel verbunden sind.

INTEGRIERTES REGENWASSERMANAGEMENT

Die demokratische und organisatorische Herangehensweise ist eine entscheidende, nichttechnische Voraussetzung für eine erfolgreiche Regenwasserbewirtschaftung. So wird im "Stadtentwicklungsplan Klima Konkret" [2016] für Berlin festgestellt, dass es allgemein schwierig ist, Maßnahmen zur Klimawandelfolgen-Anpassung in Planwerke und andere Fachinhalte aufzunehmen. Die dafür genannten Hemmnisse und Treiber für die Umsetzung der Ziele und Maßnahmen entsprechen denen für die Anwendung eines integrierten Regenwassermanagements. Im Forschungsvorhaben KURAS [Matzinger et.al. (2017)] wurde die Teilnahme von relevanten Personengruppen und Organisationen (Stakeholder) als ausschlaggebend für die Umsetzung und den Erfolg von Maßnahmen erkannt.

Da sich die Aufgaben und der potenzielle Nutzen der Regenwasserbewirtschaftung mit denen vieler anderer Bereiche überschneiden, bietet sich die Erstellung von integrierten Konzepten an. Dabei ist es wichtig, den Untersuchungsrahmen für Raum (Flusseinzugsgebiet, Stadt, Gebäude), Zeit, Fachdisziplinen, Leistungen (technisch, ökonomisch, ökologisch, gesellschaftlich), Management und Öffentlichkeitsbeteiligung weit zu fassen, damit sich die Maßnahmen nachhaltig auswirken (Emscher Umbau (www.eglv.de), RISA Hamburg (www.risa-hamburg.de); [Hamburger Stadtentwässerung & Behörde für Umwelt und Energie 2015]); [WONG et al. 2013]. Insbesondere in Asien werden unter dem weitreichenden Titel *Sponge City* große Erwartungen an Konzepte der integrierten Planung für Großstädte gestellt.

In Deutschland hat beispielsweise die EmscherGenossenschaft im Rahmen des Emscher-Umbaus ein Regenwasserbewirtschaftungs-Informationssystem (RWBIS) aufgebaut, um die Möglichkeit der dezentralen Bewirtschaftung im gesamten Emschereinzugsgebiet darzustellen und die Informationen dazu zu verbreiten. Darüber hinaus werden im Rahmen von ZUGABE (ZUKunft GANzheitlich BEwerten) neue Wege der Integration aller Planungsebenen in den beteiligten Emscher-Städten mit dem gleichnamigen Programm besprochen. Dies bietet die Möglichkeit eines integrierten und ökonomisch optimierten Planungsansatzes zum Regenwassermanagement [Becker, Regenwassertage 2016]. In Berlin könnten geeignete Verfahren der Regenwasserbewirtschaftung die Hälfte der in der „Planungshinweiskarte Stadtklima“ (2015) aufgeführten Maßnahmen stellen oder unterstützen.

KRUSE [2015] schlägt auf Basis der Analyse der Planung und Umsetzung von Maßnahmen in den Städten New York, Rotterdam, Singapur und Hamburg konkrete Arbeitsschritte für ein "integriertes Regenwassermanagement" (IRWM) vor. Ihr Schwerpunkt liegt dabei in der Aufwertung verdichteter innerstädtischer Stadtteile. Dafür bildet die Zielsetzung "wassersensible Stadtentwicklung" die Basis. Da jede Veränderung der gebauten Stadtstruktur Auswirkungen auf den Wasserhaushalt hat, werden die politisch festzulegenden Ziele der Regenwasserbewirtschaftung bei jeder Planung berücksichtigt. In Deutschland arbeiten z.B. oberirdische und unterirdische Gewerke traditionell getrennt. Doch die Umsetzung des integrierten Regenwassermanagements erfordert ein interdisziplinäres Arbeiten von Stadtplanern, Straßenplanern, Freiraumplanern, Architekten, Geographen, Ökologen, Sozialwirtschaftlern und Wasserwirtschaftlern. Dieser Kreis kann je nach Bedarf erweitert werden. Die interdisziplinäre Arbeitsgruppe analysiert den wasserwirtschaftlichen, stadt- und freiraumplanerischen Zustand und historische sowie zukünftige Entwicklungen. Anhand dieser Analyse legt sie prioritäre Handlungsräume fest. "Vor allem die Ermittlung des Versickerungspotenzials sowie die Analyse des Flächenpotenzials ... sind notwendige Voruntersuchungen für die Auswahl geeigneter Gestaltungsstrategien." [KRUSE 2015]. Neben dem Versickerungspotenzial ist auch das Gründachpotenzial gerade für innerstädtische Räume von entscheidender Bedeutung. Dazu liegen in Berlin mit der „Planungshinweiskarte Stadtklima“ (2015) digitale geografische Datengrundlagen vor.

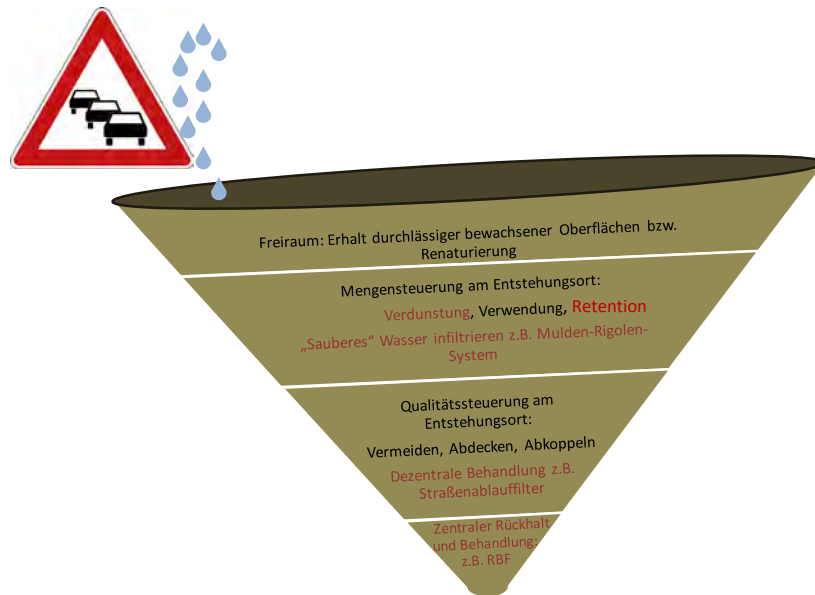


Abbildung 1: Hierarchie der Maßnahmen. Funktionen und Beispiele in roter Schrift werden in den Steckbriefen behandelt.

Die in den Steckbriefen beschriebenen Maßnahmen kommen auf verschiedenen Ebenen der Regenwasserbewirtschaftungsstrategie zum Einsatz (Abbildung 1). Weiterführende Literatur auch zu den hier nicht vorgestellten Maßnahmen bzw. Teilaspekten findet sich zum Beispiel in: Center for watershed protection [2015], Vancouver (2012), Stormwater Source Control Design Guidelines [UDFC 2010], Victorian Stormwater Committee [1999].

AUSWAHL BAULICHER MASSNAHMEN

Für die Auswahl von Maßnahmen zum integrierten Regenwassermanagement liefern die nachfolgenden Steckbriefe erste fundierte Informationen. Auf der anderen Seite entscheiden die örtlichen Gegebenheiten sowie die Wahl der räumlichen und zeitlichen Systemgrenzen über die Eignung eines Verfahrens. Die Vorgehensweise für einen solchen Auswahlprozess wurden beispielsweise für das Emschereinzugsgebiet von der EGLV oder vom Center for Watershed Protection [2015] für den US-Bundesstaat New York dargestellt. Anhand von überschaubaren Entscheidungsmatrizen werden Verfahren vorgeschlagen oder ausgeschlossen. Die wesentlichen Entscheidungsfaktoren sind:

- Flächennutzung, Zustand der Infrastruktur
- Geologie (Bodenart)
- Hydrogeologie (Grundwasserspiegel)
- Geographie (Gewässereinzugsgebiet, Gefälle)
- Empfindlichkeit und Schutzwert des Grundwassers und der Oberflächengewässer
- Leistungsfähigkeit der Verfahren (hydraulischer und stofflicher Rückhalt)
- Sonstige Faktoren aus Gesellschaft und Umwelt (Instandhaltung, Biodiversität, gesellschaftliche Akzeptanz, Kosten, Wissensstand und andere).

Die Beurteilung des gesamten Lebenszyklus ist bei O'SULLIVAN et al. [2015] an drei Verfahren beispielhaft dargestellt. Zu beachten sind die jeweiligen Systemgrenzen und die Datenerhebung, die sich gerade bei spezifischen Materialien oder Materialkombinationen von Herstellern schwierig gestaltet [BARJENBRUCH et al. 2016]. Die Kombination mehrerer Verfahren ist in den meisten Fällen eine robuste Strategie [LEISENRING 2013]. Zur Regenwasserbewirtschaftung genutzte Flächen erfüllen oft mehrere Funktionen, die sich häufig kombinieren lassen: Versickerung und Verkehrsberuhigung, Versickerung auf Parkflächen, Freiraumgestaltung z.B. in Parks

(offene Rinnen, Wasserflächen, Sumpfflächen) mit Wasserretention, Wasserbehandlung und Grundwasseranreicherung, Teiche und Biodiversität ergänzt mit Schautafeln zur Sensibilisierung der Flächennutzer.

SOZIALE AKZEPTANZ

Neben technischen und ökologischen Fragestellungen kann die erwartete Akzeptanz durch die Betroffenen ein weiteres Kriterium in der Entscheidungsfindung sein. Akzeptanz stellt das positive, zeitlich relativ konstante Ergebnis eines an bestimmte Rahmenbedingungen geknüpften Bewertungsprozesses durch eine Person oder Organisation dar [nach SCHWEIZER-RIES 2010]. Ob ein Verfahren potenziell eine höhere Akzeptanz erfährt, hängt zwar grundsätzlich auch von den in den Steckbriefen genannten objektiven Faktoren ab. Darüber hinaus ist die Akzeptanz in der Bevölkerung bzw. bei den unmittelbaren Anliegern aber in hohem Maße von deren eigenen Bedürfnissen, Wahrnehmungen und kulturellen Bewertungen gesteuert und somit subjektiv. Generell können hemmende Faktoren wie Angst vor Geruchsbelästigungen, Mückenplagen oder Ertrinken sowie schlicht die Furcht vor Gebührenerhöhungen, wegfallenden Parkplätzen (Konkurrenznutzung) oder belästigenden Hundausführflächen eine allgemeine Akzeptanz verringern.

Dabei ist es unerheblich, ob diese Zustände tatsächlich eintreten werden. Die zeitliche Dimension ist dabei wichtig. So kann zum Beispiel ein vorangegangener Schaden durch Überflutung die Akzeptanz von Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung erhöhen. Maßnahmen, die von vornherein positive Zusatzwirkungen haben oder Erwartungen der Menschen erfüllen können, lassen generell eine höhere Akzeptanz erwarten. Sobald Anlieger unmittelbar oder mittelbar spürbare Nutznießer einer multifunktionalen Regenwasserbewirtschaftungsanlage sind, wird von diesen auch ein erhöhter Kostenaufwand akzeptiert werden. Insbesondere viele dezentrale Maßnahmen (z.B. Dachbegrünung) müssen hauptsächlich auf privaten Grundstücken ausgeführt werden. Öffentliche Anreizprogramme wie Fördertöpfe bzw. Förderrichtlinien könnten hier zusätzliche Motivation und eine Umsetzung in relevanten Größenordnungen bewirken. Auch die Schaffung von echter Öffentlichkeitsbeteiligung mit Möglichkeiten der Einflussnahme steigert die Akzeptanz eines Verfahrens maßgeblich. Für die informelle Bürgerbeteiligung hat das Bundesverkehrsministerium übertragbare Hinweise veröffentlicht [BMVI 2012].

METHODIK - ERLÄUTERUNGEN ZU DEN STECKBRIEFEN

Die hier vorgestellten Steckbriefe umreißen ausgewählte Verfahrenstypen der Regenwasserbewirtschaftung mit verschiedenen Möglichkeiten ihrer Ausgestaltung. Jeder Steckbrief besteht aus Beschreibung, Beurteilungsmatrix und Anwendungsbeispiel. In der Beschreibung wird auf das Verfahrensprinzip und ggf. Untervarianten und deren Randbedingungen sowie Anforderungen an das Umfeld eingegangen. Anhand der Beurteilungsmatrix lässt sich das jeweilige Verfahren auf einen Blick grob einordnen und mit anderen vergleichen.

Die Beurteilungskriterien und ihre hier verwendete Bedeutung werden im Folgenden erläutert. Die Einstufung bezieht sich im Allgemeinen auf Erfahrungen mit Regenwasserbehandlungsanlagen, die nach dem Stand der Technik optimal gebaut und betrieben werden.

HAUPTWIRKUNG FÜR DAS REGENWASSERMANAGEMENT

KAPPUNG SPITZENABFLUSS

Die Kappung des Spitzenabflusses ist die Verringerung des höchsten Volumenstroms während eines Regenereignisses (Spitzenabfluss, Scheitelabfluss). Diese dient nicht zum Hochwasserschutz, sondern dem Schutz der Infrastruktur vor Beschädigungen bei Regenereignissen. Auch wenn die Abflussspitze nur kurzfristig auftritt, kann diese schwerwiegendste Schäden verursachen. Die Bemessung der Anlagen erfolgt in der Regel für die Kappung des Spitzenabflusses von Regen mit Häufigkeiten von $0,5 \text{ a}^{-1}$ bis $0,2 \text{ a}^{-1}$.

EINFÜHRUNG

Ob ein Verfahren in dieser Hinsicht besonders wirkungsvoll ist, hängt beispielsweise vom Retentionsvolumen je angeschlossener undurchlässiger Fläche A_U , der Dimensionierung von Abschlagsbauwerken und vom Drosselabfluss ab. Bewertet wird, inwieweit das Verfahren den Spitzenabfluss hin zum vorgegebenen oder auch zum natürlichen Gebietsabfluss reduzieren kann. Als Bewertungsparameter kommt hier das spezifische Speichervolumen zum Tragen.

Kappung Spitzenabfluss in Abhängigkeit vom Spezifischen Speichervolumen [$m^3/ha A_U$]	Punktbewertung
>300	●●●●●
>200 - 300	●●●●○
>100 - 200	●●●○○
>30 - 100	●●○○○
>10 - 30	●○○○○
≤10	○○○○○

RÜCKHALT FESTER STOFFE

Unter festen Stoffen werden alle vom Wasser transportierten ungelösten Bestandteile verstanden. Als Parameter gelten die abfiltrierbaren Stoffe (AFS). Die Stoffe stammen von den Niederschlagsflächen, überspülten Oberflächen und direkt aus der Luft. Verfahren die grundsätzlich in der Lage sind, auch feine Partikel $< 63 \mu m$ (AFS63) zurückzuhalten, werden als besonders wirksam angesehen, da diese feinen Partikel den Hauptanteil partikulär gebundener Schwermetalle und organischer Schadstoffe transportieren. Wegen der noch unzureichenden Datenlage über den Rückhalt der ganz feinen Partikel erfolgt die Bewertung hier allgemein für AFS. Die Bewertung bedeutet im Einzelnen:

Rückhalt fester Stoffe AFS [%]	Punktbewertung
> 95	●●●●●
>80 - 95	●●●●○
>60 - 80	●●●○○
>40 - 60	●●○○○
>20 - 40	●○○○○
≤20	○○○○○

RÜCKHALT GELÖSTER STOFFE

Dazu zählen die Pflanzennährstoffe Stickstoff und Phosphor sowie organische Kohlenstoffverbindungen, Schwermetalle und Spurenstoffe, wenn sie im Wasser aufgelöst vorliegen und somit leichter verfügbar und reaktionsfreudiger sind. Der Rückhalt bezieht sich auf die Retention der Fracht, bei mangelhafter Datenlage wird ersatzweise die Konzentrationsverringerung zu Grunde gelegt. Der höchste Rückhalt kann von Verfahren erzielt werden, in denen biologische oder chemisch/physikalische Prozesse mit wichtigen Inhaltsstoffen ablauf-

EINFÜHRUNG

fen. In der Bewertung werden sauerstoffzehrende Parameter wie CSB und Ammonium als Kriterien gewählt, da diese zusammen für die Sauerstoffarmut nach Regenereignissen in Gewässern und für dann regelmäßig einsetzende Fischsterben verantwortlich sind.

Zusätzlich werden in den Steckbriefen die Spannen für den potenziellen Rückhalt weiterer Inhaltsstoffe wie Phosphor oder Schwermetalle angegeben.

Rückhalt gelöster Stoffe [%]	Punktbewertung
>90	●●●●●
>70 - 90	●●●●○
>50 - 70	●●●○○
>30 - 50	●●○○○
>10 - 30	●○○○○
≤10	○○○○○

GRUNDWASSERNEUBILDUNG

Unter Grundwasserneubildung wird hier das Potenzial für den Sickerwasseranteil aus einer Anlage verstanden, der in den Untergrund einsickert und dem Grundwasser zufließen kann. Die Unterscheidung erfolgt hinsichtlich des Infiltrationsanteils an der Gesamtwasserbilanz der Maßnahme. Verfahren, die darauf ausgerichtet sind, auch bei wenig durchlässigen Böden größere Anteile zu versickern, erhalten hier die höchste Bewertung.

Infiltrationsanteil [%]	Punktbewertung
>60-100	●●●●●
>40-60	●●●●○
>10-40	●●●○○
>5-10	●●○○○
>0-5	●○○○○
0	○○○○○
k.A.	k.A.

ZUSATZWIRKUNG ALS MULTIFUNKTIONALER NUTZEN

VERDUNSTUNG/ MIKROKLIMA

Unter diesem Punkt wird die potenzielle Evapotranspiration bzw. Verdunstung von offenen Wasser- oder Vegetationsflächen und ihr Einfluss auf das Stadtklima zusammengefasst. Bewachsene und feuchte Speicher wirken

EINFÜHRUNG

im Innenstadtbereich dem Wärmeineffekt entgegen [StEP Klima 2016]. In die Bewertung gehen die relative Menge des beim jeweiligen Verfahren verdunstbaren Wassers, sowie dessen zeitliche und räumliche Verteilung ein. Verdunstungsverluste auf vorgeschalteten, angeschlossenen Flächen werden nicht betrachtet. Die stadtklimatische Wirkung ist am größten, wenn die Verdunstung bzw. Verschattung durch Bäume dort stattfindet, wo sich die Menschen aufhalten. So ist die oberflächennahe Wirkung eines Straßenbaums für das kleinräumige Klima und damit für die Bewohner höher einzuschätzen, als die Wirkung einer begrünten Dachfläche in höherer Lage.

Verdunstung [%]	Punktbewertung
>60-100	●●●●●
>40-60	●●●●○
>20-40	●●●○○
>10 - 20	●●○○○
>0-10	●○○○○
0	○○○○○

ÖKOLOGISCHES POTENZIAL/ BIOTOPTYP

Die Artenvielfalt wird von einigen Verfahren gefördert und bleibt von anderen unberührt. Inwieweit ein Verfahren sich günstig auf die Biodiversität des Raumes auswirkt, hängt von der Ausgestaltung der Anlage und der Umgebung ab. Von entscheidender Bedeutung ist die Vernetzung mit dem Umfeld, da ansonsten keine Ausbreitung der Arten über einen größeren Raum erfolgen kann. So sollten beispielsweise oberflächlich überströmte Feuchtgebiete in der Nähe von extensiv bewirtschafteten Flächen liegen, in denen ursprüngliche Arten vorkommen. Die umgebenden Habitate sollten eine Vielfalt an offenen und geschützten Zugangsmöglichkeiten zum Wasser bieten. Durch die Ufergestaltung lassen sich bestimmte Arten (Reptilien *oder* Vögel) anziehen bzw. abschrecken [WOOD BALLARDS et al. 2015]. Struktureichtum wirkt sich positiv auf die Artenvielfalt aus. Er ist gegeben, wenn sowohl Lebensräume in Wasser und Boden als auch in wechselfeuchten Räumen geschaffen werden. Statt einer Bewertung werden potenzielle Biotoptypen anhand der "Beschreibung der Biotoptypen" Berlins [KÖSTLER et al. 2005] ausgewählt. Dabei wird grundsätzlich das Potenzial eines Verfahrens zu Grunde gelegt, eine entsprechende Biotopfunktion zu erfüllen, wenn es sachkundig gestaltet und gepflegt wird.

BEITRAG ZUR FREIRAUMGESTALTUNG

Verfahren, die sich in die städtische Umgebung so integrieren lassen, dass sie keine notwendige Belastung darstellen, sondern stattdessen im positiven Sinne zu einer Aufwertung des Umfeldes beitragen können, werden hier höher bewertet. Ein offen gestalteter und für Spaziergänger durchlässiger „Raingarten“ hat z.B. einen höheren gestalterischen Wert als ein trockenfallendes und aus Sicherheitsgründen eingezäuntes offenes Regenrückhalte- bzw.-klärbecken in Erdbauweise. Unterirdische Anlagen selbst sind nicht gestaltbar, allerdings kann die Fläche oberhalb für andere Bebauungen genutzt werden, die u.U. auch eine hohe Akzeptanz bieten. Beispiele für Flächen mit Mehrfachnutzen sind das Bornstedter Feld in Potsdam und die Anforderungen im Hamburger Leitfaden für Schulen. Bewertet wird anhand nachfolgender Kriterien. Dabei erhält ein Verfahren die Höchstpunktzahl, wenn es alle Kriterien erfüllt.

- Geometrie variierbar,
- Mehrfachnutzen 1: Gestaltung durch Bepflanzung,

EINFÜHRUNG

- Mehrfachnutzen 2: Überflutung und Spielen,
- dauerhafte Begehbarkeit,
- eingeschränkte Begehbarkeit.

REINIGUNGSVERFAHREN

Die ausgewählten Verfahren basieren auf verschiedenen Mechanismen zur Entfernung von Inhaltsstoffen im Regenwasser. Nachfolgend werden die fünf wesentlichen Prinzipien aufgelistet:

- **Sedimentation**
Absetzen von Schwebstoffen durch Schwerkraft oder Zentrifugalkraft. Maßgeblich für die Wirksamkeit sind Dichte und Größe der Partikel sowie die Strömungsverhältnisse im Abscheider. Dieser Prozess findet bei allen Verfahren mit stehendem bzw. langsam fließendem Wasser statt.
- **Filtration**
Mechanische Abtrennung von Schwebstoffen aufgrund ihrer Korngröße und Adhäsionskräfte am Filtermaterial. Für die Regenwasserfiltration kommen prinzipiell Siebe, Tuchfilter (Filtersäcke) oder Sand- und Kiesfilter (bzw. Bodenfilter) zur Anwendung.
- **Biologische Behandlung**
Umsetzung von gelösten Stoffen durch Stoffwechsel bzw. beim Aufbau von Biomasse (Mikro- oder Makroorganismen). Bei der Regenwasserbehandlung stehen Verfahren mit der Bildung von Biofilm im Vordergrund (Biofilter). In dauergestauten Behandlungsanlagen spielt die Bildung von Plankton und Sediment eine wesentliche Rolle für die biologischen Prozesse. In bepflanzten Anlagen bieten Makrophyten Aufwuchsflächen. Außerdem legen Pflanzen zu einem geringen Anteil auch Nährstoffe fest.
- **Sorption**
Aufnahme und Abgabe von gelösten Stoffen an ein Filtermedium (Grenzfläche). Die Effektivität ist immer abhängig vom Konzentrationsgefälle zwischen Lösung und Anlagerung auf der Grenzfläche (Gleichgewichtskonzentration). So kann z.B. Phosphat bei hohen Konzentrationen im Wasser an Eisenhydroxid abgeschieden werden (Adsorption) und anschließend bei sinkenden Konzentrationen im Wasser (Unterschreitung des Gleichgewichtes) wieder zurückgelöst werden (Desorption).
- **Fällung**
Ausscheiden von gelösten Stoffen durch chemische Bindung mit Fällmitteln bei Überschreitung des jeweiligen Löslichkeitsproduktes. Z.B. durch Zuführung von Eisen(chlorid) wird Eisenphosphat gebildet, das anschließend als Feststoff ausfällt und sedimentiert. Fällung und Adsorption können sich in Filtern mit reaktiven Filtermedien überlagern. Z.B. in Bodenfiltern, die mit Eisenhydroxiden und Calciumcarbonaten angereichert werden.

BEMESSUNG

Es wird auf Verfahren zur Dimensionierung und Gestaltungsregeln verwiesen. Maßgebend sind hier die DWA für siedlungswasserwirtschaftliche Anlagen und die FLL für Gründächer. Bei der Anwendung ist der Stand der Technik zu berücksichtigen, der über die a.a.R.d.T. hinausgeht.

Versickerungsanlagen werden auf Jährlichkeiten bemessen (in der Regel $0,5 \text{ a}^{-1}$ bis $0,2 \text{ a}^{-1}$). Das gilt sowohl für Flächenversickerungen als auch für Mulden, Mulden-Rigolen-Systeme und auch für Tiefbeet- und Baum-Rigolen [DWA-A 138]. Regenbecken und Filteranlagen werden i.d.R. für kritische Regenspenden von mindestens 15 l/s je Hektar undurchlässiger Fläche dimensioniert. Der natürliche Abfluss liegt überwiegend deutlich unter diesem Wert.

Die Bemessung auf einen stofflichen Rückhalt ist für die beschriebenen Maßnahmen bisher kaum möglich. Ersatzweise werden Bemessungswerte vorgegeben, wie Aufenthaltszeit, Oberflächenbeschickung, Schichtstär-

EINFÜHRUNG

ken und Durchlässigkeiten. Dabei sollten die Randbedingungen der Versuchsanlagen und großtechnischen Untersuchungen, aus denen die Bemessungswerte abgeleitet wurden, bei der Übertragung auf geplante Bau- maßnahmen berücksichtigt werden." [DWA-M 153]. WONG et al. [1999] schlagen beispielsweise für oberflächig überströmte Feuchtgebiete vor, aus den physikalisch-chemischen Eigenschaften des zu entfernenden Stoffes und seiner Verteilung in bestimmten Korngrößenfraktionen die notwendige Sedimentationszeit abzuleiten.

Für dezentrale Behandlungsanlagen zur Reinigung von Metaldach- und Straßenabflüssen gibt es keine allgemeinen Bemessungsregeln. Die Anlagen werden analog DIBt-Prüfgrundsätzen oder länderspezifischen Regelungen auf dem Prüfstand geprüft und die Leistungsfähigkeit bezüglich AFS63 ermittelt. Auf dieser Basis kann eine Einschätzung in-situ gegeben werden, die aber von Standort, Art der angeschlossenen Flächen und Nutzung abhängig ist. Für in Deutschland wenig verbreitete Verfahren wird auf die Bemessungsregeln anderer Länder verwiesen.

MASSGEBLICHE KRITERIEN

Hier werden die Parameter genannt, auf die das Verfahren typischerweise ausgelegt wird. Auf die zugehörigen Bemessungsverfahren wird im Abschnitt Planung verwiesen.

ANSCHLIESSBARE FLÄCHE

Die anschließbare Fläche ist die typische Größe des Einzugsgebietes. Zur Orientierung werden drei Kategorien verwendet:

- groß > 5000 m²
- mittel 5000 m² bis > 400 m²
- klein ≤ 400 m²

Je nach Rahmenbedingungen und Konfiguration kommt das Verfahren auch für größere oder kleinere Einzugsgebiete in Frage.

SPEZIFISCHE FLÄCHE DER ANLAGE

Die spezifische Fläche ist das Verhältnis zwischen dem Flächeninhalt der Anlage und der anzuschließenden undurchlässigen Fläche des Einzugsgebietes (A_0). Für zentrale Anlagen, zu denen das Regenwasser geleitet wird, ist ein zusätzlicher unterirdischer Flächenbedarf für die Kanalisation anzusetzen.

Die spezifische hydraulische Belastbarkeit der Oberfläche einer Anlage bzw. eines Filters gibt an, bis zu welchem Volumenstrom je Flächeneinheit das Verfahren ausgelegt ist. Der Parameter wird aus der spezifischen Flächenbelastung (s. Bemessung) abgeleitet. Diese wird im Verhältnis angeschlossene undurchlässige Fläche zu Versickerungs- bzw. Filterfläche angegeben.

SPEZIFISCHES SPEICHERVOLUMEN DER ANLAGE

Das spezifische Speichervolumen gibt an, welchen Rauminhalt das Verfahren benötigt, um die beschriebenen Leistungen zu erbringen.

EINFÜHRUNG

HYDRAULISCHE WIRKUNG

RETENTION

Die Retention gibt den Anteil des zurückgehaltenen Regenwasserabflusses wieder, der gedrosselt an das Gewässer weitergegeben wird. Sie korreliert stark mit dem zur Verfügung stehenden spezifischen Speicher in m^3 je ha A_U und ist ein Maß für den hydraulischen Rückhalt und die Dämpfung des Niederschlagswasserabflusses.

Retentionswirkung in Abhängigkeit vom Spezifischen Speichervolumen in $\text{m}^3/\text{ha } A_U$	Punktbewertung
>300	●●●●●
200 - 300	●●●●○
100 - 200	●●●○○
30-100	●●○○○
10 - 30	●○○○○
< 10	○○○○○

ABFLUSSDROSSELUNG

Dieses Kriterium gibt an, ob das Verfahren über eine technische Einrichtung verfügt, die den Volumenstrom verringert und damit den Abfluss in den Kanal bzw. zum Gewässer verzögert oder nicht. Die Abflussdrosselung kann durch eine ggf. optionale technische Einrichtung oder durch die Anlagenkonfiguration an sich (z.B. durch Filterwiderstand) erfolgen. Diese Möglichkeit der Drosselung erscheint dann sinnvoll, wenn es hydraulische Anforderung an die maximale Einleitmenge in die Vorflut gibt. Für Verfahren ohne Ableitung können keine Angaben gemacht werden.

STOFFLICHE WIRKUNGEN

Die stofflichen Wirkungen beinhalten die Verringerung der Frachten und Konzentrationen bestimmter Substanzen, Summenparameter und hygienischer Indikatororganismen durch das jeweilige Verfahren. Die Entfernungsleistung wird in % angegeben. Deshalb ist bei der Interpretation darauf zu achten, dass im Allgemeinen eine höhere Belastung trotz hoher Emission zu einer höheren Entfernungsleistung führt.

Die Zusammensetzung des Regenabflusses hängt von der Flächennutzung und der Regendynamik ab. In den Anhängen des DWA-M 153 [2007] werden die Verschmutzung des Regenabflusses und die Belastbarkeit des aufnehmenden Gewässers pauschal kategorisiert. Wie sich der Stoffeintrag akut und langfristig auswirkt, hängt auch von der Häufigkeit, Dauer und Intensität der Ereignisse ab [H. SIEKER 2002].

In den Steckbriefen nicht direkt betrachtete Stoffe, die in relevanten Mengen über das Niederschlagswasser in Gewässer eingetragen werden, sind: mineralische Kohlenwasserstoffe, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), in Dach- und Fassadenfarben eingesetzte Biozide (z.B. Carbendazim, Diuron, Terbutryn), das in Bitumenbahnen enthaltene Mecoprop sowie das Herbizid Glyphosat [OGRE 2015], Phthalate, Organophosphate, Benzothiazole, Benzotriazole und sonstige Unbekannte. Weitere Spurenstoffe, die auch im Regenwasserabfluss vorkommen, sind Nikotin und Koffein.

EINFÜHRUNG

Prinzipiell lassen sich die unerwünschten Stoffe mit den Mechanismen in Tabelle 1 entfernen. Die Tabelle enthält Bereiche der Reduktionswirkung. Bei der Stoffbilanzierung fällt auf, dass die Wasservolumenreduktion vieler Verfahren auch zur Stoffentfernung beiträgt [GEOSYNTEC & WWE 2012 IN LEISENRING 2014].

Tabelle 1: Übersicht über in Regenwasserbehandlungsanlagen Wirkmechanismen für ausgewählte Stoffe [WICHERN et al. 2012]

Wirkmechanismen zur Niederschlagswasserbehandlung					
partikuläre Stoffe		gelöste Stoffe		Leichtflüssigkeiten; ungelöste, kolloidale Stoffe	
Feststoffe (AFS) partikulär gebundene Stoffe (PAK, MKW, Schwermetalle)	Filtration Sedimentation biologischer Abbau	PAK (gelöst) MTBE Schwermetalle	Adsorption Ionenaustausch Komplexbildung Fällung biologischer Abbau	MKW PAK	Auftrieb Adsorption biologischer Abbau

AFS/AFS63 - ABFILTRIERBARE STOFFE

Abfiltrierbare Stoffe sind nicht gelöste Feststoffe. Die Korngrößenverteilung entscheidet hauptsächlich über die Entfernbarekeit der abfiltrierbaren Stoffe. So sedimentieren Grobstoffe mit einer größeren Dichte als Wasser schnell. Deshalb erreichen viele ordnungsgemäß betriebene Regenwasserbehandlungsverfahren gute Abscheideleistungen für die Gesamtheit der abfiltrierbaren Stoffe [LEISENRING et al. 2013]. Stoffe, die kleiner sind als Sand (<0,063 mm), werden als Feinfraktion AFS63 bezeichnet. Sie sind schwerer entfernbar und haben einen höheren Gehalt an unerwünschten Stoffen wie Phosphor und Schwermetallen. Deswegen wird AFS63 als Parameter für die Einschätzung der stofflichen Wirkung mit betrachtet. In den letzten Jahren wird auf diesen Parameter der Fokus für die maßgebliche Schadstoffbelastung der Regenwasserabflüsse gelegt, da der Anteil AFS63 mit dem Anteil an Schwermetallen korreliert. Grundsätzlich liegen jedoch für diesen Parameter bislang nur wenige Untersuchungen vor. Die meisten Untersuchungen geben den Anteil der Fraktion < 63 µm zwischen 45 % und 85 % an [BOOGAARD]. Da die Korngrößenverteilung innerhalb und zwischen Regenereignissen sehr variabel ist, empfehlen SELBIG et al. [2016] die Orientierung an der Flächennutzung und der medianen Korngrößenverteilung. Anhand der Gleichungen von DIERSCHKE [2014] lässt sich die potenzielle AFS63-Belastung von Flächen anhand verschiedener Nutzungen abschätzen.

PHOSPHOR (PARTIKULÄR/ GELÖST)

Der Eintrag von Pflanzennährstoffen ist das größte Problem für Seen in Deutschland. Für die Berlin-Brandenburger Seen ist unter den gegebenen Verhältnissen Phosphor meist der limitierende Nährstoff. Ein verringerter Phosphoreintrag würde einen entscheidenden Beitrag zur Erreichung des guten ökologischen Zustands leisten [SENSTADTUM & MLUL 2015]. Der partikelgebundene Phosphoranteil kann über Sedimentation oder Filtration abgetrennt werden [LEISENRING et al. 2013]. Schwieriger zu entfernen ist der gelöst und kolloidal vorliegende Phosphor. LAWRENCE & BREEN [1998] geben den in Kolloiden enthaltenen Anteil mit bis zu 25 % an [in WONG et al. 1999].

SCHWERMETALLE

Abflüsse von Metalldächern und Straßen enthalten Schwermetalle. Sie wirken sich meist langfristig auf die Lebewesen aus, weshalb Daten über die entfernten *Frachten* den Konzentrationsangaben vorgezogen wurden. WICKE et al. [2015] stellten in einer Simulation für die Belastung in Berlin fest, dass die Frachten der dominierenden Schwermetalle Zink und Kupfer (~48 t Zink /a, ~12,5 t Kupfer /a) aus dem Regenwasser die Frachten aus dem Schmutzwasser etwa um Faktor 10 übersteigen! Auch selten gemessene Metalle wie Titan liegen im Regenabfluss in erhöhten Konzentrationen (>100 µg/L [OGRE 2015]) vor. Die Abscheideleistung hängt vom einzelnen Stoff, der umgebenden Matrix und den chemischen Umgebungsbedingungen ab. Etwa 75 % der Schwermetalle in Straßensedimenten sind an Partikel gebunden, die kleiner als 0,5 mm sind [WONG et al. 1999]. Deshalb entfernen viele Verfahren der Regenwasserbewirtschaftung partikulär vorliegende Metalle gut, doch nur spezielle Verfahren sind in der Lage, die gelösten Spezies zu verringern [WWE & GEOSYNTEC 2011].

ORGANISCHE SUMMENPARAMETER

Als organische Summenparameter werden der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB), der Biochemische Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB₅) oder/und der gesamte organische Kohlenstoff (TOC) angegeben. Organischer Kohlenstoff stammt beispielsweise aus Laub und Pollen. Bei seinem Abbau im Gewässer wird Sauerstoff gezehrt. Der Rückhalt erfolgt über die Sedimentation und Filtration von Partikeln sowie durch den biologischen Abbau.

AMMONIUM UND KJELDAHL-STICKSTOFF

Ammonium (NH₄⁺) wird in Gewässern unter sommerlich hohen pH-Werten zu Ammoniak (NH₃), der akut toxisch wirkt und Fischsterben verursachen kann. Langfristig führen hohe Stickstoffeinträge zur Überdüngung (Eutrophierung) von Gewässern. Ammonium wird biologisch abgebaut und zu einem geringen Anteil sorbiert. Bei fehlenden Daten zur Ammoniumentfernung wurde auf den Parameter Kjeldahl-Stickstoff zurückgegriffen, der die Summe aus Ammonium-Stickstoff und organischem Stickstoff bildet.

PLANUNG

BEMESSUNGSVERFAHREN - HYDRAULISCH

Das hydraulische Bemessungsverfahren umfasst die Dimensionierung auf Volumen, Volumenstrom und Drosselabfluss. Die Regelwerke werden genannt.

BEMESSUNGSVERFAHREN - STOFFLICH

Das stoffliche Bemessungsverfahren umfasst die Dimensionierung auf den Rückhalt von Substanzen. Wenn es dazu Veröffentlichungen gibt, werden sie genannt.

WISSENSSTAND

Der aktuelle Stand der Erkenntnisse wird eingeteilt in: Neuentwicklung, Stand der Forschung (S.d.F.), Stand der Technik (S.d.T.) und allgemein anerkannte Regel der Technik (a.a.R.d.T.).

REGELWERK

Hier wird angegeben, ob und welche Leitfäden, Normen oder Richtlinien zu diesem Verfahren verfügbar sind.

EINFÜHRUNG

BAU

SCHWIERIGKEITSGRAD

Der Schwierigkeitsgrad beim Bau berücksichtigt Aspekte wie: notwendiges Spezialwissen, notwendige Baugeräte, Integrierbarkeit in vorhandene Infrastruktur, Verfügbarkeit der Baumaterialien, ggf. Grundwasserhaltung, Umfang der bauvorbereitenden Maßnahmen, Zeitfenster z.B. zur Pflanzung.

BETRIEB

An dieser Stelle werden Besonderheiten beim Betreiben und Unterhalten dieser Anlagen benannt. Unabhängig vom Verfahren anfallende Instandhaltungsarbeiten werden nicht aufgeführt. So kann es je nach Lage und Typ des Verfahrens zu unerlaubten Müllablagerungen vergleichbar mit anderen Grünflächen kommen. Der Aufwand zum Entfernen des Mülls muss ggfs. zusätzlich eingerechnet werden.

DARGESTELLTE VERFAHREN

Die Verfahrenssteckbriefe sind wie folgt nummeriert. Nicht betrachtete Verfahren werden im Anhang aufgelistet.

- | | |
|---|--|
| (1) Regenrückhaltebecken | (11) Mulden-Rigolen-System |
| (2) Regenklärbecken ohne Dauerstau | (12) Tiefbeet-Rigolen-System |
| (3) Absetzteich mit Pflanzenschwimmatten | (13) Gründach, extensiv |
| (4) Oberflächlich überströmtes Feuchtgebiet | (14) Gründach, intensiv |
| (5) Retentionsbodenfilter mit und ohne adsorptives Filtersubstrat | (15) Retentionsdach |
| (6) Schilfpolder | (16) Straßenablaufsystem Gully(Beispiel) |
| (7) Belüfteter Kiesfilter | (17) Kompaktschachtsystem (Beispiel) |
| (8) Flächenversickerung | (18) Semizentrale Schachtsysteme |
| (9) Flächige Versickerung über teildurchlässige Beläge | (19) Rinnensysteme |
| (10) Mulde | (20) Schilffilterrinne am Straßenrand |
| | (21) Sedipipe-Substrator |

ÜBERSICHT WEITERER VERFAHREN ZUR REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG

Im Folgenden werden die in Betracht gezogenen, hier nicht explizit beschriebenen weiteren Verfahren zur Regenwasserbewirtschaftung aufgelistet. Die Auflistung hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit aller verfügbaren Verfahren bzw. Produkte.

- | | |
|--|---|
| (22) Bioretentionssystem | (44) Absetzteich |
| (23) Vegetationspassage (Bioswale) | (45) Retentionsbodenfilter mit integriertem Regenrückhaltebecken |
| (24) Rasenstreifen | (46) Retentionsbodenfilter mit integriertem Regenrückhaltebecken und adsorptivem Filtermaterial |
| (25) Mulden-Rigolen-Element | (47) Vertikal durchströmter bepflanzter Bodenfilter |
| (26) Drainage-Versickerungssystem | (48) bepflanzter Kiesfilter |
| (27) Filter für Metaldachabläufe | (49) Sandfilter |
| (28) Rigo-clean | (50) Kiesfilter |
| (29) Envia-CRC | (51) Vorsperre |
| (30) Centrifoel | (52) Stauraumkanal |
| (31) Aquafoel | (53) Behandelnde Flächenbeläge |
| (32) Filtersack | (54) Parkflächenentwässerung und Sickerschacht |
| (33) Budavinci | (55) ViaSedi |
| (34) Hydro-Filt | (56) Einsatz neuartiger Textil-Matten als Vegetationstragschicht in Gleisbett-Naturierungen zur Emissionsminderung und Retention von Niederschlagswasser
http://www.cleaner-production.de/fileadmin/assets/30798_-_Abschlussbericht.pdf |
| (35) Certaro HDS | (57) Verdunstungsbeet |
| (36) Schwermetall-Adsorptionsschacht | |
| (37) Lamellenklärer | |
| (38) Purasorp | |
| (39) Sickerschachtanlage | |
| (40) RiStWag-Anlage mit Leichtflüssigkeitsspeicher | |
| (41) Leichtflüssigkeitsabscheider | |
| (42) Regenklärbecken mit Dauerstau | |
| (43) Regenklärbecken mit Lamellenklärer | |

LITERATURVERZEICHNIS

LITERATURINDEX STECKBRIEFE

01-01	vgl. DWA-A 117	04-08	vgl. Wong (1999)
01-02	vgl. DWA-M 153	04-09	vgl. PWL Partnership (2001)
01-03	vgl. DWA-A 166	04-10	vgl. KWL
01-04	vgl. DWA-M 176	05-01	vgl. DWA-M 178
02-01	vgl. DWA-A 166	05-02	vgl. DWA-A 178
02-02	vgl. DWA-M 153	05-03	vgl. DWA-A 166
02-03	vgl. DWA-M 176	05-04	vgl. DWA-M 176
02-04	vgl. Eyckmanns-Wolters et al. (2013)	05-05	vgl. DWA-M 153
02-05	vgl. FGSV (Hrsg.) (2002)	05-06	vgl. DWA-A 102/BWK-A 3
02-06	vgl. FGSV (Hrsg.) (2005)	06-01	vgl. Fuchs et al. (2009)
02-07	vgl. Grüning et al. (2010)	06-02	vgl. Grotehusmann, D. (2016)
02-08	vgl. Maus et al. (2009)	06-03	vgl. BUE Hamburg (Hrsg.) (2015)
02-09	vgl. DWA-A 102/BWK-A 3	06-04	vgl. Lemm, K. (2011)
03-01	vgl. Borne et al. (2013)	06-05	vgl. Ripl et al. (1994)
03-02	vgl. CWP (Hrsg.) (2015)	06-06	vgl. Waldhoff, A. (2016)
03-03	vgl. CIRIA (Hrsg.) (2015)	06-07	vgl. Woitke, K. (2016)
03-04	vgl. Geiger et al. (2009)	07-01	vgl. US WO 98/5881 (1998)
03-05	vgl. Günther H. (2013)	07-02	vgl. Kadlec (2009)
03-06	vgl. Headley et al. (2012)	07-03	vgl. DWA-A 262
03-07	vgl. Huang et al. (2007)	07-04	vgl. Nivala et al. (2013)
03-08	vgl. Leisenring et al. (2014)	07-05	vgl. Button et al. (2015)
03-09	vgl. Marsalek et al. (2005)	07-06	vgl. Butterworth et al. (2013)
03-10	vgl. IFAS (Hrsg.) (1998)	07-07	vgl. Redmond et al. (2014)
03-11	vgl. Tanner et al. (2011)	07-08	vgl. Nivala et al. (2015)
03-12	US EPA (2004)	07-09	vgl. Hawes, P. (2014)
03-13	vgl. Wearmouth T. (2015)	08-01	vgl. DWA-A 138
03-14	vgl. Winston et al. (2012)	08-02	vgl. DWA-M 153
03-15	vgl. Winston et al. (2013)	08-03	vgl. FLL (Hrsg.) (2005)
04-01	vgl. CWP (Hrsg.) (2015)	08-04	vgl. RAS-Ew
04-02	vgl. CIRIA (Hrsg.) (2015)	09-01	vgl. Nolting et al. (2005)
04-03	Davis et al. (1994)	09-02	vgl. DIBt (Hrsg.) (2005)
04-04	vgl. Greenway et al. (2003)	09-03	vgl. DWA-A 138
04-05	vgl. Kadlec (2009)	09-04	vgl. DWA-M 153
04-06	vgl. Leisenring et al. (2014)	09-05	vgl. FLL (Hrsg.) (2005)
04-07	vgl. Victorian Stormwater Committee (1999)	09-06	vgl. RAS-Ew

10-01	vgl. DWA-A 117	15-01	vgl. FLL (Hrsg.) (2008)
10-02	vgl. DWA-A 138	15-02	vgl. Matzinger et al. (2017)
10-03	vgl. DWA-M 153	16-01	vgl. Barjenbruch et al. (2016)
10-04	vgl. FLL (Hrsg.) (2005)	16-02	vgl. Sommer et al. (2016)
10-05	vgl. RAS-Ew (2005)	16-03	vgl. Sommer et al. (2011)
11-01	vgl. DWA-A 117	16-04	vgl. Stein, R. (2008)
11-02	vgl. DWA-A 138	16-05	vgl. NORIS Hannover (2008)
11-03	vgl. DWA-M 153	16-06	vgl. BWB (Hrsg.) (2014)
11-04	vgl. FLL (Hrsg.) (2005)	16-07	vgl. DIN 4052 (2006)
11-05	vgl. RAS-Ew	16-08	vgl. DIN 124 (1994)
11-06	vgl. Remmler et al. (1998)	16-09	vgl. Werker et al. (2011)
11-07	vgl. LEIREV (2016)	17-01	vgl. Barjenbruch et al. (2016)
12-01	vgl. DWA-A 117	17-02	vgl. Hagen (2010)
12-02	vgl. DWA-A 138	17-03	vgl. NORIS Hannover (2008)
12-03	vgl. DWA-M 153	17-04	vgl. Sommer et al. (2011)
12-04	vgl. FLL (Hrsg.) (2005)	17-05	vgl. Sommer et al. (2016)
12-05	vgl. Embrem et al. (2009)	17-06	vgl. Werker et al. (2011)
12-06	vgl. Sommer, H. (2007)	18-01	vgl. Sommer et al. (2016)
13-01	vgl. Matzinger et.al. (2017)	18-02	vgl. Grüning, H. (2013)
13-02	vgl. CIRIA (Hrsg.) (2015)	18-03	vgl. HydroCon (2007)
13-03	vgl. Berndtsson (2010)	18-04	vgl. Hilliger (2007)
14-01	vgl. FLL (Hrsg.) (2008)	18-05	vgl. Werker et al. (2011)
14-02	vgl. Berndtsson (2010)	19-01	vgl. Sommer et al. (2016)
14-03	vgl. Matzinger et.al. (2017)	20-01	vgl. Giroud et al. (2013)
		21-01	vgl. Sommer et al. (2016)

ZITATE IN STECKBRIEFEN

- Barjenbruch et al. (2016): *Dezentrale Reinigung von Straßenabflüssen - Projekt im Berliner Umweltentlastungsprogramm UEPII/2 Abschlussbericht*. http://www.siwawi.tu-berlin.de/fileadmin/fg118/DSWT_Abschlussbericht.pdf , Zugriff am 20.08.2016.
- BBSR (Hrsg.)(2015): *Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung, Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte*, gefördert im Rahmen des Forschungsprogrammes „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung.
- „Berliner Strategie zur biologischen Vielfalt" (2012), Berliner Strategie zur Biologischen Vielfalt, Begründung, Themenfelder und Ziele, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin
- Berndtsson (2010): *Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review*. Ecol. Eng. 36 S.351 - 360
- BMVI Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.)(2012): *Handbuch für eine gute Bürgerbeteiligung - Planung von Großvorhaben im Verkehrssektor*. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/handbuch-buergerbeteiligung.pdf?__blob=publicationFile , Zugriff am 14.08.2016.
- Borne et al. (2013): *Floating treatment wetland retrofit to improve stormwater pond performance for suspended solids, copper and zinc*. Ecol. Eng. 54 S. 173– 182.
- BUE Hamburg (Hrsg.) (2015): *RISA Strukturplan Regenwasser 2030 - Ergebnisbericht des Projektes RISA – RegenInfraStrukturAnpassung - Zukunftsfähiger Umgang mit Regenwasser in Hamburg*. <http://www.risa-hamburg.de/Downloadbereich.html> , Zugriff am 04.08.2016.
- Butterworth et al. (2013): *Effect of artificial aeration on tertiary nitrification in a full-scale subsurface horizontal flow constructed wetland*. Ecological Engineering 54, 236-244.
- Button et al. (2015): *Microbial community metabolic function in subsurface flow constructed wetlands of different designs*. Ecological Engineering 80, 162–171.
- BWB (Hrsg.) (2014): *Regelblatt 400 Straßenablauf mit Schlammraum aus Betonfertigteilen nach DIN 4052*, Berliner Wasserbetriebe
- CWP (Hrsg.) (2015): *Stormwater Management Design Manual*. (Aktualisiert vom New York State Department of Environmental Conservation). <http://www.dec.ny.gov/chemical/29072.html>, Zugriff am 28.02.2016.
- CIRIA (Hrsg.) (2015): *The SuDS Manual, C753*. CIRIA, London
http://www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx , Zugriff am 13.08.2016.
- Davis et al.(1994): *A Handbook of Constructed Wetlands for the Mid-Atlantic Region- Volume 5 Stormwater*. <http://nepis.epa.gov> , Zugriff am 28.02.2016.
- DIBt (Hrsg.)(2005): *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Bauprodukte und Bauarten zur Behandlung und Versickerung mineralöhlhaltiger Niederschlagsabflüsse von Verkehrsflächen*. DIBt Mitteilungen 5/2005; Berlin.

- DIBt (Hrsg.)(2015): *Zulassungsgrundsätze Niederschlagsbehandlungsanlagen*, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, unveröffentlicht.
- Dierschke, M. (2014): *Methodischer Ansatz zur Quantifizierung von Feinpartikeln (PM63) in Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit von der Herkunftsfläche*. Dissertation im Fachbereich Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern <https://Kluedo.ub.uni-kl.de/ftontdoor/index/index/docId/3808>, Zugriff am 07.10.16.
- Embrem et al.(2009): *Pflanzgruben in der Stadt Stockholm - Ein Handbuch*. Trafikkontoret, Stockholm
- Eyckmanns-Wolters et al. (2013): *Reduktion des Feststoffeintrages durch Niederschlagswassereinleitungen Phase 1 . Projektbericht im Auftrag des Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen*. https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_mmkresearchprojects/Abschlussbericht_ReduktionFeststoffeintragPhase1.pdf, Zugriff am 29.07.2016.
- Fuchs et al. (2009): *Verfahren zur Behandlung von Regenwasser und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens*. Berliner Wasserbetriebe, Bioplan Landeskulturgesellschaft, Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH (Hrsg.) Patentschrift DE102005021816 B4. <http://www.google.com/patents/DE102005021816B4?cl=de>, Zugriff am 15.06.2016.
- Geiger et al. (2009): *Neue Wege für das Regenwasser*. 3. Auflage. Oldenburg Industrieverlag, München.
- Giroud et al. (2013): *Gestion des eaux pluviales, usages et zone humide urbaine - parc Ouagadougou de Grenoble*. Novatech, (S. 10). Lyon.
- Greenway et al. (2003): *An assessment of mosquito breeding and control in 4 surface flow wetlands in tropical Australia*. Water Science & Technology 48(5):249-56. https://www.researchgate.net/publication/9005948_An_assessment_of_mosquito_breeding_and_control_in_4_surface_flow_wetlands_in_tropical_Australia, Zugriff am 13.08.2016.
- Grotehusmann, D. (2016): Persönliche Auskunft am 09.06.2016.
- Grüning et al. (2010): *Vergleichende Gegenüberstellung von Regenklärbecken und dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen*. Tagungsunterlagen der DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V.
- Grüning, H. (2013): *Präsentation Dezentrale Regenwasserbehandlungssysteme, Anforderungen und Zulassungen in NRW, Kommunalen Erfahrungsaustausch Dezentrale Regenwasserbehandlung in NRW*.
- Günther H. (2013): *Lebende Inseln - selbstschwimmende Pflanzengesellschaften für urbane Gewässer*. Dissertation Technische Universität Berlin.
- Hagen (2010): „Untersuchungen Straßenablauffilter INNOLET“, Stadtentwässerung Hagen in Zusammen mit der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, gefördert durch das Ministeriums für Umwelt, Natur, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Endbericht.
- Hawes, P. (2014): *Project Focus: Aerated Reed Beds at Cowdenbeath WWTW*. Wastewater and Water 2014 10/11. <http://wwtonline.co.uk/features/project-focus-aerated-reed-beds-tackle-cso-discharges-at-cowdenbeath#.V1QTP-SbR9N>, Zugriff am 27.07.2016.
- Headley et al. (2012): *Constructed wetlands with floating emergent macrophytes: an innovative stormwater treatment technology*. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 42, S. 2261–2310.

- Hilliges (2007), Entwicklung eines dezentralen Behandlungssystems für hochbelastete Verkehrsflächenabläufe im urbanen Raum. München, Technische Universität München
- Huang et al. (2007): *Floating-leaved macrophyte (Trapa quadrispinosa) beds have significant effects on sediment resuspension in Lake Taihu, China*. In: Qin, B., Liu, Z., Havens, K. (Hrsg.), *Eutrophication of Shallow Lakes with Special Reference to Lake Taihu, China*. Springer, Niederlande, S. 189–193.
- HydroCon (2007): *Untersuchungen einer Behandlungsanlage für Straßenabflüsse an der Bremer Straße in Hamburg-Harburg*, Stand: 08.08.2007.
- IFAS (Hrsg.)(1998): *Mosquitoes and Stormwater Management*. IFAS Publication DH421, University of Florida, Gainesville.
- Kadlec, R.H., Wallace, S.D. (2009): *Treatment Wetlands*. 2. Auflage. Boca Raton.
- KWL: <http://www.kwl.ca/projects/stanley-park-stormwater-treatment-wetland> , Zugriff am 25.09.2016.
- Köstler et al. (2005): *Beschreibung der Biotoptypen*.
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/biotopschutz/download/biotopkartierung/biotoptypen.pdf , Zugriff am 20.08.2016.
- „Landschaftsprogramm einschließlich Artenschutzprogramm“ (2016), Landschaftsprogramm - Artenschutzprogramm, Begründung und Erläuterung, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin
- LEIREV (2016): *Leistungsfähigkeit und Zustand langjährig betriebener dezentraler Regenwasserversickerungsanlagen, Abschlussbericht*, gefördert durch das MKUNLV Nordrhein-Westfalen
- Leisenring et al. (2014): *International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database Pollutant Category Statistical Summary Report - Solids, Bacteria, Nutrients, and Metals*.
http://www.bmpdatabase.org/Docs/2014%20Water%20Quality%20Analysis%20Addendum/BMP%20Database%20Categorical_StatisticalSummaryReport_December2014.pdf , Zugriff am 25.09.2016.
- Lemm, K. (2011): *Regenwassermanagement als Gewässerschutzmaßnahme- Die Effizienz von Retentionsbodenfiltern am Beispiel von Biesdorfer Baggersee und Obersee*. Vortrag bei der Berliner Wasserwerkstatt des Kompetenzzentrum Wasser Berlin am 17.11.2011. http://www.kompetenzwasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/veranstaltungen/Wasserwerkstatt/111117_ww29_Lemm.pdf , Zugriff am 15.06.2016.
- Marsalek et al. (2005): *Stormwater Management Pond; Pond Treatment Technology*. Hrsg. Shilton, A. IWA Publishing. London.
- Matzinger, A. et al. (2017): Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS (Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme). Berlin.
- Maus et al. (2009): *Traceruntersuchungen zur Wirksamkeit von Regenbecken. Korrespondenz Abwasser, Abfall Heft 56 Nr. 2 S. 164-170*, Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.
- MUNLV-NRW (Hrsg.)(2003): *Retentionsbodenfilter - Handbuch für Planung, Bau und Betrieb*. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- Nivala et al. (2013): *Comparative analysis of constructed wetlands: The design and construction of the ecotechnology research facility in Langenreichenbach, Germany*. *Ecological Engineering* 61, 527–543.

- Nivala et al. (2015): *Reinigungsleistung und Bemessung von aktiv belüfteten Horizontal- und Vertikalfiltern*. DWA-Workshop Potsdam, 24.01.2014.
- Nolting et al. (2005): Prüfung wasserdurchlässiger Flächenbeläge nach mehrjähriger Betriebsdauer.
- NORIS Hannover (2008): Endbericht Teilprojekt Hannover, im Rahmen der InterNorthSeaRegion Projektes NORIS mit Förderung der EU, unveröffentlicht
- PWL Partnership (2001): *Stanley Park Lost Lagoon*. <http://www.pwlpartnership.com/our-portfolio/sustainable-places/stanley-park-lost-lagoon-wetland> , Zugriff am 25.09.2016.
- Redmond et al. (2014): *Nitrogen Removal from Wastewater by an Aerated Subsurface-Flow Constructed Wetland in Cold Climates*. *Water Environment Research*, 86/4, 305-313.
- Remmler et al.(1998): *Qualitative Anforderungen an eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung aus der Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes*, Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung, Analytica-Verlag, Berlin
- Reusswig et al. (2016): *Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin (AFOK). Klimaschutz Teilkonzept*. Hauptbericht. Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Sonderreferat Klimaschutz und Energie (SRKE). http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/klimawandel/download/afok_endbericht_t_teil1.pdf , Zugriff am 06.08.2016.
- Ripl et al. (1994): *Nährstoffelimination aus einem gering belasteten Fließgewässer mit Hilfe eines bewirtschafteten Schilfpolders*. *Endbericht im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ)*. Berlin: Gesellschaft für Gewässerbewirtschaftung mbH & TU Berlin.
- Schweizer-Ries et al. (2010): *Aktivität und Teilhabe – Akzeptanz Erneuerbarer Energien durch Beteiligung steigern*. Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit FKZ: 0325052. https://www.researchgate.net/publication/271197704_Aktivitat_und_Teilhabe_-_Akzeptanz_Erneuerbarer_Energien_durch_Beteiligung_steigern , Zugriff am 14.08.2016
- Planungshinweiskarte Stadtklima 2015 - Begleitdokument zur Online-Version. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/Planungshinweise_StadtklimaBerlin_2015.pdf , Zugriff am 20.08.2016.
- SenStadtUm & MLUL (2015): *Reduzierung der Nährstoffbelastungen von Dahme, Spree und Havel in Berlin sowie der Unteren Havel in Brandenburg - Gemeinsames Handlungskonzept der Wasserwirtschaftsverwaltungen der Bundesländer Berlin und Brandenburg.- Teil 3* http://www.lfu.brandenburg.de/media_fast/4055/phase_3_2015.pdf , Zugriff am 15.06.2016.
- Sieker, H. (1999): *Generelle Planung der Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten*, Dissertation an der Technischen Universität Darmstadt.
- Sieker, F. (2004): *Regen(ab)wasserbehandlung unter Berücksichtigung der Anforderungen nach § 7a WHG und einer möglichst ortsnahen Versickerung*, UBA-Texte
- Sieker et.al. (2004): *Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten*, Expert Verlag, Band 508, Renningen.
- Sieker et.al. (2006): *Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, kommunalen und gewerblichen Bereich Siedlungsgebieten*, Fraunhofer IRB Verlag.

- Sommer et al. (2011): *INNOLET G® (getaucht), Entwicklung und Erprobung der INNOLET-Filterpatrone zur Nachrüstung vorhandener Straßengullys mit Nassschlammfang*, Endbericht, Projekt gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (AZ: 26741-23).
- Sommer, H.; Post, M.; Estupinan, F. (2016) *Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen – Übersicht verfügbarer Anlagen*, 4. Auflage, erstellt im Rahmen des Umweltentlastungsprogramms der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, gefördert aus den Mitteln des Umweltentlastungsprogrammes durch die Europäische Union.
- Sommer, H. (2007): *Behandlung von Straßenabflüssen*, Dissertation an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.
- Sommer, H. (2011): *Nachrüstbarer Filter reinigt Straßenablaufwasser an Ort und Stelle, Messungen und Betriebserfahrungen aus Hannover*, in *gwf Praxiswissen*, Band 1, Regenwasserbewirtschaftung, Oldenbourg Industrieverlag, München.
- Stadtentwicklungsplan Klima Konkret (2016), *Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET, Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt
- Stein, R. (2008): *Auswirkungen optimierter Straßenabläufe auf Feststoffeinträge in Kanalisationen*, Dissertationsschrift der RWTH Aachen.
- Tanner et al. (2011): *Components of floating emergent macrophyte treatment wetlands influencing removal of stormwater pollutants*. *Ecol. Eng.* 37, S. 474–486.
- US WO 98/5881 (1998): *Method and apparatus for biological treatment of wastewater*. Patented by Wallace S.D.
- Victorian Stormwater Committee (1999): *Urban Stormwater - Best-Practice Environmental Management Guidelines*, CSIRO Publishing. <http://www.publish.csiro.au/pid/2190.htm> , Zugriff am 13.08.2016.
- Waldhoff, A. (2016): *Persönliche Auskunft* am 17.10.2016.
- WHG (2009): *Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG)*, Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. August 2016 (BGBl. I S. 1972) geändert worden ist.
- Wearmouth, T. (2015): *Rosedale Road West*. New Zealand Water Clean Technologies, <http://waterclean.co.nz/case-studies/rosedale-road-west/> , Zugriff am 31.07.2016.
- Werker et al. (2011): *Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung in Trennsystemen - Umsetzung des Trennerlasses*, Abschlussbericht im Auftrag des MKULNV NRW.
- Winston et al. (2012): *Evaluation of Floating Wetland Islands (FWIs) as a Retrofit to Existing Stormwater Detention Basins*, Abschlussbericht für NC DENR, Contract Number 1653. <http://www.floatingislandinternational.com/wp-content/plugins/fii/research/27.pdf> , Zugriff am 26.09.2016.
- Winston et al. (2013): *Evaluation of floating treatment wetlands as retrofits to existing stormwater retention ponds*. *Ecol. Eng.* 54, S. 254– 265.
- Woitke, K. (2016). *Versuche im Labormaßstab zum Nährstoffrückhaltepotenzial und -freisetzungspotenzial in einem künstlich überströmten Feuchtgebiet im südlichen Einzugsgebiet des Schwielochsees*. Masterarbeit TU Berlin, FG Siedlungswasserwirtschaft.

Wong (1999): *Ponds Vs Wetlands – Performance Considerations in Stormwater Quality Management*, proceedings of the 1st South Pacific Conference on Comprehensive Stormwater and Aquatic Ecosystem Management, Auckland, New Zealand, 22-26 Februar 1999, Vol 2, 223-231.

Wong et al. (2013): *blueprint2013 - Stormwater Management in a Water Sensitive City*. Hrsg. Wong T.H.F. Melbourne, Australia: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.
<http://watersensitivecities.org.au/dl/reports/blueprint2013.pdf> , Zugriff am 19.06.2016.

SONSTIGE INFORMATIONSQUELLEN

Center for watershed protection: <https://www.cwp.org/stormwater-management/>

Vancouver, Stormwater Source Control Design Guidelines: <http://www.metrovancouver.org/services/liquid-waste/LiquidWastePublications/StormwaterSourceControlDesignGuidelines2012.pdf>

International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database: Pollutant Category, Summary, Statistical Addendum: TSS, Bacteria, Nutrients, and Metals:

http://www.bmpdatabase.org/Docs/2012%20Water%20Quality%20Analysis%20Addendum/BMP%20Database%20Categorical_SummaryAddendumReport_Final.pdf

US EPA GeoPlatform: <http://www.epa.gov/water-research/geoplatform-stormwater-bmp-performance-database-0>

CIRIA (construction industry research and information association): The SuDS Manual: http://www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx

TECHNISCHE REGELWERKE UND RICHTLINIEN

- DIN 4052 (2006): DIN ISO 4052: 2006-05 Betonteile und Eimer für Straßenabläufe
- DIN 124 (1994): EN 124: 1994 Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen - Baugrundsätze, Prüfungen, Kennzeichnung, Güteüberwachung; Deutsche Fassung
- DWA-A 102 (2016): *Arbeitsblatt BWK-A 3 / DWA-A 102 "Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer"; Gelbdruck Oktober 2016*
- DWA-A 138 (2005): *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Arbeitsblattblatt*. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2005
- DWA-M 178 (2005): *Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Merkblatt*. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2005
- DWA-M 153 (2007): *Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt*. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2007
- DWA-M 153 (2012): *Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt*. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2012
- DWA-A 166 (2103): *Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung, Arbeitsblatt*. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2013
- DWA-M 176 (2013): *Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung, Merkblatt*. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2013
- DWA-A 117 (2014): *Bemessung von Regenrückhalteräumen, Arbeitsblatt*. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2014
- DWA-A 178 (2016): *Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Arbeitsblatt, Gelbdruck*. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2016
- DWA-A 262 (2016): *Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur biologischen Reinigung kommunalen Abwassers*. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2016
- FGSV (Hrsg.) (2002): *RiStWag Richtlinie für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten*. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe "Erd- und Grundbau".
- FGSV (Hrsg.) (2005): *RAS-Ew Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil : Entwässerung*. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe "Erd- und Grundbau".
- FLL (Hrsg.) (2005): *Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung, Versickerungsrichtlinie*, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn
- FLL (Hrsg.) (2008): *Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Dachbegrünungsrichtlinie*, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn

RAS-Ew (2005): *Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung*, Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Straßenwesen, 2005

REGENRÜCKHALTEBECKEN



Berlin, Pflaumer Straße (BWB)

EINZUGSGEBIET: Mischflächen, Verkehrsflächen

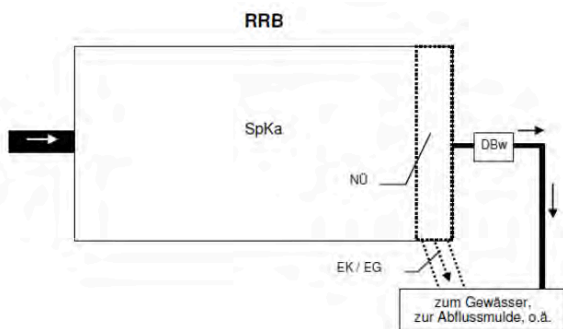
FUNKTION: Speichern

ART: Technisch oder naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Regenrückhaltebecken (RRB) werden seit vielen Jahren als zentrale Anlagen zur vorübergehenden Speicherung (Rückhaltung) von Regenwasser eingesetzt, wenn eine Dämpfung des Niederschlagsabflusses notwendig ist. Ziel der Errichtung von RRB ist der Schutz unterliegender Abflusssysteme (Kanalisation, Gewässer) vor hydraulischer Überlastung. Sie können auch eingesetzt werden, um die Dimensionierung nachfolgender Abflusssysteme zu reduzieren oder bestehende überlastete Kanalsysteme zu sanieren bzw. Neubaugebiete an ausgelastete Entwässerungssysteme anzuschließen, wenn dort keine Versickerung möglich ist.</p> <p>Sie werden zur Rückhaltung von Niederschlagswasser aus Trenngebieten, Mischgebieten bzw. von Straßen eingesetzt. In Berlin kommen sie nur für die Regenwasserbehandlung in Frage.</p> <p>Sie sind allgemein anerkannte Regel der Technik. Für Bemessung, Konstruktion, Bau und Betrieb gibt es verschiedene Vorgaben. Neben dem Arbeitsblatt DWA-A 117, dem DWA-A 166 und dem Merkblatt DWA-M 176 gibt es noch länderspezifische Regelungen.</p> <p>Im Merkblatt DWA-M 153 werden Vorgaben zur Notwendigkeit der Errichtung von Regenbecken aufgeführt, wenn die Einleitung in ein Fließgewässer erfolgt. Abhängig von Größe, Gefälle und Sohlstruktur des aufnehmenden Gewässers werden Anforderungen an die für die Bemessung der RRB anzusetzenden maximalen Drosselabflüsse formuliert. Die Wirkung der RRB ist rein hydraulisch, eine Behandlung des Niederschlagswassers erfolgt nicht.</p> <p>Die Ausführung erfolgt in der Regel als oberirdische offene Erdbecken in naturnaher Bauweise (teilweise mit Foliendichtung) oder als offene bzw. geschlossene Betonbauwerke. Sie sind in der Regel im Straßennebenraum angeordnet.</p>	<p>Regenrückhaltebecken haben die Aufgabe, den Regenabfluss zwischen zu speichern und gedrosselt in das nachfolgende Abflusssystem abzuleiten. Regenrückhaltebecken werden so betrieben, dass sie den Regenabfluss auffangen und während und nach Ende des Regenereignisses gedrosselt in das nachfolgende Abflusssystem ableiten.</p> <p>RRB werden als Durchlaufbecken überwiegend im Hauptschluss eingesetzt. In der Regel verfügen sie über eine Speicherkammer (SpKa), einen gedrosselten Ablauf (DBw) sowie einen Notüberlauf (NÜ). Ist die Speicherkammer gefüllt und der Zufluss größer als der Drosselabfluss, wird die überschüssige Regenwassermenge ungedrosselt über den Notüberlauf in die Vorflut oder in die Umgebung abgeleitet, wobei die Ableitung schadlos erfolgen muss.</p> <p>Oft ist bei Einleitung aus einem RRB in ein Gewässer die Rückhaltung sedimentierbarer Stoffe erforderlich. Dann empfiehlt sich die Anordnung einer Absetzzone, die manchmal auch mit einem getrennten Beckenabschnitt realisiert wird. Für die Ermöglichung der problemlosen Sedimenträumung ist es erforderlich, bei Erdbecken die Sohle zu befestigen und eine Zufahrt zur Sedimenträumung vorzusehen. Gibt es keine separate Sedimentationszone, ist die Vorschaltung eines Grobstofffangs empfehlenswert.</p> <p>Für die Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens des RRB sind die Festlegungen zur zulässigen Überschreitungshäufigkeit (Anspringen des NÜ), des Drosselabflusses und der angeschlossenen abflusswirksamen Fläche von entscheidender Bedeutung. Die tolerierbare Überschreitungshäufigkeit muss von den Planungsbeteiligten festgelegt werden, wobei die Schutzziele beachtet werden müssen.</p> <p>Der zulässige Drosselabfluss hat sehr großen Einfluss auf das erforderliche Speichervolumen. Wie groß dieser sein darf, hängt von den Vorflutverhältnissen und den behördlichen Vorgaben ab, wobei das DWA-M 153 Hinweise zur Ermittlung gibt.</p>
<p>Schematische Darstellung eines RRB (01-03)</p>	



ANWENDUNGSBEISPIELE

Regenrückhaltebecken sind in der Regel sehr großvolumige Abwasseranlagen mit entsprechendem Platzbedarf.

Sie werden in den verschiedensten Ausführungen realisiert, die teilweise sehr naturnah sein können. Meist sind sie als offene Erdbecken ausgeführt, die manchmal gedichtet werden.

In einigen Fällen werden sie mit einem Dauerstau versehen, dann ist eine Abdichtung zumindest des Dauerstaubereiches erforderlich.

Bei beengten Platzverhältnissen kann auch eine etwas aufwändigere Bauweise erforderlich werden, um durch steilere Böschungen Bauplatz zu sparen.

Wegen des hohen Bauaufwandes werden Regenrückhaltebecken seltener in Betonbauweise als offenes oder mit sehr großem Bauaufwand auch als geschlossene Becken realisiert.

In einigen Fällen werden Regenrückhaltebecken auch in Form von Stauraumkanälen gebaut, wenn sehr beengte Platzverhältnisse dies erforderlich machen.

Im Trennsystem dienen Regenrückhaltebecken fast immer der hydraulischen Entlastung der Vorfluter mit direkter Einleitung des gedrosselten Abflusses ins Gewässer. Seltener dienen sie der Entlastung des unterliegenden Kanalnetzes, wobei sie dann ins Kanalnetz integriert sind.



RRB, gedichtet (BWB)



RRB, Steilwände (Gabionen) auf engem Raum (BWB)



Großräumiges offenes Regenrückhaltebecken mit geböschten Wänden in Erdbauweise ohne Dichtung (BWB)

LITERATURVERZEICHNIS

- 01-01 DWA (Hrsg., 2014). DWA-A 117– Bemessung von Regenrückhalteräumen, Arbeitsblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 01-02 DWA (Hrsg., 2007). DWA-M 153– Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 01-03 DWA (Hrsg., 2013). DWA-A 166 – Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung - Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung, Arbeitsblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 01-04 DWA (Hrsg., 2013). DWA-M 176 – Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.

REGENKLÄRBECKEN OHNE DAUERSTAU



(AKUT)

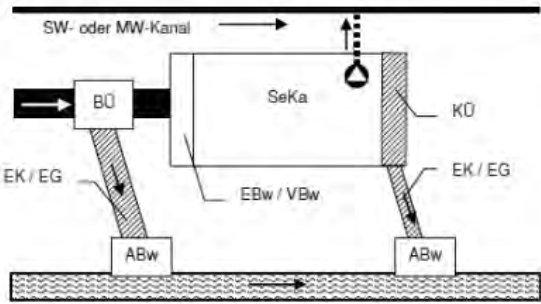
EINZUGSGEBIET: Mischflächen, Verkehrsflächen

FUNKTION: Speichern und Behandeln

ART: Technisch

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Regenklärbecken ohne Dauerstau (RKBoD) sind Becken zur teilweisen Reinigung von Niederschlagsabflüssen. Sie werden seit vielen Jahren als zentrale Anlagen zur mechanischen Regenwasserbehandlung eingesetzt, wenn das abgeleitete Niederschlagswasser vor Einleitung in ein Gewässer einer Behandlung bedarf.</p> <p>Sie werden zur Behandlung von verschmutztem Niederschlagswasser aus Trenngebieten bzw. von Straßen eingesetzt.</p> <p>RKBoD entsprechen den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Für Bemessung, Konstruktion, Bau und Betrieb gibt es verschiedene Vorgaben. Neben dem Arbeitsblatt DWA-A 166 und dem Merkblatt DWA-M 176 gibt es noch länderspezifische Regelungen. Bemessungsregeln sind auch im Regelwerk zur Behandlung von Straßenabflüssen zu finden, der RAS-Ew und der RiStWag.</p> <p>Im DWA-M 153 werden Annahmen zur stofflichen Wirksamkeit der Regenklärbecken aufgeführt, die derzeit diskutiert werden und einer Überprüfung bedürfen. Die Wirksamkeit dieser Anlagen ist in der Praxis deutlich eingeschränkt. Eine signifikante Erhöhung der im DWA-M 153 angenommenen Durchgangsraten erscheint vor diesem Hintergrund dringend erforderlich.</p> <p>Die Ausführung erfolgt in der Regel als unterirdische Betonbauwerke im Straßennebenraum, gelegentlich auch im Straßenraum. Das Aufwand/ Nutzen-Verhältnis muss als schlecht bezeichnet werden.</p> <p>Neben den Regenklärbecken ohne Dauerstau gibt es diese Anlagen auch mit Dauerstau. Diese sollten wenn überhaupt nur dann eingesetzt werden, wenn regelmäßig mit nicht behandlungsbedürftigem hohen Zufluss zu rechnen ist.</p>  <p>Schematische Darstellung eines RKBoD (02-01)</p>	<p>„Regenklärbecken haben die Aufgabe, das Regenwasser zumindest grob zu entschlammten und gleichzeitig Schwimm- und Leichtflüssigkeiten, aber auch Schwerflüssigkeiten zurückzuhalten. Außerdem können Fehlschlüsse, unerlaubte Einleitungen und Einschüttungen durch den Betrieb von Regenklärbecken festgestellt werden.“ (02-01).</p> <p>Regenklärbecken ohne Dauerstau werden so betrieben, dass sie behandlungsbedürftiges Regenwasser teilweise auffangen und dieses überwiegend mechanisch durch Absetzprozesse reinigen. Nach Ende des Regenereignisses wird der aus dem aufgefangenen Regenwasser und den abgesetzten Stoffen bestehende gespeicherte Inhalt des Regenklärbeckens in die Schmutzwasserkanalisation zur weiteren Behandlung in der Kläranlage entleert. Bei einigen Anlagen wird nur der abgesetzte Schlamm zur Kläranlage abgeleitet. Das überstehende Regenwasser wird nach Ende des Absetzvorgangs ins Gewässer eingeleitet, bei Standgewässern als Vorfluter mit vorheriger Belüftung.</p> <p>RKBoD werden überwiegend als Durchlaufbecken eingesetzt. In der Regel verfügen sie über einen vorgeschalteten Beckenüberlauf (BÜ, s. Schema), ein Einlauf- und Verteilungsbauwerk (EBw/ VBw; die Konstruktion dieses ist für die Funktionalität des Beckens von entscheidender Bedeutung, um Kurzschlussströmungen zu verhindern), eine Sedimentationskammer (SeKa), einen Klärüberlauf (KÜ, ggf. gedrosselt) mit vorgeschalteter Tauchwand sowie eine Entleerungsvorrichtung. Oft werden die Becken mit Umwälz- und Spüleinrichtungen ausgestattet.</p> <p>Selten werden RKBoD als Fangbecken eingesetzt, wenn aus kleinen Einzugsgebieten ein stark verschmutzter erster Spülstoß erwartet wird.</p> <p>In den RKBoD wird in der Regel der kritische Abfluss (Q_{krit}) behandelt. Darüber hinaus ankommende Regenwassermengen werden über den Beckenüberlauf ohne Behandlung direkt ins Gewässer abgeschlagen. Die Größe von Q_{krit} hängt von den behördlichen Vorgaben ab. In der Regel reicht die Behandlung von $Q_{krit} = 15 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$ aus, womit über 94%¹ des Regenwassers behandelt werden. Vorgaben zu höheren Q_{krit} führen nur zu einer unwesentlichen Zunahme der behandelten Regenwassermenge. Allerdings wird wegen der deutlich größeren Dimensionierung der Becken die tatsächliche Oberflächenbeschickung bei vielen Regenereignissen kleiner und damit die Absetzwirkung besser sein.</p>

¹ DWA A 102

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●○○○○	Verdunstung / Mikroklima	○○○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●○○○	Ökologisches Potenzial	Technisches Becken
Rückhalt gelöster Stoffe	●○○○○	Freiraumgestaltung	●○○○○
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebliches Kriterium	Q_{krit}
Filtration	nein	Anschließbare Fläche	groß
Biologische Behandlung	nein	Spez. Fläche der Anlage ²	5,4 – 16,2 m ² /ha
Sorption	nein	Spez. Speichervolumen	10 bis 32 m ³ /ha
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG ³	
Anteil behandeltes Wasser	Teilstrom $Q_{krit} > 94\%$	Anteil behandeltes Wasser	Teilstrom $Q_{krit} > 94\%$
Retention	●○○○○	AFS	■—————
Abfluss gedrosselt	ja	AFS63	■—————
		Phosphor	■—————
		Schwermetalle	■—————
		Org. Summenparameter	■—————
		Ammonium	—————
		Keime	—————
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	DWA-A 166 DWA-M 176	Wissensstand	a.a.R.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	nein	Regelwerk	ja
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	mittel	Reinigung des Beckens nach Regenereignissen	
Verwandte Verfahren	57, 58, 59, 60	Betrieb und Wartung Umwälzeinrichtungen, Pumpen	

² Je nach Wahl Q_{krit} , Bemessung auf Oberflächenbeschickung 10 m³/(m²·h)

³ Abschätzung, da keine Messergebnisse vorhanden

ANWENDUNGSBEISPIEL

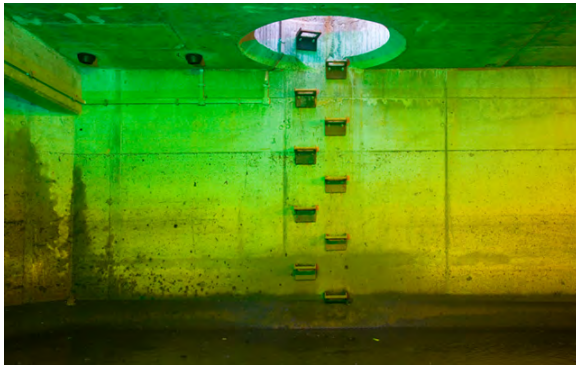
RKBoD in Berlin

Mit der Wassersportallee und der Regattastraße befinden sich in Berlin Treptow-Köpenick zwei vielbefahrene Straßen, deren Niederschlagsabfluss nicht ohne Vorreinigung in öffentliche Gewässer – in diesem Fall in den Fluss Dahme - eingeleitet werden dürfen.

Die Behandlung des Regenwassers erfolgt in einem unterirdischen Regenklärbecken (RKBoD) in Betonbauweise am Uferpark Schlierseestraße. Dieses Regenklärbecken kann mit einer Größe von 400 m^3 den Niederschlagsabfluss des Einzugsgebietes der umliegenden Regenwasserkanalisation von 22,36 ha (davon 15 ha versiegelte Flächen) behandeln. Damit hat das Becken ein spezifisches Volumen von $26,67 \text{ m}^3/\text{ha}$. Das Becken ist zur Behandlung des Regenabflusses für eine kritische Regenabflussspende von $15 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{ha})$ ausgelegt.

Nach Ende des Regens erfolgt die Entleerung des Regenklärbeckens in den Schmutzwasserkanal mit maximal $10 \text{ L}/\text{s}$.

Durch den Einsatz des Regenklärbeckens wird die Einleitung von unbehandeltem Niederschlagswasser in die Dahme um 77 % jährlich reduziert.



Regenklärbecken ohne Dauerstau Uferpark Schlierseestraße (BWB)

LITERATURVERZEICHNIS

- 02-01 DWA (Hrsg., 2013).DWA-A 166 – Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung-
Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung, Arbeitsblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der
Abwassertechnik e.V.
- 02-02 DWA (Hrsg., 2007).DWA-M 153– Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt.
Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.
- 02-03 DWA (Hrsg., 2013).DWA-M 176 – Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von
Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft
zur Förderung der Abwassertechnik e.V.
- 02-04 Eyckmanns-Wolters, R., Fuchs,S., Maus, C., Sommer, M., Voßwinkel, N., Mohn, R., Uhl, M., Schmitt,
T.G., &Berger, C. (2013). Reduktion des Feststoffeintrages durch Niederschlagswassereinleitungen
Phase 1 . Projektbericht im Auftrag des Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur-
und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_mmkresearchprojects/Abschlussbericht_ReduktionFeststoffeintragPhase1.pdf. Zuletzt geprüft am 29.07.2016.
- 02-05 FGSV (Hrsg. 2002). RiStWag Richtlinie für bautechnische Maßnahmen an Straßen in
Wasserschutzgebieten. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe
"Erd- und Grundbau"
- 02-06 FGSV (Hrsg. 2005). RAS-Ew Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil : Entwässerung.
Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe "Erd- und Grundbau"
- 02-07 Grüning, H., Giga, A. & Quarg-Vonscheidt, J (2010). Vergleichende Gegenüberstellung von
Regenklärbecken und dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen. Tagungsunterlagen der DWA –
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V.
- 02-08 Maus, C. & Uhl, M. (2009). Traceruntersuchungen zur Wirksamkeit von Regenbecken. KA
Korrespondenz Abwasser, Abfall Heft 56 Nr. 2. S. 164-170, Hennef, Gesellschaft zur Förderung der
Abwassertechnik e.V.
- 02-09 DWA-A 102 (2016): Arbeitsblatt BWK-A 3 / DWA-A 102 "Grundsätze zur Bewirtschaftung und
Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer"; Gelbdruck Oktober
2016

RETENTIONSTEICH MIT PFLANZENSCHWIMMMATTEN



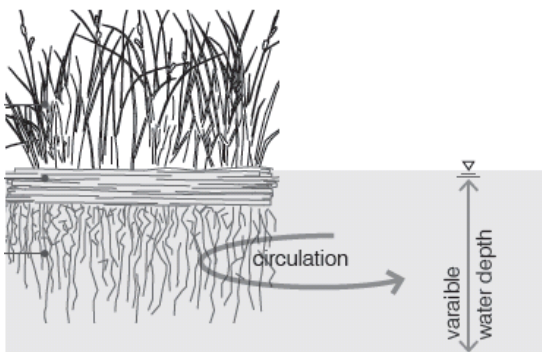
North Carolina, USA (3-14)

EINZUGSGEBIET:	Mischflächen
FUNKTION:	Speichern und Behandeln
ART:	Naturnah

AKUT
Partner

 **Sieker**
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Retentionsteiche mit Pflanzenschwimmatten (<i>Floating Treatment Wetland</i>) sind einfache Erdbecken mit in der Regel 1,5 m Dauerstautiefe, in denen bepflanzte Flöße verankert werden. Die Flöße geben den Pflanzen Halt und Auftrieb. Aufgrund der schwimmenden Lage tolerieren sie die schwankenden Wasserspiegel im Stauraum. Retentionsteiche speichern und drosseln den Abfluss, wobei sein Stoffrückhalt durch die Pflanzenschwimmatten gegenüber einfachen Teichen etwas erhöht wird.</p> <p>Zehntausende einfacher Retentionsteiche wurden in Nordamerika, Australien und Schweden in den letzten 40 Jahren gebaut. Dagegen werden Pflanzenschwimmatten in Deutschland vor allem für dekorative Zwecke eingesetzt. Zu ihrer Wirksamkeit in der Regenwasserbehandlung gibt es Forschungsergebnisse und einige Umsetzungen.</p> <p>Zwei bewährte Bauweisen für die Pflanzenschwimmatten sind: (1) Rahmenstruktur mit Schwimmkörpern, in der das Substrat zum Durchwurzeln mit Netzen o.ä. gehalten wird (z.B. ÖKON-Vegetationstechnik) und (2) Flotierende textile Kunststoffmatten mit verwebten Hohlfasern (z.B. Blumberg). Alternativ hat GÜNTHER Gabionen aus dem natürlichen Material Schilf erfolgreich getestet (s. Abbildung).</p> <p>Retentionsteiche benötigen relativ große zusammenhängende Flächen. Um Mückenplagen vorzubeugen, werden flache Bereiche mit tiefen Dauerstaubereichen verbunden. Eine passende Vorbehandlung verringert die Nährstoffbelastung, die sonst zu extremem Algenwachstum im Teich mit Geruchs- und Toxinbildung (Blaualgen) führen kann. Durch die Beschattung mit Schwimmatten wird Algenbewuchs reduziert.</p> <p>Die "schwimmenden Inseln" sind Gestaltungselemente, die einen bestehenden Retentionsteich unter den Aspekten Ästhetik, Reinigungsleistung und Habitatstruktur aufwerten.</p>	<p>Der Zulauf befindet sich möglichst weit vom Ablauf entfernt, um eine gleichmäßige Durchströmung ohne Kurzschlüsse zu fördern. Oberhalb des permanent bespannten Bereiches wird das erforderliche Volumen für die Volumenstöße der Regenereignisse vorgesehen (Retentionsraum). Dieses wird innerhalb von maximal zwei Tagen gedrosselt entleert. Für diesen Speicherraum beschränkt sich die Behandlung auf die Sedimentation. So werden Partikel, die schwerer als Wasser und nicht kleiner als Sandkörner sind, komplett abgeschieden.</p> <p>Die Wurzeln der auf den Matten wachsenden Sumpfpflanzen sollen tief in den Wasserkörper hineinragen. Dabei bieten sie Aufwuchsfläche für Mikroorganismen und Abscheidepotenzial für schwer absetzbare Stoffe. Die Wurzeln lagern Partikel an, die teilweise ausflocken und absinken. Dadurch ist die Entfernung von AFS signifikant besser als im Retentionsteich. Entsprechend werden auch die partikelgebundenen Formen von Zink, Kupfer und Phosphor besser zurückgehalten.</p> <p>Das Teichbodensediment kann bei sehr hohen Durchflüssen ausgeschwemmt werden und bei ungünstigen chemischen Bedingungen werden eingelagerte Verbindungen wie Phosphor und Metalle ins Wasser rückgelöst. Auf beides wirken sich Pflanzenschwimmatten günstig aus. Das Sediment ist entweder regelmäßig zu räumen oder zu behandeln (z.B. Eisenhydroxidabdeckung).</p> <p>Als Pflanzen werden z.B. Carex, Cyperus, Juncus, Phragmites und Typha verwendet. Canna dient als Zierpflanze. Während der Anwachsphase werden die Pflanzen mit Netzen o.ä. vor Vögeln geschützt.</p> <p>Je nach Untergrundverhältnissen ist der Teich zu dichten. Bei der Festlegung der Dauerstaufläche ist darauf zu achten, dass die Verdunstung nicht zu einem weitgehenden Austrocknen führen kann und die Pflanzenmatten, wenn vorhanden, nicht im Sediment wurzeln.</p>



Lebende Inseln - selbstschwimmende Pflanzengesellschaften für urbane Gewässer (03-05)

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●○○ ¹	Verdunstung / Mikroklima	●●●○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●○	Ökologisches Potenzial	Teich
Rückhalt gelöster Stoffe	●●○○○	Freiraumgestaltung	●●○○○
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebliche Kriterien	Q _{krit} , Drosselleistung
Filtration	nein	Anschließbare Fläche	groß
Biologische Behandlung	ja	Spez. Fläche der Anlage ²	100 m ² /ha
Sorption	ja ³	Spez. Speichervolumen	50 - 200 m ³ /ha
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	
			0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	> 90 % ⁴	Anteil behandeltes Wasser	> 90 % ⁴
Retention	●●●○○	AFS ⁵	—————■
Abflussdrosselung	ja	AFS63	—————■
		Phosphor ⁴	—————■
		Schwermetalle ⁴	—————■
		Organ. Summenparameter	—————■
		Kjeldahl-Stickstoff	—————■
		Keime	—————■
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	Retentionsteich: Geiger et al., 2009 (03-04)	Wissensstand	S.d.T. (Retentionsteich in den USA a.a.R.d.T.)
Bemessungsverfahren stofflich	Retentionsteich: CIRIA 2015 (03-03), US EPA 2004 (03-12)	Regelwerk	Retentionsteich: CIRIA 2015 (03-03), CWP 2015 (03-02)
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	gering/hoch	Grünpflege, Entschlammung, evtl. Nachpflanzen	
Verwandte Verfahren	4, 5, 6, 58		

¹ Je nach spezifischem Speichervolumen auch kleiner

² nach Marsalek et al. [03-09]

³ lockere Anlagerung von Feststoffen an Wurzeln und Mattenmatrix sowie Akkumulation im Sediment

⁴ bei Auslegung anhand des einfachen Retentionsteiches nach 03-02

⁵ Retentionsteich ohne Schwimmmatten im Median: 76 % AFS, 56 % P, 49 - 68 % Schwermetalle [LEISENRING et al. 2014 03-08]

ANWENDUNGSBEISPIEL

Rosedale Road (Neuseeland) - Bau 2008 - Water Clean Technologies

Im Zuge der Straßenerweiterung entschied sich das North Shore City Council für den Einsatz von Pflanzenschwimmatten zum Rückhalt von festen und suspendierten Stoffen. Entsprechend den Auckland Richtlinien sollten die Wasserqualität verbessert und die Sedimente vermindert werden, die Verkehr und Umwelt in den umliegenden Häfen belasten. Der Wasserspiegel des sonst langsam durchflossenen Kanals an der Rosedale Straße steigt hier bei Starkregenereignissen deutlich an. Die Pflanzenschwimmatten wurden so geformt und verankert, dass sie den plötzlichen Abtriebskräften standhalten und sich bei sinkendem Wasserspiegel wieder normal im Kanalbett ausrichten. Die Pflanzenspezies wurden so ausgewählt, dass sie mit den Uferpflanzen harmonisieren und den geringfügigen Fraß durch den hier vorkommenden Graskarpfen tolerieren. Das System hielt große Mengen Sediment zurück, die ausgebaggert wurden. Es hat sich in den Unwettern der letzten acht Jahre bewährt.



Rosedale Street West: New Zealand Water Clean(3-13)

LITERATURVERZEICHNIS

- 03-01 Borne K. E., Fassman E. A., Tanner C. C. (2013): Floating treatment wetland retrofit to improve stormwater pond performance for suspended solids, copper and zinc. *Ecol. Eng.* 54 S. 173– 182.
- 03-02 Center for Watershed Protection aktualisiert vom New York State Department of Environmental Conservation (2015) Stormwater Management Design Manuel. Download unter <http://www.dec.ny.gov/chemical/29072.html> Zugriff am 28.02.2016.
- 03-03 CIRIA (Hrsg., 2015): The SuDS Manual, C753, CIRIA, London.
http://www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx Zugriff am 13.08.2016
- 03-04 Geiger, W., Dreiseitl, H., Stemplewski, J. (2009) "Neue Wege für das Regenwasser" 3. Auflage. Oldenbourg Industrieverlag. München.
- 03-05 Günther H. (2013): Lebende Inseln - selbstschwimmende Pflanzengesellschaften für urbane Gewässer. Dissertation Technische Universität Berlin.
- 03-06 Headley, T.R., Tanner, C.C. (2012). Constructed wetlands with floating emergent macrophytes: an innovative stormwater treatment technology. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 42, S. 2261–2310.
- 03-07 Huang, P., Han, B., Liu, Z. (2007): Floating-leaved macrophyte (*Trapa quadrispinosa*) beds have significant effects on sediment resuspension in Lake Taihu, China. In: Qin, B., Liu, Z., Havens, K. (Hrsg.), *Eutrophication of Shallow Lakes with Special Reference to Lake Taihu, China*. Springer, Niederlande, S. 189–193.
- 03-08 Leisenring M., Clary J., Hobson P. et al. (2014) International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database Pollutant Category Statistical Summary Report - Solids, Bacteria, Nutrients, and Metals. http://www.bmpdatabase.org/Docs/2014%20Water%20Quality%20Analysis%20Addendum/BMP%20Database%20Categorical_StatisticalSummaryReport_December2014.pdf Zugriff am 25.09.2016
- 03-09 Marsalek, J., Urbonas, B., Lawrence, I. (2005) "Stormwater Management Ponds" In *Pond Treatment Technology*. Hrsg. Shilton, A. IWA Publishing. London.
- 03-10 Institute of Food and Agricultural Science (1998) "Mosquitoes and Stormwater Management" IFAS Publication DH421, University of Florida, Gainesville.
- 03-11 Tanner, C.C., Headley, T.R. (2011) Components of floating emergent macrophyte treatment wetlands influencing removal of stormwater pollutants. *Ecol. Eng.* 37, S. 474–486.
- 03-12 US EPA (2004) Stormwater Best Management Practice Design Guide, Volume 3 Basin Best Management Practices.
- 03-13 Wearmouth T. (2015): Rosedale Road West. New Zealand Water Clean Technologies, <http://waterclean.co.nz/case-studies/rosedale-road-west/> Zugriff am 31.07.2016.
- 03-14 Winston R. J., Kennedy S. G. (2012) Evaluation of Floating Wetland Islands (FWIs) as a Retrofit to Existing Stormwater Detention Basins. Abschlussbericht für NC DENR. Contract Number 1653. <http://www.floatingislandinternational.com/wp-content/plugins/fii/research/27.pdf> Zugriff am 26.09.2016.

- 03-15 Winston R. J., Kennedy S. G, Hunta W. F., Merrimana L. S., Chandler J., Brown D. (2013) Evaluation of floating treatment wetlands as retrofits to existing stormwater retention ponds. Ecol. Eng. 54, S. 254–265.

OBERFLÄCHIG ÜBERSTRÖMTES FEUCHTGEBIET



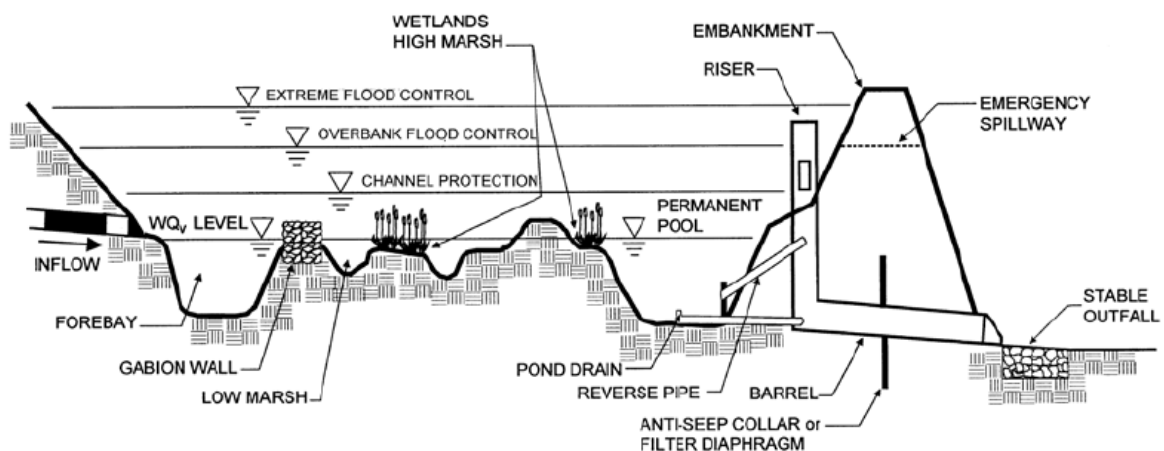
Stanley Park Stormwater Treatment Wetland (PWL)

EINZUGSGEBIET:	Mischflächen
FUNKTION:	Speichern und Behandeln
ART:	Naturnah

AKUT
Partner








Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Oberflächlich überströmte Feuchtgebiete (OÜF englisch: freewater surface wetland oder surface flow constructed wetland) sind flache Teiche, die mit emersen Pflanzen bewachsen sind und offene Wasserflächen enthalten können. Sie ähneln natürlichen Sumpfgebieten und Auen. Wie in der Natur werden Flachwasserzonen nur temporär bei hydraulischen Stoßbelastungen bespannt.</p> <p>Mückenplagen wird mit der Schaffung eines vielseitigen Lebensraums vorgebeugt, in dem larvenfressende Fische in den dauerhaft eingestauten Tiefzonen leben und Zugang zu den temporären flachen Zonen haben. Im Sommer wird das Wasser in der Anlage erwärmt, was bei empfindlichen Vorflutern nachteilig sein kann. Die Verdunstungsrate ist höher als bei unbepflanzten Wasserflächen und trägt zu einem günstigen Stadtklima bei.</p> <p>In den USA werden traditionell großflächige, auch natürliche Feuchtgebiete zur Abwasserbehandlung eingesetzt. Dort ist das OÜF zur Regenwasserbehandlung sehr verbreitet und es gibt staatliche Regelwerke für die Bemessung.</p> <p>Das OÜF wird eingesetzt für große Einzugsgebiete (typischerweise >5.000 m²). Es benötigt viel Platz von mind. 100 m²/ ha entwässerter Fläche. Das ÜOF bietet vielfältige gestalterische Möglichkeiten und verbindet Aspekte der Regenwasserbewirtschaftung, Artenerhaltung und Naherholung. Die offenen Wasserflächen und die Uferbepflanzung lassen sich gestalterisch so einsetzen, dass Besucher gelenkt und die gewünschten Tierarten gefördert werden. Deshalb weisen bestehende Anlagen im Median sogar spezifische Flächen von 240 m² / ha entwässerter Fläche auf.</p>	<p>Vor dem OÜF oder im Einlaufbereich senkt ein tiefer Absetzteich die Strömungsgeschwindigkeit und lässt die Feststoffe sedimentieren (s. Abbildung). Daran schließen sich abwechslungsreich gestaltete Flächen verschiedener Tiefen an. In den sehr flachen Bereichen mit einer Wassertiefe von weniger als 15 cm wachsen Sumpfpflanzen auf geeignetem Boden. Sie stabilisieren das Sediment. An der Sedimentoberfläche bildet sich eine biologisch aktive Schicht aus, die gelöste Stoffe partiell abbaut. Phosphor wird teilweise durch Sedimentation, Fällung oder Einbau in Huminstoffe entfernt. Trockenphasen unterstützen die festere Bindung von Phosphor und Schwermetallen an das Sediment. Dadurch ist die Reinigungsleistung - abgesehen von AFS_{>63}- besser als im einfachen Absetzteich. Im Ablaufbereich befindet sich ein ständig eingestauter Teich, der z.B. über eine Drainage entleert werden kann.</p> <p>Der Aufbau zielt auf eine gleichmäßige Durchströmung ab, um eine lange Kontaktzeit für die Reinigungsprozesse zu gewährleisten. Das Planungshandbuch für den Bundesstaat New York (04-01) empfiehlt, die Anlage so auszulegen, dass von 10 Regenernissen der Abfluss der 9 leichteren wie oben beschrieben behandelt wird. Darüber bietet die Anlage Speichervolumen, das Volumina von Regenernissen mit einer Wiederholungswahrscheinlichkeit von einem Jahr für einen Tag zurückhält und sedimentieren lässt. Von größeren Regenernissen werden nur die Spitzenabflüsse gedämpft. Bei Überschreitung des Anlagenvolumens durch extreme Regenernisse mit < 100-jähriger Häufigkeit wird das Wasser sicher über den Notüberlauf abgeleitet (Extreme Flood Control s. Abbildung). So werden die Dämme der Anlage selbst geschützt und Hochwasserschäden verringert.</p>



Schema eines oberflächlich überströmten Feuchtgebietes (04-01)

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●○	Verdunstung / Mikroklima	●●●●●
Rückhalt fester Stoffe	●●●○○	Ökologisches Potenzial	Teich, Sumpf
Rückhalt gelöster Stoffe	●○○○○	Freiraumgestaltung	●●○○○
Grundwasserneubildung ¹	●●○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebliches Kriterium	Q_{krit}
Filtration	nein	Anschließbare Fläche	groß
Biologische Behandlung	ja	Spez. Fläche der Anlage	mind. 100 m ² /ha
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen	200 m ³ /ha ²
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	
Anteil behandeltes Wasser	> 90 % ³	Anteil behandeltes Wasser	< 90 % ⁴
Retention	●●●●○	AFS 5	
Abflussdrosselung	ja	AFS63	
		Phosphor ⁵	
		Schwermetalle ⁵	
		Organ. Summenparameter	
		Kjeldahl-Stickstoff ⁵	
		Keime 5	
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	ja ^{6,7}	Wissensstand	a.a.R.d.T. z.B. in den USA, GB und Australien
Bemessungsverfahren stofflich	ja ⁷	Regelwerk	nicht in Deutschland
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	mittel	Grünpflege, Entschlammung Teich	
Verwandte Verfahren	3, 19, 58		

¹ wenn nicht gedichtet² enthält Speicher für extreme Regenereignisse³ entsprechend der beispielhaften Bemessung laut (04-01), Abschlag zum Schutz vor Sedimentausschwemmung⁴ Sedimentation und biologische Behandlung bei beispielhafter Bemessung laut (04-01)⁵ (04-07)⁶ (04-01)⁷ (04-02)

ANWENDUNGSBEISPIEL

Straßenablaufbehandlung Stanley Park, Kanada

Das oberflächlich überströmte Feuchtgebiet des Stanley Parks in Vancouver behandelt den Ablauf von 2 km einer viel befahrenen Fernstraße (60.000 Autos pro Tag in 2010). Es wurde im Rahmen des Straßenausbaus 2001 angelegt, da der Straßenablauf vorher unbehandelt versickerte oder in z.T. empfindliche Oberflächengewässer gelangte. Ziel war es, Schadstoffe in einem kontrollierten Gebiet zurück zu halten.

In Straßenablaufteinbauten werden Kies, organische Grobstoffe und Öl zurück gehalten.

Das OÜF selbst besteht aus einem Absetzteich, in dem Kies, Sand und Schluff so weit wie möglich sedimentieren. Daran schließt sich eine Serie aus verschiedenen tiefen Sumpfterrassen und Tiefzonen an. Das OÜF wurde darauf ausgelegt, 90 % des Abflusses zu behandeln. Dafür hat es ein Speichervolumen von 1.300 m³ und einen auf 25 l/s gedrosselten Abfluss.

Eine Besonderheit ist die Lage in einem bestehenden See. Beim Bau wurde das OÜF auf die Sedimente der "Lost Lagoon" gebettet. Eine Geotextildecke hält die Außendämme zusammen.

In der Anlage wurden heimische Pflanzen angesiedelt und dieses technische Feuchtgebiet ist der ursprünglich dort liegenden Sumpflandschaft nachempfunden. So bietet das Feuchtgebiet vielseitige terrestrische und aquatische Lebensräume. Ein Bohlenweg für Fußgänger führt am Feuchtgebiet entlang zu drei Aussichtspunkten mit Erläuterungen zu Feuchtgebiet und Regenwasserbehandlung.



Oberflächlich überströmtes Feuchtgebiet am Stanley Park, Vancouver -

Links: Luftbild mit entwässernder Straße (04-10) Rechts: Innenstadt von Vancouver im Hintergrund (04-10)

LITERATURVERZEICHNIS

- 04-01 Center for Watershed Protection aktualisiert vom New York State Department of Environmental Conservation (2015) Stormwater Management Design Manual. Download unter <http://www.dec.ny.gov/chemical/29072.html> am 28.02.2016.
- 04-02 CIRIA (Hrsg., 2015): The SuDS Manual, C753, CIRIA, London. http://www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx Zugriff am 13.08.2016.
- 04-03 Davis, L., DuPoldt, C., Edwards, R., Garber, L., Isaacs, B., Lapp, J., Murphy, T., Rider, G., Sayers, M., Suffian, F., Takita, C., Webster, H. (1994). A Handbook of Constructed Wetlands for the Mid-Atlantic Region- Volume 5 Stormwater. Download unter <http://nepis.epa.gov> am 28.02.2016.04-04
- 04-04 Greenway, M., Chapman, H., Dale, P. (2003): An assessment of mosquito breeding and control in 4 surface flow wetlands in tropical Australia. Water Science & Technology 48(5):249-56. https://www.researchgate.net/publication/9005948_An_assessment_of_mosquito_breeding_and_control_in_4_surface_flow_wetlands_in_tropical_Australia. Zugriff am 13.08.2016.
- 04-05 Kadlec, R.H., Wallace, S.D. (2009). Treatment Wetlands. 2. Auflage. Boca Raton.
- 04-06 Leisenring M., Clary J., Hobson P. (2014) International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database Pollutant Category Statistical Summary Report - Solids, Bacteria, Nutrients, and Metals. http://www.bmpdatabase.org/Docs/2014%20Water%20Quality%20Analysis%20Addendum/BMP%20Database%20Categorical_StatisticalSummaryReport_December2014.pdf Zugriff am 25.09.2016
- 04-07 Victorian Stormwater Committee (1999): Urban Stormwater - Best-Practice Environmental Management Guidelines. CSIRO Publishing. <http://www.publish.csiro.au/pid/2190.htm>. Zugriff am 13.08.2016.
- 04-08 Wong, T., Breen, P., Somes, N. (1999), Ponds Vs Wetlands – Performance Considerations in Stormwater Quality Management, proceedings of the 1st South Pacific Conference on Comprehensive Stormwater and Aquatic Ecosystem Management, Auckland, New Zealand, 22-26 Februar 1999, Vol 2, 223-231.
- 04-09 PWL Partnership (2001). <http://www.pwlpartnership.com/our-portfolio/sustainable-places/stanley-park-lost-lagoon-wetland> Zugriff am 25.09.2016
- 04-10 kerr wood leidel consulting engineers. <http://www.kwl.ca/projects/stanley-park-stormwater-treatment-wetland> Zugriff am 25.09.2016

RETENTIONSODENFILTERANLAGE



Halensee(AKUT)

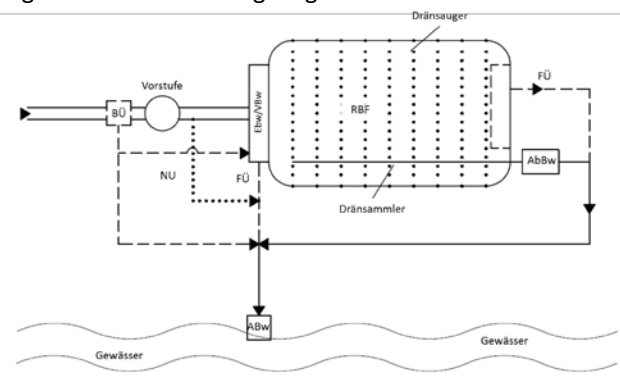
EINZUGSGEBIET: Mischflächen, Verkehrsflächen

FUNKTION: Speichern und Behandeln

ART: Naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Eine Retentionsbodenfilteranlage ist ein mit Schilf bepflanztter Sandfilter über dem ein Retentionsraum angeordnet ist. Retentionsbodenfilteranlagen (RBFA) wurden ab den 90er Jahren des 20sten Jahrhunderts zur Behandlung von Regenwasser aus Misch- und Trennsystemen und von Straßen entwickelt.</p> <p>Zunächst wurden Bodenfilter mit bindigen Materialien getestet, die sich aber nicht bewährt haben. Wie bei Bodenfiltern für die Schmutzwasserbehandlung muss das Filtermaterial eher sandig/ kiesig sein.</p> <p>RBFA werden seit vielen Jahren als zentrale Anlagen zur weitergehenden Regenwasserbehandlung eingesetzt, wenn das abgeleitete Niederschlagswasser vor Einleitung in ein Gewässer einer Behandlung bedarf. Sie sind allgemein anerkannte Regel der Technik.</p> <p>Für Bemessung, Konstruktion, Bau und Betrieb gibt es verschiedene Vorgaben. Das wichtigste Bemessungsblatt ist das DWA-M 178, welches aktuell zum Arbeitsblatt DWA-A 178 erweitert wird. Im neuen DWA-A 178 wird die Bemessung grundlegend umgestellt von der bisher zulässigen hydraulischen Flächenbelastung auf Bemessung nach der zulässigen AF563-Flächenbelastung. Daneben gibt es Vorgaben im DWA-A 166 und dem DWA-M 176 und länderspezifische Regelungen.</p> <p>Im DWA-M 153 werden Annahmen zur Wirksamkeit der Retentionsbodenfilter aufgeführt. Die Ausführung erfolgt in der Regel als foliengedichtete Erdbecken im Straßennebenraum. Das Aufwand/ Nutzen-Verhältnis kann als sehr gut bezeichnet werden.</p> <p>Retentionsbodenfilter weisen sehr hohe Eliminationsraten auf, haben aber auch einen hohen Flächenbedarf. Sind ausreichend Fläche und Höhendifferenz vorhanden, sollten Retentionsbodenfilter bevorzugt zur zentralen Regenwasserbehandlung eingesetzt werden.</p>  <p>Skizze gemäß DWA-Regelwerk (05-02)</p>	<p>RBFA bestehen aus einer Vorstufe und einem gegen den Untergrund abgedichteten, gedrosselt betriebenen, vertikal durchströmten und mit Schilf bepflanzten Retentionsbodenfilter (RBF).</p> <p>Im Trennsystem besteht eine RBFA aus: Beckenüberlauf (BÜ), Grobstoffrückhalt als Vorstufe, Einlauf- und Verteilungsbauwerk (EBw/ VBw; seine Konstruktion ist für die Funktionalität des Beckens von entscheidender Bedeutung, um Kurzschlussströmungen zu verhindern), RBF als mit Schilf bepflanztter Sandfilter (über dem Filterkörper ist der Retentionsraum angeordnet), Drainagesystem, gedrosselter Ablauf (AbBw) und Filterüberlauf (FÜ).</p> <p>Der primäre Reinigungsprozess in Retentionsbodenfiltern ist die Filtration, die einen nahezu vollständigen Rückhalt von Feststoffen und daran gebundenen Schadstoffen erlaubt. Begleitend hierzu finden an und in den Biofilmen der auf dem Filter abgeschiedenen Sedimente und der oberen Filterschichten Sorptions- und Umsatzprozesse statt, die gelöste Abwasserinhaltsstoffe mit hohem Wirkungsgrad zurückhalten und ggf. eliminieren (CSB, NH₄), sowie zu einer Keimreduktion führen. Die Filtergeschwindigkeiten sind gering. Durch Meliorierung des Filtersubstrates mit Carbonaten wird der pH-Wert gepuffert.</p> <p>Die Vorstufe wird auf die Behandlung von Q_{krit} ausgelegt. Die Behandlung von $Q_{krit} = 15 \text{ l/(s·ha)}$ reicht aus, womit schon über 94%¹ des Regenwassers behandelt werden. Gegebenenfalls wird ein Teil des über Q_{krit} liegenden Zuflusses an der Vorstufe vorbei in den RBF weitergeleitet, ansonsten ohne Behandlung aus dem BÜ in die Vorflut abgeschlagen. Im RBF erfolgt die gedrosselte Filtrierung des Regenwassers. Die Festlegung des Drosselwasserabflusses erfolgt nach DWA-A 178. Bei Vollfüllung des Retentionsraums und anhaltendem Zufluss zur Anlage, der größer als der Drosselabfluss des RBFs ist, erfolgt der Abschlag des Regenwassers über den FÜ. Dabei wird dieser Regenwasseranteil im Retentionsraum mechanisch behandelt.</p> <p>Der RBF kann mit einem Regenrückhaltebecken (RRB) kombiniert werden. Dabei wird über dem RBF zusätzlich zum eigentlichen Retentionsraum noch weiteres RRB-Volumen durch Erhöhung des Einstaus angeordnet. Dann gibt es einen weiteren Drosselabfluss aus dem RRB-Teil. Das den RRB-Teil durchfließende Regenwasser wird ebenfalls mechanisch gereinigt, das Speichervolumen im RRB-Teil vollständig filtrierte.</p> <p>Durch Verwendung spezieller mit Eisen angereicherter Filtersubstrate kann zusätzlich eine weitergehende Phosphorelimination erreicht werden (heute noch nicht a.a.R.d.T.) .</p>

¹ DWA A 102

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●○ ²	Verdunstung/ Mikroklima	●●●○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●●	Ökologisches Potenzial	Schilf-Landröhricht
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●○	Freiraumgestaltung	●●○○○
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebliche Kriterien	AFS63 und Q_{krit}
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	groß
Biologische Behandlung	ja	Spez. Fläche der Anlage	100 m ² /ha
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen ³	bis 200 m ³ /ha
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	
Anteil behandeltes Wasser	Teilstrom/ Vollstrom min. $Q_{krit} > 94\%$	Anteil behandeltes Wasser	Teilstrom/Vollstrom min. $Q_{krit} > 94\%$
Retention	●●●●○	AFS	
Abflussdrosselung	ja	AFS63	
		Phosphor ⁴	
		Schwermetalle	
		Org. Summenparameter	
		Ammonium	
		Keime ⁵	
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	DWA-A 178	Wissensstand	a.a.R.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	DWA-A 178	Regelwerk	ja ⁶
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	mittel	Reinigung Verteilungssystem	
Verwandte Verfahren	1, 4, 6, 7, 61, 62, 63, 64, 65, 66	Wechsel der beschickten Flächen	
		Grünpflege	

² bei Vollstrombehandlung

³ Wenn mit zusätzlichem Rückhaltevolumen ausgestattet

⁴ Mit speziellem Filtersubstrat für P-Elimination > 90% auslegbar, sonst 30% bis 50%

⁵ Je nach Filtermaterial 1 bis 3 10er-Potenzen Reduktionsleistung

⁶ Gelbdruck DWA-A 178 in Vorbereitung, erscheint 2016

ANWENDUNGSBEISPIEL

Retentionsbodenfilteranlage Adlershof

Am Standort Berlin-Adlershof wurde für das Technologiezentrum Adlershof sowie für die angrenzenden Wohn- und Gewerbeanlagen ein Regenwasserbewirtschaftungskonzept etabliert. Als Teil eines Trinkwassereinzugsgebietes und mit den geltenden Bestimmungen für den Teltowkanal als Vorfluter, sollte in Adlershof mithilfe einer Retentionsbodenfilteranlage der Niederschlagsabfluss behandelt werden. Im Herbst 2005 in Betrieb genommen, werden hier bei einem Gesamteinzugsgebiet von 135 ha im Jahr etwa 330.000 m³ Regenwasserablauf gefiltert. Dabei handelt es sich um den Ablauf von insgesamt 80 ha ablaufwirksamer, versiegelter Oberflächen wie Straßen, Gehwegen und sonstigen Freiflächen.

Der gesammelte Niederschlagsabfluss wird zunächst in ein Speicherbecken (530 m³) eingeleitet, um dort das Absetzen mitgeführter Feststoffe zu ermöglichen. Anschließend wird das Wasser auf die mit Schilf bepflanzte Filteroberfläche gepumpt. Bei der Passage der mineralischen Substratschicht werden Nährstoffe im Regenwasser abfiltriert und durch biologische und chemische Prozesse um bis zu 90 % reduziert. Das Filtersubstrat ist durch die Zugabe von eisenhaltigem Material zur Phosphorbindung geeignet. Auch der Rückhalt von Schwermetallen beträgt etwa 90 %. Der Retentionsbodenfilter ist in zwei Filtereinheiten aufgeteilt, die eine Gesamtfilteroberfläche von 5.800 m² (72,5 m² Filterfläche/ha) besitzen. Pro Sekunde ist eine Beschickung des Retentionsbodenfilters mit bis zu 1.200 L möglich. Die hydraulische Belastung des RBF liegt bei 50 m³/(m²·a) Niederschlagswasser. Der Ablauf wird auf 90 l/s gedrosselt.

Nach Durchlaufen des Filters wird das gereinigte Niederschlagswasser in den Vorfluter entlassen. Jährlich werden so etwa 270.000 m³ gereinigten Regenwassers in den Teltowkanal eingeleitet.



Retentionsbodenfilteranlage Berlin-Adlershof (BWB)

LITERATURVERZEICHNIS

- 05-01 DWA (Hrsg., 2005). DWA-M 178– Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 05-02 DWA (Hrsg., 2016). DWA-A 178– Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Arbeitsblatt, Gelbdruck. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 05-03 DWA (Hrsg., 2013). DWA-A 166 – Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung- Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung, Arbeitsblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 05-04 DWA (Hrsg., 2013). DWA-M 176 – Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 05-05 DWA (Hrsg., 2007).DWA-M 153– Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e . V.
- 05-06 DWA-A 102 (2016): Arbeitsblatt BWK-A 3 / DWA-A 102 "Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer"; Gelbdruck Oktober 2016

SCHILFPOLDER



Schilfpolder (BUE Hamburg)

EINZUGSGEBIET:	Mischflächen
FUNKTION:	Speichern und behandeln
ART:	Naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Schilfpolder sind eingedeichte Flächen, die mit Schilf bepflanzt sind. Sie funktionieren ähnlich wie die Überflutungsmulden natürlicher intakter Flussauen in denen sich bei Hochwasser Schwebstoffe absetzen.</p> <p>Schilfpolder werden in verschiedensten Geometrien an die örtlichen Verhältnisse angepasst. Sie können als längsüberströmte Gräben oder in vorhandene Gewässer- bzw. Uferstrukturen eingebunden werden. In Deutschland und Dänemark werden Schilfpolder bisher zur Behandlung von Klärschlämmen verwendet. Die Verwendung zur Nährstoffrückhaltung aus Gewässern wurde von RIPL in einer Pilotanlage am Dümmer erfolgreich getestet.</p> <p>Der Schilfpolder zur Regenwasserbehandlung ist in Berlin zunächst konzipiert worden, um Regenklärbecken durch Schilfbepflanzung zu ertüchtigen. Der Vorteil gegenüber Retentionsbodenfiltern ist der geringe hydraulische Höhenverlust. Zum Kostentreiber kann jedoch der im Vergleich zum Retentionsbodenfilter hohe Flächenbedarf werden.</p> <p>In Hamburg und Berlin befinden sich erstmalig Schilfpolder zur Regenwasserbehandlung im Bau bzw. in der Erprobung (s. Planungsbeispiel). Zu diesem Zweck wurden verschiedene Optimierungen vorgenommen. Die Berliner Wasserbetriebe haben mit Patent DE102005021816 B4 eine eigene Verfahrensvariante veröffentlicht.</p> <p>Das junge Verfahren bietet noch Potenzial zur Kombination und Optimierung der Reinigungsleistung. Die stoffliche Bemessung kann derzeit nur überschlägig anhand erwarteter Wassermengen und voraussichtlichem Stoffrückhalt erfolgen.</p> <p>Folgende Bezeichnungen bzw. Varianten für dieses Verfahren sind bekannt: Schilfsedimentationsbecken, Bepflanztes Sedimentationsbecken, Hochleistungssedimentation, Schilflamellensedimentation, Vegetationspassage.</p>	<p>Das Niederschlagswasser gelangt durch einen Geröllfang und ggf. Leichtflüssigkeitsabscheider auf den Schilfpolder. Dort wird das Speichervolumen nach einer Sedimentationszeit von 15 – 24 h gedrosselt abgelassen. Durch die Herabsetzung der Fließgeschwindigkeit in der Fläche werden Feststoffe abgesetzt. Der Schilfbestand erhöht die Sedimentationsleistung (vgl. Lamellenabscheider). Schilfblätter und -halme können an ihren Oberflächen feine, schlecht sedimentierbare Feststoffe und daran adsorbierte Schadstoffe wie Schwermetalle aber auch P zurückhalten. Dieser zweite Prozess wirkt auch auf den Wasseranteil, der die Anlage nur überströmt.</p> <p>Die nach unten abgedichtete Schilffläche soll nur kurzfristig bis zur Überlaufhöhe überstaut werden (kein Dauerstau), damit nicht anhaltend reduzierende Bedingungen in der Sedimentschicht entstehen. Nach jedem Ereignis fällt die Oberfläche trocken. Ein Mindestwasserspiegel von 10 bis 20 cm in der Wurzelraumschicht ist geeignet, die Wasserversorgung des Schilfs in Trockenzeiten zu gewährleisten.</p> <p>In einer aufwendigeren Variante soll das Sediment zusätzlich über eine flache Drainageschicht getrocknet werden (BWB). In diesem Fall dient das mit Schilfstreu durchsetzte Sediment als sekundäre Filterschicht, die für feststofffreies Filtrat sorgt. Die Drainageschicht ist für einen entsprechenden Drosselabfluss auszulegen. Grabenförmige Anlagen können durch Kaskaden in stärker und schwächer belastete Zonen getrennt und die Durchströmung gleichmäßig werden.</p> <p>Nährstoffe wie Phosphor und Stickstoff werden teilweise oxidiert bzw. in oberirdischer und unterirdischer Biomasse eingelagert. Je nach Redoxbedingungen und Fällmitteldepot (z.B. Einstreu von granulierten Eisenhydroxiden) kann auch gezielt Phosphor gespeichert werden, worauf Versuche zur Bemessung von dauerhaft gestauten Schilfpoldern hinweisen.</p>
 <p>Schema eines Schilfpolders, geändert nach FUCHS (BUE Hamburg)</p>	

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●○	Verdunstung / Mikroklima	●●○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●○	Ökologisches Potential	Schilf-Landröhricht
Rückhalt gelöster Stoffe	●○○○○	Freiraumgestaltung	●●●○○
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Anschließbare Fläche	groß
Filtration	nein	Spez. Fläche der Anlage	100 – 200 m ² /ha ¹
Biologische Behandlung	nein	Spez. Speichervolumen	100 – 200 m ³ /ha ^{1, 2}
Sorption	evtl. teilweise	Bemessungskriterien	Oberflächenbeschickung Horizontalströmung (v _H)
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	k. A.	Anteil behandeltes Wasser	k. A.
Retention	●●●○○	AFS ³	—————■—————
Abflussdrosselung	ja	AFS63 ^{3, 4}	—————■—————
		Phosphor ³	—————■—————
		Schwermetalle 1	—————■—————
		Org. Summenparameter 1	—————■—————
		Ammonium 1	————— —————
		Keime	————— —————
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	DWA-A 117 ⁵	Wissensstand	Neuentwicklungen
Bemessungsverfahren stofflich	überschlägig	Regelwerk	nein
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	Mittel	Grünpflege,	
Verwandte Verfahren	2, 19, 22	Entnahme des durchwurzelteten Klärkomposts	

¹ Abschätzung von Grotehusmann, (06-02)

² laut Patent DE102005021816 B4, (06-01) 50 - 400 m³/ha

³ laut Patent DE102005021816 B4, (06-01)

⁴ Abschätzung von Hrn. Waldhoff (06-06)

⁵ Nachweisverfahren mit Langzeitsimulation

PLANUNGSBEISPIEL

In **Hamburg** wurden zwei „Schilfsedimentationsanlagen“ im Trennsystem errichtet. Sie orientieren sich am Anlagentyp D23 „trockenfallender, bewachsener Seitengraben oder Vegetationspassage“ des DWA-M 153. Die Bauweise wurde gewählt, um unter schwierigen örtlichen Gegebenheiten (wenig Höhenunterschied, Lage im Gewässerrandbereich) den bestmöglichen Rückhalt zu erreichen. Sie sind auf eine Oberflächenbeschickung von maximal $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ bemessen. Die großtechnischen Pilotanlagen sind 0,5 m tief und etwa 50 m lang. Eine Anlage nimmt den Abfluss einer Fläche A_U von 27 ha auf. Sie schlängelt sich neben dem mäandrierenden Fluss. Gegen das anstehende Grundwasser ist sie mit Ton abgedichtet. Sie ist auf eine maximale Geschwindigkeit von 0,05 m/s ausgelegt. Die Anlage wird nach 24 Stunden Sedimentationszeit vollständig über eine Drossel geleert. Die hydraulische und stoffliche Leistung wird im Pilotbetrieb über drei Jahre intensiv untersucht.



Schilfsedimentationsanlage (BUE Hamburg)



In **Berlin** wurde 2016 eine erste „Hochlastsedimentationsanlage“ im Erschließungsgebiet Clean Tech Business Park errichtet. Versiegelte Flächen sind hier noch nicht angeschlossen, so dass keine Betriebserfahrungen vorliegen. Das frisch gepflanzte Schilf befindet sich hier in der Anwuchsphase mit planmäßigem Wassereinstau und ist auf dem Foto (unten) nicht zu erkennen.



Hochlastsedimentationsbecken (Clean Techn Business Park, Berlin)

LITERATURVERZEICHNIS

- 06-01 Berliner Wasserbetriebe, Bioplan Landeskulturgesellschaft, Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH (2009). Verfahren zur Behandlung von Regenwasser und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Fuchs, S., Grotehusmann, D., Joswig, K., Benedikt Dipl.-Ing. Lambert, Katrin Dipl.-Ing. Lemm. 27.08.2009. DE, Patentschrift DE102005021816 B4. <http://www.google.com/patents/DE102005021816B4?cl=de>. zuletzt geprüft am 15.06.2016.
- 06-02 Grotehusmann, D. (2016). Persönliche Auskunft am 09.06.2016.
- 06-03 Hamburger Stadtentwässerung, Behörde für Umwelt und Energie (Hrsg.) (2015): RISA Strukturplan Regenwasser 2030 - Ergebnisbericht des Projektes RISA –RegenInfraStrukturAnpassung - Zukunftsfähiger Umgang mit Regenwasser in Hamburg. Download unter <http://www.risa-hamburg.de/Downloadbereich.html>. Zugriff am 04.08.2016.
- 06-04 Lemm, K. (2011). Regenwassermanagement als Gewässerschutzmaßnahme- Die Effizienz von Retentionsbodenfiltern am Beispiel von Biesdorfer Baggersee und Obersee. Vortrag bei der Berliner Wasserwerkstatt des Kompetenzzentrum Wasser Berlin am 17.11.2011. http://www.kompetenzwasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/veranstaltungen/Wasserwerkstatt/111117_ww29_Lemm.pdf - zuletzt geprüft am 15.06.2016.
- 06-05 Rippl, W., Feibicke, M., Heller, S., & Markwitz, M. (1994). Nährstoffelimination aus einem gering belasteten Fließgewässer mit Hilfe eines bewirtschafteten Schilfpolders. Endbericht im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ). Berlin: Gesellschaft für Gewässerbewirtschaftung mbH & TU Berlin.
- 06-06 Waldhoff, A. (2016). Persönliche Auskunft.
- 06-07 Voitke, K. (2016). Versuche im Labormaßstab zum Nährstoffrückhaltepotenzial und -freisetzungspotenzial in einem künstlich überströmten Feuchtgebiet im südlichen Einzugsgebiet des Schwielochsees. Masterarbeit TU Berlin, FG Siedlungswasserwirtschaft.

BELÜFTETER KIESFILTER

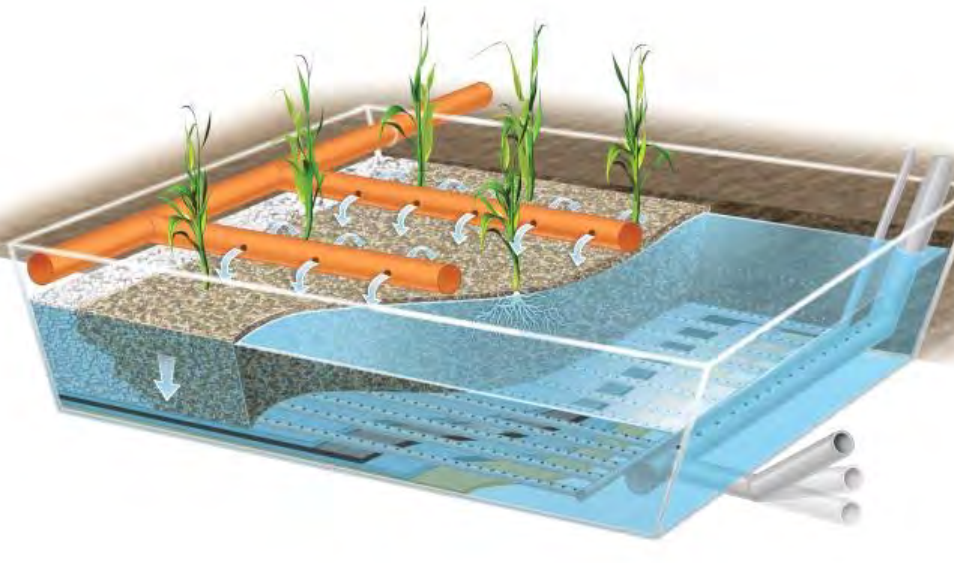


Belüfteter vertikaler Kiesfilter in Cowdenbeath, Schottland mit Detailfotos (ARM Ltd)

EINZUGSGEBIET:	Mischflächen, Verkehrsflächen mit stofflich belastetem Ablauf
FUNKTION:	Speichern und behandeln
ART:	Naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Ein belüfteter Kiesfilter (BK) ist ein eingestauter Bodenfilter, der von unten künstlich belüftet wird. Der Niederschlagsabfluss wird über dem Filter gespeichert und gedrosselt abgeleitet. Durch die aktive Belüftung wird der weitgehende biologische Abbau bestimmter Stoffe erreicht.</p> <p>Der BK wurde von WALLACE und anderen patentiert. Ursprünglich entwickelt wurde der BK für Abwasser mit höherer organischer und geringerer Feststoffbelastung wie Enteisungswasser von Flughäfen und vorbehandeltes kommunales Abwasser, um Organik und Ammonium effizient zu entfernen. Daraus wird die Dimensionierung für Anlagen zur Behandlung von Mischwasserüberlauf oder des Ablaufs von temporär belasteten Flächen wie Flugplätzen sowie Betriebshöfen und Verladeflächen von landwirtschaftlichen Produkten abgeleitet. Dem BK kann ein Speicher zum Ausgleich des Volumenstroms vorgeschaltet werden. Die künstliche Belüftung verteuert den Filter in Bau und Betrieb, ermöglicht jedoch andererseits extrem große Filtermächtigkeiten von 2 m, die die notwendige Fläche verringern.</p> <p>Das DWA-A 262 gibt Empfehlungen zu Aufbau, Bemessung und Betrieb für die Behandlung kommunalen Abwassers, die für die Regenwasserbehandlung angepasst werden können.</p> <p>Der BK kann dauerhaft überstaut werden, so dass sich Gestaltungsmöglichkeiten mit bewachsenen und freien Wasserflächen ergeben. So leistet das Verfahren einen Beitrag zur Lebensqualität und zur Artenvielfalt.</p>	<p>Das Filterbett besteht aus mittlerem Kies mit z.B. 6-12 mm Korngröße. Damit ist das Substrat gröber und durchlässiger als das eines Retentionsbodenfilters. Das Design zielt auf eine gleichmäßige entweder vertikale oder horizontale Durchströmung, um das Reaktorvolumen effektiv auszunutzen.</p> <p>Zur Belüftung bläst ein Kompressor Luft in ein Verteilungssystem. NIVALA et al. verlegten dafür perforierte Schläuche unter dem Filterbett. Die Belüftung läuft während der Regenereignisse, andernfalls nur einige Stunden am Tag, um die Mikroorganismen in Bereitschaft zu halten. Diese intensive Belüftung</p> <ul style="list-style-type: none"> - steigert den Sauerstoffeintrag enorm - stimuliert die Biofilmentwicklung und verändert seine Zusammensetzung und die der Sedimente - verändert das hydraulische Regime hin zu dem eines volldurchmischten Reaktors - steigert den Ammoniumabbau eindeutig und verringert die Ammoniumablaufkonzentration zuverlässig auf < 0,2 mg/l - kann den Phosphorrückhalt vervielfachen - kann den Abbau organischer Stoffe leicht steigern - verbessert die Hygienisierung <p>Belüftete Kiesfilter können mit Sumpfpflanzen wie Schilf bepflanzt werden, die in einigen Untersuchungen den Phosphorrückhalt verbesserten.</p>
	
<p>Schema eines vertikal durchströmten belüfteten Kiesfilter (ARM Ltd.)</p>	

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●●	Verdunstung / Mikroklima ¹	●●●●○
Rückhalt fester Stoffe	●●●○○	Ökologisches Potenzial	Schilf-Landröhricht
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●○	Freiraumgestaltung	●●○○○
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebliches Kriterium	Q _{krit}
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	groß
Biologische Behandlung	ja	Spez. Fläche der Anlage ²	
Sorption	Ja	Spez. Speichervolumen	
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	
			0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	≥ 95%	Anteil behandeltes Wasser	≥ 95%
Retention	●●●●●	AFS	—■■■■—
Abflusssrosselung	Ja	AFS63	—■■■■—
		Phosphor	—■■■■—
		Schwermetalle	—■■■■—
		Org. Summenparameter	—■■■■—
		Ammonium	—■■■■—
		Keime	—■■■■—
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	In Anlehnung an DWA-A 262 ³	Wissensstand	Stand der Technik
Bemessungsverfahren stofflich	In Anlehnung an DWA-A 262 3	Regelwerk	
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	hoch	Instandhaltung Belüftungssystem, ggfs. Grünpflege	
Verwandte Verfahren	5, 6, 20, 50, 52, 53, 55		

¹ geringer, wenn dauerhafter Wasserspiegel unter der Filteroberkante

² bei Vorschaltung eines Ausgleichsspeichers

³ für kommunales Abwasser

ANWENDUNGSBEISPIEL

**Mischwasserüberlaufbehandlung Cowdenbeath, Schottland
(geplant von ARM Ltd. für Scottish Water)**

In der Stadt Cowdenbeath in Schottland wurden im Rahmen eines großen Infrastrukturprojekts zwei neue Mischwasserkanäle gebaut. Bei Starkregenereignissen musste das Mischwasser in den Lochgelly Burn abgeschlagen werden, wo es zu einer erheblichen Verschmutzung führte. Die Grenzwerte zum Schutz des Lochgelly Burn wurden von der Behörde auf 9 mg/l BSB₅ und 1,5 mg/l NH₄-N festgelegt. Die Mehrheit der 11.000 Einwohner von Cowdenbeath entschied sich für den belüfteten Kiesfilter, weil damit die Landschaft in ihrem Aussehen erhalten bleibt und er einen Beitrag zur Artenvielfalt und Nachhaltigkeit leistet. Außerdem war er die kosteneffizienteste Alternative.

Das Projekt umfasste eine Investitionssumme von 8,7 Mio Britische Pfund und dauerte neun Monate. Davon nahm der Bau 15 Wochen in Anspruch.

Die Anlage besteht aus zwei Stufen:

- 1) Speicher mit einem Volumen von 3.000 m³
- 2) überstauter, vertikal durchströmter Kiesfilter.

Der Kiesfilter hat eine Fläche von 4.000 m² für einen Volumenstrom von bis zu 4.000 m³/d. Das entspricht einer Flächenbelastung von ca. 40 mm/h. Der Filter wurde auf die extreme Mächtigkeit von 2 m bemessen um Platz zu sparen, denn das Gelände ist die Altlast einer Bergbaudeponie, dessen Sanierung teuer war. Der 2 m tiefe Filter sorgt dafür, dass die Luftblasen lange in Kontakt mit Biofilm und Wasser sind. Diese intensivierete Sauerstoffübertragung erlaubt die relativ kleine Fläche. Das Regenklärbecken wird in den Beschickungspausen nach Starkregenereignissen gereinigt. Der Spülschlamm wird mit der nächsten Beschickung auf den belüfteten Kiesfilter geleitet. Übers Jahr können bis zu 230.000 m³ Mischwasserüberlauf behandelt werden.



Belüfteter vertikaler Kiesfilter in Cowdenbeath, Schottland (ARM Ltd)

LITERATURVERZEICHNIS

- 07-01 US WO 98/5881 (1998) Method and apparatus for biological treatment of wastewater. Patented by Wallace S.D.
- 07-02 Kadlec, R.H.; Wallace, S.D. (2009). Treatment Wetlands. 2. Auflage. Boca Raton.
- 07-03 DWA-A 262 (2016)
- 07-04 Nivala, J.; Headly, T.; Wallace, S.; Bernhard, K.; Brix, H.; van Afferden, M.; Müller, R.A. (2013). Comparative analysis of constructed wetlands: The design and construction of the ecotechnology research facility in Langenreichenbach, Germany. *Ecological Engineering* 61, 527–543.
- 07-05 Button, M.; Nivala, J.; Weber, K.P.; Aubron, Th.; Müller, R.A. (2015) Microbial community metabolic function in subsurface flow constructed wetlands of different designs. *Ecological Engineering* 80, 162–171.
- 07-06 Butterworth, E.; Dotro, G.; Jones, M.; Richards, A.; Onunkwo, P.; Narroway, Y.; Jefferson, B. (2013) Effect of artificial aeration on tertiary nitrification in a full-scale subsurface horizontal flow constructed wetland. *Ecological Engineering* 54, 236-244.
- 07-07 Redmond, E.; Craig, J.; Parkin, G. (2014) Nitrogen Removal from Wastewater by an Aerated Subsurface-Flow Constructed Wetland in Cold Climates. *Water Environment Research*, 86/4, 305-313.
- 07-08 Nivala, J.; Aubron, T.; Bernhard, K.; Mosig, P.; van Afferden, M.; Wallace, S.; Müller, R. (2015) Reinigungsleistung und Bemessung von aktiv belüfteten Horizontal- und Vertikalfiltern. DWA-Workshop Potsdam, 24. Januar 2014
- 07-09 Hawes, P. (2014) Project Focus: Aerated Reed Beds at Cowdenbeath WWTW. *Wastewater and Water* 2014 10/11. <http://wwtonline.co.uk/features/project-focus-aerated-reed-beds-tackle-cso-discharges-at-cowdenbeath#.V1QTp-SbR9N> Zugriff am 27.07.2016.

FLÄCHENVERSICKERUNG MIT BEWACHSENER BODENZONE



(Sieker)

EINZUGSGEBIET: Dach-/ Misch-/ Verkehrsflächen

FUNKTION: Versickern

ART: Naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES

Bei der Flächenversickerung mit bewachsener Bodenzone wird das anfallende Regenwasser von befestigten Flächen in benachbarte Grünflächen abgeleitet, wo es flächenhaft versickert. Damit entspricht die Flächenversickerung nahezu der natürlichen Versickerung. Die Versickerung findet ohne wesentlichen Aufstau in dauerhaft begrünten Seitenbereichen statt. Alternativ bieten sich teildurchlässig befestigte oder poröse Flächen an (siehe Steckbrief 09 Poröse Oberflächenbeläge). Die Flächenversickerung kommt zur Anwendung, wenn ausreichend große Freiflächen im Verhältnis zur angeschlossenen befestigten Fläche zur Verfügung stehen. Die Einhaltung eines Mindestabstandes von Gebäuden zum Schutz vor Vernässungsschäden sollte gewährleistet sein.

Prinzipiell kann sie immer angewendet werden. Tatsächlich eignet sie sich nur zum Anschluss kleinerer befestigter Freiflächen (Hofflächen, Zufahrten etc.) und kleiner Verkehrsflächen mit geringerer Verkehrsbelastung, da der spezifische Flächenbedarf wegen fehlendem Stauvolumen verhältnismäßig hoch ist bzw. oft nur wenig Fläche für die Entwässerung vorgehalten wird. Ein Überlauf in den Untergrund ist nicht vorgesehen, daher ist eine ausreichende Durchlässigkeit des Bodens und Untergrundes eine Voraussetzung für die vollständige Versickerung. Der Bewuchs sichert langfristig eine kräftige Durchwurzelung, Sauerstoffversorgung und Wasserdurchlässigkeit und damit auch den Schadstoffrückhalt des Bodens.

Es kommen nur unbelastete Flächen in Frage.

EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN

Die Bemessung erfolgt nach DWA-A 138 und RAS-Ew. Für die Flächenversickerung werden nur die Zuleitungen (oberflächennahe Rinnen), die vom Fallrohr zur Grünfläche führen, angelegt. Wichtig ist, dass eine geschlossene Vegetationsdecke vorliegt, um Erosion und Verschlämmung zu vermeiden. Eine Bepflanzung mit Sträuchern oder Bodendeckern ist möglich. Bei der Versickerung über die Straßenböschung muss die Versickerungsleistung nach RAS-Ew mindestens 100 L/(s·ha) betragen.

Eine Flächenversickerung wird nur bei Böden mit guter bis sehr guter Wasserdurchlässigkeit ($k_f > 10^{-5}$ m/s) empfohlen. Die Gestaltung kann an die Landschaftsplanung angepasst werden. Eine potenzielle Gefährdung des Bodens und des Grundwassers kann durch die angeschlossenen Niederschlagsabflüsse nahezu ausgeschlossen werden, da dies nicht nur von den Zuflüssen abhängt, sondern auch im entscheidenden Maße vom Boden selbst, d.h. den physikalischen, chemischen und biologischen Fähigkeiten, Schadstoffe zurückzuhalten.

Der Schadstoffrückhalt ist in der oberen, belebten Bodenzone generell größer als im tieferen Untergrund. Daraus folgt, dass die Flächenversickerung hinsichtlich des Schutzes von Boden und Grundwasser einer kleinräumigen oder unterirdischen Behandlung vorzuziehen ist.

Die Vegetationspflege (Rasen oder Stauden und Gehölze) verhält sich entsprechend des sonst üblichen Aufwandes von Grünflächen. Wichtig ist das Freihalten der Versickerungsfläche und des Einlaufbereiches von Laub, Sedimenten u.ä. Bei Nachlassen der Versickerungsleistung sollte der Rasen vertikutiert werden.



Beispiele für die Flächenversickerung mit bewachsener Oberbodenzone in Berlin-Friedrichshain (Sieker)

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●●	Verdunstung / Mikroklima	●●○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●●	Ökologisches Potential	ruderales Wiese
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●●	Freiraumgestaltung	●●●●●
Grundwasserneubildung	●●●●●		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebende Kriterien	n bzw. T
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	klein
Biologische Behandlung	ja	Spez. Fläche der Anlage	≥ 5.000 m ² /ha ¹
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen	300-400 m ³ /ha ²
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	> 98 % ¹	Anteil behandeltes Wasser	> 98 %
Retention	●●●●● ³	AFS	—■■■
Abflusssdrosselung	k. A.	AFS63	—■■■
		Phosphor	—■■■■■
		Schwermetalle	—■■■■■
		Org. Summenparameter	—■■■
		Ammonium	—■■■
		Keime	—■■■
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	DWA-A 138	Wissensstand	a.a.R.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	n.v.	Regelwerk	DWA-M 153, RAS-Ew, FLL
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	gering	Grünpflege, Zulauf freihalten	
Verwandte Verfahren	10		

¹ Je nach Region, Jährlichkeit des Bemessungsregens

² Je nach Region, Jährlichkeit des Bemessungsregens

³ Wegen vergleichsweise sehr großer spez. Flächen

ANWENDUNGSBEISPIEL

An Flächenversickerungen können Regenabflüsse von Höfen, Wegen, Zufahrten oder Dächern angeschlossen werden, die i.d.R. auf Privatgrundstücken liegen. Dies trifft auch zu, wenn Balkonfallrohre in bewachsene Beete entwässern. Zudem finden sich in Parkanlagen oft abflusswirksame befestigte und/ oder wassergebundene Wege wieder, die in die angrenzenden Grünstreifen ableiten. Der Ausgestaltung der Versickerungsflächen sind damit keine Grenzen gesetzt, sofern genügend Freiraum zur Verfügung steht. Die unten abgebildeten Sickerflächen können bei Trockenwetter ohne Einschränkungen als Rasenflächen für die Erholung genutzt werden.

Damit sich das Wasser auf der angrenzenden Fläche zur Versickerung gleichmäßig verteilen kann, ist hier ein geringes Gefälle quer zum Weg eingebaut. Sollen die Flächen beidseitig der Wege genutzt werden, wird das Wasser mittels Dachprofil verteilt. Bei beabsichtigter einseitiger Versickerung muss die entsprechende Fläche tiefer als die gegenüberliegende Seite bzw. mit entsprechendem Gefälle gestaltet werden.



Beispiele von Flächenversickerungen (Sieker)

LITERATURVERZEICHNIS

- 08-01 DWA (Hrsg., 2005). DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 08-02 DWA (Hrsg., 2007, korrigierter Stand 08/2012). DWA-M 153– Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 08-03 FLL (2005): Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung, Versickerungsrichtlinie, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn
- 08-04 RAS-Ew (2005)Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung, Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Straßenwesen

FLÄCHIGE VERSICKERUNG ÜBER TEILDURCHLÄSSIGE BELÄGE



(Sieker)

EINZUGSGEBIET: Dach-/ Misch-/ Verkehrsflächen

FUNKTION: Speichern und behandeln

ART: Naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Poröse Oberflächenbeläge, begrünbare und teildurchlässige Beläge nehmen das anfallende Regenwasser von angrenzenden oder nur der befestigten Flächen auf und versickern es großflächig ohne dabei einen Einstau der Bewirtschaftungsfläche zu erzeugen. Die Zuleitung kann linienhaft über die Straßenböschung oder punktuell über offene Rinnen erfolgen. Dabei muss sichergestellt werden, dass eine gleichmäßige Beschickung der gesamten Versickerungsfläche stattfindet.</p> <p>Diese Beläge finden dann Anwendung, wenn die Nutzung der Bewirtschaftungsfläche im Vordergrund steht (betret-, bespiel-, befahrbar, etc.). Je nach verbautem Material hält die Fläche hoher Druckbelastung stand und kann auch als Feuerwehruzufahrt oder für Schwerlastverkehr angelegt werden. Je nach Produktwahl können auch Scherkräfte durch Befahrung ohne Schädigung des Belages in den Untergrund abgeleitet werden.</p> <p>Wasserdurchlässige Beläge unterscheiden sich im Gegensatz zur Flächenversickerung mit bewachsenem Oberboden in der dauerhaften Wirkungsweise, da deren Oberfläche sich im Laufe der Zeit mit Feinpartikeln zusetzt. Sie tragen daher zur Versickerung bei, wenngleich auf Dauer nur von einer Abflussminderung ausgegangen wird.</p> <p>Alternativ begrünbare Beläge sichern langfristig eine kräftige Durchwurzelung, Sauerstoffversorgung und Wasserdurchlässigkeit und damit auch den Schadstoffrückhalt des Bodens.</p> <p>Die Verdunstung und Versickerung sind die Hauptkomponenten bei dieser Regenwasserbewirtschaftungsart. Bereits bei der durchlässigen Pflasterung verdunsten im Jahresmittel 33% (ca. 1/3). Weitere 64% (ca. 2/3) versickern. Ein Anschluss an einen Kanal oder ein Gewässer entfällt.</p>	<p>Bemessungsansätze gibt es für teildurchlässige Beläge nicht. Der Nachweis kann aber analog der Flächenversickerung mit bewachsener Bodenzone nach DWA-A 138 geführt werden. Dabei wird für die Berechnungen die Durchlässigkeit des Belages und ggfs. der Fugen herangezogen. Zur Durchlässigkeit des Belages wird von den Herstellern oft nur die anfängliche maximale Wasserdurchlässigkeit des Materials angegeben. Diese liegt laut Herstellerangaben für haufwerkporige Steine zwischen 450 und 1.500 L/(s·ha) und für Sickerfugensteine zwischen 352 und 11.500 L/(s·ha). Maßgeblich ist jedoch die sich im dauerhaften Betrieb einstellende Durchlässigkeit. Die darunterliegende Schicht muss selbstverständlich mindestens die gleiche Durchlässigkeit aufweisen, was bei Frostschuttschichten in der Regel zu erwarten ist. Bei Pflasterdecken kann z.B. sehr durchlässiger Split 1/3 mm als Fugenmaterial verwendet werden.</p> <p>Die Dauerhaftigkeit der Sickerleistung ist von der lokalen Flächenbelastung durch Nutzung und äußeren Einträgen abhängig. Eine ausreichende hydraulische Leistungsfähigkeit liegt mit 270 L/(s·ha) vor. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) gibt ebenfalls vor, welche wasserdurchlässigen Produkte in Verkehrsflächen mit anschließender Versickerung in Boden und Grundwasser verbaut werden dürfen. Danach muss ein Nachweis der Belastbarkeit und Umweltverträglichkeit vorliegen. Schädigende Stoffe dürfen aus dem Material nicht ausgetragen werden.</p> <p>Für die Unterhaltung der Flächenbeläge muss der Hersteller Produkte mit einem vertretbaren Reinigungsaufwand anbieten. Die Reinigung sollte nach Bedarf bzw. im vom Hersteller angegebenen Turnus durchgeführt werden.</p>



Beispiele für teildurchlässiger Beläge (Sieker)

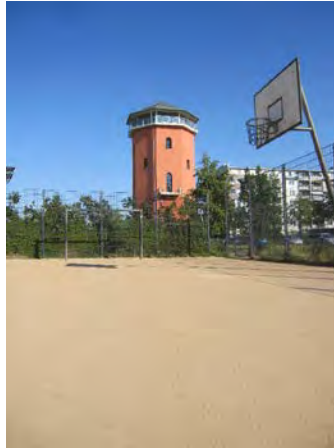
BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●○	Verdunstung / Mikroklima	●●○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●○	Ökologisches Potential	teilversiegelte Fläche
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●●	Freiraumgestaltung	●●●●○
Grundwasserneubildung	●●●●●		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebende Kriterien	n bzw. T
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	klein
Biologische Behandlung	ja	Spez. Fläche der Anlage	k. A.
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen	k. A.
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	> 98 %	Anteil behandeltes Wasser	> 98 %
Retention	●●●●○	AFS	————■
Abflussdrosselung	k. A.	AFS63	————■
		Phosphor	————■
		Schwermetalle	————■
		Org. Summenparameter	————■
		Ammonium	————■
		Keime	————■
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	DWA-A 138	Wissensstand	a.a.R.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	k. A.	Regelwerk	DWA-M 153, RAS-Ew, FLL
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	gering	Reinigung Fugen bzw. Porenraum	
Verwandte Verfahren	8		

ANWENDUNGSBEISPIEL

Poröse, teildurchlässige, begrünbare Beläge, Pflaster mit Fugen oder sogenannte Ökosteine werden aufgrund ihrer vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten oft eingesetzt. Gängig ist vor allem die Ausstattung von Stellflächen, auf denen nur eine geringe Verkehrsbewegung stattfindet.

Dagegen werden auf Spielplätzen z.T. poröse stoßdämpfende Materialien verbaut.



Teildurchlässige Beläge (Sieker)

LITERATURVERZEICHNIS

- 09-01 Nolting, B. et al. (2005), Prüfung wasserdurchlässiger Flächenbeläge nach mehrjähriger Betriebsdauer. Langfassung
- 09-02 DIBt (2005): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Bauprodukte und Bauarten zur Behandlung und Versickerung mineralöhlhaltiger Niederschlagsabflüsse von Verkehrsflächen. DIBt Mitteilungen 5/2005; Hrsg. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBT), Berlin
- 09-03 DWA (Hrsg., 2005). DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e . V.
- 09-04 DWA (Hrsg., 2007, korrigierter Stand 08/2012). DWA-M 153– Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e . V.
- 09-05 FLL (2005): Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung, Versickerungsrichtlinie, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn
- 09-06 RAS-Ew (2005) Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung, Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Straßenwesen

MULDENVERSICKERUNG, RAINGARDEN



(Marcus Bredt)

EINZUGSGEBIET: Dach-/ Misch-/ Verkehrsflächen

FUNKTION: Speichern und behandeln

ART: Naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Die Muldenversickerung ist eine dezentrale Versickerungsmaßnahme mit kurzzeitiger oberirdischer Speicherung des Regenwassers in dauerhaft begrünten, beliebig geformten Geländevertiefungen. Das anfallende Regenwasser wird über oberirdische Rinnen einer Geländevertiefung (Mulde) zugeführt. Der Boden unterhalb der Mulde muss ausreichend wasserdurchlässig sein, damit sich die Mulde innerhalb eines Tages wieder entleeren kann.</p> <p>Die Ausführung von Versickerungsmulden ist aufgrund der Reinigung durch eine Oberbodenpassage vielseitig anwendbar bspw. zur Bewirtschaftung von Straßen-, Hof- und Dachabflüssen sowie der Kombination dieser Regenwasserabflüsse.</p> <p>Bei Neubau ist die Versickerung der Ableitung nach Wasserhaushaltsgesetz vorzuziehen und sollte bei der Planung von Neubaugebieten grundsätzlich berücksichtigt werden. Bei Abkopplung im Bestand z.B. in Wohngebieten wird die Muldenversickerung bei Gebäuden mit außenliegenden Fallrohren bevorzugt angewendet. Ein ausreichender Abstand zu Gebäuden ist zum Schutz vor Vernässungsschäden einzuhalten. Eine eventuelle Schadstoffbelastung des vorhandenen Bodens ist zu berücksichtigen.</p> <p>Maßgeblich für die Bemessung bzw. Auslegung stehen die Regelwerke der DWA (A 138, A 117, M 153) und FLL Versickerungsrichtlinie sowie die RAS-Ew zur Verfügung.</p> <p>Im internationalen Raum kommen artverwandte Verfahren bzw. Begriffe wie <i>raingarden</i>, <i>grass/vegetated swales</i> oder <i>bufferstrips</i> vielfach zur Ausführung. Diese können auch ein Sohlgefälle aufweisen.</p> <p>Versickerungsmulden bzw. <i>raingardens</i> zeigen vor allem durch intensive Bepflanzung ihr hohes Gestaltungspotential sowohl für Wohnviertel, Parks als auch für Spielplätze auf. Eine flache Böschung wirkt darüber hinaus förderlich zur Integration in die Freiflächen. Durch die geringe Einbauhöhe lässt sich ein Einbau in Gebieten mit geringem Grundwasserflurabstand realisieren.</p>	<p>Die Muldenversickerung wird i.d.R. dann angewendet, wenn der Boden einen ausreichend guten Infiltrationswert aufweist ($k_f > 10^{-6}$ m/s nach DWA-M 153) und genügend Grünfläche zur kurzzeitigen Speicherung zur Verfügung steht. Die technische Umsetzung ist verhältnismäßig einfach. Bei unzureichender Versickerungsfähigkeit des Unterbodens ist eine Kombination mit Rigolen (s. Steckbrief 11) möglich.</p> <p>Die Entleerung der Mulde erfolgt durch zwei Prozesse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Versickerung (Grundwasserneubildung) • Verdunstung <p>Die belebte obere und die darunter folgende ungesättigte Bodenzone bewirkt eine wirksame und dauerhafte Filterleistung. Schwermetalle werden durch Sorption, organische Bindung und chemische Fällungsprozesse im Boden angelagert. Dabei haben u.a. ein hoher Ton- und Humusgehalt einen wichtigen positiven Einfluss. Im DWA-Arbeitsblatt 138 werden Vorschläge aufgeführt, um die Bindungskapazität für Schwermetalle zu erhöhen.</p> <p>Weiterhin wird die maximale Durchlässigkeit auf $k_f = 10^{-3}$ m/s festgelegt, um eine ausreichende Reinigungsleistung zu gewährleisten.</p> <p>Die belebte Oberbodenzone muss den stofflichen Anforderungen der Zustandsklasse Z0 gemäß LAGA entsprechen.</p> <p>Die Bemessung der Versickerungsanlagen erfolgt auf eine Überstauhäufigkeit von $n=0,2 \text{ a}^{-1}$ (alle 5 Jahre) mit einem Bemessungsregen oder Langzeitregendaten. Übliche Einstauhöhen sind 10 bis 30 cm. Die durchschnittliche Nutzungsdauer von Versickerungsmulden beträgt 25 - 30 Jahre. Danach ist der Zustand der Versickerungsmulde zu überprüfen und ggfs. die oberste Schicht abzuschälen und auszutauschen.</p>



Links: Raingarden ; Rechts: Versickerungsmulde (Sieker)

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●●	Verdunstung / Mikroklima	●●○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●●	Ökologisches Potential	ruderales Wiese
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●●	Freiraumgestaltung	●●●●○
Grundwasserneubildung	●●●●●		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebende Kriterien	n bzw. T
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	klein - mittel
Biologische Behandlung	ja	Spez. Fläche der Anlage	≥ 1.500 m ² /ha ¹
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen	300-400 m ³ /ha ²
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	≥ 99 %	Anteil behandeltes Wasser	≥ 99 %
Retention	●●●●●	AFS	————■
Abflussdrosselung	k. A.	AFS63	————■
		Phosphor	————■
		Schwermetalle	————■
		Org. Summenparameter	————■
		Ammonium	————■
		Keime	————■
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	DWA-A 138	Wissensstand	a.a.R.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	nein	Regelwerk	DWA, FLL, RAS-Ew
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	gering	Grünpflege, Zulauf freihalten	
Verwandte Verfahren	8, 11		

¹ Je nach Region, Jährlichkeit des Bemessungsregens und Einstauhöhe

² Je nach Region, Jährlichkeit des Bemessungsregens

ANWENDUNGSBEISPIEL

Muldensysteme in Berlin Adlershof

Die Solon AG (heute ATOS) hatte 2007 in Berlin-Adlershof eine Produktionsstätte für Solaranlagen inkl. Verwaltungsgebäude errichtet. Als Leitmotiv für die Freiraumgestaltung wurde unter dem übergeordneten Thema des nachhaltigen Bauens ein integriertes Regenwassermanagement realisiert.

Das gesamte Regenwasser von ca. 2,8 ha angeschlossener Fläche wird auf dem Grundstück genutzt oder versickert. Die Abflüsse der begrünten Dächer (Hallendach extensiv, Bürotrakt intensiv) werden über Rohrleitungen in Zisternen geleitet. Das gesammelte Regenwasser soll für die Toilettenspülung, für Bewässerungszwecke zwischen Mai und September sowie für die Nachspeisung des Wasserbeckens genutzt werden. Die Überläufe der Zisternen werden in Versickerungsmulden eingeleitet. Der Ablauf des Verwaltungstrakts wird dabei in eine Muldenkaskade eingeleitet, deren einzelnen Mulden über den Überlauf hydraulisch miteinander verbunden sind.

Für die Versickerungsanlagen in den Innenhofbereichen war eine Fläche von ca. 12% (ohne Böschung) mit einem Speichervolumen von ca. 3,3 m³ pro 100 m² angeschlossener Fläche erforderlich. Die Versickerungsmulden sind seit 2007 in Betrieb und fungieren auch als wesentliches Gestaltungselement im Freiraum.

In Berlin-Adlershof wurden zudem die meisten öffentlichen Straßen mit einer Entwässerung über die Versickerungsmulde ausgestattet. Dies geschieht im Straßennebenraum mit gleichzeitiger Entwässerung der Gehwege. Auch weitere Wegequerungen wurden damit einer Bewirtschaftung zugeführt.



Mulden im Park des ehemaligen Hauptsitzes der Firma SOLON (heute Fa. ATOS) in Berlin-Adlershof (hochC)



Mulden zur Entwässerung der Straßen und öffentlicher Wege in Berlin-Adlershof (hochC)

LITERATURVERZEICHNIS

- 10-01 DWA (Hrsg., 2014). DWA-A 117 – Bemessung von Regenrückhalteräumen, Arbeitsblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 10-02 DWA (Hrsg., 2005). DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 10-03 DWA (Hrsg., 2007, korrigierter Stand 08/2012). DWA-M 153– Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 10-04 FLL (2005): Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung, Versickerungsrichtlinie, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn
- 10-05 RAS-Ew (2005) Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung, Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Straßenwesen

MULDEN-RIGOLEN-SYSTEM



(Sieker)

EINZUGSGEBIET: Dach-/ Misch-/ Verkehrsflächen

FUNKTION: Speichern und behandeln

ART: Naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Mulden-Rigolen-Systeme (MRS) sind Versickerungsanlagen mit ober- und unterirdischem Speicher. Das anfallende Niederschlagswasser wird an der Oberfläche und im Porenraum zwischengespeichert und über die belebte Oberbodenschicht in einen unterirdischen Speicherraum (Rigole) versickert.</p> <p>Der Oberflächenbedarf verringert sich dadurch auf ca. 10 % der angeschlossenen, versiegelten Fläche.</p> <p>Zusätzlich kann bei Böden mit geringer Durchlässigkeit überschüssiges Wasser aus der Rigole gedrosselt abgeleitet werden. Durch die Drosselung werden nachfolgende Entwässerungseinrichtungen hydraulisch entlastet. Je nach Anteil der versickerten Wassermenge findet eine teilweise bis vollständige hydraulische und stoffliche Entlastung statt.</p> <p>Die Einsatzbereiche sind vorzugsweise gering befahrene Verkehrsflächen. Aber auch stark belastete können - bei entsprechender Dimensionierung und geeignetem Bodensubstrat – mit diesem System entwässert werden. Gegebenenfalls können auch gedichtete Rigolen zum Einsatz kommen. Dadurch wird die Reinigungs- und Rückhalteleistung genutzt, die Versickerung jedoch vermieden. Es erfolgt dann i.d.R. eine Ableitung zum Gewässer oder in einen Regenkanal.</p> <p>Die Mulden-Rigolen-Systeme kommen meist bei Flächen zum Einsatz, auf denen eine reine Versickerung aufgrund der geringen Durchlässigkeit des anstehenden Bodens von weniger als 5×10^{-6} m/s nicht möglich ist und/oder beengte Platzverhältnisse vorherrschen. Dort kann die Kombination von Versickerung mit gedrosselter Ableitung eine Lösung zur Bewirtschaftung des Niederschlagswassers darstellen. Zudem finden sie Anwendung bei heterogenen Bodenschichten wie auch bei zeitweise auftretendem Schichtenwasser. Dadurch kann der anstehende Stauhorizont des Bodens in länger andauernden Regenperioden gedrängt werden und schützt somit die bestehende Bebauung vor „nassen Kellern“.</p>	<p>Die Oberbodenschicht soll mindestens 30 cm betragen und einen deckenden Bewuchs (z. B. mit Rasen oder Bodendeckern) aufweisen. Dieser sichert langfristig eine kräftige Durchwurzelung, die Sauerstoffversorgung und Wasserdurchlässigkeit und damit auch den Schadstoffrückhalt des Bodens.</p> <p>Die Bodenpassage bewirkt einen weitgehenden Rückhalt von Schwebstoffen. Auch gelöste Verbindungen (z. B. Nährstoffe, organische Verbindungen, Schwermetalle) werden deutlich verringert. Für Zink konnten Frachtrückhalte von mehr als 95 % im Oberboden beobachtet werden. Auch für Blei und Cadmium wurden erhebliche Stoffrückhalte beobachtet.</p> <p>Organische Stoffe werden an den Oberflächen von Huminstoffen, Tonmineralen und Eisen- und Manganoxiden des Bodens gebunden. Daneben können diese mikrobiologisch abgebaut werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Abbauleistung mit steigendem Sauerstoff- und Nährstoffgehalt im Boden ansteigt.</p> <p>Die Rigole kann mit Füllmaterialien oder als Hohlkörper aus Kunststoffboxen eingebaut werden. Üblicherweise wird zur Füllung gewaschener Kies 8/16 oder 16/32 verwendet. Weiterhin besteht die Möglichkeit zum Einbau alternativer Füllmaterialien, deren Umweltverträglichkeit und geringe Neutralisationskapazität vor Einbau nachgewiesen werden muss.</p> <p>Die Bemessung der Versickerungsanlagen erfolgt zweistufig. Die Mulde wird auf eine Überlaufhäufigkeit von $n=1,0 \text{ a}^{-1}$ (jährlich) bemessen, deren Überlauf der Rigole zufließt. Dabei werden die zufließenden Partikel sedimentiert. Messprojekte und Langzeitsimulationen für Berliner Niederschlagsverhältnisse haben gezeigt, dass dieser Anteil bei etwa 1-2% der Jahreszuflussmenge liegt. In Berlin ist der Muldenüberlauf in die Rigole aufgrund des Besorgnisgrundsatzes zum Schutz des Grundwassers nicht gestattet. Die Rigole wird auf eine Überstauhäufigkeit von $n=0,2 \text{ a}^{-1}$ (alle 5 Jahre) ausgelegt. Die gesamte Dimensionierung findet anhand der Berechnung mit Bemessungsregen oder Langzeitregendaten statt.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p>Links: Rigole mit Überlauf im Bau; Mitte: Dränrohr mit Feinwurzeleinwuchs Rechts: MRS nach Betriebsdauer von 18 Jahren (Sieker)</p>	

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●●	Verdunstung / Mikroklima	●○○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●●	Ökologisches Potential	ruderales Wiese
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●●	Freiraumgestaltung	●●●●○
Grundwasserneubildung	●●●●○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Bemessungskriterien	n bzw. T
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	klein - mittel
Biologische Behandlung	ja	Spez. Fläche der Anlage	500-1.000 m ² /ha ¹
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen	300-400 m ³ /ha ²
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	
Anteil behandeltes Wasser	> 99 %	Anteil behandeltes Wasser	> 95 %
Retention	●●●●●	AFS	—————■
Abflussdrosselung	ja	AFS63	—————■
		Phosphor	—————■
		Schwermetalle	—————■
		Org. Summenparameter	—————■
		Ammonium	—————■
		Keime	—————■
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	DWA-A 138	Wissensstand	a.a.R.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	nein	Regelwerk	DWA, FLL, RAS-Ew
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	gering	Grünpflege, Zulauf freihalten, ggfs. Reinigung Schacht	
Verwandte Verfahren	10, 12	und Muldenüberlauf	

¹ Je nach Region, Jährlichkeit des Bemessungsregens, Drosselabflusspende und Einstauhöhe

² Je nach Region, Jährlichkeit des Bemessungsregens und der Drosselabflusspende

ANWENDUNGSBEISPIEL

Die Regenwasserbewirtschaftung mit Mulden-Rigolen-Systemen wird z.T. schon seit über 20 Jahren betrieben. Die nachfolgenden Beispiele beschreiben ausgeführte Anlagen mit mehr als 10 Jahren Betriebsdauer. Im Rahmen des Projektes LEIREV wurden Anlagen in den Straßen auf Funktionstüchtigkeit untersucht. Die Ergebnisse lassen eine langfristig stabile Funktion erkennen und vorhersagen. In Berlin-Rummelsburg wurden die Mulden-Rigolen-Systeme straßenbegleitend angeordnet und entwässern sowohl die Straße als auch die Gehwege. Private Grundstücke sind an die Systeme nicht angeschlossen. Die Pflege und Wartung werden von den Berliner Wasserbetrieben durchgeführt. Das zweite Beispiel zeigt das Gewerbegebiet Hoppegarten, auf dem mehr als 100 ha sowohl öffentlicher Straßenraum als auch private Fläche vorrangig mit dem Mulden-Rigolen-System bewirtschaftet werden. Auf den privaten Flächen finden sich auch weitere Elemente der Regenwasserbewirtschaftung wie z.B. Gründächer und Teiche.

Auf dem Gelände des Krankenhauses Friedrichshain wurde im Zuge der Sanierung der baulichen Anlagen Ende der 1990er Jahre mit der Auftrennung des Entwässerungssystems vom Misch- zum Trennsystem begonnen und Ende der 2000er Jahre abgeschlossen. Dazu wurden mehrere Mulden, Mulden-Rigolen und Rigolensysteme gebaut, die das Wasser zwischenspeichern, teilweise versickern und gedrosselt ableiten. Damit kann die Anforderung einer begrenzten Einleitung in den öffentlichen Regenkanal eingehalten werden.

In Berlin-Bohnsdorf wurde eine Zufahrtsstraße mit Mulden-Rigolen-Systemen ausgestattet um die Reinigung des zufließenden Wassers zu gewährleisten und die abzuleitende Menge zu begrenzen.



Beispiele von langjährig betriebenen Mulden-Rigolen-Systemen im Straßenseitenraum,
Links: Wohnstraße in Berlin-Rummelsburg; Rechts: Gewerbegebiet in Hoppegarten bei Berlin (Sieker)



Links: Mulden-Rigolen-System am Krankenhaus Friedrichshain, gebaut Ende der 1990er Jahre; Rechts: Berlin-Bohnsdorf 2005 (Sieker)

LITERATURVERZEICHNIS

- 11-01 DWA (Hrsg., 2014). DWA-A 117– Bemessung von Regenrückhalteräumen, Arbeitsblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 11-02 DWA (Hrsg., 2005). DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 11-03 DWA (Hrsg., 2007, korrigierter Stand 08/2012). DWA-M 153– Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 11-04 FLL (2005): Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung, Versickerungsrichtlinie, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn
- 11-05 RAS-Ew (2005) Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung, Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Straßenwesen
- 11-06 Remmler F., Schöttler U. (1998). Qualitative Anforderungen an eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung aus der Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes, in: Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung, Analytica-Verlag, Berlin
- 11-07 LEIREV (2016), Leistungsfähigkeit und Zustand langjährig betriebener dezentraler Regenwasserversickerungsanlagen, Abschlussbericht, gefördert durch das MKUNLV

TIEFBEET-RIGOLE, BAUM-RIGOLE



Schematische Darstellung Baum-Rigolen System (Sieker)

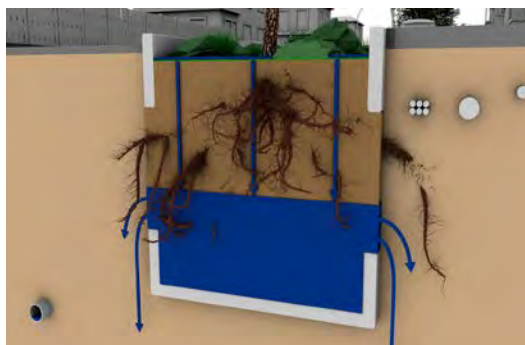
EINZUGSGEBIET: Dach-/ Misch-/ Verkehrsflächen

FUNKTION: Speichern und behandeln

ART: Naturnah



ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Bei dem <i>Tiefbeet-Rigolen-System</i> handelt es sich um eine Sonderform des Mulden-Rigolen-Systems (MRS), das gerade auch bei schwierigeren Bodenverhältnissen und vor allem in beengten stark urbanen Bereichen zum Einsatz kommt. Das System wird auch als begrünter Straßenablauf bezeichnet, da es im Vergleich zu Standardabläufen über einen zusätzlichen Speicher zur Bewirtschaftung des <i>firstflush</i> verfügt. Es besteht aus einer Versickerungsfläche mit belebter Bodenzone, die temporär eingestaut werden kann, und einer unterirdisch angelegten Rigole. In vorgefertigten Betonelementen, die in oder neben der Straßen- oder Platzfläche eingesetzt werden, wird das abfließende Wasser direkt von der Straße aufgenommen.</p> <p>Im unteren Teil befinden sich i.d.R. Sickerblöcke aus Kunststoff oder Porenbeton, wengleich alternativ auch Kies eingesetzt werden kann. Auf diesen wird, getrennt durch ein Vlies, das Filtersubstrat aufgebracht, das im Anschluss bepflanzt wird. Ein Notüberlauf sorgt bei starken Niederschlägen für die direkte Ableitung zum Sickerblock. Von dort wird das Wasser, das nicht versickert werden kann, gedrosselt in die Kanalisation weitergeleitet. Durch die Betonbauweise mit einer umfassenden senkrechten Betonkante verringert sich der Flächenbedarf auf ca. 5% der angeschlossenen befestigten Fläche. Integriert in den Straßenraum kann es - neben seiner Rückhalte- und Reinigungsfunktion - der Verkehrsberuhigung dienen. Der Einsatzbereich beginnt i. d. R. bei Böden mit einem k_f-Wert $< 10^{-6}$ m/s.</p> <p>Die Bepflanzung der Tiefbeet-Rigolen kann in Abhängigkeit vom Anwendungsbereich in unterschiedlichen Technisierungsgraden erfolgen. Die Bandbreite reicht von mit Rasen oder Bodendeckern bepflanzten Tiefbeeten bis hin zur Verwendung von Bäumen als sogenannte <i>Baum-Rigole</i>. Diese verhindern durch Verschattung, dass sich versiegelte Flächen aufheizen und zum Hitzeinseleffekt beitragen. Außerdem erlauben sie unter landschaftsplanerischen Gesichtspunkten die Integration von mehr Vegetation in urbane Bereiche.</p>	<p>Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ergibt sich als Primärnutzen die Reduktion von Oberflächenabfluss bei gleichzeitiger Erhöhung der Verdunstung und Versickerung.</p> <p>Das Tiefbeet-System kann in zwei Ausführungsvarianten mit vollständiger Versickerung oder gedrosselter Ableitung in die Kanalisation oder ein Gewässer umgesetzt werden.</p> <p>Die Kombination mit Bäumen ermöglicht es, die Verdunstungskomponente gegenüber dem normalen MRS zu erhöhen und wirkt durch die Verschattung insbesondere im Sommer kühlend auf das unmittelbare Umfeld.</p> <p>Gleichzeitig unterscheidet sich die <i>Baum-Rigole</i> vom herkömmlichen Straßenbaum auf Grund eines optimierten Wasserangebots in Form eines Wasserreservoirs. Dieses stellt einen langfristigen Wasserspeicher für den Baum dar, der zu erhöhten Verdunstungsraten während warmer Trockenphasen führt. Die Verdunstung unterliegt einem Jahresgang, der in den Sommermonaten zu Spitzenwerten von 670 l/d führen kann. Einzelstehende Bäume erreichen durch den Oaseneffekt deutlich höhere Verdunstungsleistungen als Baumgruppen.</p> <p>Insgesamt ist die Reinigungsleistung vergleichbar mit einer Versickerung durch die belebte Bodenzone, allerdings mit verringertem Flächenbedarf. Stoffliche Untersuchungen zur Rückhalteleistung von Tiefbeet-Rigolen ergaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwermetalle werden bis zu 80-90 % zurückgehalten • Guter Rückhalt von Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) • Ammonium wird nahezu um 100 % vermindert, die Nitratkonzentration aber dementsprechend erhöht. <p>Die Bemessung erfolgt auf eine Überstauhäufigkeit von $n=0,2 \text{ a}^{-1}$ (alle 5 Jahre) mit einem Bemessungsregen oder Langzeitregendaten. Übliche Einstauhöhen sind 5 bis 30 cm, wobei Baum-Rigolen tendenziell geringer eingestaut werden.</p>



Links: Beispiel einer Tiefbeet-Rigole INNODRAIN®, Rechts: Schema Baum-Rigole (Sieker)

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Spitzenabflussreduktion	●●●●●	Verdunstung / Mikroklima	●●●○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●○	Ökologisches Potential	Garten, Baumreihe
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●●	Freiraumgestaltung	●●●●○
Grundwasserneubildung	●●●○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebende Kriterien	n bzw. T
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	klein - mittel
Biologische Behandlung	ja	Spez. Fläche der Anlage	400-550 m ² /ha ⁽¹⁾
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen	300-400 m ³ /ha ⁽²⁾
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	
Anteil behandeltes Wasser	> 99 % ¹	Anteil behandeltes Wasser	> 99 %
Retention	●●●●●	AFS	
Abflusssdrosselung	ja/nein ³	AFS63	
		Phosphor	
		Schwermetalle	
		Org. Summenparameter	
		Ammonium	
		Keime	
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	DWA-A 138	Wissensstand	S.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	nein	Regelwerk	DWA-M 153, FLL
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	gering	Grünpflege, Zulauf freihalten, ggfs. Reinigung Schacht,	
Verwandte Verfahren	11	Belüftung	

¹ Je nach Region, Jährlichkeit des Bemessungsregens, Drosselabflusspende und Einstauhöhe

² Je nach Region, Jährlichkeit des Bemessungsregens und der Drosselabflusspende

³ Bei geringer Wasserdurchlässigkeit des anstehenden Bodens mit gedrosselter Ableitung und Drosselschacht

ANWENDUNGSBEISPIEL

Tiefbeet-Rigolen-System INNODRAIN® in Dahwitz-Hoppegarten in Brandenburg

Im Zuge des Straßenausbaus „Im Grund“ in Dahwitz-Hoppegarten wurde eine Lösung für die Straßenentwässerung erarbeitet. Der Ausbau der Anwohnerstraße war mit 5,50 m Fahrbahnbreite und 1,50 m Gehwegbreite vorgesehen. Dabei waren die Zuflüsse aus den oberhalb liegenden Abschnitten zu berücksichtigen. Der in die Zoche als Vorfluter abgegebene Drosselabfluss wurde von der Wasserbehörde auf maximale 5 l/(s·ha) vorgegeben. Um die vorgegebene Drosselung der Abflüsse zu erreichen, wurde eine Bewirtschaftung des Regenwassers mittels des Tiefbeet-Rigolen-Systems INNODRAIN® geplant und ausgeführt. Andere Lösungsalternativen wie ein Rückhaltebecken oder ein Stauraumkanal wurden aus Mangel an einem geeigneten Standort oder hohen Kosten verworfen.

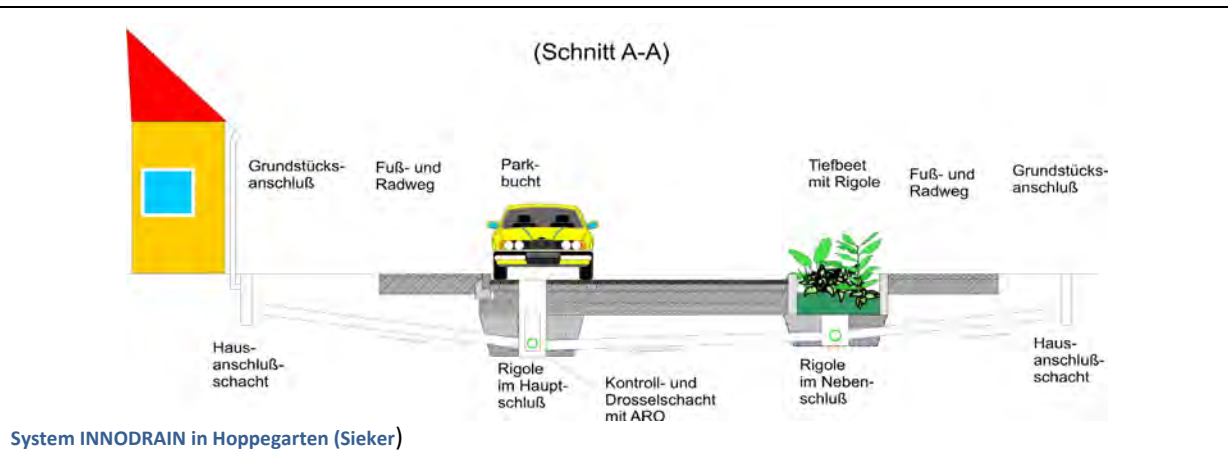
Durch die Wahl einer Tiefbeet-Rigole mit einer senkrechten Betonumfassung konnte auf geböschte Mulden verzichtet werden. Dadurch ließ sich ein höheres Speichervolumen bei verringerter Grundfläche erreichen. Die Fertigteilelemente für die oberflächige Fassung des Straßenabflusses wurden je nach Lage der Kreuzungen und Grundstückszufahrten zu unterschiedlich langen Infiltrationsflächen zusammengesetzt. Die Oberflächengestaltung des Betonelementes kann je nach Anforderungen angepasst werden. Eine Sandstrahlung für ein einheitliches Bild mit den Bordsteinen war aus ästhetischen Gründen nicht erforderlich, da sich der Beton in den Straßenraum einfügt.

Im Vergleich zu einem herkömmlichen Mulden-Rigolen-System wurde die Häufigkeit des Überlaufes der Versickerungsfläche erhöht, über den bei Vollfüllung ein Teil der Zuflüsse an die Rigole abgegeben wird. Eine Teilreinigung der Überlaufmenge wird auch hier durch die Absetzwirkung erreicht. Die darunterliegende Rigole versickert bei einem Durchlässigkeitsbeiwert des anstehenden Bodens von $5 \cdot 10^{-7}$ m/s und leitet gedrosselt in den Regenkanal ein.

Das Niveau des Tiefbeetes liegt maximal 30 cm unter der Straßenoberfläche und ist mit niedrigen Büschen und Stauden bepflanzt. Für die Bepflanzung wurden verschiedene den wechselfeuchten Bedingungen angepasste blühende oder immergrüne Pflanzenarten verwendet, um auch im Winterhalbjahr einen attraktiven Anblick zu bieten.

Neben der damit erreichten höheren Reinigung des Regenwassers im Tiefbeet wurde durch die versetzte Anordnung der Elemente im Straßenraum gleichzeitig eine Verkehrsberuhigung geschaffen.

Die langjährig betriebene Anlage war der Prototyp eines Tiefbeet-Rigolen-Systems in Deutschland. Weitere Tiefbeet-Rigolen wurden vielfach in Neubau- und Bestandsgebieten umgesetzt.



LITERATURVERZEICHNIS

- 12-01 DWA (Hrsg., 2014). DWA-A 117 – Bemessung von Regenrückhalteräumen, Arbeitsblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 12-02 DWA (Hrsg., 2005). DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 12-03 DWA (Hrsg., 2007, korrigierter Stand 08/2012). DWA-M 153– Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- 12-04 FLL (2005): Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung, Versickerungsrichtlinie, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn
- 12-05 Embrem, B., Alvem, B.-M., Ståhl, Ö., Orvesten, A. Pflanzgruben in der Stadt Stockholm. Handbuch, Trafikkontoret, Stockholm
- 12-06 Sommer, H. (2007), Behandlung von Straßenabflüssen, Dissertation an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

EXTENSIVE DACHBEGRÜNUNG



(Sieker)

EINZUGSGEBIET:	Dachflächen
FUNKTION:	Speichern und behandeln
ART:	Naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Die extensive Dachbegrünung ist eine dünne bewachsene Substratschicht mit unterhalb liegender flacher Drainschicht auf dem Dach. Die Gesamtaufbauhöhe beträgt in der Regel 6-8 cm.</p> <p>Dachbegrünungen werden eingesetzt, um einen Teil des Niederschlagswassers durch gezielte Retention nicht zum Abfluss zu bringen und den Anteil der Verdunstung an der Gesamtwasserbilanz zu erhöhen. Weitere positive Wirkungen einer Dachbegrünung umfassen die Verbesserung des Mikroklimas, eine Reduzierung der Schadstoffe im Niederschlagsabfluss, eine Wärmedämmung im Sommer und Winter sowie ein zusätzlicher Schutz des Dachaufbaus. Nach der Begrünungsart werden extensive und intensive Dachbegrünungen unterschieden.</p> <p>Extensive Dachbegrünungen haben eine dünne Substratschicht, eignen sich aufgrund der geringen Auflast auch zum nachträglichen Einbau und sind nicht zur Benutzung geeignet (außer Wartungsgänge). Insbesondere bei extensiven Gründächern werden die verbleibenden Abflüsse in der Substratschicht zwischengespeichert und gedrosselt abgegeben. Der Anteil der Verdunstung und das Maß der Retention werden vom Aufbau der Substratschicht, von der Dachneigung und der Anstauhöhe (einstellbar über Abflussdrossel) bestimmt. Der Aufbau besteht aus Vegetationsschicht, Filterschicht und Dränschicht, bei extensiven Gründächern können die drei Funktionen auch in einer Schicht erfüllt werden.</p> <p>Auch wenn das extensive Gründach keine gezielte Reduzierung des Niederschlagswasserabflusses hat, so kann doch von einer Verminderung der Intensität des Abflusses ausgegangen werden.</p>	<p>Eine Unterhaltung der extensiven Dachbegrünung ist bei richtiger standort- und substratgerechter Auswahl der Pflanzen nicht erforderlich (keine zusätzliche Bewässerung, keine Düngung, zwei Kontrollgänge pro Jahr).</p> <p>Notwendige Randbedingungen für eine Dachbegrünung stellen vorrangig die Dachneigung und die Möglichkeit einer statischen Mehrbelastung dar. Zwar ist auch eine Dachbegrünung bei geneigten Dächern bis zu 45° möglich, setzt aber eine Abrutschsicherung voraus.</p> <p>Durch das Gründach kann eine schallreduzierende Wirkung auf dem Dach erreicht werden. Allerdings wirkt sich ein extensives Gründach nicht auf die Planung und Bemessung von Energie-(Heizungs-) und Kühlleistungen von Gebäuden aus, da diese nach den ENEC-Standards schon eine erforderliche Dämmung enthalten. Hier wird das Gründach gerade im gesättigten Zustand als Wärme- bzw. Kältebrücke angesehen.</p> <p>Um den Brandschutz auf den Dächern zu gewährleisten, sind am Rande und bei Dachaufbauten Kiesstreifen vorgesehen. Gerade bei trockenen Gräsern im Sommer kann es zum Weitertragen von Feuer auf dem Dach kommen. Daher werden meist Moos/Sedum-Dächer gebaut. Diese sind an die extremen Bedingungen auf dem Dach mit stark schwankenden Temperaturen und Wasservorräten angepasst.</p> <p>Darüber hinaus können auch schon beim extensiven Gründach Stäube und andere Partikel gebunden werden.</p>
 <p>Das Diagramm zeigt den vertikalen Aufbau einer extensiven Dachbegrünung. Von oben nach unten sind folgende Schichten dargestellt: eine Vegetationsschicht mit verschiedenen Pflanzenarten (Gräser, Kräuter, Blühpflanzen), darunter ein Substrat aus grobkörnigen Material (Extensiv-Einschichtsubstrat), gefolgt von einer Dränschicht (Schutz- und Speichervlies) und schließlich der Dachplatte. Beschriftungen im Diagramm: 'Anspritzbegrünung/ Nassansaat (alternativ Trockenansaat)', 'Extensiv-Einschichtsubstrat', 'Schutz- und Speichervlies'.</p> <p>Prinzipaufbau extensive Dachbegrünung (Fa. Optigrün International AG)</p>	 <p>Das Foto zeigt ein reales Beispiel für eine extensive Dachbegrünung auf einem geneigten Dach. Die Dachfläche ist dicht mit Moos und Sedumarten bewachsen, die in verschiedenen Farben (Gelb, Rosa, Weiß) blühen. Im Hintergrund sind Gebäude und Bäume zu sehen.</p> <p>Beispiel extensive Dachbegrünung mit Moos-Sedum, (Fa. ZINCO)</p>

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●○○	Verdunstung / Mikroklima	●●●○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●○	Ökologisches Potenzial	Extensive Dachbegr.
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●○	Freiraumgestaltung	●●●●●
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebende Kriterien	
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	Eigene Fläche
Biologische Behandlung	ja	Spez. Filterfläche der Anlage	10.000 m ² /ha
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen ¹	120 m ³ /ha
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	
Anteil behandeltes Wasser	100%	Anteil behandeltes Wasser	100%
Retention	●●○○○	AFS	
Abflussdrosselung	ja	AFS63	
		Phosphor ²	
		Schwermetalle ³	
		Org. Summenparameter	
		Ammonium	
		Keime	
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	Nicht bemessen	Wissensstand	S.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	n.v.	Regelwerk	FLL
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	gering	Weitgehend wartungsfrei	
Verwandte Verfahren	14, 15		

¹ Speicher in Dränschicht

² Hängt maßgeblich von der Düngung und dem Alter des Gründaches ab

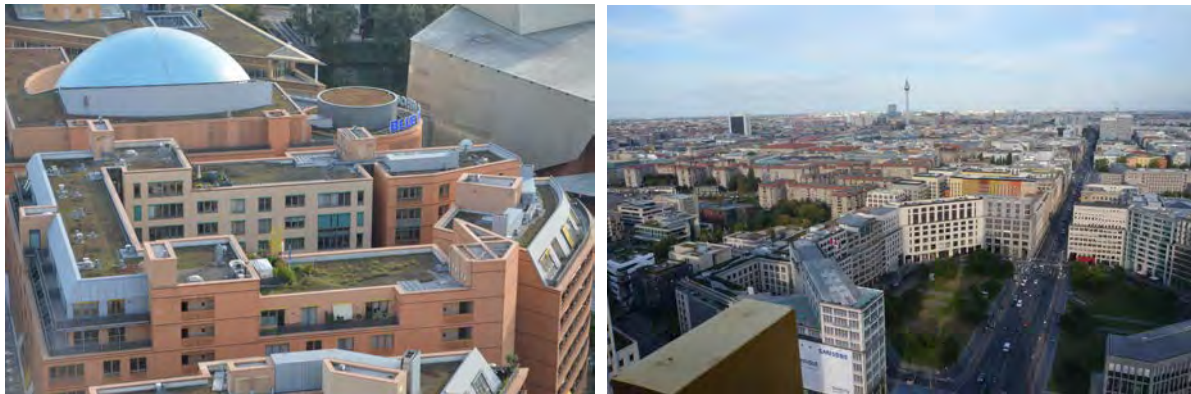
³ Höhere Rückhaltung für Zn als für Cu

ANWENDUNGSBEISPIEL

Die extensive Dachbegrünung ist eine der häufigsten Dachbegrünungsarten und wird auf einer Vielzahl von Gebäuden praktiziert. Die Beispiele zeigen extensive Dachbegrünungen auf einem Holzgebäude mit leichter Neigung als auch einem konventionellen Flachdach.

Extensive Dachbegrünungen finden sich in Berlin auf vielen Gebäuden. Ein prominentes Beispiel ist der Potsdamer Platz, der die Dachbegrünung als Teil des Regenwasserbewirtschaftungskonzeptes integriert hat.

Insgesamt steht gerade in der Innenstadt mit seinen enormen Mengen an Flachdächern ein großes Potenzial an Gründächern zur Verfügung, das bislang noch nicht flächendeckend genutzt wird. Hier böte es sich an weitere Flächen für einen gezielten Rückhalt von Regenwasser zu nutzen. Nähere Auskunft bietet hier die Gründachpotenzialkarte, die das Land Berlin hat erstellen lassen.



Extensive Dachbegrünung auf dem Gelände des Baugebietes Potsdamer Platz, weiteres Potenzial im Umfeld, das teilweise genutzt wird (Sieker)



Links: Extensive Dachbegrünung (Fa. ZINCO) Rechts: Extensive Dachbegrünung (Fa. Optigrün International AG)

LITERATURVERZEICHNIS

- 13-01 Matzinger, A. et.al. (2017): Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS (Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme). Berlin.
- 13-02 CIRIA (Hrsg.) (2015): The SuDS Manual, C753. CIRIA, London,
http://www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx
- 13-03 Berndtsson (2010): Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. Ecol. Eng. 36 S.351 - 360

INTENSIVE DACHBEGRÜNUNG

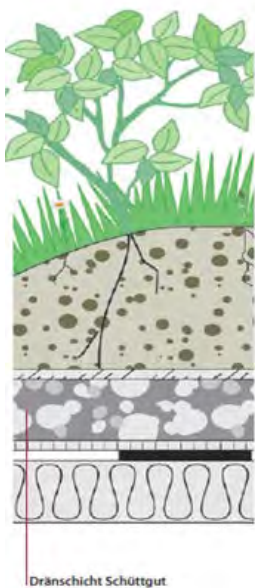


(Sieker)

EINZUGSGEBIET:	Dachflächen
FUNKTION:	Speichern, Verdunsten, Behandeln
ART:	Naturnah



ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Bei der intensiven Dachbegrünung wird eine vielfältig bewachsene Substratschicht auf einer unterhalb liegenden Drainschicht auf dem Dach aufgebracht, die je nach Aufbau eine Stärke von 15 cm bis zu 2 Metern haben kann.</p> <p>Intensive Dachbegrünungen werden eingesetzt, um einen Teil des Niederschlagswassers durch gezielte Retention auf dem Dach zu halten und nicht zum Abfluss zu bringen und den Anteil der Verdunstung an der Gesamtwasserbilanz durch einen Mehranteil von Pflanzen unterschiedlichster Art zu erhöhen.</p> <p>Ferner werden sie bei Versiegelungen und Wegfall von Freiflächen als Ausgleich vorgesehen.</p> <p>Weitere positive Wirkungen einer Dachbegrünung umfassen die Verbesserung des Mikroklimas, eine Reduzierung der Schadstoffe im Niederschlagsabfluss, eine Wärmedämmung im Sommer und Winter sowie ein zusätzlicher Schutz des Dachaufbaus. Nach der Begrünungsart werden extensive und intensive Dachbegrünungen unterschieden.</p> <p>Intensive Dachbegrünungen können auch als Dachgärten genutzt werden, bis hin zu einer kompletten Gartenlandschaft auf dem Dach bzw. der Tiefgarage mit Bäumen, Wegen, Teichen und Sumpfpfzonen.</p> <p>Bei langen Trockenphasen kann es sein, dass die Pflanzen zusätzlich bewässert werden müssen, falls der Speicherraum aufgebraucht ist. Hierbei kann der Speicherraum nachgefüllt werden.</p>	<p>Intensive Dachbegrünung ist je nach Vegetation regelmäßig zu bewässern und zu düngen im Rahmen der üblichen gärtnerischen Pflege. Bei Gräsern kann eine Mahd notwendig werden. Wichtig ist zudem die Dichtigkeitskontrolle des Daches und der darauf liegenden Dichtungsbahnen.</p> <p>Notwendige Randbedingungen für eine Dachbegrünung stellen vorrangig die Dachneigung und die Möglichkeit einer statischen Mehrbelastung, vor allem durch eine intensive Dachbegrünung dar. Intensive Dachbegrünungen werden auf Grund ihres Aufbaus in der Regel nur bei geringen Dachneigungen bis 10% eingesetzt.</p> <p>Als Pflanzen kommen solche zum Einsatz, die auch Trockenphasen überstehen können. Eine Auswahl kann bei den Herstellern erfragt werden. In der Regel können dies Gräser, Büsche und auch Bäume sein. Für letztere sind die Wuchshöhe und die Verankerung im Gründach, und damit dessen Aufbau, von entscheidender Bedeutung.</p> <p>Zusätzlich sind Nutzflächen auf den Gründächern möglich. Sie können als Ersatz für versiegelte Flächen verwendet werden. Dies umfasst Spielplätze, Aufenthaltsbereiche und Ersatzpflanzungen.</p>



Prinzipaufbau intensive Dachbegrünung (Fa. Optigrün International AG)

Bepflanzung mit Sträuchern und Bäumen (Fa. Optigrün International AG))

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●○	Verdunstung / Mikroklima	●●●●●
Rückhalt fester Stoffe	●●●●●	Ökologisches Potenzial	Dachbegrünung
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●○	Beitrag zur Freiraumgestaltung	●●●●●
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	Ja	Maßgebende Kriterien	k.A.
Filtration	Ja	Anschließbare Fläche	Eigenfläche
Biologische Behandlung	ja	Spez. Filterfläche der Anlage	10.000m ² /ha
Sorption	Ja	Spez. Speichervolumen ¹	240 m ³ /ha
HYDRAULISCHE WIRKUNG	STOFFLICHE WIRKUNG		0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	100%	Anteil behandeltes Wasser	100%
Retention	●●●○○	AFS	—————■
Abflussdrosselung	ja	AFS63	—————
		Phosphor ²	—————■
		Schwermetalle ³	—————■
		Org. Summenparameter	—————
		Ammonium	—————■
		Keime	—————
PLANUNG	GENEHMIGUNG		
Bemessungsverfahren hydraulisch	Keine Bemessung	Wissensstand	S.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	n.v.	Regelwerk	FLL
BAU	BETRIEB		
Schwierigkeitsgrad	leicht	Pflege Begrünung, keine Düngung	
Verwandte Verfahren	13,15		

UMSETZUNGSBEISPIEL

¹Speicher in Dränschicht

²Hängt maßgeblich von der Düngung und dem Alter des Gründaches ab

³Höhere Rückhaltung für Zn als für Cu

Die dargestellten Beispiele zeigen Dachaufbauten, die als Dachgarten genutzt werden können. Das erlaubt eine Doppelnutzung mit hohem Nutzwert. Sie können gestalterisch in vielerlei Hinsicht gestaltet werden.

Das Bild auf der Vorderseite des Steckbriefes ist ein mittlerweile fast 20 Jahre alter Dachgarten in Berlin-Rummelsburg, der als Ausgleichsmaßnahme für die hohe Versiegelung des Grundstückes, u.a. auch mit Tiefgarage, bebaut wurde und zur Erholung sowie als Spielplatz dient.



Intensive Dachbegrünung, Beispiel Fa. ZINCO



Intensive Dachbegrünung, Beispiel Fa. Optigrün International AG

LITERATURVERZEICHNIS

- 14-01 FLL (2008): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Dachbegrünungsrichtlinie, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. Bonn
- 14-02 Berndtssen, (2010): Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. Ecol. Eng. 36 S.351 - 360
- 14-03 Matzinger, A. et.al. (2017): Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS (Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme). Berlin.

DACHBEGRÜNUNG MIT ABFLUSSDROSSELUNG



(Sieker)

EINZUGSGEBIET:	Dachflächen
FUNKTION:	Speichern, verdunsten und behandeln
ART:	Naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Dachbegrünungen mit gezielter Drosselung werden im Gegensatz zu ungezielt gedrosselten Gründachaufbauten dort eingesetzt, wo eine genaue Einstellung des Abflusses erforderlich ist. Dazu ist an den Dachabläufen eine zusätzliche, auf den erforderlichen Wert einstellbare Drossel erforderlich. Dies kann bei extensiven als auch bei intensiven Dachbegrünungsaufbauten erfolgen.</p> <p>Damit kann die Zurverfügungstellung des bei einem Regenereignis genutzten Speicherraums durch die gezielte Entleerung nach einem Regenereignis erfolgen.</p> <p>Ein Teil des Niederschlagswassers wird dabei auf dem Dach zurückgehalten und kommt nicht zum Abfluss, um den Anteil der Verdunstung an der Gesamtwasserbilanz zu erhöhen. Weitere positive Wirkungen einer Dachbegrünung umfassen die Verbesserung des Mikroklimas, eine Reduzierung der Schadstoffe im Niederschlagsabfluss, eine Wärmedämmung im Sommer und Winter sowie ein zusätzlicher Schutz des Dachaufbaus.</p> <p>Ebenso wie intensive Dachbegrünungen können sie bis hin zu einer kompletten Gartenlandschaft auf dem Dach bzw. der Tiefgarage mit Bäumen, Wegen, Teichen und Sumpfbzonen reichen.</p> <p>Wie bei intensiven Gründächern kann damit sogar ein nahezu vollständiger Rückhalt des Regenwassers erreicht werden. Der Anteil der Verdunstung und das Maß der Retention werden vom Aufbau der Substratschicht, von der Dachneigung und der Anstauhöhe (einstellbar über Abflussdrossel) bestimmt. Der Aufbau besteht aus Vegetationsschicht, Filterschicht und Dränschicht. Die drei Funktionen können auch in einer Schicht erfüllt werden, in der Regel wird die Rückhaltung aber in der Dränschicht bereitgestellt.</p> <p>Bei langen Trockenphasen kann es sein, dass die Pflanzen zusätzlich bewässert werden müssen, falls der Speicherraum aufgebraucht ist. Hierbei kann der Speicherraum nachgefüllt werden.</p>	<p>Intensive Dachbegrünung ist im Rahmen der üblichen gärtnerischen Pflege je nach Vegetation regelmäßig zu bewässern und zu düngen. Bei Gräsern kann eine Mahd notwendig werden. Wichtig ist zudem die Dichtigkeitskontrolle des Daches und der darauf liegenden Dichtungsbahnen.</p> <p>Als Pflanzen kommen solche zum Einsatz, die auch Trockenphasen überstehen können. Eine Auswahl kann bei den Herstellern erfragt werden. In der Regel können dies Gräser, Büsche und auch Bäume sein. Für Bäume sind die Fertiggröße und die Verankerung im Gründach und damit dessen Aufbau von entscheidender Bedeutung.</p> <p>Notwendige Randbedingungen für eine Dachbegrünung stellen vorrangig die Dachneigung und die Möglichkeit einer statischen Mehrbelastung, vor allem durch eine intensive Dachbegrünung dar. Dachbegrünung mit Speicherraum und gezielter Drosselung werden vorzugsweise als sogenanntes Nulldach oder nur leicht geneigt ausgeführt, um den in der Dränschicht zur Verfügung stehenden Speicherraum maximal auszunutzen.</p> <p>Bei Verwendung von kapillaren Aufstiegshilfen kann das Wasser aus der Dränschicht gezielt in die Substratschicht geleitet werden.</p> <div data-bbox="794 1496 1380 1951" data-label="Image"> </div> <p>Prinzipaufbau Dachbegrünung mit Speicherung und gedrosselter Ableitung (Fa. Optigrün International AG)</p>

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●●	Verdunstung / Mikroklima	●●●●●
Rückhalt fester Stoffe	●●●●●	Ökologisches Potenzial	Dachbegrünung
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●○	Freiraumgestaltung	●●●●●
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebende Kriterien	
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	Eigene Fläche
Biologische Behandlung	ja	Spez. Filterfläche der Anlage	10.000m ² /ha
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen ¹	120 m ³ /ha
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	
Anteil behandeltes Wasser	100%	Anteil behandeltes Wasser	100%
Retention	●●●●●	AFS	—————■
Abflusssrosselung	ja	AFS63	—————■
		Phosphor ²	—————■
		Schwermetalle ³	—————■
		Org. Summenparameter	—————
		Ammonium	—————■
		Keime	—————
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	n.v. (analog DWA-A 117, DWA-A 138)	Wissensstand	S.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	n.v.	Regelwerk	FLL
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	gering	Pflege Begrünung, Bewässerung	
Verwandte Verfahren	13, 14		

¹Speicher in Dränschicht²Hängt maßgeblich von der Düngung und dem Alter des Gründaches ab³Höhere Rückhaltung für Zn als für Cu

ANWENDUNGSBEISPIEL

Mittlerweile gibt es etliche umgesetzte oder auch noch in Planung befindliche Dachaufbauten mit Abflussdrosselung. Diese ist auf dem Dach nur über den Deckel für die Abflussdrossel sichtbar. Daher sind die Dachaufbauten gleich wie extensive oder intensive Dächer gestaltbar. Die Drossel ist in den Dachaufbau integriert.

Die Dächer werden dort eingesetzt, wo der Abfluss nicht auf dem Grundstück zurückgehalten werden kann und nur über eine gezielte Drosselung auf einen vorgegebenen Abflusswert an das Kanalnetz oder ein Gewässer übergeben werden darf. Der Aufbau unterscheidet sich von den extensiven und intensiven Gründächern nur in der Verwendung einer Drossel. Diese ist nachfolgend sowohl als Beispiel einer Grafik oder im realen Dachaufbau zu sehen. Beim Bau sind die entsprechenden Einbau-richtlinien zu beachten.

Insgesamt steht gerade in der Innenstadt mit seinen enormen Mengen an Flachdächern ein großes Potenzial an Gründächern zur Verfügung, das bislang noch nicht flächendeckend genutzt wird. Hier böte es sich an, weitere Flächen für einen gezielten Rückhalt von Regenwasser zu nutzen. Nähere Auskunft bietet hier die Gründachpotenzialkarte, die das Land Berlin hat erstellen lassen.



Links: Beispielschnitt Drossel (ZINCO); Rechts: Beispiel Gründach (Fa. ZINCO)

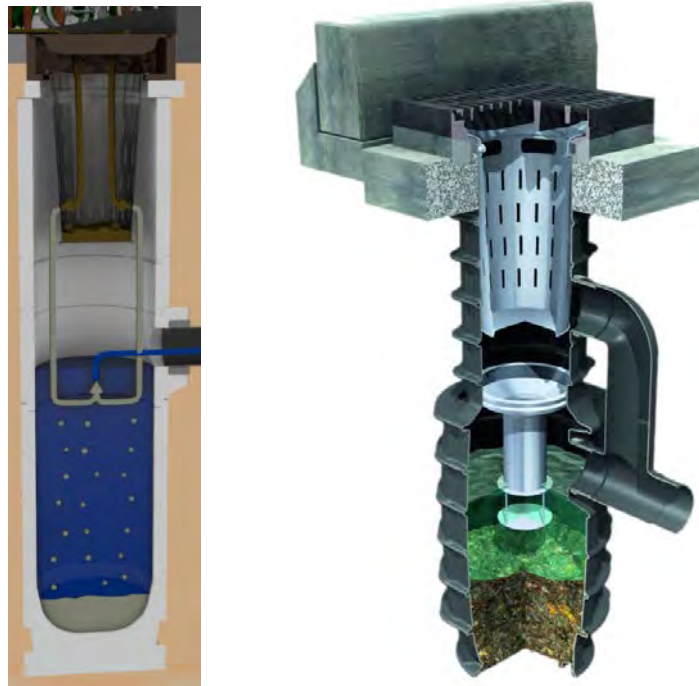


Links: Gründach (Optigrün); Rechts: Beispiel einer gezielten Drossel auf der Betondecke (Fa. Optigrün International AG)

LITERATURVERZEICHNIS

- 15-01 FLL (2008): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Dachbegrünungsrichtlinie, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. Bonn
- 15-02 Matzinger, A. et.al. (2017): Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS (Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme). Berlin.

STRASSENABLÄUFE MIT EINSÄTZEN UND SCHLAMMRAUM



(Sieker/ ACO)



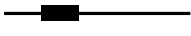
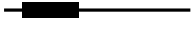
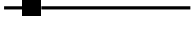
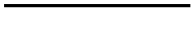

EINZUGSGEBIET:	Verkehrsflächen
FUNKTION:	Behandeln
ART:	Technisch

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Der Straßenablauf mit Schlammraum dient der Sedimentation von Schadstoffen am Schachtboden. Die einfachste Nachrüstung für die Reinigung des Regenwassers von Verkehrsflächen ist der Einsatz eines langen Grobschmutzeimers in einen Straßenablauf nach DIN 4052. Dafür eignen sich in Berlin üblich verbaute Straßenabläufe nach Regelblatt 400 der Berliner Wasserbetriebe als Nassgully mit Schlammraum, die in der Regel außerhalb von Wasserschutzgebieten eingebaut sind. Der Eimer mit rd. 35 L Inhalt wird oben in den Auflagering unterhalb des Gitterrostes eingesetzt. Der dauergestaute Schlammraum weist eine Einstauhöhe von rd. 1,05 m auf und hat ein Volumen von ca. 160 L.</p> <p>Das zulaufende Straßenablaufwasser wird über den Aufsatz und den Grobschmutzeimer zum Schlammfang geleitet. Der Berliner Straßenablauf hält durch den Einsatz eines Eimers Grobstoffe >5 mm zurück und nutzt den Schlammraum zur Sedimentation. Schwimmstoffe, die in den Schlammraum gelangen, werden weitgehend direkt in den Kanal abgegeben.</p> <p>Der Separationsstraßenablauf (SSA) Combipoint von der Fa. ACO ist ein optimierter Straßenablauf mit einem langen Standard-Grobschmutzeimer und einem Schlammraum von 120 L Fassungsvermögen. Der Gitterrostaufsatz wird in Belastungsklasse C und D geliefert und ist damit für Parkplätze und Straßen geeignet. Der Schacht besteht aus PE-Kunststoff Material. Im Bestand ist für den Einbau der Ersatz des bestehenden Straßenablaufs notwendig.</p> <p>Der ACO SSA wurde vom Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH (IKT) geprüft und mit dem Siegel „IKT-geprüft gemäß Trennerlass“ ausgezeichnet. Die Bemessung des Straßenablaufes erfolgt nach RAS-Ew. Danach wird für Quadratausätze mit 500x500 mm eine angeschlossene Fläche von 400 m² empfohlen. Für Rechteckausätze mit 300x500 mm sind 250 m² angegeben.</p> <p>Die Standortbedingungen der Systeme sind maßgebend für den Anfall an Schmutzstoffen bzw. haben Auswirkungen auf die Unterhaltung der Anlagen. Bei starkem Laubanfall besteht durch oberflächiges Zusetzen des Rostes die Gefahr des Wasseraufstaus. Hierbei spielen auch der Stababstand und die Geometrie des Gitterrostes eine Rolle. Enge Stababstände setzen sich schneller zu als ein Standard Gitterrostaufsatz nach DIN 19583.</p> <p>Für die Reinigung ist nur eine Spülung der Wandung und Aussaugen des Schlammfangs erforderlich, der in Abhängigkeit des Feststoffeintrages bzw. der Straßenreinigungsklasse i.d.R. 1-2 Mal pro Jahr erfolgt.</p>	<p>Der Separationsstraßenablauf der Fa. ACO weist mit dem Turbulenzminderer eine zusätzliche Einsatzkonstruktion auf. Um Aufwirbelungen zu reduzieren, wird die Energie über den Turbulenzminderer mit einem Trichter und einer Prallplatte vermindert und soll dadurch den Austrag an sedimentiertem Material verringern.</p> <p>Für den Nassgully mit Grobstoffeimer wurde in einem Berliner Projekt ein Rückhalt an abfiltrierbaren Stoffen für beprobte Abflüsse $\geq 0,3$ L/s von 57% (Median, Mittelwert 44%) gemessen. Der Rückhalt von AFS63 lag bei 46% (Median, Mittelwert 44%). In einem anderen Projekt in Hannover wurden 20-30% Rückhalt an AFS und Schwermetallen ermittelt.</p> <p>Die Firma ACO gibt einen verbesserten Feststoffrückhalt von bis zu 40% gegenüber herkömmlichen Straßenabläufen sowie eine Verlängerung der Wartungsintervalle für Straßenabläufe an. Für Nassgullys ergab sich für dieses System ein Rückhalt von 30-60% der Feststoffe (u.a. AFS). Weitere Parameter wurden nicht untersucht. Dieser Bereich wurde in einem Berliner Messprojekt in einer Hauptverkehrsstraße mit 29.600 Kfz/d und hoher Belastung durch Laub bestätigt. Darin wurde AFS um 48 % reduziert. Zwei an die DIBT-Prüfungen angelehnte Laboruntersuchungen zeigten Frachtreduzierungen von AFS zwischen 72% und 77%.</p> <div data-bbox="810 1330 1273 1839" style="text-align: center;"> </div> <p>Links: Fließwege im Berliner Nassgully (Sieker 2016, nach (16-06)) Rechts: ACO SSA (Sieker 2016, nach ACO 2015)</p>

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	○○○○○	Verdunstung / Mikroklima	○○○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●○○○	Ökologisches Potential	versiegelter Weg
Rückhalt gelöster Stoffe	●●○○○	Beitrag Freiraumgestaltung	○○○○○
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebende Kriterien	A
Filtration	nein	Anschließbare Fläche	klein
Biologische Behandlung	nein	Spez. Fläche der Anlage	6,5 m ² /ha ⁽¹⁾
Sorption	nein	Spez. Speichervolumen	-
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	100 %	Anteil behandeltes Wasser	100 %
Retention	○○○○○	AFS	
Abflussdrosselung	nein	AFS63	
		Phosphor	
		Schwermetalle	
		Org. Summenparameter	
		Ammonium	
		Keime	
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	RAS-Ew	Wissensstand	a.a.R.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	n.v.	Regelwerk	DIN 124/ 1229/ 4052, RAS-Ew
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	leicht	Überprüfung der Einsätze, Reinigung Eimer und Schlammraum	
Verwandte Verfahren			

¹Oberflächenbedarf Gitterrost, unterirdische Anlage ca. 8,3 m²/ha

ANWENDUNGSBEISPIEL

Berlin

Der Straßenablauf mit Nassschlammfang und Eimer (16-07) wird vielerorts eingebaut, wo ein entsprechend hoher Grundwasserflurabstand zu erwarten ist. Er gilt als Standardelement der Straßenentwässerung außerhalb von Wasserschutzgebieten. Berlinspezifische Ausführungsvarianten sind im Regelblatt 400 der Berliner Wasserbetriebe geregelt. Innerhalb von Wasserschutzgebieten werden die BWB-Regelblätter 401ff angewendet.

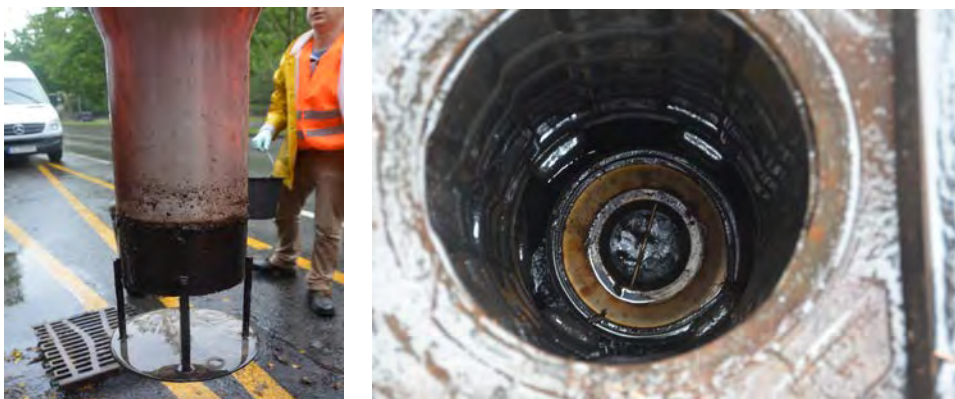
Dezentrale Anlagen für die Straßenabflussbehandlung sind in einer Vielfalt von Produkten und Reinigungsverfahren auf dem Markt verfügbar. Aussagen über den Stoffrückhalt der Anlagen liegen aber oft nur aus Laboruntersuchungen vor. Stoffliche Messungen von in-situ getesteten Anlagen sind daher nicht hinreichend erforscht.

In einem Berliner Untersuchungsprogramm wurden verschiedene Straßenablaufsysteme in einer Hauptverkehrsstraße hinsichtlich Stoffrückhalt- und Betriebsverhalten getestet. Bedingt durch die lokalen Gegebenheiten (hoher Laubanfall) und Verkehrsaufkommen (~30.000 Kfz/d) zeigte sich für den Standardstraßenablauf, dass die Ausstattung mit einem Grobstoffeimer im Vergleich ohne Eimer maßgeblichen Einfluss auf die Rückhalteleistung erbrachte. Der Rückhalt abfiltrierbarer Stoffe lag für beprobte Abflüsse $\geq 0,3$ L/s rd. 15% höher als ohne Eimer.



Straßenablauf mit Schlammraum und Eimer, Aussaugen des Schlammraumes (Sieker)

Eine zusätzliche Einbaukomponente in einen Straßenablauf bietet die Fa. ACO an. Im Bestand ist diese Nachrüstung meistens nicht möglich, da dieses Bauteil nur in einen Schacht von ACO eingesetzt werden kann. Hier wird ein Ersatzneubau erforderlich.

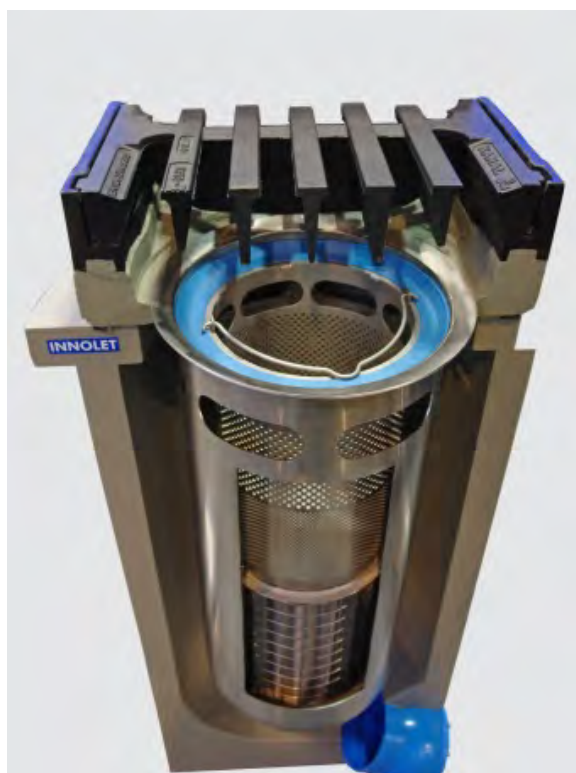


ACO Separationsstraßenablauf, Turbulenzminderer mit Prallplatte (Sieker)

LITERATURVERZEICHNIS

- 16-01 Barjenbruch et al., Dezentrale Reinigung von Straßenabflüssen, Projekt im Berliner Umweltentlastungs-programm, Abschlussbericht, 01/2016
- 16-02 Sommer, H.; Post, M.; Estupinan, F. (2016) Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen – Übersicht verfügbarer Anlagen, 4. Auflage, erstellt im Rahmen des Umweltentlastungsprogramms der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, gefördert aus den Mitteln des Umweltentlastungsprogrammes durch die Europäische Union.
- 16-03 Sommer et al. 2011; Sommer, H.; Post, M.; Nikisch, N. (2011): INNOLET G® (getaucht), Entwicklung und Erprobung der INNOLET-Filterpatrone zur Nachrüstung vorhandener Straßengullys mit Nassschlammfang, Endbericht, Projekt gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (AZ: 26741-23)
- 16-04 Stein, R. (2008), Auswirkungen optimierter Straßenabläufe auf Feststoffeinträge in Kanalisationen. Aachen.
- 16-05 NORIS Hannover (2008): Endbericht Teilprojekt Hannover, im Rahmen der InterNorthSeaRegion Projektes NORIS mit Förderung der EU, unveröffentlicht
- 16-06 BWB Regelblatt 400 (2014), Straßenablauf mit Schlammraum aus Betonfertigteilen nach DIN 4052, Berliner Wasserbetriebe
- 16-07 DIN 4052 (2006): DIN ISO 4052:2006-05 Betonteile und Eimer für Straßenabläufe
- 16-08 DIN 124 (1994): EN 124:1994 Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen - Baugrundsätze, Prüfungen, Kennzeichnung, Güteüberwachung; Deutsche Fassung
- 16-09 Werker et al. (2011): Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung in Trennsystemen - Umsetzung des Trennerlasses, Abschlussbericht im Auftrag des MKULNV NRW.

STRASSENABLAUFSYSTEM INNOLET



(Sieker)

EINZUGSGEBIET: Verkehrsflächen

FUNKTION: Behandeln

ART: Technisch

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Die INNOLET®-Filterpatrone kann in bestehenden Standardstraßenabläufen (Trocken- und Nassschlammfängen) eingesetzt werden.</p> <p>Zur Nachrüstung wird zuerst der übliche Grobschmutzfang entfernt und stattdessen der INNOLET-Einsatz eingeführt und ggf. mit entsprechenden Bauteilen im Zulaufbereich abgedichtet. Danach wird der 2-stufige Filter eingesetzt. Im Filterkorb der ersten Stufe werden Grobstoffe zurückgehalten. Die Filterpatrone der 2. Stufe hält Feinstoffe und gelöste Verbindungen sowie Schwermetalle zurück. Das Verfahren wurde für die Nachrüstung von Straßenabläufen nach DIN 4052 mit quadratischem oder rechteckigem Aufsatz an hoch belasteten Straßenabschnitten entwickelt. Die Ausstattung neuer Abläufe ist möglich.</p> <p>INNOLET®-G ist eine Weiterentwicklung der INNOLET® Filterpatrone. Sie eignet sich insbesondere für die Nachrüstung von Straßenabläufen mit einem Nassschlammfang und flachem Ablauf in das Kanalnetz. Konstruktive Änderungen des Filterkorbs gegenüber der INNOLET® Filterpatrone führen zu längeren Standzeiten mit einer verbesserten hydraulischen Durchlässigkeit durch Verringerung der Kolmationsneigung des Filters. Die Abmessungen der Filterpatrone variieren in Abhängigkeit des Straßenablaufes für Rechteck- und Quadrataufsätze.</p>  <p>INNOLET-G Filterpatrone im Berliner Nassgully (Sieker)</p>	<p>Die Leistungsfähigkeit von INNOLET® ist in verschiedenen Pilotprojekten untersucht worden. Bezogen auf AFS und Schwermetalle wird eine Reinigungsleistung von ca. 40-80% erreicht. Eine Untersuchung im Rahmen eines Forschungsvorhabens von WERKER et al. zeigte einen AFS Rückhalt von rund 45%, 78% für Kupfer und 45% für Zink im Laborversuch, der an die DIBt-Prüfungen angelehnt war.</p> <p>Je Straßeneinlauf wurden bis zu 30 kg Feststoffe zurückgehalten. Die Reinigungsintervalle müssen entsprechend der Verschmutzung der Straße (z. B. Laubfall) angepasst werden.</p> <p>Forschungsvorhaben aus Hamburg und Berlin zufolge besitzt INNOLET-G in situ folgende Reinigungsleistungen: AFS 40-74 %, AFS63 ~49 %, MKW ~53 %, PAK ~81 %, Phosphat 42-46 %, Zn, Cu, Pb, Cd 30-70 %. Nach einer Untersuchung des IKT aus dem Jahre 2011 liegt der Rückhalt für AFS63 auf dem Prüfstand bei ca. 70 %.</p> <p>INNOLET und INNOLET G wurden vom Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH (IKT) geprüft und mit dem Siegel „IKT-geprüft gemäß Trennerlass“ ausgezeichnet.</p> <p>Insgesamt zeigt sich, dass die Nachrüstung vorhandener Straßen mit der INNOLET - Filterpatrone eine durchaus sinnvolle Methode für die schnell einsetzbare Reduktion von Stoffen aus den Straßenabläufen ist. Dabei nutzt das Filtersystem den Schacht zum Einbau und benötigt für die Reinigung keine weiteren Flächen. Punktuell können die Systeme eingesetzt werden, um eine gezielte Reinigung von hochverschmutzten Straßen- oder anderen Verkehrsflächen vorzunehmen. Das bedeutet, dass eine unnötige Mitbehandlung gering oder unverschmutzter Regenabflüsse vermieden werden kann.</p> <p>Die Akzeptanz des Systems ist im Wesentlichen abhängig von den Investitions- und Betriebskosten. Dazu ist ein Vergleich der dezentralen Filterpatrone mit einer zentralen Reinigungsbehandlung erforderlich.</p>

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	○○○○○	Verdunstung / Mikroklima	○○○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●○○	Ökologisches Potenzial	versiegelter Weg
Rückhalt gelöster Stoffe	●●○○○	Freiraumgestaltung	k.A.
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebliches Kriterium	
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	klein
Biologische Behandlung	nein	Spez. Fläche der Anlage	12m ² /ha
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen	n.v.
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	
Anteil behandeltes Wasser	$Q_{krit} 15 \text{ l/(s·ha)}$, >80%	Anteil behandeltes Wasser	$Q_{krit} 15 \text{ l/(s·ha)}$, >80%
Retention	○○○○○	AFS	
Abflussdrosselung	nein	AFS63	
		Phosphor	
		Schwermetalle	
		Org. Summenparameter	
		Ammonium	
		Keime	
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	$Q_{krit} 15 \text{ l/(s·ha)}$	Wissensstand	S.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	n.v.	Regelwerk	n.v.
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	gering	Reinigung Schlammfang	
Verwandte Verfahren		Reinigung Filter/Austausch Filtermaterial	

ANWENDUNGSBEISPIEL

Die INNOLET-Filter werden bereits in etlichen Städten und Kommunen wie Hamburg, Köln, Hagen, Wuppertal und Bielefeld getestet und unter unterschiedlichsten Betriebsbedingungen eingesetzt. Dadurch können Erfahrungen für Wartung und Betrieb gesammelt werden.

Die nachfolgenden Bilder zeigen die Beispiele vom INNOLET G für Nassschlammfänge, die im Rahmen des UEP II Vorhabens in Berlin eingesetzt wurden. Die Darstellungen zeigen die Nachrüstvariante für den Nassschlammfang, einmal auf einem Betriebshof der Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR) und einmal im Straßenraum der Clayallee. Des Weiteren sind Bilder aus dem Hamburger Projekt dargestellt, wo eine Versuchsstrecke mittlerweile seit 2011 in den Regelbetrieb übergegangen ist und von Hamburg Wasser betrieben wird.

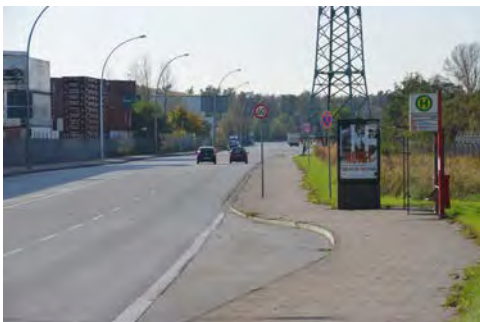
Einsatzorte sind Straßen und Grundstücke, die kurzfristig mit einer Regenwasserbehandlung nachgerüstet werden sollen. Dies sind z.B. kurze Kanalstücke mit direkter Einleitung in ein Gewässer, wie z.B. im Gebiet des Hamburger Hafens oder an Straßenabläufen, deren Kanalsystem nicht oder nur mit hohem baulichen Aufwand auf eine zentrale Reinigung ausgebaut werden konnte (Vgl. BSR-Betriebshof).



INNOLET G, Einsetzen der frischen Filterkartusche (UEP Berlin, BSR Betriebshof, Sieker)



INNOLET G, Ausbau des Filter zur Wartung (UEP Berlin, Clayallee, Sieker)



INNOLET G, Versuchsstrecke Vollhöfner Weiden (Sieker)

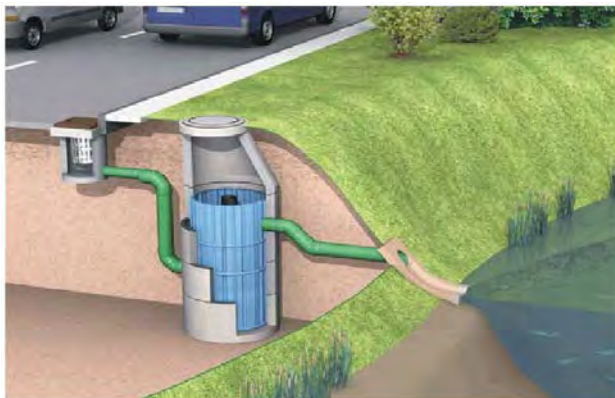
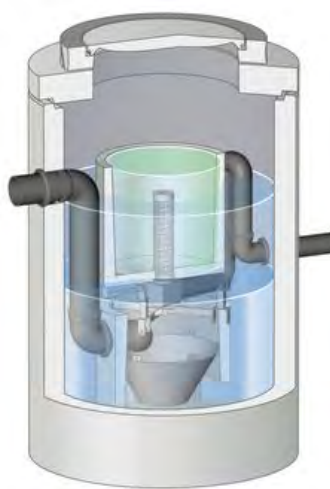
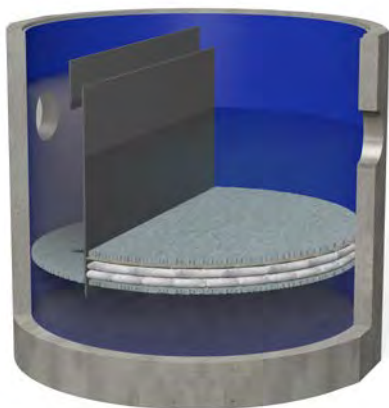


INNOLET G, Winterbetrieb (Sieker)

LITERATURVERZEICHNIS

- 17-01 Barjenbruch, M., Heinzmann, B., Kober, P., Post, M., Remy, C., Rouault, P., Sommer, H., Sonnenberg, H., Weiß, B. (2016): Dezentrale Reinigung von Straßenabflüssen - Projekt im Berliner Umweltentlastungsprogramm UEPII/2. Abschlussbericht. http://www.siwawi.tu-berlin.de/fileadmin/fg118/DSWT_Abschlussbericht.pdf Zugriff am 20.08.2016.
- 17-02 Hagen (2010), „Untersuchungen Straßenablauffilter INNOLET“, Stadtentwässerung Hagen in Zusammenarbeit mit der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, gefördert durch das Ministeriums für Umwelt, Natur, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Endbericht
- 17-03 NORIS Hannover (2008), Endbericht Teilprojekt Hannover, im Rahmen der InterNorthSeaRegion Projektes NORIS mit Förderung der EU, unveröffentlicht
- 17-04 Sommer, H., Post, M., Nikisch N. (2011), INNOLET G® (getaucht), Entwicklung und Erprobung der INNOLET-Filterpatrone zur Nachrüstung vorhandener Straßengullys mit Nassschlammfang, Projekt gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt AZ: 26741-23, Endbericht
- 17-05 Sommer, H.; Post, M.; Estupinan, F. (2016) Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen – Übersicht verfügbarer Anlagen, 4. Auflage, erstellt im Rahmen des Umweltentlastungsprogramms der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, gefördert aus den Mitteln des Umweltentlastungsprogrammes durch die Europäische Union.
- 17-06 Werker et al. (2011): Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung in Trennsystemen - Umsetzung des Trennerlasses, Abschlussbericht im Auftrag des MKULNV NRW.

SEMIZENTRALE SCHACHTANLAGEN



(ACO/ MALL/ 3P Technik/ Rehau)

EINZUGSGEBIET: Verkehrsflächen

FUNKTION: Behandeln

ART: Technisch

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Die Schachtsysteme sind vor allem für die Reinigung von Straßenabflüssen vor Einleitung ins Grundwasser oder Anschluss an den Kanal bzw. Gewässer vorgesehen. Von unterschiedlichen Herstellern werden verschiedene Systemkonfigurationen mit Filtersubstraten angeboten. Hier eine Auswahl:</p> <ul style="list-style-type: none"> • RAUSIKKO HydroMaxx bestehend aus SediClean + HydroClean (Rehau AG+Co) • Hydrosystem (Fa. 3P) • FiltaPex/ACO HMS (Pecher Technik GmbH/ Fa. ACO) • Viaplus (Fa. MALL GmbH) • Eurofiltrator (Fa. Eurofiltrator) <p>Die Zuleitung des Regenwassers erfolgt in der Regel unterirdisch in den unteren Bereich des Schachtes. Hier findet bspw. durch einen Wirbelabscheider oder in einem speziellen Sedimentationsraum die Sedimentation von Partikeln statt. Die Art der Strömungsführung entscheidet über den Grad der Sedimentation. Die Sedimente werden in einem Schlammraum unter dem eigentlichen Filter aufgefangen und können bei Bedarf entfernt werden. Im Aufstrom wird das Wasser gefiltert und dabei ein Großteil der Fein- und gelösten Schadstoffe gebunden.</p> <p>Die Filtersubstrate werden entweder lose geschüttet oder als entnehmbare Segmente bzw. Sack-Packungen eingelegt. Der Filter kann je nach Produkt von oben rückgespült werden und wird im Falle einer völligen Kolmation ausgetauscht. Durch einen getauchten Abfluss können zusätzlich aufschwimmende Leichtstoffe zurückgehalten werden. Die Größe des Schlammfangs ist je nach System variabel und wird an die zu erwartenden Feststofffrachten im Regenabfluss angepasst.</p> <p>Unterschiedliche Filtermaterialien werden je nach Belastung angeboten. Die anschließbare Fläche pro Schacht liegt bei 500 – 3.000 m². Höhere Anschlussflächen sind je nach Anlagenkonfiguration möglich. Die Schächte können aus Beton oder aus Kunststoff bestehen. Beim HydroMaxx von REHAU ist dem HydroClean ein Sedimentationsbecken (beide aus Kunststoff) vorgeschaltet.</p> <p>Die Dr. Pecher AG bietet das System <i>FiltaPex</i>[®] in den Ausführungen „Standard“, „modular“, „mini“, „maxi“ und „individuell“ an. Die „Standard“ Ausführung als Betonschacht DN2200 wird von ACO Tiefbau als <i>Schwermetallfilter HMS</i> vertrieben.</p> <p>Der <i>ViaPlus</i> der Fa. MALL ist ein mehrstufiger Substratfilter, der aus einem monolithisch vorgefertigten Schachtbauwerk (DN 1200) sowie herausnehmbaren Filtereinsätzen besteht. Die anschließbare Fläche beträgt je nach Typ 500 oder 3.000 m².</p>	<p>Alle dargestellten Schachtsysteme besitzen zum Teil eine Zulassung nach DIBt als Anlage zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen für die nachgeschaltete unterirdische Versickerung.</p> <p>Es gibt mehrere Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit des Verfahrens. Die Konzentrationen des zulaufenden Niederschlagswassers lagen für Zn, Cu und Pb über den für die Versickerung üblicherweise geforderten Werten. Die Rückhalteleistung für den Filter mit Bauart HydroClean (mit Betonschacht) betrug dabei ca. 70-80 %, so dass die Werte für die Versickerung eingehalten werden konnten.</p> <p>Dabei erfolgte der Grobstoffrückhalt bei diesem Versuch vorrangig in der Absetzrinne und nicht wie vorgesehen im Wirbelabscheider. Nach neueren Angaben von 3P Technik erreicht die Anlage vom Typ „metal“ eine Senkung von mindestens 90 % Zink und 98 % Kupfer (Laborwerte). Diese Werte werden von WERKER bestätigt. Hierbei wurden in einem Laborversuch, der an die DIBt-Prüfungen angelehnt war, Rückhaltewerte von 97 % für Zink und Kupfer, 94 % AFS und 90 % MKW festgestellt.</p> <p>Eine Untersuchung einer Anlage der Fa. 3P Technik (mit verbesserter Filtertechnik) analog HydroClean an einer stark frequentierten Straße in Hamburg bestätigt die gute Reinigungsleistung des Systems. Die Wirkungsgrade für die Parameter abfiltrierbare Stoffe (AFS) sowie die Schwermetalle Kupfer, Zink und Blei lagen im Mittel bei ca. 90%. Auch Nährstoffe und Kohlenwasserstoffe wurden in etwa um diesen Faktor vermindert.</p> <p>Die Ausführungen des Filterschachtes <i>HydroClean HT</i> und <i>Hydrosystem</i> haben eine DIBt-Zulassung für Verkehrsflächen mit einer angeschlossenen Fläche von 500 m².</p> <p>Das <i>FiltaPex</i>[®] System ist in NRW uneingeschränkt für Verkehrsflächen der Kategorie II und anschließender direkter Einleitung in ein Gewässer zugelassen, dies gilt auch für Flächen größer als 2000 m². Die Reinigungsleistungen reichen allerdings für eine DIBt-Zulassung zur Vorreinigung vor der Versickerung nicht aus.</p> <p>Für den <i>ViaPlus</i> lagen zum bisherigen Zeitpunkt noch keine Messergebnisse von Feldversuchen vor. Beide Filter haben eine DIBt-Zulassung für 500 bzw. 3.000 m². Im Rahmen dieser DIBt-Prüfung wurden folgende Abscheideraten ermittelt: ASF ≥ 95 %, MKW ≥ 97 %, Cu ≥ 90 %, Zn ≥ 89 %</p> <p>Der Betrieb der Filteranlagen ist nach Herstellerangaben durchzuführen. Danach muss vom Betreiber kontinuierlich eine Sichtkontrolle über Bauzustand, Betriebssicherheit und Funktionsfähigkeit sowie Auffälligkeiten, die ggf. einen Filtermaterialwechsel erfordern, erfolgen.</p>

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	○○○○○	Verdunstung / Mikroklima	○○○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●●	Ökologisches Potenzial	versiegelter Weg
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●○	Beitrag zur Freiraumgestaltung	○○○○○
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebende Kriterien	k.A.
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	Klein - groß
Biologische Behandlung	nein	Spez. Filterfläche der Anlage	≥ 2,5 m ² /ha
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen ¹	-
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	Q _{krit,15} l/(s•ha), >80%	Anteil behandeltes Wasser	Q _{krit,15} l/(s•ha), >80%
Retention	○○○○○	AFS	—————■
Abflussdrosselung	nein	AFS63	—————
		Phosphor	—————■
		Schwermetalle	—————■
		Org. Summenparameter	—————■
		Ammonium	—————■
		Keime	—————
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	Q _{krit.}	Wissensstand	S.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	n.v.	Regelwerk	n.v.
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	gering	Reinigung Schlammfang	
Verwandte Verfahren		Austausch Filtermaterial	

¹Kein dezidiertes Speichervolumen vorhanden

ANWENDUNGSBEISPIEL

Die nachfolgenden Bilder zeigen Beispiele aus der Umsetzung von Schachtanlagen. Es ist zu sehen, dass die Schachtanlagen aus unterschiedlichen Baustoffen bestehen und unterschiedlich aufgebaut sind. Daraus resultieren auch die spezifischen Wirkungsweisen.

Die Anwendungsbeispiele beziehen sich auf kleine Kanaleinzugsgebiete mit begrenztem Umfang an Fläche. Es gibt aber auch Beispiele wo mehrere Straßeneinläufe miteinander verbunden und gemeinsam behandelt werden. In Abhängigkeit der Größe der angeschlossenen Fläche werden Anlagen auch parallelgeschaltet. Wichtig ist aus betrieblicher Sicht die Zugänglichkeit und Wartbarkeit der Anlagen.

Der Bau der Anlagen ist mit Erdbaumaßnahmen und meist auch mit Leitungsumlegungen verbunden, die im Bereich der zu planenden Maßnahme vorzusehen ist. Daher kommt der Bau der Anlagen vor allem bei Neubau oder Umbau von Straßen und Flächen zum Einsatz. Vielfach sind die Anlagen auf Privatflächen (z.B. Baumärkte, Gewerbeflächen, Einzelhandel) im Einsatz.



HydroMAXX mit HydroClean AF und vorgeschalteter Sedimentationsstufe (REHAU)



ViaPlus (MALL) in Betrieb (Sieker)



Filtapex (Pecher Technik GmbH)

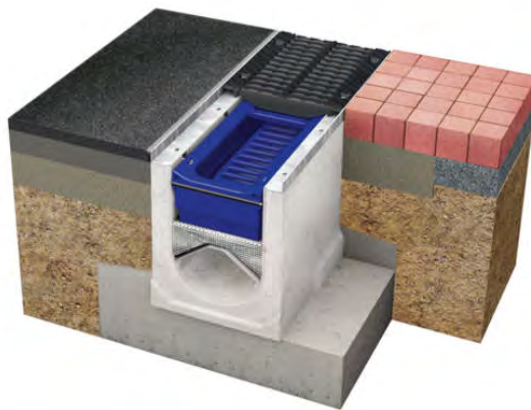
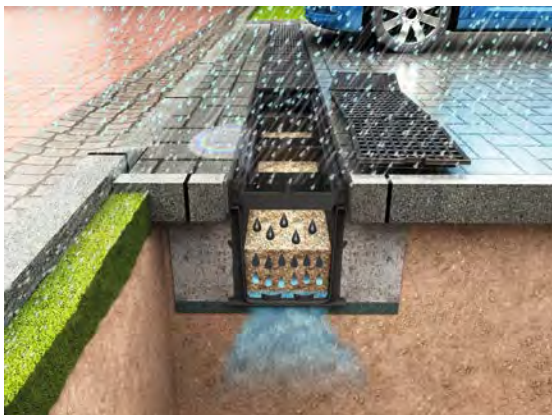


3P Hydrosystem (18-03)

LITERATURVERZEICHNIS

- 18-01 Sommer et al. 2016; Sommer, H.; Post, M.; Estupinan, F., Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen – Übersicht verfügbarer Anlagen, 4. Auflage, erstellt im Rahmen des Umweltentlastungsprogramms der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, gefördert aus den Mitteln des Umweltentlastungsprogrammes durch die Europäische Union
- 18-02 Grüning, H. (2013), Präsentation Dezentrale Regenwasserbehandlungssysteme, Anforderungen und Zulassungen in NRW, Kommunalen Erfahrungsaustausch Dezentrale Regenwasserbehandlung in NRW
- 18-03 HydroCon (2007), Untersuchungen einer Behandlungsanlage für Straßenabflüsse an der Bremer Straße in Hamburg-Harburg, Stand: 08.08.2007
- 18-04 Hilliges (2007), Entwicklung eines dezentralen Behandlungssystems für hochbelastete Verkehrsflächenabläufe im urbanen Raum. München, Technische Universität München
- 18-05 Werker et al. (2011), Niederschlagsabwasserbehandlung in Trennsystemen – Umsetzung des Trennerlasses, Vortrag BEW 12.7.2011

RINNENSYSTEME



(Funke/Birco/Hauraton/MEA)

EINZUGSGEBIET:	Verkehrsflächen
FUNKTION:	Behandeln
ART:	Technisch



ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Mittlerweile gibt es einige Hersteller mit Rinnensystemen zur Reinigung des Niederschlagsablaufwassers. Neben kleineren Herstellern gibt es die Systeme</p> <ul style="list-style-type: none"> • D Rainclean (Fa. Funke) • BIRCOpur (Fa. BIRCO) • Drainfix Clean (Fa. Hauraton) • MEA CLEAN PRO/Vivo Channel (Fa. MEA/ENREGIS) <p>Die Rinnen unterscheiden sich in der anschließbaren Fläche pro Meter Rinne und der Versickerung (in der Rinne oder nachgeschaltet).</p> <p>Bei dem System D Rainclean® der Fa. Funke handelt es sich um eine mit Substrat gefüllte, nach unten offene Kunststoffrinne. Das Regenwasser fließt der offenen oder mit einem befahrbaren Gitterrost abgedeckten Rinne oberflächlich zu. Die Reinigung erfolgt während der Passage durch ein Substrat. Danach wird das Wasser ins Grundwasser oder über eine unterliegende Drainage in die Kanalisation bzw. Gewässer geleitet. Zur Verbesserung der Versickerungsleistung kann das System zusätzlich mit einer Rigole ausgestattet werden.</p> <p>Bei dem System BIRCOpur® der Fa. BIRCO handelt es sich um eine nach unten geschlossene Betonrinne. Sie ist in den Belastungsklassen A 15 bis F 900 (Schwerlast) zugelassen. Das Regenwasser fließt der offenen oder mit einem befahrbaren Gitterrost abgedeckten Rinne oberflächlich zu. Die Reinigung erfolgt in zwei Stufen: in der ersten Stufe wird eine grobe Reinigung durchgeführt, in der zweiten Stufe fließt das vorgereinigte Regenwasser durch ein spezielles Granulat. Das filtrierte Wasser kann anschließend versickert oder über Drainbeton an der Rinnensohle bzw. Bohrung in die Kanalisation bzw. Gewässer abgeleitet werden. Beim System DRAINFIX® CLEAN (DRCL) der Fa. Hauraton handelt es sich um eine Retentionsfiltersubstratrinne, die durch Oberflächenfiltration, Adsorption und Adsorption verschmutztes Wasser vor Ort reinigt, so dass es direkt versickern kann. Als trockenfallendes System bewirkt es zusätzlich einen biochemischen Abbau von organischen Stoffen. Einer Biokolmation wird durch die Vermeidung von Dauereinstau entgegengewirkt. Die Rinne ist in den Nennweiten 300 oder 400 mm erhältlich und bis zur Belastungsklasse F 900 (Schwerlast) zugelassen.</p> <p>Der MEA CLEAN PRO / Vivo Channel der Fa. MEA bzw. ENREGIS ist eine weitere Substratfilterrinne, sie eignet sich für stark frequentierte Park- und Verkehrsflächen. Das Wasser wird nach einer mechanischen Grobreinigung bei beiden Rinnen durch das ENREGIS/Biocalith K-Substrat bzw. RCS Material geleitet, wodurch laut Hersteller organische und anorganische Schmutzfrachten zurückgehalten und abgebaut werden. Die Rinne ist für die Belastungsklassen A 15 bis E 600 zugelassen.</p>	<p>Alle dargestellten Rinnensysteme besitzen eine Zulassung nach DIBt als Anlage zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen für die nachgeschaltete unterirdische Versickerung.</p> <p>Das Substrat der <i>D-Rainclean</i>® Sickermulde besitzt trotz des hohen k_f-Wertes des Substrates von $9 \cdot 10^{-4}$ m/s nach Herstellerangaben ein sehr hohes Reinigungsvermögen. Der Hersteller spricht von einer dauerhaften Einlagerung von Schwermetallen und Abbau von kleinen Ölmengen, was in Einzelmessungen nachgewiesen wurde.</p> <p>Laut BIRCO erfolgt bei <i>BIRCOpur</i>® eine zuverlässige Entfernung aller relevanten Schadstoffe (Angaben nach DIBt). Für MKW werden nach Zulassung Werte von größer 80 % (im Laborversuch) angegeben. Durch die Oberflächenfiltration bei Drainfix Clean lassen sich Partikel bis zu einer Größe von $6 \mu\text{m}$ zurückhalten. In Verbindung mit dem hohen Carbonatgehalt des Filtersubstrats wurden in Feldversuchen an einer vielbefahrenen Straße in Augsburg selbst im Winterbetrieb über 90 % der im Regenabfluss enthaltenen Schadstoffe dauerhaft zurückgehalten. Bei einer Flächenbelastung oberhalb von $500 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ sollte ein Filterflächenverhältnis größer 2 % gewählt werden, um Wartungsabstände von 10 Jahren zu gewährleisten. Bei zweijährigen Niederschlagsereignissen lassen sich dabei Flächenanschlussleistungen von 12 m^2 (DRCL 300) bzw. $18,5 \text{ m}^2$ (DRCL400) realisieren. Bei kleineren Filterflächenverhältnissen müsste bei diesen Feststoffbelastungen dann, wie bei allen anderen Kleinfiltern auch, mit kürzeren Wartungsabständen zum Erhalt der Betriebsdurchlässigkeit gerechnet werden.</p> <p>Die Hersteller MEA/ENREGIS geben einen Rückhalt von Schwermetallen von über 99 % an. Bei AFS, PAKs und organischen Schmutzfrachten spricht ENREGIS von einer zuverlässigen Reinigung. MEA gibt für organische Substanzen und Feststoffe einen nahezu vollständigen Rückhalt an. Der Flächenbedarf der Filterrinne beträgt ca. 1,5 % (1 lfm Rinne pro 15 m^2 versiegelter Fläche). Die Rücklösung bereits gebundener Schwermetalle unter Streusalzeinfluss wird von ENREGIS mit unter 0,01 % angegeben. Die Versickerungsleistung des Substrates beträgt $1-3 \cdot 10^{-3}$ m/s. Beide Produkte besitzen eine DIBt-Zulassung als Anlage zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen von Verkehrsflächen für die Versickerung.</p>

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●●	Verdunstung / Mikroklima	●○○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●●	Ökologisches Potential	versiegelter Weg
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●○○	Freiraumgestaltung	○○○○○
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebende Kriterien	k.A.
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	beliebig
Biologische Behandlung	ja	Spez. Filterfläche der Anlage	200m ² /ha
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen	100 m ² /ha
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	100%	Anteil behandeltes Wasser	100%
Retention	●●●●●	AFS	—————■
Abflussdrosselung	ja	AFS63	—————■
		Phosphor	—————
		Schwermetalle	—————■
		Org. Summenparameter	—————
		Ammonium	—————■
		Keime	—————
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	DWA-A 138	Wissensstand	S.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	n.v.	Regelwerk	n.v.
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	leicht	Reinigung Rinnensubstrat	
Verwandte Verfahren		Austausch Substrat	

UMSETZUNGSBEISPIEL

Die Rinnensysteme werden zum größten Teil auf Privatflächen eingesetzt. Hier spielen, wie die Ausführungsbeispiele zeigen, die Parkflächen und Privat-/Nebenstraßen eine Rolle.

Das für die Reinigung verantwortliche Substrat wird beim Bau in die Rinnen eingegeben, sowohl als lose Schüttung oder auch als Sackware (nicht zu sehen). Die Ausführung der Hersteller ist dabei durchaus unterschiedlich, sowie auch die Wirkungsweise und Pfade des Wassers.

Vor der Planung sind Fragen wie die Versickerung bzw. Anschluss an ein Kanalnetz zu klären, da davon die Auswahl des einzusetzenden Systems abhängt.



Einbau Funke D-Rainclean (Funke)



Einbau MEA-Clean-Pro-Rinne (MEA)



Drainfix Clean (Hauraton)



BircoPur-Rinne (Birco)

LITERATURVERZEICHNIS

- 19-01 Sommer et al. 2016; Sommer, H.; Post, M.; Estupinan, F., Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen – Übersicht verfügbarer Anlagen, 4. Auflage, erstellt im Rahmen des Umweltentlastungsprogramms der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, gefördert aus den Mitteln des Umweltentlastungsprogrammes durch die Europäische Union.

STRASSENBEGLEITENDE SCHILFFILTERRINNE



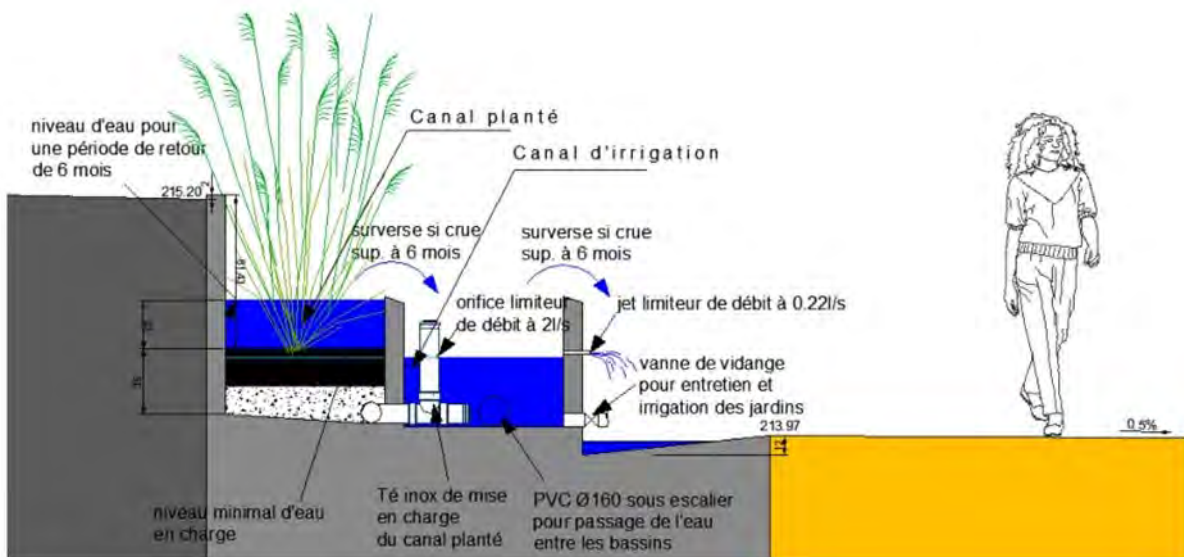
(SINBIO)

EINZUGSGEBIET:	Verkehrsflächen
FUNKTION:	Speichern, behandeln und transportieren
ART:	Naturnah

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Dieses Verfahren ist eine an den Straßenverlauf angepasste, linienförmige Variante eines Wetlands nach dem Prinzip der bepflanzten Filtermulde bzw. Filterrinne in Kombination mit einem offenen Wasserreservoir und offenen Überläufen zur Flächenversickerung oder Ableitung.</p> <p>Die Bauweise wurde für ein neues Stadtgebiet in Grenoble vom Planungsbüro SINBIO entwickelt und konnte dort optimal in den Straßenraum integriert werden. Das Gesamtkonzept für die Regenwasserbewirtschaftung in diesem Stadtteil wurde mit dem <i>Novatech 2013 Award</i> ausgezeichnet.</p> <p>Prinzipiell lassen sich hiervon Ausführungsvarianten ableiten, je nachdem, welches Gefälle und welche Flächen und Breiten entlang der Straßen und Wege zur Verfügung stehen. Die Bemessung hat sich nach angeschlossener Straßenbreite zu richten.</p> <p>In Abhängigkeit von der zu erwartenden Vorbelastung (je nach Straßen- und Wegebefestigung) sind Sandfänge in den Einlaufbereichen zu planen. Vorteilhaft ist ein gleichmäßiger längsseitiger Einlauf über eine einfache Überfallkante. Dadurch entfallen Einlaufbauwerke und Rohranschlüsse und es entstehen keine punktuellen starken Strömungen auf dem Filterkörper.</p> <p>Im Zuge der Pflege sind die vorgeschalteten Einlaufbereiche vor der Überfallkante von Sedimenten zu räumen (Straßenreinigung). Bei Vorschaltung von Nassgullys sind diese zu kontrollieren und bei Bedarf zu reinigen. Schilfpflanzen können vor dem Frühjahr oberhalb des maximalen Wasserspiegels geschnitten werden, um einen dichten Bewuchs zu fördern.</p>	<p>Der Vorteil dieser Variante liegt darin, dass zum einen der partikelbehaftete erste Regenabfluss im Filterüberstand sedimentiert und zum anderen eine biologische Behandlung bei der vertikalen Passage des Pflanzenfilters erzielt wird. Der geringer belastete Starkregen wird durch gezielten Überlauf im freien Gefälle schadlos abgeleitet.</p> <p>Das System besteht aus zwei verbundenen Rinnen. Die zuerst durchströmte Rinne ist mit einem geeigneten Filtermaterial befüllt und mit rhizombildenden Sumpfpflanzen bepflanzt. Die zweite Rinne bietet so viel Stauvolumen, dass eine typische Trockenperiode von z.B. 4 Wochen überbrückt werden kann, ohne dass die Pflanzen geschädigt werden. Besonders geeignet sind solche Pflanzen, die eine hohe Toleranz bezüglich der Wasserstände aufweisen und gleichzeitig eine hohe Aktivität im Filterkörper bewirken. Infrage kommen typischerweise Schilf <i>Phragmites australis</i> oder Seggenarten wie z.B. <i>Carex acutiformis</i>. Eine optische Bereicherung stellt auch die Ergänzung mit der gelb blühenden <i>Iris pseudacorus</i> dar.</p> <p>Die Anlage ist so zu bemessen, dass kleine Regen und der erste Abfluss in der ersten bepflanzten Rinne aufgefangen werden können. Dieses Abflussvolumen ist mittels Bodenpassage über einen gedrosselten Abfluss in die zweite Rinne zu überführen. Der maximale Wasserspiegel in der zweiten Rinne muss so weit unterhalb des Wasserspiegels der ersten Rinne liegen, dass für den kritischen Volumenstrom eine vertikale Filterpassage gewährleistet werden kann. Zusätzliche Öffnungen in der Bordwand sorgen für eine Drosselung und Kappung des Spitzenabflusses. Übersteigt der Regenabfluss die Bemessung, erfolgt nur noch ein oberflächiger Abfluss (Querströmung mit Überlauf) mit Sedimentation.</p>



Konzept Straßenbegleitende Schilfrinne (SINBIO)

BEURTEILUNG

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	●●●●●	Verdunstung / Mikroklima	●●●●●
Rückhalt fester Stoffe	●●●●○	Ökologisches Potenzial	Land-Schilfröhricht
Rückhalt gelöster Stoffe	●●○○○	Freiraumgestaltung	●●●●○
Grundwasserneubildung ¹	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebliche Kriterien	Q _{krit} , Jährlichkeit
Filtration	ja	Anschließbare Fläche ²	klein
Biologische Behandlung	ja	Spez. Fläche der Anlage	1.800 m ² /ha
Sorption ³	ja	Spez. Speichervolumen	400 m ³ /ha
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG ⁴	0% 50% 100%
Anteil behandeltes Wasser	k. A.	Anteil behandeltes Wasser	k. A.
Retention	●●●●●	AFS	—————■
Abflussdrosselung ⁵	ja	AFS63 ⁶	———■———
		Phosphor	———■———
		Schwermetalle	———■———
		Organ. Summenparameter	———■———
		Ammonium	———■———
		Keime ⁶	—————
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	ja	Wissensstand	ein Referenzprojekt
Bemessungsverfahren stofflich	nein	Regelwerk	nein
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	hoch	Grünpflege, Kontrolle der Zu- und Abläufe	
Verwandte Verfahren	4, 6, 10, 12		

¹ Nicht systemintegriert, Überlauf über Längsseite kann ungefasst versickern

² Maßgeblich ist bei linienförmiger Anordnung entlang der Fläche die Straßenbreite

³ Einsatz reaktiver Filtermedien möglich

⁴ Abschätzung, da keine Messergebnisse vorhanden

⁵ Anpassungsfähig für unterschiedliche Drosselabflüsse

⁶ durch feineres Substrat wie Sand steigerbar

ANWENDUNGSBEISPIEL

Park Ouagadougou in Grenoble, Frankreich, 2008 bis 2013

Bei der zeitgleichen Planung des Wohngebietes HQE und des Parks Ouagadougou stellte sich heraus, dass der temporäre Regenwasserüberschuss des Wohngebietes dem Mangel an Bewässerungswasser für den Park gegenübersteht. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit brachte ein räumlich ineinandergreifendes Gestaltungskonzept hervor. Darin verbindet der sichtbare „Wasserlauf“ den neuen Stadtteil mit dem Park und leitet den Spaziergänger zum Feuchtgebiet, dem Herzen des Parks.

Die in Beton ausgeführte Schilffiltermulde verläuft als Rinne neben der Straße. Der Straßenablauf füllt sie und passiert ein 35 cm mächtiges Kiesbett, das mit Schilf bepflanzt ist. Danach fließt das Wasser in die parallele Bewässerungsrinne, die als weiterer Wasserspeicher (80 m³) dient. Darin münden auch die unbehandelten Dach- und Fußwegeabläufe des Wohngebietes. Insgesamt hat das System ein Einzugsgebiet von etwa 4.600 m². Bei einem Regenereignis steigt der Wasserspiegel in der Bewässerungsrinne an und wasserspielartig springt eine Galerie kleiner Wasserspeicher an.

Die Volumina der Anlage sind auf einen Regen mit halbjährlicher Wiederkehrwahrscheinlichkeit ausgelegt. Bei größeren Regenereignissen läuft das Wasser aus der Schilffiltermulde oberflächlich nach Sedimentation, aber ohne Filterpassage, in die Bewässerungsrinne und anschließend in den Park über. In offenen Rinnen wird das Wasser weiter zu den Pflanzenbeeten des Parks geleitet. Dadurch wird die künstliche Bewässerung auf ein Minimum reduziert. Am tiefsten Punkt befindet sich ein Feuchtgebiet wohin auch andere Parkflächen durch Drainageleitungen entwässern.

Bei Starkregenereignissen (> 2 a Wiederholungswahrscheinlichkeit) dehnt sich die Fläche des Feuchtgebietes auf bis zu 1/3 der Rasenfläche (800 m²) aus und leitet gedrosselt in die öffentliche Kanalisation ab.



Übersicht Parkanlage (SINBIO)

LITERATURVERZEICHNIS

- 20-01 Giroud et al. (2013): *Gestion des eaux pluviales, usages et zone humide urbaine - parc Ouagadougou de Grenoble*. Novatech, (S. 10). Lyon.

ROHRSEDIMENTATION MIT STRÖMUNGSTRENNERTECHNOLOGIE UND ADSORPTION



(Fränkische Rohrwerke)

EINZUGSGEBIET:	Verkehrsflächen
FUNKTION:	Behandeln
ART:	Technisch

AKUT
Partner

Sieker
Die Regenwasserexperten

ALLGEMEINES	EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN
<p>Die Systeme SediPipe und SediSubstrator der Fa. FRÄNKISCHE ROHRWERKE behandeln Regenwasser vor der Einleitung in Gewässer. SediPipe wird häufig für die Behandlung von Dach-, sowie Straßenflächen und Plätzen vor der Ableitung in oberirdische Gewässer oder den Regenwasserkanal eingesetzt. SediSubstrator ist insbesondere für die Reinigung von stark belasteten Straßenabflüssen vor Einleitung ins Grundwasser im Einsatz.</p> <p>Die Systeme bestehen aus einem Start- und einem Zielschacht, welche durch das Sedimentationsrohr verbunden sind. Bei SediSubstrator ist im Zielschacht zusätzlich eine Adsorptionsstufe vorhanden.</p> <p>Beide Systeme können bei Rehabilitation von bestehenden Einleitstellen ohne zusätzlichen Platzbedarf auf der bestehende Kanaltrasse angeordnet werden. Bei Neubau einer Abwasseranlage ersetzt das System schlichtweg einen Teil des Kanalstranges.</p> <p>SediPipe ist auf die Entfernung von feinen Feststoffen und zum Rückhalt von Schwimmstoffen ausgelegt. SediPipe kommt durch eine optimierte Sedimentationsstrecke mit einem geringen Bauvolumen aus. Hierbei bietet der gedrungene Rohrquerschnitt in Verbindung mit der langgezogenen Bauform eine gute Möglichkeit zur Strömungsgleichrichtung. Der Sedimentationsprozess kann mit kurzen Sinkwegen hin zum Depot unterhalb des integrierten Strömungstrenner stattfinden. Dieser verhindert dabei die Remobilisierung von gesammelten Feststoffen auch bei starkem Regen.</p> <p>Je nach Größe der Einzugsfläche bietet der Hersteller Sedimentationsstrecken DN 400 bis DN 600 in einer Länge zwischen 6 und 24 m an. Im Zielschacht ist ein Tauchrohr angeordnet, das vorhandene Schwimmstoffe zurückhält und somit Schutz im Havariefall vor Leichtflüssigkeiten bei Trockenwetter bietet. Die Anlage SediPipe XL plus bietet mithilfe eines zusätzlichen Strömungstrenners im oberen Bereich des Rohres zusätzlich Schutz bei Havarien mit Leichtflüssigkeiten auch bei Regenwetter oder Löschwasseranfall.</p> <p>Das System kann sowohl dezentral als auch semi-zentral eingesetzt werden. SediPipe wird in mehreren Größen für Anschlussflächen von 600 m² bis 45.000 m² angeboten. Durch eine parallele Anordnung können auch hier sehr große Einzugsgebiete angeschlossen werden.</p> <p>Das Produkt SediSubstrator erweitert die Reinigungsfunktion von SediPipe durch eine Adsorptionspatrone im Zielschacht. Dort werden zusätzlich gelöste Schadstoffe wie Schwermetalle und PAKs sowie Öl entfernt. Es werden Anlagen verschiedener Baugrößen für</p>	<p>Die Produkte <i>SediSubstrator XL 600/12</i> und <i>SediSubstrator XL 600/12+12</i> besitzen eine DIBt-Zulassung als Anlage zur Behandlung von mineralöhlhaltigen Niederschlagsabflüssen für die Versickerung zum Anschluss von 1.500 m² bzw. 3.000 m².</p> <p>Laboruntersuchungen des IKT Gelsenkirchen im Jahr 2012 bescheinigten dem System <i>SediPipe 600/12</i> den Rückhalt an AFS von rund 88 %. Laut Untersuchungen der LGA Würzburg (2011) erreicht <i>SediPipe XL plus</i> einen Rückhalt von Leichtflüssigkeiten von >99,9 % (analog der Leistung eines Ölabscheiders der Klasse I DIN EN 858-1). <i>SediSubstrator XL</i> hält 92 % AFS zurück.</p> <p>Das System SediPipe wird für unterschiedliche Anschlussgrößen geliefert. Die Kosten variieren dabei von 2.400 bis 18.000 €. Umgerechnet bedeutet dies Investitionskosten von ca. 2 €/m².</p> <p>Der Hersteller empfiehlt für SediPipe je nach Größe der angeschlossenen Fläche ein 1- bis 4-jähriges Reinigungsintervall durch ein herkömmliches Kanalspülfahrzeug mit folgenden Schritten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entleeren der gesamten im Dauerstau betriebenen Anlage durch Absaugen, • Spülen der Sedimentationsstrecke mit Rotationsdüse bei gleichzeitigem Absaugen. <p>Die empfohlenen Intervalle müssen bei hohen Sedimentbelastungen verkürzt werden.</p> <p>SediSubstrator wird ebenfalls in verschiedenen Größen geliefert. Die Kosten variieren zwischen 3.000 € und 30.000 €. Dies bedeutet Preise zwischen 6 und 10 €/m². Bei SediSubstrator erfolgt der Austausch des Adsorptionssubstrates SediSorp alle 4 Jahre. Im Zuge dessen erfolgt die Reinigung der Sedimentationsstrecke analog zum System SediPipe.</p>

Anschlussflächen von 450 m² bis 3.000 m² angeboten.**BEURTEILUNG**

HAUPTWIRKUNG	WERT	ZUSATZWIRKUNG	WERT
Kappung Spitzenabfluss	○○○○○	Verdunstung / Mikroklima	○○○○○
Rückhalt fester Stoffe	●●●●○	Ökologisches Potenzial	Versiegelter Weg
Rückhalt gelöster Stoffe	●●●●○	Freiraumgestaltung	○○○○○
Grundwasserneubildung	○○○○○		
REINIGUNGSVERFAHREN		BEMESSUNG	
Sedimentation	ja	Maßgebende Kriterien	-
Filtration	ja	Anschließbare Fläche	mittel - groß
Biologische Behandlung	nein	Spez. Filterfläche der Anlage	-
Sorption	ja	Spez. Speichervolumen	-
HYDRAULISCHE WIRKUNG		STOFFLICHE WIRKUNG	
Anteil behandeltes Wasser	Vollstrom min. Q_{krit} 100%	Anteil behandeltes Wasser	Vollstrom min. Q_{krit} >80%
Retention	nein	AFS	—————■
Abflussdrosselung	nein	AFS ⁶³ ¹	—————+
		Phosphor	—————
		Schwermetalle	—————
		Org. Summenparameter	—————
		Ammonium	—————
		Keime	—————
PLANUNG			
Bemessungsverfahren hydraulisch	Q_{krit}	Wissensstand	S.d.T.
Bemessungsverfahren stofflich	n.v.	Regelwerk	n.v.
BAU		BETRIEB	
Schwierigkeitsgrad	leicht	Reinigung Schlammfang/Sedimentationsrohr	
Verwandte Verfahren		Austausch Substrat	

¹Messwert Prüfstand

ANWENDUNGSBEISPIEL

Das Bild zeigt die Kontrollschächte einer Sedimentationsrohranlage auf dem Gelände eines Baumarktes in Berlin. Das System wird unterirdisch eingebaut und im Dauerstau betrieben. Die Anlagenteile sind damit vor den Besuchern verborgen angeordnet.

Bei den dort behandelten Flächen handelt es sich in der Regel um eine Mischung aus Dach- und Hof-/Stellplatzflächen, die unterschiedliche Stoffbelastungen haben. Daraus ergibt sich, dass die Anlage ein gemischtes Niederschlagsabflusswasser behandelt, hier in diesem Beispiel in einer Zweistrang-SediPipe-Anlage. Sind größere Flächen angeschlossen, können mehrere Anlagen parallel geschaltet werden.

Wichtig ist die Zugänglichkeit der Anlagenschächte für Reinigungs- und Kontrolle der Anlage. Insbesondere der Endschacht mit dem Substrator muss in vollem Umfang zugänglich sein, um das Substrat auszutauschen.



Links: Verbaute Anlage mit den Kontrollschächten (Sieker); Rechts: Funktionsprinzip SediSubstrator (Fränkische Rohrwerke)

LITERATURVERZEICHNIS

- 21-01 Sommer, H.; Post, M.; Estupinan, F. (2016) Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen – Übersicht verfügbarer Anlagen, 4. Auflage, erstellt im Rahmen des Umweltentlastungsprogramms der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, gefördert aus den Mitteln des Umweltentlastungsprogrammes durch die Europäische Union.