

TEXTE

133/2024

Anlage D

Entwicklung eines Laborprüfverfahrens zum Rückhalt von partikulären Stoffen in dezentralen Niederschlagsbehandlungsanla- gen bei Einleitung in Oberflächengewässer

Ausformuliertes Prüfverfahren

von:

Martina Dierschke, Christian Hähnlein
Frankfurt University of Applied Sciences, Frankfurt am Main

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 133/2024

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3720 22 302 0
FB001053

Anlage D

Entwicklung eines Laborprüfverfahrens zum Rückhalt von partikulären Stoffen in dezentralen Niederschlagsbehandlungsanlagen bei Einleitung in Oberflächengewässer

Ausformuliertes Prüfverfahren

von

Martina Dierschke, Christian Hähnlein
Frankfurt University of Applied Sciences, Frankfurt am Main

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Frankfurt University of Applied Sciences
Nibelungenplatz 1
60318 Frankfurt am Main

Abschlussdatum:

Oktober 2022

Redaktion:

Fachgebiet III 2.6
Dr. Andrea Roskosch

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, September 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	D-6
Tabellenverzeichnis	D-6
Abkürzungsverzeichnis.....	D-7
1 Vorwort	D-8
2 Geltungsbereich	D-9
2.1 Geltungsdauer und Geltungsausweitung des Zertifikats.....	D-9
2.2 Flächen und erforderlicher Stoffrückhalt.....	D-9
2.3 Anlagentypen.....	D-10
2.4 Drosselorgan und Bypass.....	D-10
3 Anforderung an Prüfinstitut und Analytiklabore.....	D-11
4 Umweltverträglichkeit.....	D-12
5 Identifikationsnachweise.....	D-13
6 Wirksamkeitsprüfung.....	D-14
6.1 Prüfanordnung.....	D-14
6.2 Prüffrachten	D-15
6.3 Prüfreagenspenden und –dauern.....	D-16
6.4 Materialien.....	D-17
6.5 Feststoffdosierung und Strömungsbedingungen.....	D-17
6.6 Ablauf der Prüfung.....	D-18
6.7 Analytik	D-21
6.8 Auswertung und Bewertung der Prüfergebnisse.....	D-21
7 Erlangen des Prüfzeugnisses	D-25
8 Wartungs- und Kontrollenanweisungen	D-26
9 Literaturverzeichnis.....	D-27

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ablauf der Umweltverträglichkeitsprüfung (Wahrmund 2008)	D-12
Abbildung 2:	Grundaufbau der Prüfanordnung.....	D-14
Abbildung 3:	Grundkonzeption des Prüfverfahrens und Angabe von Messgrößen	D-19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anforderungen an den AFS63-Rückhalt des Gesamtsystems	D-10
Tabelle 2:	AFS63-Stoffabtrag abhängig von der Flächenkategorie nach (DWA-A 102-2 2020).....	D-15
Tabelle 3:	Festsetzung Regenspenden und -dauern für die Prüfung, basierend auf einer Auswertung von bayerischen Regendaten (Meißner 2008).....	D-16
Tabelle 4:	Korngrößenverteilung des zu verwendenden Prüfstoffs (Quarzmehl) Millisil W 4 (Quarzwerkegruppe, 2009)	D-17
Tabelle 5:	Prüfprozedere für eine Anlage der Flächenkategorie II mit einer Anschlussfläche von $A = 1.000 \text{ m}^2$	D-20
Tabelle 6:	Probennahmezeitpunkte der AFS-Prüfung	D-20
Tabelle 7:	Fracht Eintrag für $A_{b,a} = 1.000 \text{ m}^2$ (fiktiv).....	D-22
Tabelle 8:	Fiktive Messergebnisse AFS63 [mg/l].....	D-23
Tabelle 9:	AFS63-Frachtein- und -austräge, Durchflüsse, Prüfdauer und Konzentrationen als Bewertungsgrundlage für die fiktive Prüfung einer Anlage mit $A_{b,a} = 1.000 \text{ m}^2$	D-24
Tabelle 10:	Berechnung der AFS63-Wirksamkeit einer fiktiven Anlage mit $A_{b,a} = 1.000 \text{ m}^2$	24

Abkürzungsverzeichnis

A	Arbeitsblatt
A_{b,a}	befestigte, angeschlossene Fläche in m ²
AFS	Abfiltrierbare Stoffe
AFS63	Abfiltrierbare Stoffe mit Korngrößen 0,45 µm bis 63 µm (Feinanteil)
BF	Betriebsflächen von Flughäfen
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BWK	Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e. V.
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (Kraftfahrzeuge pro 24 Stunden)
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EKVO	Eigenkontrollverordnung
FRA UAS	Frankfurt University of Applied Sciences
G	Gleisanlagen
L	Landwirtschaftliche Hofflächen
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LfU	Landesamt für Umwelt, Bayern
M	Merkblatt
η	Wirkungsgrad [%]
η_{AFS63}	AFS63-Wirkungsgrad [%]
PSD	Particle Size Distribution (Partikelgrößenverteilung)
q_n	Durchfluss bei Prüffregenspende r _n [l/s]
r	Regenspende in [l/(s · ha)]
ρ	Dichte (g/cm ³)
S	Flächen mit besonderer Belastung
SüwVO	Selbstüberwachungsverordnungen
TP	Teilprüfungen
UBA	Umweltbundesamt, Dessau
UQN	Umweltqualitätsnorm
V	Verkehrsfläche
VW	Hof- und Wegeflächen
WasBauPVO	Landesverordnungen zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten und Bauarten

1 Vorwort

Das hier dargestellte Prüfverfahren für dezentrale technische Anlagen zur Behandlung von Abflüssen der Flächenkategorie II und III gemäß Einteilung des DWA-A 102 zur Einleitung in das Oberflächengewässer ist im Rahmen des UBA-Projektes „Entwicklung eines Laborprüfverfahrens zum Rückhalt von partikulären Stoffen in dezentralen Niederschlagsbehandlungsanlagen bei Einleitung in Oberflächengewässer“ FKZ 3720 22 302 entwickelt und verifiziert worden. Die Erstellung des ausformulierten Vorschlags für ein Prüfverfahren war Teil des von der Frankfurt University of Applied Sciences durchgeführten Projektes. Sämtliche Grundlagen und die Beschreibung der dazu durchgeführten Versuche sind ausführlich im Bericht zum UBA-Projekt FKZ3720 22 302 0 dargestellt.

Es obliegt den zukünftigen Zulassungsstellen wie einzelnen Wasserbehörden, den Bundesländern oder dem DIBt dieses Prüfverfahren komplett unverändert, mit Änderungen oder in Teilen zu übernehmen. Das DIBt hat bislang auf der Grundlage der Landesbauordnungen WasBauPVO, § 1; 1.g, (Verordnung zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten und Bauarten) lediglich die Zuständigkeit für "Anlagen zur Begrenzung von Kohlenwasserstoffen in mineralöhlhaltigen Abwässern". Der Geltungsbereich müsste erweitert werden auf „Anlagen zur Feststoffreduzierung in Niederschlagsabflüssen“.

Da sich einige technische und rechtliche Regelwerke (DWA-M 179, Anhang Niederschlagswasser) zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der Prüfvorschrift (10/2022) noch im Entwicklungsstadium befanden, muss die hier dargestellte Prüfvorschrift hinsichtlich Änderungen kontrolliert werden und eventuell in einigen Punkten angepasst werden.

2 Geltungsbereich

2.1 Geltungsdauer und Geltungsausweitung des Zertifikats

1. Das Zertifikat nach bestandene Prüfung gilt für fünf Jahre.
2. Die Zulassungsstelle (Wasserbehörde, einzelne Bundesländer oder DIBt) behält sich vor, diese Vorschrift auf Antrag eines Produktherstellers auf andere Produkte auszuweiten. Sie behält sich weiterhin vor, die Vorschrift zu ändern oder zu erweitern, sollte sich dies aufgrund neuer Erkenntnisse oder Betriebserfahrungen als notwendig erweisen.

2.2 Flächen und erforderlicher Stoffrückhalt

1. Das Prüfverfahren gilt für den AFS63-Rückhalt in dezentralen Niederschlagsbehandlungsanlagen für gemäß DWA-A 102 (DWA-A 102-2 2020) feststoffbelasteten behandlungsbedürftigen Flächen der Kategorie II und III zur Einleitung in ein Oberflächengewässer. Relevant sind:

- ▶ Hof- und Wegeflächen (VW2) in der Kategorie II,
- ▶ Verkehrsflächen unterschiedlicher Frequentierung in den Kategorien II und III (V2, V3),
- ▶ Hof- und Verkehrsflächen sowie Park- und Stellplätze (SV bzw. SVW) der Kategorie III, allerdings ausschließlich mit Feststoffbelastung
- ▶ möglicherweise Start- und Landebahnen und weitere Betriebsflächen von Flughäfen (BF) der Kategorie II, jedoch ohne Enteismittelinsatz
- ▶ Gleisanlagen (G) ohne Herbizideinsatz der Kategorie II und III sowie
- ▶ landwirtschaftliche Hofflächen (L) der Kategorie II ohne große Tieransammlungen oder sonstige starke Beeinträchtigung der Niederschlagswasserqualität.

Für Abflüsse der Kategorie III aus Flächen mit besonderer Belastung (S) sind Stoffe im Zufluss zu erwarten, die nicht immer nur mit dem AFS63 zutreffend abgebildet werden können. Hier ist zusätzlich mit Belastungen aus gelösten Bestandteilen zu rechnen, die im Einzelfall zu bewerten sind. Hierzu wird verwiesen auf die bereits bestehenden Prüfverfahren für Verkehrsflächen zur Einleitung (DIBt 2017) oder auf das LfU-Verfahren zur Reduktion von gelösten Schwermetallen aus Metalldachabflüssen (LfU 2011) zur Einleitung in das Grundwasser. Bei einer Übertragung der Prüfvorschriften auf die Einleitung in Oberflächengewässer kann das hier beschriebene neue Feststoffprüfverfahren ebenfalls angewendet werden.

2. Der erforderliche Stoffrückhalt einer Anlage ergibt sich aus einer in (DWA-A 102-2 2020) beschriebenen Flächenbilanzierung. Da eine Vermischung von behandlungsbedürftigen mit nichtbehandlungsbedürftigen Niederschlagsabflüssen vermieden werden soll, ist davon auszugehen, dass dezentralen Anlagen entweder die Fracht gemäß Kategorie II oder Kategorie III zugeführt wird. Das Prüfverfahren bietet somit dem Hersteller die Prüfung für die Kategorie II oder die Kategorie III an, d.h. mit Jahresfrachten von 530 resp. 760 kg AFS63/(ha · a) mit einer erforderlichen Wirksamkeit für das Gesamtsystem gemäß Tabelle 1. In diesem Wirkungsgrad ist der nicht behandelte Anteil im Bypass enthalten.
3. Eine Erweiterung der Gültigkeit des Prüfverfahrens und Anpassung auf weitere Anwendungsfälle, wie z. B. auf außerörtliche Straßen, liegt im Zuständigkeitsbereich der dafür zuständigen Behörden.

Tabelle 1: Anforderungen an den AFS63-Rückhalt des Gesamtsystems

Kategorie	erforderliches η_{AFS63} am Standort zur Erreichung der Zielgröße
Kategorie I (280 kg/(ha · a)), Zielgröße	0 %
Kategorie II (530 kg/(ha · a))	47,2 %
Kategorie III (760 kg/(ha · a))	63,2 %

4. Maßgeblich für die Prüfung sind:

- ▶ die befestigte, angeschlossene Fläche zum Anschluss an die zu prüfende Behandlungsanlage z.B. 1.000 m² A_{b,a}.
- ▶ die vom Hersteller vorgegebene maximale Beschickungsmenge Q_{max}, ab der ein Bypass anspringt.

Die Höhe des Spülstoßes wird im Einzelfall jeder Prüfung an das vorgegebene Q_{max} angepasst. Ein Anschluss größerer Flächen, als in der Beantragung angegeben, ist nicht zulässig.

2.3 Anlagentypen

5. Die beschriebene Prüfmethode gilt für Behandlungsanlagen im Dauerstau:

- ▶ mit erweitertem Feststoffrückhalt (Hydrozyklone, Lamellen oder sonstige Einbauten),
- ▶ mit einer Kombination aus Feststoffrückhalt und Filtration,
- ▶ (Filter-)rinnen.

6. Reine Sedimentationsanlagen und reine Filtrationsanlagen können gemäß den Vorgaben zu Oberflächenbeschickung oder Filtergeschwindigkeiten des (DWA-M 179 in Bearbeitung) ausgelegt werden. Einer alternativen Prüfung dieser Anlagen mit vorliegendem Verfahren steht jedoch nichts entgegen.

7. Die Wirksamkeit von Anlagen, die in den Schmutzwasserkanal leerlaufen oder leergepumpt werden, kann über die vorliegende Prüfung hinaus mit einer theoretischen Betrachtung der Fang- und Speicherwirkung – analog zu Regenklärbecken wie in (DWA-A 102-2 2020), Kap. 8.3 beschrieben – bewertet werden. Dies ist im Idealfall mit einer Simulation nachzuweisen. Die Zulassungsstelle behält sich vor, letztendlich über den Bonus einer Speicherwirkung zu entscheiden.

2.4 Drosselorgan und Bypass

1. Ein möglicher Bypass ist beim erforderlichen Stoffrückhalt des Gesamtsystems zu berücksichtigen. Dieser Aspekt ist bei der konkreten Planung der Behandlung eines Niederschlagsabflusses in einer Örtlichkeit zu berücksichtigen. Die Prüfung des Drosselorgans zur Einstellung des Bypasses ist jedoch nicht Teil dieser Prüfung.
2. Die Prüfung erfolgt im Normalfall unter der Prämisse, dass der Zufluss zur Behandlungsanlage gedrosselt wird und Niederschläge oberhalb einer Regenspende von $r = 25 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ unbehandelt an der Anlage vorbeigeführt werden. Die Höhe des Spülstoßes richtet sich bei den Anlagen mit einem Bypass nach der maximalen Durchflussmenge. Anlagen, die in situ mit der kompletten Zulaufmenge beschickt werden und entweder über einen internen Notüberlauf verfügen oder überströmt werden, werden während des Spülstoßes mit einer Zulaufmenge beschickt, die sich aus der Regenspende von $r = 100 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ ergibt (vgl. auch Kap. 5 (2)).

3 Anforderung an Prüfinstitut und Analytiklabore

1. Als Prüfinstitut zugelassen sind:
 - ▶ - Name, Anschrift, Ansprechpartner (Anerkennung, Qualifikation Mitarbeiter)
 - ▶ -
2. Als Prüfstelle für die Umweltverträglichkeitsprüfung sind zugelassen:
 - ▶ - Name, Anschrift, Ansprechpartner (Anerkennung, Qualifikation Mitarbeiter)
 - ▶ -
3. Das beauftragte Analytiklabor sollte nach (DIN EN ISO 17892-1 2015) für Feststoffparameter in Wasser und Abwasser akkreditiert sein oder vergleichbare Qualitätsstandards nachweisen können. Dies ist auf Anfrage durch Referenzen, Geräteausstattung und Einblick in die Probendokumentation zu belegen.

4 Umweltverträglichkeit

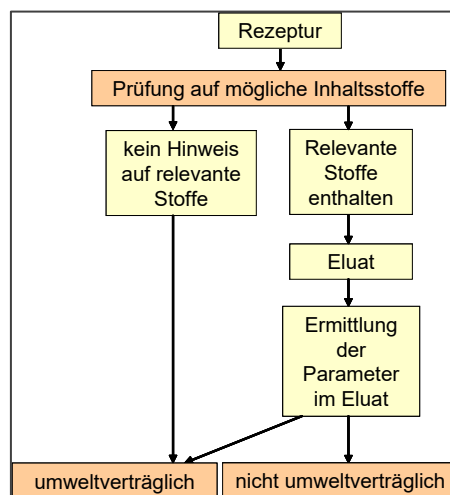
1. Bauteile und Baustoffe, die im Betrieb bestimmungsgemäß von Wasser durchströmt werden oder mit dem Boden und Grundwasser in Kontakt kommen, sind hinsichtlich der Umweltverträglichkeit zu prüfen. Die Prüfstelle für eine Umweltverträglichkeitsprüfung wird in Abhängigkeit vom erforderlichen Umfang der Prüfung von der Zulassungsstelle benannt.
2. Die Prüfung auf Umweltverträglichkeit des Bodens und Grundwassers kann auf der Grundlage der Grundsätze zur „Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ (DIBt 2011) erfolgen. Für das Einleiten in Oberflächengewässer können die Prüfwerte der BBodSchV (BMJ 1999) herangezogen werden, aber auch die Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA (LAWA 2016). Die jeweils verwendete Beurteilungsgrundlage muss im erteilten Zulassungsbescheid angegeben werden.

Das Prüfprogramm wird nach Sichtung der Rezeptur der jeweiligen Materialien festgelegt, vgl. Abbildung 1.

Die Festlegung liegt im Zuständigkeitsbereich der jeweiligen Zulassungsstelle (z. B. DIBt oder einzelne Bundesländer).

Für den Einsatz von Abfällen zur Verwertung in Bauteilen oder -stoffen sind die technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA 2003) die mit der LAGA abgestimmten Regelungen für den Einsatz in Produkten zu berücksichtigen.

Abbildung 1: Ablauf der Umweltverträglichkeitsprüfung



Quelle: Wahrmond 2008

3. Das Prüfzeugnis über die Umweltverträglichkeit der verwendeten Baumaterialien muss mindestens folgende Angaben enthalten:
 - ▶ Bezeichnung der Baumaterialien und Angaben zu den Inhaltsstoffen (z. B. Rezeptur)
 - ▶ Probennahme
 - ▶ Verwendete Prüfnorm, Prüfaufbau
 - ▶ Ggf. Herstellung und Vorbehandlung der Probekörper
 - ▶ Prüfzeitraum bzw. -zeitpunkt
 - ▶ Ergebnisse der Prüfungen inklusive Angabe der Analyseverfahren
 - ▶ Bewertung der Prüfergebnisse

5 Identifikationsnachweise

1. Im Prüfverfahren werden die Angaben des Herstellers laut Unterlagen bezüglich

- ▶ der vorhandenen Anlagenteile,
- ▶ der Geometrie der Anlage sowie
- ▶ der verwendeten Materialien der Bauteile der Anlage

kontrolliert. Hierzu ist eine Systemskizze mit Abmessungen und Materialangaben der einzelnen Bauteile vorzulegen.

Verfügt die Anlage über einen Filter, so sind

- ▶ das Material des Substrates anzugeben und
- ▶ substratspezifische Kennwerte (z. B. Korngrößenanalyse und Schüttdichte) des Substrates

zu ermitteln und vorzulegen.

2. Werden einzelne Bauteile nach Erteilen des Zertifikats in Geometrie, Größe oder Material z.B. als Weiterentwicklung (auch geringfügig) geändert, so sind sie der Zulassungsstelle zur Überprüfung vorzulegen.

3. Weitere Nachweise sind nicht Bestandteil dieses Prüfverfahrens, können jedoch im Zulassungsbescheid formuliert werden. Diese können folgende Punkte betreffen:

- ▶ Eigenüberwachung/Fremdüberwachung bei der Produktion
- ▶ Dichtheitsnachweise beim Einbau

6 Wirksamkeitsprüfung

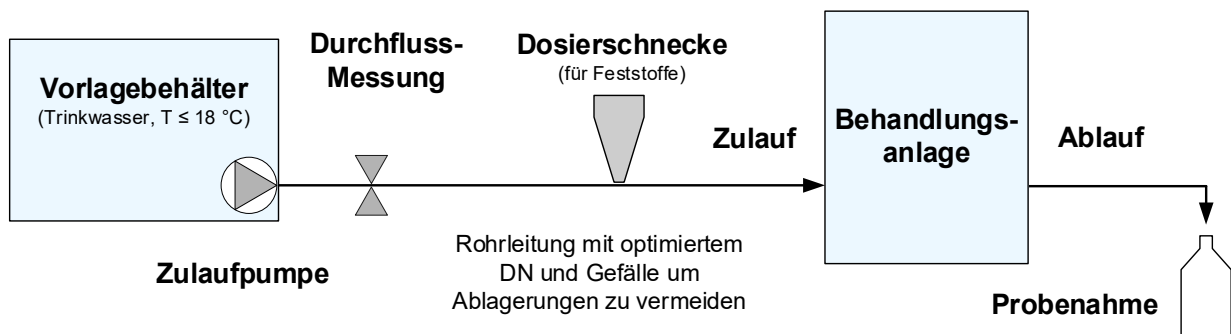
Mit dem Prüfverfahren soll das Ziel „Funktionsfähigkeit und Feststoffrückhalt in der Behandlungsanlage auch bei längerfristigem Feststoffeintrag“ sichergestellt werden. Die Prüfung erfolgt unter Laborbedingungen an Behandlungsanlagen in realer Größe und soll in handhabbaren Zeiträumen durchgeführt werden. Die vereinfachte Festsetzung von kürzeren Versuchszeiten und einer Stoffbelastung von ca. einem Betriebsjahr sowie auswertbare Ablaufkonzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze erfordern Feststoffbelastungen ohne Bestimmung der Ablaufqualität sowie Prüfungen mit von der Realität abweichenden Feststoffkonzentrationen.

Die Teilprüfungen sind in der vorgeschriebenen Reihenfolge durchzuführen.

6.1 Prüfanordnung

1. Die Prüfapparatur besteht aus vier Teilen (Grundaufbau siehe Abbildung 2):
 - ▶ Einem Vorlagebehälter mit einer regelbaren Pumpe zur Beaufschlagung. Das Volumen des Vorlagebehälters kann aus mehreren miteinander verbundenen ausreichend großen Behältern bestehen.
 - ▶ Eine Durchflussmessung z. B. mittels MID im Zulauf ist zu installieren. Eine Durchflussmessung im Ablauf kann sinnvoll sein bei Anlagen, bei denen der Bypass mit beprobt wird, um eine Aussage über die Durchflussmenge bei Anspringen des Bypasses zu erhalten.
 - ▶ Einer Dosiereinheit (Schneckendosierer) zur Zudosierung von Feststoffen
 - ▶ Der zu prüfenden Behandlungsanlage mit Zu- und Ablauf (vom Hersteller gestellt).

Abbildung 2: Grundaufbau der Prüfanordnung



Quelle: eigene Darstellung, Frankfurt University of Applied Sciences, 2022

2. Die zu prüfende Behandlungsanlage ist in Verantwortung des Antragstellers in der Art und Weise aufzustellen, wie dies in der Realität erfolgen soll.
3. Der Aufbau ist mit einem Plan oder einer Zeichnung und Fotografien zu dokumentieren.

6.2 Prüffrachten

1. Die aufzubringende Jahresfracht ist in Abhängigkeit von der vom Hersteller angegebenen angeschlossenen Fläche, des jährlichen AFS63-Abtragspotenzials und der Flächenkategorie gemäß (DWA-A 102-2 2020), vgl. Tabelle 2, zu ermitteln. Weiterhin ist der Anteil, der in einem Bypass unbehandelt an der Anlage vorbeigeht, zu berücksichtigen. In der Regel ergeben sich ausgehend von einer Bemessungsregenspende von $r = 25 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ ein in der Anlage behandelter Volumen- und Frachtstrom von mindestens 90 % des Gesamtvolumens bzw. der -fracht und somit ein nicht behandelter Volumen- und Frachtstrom von 10 %, der in das Gewässer geleitet wird.

Tabelle 2: AFS63-Stoffabtrag abhängig von der Belastungskategorie nach (DWA-A 102-2 2020)

Belastungskategorie	AFS63-Stoffabtrag in [kg/(ha · a)]
I	280
II	530
III	760

Im Normalfall ist daher mit der Aufbringung von 90 % der AFS63-Jahresfracht auf die Behandlungsanlage zu rechnen.

Kategorie II: $530 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a}) \cdot 0,9 = 47,7 \text{ g AFS63}/\text{m}^2$ angeschlossene Fläche

Kategorie III: $760 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a}) \cdot 0,9 = 68,4 \text{ g AFS63}/\text{m}^2$ angeschlossene Fläche

Der verwendete Prüfstoff enthält 49 % Anteile mit einer Korngröße $< 63 \mu\text{m}$ (AFS63), vgl. auch Tabelle 4. Auf Millisil umgerechnet ergeben sich somit folgende aufzubringende Jahresfrachten:

- ▶ Kategorie II: $97,3 \text{ g Millisil} / \text{m}^2$ angeschlossene Fläche
 - ▶ Kategorie III: $139,6 \text{ g Millisil} / \text{m}^2$ angeschlossene Fläche
2. Wird der Anlage in situ die gesamte Zulaufmenge ohne Drosselung zugeführt und erfolgt ein Abschlag mit einem internen Notüberlauf oder Bypass (z. B. bei überflutbaren Rinnen), ist mit der kompletten Jahresfracht zu prüfen.
 - ▶ Kategorie II: $108,2 \text{ g Millisil} / \text{m}^2$ angeschlossene Fläche
 - ▶ Kategorie III: $155,1 \text{ g Millisil} / \text{m}^2$ angeschlossene Fläche
 3. Ergeben sich aus anderen Anwendungsfällen, wie z. B. bei außerörtlichen Straßen, davon abweichende spezifische AFS63-Stoffabträge, kann die Millisilprüffracht nach gleichem Vorgehen berechnet werden.

6.3 Prüfredenspenden und -dauern

1. Alle Prüfungen werden mit drei verschiedenen Regenspenden durchgeführt. Regenspenden von 2,5, 6 und 25 l/(s · ha) decken einen weiten Bereich der maßgeblichen Abflussspenden ab und werden als Prüfredenspenden gewählt. Die dazu passenden Regendauern stammen aus einer statistischen Auswertung der jährlichen Gesamtregendauern, siehe Tabelle 3 (Meißner 2008).

Tabelle 3: Festsetzung Regenspenden und -dauern für die Prüfung, basierend auf einer Auswertung von bayerischen Regendaten (Meißner 2008); N = 888 mm, Abflussmenge = 677 mm

Regenspende [l/(s · ha)]	Festgesetzte Prüfdauer [h]
2,5	8
6	3,3 (200 min)
25	0,8 (48 min)
1,2 Q_{max} [l/s]	15 min

2. Bei der AFS-Prüfung schließt sich bei Anlagen mit Bypass an die drei Prüfredenspenden und die Beladung ein Spülstoß mit einer Intensität von $1,2 \cdot Q_{max}$ in [l/s] und einer Dauer von 15 min ohne stoffliche Zugabe als vierte Teilprüfung an, um das Ausspülverhalten von Feststoffen bei hoher hydraulischer Belastung zu testen. Der Faktor 1,2 wurde gewählt, da häufig 20 % der Toleranzbereich von Drosselorganen gemäß einiger Eigenkontrollverordnungen bzw. der Leitfäden der Länder ist, z. B. in (Hessen 2010). Anlagen, die in situ mit der kompletten Zulaufmenge beschickt werden und entweder über einen internen Notüberlauf verfügen oder überströmt werden, werden während des Spülstoßes mit einer Zulaufmenge, die sich aus der Jährlichkeit von etwa $n = 1$ ergibt (Regenspende von $r = 100$ l/(s · ha) bei einer Dauer von 15 min), beschickt.
3. Das Beschickungsvolumen bei den Teilprüfungen 1 bis 3 muss dabei mindestens dem zweifachen Volumen der Anlage entsprechen, um verbleibende Stoffbelastungen aus der Aufbringung der Vorbelastung auszuspülen. Das Volumen der Anlage berechnet sich aus dem Absatzraum, dem evtl. vorhandenen Stauraum und dem Porenraumvolumen der Filterschüttung. Bei dem Spülstoß ist keine Berücksichtigung des Austauschvolumens erforderlich.

6.4 Materialien

1. Die Prüfung erfolgt mit dem mineralischen Prüfstoff Typ Millisil W 4 der Quarzwerke GmbH mit einer Maximalkorngröße von 250 µm, einem AFS63-Anteil von 49 % und einer Korngrößenverteilung entsprechend Feststoffen in Verkehrsflächenabflüssen. Der Prüfstoff ist von der Prüfstelle bereitzustellen und auf seine Korngrößenverteilung hin zu überprüfen. Die Abweichung des Anteils < 63 µm vom Sollwert des Prüfstoffs darf maximal 5 % betragen.

Tabelle 4: Korngrößenverteilung des zu verwendenden Prüfstoffs (Quarzmehl) Millisil W 4 (Quarzwerkegruppe, 2009)

Korndurchmesser [µm]	Summe der Rückstände [%]	Korndurchmesser [µm]	Summe der Rückstände [%]
400	0,1	40	66
315	0,2	32	70
200	4	16	80
160	10	8	88
125	22	6	91
100	30	4	93
63	51	2	96

2. Es wird mit Leitungswasser geprüft. Die Temperatur des Leitungswassers darf während der Prüfung 18 °C nicht überschreiten.

6.5 Feststoffdosierung und Strömungsbedingungen

1. Der Prüfstoff wird dem Beschickungswasserstrom kontinuierlich mittels einer volumetrischen Dosierschnecke zugegeben. Der Dosierer muss sich für brückenbildende Pulver eignen.
2. Der Durchmesser und das Gefälle der Zulauf- und Ablaufleitung muss so konzipiert sein, dass Ablagerungen vermieden werden und die Homogenisierung des Zulaufstromes gewährleistet ist. Dies ist nach der Prüfung durch Sichtung zu kontrollieren und zu dokumentieren.

Vorgeschlagen wird folgende Zulaufgestaltung, die im Einzelfall an die Geometrie und Größe der zu prüfenden Anlagen anzupassen ist:

- ▶ Durchmesser der Zulaufstrecke nach Prüfstoff-Zudosierung entsprechend des Durchmessers der Anlage oder kleiner (um höhere Fließgeschwindigkeiten zu erhalten und Feststoffeintrag sicherzustellen) und anschließend Aufweiten bis zum Durchmesser der Anlage.
- ▶ Länge der Zulaufstrecke nach Zudosierung: nicht mehr als 1 m.
- ▶ Die Zulaufstrecke ist noch Teil des Prüfstandes, nicht Teil der Behandlungsanlage. Um Absatzvorgänge in der Zulaufstrecke zu vermeiden, sollte das Gefälle etwa 2 % betragen.

6.6 Ablauf der Prüfung

1. Die Gesamtprüfung besteht aus einer Vorbeladung etwa der Halbjahresfracht mit Millisil W 4, drei feststoffbeladenen Teilprüfungen (TP) unterschiedlicher Intensität, einer weiteren Vorbeladung bis zur Aufbringung der Fracht eines Betriebsjahres sowie einem feststofffreien Spülstoß (siehe Abbildung 3).
2. Am ersten Tag der Prüfung wird zunächst etwa 51 % der Jahresfracht mit einer Konzentration von $c = 3.000 \text{ mg/l}$ für Kat. II bzw. max. 4.000 mg/l für Kat. III auf die Anlage aufgebracht. Mit der Prüfstoffzuführung wird begonnen, wenn in der Anlage stabile Strömungsverhältnisse vorliegen. Die Kontrolle des Beschickungswassers auf den AFS-Gehalt kann über den AFS-Eintrag der Dosierschnecke und den Durchfluss der Pumpe erfolgen.

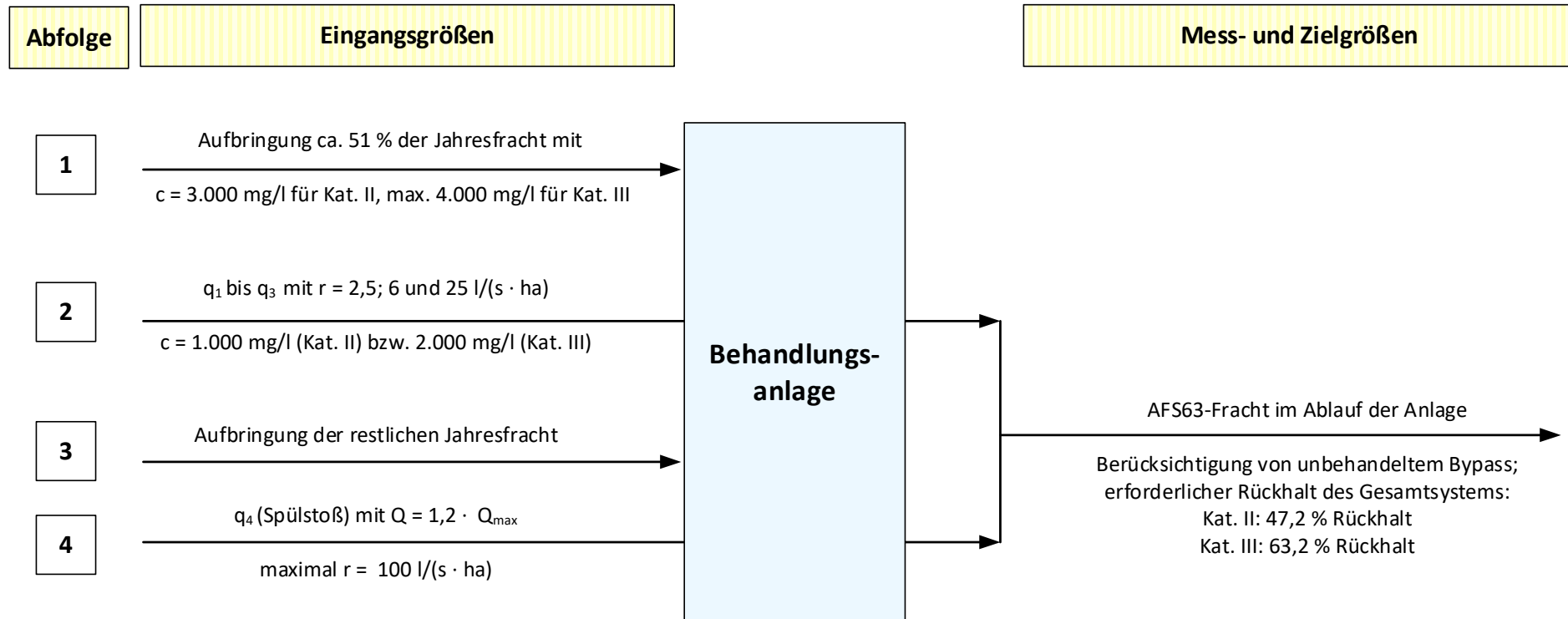
Am zweiten Tag der Prüfung schließen sich die Regenspenden q_1 bis q_3 sowie die restliche Jahresfrachtaufbringung an. Zwischen Tag 1 und Tag 2 dürfen ein Wochenende oder ein Feiertag liegen. Wartezeiten zwischen den Prüfregenspenden sind nur vorzusehen, wenn es versuchspraktische Gründe erfordern. Mit der Prüfstoffzuführung wird begonnen, wenn in der Anlage stabile Strömungsverhältnisse vorliegen. Das Beschickungsvolumen bei den Teilprüfungen TP 1 bis TP 3 muss dabei mindestens dem zweifachen Volumen der Anlage entsprechen. Die Wartezeiten sind zu dokumentieren.

Um sicher zu gehen, dass bereits zurückgehaltene Feststoffe bei einem Spülstoß nicht wieder ausgewaschen werden, wird eine vierte Prüfregenspende mit $1,2 \cdot Q_{\max}$ und einer Dauer von 15 Minuten, aber feststofffreiem Zulaufwasser, an Tag 4 durchgeführt. Hier ist eine Wartezeit von 16 bis 24 Stunden nach der Frachtaufbringung an Tag 3 einzuhalten. Bei dem Spülstoß ist keine Berücksichtigung des Austauschvolumens erforderlich.

Beispielhaft ist das Prüfprozedere für eine Anlage der Kategorie II und $A_{b,a} = 1.000 \text{ m}^2$ in Tabelle 5 dargestellt.

Abbildung 3: Grundkonzeption des Prüfverfahrens und Angabe von Messgrößen

AFS: Abfiltrierbare Stoffe; q_n : Prüfregenspende



Ausgehend von AFS63-Frachten nach DWA A 102, einer Frachtaufteilung Anlage/Bypass 90/10 und einem Anteil von 49 % AFS63 in Millisil W 4:

Jahresfracht Kategorie II: $530 \text{ kg AFS63}/(\text{ha} \cdot \text{a}) \cdot 0,9 \cdot 0,49$: entspricht $97,35 \text{ g Millisil}/\text{m}^2$

Jahresfracht Kategorie III: $760 \text{ kg AFS63}/(\text{ha} \cdot \text{a}) \cdot 0,9 \cdot 0,49$: entspricht $139,6 \text{ g Millisil}/\text{m}^2$

Quelle: eigene Darstellung, Frankfurt University of Applied Sciences, 2022

Tabelle 5: Prüfprozedere für eine Anlage der Flächenkategorie II mit einer Anschlussfläche von A = 1.000 m² mit einer Teilbeladung an Tag 1 mit 51 % der Jahresfracht (Unge- nauigkeiten durch Rundungsfehler)

		Prüfregen- spenden	Prüf- dauer	Nieder- schlags- volumen	Durchfluss	Millisil- Zugabe	Millisil- Konzent- ration	Probe- nahme
		[l/(s · ha)]	[h]	[m ³]	[m ³ /h]	[kg]	[mg/l]	
Tag 1	Beladung	6,0	7,7	16,6	2,16	49,9	3.000	keine
Tag 2	TP1	2,5	8,0	7,2	0,9	7,2	1.000	je 5 A- und B-Proben auf AFS63
Tag 3	TP2	6,0	3,33	7,2	2,16	7,2	1.000	
	TP3	25,0	0,8	7,2	9,0	7,2	1.000	
		Summe TP1 bis TP3		21,6	21,6			
	Beladung	6,0	4,0	8,6	2,16	25,9	3.000	keine
Summe Prüfdauer Tag 3			8,1					
Wartezeit 16 bis 24 h								
Tag 4	TP4	1,2 · 25,0	15 min	2,7	10,8	0,0	0	15 Proben AFS63
Gesamtsumme Millisilzugabe						97,4		

3. Im Ablauf wird der AFS63 bestimmt. Dazu werden Wasserproben in Glasflaschen am Ablauf der Anlage entnommen. Die Probennahme erfolgt nach wie in Tabelle 6 dargestellt festgelegten Probennahmezeiten. Müssen die Probenahmedauern unter Berücksichtigung eines mindestens zweifachen Austauschvolumens verlängert werden, so sind die Probennahmezeitpunkte anzupassen.

Es werden jeweils fünf mal zwei Proben in 1-l-Behältern (A- und B-Probe) entnommen. Die 1-l-Behälter müssen jeweils mindestens 800 ml enthalten. Bei Überfüllung muss diese Probe verworfen und eine weitere Probe entnommen werden.

Tabelle 6: Probennahmezeitpunkte der AFS-Prüfung

Regenspende [l/(s ha)]	festgesetzte Prüfdauer	Probennahmezeitpunkte [min]
2,5	8 h	96/192/288/384/480
6	200 min	40/80/120/160/200
25	48 min	10*/19/29/38/48
Beladung		Im Beladungszeitraum in Abstand von 1 Stunde

* die erste Teilprobe setzt sich zusammen aus 5 Einzelproben zu je 200 ml nach 2, 4, 6, 8 und 10 Minuten.

4. Während der Beladung am ersten und am dritten Tag werden zur Kontrolle in Abständen von mindestens einer Stunde jeweils zwei AFS63-Proben im Ablauf in 1-l-Behältern gezogen.
5. Der Spülstoß selbst wird feststofffrei durchgeführt. Vor dem Spülstoß ist eine 16- bis 24-stündige Wartezeit einzuhalten, damit sich die Feststoffe in der Behandlungsanlage absetzen können.
Das Anfahren der Pumpe auf die Endleistung von $1,2 \cdot Q_{\max}$ sollte innerhalb von 30 sec abgeschlossen sein. Erst ab diesem Zeitpunkt beginnt die 15-minütige Prüfdauer mit insgesamt 15 im Abstand von etwa einer Minute verteilten Probennahmen. Die erste Probe ist nach genau 30 sec ohne Berücksichtigung des Austauschvolumens zu nehmen.

6.7 Analytik

1. Jede Teilprobe ist zunächst über einen 63- μm -Sieb zu sieben. Hierbei ist auf ein sorgfältiges Nachspülen mit deionisiertem Wasser zu achten, um auch nicht sichtbare Feinanteile vom Siebrand zu spülen. Der Siebdurchgang wird anschließend über einen vorher gewogenen und getrockneten Membranfilter mit einer Maschenweite von 0,45 μm bzw. einem Filter gemäß (DIN EN 872 in der jeweils gültigen Fassung) filtriert. Dieser wird nach der Filtration im Trockenschrank bei 105°C bis zur Massenkonstanz getrocknet und dann gewogen, um die Menge an Feststoffen < 63 μm als feine abfiltrierbare Stoffe (AFS63) zu ermitteln.
2. Je Prüfregenspende q_1 bis q_3 ergeben sich zehn Messergebnisse, im Spülstoß sind es 15, während der Beladung 4 Messergebnisse.

6.8 Auswertung und Bewertung der Prüfergebnisse

1. Aus dem Mittelwert der 5 · 2 AFS63-Ablaufkonzentrationen jeder Teilprüfung ergibt sich die mittlere Ablaufkonzentration für TP1 bis TP3. Diese wird jeweils mit dem Volumen während der Teilprüfung multipliziert. Somit ergibt sich die AFS63-Ablauffracht je Teilprüfung in [kg].
2. Die AFS63-Ablauffracht jeder Teilprüfung TP 1 bis TP 3 wird ins Verhältnis zur AFS63-Zulauffracht (Ist-Fracht aus Prüfprotokoll) gesetzt. Da mit einem mineralischen Prüfstoff (Millisil W 4) mit einer Korngrößenverteilung von 0 – 250 μm geprüft wird, hat eine Umrechnung der AFS63-Wirksamkeit auf die feinen Anteile < 63 μm im Prüfstoff zu erfolgen.

Berechnung AFS63-Wirkungsgrad [%] je Teilprüfung 1 bis 3

$$\eta_{\text{AFS63 TP}} [\%] = \left(1 - \frac{\text{AFS63-Ablauffracht-TP [kg]}}{0,49 \cdot \text{Millisilzulauffracht-TP [kg]}} \right) \cdot 100 \% \quad (1)$$

Daraus ergeben sich drei Wirkungsgrade, die gemittelt werden.

3. Aus den 15 AFS63-Ablaufkonzentrationen des Spülstoßes wird ein Mittelwert berechnet. Dieser wird mit dem Volumen während des Spülstoßes multipliziert. Somit ergibt sich die AFS63-Ablauffracht des Spülstoßes in [kg].
4. Der Wirkungsgrad aus dem Spülstoß berechnet sich aus der ausgetragenen AFS63-Fracht während des Spülstoßes geteilt durch die eingetragene AFS63-Gesamtfracht während der Prüfung. Das Ergebnis ist ein negativer Wirkungsgrad.

Berechnung AFS63-Wirkungsgrad [%] des Spülstoßes

$$\eta_{AFS63} \text{Spülstoß} [\%] = \frac{\text{AFS63-Ablauffracht-Spülstoß [kg]}}{0,49 \text{ Millisilzulauffracht-Gesamtprüfung [kg]}} \cdot 100 \text{ \%} [\%] \quad (2)$$

5. Der Anlagenwirkungsgrad ergibt sich aus der Summe des Mittelwertes des Wirkungsgrades der TP 1 bis 3 aus (1) und des Wirkungsgrades des Spülstoßes aus (2). Der Anlagenwirkungsgrad muss kleiner als der Mittelwert des Wirkungsgrades der Teilprüfungen sein.

Berechnung AFS63-Anlagenwirkungsgrad [%]

$$\eta_{AFS63} \text{Anlage} [\%] = \text{Mittelwert } \eta_{AFS63} \text{TP 1 bis 3} + \eta_{AFS63} \text{Spülstoß} [\%] \quad (3)$$

6. Um den Wirkungsgrad des Gesamtsystems zu ermitteln, ist die Gesamtwirksamkeit unter der Prämisse, dass 10 % der Jahresfracht unbehandelt über den Bypass an der Anlage vorbeigeleitet und 90 % behandelt werden, zu berechnen:

Umrechnung des AFS63-Rückhaltes in der Anlage auf den Gesamtrückhalt des Systems in [%]

$$\eta_{AFS63} \text{Gesamtsystem} [\%] = \eta_{AFS63} \text{Anlage} [\%] \cdot 0,9 [\%] \quad (4)$$

Nachfolgend (Tabellen 7 bis 10) ist eine beispielhafte Auswertung für die Prüfung einer Anlage mit $A_{b,a} = 1.000 \text{ m}^2$ dargestellt:

Tabelle 7: Fracht Eintrag für $A_{b,a} = 1.000 \text{ m}^2$ (fiktiv)

Eintrag	[kg]
Millisil Soll	97,3
Millisil lt. Protokoll (fiktiv)	96,8
AFS63	47,4

Tabelle 8: Fiktive Messergebnisse AFS63 [mg/l]

Teilprüfung	Prüfregenspende	Probe	A-Probe	B-Probe
	l/(s · ha)		mg/l	mg/l
TP 1	2,5	1	68	70
		2	60	58
		3	65	62
		4	40	42
		5	44	46
		Mittelwert		56
TP 2	6	1	42	44
		2	50	50
		3	60	62
		4	65	64
		5	70	68
		Mittelwert		58
TP 3	25	1	199	202
		2	220	222
		3	256	250
		4	270	266
		5	272	278
		Mittelwert		244
Spülstoß	1,2 * 25	1	70	
		2	380	
		3	1500	
		4	700	
		5	400	
		6	200	
		7	120	
		8	90	
		9	60	
		10	50	
		11	60	
		12	50	
		13	40	
		14	40	
		15	40	
Mittelwert		253		

Tabelle 9: AFS63-Frachtin- und -austräge, Durchflüsse, Prüfdauer und Konzentrationen als Bewertungsgrundlage für die fiktive Prüfung einer Anlage mit $A_{b,a} = 1.000 \text{ m}^2$

Teilprüfung	AFS63-Fracht- eintrag nach Protokoll	Durchfluss	Dauer	Volumen	AFS63-Ab- laufkonzentration	AFS63- Fracht- Austrag	AFS63- Wirkungs- grad
	[kg]	[m ³ /h]	[h]	[m ³]	[g/m ³]	[kg]	[%]
TP 1	3,48	0,9	8	7,2	56	0,403	88,4
TP 2	3,51	2,16	3,33	7,2	58	0,428	87,8
TP 3	3,58	9,0	0,8	7,2	244	1,757	15,3
Spülstoß	gesamt 47,4	10,8	0,25	2,7	253	0,683	-1,4

Tabelle 10: Berechnung der AFS63-Wirksamkeit einer fiktiven Anlage mit $A_{b,a} = 1.000 \text{ m}^2$

Bezeichnung	AFS63-Wirkungsgrad [%]
TP 1	88,4
TP 2	87,8
TP 3	15,3
Mittelwert TP1 bis 3	63,8
Spülstoß	-1,4
Anlage, gesamt	62,4
System, gesamt, abzüglich Bypass (10%)	56,2

Der erforderliche Wirkungsgrad für das Gesamtsystem von 47,2 % gemäß Tabelle 1 wird mit dem ermittelten Wirkungsgrad von 56,2 % erreicht.

7 Erlangen des Prüfzeugnisses

1. Die Gesamtprüfung der Niederschlagswasserbehandlungsanlage ist bestanden, wenn
 - ▶ die beschriebene Prüfung durchgeführt und der erforderliche Rückhalt für das Gesamtsystem gemäß Tabelle 1 eingehalten wurde sowie
 - ▶ die Umweltverträglichkeitsprüfung (nach Erfordernis) durchgeführt und bestanden sowie
 - ▶ substratspezifische Kennwerte (z. B. Korngrößenanalyse oder Schüttdichte) des eventuell vorhandenen Filtermaterials ermittelt und hinterlegt wurden.

8 Wartungs- und Kontrollanweisungen

1. Jeder Hersteller ist verpflichtet, eine anlagenspezifische Wartungs- und Kontrollanweisung zu verfassen. Diese wird durch die Zertifizierungsstelle begutachtet, evtl. angepasst und ist Teil des Zertifikats.
2. Die Wartungsanweisung kann z. B. folgende Punkte enthalten:
 - a. Eine Inaugenscheinnahme der eingebauten Anlage ist monatlich und zusätzlich nach betrieblich bedeutsamer Beaufschlagung durchzuführen.
 - b. Eine dezentrale Behandlungsanlage ist regelmäßig, mindestens jährlich, zu warten. Im ersten Betriebsjahr sind kürzere Intervalle, z. B. quartalsweise, sinnvoll, da die spezifischen Bedingungen des Standortes so erfasst werden können. Nach ein bis zwei Betriebsjahren und vorliegenden Betriebserfahrungen kann das Intervall größer gefasst werden.
 - c. Folgende Tätigkeiten sind bei einer Wartung mindestens durchzuführen: Zur Bestimmung des Füllgrades in der Anlage ist der Schlamm Spiegel zu messen und falls erforderlich, der zurückgehaltene Schlamm fachgerecht durch geschultes Personal auszuräumen und zu entsorgen. Vorhandene Filter sind einer Druckprüfung zu unterziehen und nach Erfordernis zu spülen.
 - d. Falls eine Drossel eingebaut ist, ist deren Funktionsfähigkeit zu überprüfen.
 - e. Weiterhin enthält die Anweisung Hinweise zur Vorgehensweise bei vermehrtem Aufkommen von vegetationsbedingten Belastungen (Blütenpollen, Laub) oder bei Bautätigkeiten.
 - f. Wartungen sind zu dokumentieren.
3. Nach Genehmigung und Einbau einer Anlage kann die Genehmigungsbehörde das Hinterlegen von Wartungsprotokollen zur Auflage machen.
4. Ein Wartungsvertrag mit speziell dazu ausgerichteten Fachfirmen ist anzuraten.
5. Das Prüfzertifikat erhält auch Vorgaben zur erforderlichen Kalibrierung und Überprüfung der Drosselleistung nach x Jahren, ähnlich, wie es für zentrale Anlagen in einigen Eigenkontroll- oder Selbstüberwachungsverordnungen der Länder vorgeschrieben ist, z. B. SüwVO Abw NRW (MKULNV 2013/2022) bzw. EKVO (Land Hessen 2010). Alternativ oder zusätzlich können Vorgaben zur Überprüfung, ob Wasser tatsächlich durch die Anlage fließt, z. B. mittels Drucksonde, vorgeschrieben werden.

9 Literaturverzeichnis

- BMJ (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. BBodSchV, vom 19.06.2020. Fundstelle: BGBl. I S. 1554/BGBl. I S. 1328.
- DIBt (2011): Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser. Hg. v. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin. Online verfügbar unter <http://www.efcc.eu/media/3305/2011-09-dibt-bewertung-der-auswirkungen-von-bauprodukten-auf-boden-und-grundwasser.pdf>.
- DIN EN ISO 17892-1 (2015): Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts. Hg. v. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
- DWA-A 102-2 (2020): Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer - Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Dezember 2020. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V (DWA-Arbeitsblatt, 102-2).
- DWA-M 179 (in Bearbeitung): Merkblatt DWA-M 179 Empfehlungen für Planung und Betrieb von dezentralen Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V (DWA-Merkblatt, 179).
- Hessen (2010): Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO) vom 23. Juli 2010.
- LAGA (2003): Teil I "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln", vom 06.01.2003. In: *Länderarbeitsgemeinschaft Abfall* (Mitteilung M 20). Online verfügbar unter https://www.laga-online.de/documents/m20-allteil-endfassung-031106_1643296666.pdf.
- Land Hessen (2010): Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO), vom 23.07.2010. Fundstelle: GVBl. I 2010, 257.
- LAWA (2016): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Fundstelle: Stuttgart. In: *Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser*. Online verfügbar unter https://sns.uba.de/umthes/de/concepts/_00652218.html.
- Meißner, E. (2008): Grundlagen zum Prüfverfahren von Regenwasserbehandlungsanlagen. unveröffentlichter Bericht. LfU Augsburg; Referat 66. Augsburg.
- MKULNV (2013/2022): Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz - Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen - Selbstüberwachungsverordnung Abwasser. SüwVO Abw, vom 17.10.2013; Stand 30.09.2022. Fundstelle: GV. NRW. S. 133.
- Wahrmund, D. (2008): Ablauf einer Umweltverträglichkeitsprüfung. DIBt, Berlin, 2008. persönliche Mitteilung.