

Leistungsprüfung von innovativen Adsorberanlagen: Rückhalt von Partikeln, Schwermetallen und Mikroverunreinigungen

F. Keller¹, M. Patrick¹, A. Zenker², M. Burkhardt¹

1 OST – Ostschweizer Fachhochschule, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Oberseestraße 10, 8640 Rapperswil, Schweiz

2 FHNW - Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut für Ecopreneurship, Hofackerstrasse 30, 4132 Muttenz, Schweiz

Kurzfassung: Für Adsorberanlagen, die zur Reinigung von Dach-, Fassaden-, Platz- und Straßenwasser eingesetzt werden, wurde ein sogenannter simulierter Feldtest als neues Schweizer Prüfverfahren entwickelt und erfolgreich angewendet. Ermittelt werden damit der stoffliche Rückhalt von Partikeln, Schwermetallen und Mikroverunreinigungen sowie deren Remobilisierung durch Tausalz. Sechs Anlagen haben die Standard-Prüfung bestanden, vier Anlagen die Dachwasser-Prüfung für Metallflächen und zwei für pestizidhaltige Flächen. Damit stehen neue Maßnahmen im Bereich der Regenwasserbewirtschaftung zum Einsatz bereit.

Key-Words: Schwermetalle, Mikroverunreinigungen, Partikel, Regenwasserbehandlung, Adsorberanlagen, VSA-Leistungsprüfung.

1 Einleitung

Im Rahmen einer wasserbewussten Siedlungsentwicklung («Schwammstadt») ist die Bewirtschaftung von Niederschlagswasser von zentraler Bedeutung für den lokalen Wasserhaushalt. Deshalb sind bei der Versickerung oder Direkteinleitung die mögliche Belastung und das Behandlungsgebot stets zu beachten, um die Gewässer vor einer Verschmutzung zu schützen.

Niederschlagsabwasser von Dächern, Fassaden, Straßen, Plätzen und Eisenbahnanlagen ist je nach Nutzung, Einzugsgebiet oder Verkehrsbelastung mit Partikeln, Schwermetallen und Spurenstoffen belastet. Dazu zählen beispielsweise Kupfer von Dachflächen, der Anwendung als Fungizid gegen Moos und Pilze oder von Fahrleitungen (Oberleitungen), Pestizide aus dem Gleisunterhalt, Dach- und Fassadenbeschichtungen, sowie Reifenabrieb und darin enthaltene wasserlösliche Mikroverunreinigungen (z.B. 6PPD-Quinon, Benzothiazol).

Die Reduktion der diffusen Stoffeinträge durch Maßnahmen an der Quelle, dem Vorsorgeprinzip folgend, steht immer an erster Stelle der Planung (gemäß VSA "Priorität 0").

Ist das Niederschlagswasser so stark verschmutzt, dass weder die Versickerung über einen bewachsenen Bodenfilter ausreichend oder möglich noch die Einleitung in eine Kläranlage erwünscht sind, stellt eine dezentrale Behandlungsanlage mit Adsorbermaterial eine Alternative dar. Vor allem in städtischen Gebieten fehlen Flächen für die Versickerung über den Boden.

In der Regel umfassen die Anlagen eine Wasserretention, eine Abscheidung für Partikel und ein technisches Substrat primär zum Rückhalt gelöster Stoffe (Adsorbermaterial). Die

eingesetzten Materialien zur Stoffadsorption bestehen entweder aus einer einzigen Komponente, z. B. granuliertem Eisenhydroxid, Aktivkohle, Zeolith, oder aus der Mischung von mehreren Komponenten und sind lose oder in Behältnissen (z.B. Modulen, Kissen) verbaut. Durchströmt wird das Adsorbiermaterial vertikal oder lateral und liegt bei Trockenwetter wasserungesättigt oder wassergesättigt vor. Manchmal wird der pH-Wert dahingehend beeinflusst, dass gelöste Metalle ausfallen und aus dem Niederschlagswasser filtriert werden. Das Adsorbiermaterial kann in der Praxis auch der hydraulischen Drosselung und dem Rückhalt von partikulären Stoffen dienen (Filtrationswirkung).

In der VSA-Richtlinie «Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter» sind dafür Wirkungsgrade für die Direkteinleitung und Versickerung festgelegt (VSA, 2019). Eine Zuordnung solcher Anlagen mittels Feldprüfung in die Anforderungsstufen "erhöht" (>90 % Stoffrückhalt) oder "Standard" (70-90 %) erfolgte bisher aber nicht, weil die experimentellen Unwägbarkeiten (Witterungsverlauf, Stoffbelastung etc.) und Kosten des Prüfverfahrens die Hersteller abschreckten.

2 Ziele und Vorgehen

Entwickelt wurde daher ein simulierter Feldtest für Regenwasserbehandlungsanlagen. Das Vorgehen ergänzt die Feldprüfung (VSA, 2023a). Das Resultat der simulierten Feldprüfung ist dem der realen Prüfung gleichgestellt (VSA, 2023b).

Im simulierten Feldtest wird die hydraulische Leistungsfähigkeit, der stoffliche Rückhalt für die gesamte ungelöste Stofffraktion (GUS bzw. AFS), Schwermetalle (Kupfer, Zink) und Pestizide bzw. Mikroverunreinigungen (Diuron, Mecoprop), sowie die Remobilisierung bestimmt. Die beiden Pestizide stehen als Leitsubstanzen für gut adsorbierende und mobile organische Mikroverunreinigungen. Der Test berücksichtigt durchschnittliche Belastungssituationen, wie sie unter Anwendungsbedingungen auftreten können. Die Anlagen werden im Maßstab 1:1 im künstlich geschaffenen Umfeld (Labor, Halle Technikum) getestet.

Das neue Prüfkonzept wurde für sechs innovative technische Behandlungsanlagen angewendet, darunter vier Schacht- und zwei Rinnensysteme (Abbildung 1).



Abbildung 63: Aufbau der sechs Adsorberanlagen im Technikum.

3 Neues Prüfkonzept

Der simulierte Feldtest setzt sich aus zwei Prüfungen zusammen.

- **Standard-Prüfung:** Die Standard-Prüfung umfasst drei Prüfböcke zum Stoffrückhalt (SP1, SP2, SP3), zwei hydraulische Kontrollen (HK1, HK2) und einen Test zur Remobilisierung (SR). Die Gesamtdauer umfasst minimal 6 Monate. Die Standard-Prüfung ist für jede Anlage obligatorisch. Mit der Standard-Prüfung sind die Einsatzbereiche 3, 4 und 5 abgedeckt (Tabelle 1).
- **Dachwasser-Prüfung:** Die Dachwasser-Prüfung (DP) dient der Bestimmung des Rückhalts ausschließlich gelöster Schadstoffe und deckt die Herkunftsflächen 1 und 2 ab. Die Unterschiede der Dachwasser- zur Standard-Prüfung liegen in den höheren Konzentrationen und der Anzahl Prüfreignissen (=Testdauer). Sie schließt an die Standard-Prüfung an. Da sie im Anschluss durchgeführt wird, ist das Material bereits vorbeladen.

Für das Prüfkonzept legt der Hersteller die Einsatzbereiche (Herkunftsflächen) der Anlage gemäß Flächenkategorien fest (Tabelle 1).

Tabelle 20: Fünf mögliche Anwendungsbereiche von Adsorberanlagen gemäß VSA-Leistungsprüfung.

Herkunftsfläche	Einsatzbereich der Anlage
1	Dächer und Fassaden mit erhöhtem Metallanteil (beschichtet, unbeschichtet)
2	Dächer und Fassaden mit pestizidhaltigen Materialien
3	Plätze und Straßen (Umschlag-, Lager-, Park- Sportplätze)
4	Gemischtes Siedlungseinzugsgebiet (Dächer, Fassaden, Plätze, Straßen)
5	Eisenbahnanlagen

Der Prüfplan basiert auf drei Prüfreignissen (Stark-, Land-, Kleinregen), die in unterschiedlicher Anzahl in der Standard- und der Dachwasser-Prüfung integriert sind (Tabelle 2). Die drei Prüfreignisse wurden aus Niederschlagsstatistiken empirisch hergeleitet.

In der Standard-Prüfung wird eine Wassermenge von 810 l/m² Anschlussfläche, basierend auf 3 Stark-, 15 Land- und 45 Kleinregen, der Anlage zugeführt. Wird für die Anschlussfläche als Abflussbeiwert 0.9 angenommen (z. B. für Straßen), repräsentiert die Zuflussmenge zur Anlage einen Jahresniederschlag von ca. 900 mm.

Bei der Dachwasser-Prüfung ergibt sich aus 3 Land- und 9 Kleinregen eine Zulaufwassermenge von 150 l/m² Anschlussfläche.

Die Gesamtzulaufmenge für beide Prüfungen kumuliert sich auf 960 l/m² Anschlussfläche.

Tabelle 21: Regenstatistik und Prüfreignisse in der Standard- und Dachwasserprüfung

Regenstatistik		Starkregen	Landregen	Kleinregen
Regenintensität	mm/h	40	20	5
Dauer	Min	20	60	120
Regenhöhe pro Ereignis	mm	13.3	20	10
Abflussmenge	l/(s*ha)	111	56	14

Standard-Prüfung		Starkregen	Landregen	Kleinregen
Anzahl Ereignisse	-	3	15	45
Prüfregenspende total	l/m ²	40	300	450

Dachwasser-Prüfung		Starkregen	Landregen	Kleinregen
Anzahl Ereignisse	-	-	3	9
Prüfregenspende total	l/m ²	-	60	90

Eine Anlage, welche für 500 m² Anschlussfläche ausgelegt ist, bekommt in der Standard- und der Dachwasser-Prüfung folglich kumuliert ca. 500 m³ Wasser zugeführt (Standard-Prüfung ca. 85 %, Dachwasser-Prüfung ca. 15 %).

Der Stoffrückhalt basiert auf einer Serie von festgelegten Zulauffrachten mit einem partikulären Stoff (Quarzmehl W4) und gelöstem Kupfer, Zink, Mecoprop und Diuron. Zulaufkonzentrationen von je 0.2 mg/L pro gelösten Stoff sowie 150 mg/L GUS (=AFS) wurden definiert für die Standard-Prüfung. In der Standard-Prüfung (63 Ereignisse) und Dachwasser-Prüfung (12 Ereignisse) werden mehrjährige Frachten aufgebracht. Bei der Dachwasser-Prüfung werden die gelösten Stoffe mit 1 mg/L dosiert und GUS (=AFS) bleibt unberücksichtigt.

Wird die GUS-Fracht mit dem flächenspezifischen Stoffabtrag für AFS63 gemäss DWA-A 102-2 verglichen, der zwischen jährlich 280 g/m² a (Kategorie I) und 760 g/m² a (Kategorie III) liegt, sind mit der GUS-Menge je nach Kategorie zwei bis vier Jahre abgedeckt.

4 Prüfergebnisse

Die Beurteilung des stofflichen Wirkungsgrads erfolgte hinsichtlich der Anforderungen "Standard" (70 - 90 % Wirkungsgrad) und "erhöht" (> 90 % Wirkungsgrad).

Von allen Ereignissen wurden 40 Ereignisse in die frachtgemittelte Bewertung einbezogen. Erfreulicherweise haben alle Anlagen in der Standard-Leistungsprüfung für die Herkunftsflächen "Straßen und Plätze", "gemischtes Einzugsgebiet" und "Eisenbahnanlagen" mindestens einen Wirkungsgrad «Standard» erreicht, bzw. alle haben einen GUS-Rückhalt "erhöht" (> 90 %) gezeigt (Abbildung 2). Zwei Anlagen erfüllen sogar für alle drei Stoffgruppen die höchste Anforderungsstufe, die bei hohen Belastungen gefordert ist.

Herkunft des Niederschlagswassers	Model / Produkt	Hersteller	Partikel (GUS)	Schwermetalle	Pestizide Mikroverunreinigungen
1) Dächer und Fassaden: Metallflächen	ViaTec	Mall AG		Erhöht	
	Heavy Traffic	Creabeton AG		Standard	
	StormClean	ACO AG		Erhöht	
	HydroClean Pro	REHAU Vertriebs AG		Erhöht	
	D-Rainclean Sickermulde	Funke Kunststoffe GmbH		Standard	
2) Dächer und Fassaden: Pestizidhaltige Bahnen und Beschichtungen	ViaTec	Mall AG			Erhöht
	D-Rainclean Sickermulde	Funke Kunststoffe GmbH			Standard
3) Strassen und Plätze (Umschlag-, Lager-, Park-, Sportplätze)	ViaTec	Mall AG	Erhöht	Erhöht	Erhöht
	Heavy Traffic	Creabeton AG	Erhöht	Erhöht	Standard
4) Gemischtes Einzugsgebiet (Dächer, Fassaden, Plätze, Strassen)	StormClean	ACO AG	Erhöht	Erhöht	Standard
	HydroClean Pro	REHAU Vertriebs AG	Erhöht	Erhöht	Standard
5) Eisenbahnanlagen	D-Rainclean Sickermulde	Funke Kunststoffe GmbH	Erhöht	Erhöht	Erhöht
	HydroDrain Adsorberinne	Creabeton AG	Erhöht	Standard	Standard

Abbildung 64: Erfüllte Anforderungsstufen (Standard 70-90 %, Erhöht >90 %) von den geprüften Anlagen. Anlagen mit einem Rückhalt <70 % werden durch den VSA nicht empfohlen, sind daher nicht dargestellt.

Um den Einfluss von Tausalz auf die Remobilisierung der zurückgehaltenen Stoffe abzuschätzen, wurde Tausalz am Ende der Standard-Prüfung dosiert (5 g/L). Alle Anlagen haben die Prüfung bestanden mit Mobilisierungsraten deutlich < 0.3 %.

Die Dachwasser-Prüfung hat ergeben, dass mehr Anlagen auf Schwermetalle ausgerichtet sind als auf Pestizide: Für Schwermetalle erfüllen drei die höchste Anforderungsstufe (Abbildung 2), für pestizidhaltige Flächenabflüsse hingegen stehen nur zwei Anlagen, davon eine für hohe Belastungen, die aber eher selten erwartet werden.

5 Schlussfolgerungen

Die geprüften Adsorberanlagen wurden in der Liste A "Technische Kompaktanlagen (Adsorber)" auf der [Homepage](#) des VSA aufgenommen. Das jeweilige Prüfergebnis gilt für eine Produktfamilie. Ein Stammdatenblatt beschreibt die technischen Anlagen und verweist auf den Hersteller, sodass Planer oder Gemeinden alle Informationen bekommen. Das Merkblatt zur neuen Leistungsprüfung steht kostenlos bereit.

Mit den geprüften Adsorbentien stehen technische Anlagen für den Einsatz im urbanen Raum zur Verfügung, die belastetes Dach-, Fassaden-, Platz- und Straßenabwasser sowie Niederschlagsabfluss von Eisenbahnanlagen wirksam reinigen. Das gereinigte Niederschlagswasser kann anschließend versickert, in Oberflächengewässer oder in Pflanzgruben eingeleitet werden, ohne dass die Gewässer und das Pflanzsubstrat belastet werden.

Die entwickelte simulierte Feldprüfung orientiert sich bei den Konzentrationshöhen der dosierten Stoffe und den simulierten Regenereignissen stark an der Realität. Damit soll eine hohe Übertragbarkeit der Resultate in die Praxis erreicht und hohe Akzeptanz bei bewilligenden Fachstellen erreicht werden.

Die Anforderungen wie Prüfdauer sowie hydraulische und stoffliche Belastungen gehen größtenteils über die Prüfbedingungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) hinaus.

Behandlungsanlagen sind regelmäßig zu kontrollieren und zu unterhalten. Die Hersteller stellen hierzu Informationen bereit, damit die Standzeit (Beladungskapazität) eingehalten und die hydraulische Leistung sichergestellt sind.

6 Danksagung

Das Projekt wurde durch das Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU), Umwelttechnologieförderung, und den Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) unterstützt und unter Beteiligung von den sechs Herstellern ACO AG, CREABETON AG, 3P Technik Filtersysteme GmbH, Funke Kunststoffe GmbH, Mall AG und REHAU Vertriebs AG durchgeführt.

7 Literatur

VSA (2023a): Merkblatt - VSA Leistungsprüfung von Behandlungsanlagen: Simulierter Feldtest. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Glattbrugg, Schweiz.

VSA (2023b): Merkblatt - VSA Leistungsprüfung für Behandlungsanlagen: Feldtest.
Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Glattbrugg,
Schweiz.

VSA (2019): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. Verband Schweizer Abwasser-
und Gewässerschutzfachleute, Glattbrugg, Schweiz.

Korrespondenz:

Michael Burkhardt, Prof. Dr.
OST - Ostschweizer Fachhochschule
Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC)
Tel: +41 58 257 4870
michael.burkhardt@ost.ch



aquaurbanica

Garching 2023

**„Die wasser- und schadstoffbewusste Stadt –
Klimaangepasstes Regenwassermanagement trifft
Schadstoffproblematik“**

Herausgeber:

Prof. Dr. rer. nat. habil. Brigitte Helmreich

M.Sc. Lea Rosenberger

M.Sc. Philipp Stinshoff

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München

Berichtsheft Nr. 227

ISSN 0942-914X

2023
