

Drei Länder, drei Zulassungen; Vergleich der und praktische Erfahrungen aus DIBt-, ÖNORM- und VSA- Prüfung

Moritz Gesterding und Alexander Pasing

ACO GmbH, Mittelriedstraße 25, 68642 Bürstadt, Deutschland

Kurzfassung: Die Behandlung von Niederschlagswasser stellt aufgrund der unbekanntem Abflussvolumina und Schadstoffkonzentrationen eine erhebliche Herausforderung dar. Um Schadstofffrachten gezielt zu entfernen und den Aufwand für Projektlösungen zu minimieren, unterziehen Hersteller von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen ihre Systeme standardisierten Prüfungen, um deren Leistungsfähigkeit vergleichbar nachzuweisen. Hierfür existieren in Deutschland, Österreich und der Schweiz offizielle Prüfprotokolle. Diese Prüfprotokolle weisen sowohl Gemeinsamkeiten als auch grundlegende Unterschiede auf, welche in der vorliegenden Arbeit analysiert werden sollen. Aufgrund der praktischen Erfahrung im Unternehmen der Autoren zu den Prüfungen und Zulassungen in allen drei Ländern werden darüber hinaus die Probleme bei der praktischen Umsetzung in Entwässerungsprojekten vorgestellt. Hauptzielstellung ist somit nicht die wissenschaftliche Aufarbeitung, sondern die Betrachtung der Umsetzung in der Praxis der Prüfprogramme und Zulassungen.

Key-Words: Niederschlagswasserbehandlung, DIBt, ÖNORM, VSA, Prüfprotokolle, Zulassungen

1 Einleitung

Die negativen Auswirkungen unkontrollierter Einleitungen von unbehandeltem Niederschlagswasser in Oberflächengewässer und Grundwasser sind in der Fachwelt umfassend dokumentiert. Die Behandlung von Niederschlagsabwasser stellt eine andere Herausforderung als die Behandlung kommunaler und gewerblicher Abwässer dar. Die Belastung erfolgt diffus, die Schadstoffkonzentrationen und -zusammensetzungen sind standortspezifisch und im Detail meist unbekannt. Zudem sind die Abflüsse stark variabel und unregelmäßig. Eine detaillierte Erhebung der lokalen Bedingungen ist in der Praxis oft zu kosten- und zeitintensiv. Hinzu kommt, dass viele Standorte keine geeignete Infrastruktur für elektronische Steuerungen oder strombetriebene Komponenten bieten. Der Anschluss an das Stromnetz ist häufig nicht möglich oder mit unverhältnismäßigem Aufwand verbunden. Daher müssen

Niederschlagswasserbehandlungsanlagen (NSWB-Anlagen) autark und zuverlässig arbeiten; unabhängig von externer Steuerung und mit möglichst minimalem Wartungsbedarf. Indes ist das allgemeine Bewusstsein um die Bedeutung der NSWB für eine gute Gewässerqualität noch nicht so verbreitet wie bei der Abwasserbehandlung. Daher spielt die Minimierung von Investitions- und Betriebskosten noch eine bedeutendere Rolle als bei anderen Investitionen. Aus Kostengründen und aufgrund geringerer gesetzlicher Anforderungen an die Überwachung der Einleitungen sind folglich standort- und projektspezifisch angepasste Behandlungslösungen für Niederschlagswasser selten.

Für sogenannte blau-grüne Lösungen wie Retentionsbodenfilter existieren beispielsweise DWA-Arbeitsblätter oder in der Schweiz kantonsspezifische Anforderungen, die detaillierte Vorgaben zur Auslegung und Gestaltung dieser Systeme festlegen. Bei begrenzten Platzverhältnissen und aus anderen planungstechnischen Gründen kommen Lösungen in vorgefertigten unterirdischen Behältern oder oberflächennahen Entwässerungskomponenten zum Einsatz. Für diese sogenannten grauen technische Lösungen existieren bisher keine von der Fachwelt anerkannten allgemeinen Auslegungs- und Designvorgaben. Um dennoch angesichts der oben genannten Herausforderungen die Leistungsfähigkeit nachzuweisen und für alle Marktteilnehmer vergleichbar darzustellen, besteht in Deutschland, Österreich und der Schweiz für Hersteller die Möglichkeit ihre Anlagen einer Typenprüfung zu unterziehen und anschließend eine bauaufsichtliche Zulassung oder Zertifikat für Ihr Produkt zu erlangen. Ziel ist, dass das Ablaufwasser der Anlagen die regulatorischen Vorgaben zur Einleitung in das Grundwasser erfüllt. Die entsprechenden Prüfgrundsätze geben für den Nachweis der Reinigungsleistung und weiterer technischer Merkmale der Systeme klare detaillierte praktische Prüfvorgaben, die zu erfüllen sind. Unter Berücksichtigung der Möglichkeit zur ordnungsgemäßen Durchführung von Wartungsarbeiten besteht jedoch weitgehende Designfreiheit. Allen diesen Systemen ist gemein, dass behördlich von einer sogenannten „Einhaltfiktion“ ausgegangen werden darf. Das bedeutet, dass der Betreiber davon ausgehen darf, dass die Grenzwerte eingehalten werden, sofern die Anlagen gemäß den Prüfungen und offiziellen Vorgaben installiert wurden, ohne dass eine kontinuierliche Kontrolle erforderlich ist.

Die vorliegende Arbeit beleuchtet die Prüfprotokolle in Deutschland, Österreich und der Schweiz und zeigt deren Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf. Eine Bewertung der Reinigungsleistung im tatsächlichen Betrieb erfolgt nicht; hierzu wird auf bestehende Untersuchungen verwiesen, die auch bereits im Rahmen der Aqua Urbanica präsentiert wurden. Aufgrund der Fachkenntnisse und Tätigkeit der Autoren im Umgang mit Zulassungs- und Prüfverfahren in allen drei Ländern werden stattdessen praxisnahe Erkenntnisse aus der Umsetzung in Entwässerungsprojekten dargestellt. Ziel ist es, die Relevanz und die Herausforderungen bei der Anwendung der Prüfgrundsätze im planerischen Alltag zu verdeutlichen. Die dargestellten Beobachtungen beziehen sich nicht auf einzelne Produkte, sondern auf die zugrunde

liegenden Prozesse. Die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen bilden die Grundlage für eine kritische Bewertung der bestehenden Prüfansätze sowie für einen Ausblick aus Anwendersicht auf mögliche Weiterentwicklungen im Bereich der NSWB.

2 Prüfprogramme

2.1 Grundlagen

In Deutschland, Österreich und der Schweiz gelten unterschiedliche offizielle Prüfprotokolle für NSWB-Anlagen: DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) – Zulassungsgrundsätze *„Niederschlagswasserbehandlungsanlagen zur dezentralen Behandlung des Abwassers von Verkehrsflächen zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser“*, ÖNORM B 2506-3 (mit B 2506-1 & -2) *„Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen, Teil 3: Filtermaterialien“* und die VSA (Verband Schweizer Abwasser) – Leistungsprüfung *„Leistungsprüfung für Adsorbermaterialien und dezentrale technische Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser“*. Die Einführung der Prüfverfahren erfolgte zeitlich versetzt. In der Schweiz wurde das erste VSA-Prüfzertifikat Anfang 2023 erteilt, nachdem unter Federführung des UMTEC (Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik, Ostschweizer Fachhochschule) die VSA-Ausarbeitung erfolgte. In Österreich wurde die ÖNORM B 2506-3 erstmals 2016 veröffentlicht, die aktuelle Fassung stammt vom 15. Juli 2018. In Deutschland bestehen die DIBt-Zulassungsgrundsätze bereits seit über 20 Jahren und wurden kontinuierlich angepasst.

Das in den NSWB-Anlagen befindliche Festbett wird in den drei Prüfprotokollen unterschiedlich benannt; Deutschland und Österreich: Filter (oder auch Substrat); Schweiz – Adsorbermaterial.

Alle Verfahren prüfen unter kontrollierten Laborbedingungen, um vergleichbare Ergebnisse zu gewährleisten. Der Partikelrückhalt ist zentral, wobei das industriell verfügbare Quarzmehl Millisil W4 allgemein als Referenzmaterial dient (in Deutschland und Österreich wird die partikuläre Fraktion *„abfiltrierbare Stoffe“* (AFS) und in der Schweiz *„gesamte ungelöste Stofffraktion bzw. Stoffe“* (GUS) genannt). DIBt und VSA prüfen nur auf die Schwermetalle Kupfer und Zink, die ÖNORM zusätzlich auf Blei. Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) mit Heizöl als Referenzmedium werden in Deutschland und Österreich berücksichtigt. In der Schweiz wird zusätzlich auf Diuron und Mecoprop als organische Schadstoffe geprüft. Alle Prüfverfahren untersuchen die Schwermetallremobilisierung unter Tausalzeinfluss. Da sowohl Partikel als auch gelöste Schadstoffe entfernt werden müssen, sind Filter- und Adsorptionsstufen zwingend erforderlich. Reine Sedimentationsanlagen haben keine Möglichkeit die Prüfungen zu bestehen. Die Schadstoffkonzentrationen werden auf empirische Jahreswerte pro Quadratmeter bezogen. Die Prüfaufbauten reichen von Säulen bis zu großtechnischen Anlagen, mit Wasserprüfmengen zwischen 100 L und über 100 m³. In Deutschland und der Schweiz definieren die Hersteller die angeschlossenen

Flächen frei, was Zuflussmenge und Prüfbedingungen bestimmt. Dies kann zu Anschlussverhältnissen von bis zu 1 m² Behälterquerschnittsfläche zu 800 m² angeschlossener Fläche führen. In Österreich sind die möglichen Verhältnisse zwischen angeschlossener Fläche und Filterfläche zwischen 1:15 und 1:250 vordefiniert.

Nach ÖNORM-Vorgaben ist eine Top-Down-Filteranlage mit einer Filterschichtdicke von 30 cm vorgeschrieben, was die Designfreiheit deutlich reduziert. Jedoch darf das Filtermaterial bei Beibehaltung der 30 cm Filterschichtdicke in verschiedenartige, konstruktiv nicht regulatorisch festgelegte Behälter installiert werden. Hingegen haben Hersteller für VSA- und DIBt-Anlagen bei der technischen Ausführung große Freiheiten, da es keine konstruktiven Vorgaben gibt. Die zugelassenen Anlagen müssen jedoch von einer technischen Kommission (VSA) bzw. dem DIBt-Fachreferat (beraten von einem unabhängigen Sachverständigenausschuss) genehmigt werden. Ein großer Wert wird hierbei auf die Wartungsfähigkeit gelegt.

Für die langfristige Leistungsfähigkeit von NSWB-Anlagen ist die regelmäßige Wartung des eingesetzten Filter- und Adsorberbetts von zentraler Bedeutung. Die hydraulische Effizienz wird maßgeblich durch die standortabhängige Partikelbelastung beeinflusst, so dass je nach Systemtyp eine Regeneration des Festbetts durch Rückspülverfahren oder durch das partielle Abtragen des gebildeten Filterkuchens bzw. der oberen Filterschicht erforderlich ist. Die Festlegung geeigneter Wartungsintervalle gestaltet sich aufgrund der variablen Eintragsbedingungen und der unterschiedlichen Anlagengeometrien komplex und lässt sich nur schwer standardisiert simulieren. Aus diesem Grund existiert für diesen Bereich keine Prüfungsanforderung. Neben dem Partikelrückhalt und der hydraulischen Durchlässigkeit ist die kontinuierliche Verfügbarkeit freier Adsorptionskapazitäten für gelöste Schadstoffe entscheidend. Um die Langzeitwirksamkeit sicherzustellen, sehen alle Prüfprotokolle eine mehrjährige Belastung mit definierten Referenzfrachten vor. Auf dieser Grundlage wird die maximale Nutzungsdauer des Filter- und Adsorberbetts, die sogenannte Standzeit, in vollen Jahren bestimmt. Sie definiert den Zeitraum, nach dem ein Austausch des Filter- und Adsorberbetts spätestens erforderlich ist, um die Einhaltung der Rückhaltanforderungen dauerhaft zu gewährleisten.

2.2 Prüfungsaufbau, Ablauf und Prüfziele

Die Prüfungen erfolgen entweder direkt in Originalanlagen oder in genormten Säulenversuchen. Unabhängig vom Maßstab sind folgende Schritte zentral: Dosierung definierter Schadstoffe in Trink- oder deionisiertes Wasser, Homogenisierung der Mischung, kontrollierte hydraulische Belastung und definierte Referenzschadstoffdosierung sowie Probenahme nach der Anlage zur Bestimmung der Rückhaltewirkung. Die Prüfprogramme sind in mehrere Teilversuche gegliedert, deren Inhalte je nach Land variieren, aber vergleichbare Zielgrößen und Grenzwerte aufweisen. Ziel ist es, die Rückhaltewirkung unter möglichst realitätsnahen Bedingungen zu ermitteln und die Eignung der Anlagen für die NSWB zu bestätigen.

2.2.1 Deutschland

Die Zulassungsgrundsätze des DIBt für NSWB-Anlagen unterteilen sich in drei Teile; Teil 1: Anlagen (Kompaktanlagen und Schachtsysteme), Teil 2: Flächenbeläge, Teil 3: Rinnensysteme. Die Flächenbeläge werden in dieser Arbeit nicht betrachtet.

Für Teil 1 werden großtechnische Prüfungen im Realmaßstab für AFS und MKW mit Säulenversuchen für Schwermetalle kombiniert (Abbildung 1 und Abbildung 2). Die Schadstoffdosierung umfasst AFS (1,16 g/L; 2,31 g/L; 3,47 g/L), Leichtflüssigkeiten (0,076 g/L) sowie Kupfer (0,72 mg/L) und Zink (6,25 mg/L). Die hydraulische Belastung wird über definierte Regenspenden (2,5; 6,0; 25; 100 L/s·ha) simuliert. In Tabelle 1 sind die Werte beispielhaft für eine Fläche von 500 m² angegeben.

Tabelle 1: Beispielhafte Prüfparameter für eine Flächengröße von 500 m²

| Test | Testdauer [min] | Regenspende [L/s·ha] | Volumenstrom [L/s] | AFS Dosierung [g/s] | Wasser volumen [m ³] |
|--------|-----------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|
| Teil 1 | 480 | 2,5 | 0,125 | 0,434 | 3,6 |
| Teil 2 | 200 | 6 | 0,3 | 0,69 | 3,6 |
| Teil 3 | 48 | 25 | 1,25 | 1,44 | 3,6 |
| Teil 4 | 15 | 100 | 5 | Remobilisierung | 4,5 |

Neben dem Rückhalt wird auch das Remobilisierungsverhalten bei Starkregen für AFS und MKW und der Tausalzeinfluss (10 g/L NaCl) bei Schwermetallen geprüft. Die geforderten Mindestrückhaltewerte betragen 92 % für AFS, 80 % für MKW und Kupfer sowie 70 % für Zink. Ein Bypass ist nicht zulässig. Staut bei der großtechnischen Prüfung die Zulaufleitung über den Rohrscheitel des Zulaufes ein, muss die eingestaute Höhe beim Einbau durch ein Sprungrohr am Zulauf ausgeglichen werden. Grundsätzlich muss jede Anlagengröße einzeln geprüft werden. Die Substrate müssen Schwermetalle gemäß der Referenzbelastung für mindestens ein Jahr zurückhalten. Über ein optionales Prüfverfahren zur Adsorptionskapazität kann die Standzeit in Jahresschritten auf bis zu vier Jahre verlängert werden. Bei Erreichen der maximalen Standzeit ist das Substrat zwingend zu wechseln.

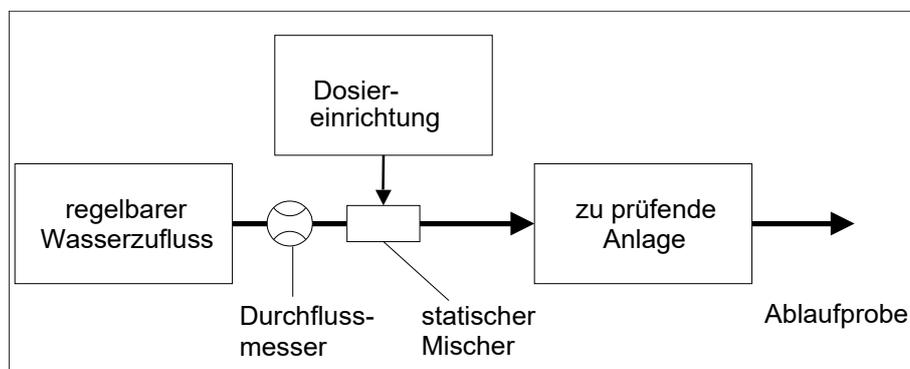


Abbildung 1: Aufbau der DIBt Prüfanordnung (DIBt, 2023)



Abbildung 2: Die Autoren auf dem Teststand des IKT zur großtechnischen DIBt-Prüfung zur AFS-Entfernung / Schwermetallsäulenversuch (privat)

Für Teil 3, Rinnensysteme, erfolgt die gesamte Prüfung anhand eines halbierten Rinnenmodells mit definierter Modellfläche entsprechend des in Abbildung 3 gezeigten Aufbaus. Die Prüfparameter, Regenspenden, Stofffrachten und Anforderungen an den Stoffrückhalt sind weitgehend identisch zu Teil 1. Hingegen kann die Mindeststandzeit von 10 Jahren mittels zusätzlicher Schwermetallprüfungen auf bis zu 40 Jahre verlängert werden. Bei einer geplanten Standzeit von über 10 Jahren ist eine Überprüfung der Rinnensysteme spätestens alle 10 Jahre erforderlich. Dabei muss der Beladungswert des Substrats anhand einer Mischprobe aus drei Einzelproben überprüft werden und unter einem in der Zulassung festgelegten Wert, der sich vom maximalen Beladungswert zeitlich ableitet, liegen. Wird der für den Zeitpunkt zulässige festgelegte Beladungswert überschritten, muss die Gesamtstandzeit angepasst werden. Ist der maximale Beladungswert erreicht, ist das Substrat auch vor Ablauf der vorgesehenen Standzeit auszutauschen.

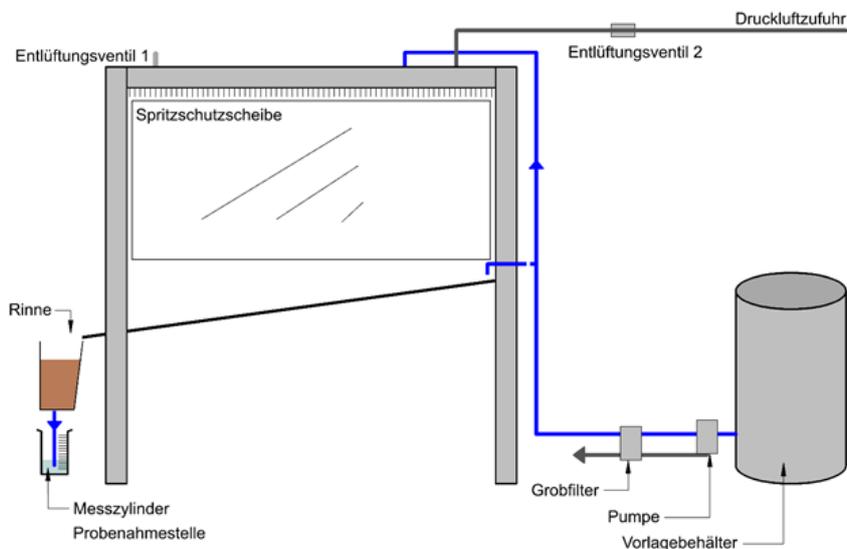


Abbildung 3: Schematischer Aufbau Prüfanlage für Rinnensysteme (DIBt, 2022)

2.2.2 Österreich

Die österreichische ÖNORM B 2506-3 unterteilt die Herkunft des zu behandelnden Niederschlagabflusses in die Kategorien A – befestigte Flächen wie Straßenwässer, B – Zinkdächer und C – Kupferdächer. Für die Prüfung können Flächenverhältnisse der wirksamen Sickerfläche A_s zur Entwässerungsfläche A_{red} von 1:15 bis 1:250 gewählt werden. Anders als in Deutschland und der Schweiz wird in der ÖNORM nicht mit Regenspenden gearbeitet, sondern mit festen Wassermengen, die abhängig vom Flächenverhältnis zugegeben werden und einen Jahresniederschlag von 720 mm repräsentieren. Die ÖNORM beschreibt ein reines Säulenprüfverfahren, bei dem zwei Säulenvarianten (100 mm und 32 mm) für das gestufte Prüfverfahren zum Einsatz kommen und der Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit, des Partikel- und Schadstoffrückhalts sowie der Remobilisierung dienen. In der 100 mm Säule werden in acht Teilprüfungen die Infiltrationsrate, der Rückhalt und die Remobilisierung von Schadstoffen (für die Schwermetalle unter 5 g/L NaCl Tausalzeinfluss), sowie die Pufferung gegenüber sauren Einträgen und die Veränderung der Infiltrationsrate nach Schadstoffbelastung ermittelt. Die Schadstoffkonzentrationen liegen je nach Herkunftsfläche im Bereich 0-50 µg/L für Pb, 100–3000 µg/L für Cu, 400–5000 µg/L für Zn, 0-5mg/L Heizöl und 30 bis 168 g AFS je Prüfung abhängig vom Flächenverhältnis. Die Mindestwirkungsgrade sind $\geq 80\%$ AFS, $\geq 80\%$ Cu, $\geq 50\%$ Zn, $< 9\ \mu\text{g/L}$ Pb, $> 95\%$ MKW-Rückhalt und $\text{pH} \geq 6,0$ bei Säureeintrag. In der 32 mm Säule finden die Kapazitätsprüfung für den Schwermetallrückhalt statt. Ein Bypass ist gemäß Normvorgabe nicht zulässig. Die Mindeststandzeit für das Filtermaterial beträgt vier Jahre für befestigte Flächen und ein Jahr für Dachflächen. Weitere Prüfungen mit 4- bzw. 1-Jahresfrachten sind möglich, um eine Prognose für die Standzeit zu erhalten, aber nicht verpflichtend. Die tatsächliche Standzeit wird entsprechend der Vorgaben des Regelblatt 45 durch Ablaufproben im Ein- bis Vierjahresrhythmus bestimmt.

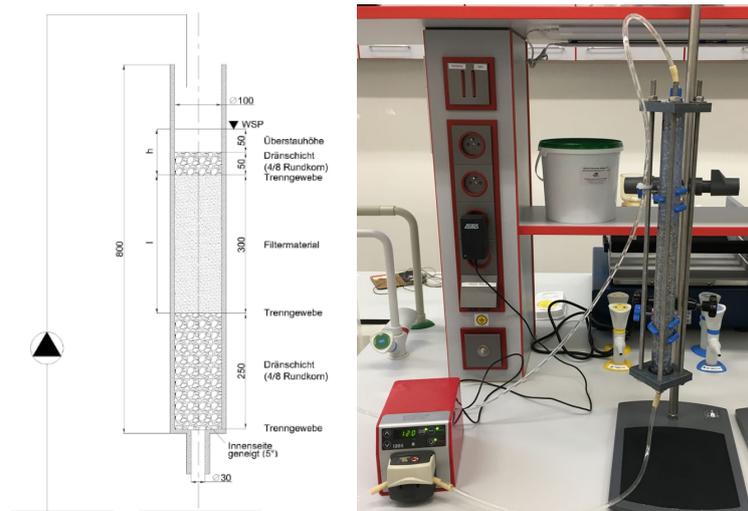


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Säulenaufbaus der 100 mm Säule / Säulenaufbau der 32 mm Säule für die Schwermetallprüfung (Austrian Standards International, 2018 und privat)

2.2.3 Schweiz

Die VSA-Prüfung in der Schweiz basiert auf praxisnahen Feldsimulationen mit Anlagen im Realmaßstab und findet Anwendung für Kompakt-, Schacht- und Rinnensysteme. Die hydraulische Belastung erfolgt über drei definierte Regenarten – Starkregen (111 L/s·ha), Landregen (56 L/s·ha) und Kleinregen (14 L/s·ha) – mit einer Gesamtniederschlagsmenge von 810 L/m². Die Schadstofffracht umfasst GUS (150 mg/L), gelöste Schwermetalle (Kupfer, Zink: 0,2–1,0 mg/L) sowie sog. Mikroverunreinigungen (die Herbizide Diuron und Mecoprop: 0,2–1,0 mg/L). Die Remobilisierung von Schwermetallen wird unter Tausalzeinfluss (5 g/L NaCl) geprüft. Die Prüfung gliedert sich in drei Anwendungsszenarien: Verkehrsflächen (Prüfung auf GUS, Schwermetalle und Mikroverunreinigungen), Industrie- und Mischflächen (zusätzlich mit MKW-Belastung), sowie Dachflächen (Fokus auf Kupfer und Zink). Die Reinigungsleistung wird in zwei Klassen eingestuft: „Standard“ (≥ 70 % Rückhalt für gelöste Stoffe, ≥ 80 % für GUS) und „Erhöht“ (≥ 90 % für alle Stoffgruppen). Die Dachwasserprüfung kann direkt im Anschluss an die Standardprüfung erfolgen, wobei das Adsorbermaterial bereits vorbelastet ist. Erfolgt die Dachwasserprüfung separat, muss eine entsprechende Vorbelastung vor Beginn der Prüfung vorgenommen werden. Die Unterschiede zur Standardprüfung liegen in den höheren Schadstoffkonzentrationen, der Anzahl der Prüfniederschläge und der verlängerten Testdauer. Die bei allen Prüfungen aufgebrauchte Fracht entspricht einer theoretischen vierjährigen Belastung. Die tatsächliche Bewertung der Standzeit obliegt dem Hersteller.

Ein Bypass ist grundsätzlich zulässig, sofern mindestens 90 % des Jahresniederschlagsvolumens über die Behandlungsstufe geführt werden. Für die Prüfbedingungen bedeutet dies, dass auch bei simuliertem Starkregen – entsprechend

90 % des Jahresniederschlags – kein Überlauf auftreten darf. Da der Starkregen mit Schadstoffen beaufschlagt wird, erfolgt keine separate Remobilisierungsprüfung für GUS; die Rückhaltewirkung unter Starkregeneinfluss wird somit direkt mitbewertet.

Der VSA-Ansatz erlaubt eine Skalierung innerhalb einer Produktfamilie, indem die Leistungsdaten einer geprüften Referenzanlage auf weitere Varianten übertragen werden. Voraussetzung hierfür ist, dass „Kontakt- und hydraulische Aufenthaltszeit (Schichtdicke der Adsorbentmaterialien), das Kolmationsverhalten, der Druckverlust (Höhenversatz Zu- und Ablauf), Wasserlauf und Anströmart auf den Filter gleich“ sind (VSA, 2023). Unter diesen Bedingungen kann die zulässige Anschlussfläche weiterer Baugrößen rechnerisch durch das Verhältnis zur Filterfläche abgeleitet werden, ohne dass jede Variante separat geprüft werden muss. Kann der Hersteller die Einhaltung der Kriterien für die Produktfamilie durch einen alternativen Nachweis belegen, entscheidet die Technische Kommission des VSA über die Übertragbarkeit der Anforderungsstufe von der geprüften auf die neue Anlage.

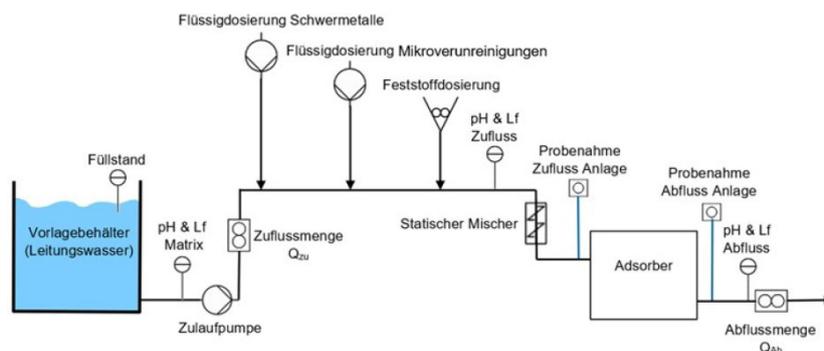


Abbildung 5: Schema zur möglichen Prüfanordnung des simulierten Feldtests im Labor (VSA, 2023)



Abbildung 6: Anlagen zur praktischen Durchführung der simulierten Feldtests (UMTEC, 2003)

2.3 Übersicht über geprüfte Anlagen

Die weitreichenden konstruktiven Freiheitsgrade innerhalb der Prüfgrundsätze des DIBt und des VSA haben zur Etablierung einer Vielzahl unterschiedlicher Anlagentypen geführt, die sich teils deutlich in Aufbau und Gestaltung unterscheiden (vgl. Abbildung 7). Besonders verbreitet sind kompakte Filterschächte, bei denen das zuströmende Wasser unterhalb des Filter- und Adsorberbetts verteilt wird. Ebenso finden sich Systeme, bei denen Sedimentation und Filtration funktional getrennt in mehreren Behältern realisiert sind, wodurch eine modulare Behandlung des Niederschlagswassers ermöglicht wird.

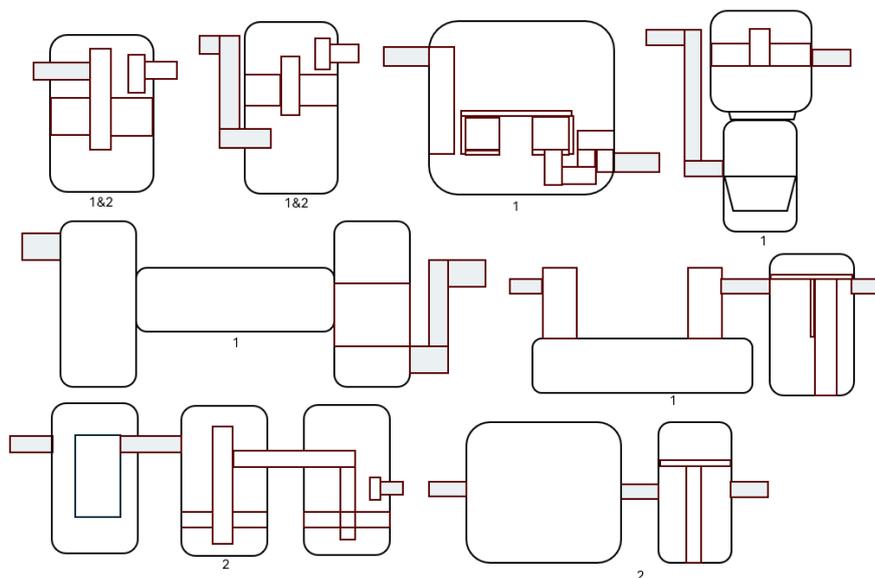


Abbildung 7: Beispielhafte schematische Darstellung verschiedener zugelassener DIBt (1) und VSA-Anlagen (2)

Das in Abbildung 7 angedeutete Ausschöpfen der konstruktiven Spielräume wird durch die breite Streuung der Daten in Abbildung 8 und Abbildung 9 verdeutlicht. Die Abbildung zeigen den Zusammenhang zwischen der Querschnittsfläche der Behandlungsanlage (Grundfläche aller Behälter) und der anschließbaren Entwässerungsfläche. So ergibt sich bei DIBt-geprüften Anlagen mit einer Anschlussfläche von 3.000 m² ein Faktor von fünf zwischen der kleinsten und der größten Behälterquerschnittsfläche.

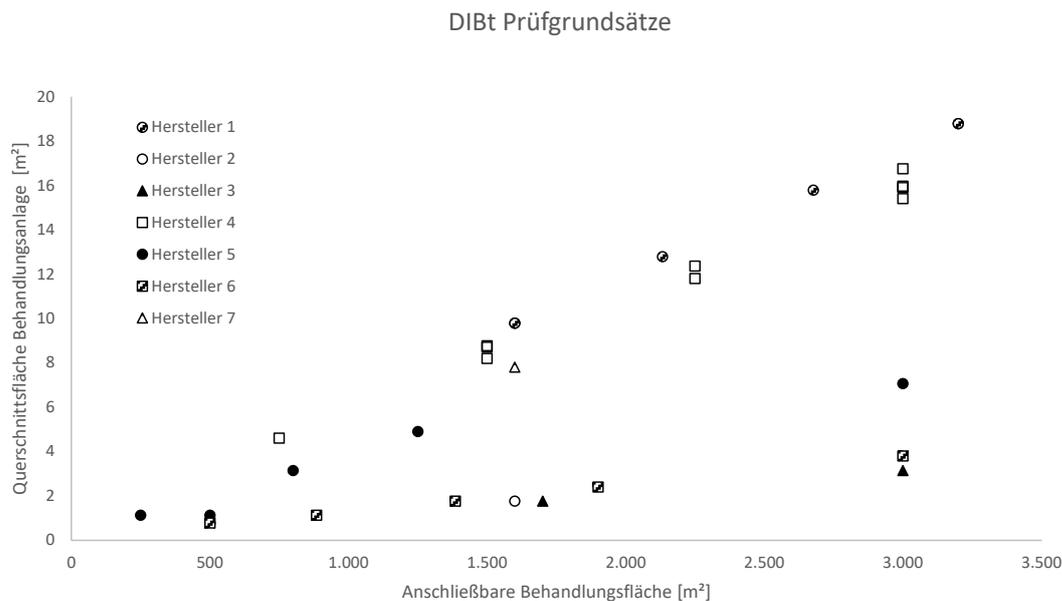


Abbildung 8: Vergleich zwischen Anlagenquerschnittsfläche und anschließbarer Fläche für zertifizierte Anlagen nach DIBt Prüfbedingungen

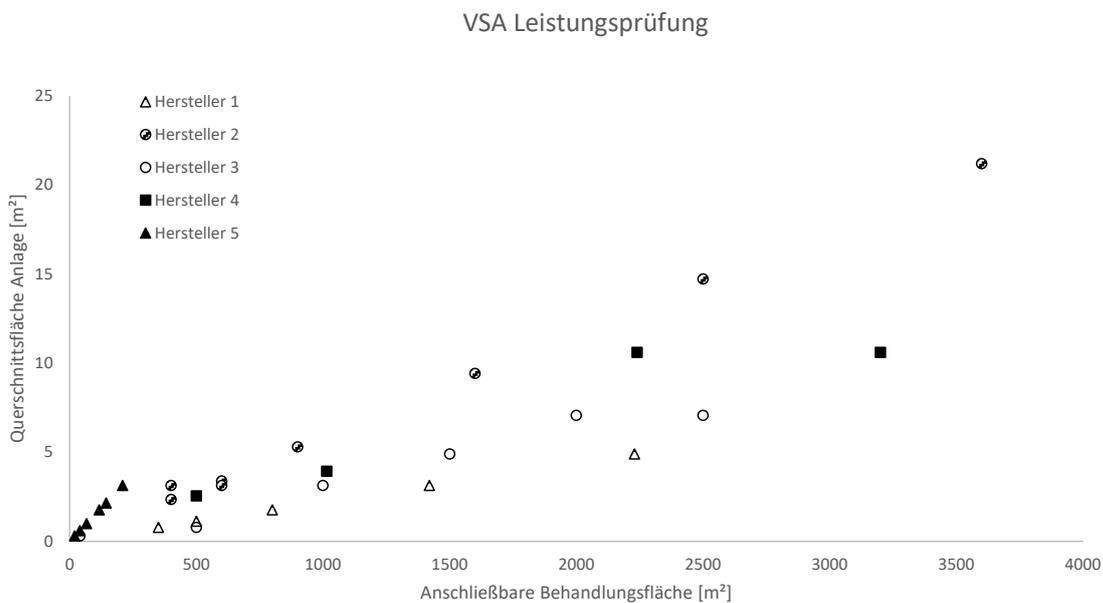


Abbildung 9: Vergleich zwischen Anlagenquerschnittsfläche und anschließbarer Fläche für zertifizierte Anlagen nach VSA-Prüfbedingungen

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht aller Filtermaterialien, die die Anforderungen der ÖNORM B 2506-3 erfüllen. Bei der Auswahl besteht ein grundlegender Zielkonflikt: Eine hohe Infiltrationsrate erfordert grobkörnige Materialien, während eine effektive Reinigungsleistung mit längerer Kontaktzeit für feinere Körnungen spricht. In der Praxis ist die Infiltrationsrate ein zentraler Bemessungsparameter für die Filterdimensionierung, da sie die hydraulische Leistungsfähigkeit bestimmt. Es braucht

somit einen funktionalen Kompromiss zwischen Durchlässigkeit und sorptiver Wirkung. Dies kann dazu führen, dass in der Anwendung geprüfte Filtermaterialien mit unterschiedlichen Flächenverhältnissen zur Behandlung vergleichbarer Entwässerungsflächen eingesetzt werden können.

Tabelle 2: Übersicht zugelassener Filtersubstrate Österreich für befestigte Flächen (A), Zinkdächer (B) und Kupferdächer (C)

| Hersteller | Produkt | Herkunftsklasse | Flächenverhältnis |
|--------------|------------|-----------------|-------------------|
| Hersteller 1 | Substrat 1 | A | 1:250 |
| Hersteller 2 | Substrat 2 | A, B und C | 1:100 |
| Hersteller 2 | Substrat 3 | A | 1:200 |
| Hersteller 2 | Substrat 4 | A | 1:250 |
| Hersteller 3 | Substrat 5 | A | 1:150 |
| Hersteller 4 | Substrat 6 | A | 1:250 |
| Hersteller 5 | Substrat 7 | A | 1:100 |
| Hersteller 6 | Substrat 8 | A | 1:100 |

3 Auslegung und Einsatz in der Praxis

In allen drei Ländern führen die hydraulischen Bemessungsgrundlagen sowie die Auswahl der geprüften Schadstoffe bei NSWB-Anlagen in der Praxis immer wieder zu fachlichen Unsicherheiten, divergierenden Auslegungen und Abstimmungsbedarf.

Sowohl in Deutschland als auch in Österreich stellt das Bypassverbot eine zentrale Herausforderung bei der hydraulischen Auslegung von NSWB-Anlagen und den verbundenen Entwässerungssystemen dar. So müssen Anlagen oft größer dimensioniert werden als entsprechend der eigentlich geprüften Daten notwendig. Der Schweizer Ansatz einen Bypass explizit vorzusehen, sorgt für größere Flexibilität, aber auch für mehr Verantwortung bei den Betreibern bezüglich der Einhaltung der Wartungszyklen, da durch ein Verblocken des Filter- und Adsorberbetts kein Wartungsdruck entsteht.

Die wachsende Relevanz der NSWB zeigt sich in allen Ländern unter anderem in der zunehmenden Anzahl an Anfragen zu Schadstoffgruppen, die über die im Rahmen der geprüften Parameter hinausgehen. Insbesondere Stoffe wie Mikroplastik, PFAS, PAKs, Stickstoff, Phosphor, die organischen Summenparameter BSB und CSB sowie spezifische Industrieemissionen wie etwa weitere Schwermetalle oder Schwefelverbindungen rücken verstärkt in den Fokus von Planungs- und Genehmigungsprozessen. Diese Entwicklung zeigt nicht nur den Bedarf nach einer Weiterentwicklung der bestehenden Prüf- und Zulassungssystematik auf, sondern verdeutlicht auch, dass die technischen Möglichkeiten und Grenzen zugelassener bzw. offiziell geprüfter NSWB-Anlagen in der Planungsfachwelt noch nicht durchgängig bekannt oder vollständig berücksichtigt werden. Dies führt in der Praxis

mitunter zu Fehleinschätzungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und der Einsatzbereiche der Behandlungssysteme.

3.1 Deutschland

Die DIBt-Zulassung schreibt eine vollständige Behandlung des Zuflusses ohne Bypass vor. Dieser regulatorische Ansatz ist im Sinne des Umweltschutzes nachvollziehbar, da er sicherstellt, dass bei nicht ordnungsgemäßer Wartung und einer Kolmation die Filter- und Adsorptionsstufe nicht umgangen wird. Durch den folgenden Rückstau in die Zulaufleitung und schlussendlich auf die angeschlossene Fläche ist der Betreiber zum Handeln und zur Wartung seiner Anlage gezwungen. Zudem wurden die Anlagen nicht unter internen Bypassbedingungen geprüft, sodass nicht ausgeschlossen werden kann, dass ein solches Ereignis zu einem Austrag bereits zurückgehaltener Schadstoffe führt. In der praktischen Umsetzung kann das Bypassverbot insbesondere bei Starkregen zu einem ungewollten Rückstau in die Zulaufleitungen und auf die angeschlossenen Flächen führen – unabhängig davon, ob die Anlage ordnungsgemäß gewartet wurde. Die Prüfungen der DIBt-Zulassung basieren auf einem maximalen Bemessungsregen von 100 L/s·ha, während die angeschlossenen Entwässerungssysteme häufig für deutlich höhere Abflüsse dimensioniert sind wie z.B. $r_{5,5}$ für Rohrleitungen mit ca. 300 L/s·ha oder 10-jährige Regenereignisse für Versickerungsanlagen nach DWA-A 138-1. Das Filtersystem wirkt dadurch hydraulisch wie eine Drossel, obwohl die Rohrdimensionierung der Anlagen oft eine höhere Leistungsfähigkeit zulassen würde. Erschwerend kommt hinzu, dass die hydraulische Durchlässigkeit des Filtermaterials im Laufe der Betriebszeit abnimmt. Während ein frisches Filterbett hydraulische Leistungen von deutlich über 100 L/s·ha erreichen kann, sinkt diese Kapazität mit zunehmender Betriebsdauer deutlich ab. Somit kann im Gegensatz zu einer richtigen Drossel keine Auslegung der vor- und nachgeschalteten Anlage auf Grundlage dieses unechten Drosselabflusses geschehen. Nachgeschaltete Versickerungsanlagen nach DWA-A 1381-1 erhalten geringere Wassermengen als ursprünglich vorgesehen und sind in der Kombination mit Behandlungsanlagen gegebenenfalls überdimensioniert. Um dieses Problem zu beheben, beschreibt die DWA-A 138-1 für Versickerungsanlagen mögliche Lösungsansätze mit einem bewussten „Rückstau auf die angeschlossenen Flächen, der Leitungsdimensionierung, einen der Behandlung vorgeschalteten Speicherraum oder einen Notüberlauf, zum Beispiel in die öffentliche Kanalisation“ (DWA, 2024). Eine andere Möglichkeit ist die Parallelschaltung mehrerer NSWB-Anlagen, um mit 100 L/s·ha rechnerischer hydraulischer Leistung pro Anlage die nötige hydraulische Gesamtleistung zu erreichen. Diese Lösungsansätze verursachen allerdings höhere Kosten oder widersprechen dem Ansatz des Niederschlagswassermanagements einer ortsnahen Versickerung. Zudem wird dadurch das Problem der je nach Filterzustand unterschiedlichen Durchflüsse und somit Zuflüsse in die Versickerungsanlage und deren mögliche Überdimensionierung nicht gelöst. Eine weitere potenzielle Lösung stellt die Vorschaltung eines Trennbauwerks dar, dessen Einsatz jedoch der Zustimmung der Genehmigungsbehörde bedarf, da es funktional einem Bypass

entspricht. Der Planungsfachwelt ist diese systemimmanente Problematik bislang zu wenig bekannt und wird daher häufig fälschlicherweise der Anlagenkonzeption einzelner Hersteller zugeschrieben.

DIBt-zugelassene Anlagen werden auf Basis der maximal anschließbaren Fläche dimensioniert. Im Rahmen der Projektierung stellt sich gelegentlich die Frage nach der maximal zulässigen Literleistung solcher Systeme. Wenn ein vorgeschaltetes Drosselbauwerk mit definierter Abflussspende vorgesehen ist, hat diese Frage hohe Relevanz. Die Zulassungsgrundsätze basieren auf der Bewertung der Reinigungsleistung unter definierten Prüfniederschlagsereignissen, wobei die Wirkungsgrade bei höheren Ereignissen durch die Effizienz bei niedrigeren Ereignissen kompensiert werden, um den erforderlichen Gesamtmindestwirkungsgrad zu erreichen. Dieses Kompensationsprinzip erlaubt jedoch keine eindeutige Festlegung einer maximalen Literleistung. Eine Interpolation zwischen den geprüften Ereignissen ist gemäß den Zulassungsgrundsätzen nicht vorgesehen und somit planerisch nicht belastbar. Unter keinen Umständen darf die maximal geprüfte Literleistung als Bemessungsgrundlage herangezogen werden, da bei dieser Prüfung keine Schadstoffe dosiert werden und ausschließlich das Remobilisierungspotenzial bereits zurückgehaltener Stoffe untersucht wird. Aus diesem Grund ist es derzeit nicht möglich, eine DIBt-zugelassene Behandlungsanlage regelkonform auf Basis einer definierten Literleistung zu betreiben.

Als derzeit einziges bundesweit anerkanntes Prüfprotokoll für die NSWB wird die DIBt-Zulassung in zahlreichen Regelwerken und praktischen Anwendungen als Referenz herangezogen. Insbesondere in den relevanten DWA-Arbeitsblättern findet sich ein direkter Bezug zu den ursprünglichen Zulassungsgrundsätzen. So berücksichtigt das DWA-A 102-2 ausschließlich die Partikelentfernung, wodurch für Hersteller die Möglichkeit besteht, die Anschlussflächen der DIBt-Zulassung zu übernehmen oder nur eine Teilprüfung auf Basis der DIBt-Vorgaben durchzuführen und auf diesem Weg ggf. höhere Anschlussflächen zu erreichen. Für Flächentypen mit mittlerer Belastung schreibt das DWA-A 138-1 geringere Wirkungsgrade vor als für die DIBt-Zulassung nötig, dennoch werden DIBt-zugelassene Anlagen als Referenz genannt. Allerdings wird nicht beschrieben, in welchem Umfang diese niedrigeren Wirkungsgrade zu höheren Anschlussflächen führen können. Durch die bereits beschriebene hydraulische Limitierung der Anlagen und das Bypassverbot sind größere Anschlussflächen bei gleicher Anlagenkonfiguration praktisch schwer umsetzbar. Die Übertragbarkeit der DIBt-Zulassung auf weitere Anwendungsbereiche wie Sportanlagen, Bahninfrastrukturen oder industrielle Flächen gestaltet sich ebenfalls herausfordernd. Diese Flächen weisen teils abweichende Abflusscharakteristika sowie spezifische Anforderungen an die Reinigungsleistung auf, für die bislang keine verbindlichen Regelungen existieren. In der Folge liegt die Verantwortung für die Ableitung der anschließbaren Flächen und der zu erwartenden Reinigungsgrade bei den jeweiligen Herstellern, Planungsbüros, Betreibern und Genehmigungsbehörden.

3.2 Österreich

Wie eingangs beschrieben ist wie in Deutschland die Übertragung der normativen Anforderungen in die hydraulische Wirklichkeit die größte Herausforderung bei der praktischen Anwendung der ÖNORM 2506-3 in Österreich.

In Österreich werden Behandlungsanlagen häufig in Kombination mit Versickerungssystemen ausgelegt. Dabei zeigt sich in der Praxis, dass der Durchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert) der Versickerungsanlage oftmals geringer ist als jener der Behandlungsanlage, was dazu führt, dass ein theoretisch mögliches Anschlussflächenverhältnis von 1:250 real auf unter 1:200 absinkt. Die hydraulische Bemessung wird maßgeblich durch Regenspende, kf-Wert und Anstauhöhe beeinflusst. Die Prüfmethode sieht jedoch ausschließlich eine feste Anstauhöhe von 10 cm vor, obwohl in der Praxis häufig über 50 cm erreicht werden. Diese deutlich höhere Druckdifferenz verändert die hydraulischen Bedingungen erheblich und wird in der Prüfung nicht berücksichtigt. Zusätzlich wird der kf-Wert von Herstellern teilweise über den gesamten Säulenaufbau inklusive Kiesschicht gemittelt, anstatt ausschließlich über die 30 cm Filtermaterial berechnet zu werden. Da dies regulatorisch nicht eindeutig vorgegeben ist, ergeben sich in der Praxis unterschiedliche Bemessungsergebnisse. Ein weiterer Diskussionspunkt ist die fehlende ganzheitliche Bewertung der Systeme: Die ÖNORM konzentriert sich ausschließlich auf den Schadstoffrückhalt des Filtermaterials, ohne praxisnahe hydraulische Prüfungen oder eine Bewertung der Gesamtanlage unter realen Betriebsbedingungen vorzunehmen. Dies erschwert die Übertragbarkeit der Prüfergebnisse auf konkrete Entwässerungssituationen. Zudem ist ein Bypass gemäß ÖNORM nicht zulässig, wodurch auch bei Starkregenereignissen die gesamte Zuflussmenge über die Behandlungsanlage geführt werden muss. Dies führt zu entsprechend großen Dimensionierungen und erhöhtem Planungs- und Kostenaufwand.

Die Standzeit der Filtermaterialien wird im Prüfverfahren mit mindestens vier Jahren angegeben. Das Regelblatt RB 45 sieht jedoch für die Flächentypen F3 und F4 Untersuchungen der Ablaufproben alle zwei bis vier Jahre und für F5-Flächen mit hoher Belastung jährliche Kontrollmessungen vor. Obwohl diese vorgeschriebenen Messungen insbesondere für die hochbelasteten F5-Flächen verständlich sind, ist dies eine deutliche Relativierung der normativen Vorgaben, die von mindestens vier Jahren Standzeit ausgehen. Weiterhin sind die nötigen Messmethoden und Prüfverfahren in der Praxis nicht etabliert, so dass hier noch große Unsicherheit besteht.

Durch die ausschließliche Prüfung des Filtermaterials und die Möglichkeit des Einsatzes in unterschiedlichen Anlagentypen, werden die Prüfkosten deutlich reduziert. Dies ermöglicht Herstellern, mit einem geprüften Material eine Vielzahl von Systemlösungen anzubieten, was eine größere Marktverfügbarkeit zur Folge hat.

3.3 Schweiz

Die VSA-Leistungsprüfungen wurden im Jahr 2023 eingeführt und im Zuge der Veröffentlichung erfolgten die ersten Prüfungen von Anlagen. Aufgrund der kurzen Zeitspanne seit Einführung liegen bislang nur begrenzte Praxiserfahrungen vor. Dennoch zeigen sich bereits erste Herausforderungen in der Umsetzung.

Am Schweizer Markt besteht weiterhin eine gewisse Unsicherheit gegenüber NSWB-Anlagen, insbesondere solchen, die vor Einführung der VSA-Prüfung installiert wurden. Geprüfte und ungeprüfte Systeme werden dabei häufig pauschal gleichgesetzt und kritisch bewertet, obwohl durch das VSA-Prüfverfahren Fehler der Vergangenheit beseitigt wurden. Auch der Wartungsaufwand moderner Anlagen wird oft zunächst zu kritisch ein- und überschätzt. Die bisherige Erfahrung zeigt zudem, dass viele Behörden und Planer noch nicht ausreichend mit den neuen Prüfanforderungen vertraut sind. Dies führt zu Fehlentscheidungen in der Anwendung: Anlagen werden teilweise eingebaut, obwohl sie nicht erforderlich wären – oder umgekehrt nicht berücksichtigt, obwohl sie notwendig wären. Auf kantonaler Ebene kann es abweichende Regelungen geben. So kann je nach Einsatzort eine Vollstrombehandlung verlangt und der sonst erlaubte Bypass verboten werden. So wurde in bereits durchgeführten Projekten der Zulauf zur Behandlungsanlage gedrosselt und eine angeschlossene Sportplatzfläche als Rückhalteraum bei Starkregen genutzt, um die kantonalen Vorgaben zu erfüllen.

Obwohl die VSA-Prüfung mit der Einbeziehung organischer Mikroverunreinigungen und dem Einsatz von Aktivkohleschichten einen deutlichen Fortschritt gegenüber den Prüfprotokollen von DIBt und ÖNORM darstellt, bleibt der Kreis der berücksichtigten Schadstoffe systemimmanent weiterhin begrenzt. In der Praxis werden zunehmend weitere Substanzen angefragt, die bislang nicht Bestandteil der VSA-Prüfung sind wie PAKs, deren erhöhte Konzentrationen insbesondere auf Sportflächen nachgewiesen wurden. Gleichzeitig zeigt sich, dass in vielen Projekten lediglich der Rückhalt von Partikeln gefordert wird. Somit scheint ein spezialisiertes Prüfverfahren für die GUS-Entfernung und die damit verbundene Entwicklung kosteneffizienter und zielgerichteter Anlagen, auch für die Entfernung von Mikroplastik, für alle Marktteilnehmer vielversprechend. Die VSA-Prüfung erlaubt eine Klassifizierung der Behandlungsleistung in die Stufen „Standard“ und „Erhöht“, was eine Prüfung der Anlagen auf spezifische Behandlungsziele entsprechend der Herkunftsflächen und Einleitgewässer ermöglicht. Eine nachträgliche Herabstufung von „Erhöht“ auf „Standard“ mit einhergehender Erhöhung der anschließbaren Fläche ist bisher nicht vorgesehen. Bei entsprechenden klaren Randbedingungen könnte dies zukünftig ein Ansatz für eine flexiblere Projektierung sein.

4 Fazit und Ausblick

Die Typenprüfung stellt derzeit die praktikabelste Lösung dar, um die Leistungsfähigkeit von NSWB-Anlagen unter definierten Bedingungen nachzuweisen. Trotz ihrer

Einschränkungen bietet sie ein hohes Maß an Sicherheit und Vergleichbarkeit für alle Marktteilnehmer. In Deutschland und Österreich sind die Prüfgrundlagen von DIBt und ÖNORM auf breiter Basis akzeptiert. Die hydraulische Auslegung ist hier durch das Bypassverbot die größte praktische Herausforderung. In der Schweiz ist der Bekanntheitsgrad der noch recht jungen VSA-Leistungsprüfung und dem damit einhergehenden neuen Qualitätsstandard für NSWB-Anlagen in Teilen noch nicht groß genug, um von einer breiten Akzeptanz im Markt zu sprechen.

Für die tatsächliche Leistungsfähigkeit der NSWB-Anlagen spielt die regelmäßige Wartung eine entscheidende Rolle: *„lieber eine nicht so gute designte, aber dafür super gewartete Anlage, als die beste Anlage, die nicht gewartet wird“*. Für den sicheren Rückhalt gelöster Schadstoffe hat die maximale Standzeit der Filter- und Adsorbentmaterialien die wichtigste Bedeutung. In den drei Ländern werden hierzu unterschiedliche Ansätze verfolgt. Deutschland verfolgt für Schachtsysteme einen starren Ansatz mit einem zwingend vorgeschriebenen Wechsel je nach Material spätestens nach vier Jahren, während in Österreich durch eine begleitende Vorgabe im Regelblatt 45 kontinuierliche Messungen im (Mehr-) Jahresrhythmus zur Beurteilung des Materials vorgeschrieben sind. In der Schweiz wird die Beurteilung der maximalen Standzeit den Herstellern der Anlagen zugeschrieben, welche sich ohne weitere eigene Messungen voraussichtlich an die geprüfte theoretische Standzeit von vier Jahren halten werden. Alle Ansätze haben technische wie auch finanzielle Vor- und Nachteile. Durch die Bypasserlaubnis in der Schweiz kommt den dortigen Betreibern allerdings die größte Verantwortung für eine eigenständig motivierte Wartung zu. Um Kosten zu optimieren, wird die Voraussage von Wartungsintervallen zukünftig eine wichtige Aufgabe werden.

Ein zentraler Erfolgsfaktor der NSWB-Systeme ist die konstruktive Gestaltungsfreiheit. Die Vielfalt der technischen Lösungen zeigt, dass vergleichbare Reinigungsleistungen mit unterschiedlichen Ansätzen erreicht werden und führt zu einer breiten Auswahl im Markt. In Deutschland hat sich der Ansatz bewährt, alle Zulassungen durch einen unabhängigen Sachverständigenausschuss beraten zu lassen. So können veränderte Anforderungen wie etwa an die Wartung durch das DIBt-Fachreferat berücksichtigt werden, ohne dass es einer aufwendigeren schriftlichen Anpassung der Prüfgrundsätze bedarf. Zwar erlaubt der ÖNORM-Ansatz, ein geprüftes Filtermaterial in verschiedene Anlagensysteme überführen zu können, grundsätzlich hohe Flexibilität bei vergleichsweise niedrigen Prüfkosten, jedoch wird diese Flexibilität durch die vorgeschriebene Top-Down-Hydraulik und die fixe Filterbetthöhe von 30 cm deutlich eingeschränkt. Aus Herstellersicht wäre ein möglicher Ansatz, keine fixe Filterbetthöhe vorzuschreiben, sondern den Entwicklungsabteilungen der Hersteller die Freiheit zu lassen, welche Höhe für die Erreichung aller Prüfziele nötig ist.

Die Anwendung von NSWB-Anlagen hat sich in den letzten Jahren deutlich über den ursprünglich vorgesehenen Prüfhorizont hinaus erweitert. Neben Verkehrsflächen werden zunehmend auch Sport- und Freizeitanlagen, Industrieflächen, Bahnanlagen

sowie landwirtschaftlich genutzte Flächen mit spezifischen Schadstoffbelastungen berücksichtigt. Um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden, könnte die Prüfmethodik künftig flexibler gestaltet werden. So könnte eine bestandene Prüfung durch zusätzliche Schichten von Referenzfiltermaterial hydraulisch erweitert und später durch Säulenprüfungen auf neue Schadstoffe mit anderen Filtermaterialien ergänzt werden. In Deutschland kann die geplante DWA-M 179 eine wichtige Rolle spielen, indem sie die Lücke zwischen Typenprüfung und praxisnaher Bemessung schließt, wengleich die dort vorgesehene Flächenrelation von 1:125 m² deutlich niedriger ausfällt als bei bestehenden typengeprüften Anlagen. Eine Harmonisierung der Prüfverfahren zwischen Deutschland, Österreich und der Schweiz erscheint zwar unrealistisch, jedoch zeigen aktuelle Entwicklungen, dass der Markt bereits in Bewegung ist. So berücksichtigt die Deutsche Bahn in neuen Richtlinien bereits VSA-geprüfte Systeme und in Österreich wird das kommende Regelblatt RB 45 voraussichtlich Herbizide als relevante Parameter mit Bezug zur VSA-Leistungsprüfung aufnehmen.

Die beschriebene Entwicklung verdeutlicht die wachsende Bedeutung der NSWB für den Gewässerschutz und macht ein fundiertes Verständnis der Prüfgrundsätze und ihrer Anwendungsgrenzen bei allen beteiligten Akteuren erforderlich. Nur durch dieses Wissen kann sichergestellt werden, dass NSWB-Anlagen nicht nur regelkonform geplant, sondern auch effizient und nachhaltig betrieben werden.

5 Literatur

VSA (2023). VSA-Leistungsprüfung für Behandlungsanlagen – Prüfverfahren für Adsorber- und Filteranlagen zur Regenwasserbehandlung. Verband Schweizer Abwasser (VSA), Zürich.

VSA – Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (2023). Offizielle Website. Online verfügbar unter: <https://vsa.ch>

Austrian Standards International (2018). ÖNORM B 2506-3: Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Teil 3: Filtermaterialien – Anforderungen und Prüfmethoden. Austrian Standards, Wien.

Austrian Standards International (2023). Offizielle Website. Online verfügbar unter: <https://www.austrian-standards.at/en>

Deutsches Institut für Bautechnik (2023). Zulassungsgrundsätze für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen – Teil 1: Anlagen zur dezentralen Behandlung des Abwassers von Verkehrsflächen zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser. DIBt, Berlin.

Deutsches Institut für Bautechnik (2022). Zulassungsgrundsätze für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen – Teil 3: Rinnensysteme zur dezentralen Behandlung des Abwassers von Verkehrsflächen zur

anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin.

DIBt – Deutsches Institut für Bautechnik (2023). Offizielle Website. Online verfügbar unter: <https://www.dibt.de>

DWA (2024). Arbeitsblatt DWA-A 138-1: Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef.

UMTEC (2023). Bildmaterial zur Umwelt- und Verfahrenstechnik: Darstellung technischer Prozesse und Anlagen. UMTEC Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik, Rapperswil, Schweiz.

Korrespondenz an:

Moritz Gesterding
ACO GmbH, Mittelriedstraße 25, 68642 Bürstadt, Deutschland
Telefon: +49 173 264 14 67
E-Mail: moritz.gesterding@aco.com