

Schriftenreihe Umweltingenieurwesen

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Band 116

Tagungsband

13. ROSTOCKER ABWASSERTAGUNG

BEWIRTSCHAFTUNG UND BEHANDLUNG VON
NIEDERSCHLAGSWASSER

Umsetzung des DWA-A 102 und flankierender Regelwerke
in der Praxis

7. November 2023
an der Universität Rostock



PROFESSUR

Wasserwirtschaft

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

ISBN 978-3-86009-549-2
DOI: https://doi.org/10.18453/rosdok_idoooo4432

Schriftenreihe

Bd.
116

Umweltingenieurwesen ■ Wasserwirtschaft

Schriftenreihe Umweltingenieurwesen

Band 116

Tagungsband

13. ROSTOCKER ABWASSERTAGUNG

BEWIRTSCHAFTUNG UND BEHANDLUNG VON NIEDERSCHLAGSWASSER

Umsetzung des DWA-A 102 und flankierender Regelwerke
in der Praxis

am 7. November 2023
an der Universität Rostock

Professur

Wasserwirtschaft

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

Tagungsband zur 13. Rostocker Abwassertagung

HERAUSGEBER

Prof. Dr.-Ing. Jens Tränckner
Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Professur Wasserwirtschaft
18051 Rostock

CIP-KURZTITELAUFNahme

13. Rostocker Abwassertagung
Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Rostock, 2023

© Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät,
18051 Rostock

BEZUGSMÖGLICHKEITEN

Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Professur Wasserwirtschaft
Satower Straße 48, 18059 Rostock
Tel.: 0381/498-3461, Fax: 0381/498-3462

ISBN 978-3-86009-549-2

DOI: https://doi.org/10.18453/rosdok_id00004432

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Programm.....	III
Vorwort (<i>Jens Tränckner</i>).....	V
Arbeits- und Merkblattreihe DWA A-/M-102: Impulse zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Niederschlagswasser (<i>Theo G. Schmitt</i>).....	1
Naturnaher Wasserhaushalt – Anforderungen und rechnerischer Nachweis (<i>Birgitta Hörnschemeyer, Malte Henrichs</i>).....	17
Versickern von Niederschlagswasser nach dem neuen DWA-A 138-1 (<i>Brigitte Helmreich</i>).....	29
Dezentrale technische Regenwasserbehandlungsanlagen (<i>Brigitte Helmreich, Stephan Fuchs</i>).....	39

	Seite
Immissionsorientierte Nachweisführung am Beispiel der Döllnitz in Sachsen (<i>Hubertus Milke, Tilo Sahlbach</i>).....	53
Rostock auf dem Weg zur „Schwammstadt 2080“ (<i>Nils Goldammer, Sven Schmeil</i>).....	65
Kooperatives Niederschlagswassermanagement (Koop-N) - Potenziale durch Einbeziehung von großen Wohnungsbauunternehmen in den blau-grünen Stadtumbau (<i>Ove Syring, Miriam Schröter</i>).....	79
Niederschlagswassermanagement auf überörtlichen Straßen (<i>Hubertus Milke, Tilo Sahlbach</i>).....	93
Niederschlagswasser auf Landwirtschaftsbetrieben und Biogasanlagen - Leitfaden für MV (<i>Jens Tränckner, Michaela Koch</i>).....	107

PROGRAMM

Dienstag, 07. November 2023

8.30 Uhr Anmeldung, Begrüßungskaffee

Begrüßung

9.30 Uhr Begrüßung
Prof. Dr. Jens Tränckner
(Professur für Wasserwirtschaft, Universität Rostock)

9.45 Uhr Grußwort Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft,
ländliche Räume und Umwelt

Block 1 Überblick und verwaltungsrechtliche Umsetzung

10.00 Uhr Arbeits- und Merkblattreihe DWA A-/M-102:
Impulse zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Niederschlagswasser
Prof. Dr. Theo G. Schmitt (TU Kaiserslautern)

10.45 Uhr Diskussion

11.00 Uhr *Kaffeepause*

Block 2 Dezentrale Behandlungsmaßnahmen

11.30 Uhr Naturnaher Wasserhaushalt – Anforderungen und rechnerischer
Nachweis
Birgitta Hörnschemeyer (FH Münster)

11.50 Uhr Versickern von Niederschlagswasser nach dem neuen DWA-A 138-1
Prof. Dr. Brigitte Helmreich (TU München)

12.10 Uhr Dezentrale technische Regenwasserbehandlungsanlagen
Prof. Dr. Brigitte Helmreich (TU München)
Prof. Dr. Stephan Fuchs (KIT)

12.30 Uhr Diskussion

12.50 Uhr *Mittagspause und Fachmesse*

Block 3 Umsetzungsbeispiele

13.50 Uhr Immissionsorientierte Nachweisführung am Beispiel der Döllnitz in Sachsen
Prof. Dr. Hubertus Milke (HTWK Leipzig)
Tilo Sahlbach (HTWK Leipzig)

14.10 Uhr Rostock auf dem Weg zur „Schwammstadt 2080“
Sven Schmeil (Amt für Umwelt- und Klimaschutz der Hanse- und Universitätsstadt Rostock)
Nils Goldammer (Nordwasser GmbH)

14.30 Uhr Kooperatives Niederschlagswassermanagement (Koop-N) -
Potenziale durch Einbeziehung von großen Wohnungsbau-
unternehmen in den blau-grünen Stadtumbau
Ove Syring (Professur für Wasserwirtschaft, Universität Rostock)
Miriam Schröter (Amt für Umwelt- und Klimaschutz der Hanse- und Universitätsstadt Rostock)

14.50 Uhr Diskussion

15.00 Uhr *Kaffeepause*

Block 4 Niederschlagswasser außerhalb von Siedlungen

15.20 Uhr Niederschlagswassermanagement auf überörtlichen Straßen
Tilo Sahlbach (HTWK Leipzig)
Prof. Dr. Hubertus Milke (HTWK Leipzig)

15.40 Uhr Niederschlagswasser auf Landwirtschaftsbetrieben und
Biogasanlagen – Leitfaden für MV
Prof. Dr. Jens Tränckner
(Professur für Wasserwirtschaft, Universität Rostock)
Michaela Koch (Landkreis Rostock, Untere Wasserbehörde)

16.00 Uhr Diskussion

16.10 Uhr Zusammenfassung und Verabschiedung
Prof. Dr. Jens Tränckner
(Professur für Wasserwirtschaft, Universität Rostock)

16.30 Uhr *Ende der Veranstaltung*

Vorwort

Die Notwendigkeit einer nachhaltigen und gewässerschonenden Bewirtschaftung von Regenwetterabflüssen ist ein zentrales Thema der Siedlungswasserwirtschaft. Mit der Einführung des DWA-Regelwerks A/M 102 werden klare Anforderungen an einen naturnahen Wasserhaushalt, die stoffliche Behandlung und die immissionsorientierte Bewertung von Einleitungen formuliert. Diese Anforderungen werden flankiert durch passgenaue Arbeits- und Merkblätter für den Entwurf und Betrieb von Anlagen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und zentralen stofflichen Behandlung. Damit einher gehen auch bisher ungewohnte und durchaus ambitionierte Bewertungsverfahren.

Dies führt in der gesamten Branche für viel Bewegung, aber auch Unsicherheit in der konkreten Umsetzung. Zu diskutieren sind nicht nur methodische Fragen bei der Anwendung und die konkrete technische Implementierung, sondern auch der Umgang mit bestehenden Wasserrechten, eine strukturierte Priorisierung im Sinne eines praktischen Gewässerschutzes sowie Fragen der Betriebsführung, Kostenverteilung und vieles mehr.

Niederschlagswassermanagement ist auch nicht begrenzt auf den Siedlungsbereich. Außerhalb von Siedlungen steht in unserer Region vor allem das Niederschlagswasser von Verkehrswegen und Landwirtschaftsbetrieben im Fokus. Welche Vorgaben und Möglichkeiten einer gewässerschonenden Bewirtschaftung gibt es hier? Und wie lässt sich das gewässerübergreifend zusammenführen?

Ziel der Veranstaltung ist deshalb die Darstellung und Diskussion weitreichender Konsequenzen der neuen Regelwerke für Planung, Betrieb und wasserrechtliche Verwaltung. Ausgehend von einer fundierten Vorstellung durch die federführenden Autoren werden Möglichkeiten und Werkzeuge für eine strukturierte Umsetzung aufgezeigt. Erfahrungsberichte und gelungene Praxisbeispiele illustrieren die erforderliche Kooperation verschiedener Aufgabenträger und Behörden sowie die damit einhergehenden Potenziale. Gleichzeitig werden Unklarheiten, Unterstützungsbedarfe, Regelungslücken aus Sicht der Praxis angesprochen.

Wir hoffen, mit dieser Tagung Impulse für ein strukturiertes und nachhaltiges Regenwassermanagement in unserer Region zu geben.

Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner

Die Veranstaltung wurde gefördert durch:



Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 102: Impulse zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Niederschlagswasser

Theo G. Schmitt

Kaiserslautern

Kurzfassung / Abstract

Die Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 102 bzw. BWK-A/M 3 mit technischen Regeln für Misch- und Niederschlagswasser zur Einleitung in Oberflächengewässer wurde als Gemeinschaftswerk von Arbeitsgruppen der DWA und des BWK erarbeitet. Nach Veröffentlichung des Weißdrucks der Arbeitsblätter DWA-A 102-1 und -2 (BWK-A 3-1 und -2) im Dezember 2020 liegen zwischenzeitlich alle fünf Teile der Arbeits- und Merkblattreihe vor (DWA 2023). Sie beinhalten emissionsbezogene und immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen zur Beschaffenheit und zu Anforderungen an die Einleitung von Regenwetterabflüssen in Oberflächengewässer. Emissionsbezogene Bewertungskriterien zur stofflichen Belastung und Behandlung von Niederschlagswasser werden ergänzt durch Zielvorgaben zum Erhalt des lokalen Wasserhaushalts und Ansätze zur Quantifizierung der Wasserhaushaltsgrößen zielführender Maßnahmen. Für die Mischwasserbehandlung wird der Schmutzfrachtnachweis als Standardverfahren etabliert.

Bei den immissionsbezogenen Bewertungen und Regelungen in den Teilen 3 und 5 der Arbeits- und Merkblattreihe stehen die hydraulischen und stofflichen Auswirkungen der Einleitung von Regenwetterabflüssen in Oberflächengewässer im Fokus. Dazu werden vereinfachte und detaillierte rechnerische Nachweise sowie biologische und hydromorphologische Bewertungsansätze beschrieben.

1 Einführung

In einer verbandsübergreifenden Kooperation haben DWA und BWK im Jahr 2012 die Erarbeitung systembezogener Regelungen zur Bewirtschaftung von Regenwetterabflüssen (Niederschlagswasser und Mischwasserabflüsse) mit Bezug auf die Einleitung in Oberflächengewässer vereinbart. Als Ergebnis haben die beiden Verbände die Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 102 (BWK-A/M 3) als „*Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer*“ veröffentlicht. Die Inhalte beziehen sich (vorrangig) auf

Bewertung von Regenwetterabflüsse in bzw. aus Siedlungsgebieten. Die Arbeits- und Merkblattreihe gliedert sich in fünf Teile:

- A 102-1: Allgemeines (Weißdruck, Ausgabe Dezember 2020)
- A 102-2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen (Weißdruck, Ausgabe Dezember 2020; Korrekturfassung 10/2021)
- M 102-3: Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen (Weißdruck, Ausgabe Oktober 2021)
- M 102-4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers (Weißdruck, Ausgabe März 2022)
- M 102-5: Hydromorphologische und biologische Verfahren zur immissionsbezogenen Bewertung (Gelbdruck, Ausgabe Dezember 2022)

Entgegen der ursprünglichen Absicht, im Sinne des kombinierten Ansatzes der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000) emissions- und immissionsbezogene Regelungen über die zeitlich und inhaltlich abgestimmte („synchronisierte“) Bearbeitung „gleichrangig“ vorzulegen, haben letztlich nur die emissionsbezogenen Regelungen als Arbeitsblatt die gewünschte Verbindlichkeit erlangt. Die Veröffentlichung von Teil 3 mit immissionsbezogenen Bewertungen und Regelungen als Merkblatt ist dem Ergebnis von Schlichtungsverhandlungen im Gelbdruckverfahren geschuldet. Darüber hinaus war es ein Ergebnis der vielfältigen Stellungnahmen im Gelbdruckverfahren (Vorlage des Gelbdrucks im Oktober 2016), die methodischen Ansätze zur Wasserhaushaltsbilanz (Teil 4) sowie zu hydromorphologischen und biologischen Verfahren der immissionsbezogenen Bewertung (Teil 5) als Merkblatt mit stärker „empfehlendem Charakter“ vorzulegen. Dies war der Einsicht geschuldet, dass für diese Inhalte bislang eher begrenzte Anwendungserfahrungen vorliegen.

Nachstehend werden die wesentlichen Inhalte von DWA-A/M 102 bzw. BWK-A/M 3 im Überblick vorgestellt. Der Fokus des Beitrages liegt dann auf den emissionsbezogenen Regelungen und Bewertungen zum Umgang mit Niederschlagswasser. Vereinfachend wird nachfolgend die DWA-bezogene Bezeichnung des Regelwerks verwendet.

2 Gegenstand der Regelungen in DWA-A/M 102

2.1 Regenwetterabflüsse in Siedlungsgebieten

Die Regelungen in DWA-A/M 102 gelten mit ihren Bewertungen und Anforderungen für Regenwetterabflüsse in Siedlungsgebieten. Der Begriff „Regenwetterabflüsse“ umfasst Niederschlagswasser in der Definition nach WHG (2009) in seinem Auftreten

allgemein und systemspezifisch in Bezug auf Trennsysteme sowie in der Vermengung mit Schmutzwasser als Mischwasserabfluss in der Mischkanalisation.

Mit der begrifflichen Verknüpfung „Regenwetterabflüsse in Siedlungsgebieten“ wird der Anwendungsbereich der Regelungen auf bebaute Gebiete begrenzt.

Die grundlegenden Vorgaben zur Bewertung der stofflichen Beschaffenheit des Niederschlagswassers gelten im Grundsatz auch für dezentrale Maßnahmen in Verbindung mit der Grundstücksentwässerung.

2.2 Regenwetterabflüsse zur Einleitung in Oberflächengewässer

Die Regelungen in DWA-A/M 102 zielen auf die Einleitung der Abflüsse in Oberflächengewässer. Damit wird eine eindeutige Abgrenzung vom Anwendungsbereich des Arbeitsblattes DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ gezogen, das mit der Versickerung auf die Einleitung ins Grundwasser fokussiert (DWA 2005/2020).

Die Vorgaben und Anforderungen an die Einleitung von Regenwetterabflüssen in Oberflächengewässer differenzieren sehr stark zwischen Niederschlagswasser und Mischwasser und daraus resultierenden Überläufen. Dies ist in der unterschiedlichen stofflichen Beschaffenheit der Abflüsse begründet. Zudem bedingt die enge Verknüpfung der Mischwasserabflüsse mit der Abwasserbehandlung in der Kläranlage eine übergreifende Systembetrachtung für deren gesamtes Einzugsgebiet.

Abbildung 1 illustriert den Regelungskontext „Regenwetterabflüsse zur Einleitung in Oberflächengewässer“.

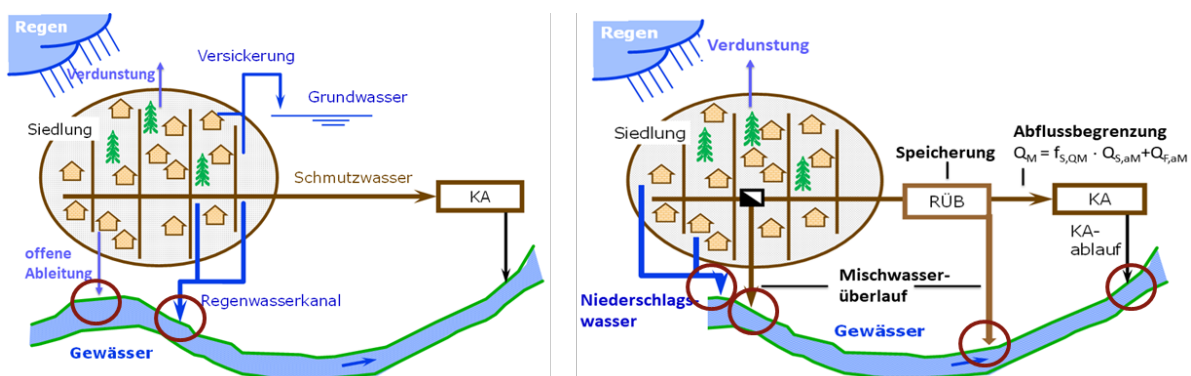


Abbildung 1: Niederschlagswasser und Mischwasser(überläufe) mit Einleitung in Oberflächengewässer

2.3 Bewirtschaftung von Regenwetterabflüssen

Die Bewirtschaftung von Regenwetterabflüssen als zielgerichteter Umgang mit den maßgeblichen Abflusskomponenten erfolgt in zwei Ausrichtungen:

- in Bezug auf den Wasserhaushalt und die Zielvorgabe, Verdunstung und Versickerung (Grundwasserneubildung) möglichst nah am nicht bebauten Zustand zu erhalten und die Zunahme des oberirdischen Abflusses zu begrenzen;
- in Bezug auf stoffliche Belastungen des Niederschlagswassers sowie der Mischwasserabflüsse mit Prüfung von Behandlungserfordernissen und gewässerverträglichen Entsorgungswegen;

2.4 Behandlung von Regenwetterabflüssen

Die Regelungen zur Behandlung von Regenwetterabflüssen beinhalten die Bewertung der stofflichen Beschaffenheit von Niederschlagswasser und methodische Ansätze zur Ableitung des notwendigen Umfangs eines gezielten Stoffrückhalts sowie zur Auswahl geeigneter dezentraler oder zentraler Behandlungsanlagen. Sie beinhalten zudem Grundsätze und Vorgaben zur Konzeption und Umsetzung der Mischwasserbehandlung in der Wechselwirkung mit der Kläranlage zur Begrenzung des Stoffaustrages aus der Mischkanalisation.

3 Emissionsbezogene Zielvorgaben und Regelungen

3.1 Bewertung des lokalen Wasserhaushalts

Referenzzustand für den lokalen Wasserhaushalt der Siedlungsgebiete ist der unbebaute Zustand, in dem – je nach Bodenbeschaffenheit und Bewuchs – die Verdunstung im Jahresverlauf die größte Komponente ausmacht und die Versickerung einen weiteren erheblichen Anteil des Niederschlags aufnimmt (Abbildung 2).

Im bebauten Zustand verschiebt sich die Wasserbilanz infolge Bebauung und Flächenbefestigungen deutlich in Richtung oberflächiger Abflüsse. In der Umsetzung geht es darum, diese Effekte soweit möglich zu begrenzen, Potenziale zur Verdunstung und Versickerung zu erhalten bzw. durch geeignete Maßnahmen zu befördern. Zur Quantifizierung der Wasserhaushaltsgrößen unterschiedlicher Flächen und Anlagen werden Aufteilungswerte mit Bezug auf den Jahresniederschlag vorgeschlagen.

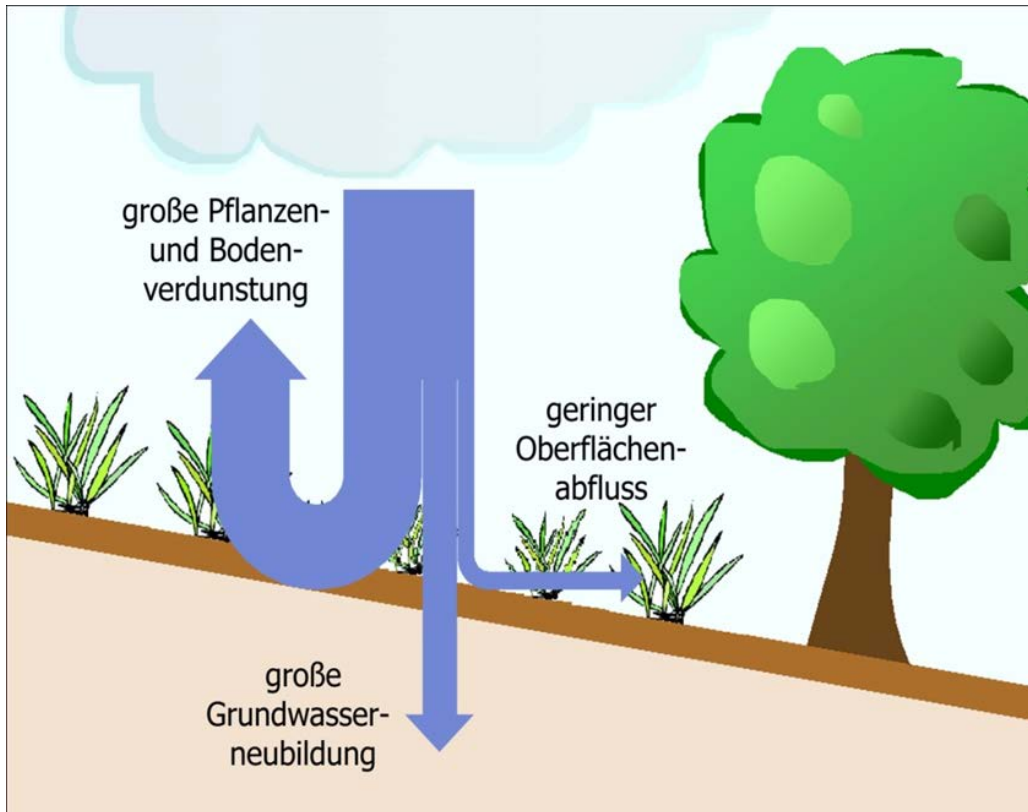


Abbildung 2: Schematische Darstellung zum Wasserhaushalt nicht bebauter Flächen

Aufgrund der sachlichen Zwänge in Bestandsgebieten (begrenzter Handlungsspielraum, fehlende Freiflächen für Maßnahmen) werden als vorrangige Anwendungsbereiche entwässerungstechnische Neuerschließungen, städtebauliche Sanierungsgebiete und Konversionsgebiete ausgewiesen. Hier sollten die Anliegen und Erfordernisse möglichst frühzeitig in Planungen zur Siedlungsentwicklung und konkret in die Erstellung von Bebauungsplänen einbezogen werden.

3.2 Bewertung der stofflichen Belastung von Niederschlagswasser

Für die emissionsbezogene Bewertung der stofflichen Belastung von Niederschlagswasser werden in DWA-A 102-2 die Feststoffe als maßgebende Stoffgruppe ausgewählt, quantifiziert über den Stoffparameter „Abfiltrierbare Stoffe“. Als Referenzparameter dient AFS63 mit Eingrenzung auf den Feinanteil der Feststoffe mit Partikelgrößen bis 63 µm.

3.2.1 Zuordnung von Belastungskategorien

In einem ersten qualitativen Schritt erfolgt die Bewertung über die Gruppierung von Herkunftsflächen des Niederschlagswassers nach unterschiedlichen Flächenarten und ihre Zuordnung zu unterschiedlichen Belastungskategorien.

a) Flächenarten

- Dachflächen (D), Hof- und Wegeflächen (VW), Verkehrsflächen V

Bei diesen Flächenarten steht die Belastung mit Feststoffen im Vordergrund.

- Betriebsflächen (B) und Flächen mit besonderer Belastung (S); z.B. Hof- und Wegeflächen oder Verkehrsflächen von Gewerbe- und Industriebetrieben, von landwirtschaftlichen Betrieben oder auf Flughäfen (ohne Flugfeldflächen) sowie bestimmte Gleisanlagen

Bei diesen Flächenarten sind (zusätzliche) Belastungen mit gelösten Stoffen zu erwarten (Schwermetalle, organische Spurenstoffe), die bei der Auswahl der Anlage zur Behandlung zu berücksichtigen ist.

b) Belastungskategorien

- I: gering belastetes Niederschlagswasser,
- II: mäßig belastetes Niederschlagswasser
- III: stark belastetes Niederschlagswasser.

Auszugsweise zeigt Tabelle 1 das Grundprinzip der Flächenkategorisierung über die Flächenart, die verbale Flächenspezifizierung und die Zuordnung einzelner Flächengruppen zu Belastungskategorien für die Belastungskategorie II. Dabei sollten neben der Flächennutzung auch weitere Faktoren, z.B. besondere Havarierisiken in die Kategorisierung einbezogen werden. Flächen mit Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sind hiervon ausgenommen. Sie sind nach der Verordnung AwSV zu betrachten.

Tabelle 1: Beispiele zur Flächenzuordnung zu Belastungskategorie II (Auszug)

Flächenart	Flächenspezifizierung	Flächen- gruppe (Kurz- zeichen)	Belastungs- kategorie
Hof- und Wegeflächen (VW), Verkehrsflächen (V)	Marktplätze; Flächen, auf denen häufig Freiluftveranstaltungen stattfinden, Einkaufsstraßen in Wohngebieten	VW2	II
	Hof- und Verkehrsflächen außerhalb von Misch-, Gewerbe- und Industriegebieten mit mäßigem Kfz-Verkehr (DTV 300 bis 15.000), z. B. Wohn- und Erschließungsstraßen mit Park- und Stellplätzen, zwischengemeindliche Straßen- und Wegeverbindungen, Zufahrten zu Sammelgaragen Park- und Stellplätze mit mäßiger Frequentierung (z. B. Besucherparkplätze bei Betrieben und Ämtern) Hof- und Verkehrsflächen in Misch-, Gewerbe- und Industriegebieten mit geringem Kfz-Verkehr (DTV ≤ 2.000), mit Ausnahme der unter SV und SWV fallenden	V2	

Die Einstufung der Behandlungsbedürftigkeit von Niederschlagswasser zur Einleitung in Oberflächengewässer über die Zuordnung in Belastungskategorien zeigt Tabelle 2. Danach wird für Niederschlagswasser von Flächen der Kategorien II und III oder mit Anteilen von diesen Flächen grundsätzlich ein gezielter Stoffrückhalt erforderlich. Abflüsse ausschließlich von Flächen der Kategorie I sind bei getrennter Erfassung und Einleitung nicht behandlungsbedürftig.

Tabelle 2: Behandlungserfordernis nach Belastungskategorien (DWA 2020)

Zielgewässer	gering belastet (Kategorie I)	mäßig belastet (Kategorie II)	stark belastet (Kategorie III)
Oberflächen- gewässer	grundsätzlich ohne Behandlung möglich.	grundsätzlich geeignete technische Behandlung erforderlich	

Damit ist zukünftig von einem zunehmenden Erfordernis und entsprechend höherem baulichem und betrieblichem Aufwand für die Behandlung von Niederschlagswasser in Gebieten mit Trennkanalisation auszugehen. Die Installierung dezentraler Anlagen zur gezielten Erfassung der behandlungsbedürftigen Flächen erscheint besonders zielführend, ist allerdings mit erhöhtem betrieblichen Aufwand verbunden. Bei bisheriger konsequenter Anwendung der Regelungen im Merkblatt DWA-M 153 (DWA 2007) sollte sich die Ausweitung des Behandlungserfordernis allgemein in eher begrenztem Maße niederschlagen.

3.2.2 Bezugsgröße „zulässiger Stoffaustrag“

Nach grundsätzlicher Feststellung des Behandlungserfordernisses erfolgt in einem zweiten, zahlenmäßigen Schritt die Ermittlung des notwendigen Umfangs der Behandlung des Niederschlagswassers. Dazu werden den drei Belastungskategorien für den Referenzparameter AFS63 Rechenwerte des flächenspezifischen Stoffabtrages als Jahreswerte zugeordnet (Tabelle 3). Sie werden per Konvention als einheitliche Standardwerte unabhängig von der örtlichen Jahresniederschlagshöhe verstanden und vorgegeben.

Tabelle 3: Rechenwerte des flächenspezifischen Stoffabtrages als Jahresmittelwerte

	$c_{R,AFS63}$ mg/l	$b_{R,AFS63}$ kg/(ha·a)
Kategorie I	50	280
Kategorie II	95	530
Kategorie III	140	760

Der der Kategorie I zugewiesene Wert 280 kg/(ha·a) (Bezug: abflusswirksame befestigte Fläche $A_{b,a}$) stellt dabei den zulässigen jährlichen Stoffabtrag für AFS63. Dieser Wert leitet sich ab aus der Betrachtung des Bezugslastfalls mit einer Jahresniederschlagshöhe von 800 mm, einem Jahresabflussbeiwert von 70 % entsprechend einem flächenspezifischen Jahresabflussvolumen von 5.600 m³/(ha·a) sowie einer mittleren AFS63-Konzentration des Niederschlagswassers von 50 mg/l für Flächen der Belastungskategorie I.

3.2.3 Erforderliche Wirksamkeiten der Behandlungsanlagen

Die erforderliche Wirksamkeit des Stoffrückhaltes („Wirkungsgrad“) leitet sich der Gegenüberstellung des resultierenden Stoffabtrages im betrachteten Einzugsgebiet mit dem als zulässig definierten flächenspezifischen Emissionswert für den Referenzparameter AFS63 ab. Bei getrennter Erfassung des Niederschlagswassers unterschiedlicher Belastungskategorien illustriert Abbildung 3 die Zuordnung der erforderlichen Wirksamkeiten.

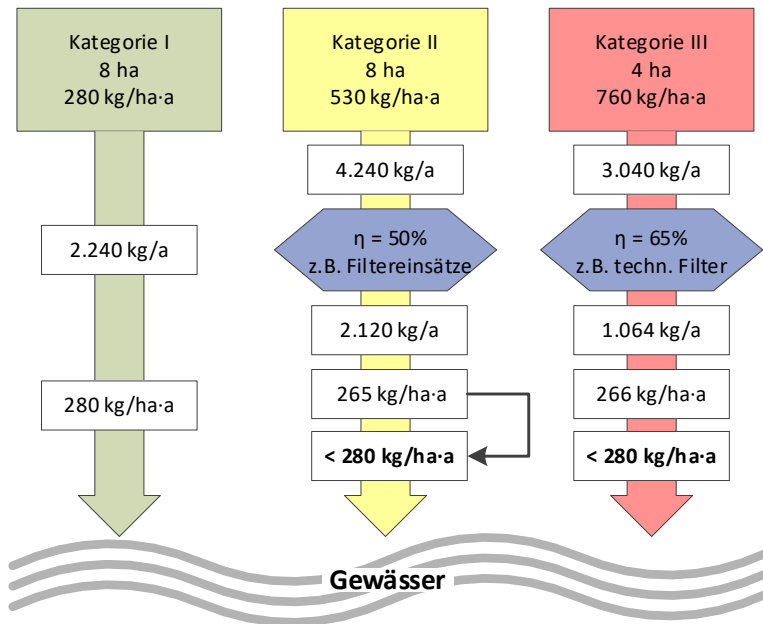


Abbildung 3: Schematisierte Darstellung zur Ermittlung erforderlicher Wirksamkeiten des Stoffrückhaltes bei getrennter Erfassung

Danach resultiert für Niederschlagswasser von Flächen der Kategorie II eine erforderliche Wirksamkeit des Stoffrückhaltes von ca. 47 %, für Kategorie III von ca. 63 %. Diese Werte sollten mit den beispielhaft angegebenen Anlagen erreicht werden. Niederschlagswasser von Flächen der Kategorie I kann definitionsgemäß ohne Behandlung in Oberflächengewässer eingeleitet werden.

Wird das Niederschlagswasser der gleichen Flächenaufteilung entsprechend Abbildung 3 in einem gemeinsamen Regenwasserkanal abgeleitet, ergibt sich aus der Bilanzierung der Teilströme für eine zentrale Behandlungsanlage ein erforderlicher Stoffrückhalt von ca. 42 %. Der Zielwert des Stoffrückhaltes beinhaltet bei Sedimentationsanlagen neben der Sedimentationswirkung je nach Art und Strategie der Entleerung des Bauwerksinhaltes mit nachfolgender Behandlung auch die Speicherwirkung der Anlage. Die sich überlagernde Wirksamkeit ist in DWA-A 102-2, Bild 4, beispielhaft für ein Regenklärbecken mit einer Beckentiefe von 2 m angegeben. Dort würde sich für einen Stoffrückhalt von etwa 40 % eine maximale Oberflächenbeschickung von 6 m/h als Bemessungswert ergeben (Abbildung 4).

Als oftmals wirtschaftlichere Lösung kommt, wie in Abbildung 5 ausgewiesen, eine Sedimentationsanlage mit Einbauten („Schräglärer“) infrage.

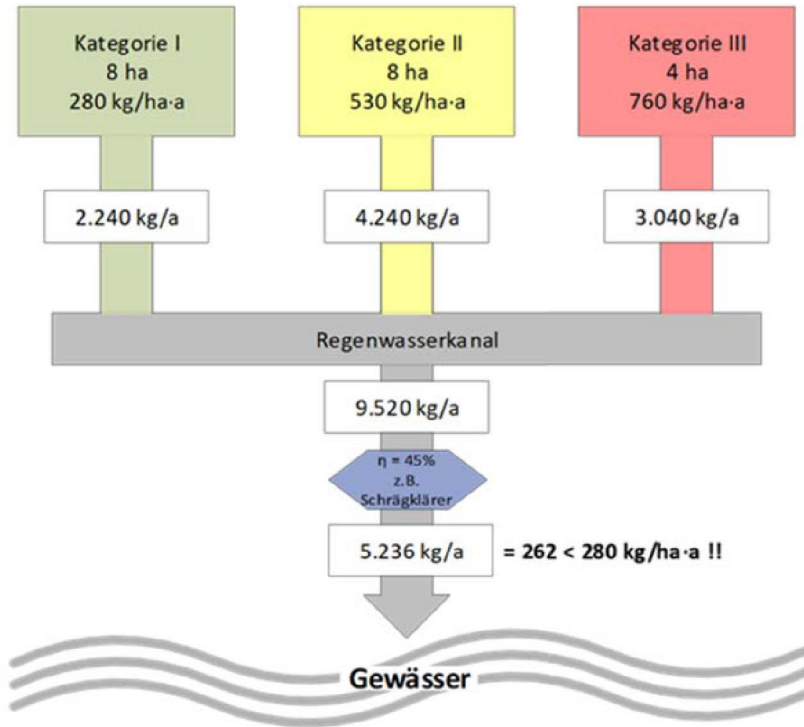


Abbildung 4: Schematisierte Bilanzierung des Stoffabtrages bei zentraler Ausrichtung der Behandlung

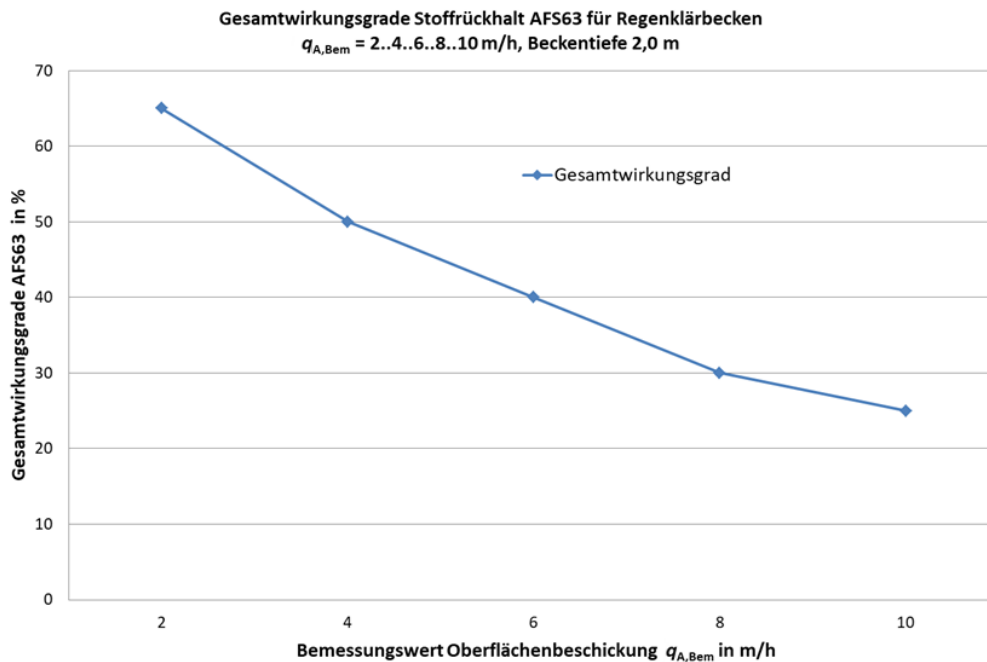


Abbildung 5: Gesamtwirkungsgrade AFS63 von Regenklärbecken in Abhängigkeit der maximalen Oberflächenbeschickung (DWA-A 102-2, Bild 4)

3.3 Behandlungsanlagen für Niederschlagswasser

Der notwendige Stoffrückhalt kann über dezentrale oder zentrale Behandlungsanlagen erzielt werden. Nach ihren Wirkmechanismen werden unterschieden

- Sedimentationsanlagen
- Filteranlagen
- kombinierte Systeme (Sedimentation, Filtration, Adsorption, Ionentausch)

Abhängig vom verwandten Filtermaterial bzw. von den Bodeneigenschaften bei Anlagen mit Bodenpassage kann neben der physikalischen Filterwirkung ein zusätzlicher Stoffrückhalt auch durch Adsorption (organische und anorganische Schadstoffe), Ionentausch (z.B. Schwermetall-Ionen) und biochemischen Stoffumsatz (z.B. Mineralisierung gelöster Kohlenstoffverbindungen) erzielt werden. Mit der Abscheidung von Feststoffen ist auch ein anteiliger Rückhalt der daran angelagerten Schadstoffe (v.a. Schwermetalle, PAK) verbunden.

3.3.1 Dezentrale Anlagen

Dezentrale Anlagen werden in unmittelbarer Nähe zu den Flächen angeordnet, deren Niederschlagswasser zu behandeln ist. Sie können für Einzelgrundstücke oder eine Gruppe benachbarter Grundstücke bzw. für den einem Straßenablauf zugeordneten Straßenabschnitt eingesetzt werden. Die Abflüsse der Anlagen können unter Beachtung der vorstehend beschriebenen Regelungen in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet werden. Für nachfolgende Versickerung und Einleitung ins Grundwasser sind die Anforderungen in DWA-A 138-1 (DWA 2020) zu beachten. Nähere Ausführungen zum Einsatz dezentraler Behandlungsanlagen finden sich u.a. in (Huber et al. 2015). Ein DWA-Merkblatt zu Planung und Betrieb dezentraler Anlagen ist derzeit in Vorbereitung (Fuchs 2022).

3.3.2 Zentrale Behandlungsanlagen

Zentralen Behandlungsanlagen wird typischerweise Niederschlagswasser größerer Teilgebiete – zumeist mit gemeinsamer Ableitung von Abflüssen unterschiedlicher Belastungskategorien – über Regenwasserkanäle zugeführt. Der erforderliche Wirkungsgrad des Stoffrückhaltes der Anlage ergibt entsprechend Abschnitt 3.3.3. Vorrangig eingesetzte zentrale Behandlungsanlagen für Niederschlagswasser im Trennverfahren sind Regenklärbecken, ggfs. mit Einbauten als „Schrägklärer“, und Retentionsbodenfilteranlagen. Technische Filteranlagen finden bislang nur vereinzelt mit Pilotcharakter Anwendung (Schmitt 2022).

Mit den resultierenden Wirkungsgraden des Stoffrückhaltes bei höheren Flächenanteilen der Belastungskategorien II und III ergibt sich bei bestehenden Regenklärbecken oftmals ein Bedarf zur Nachbesserung der Wirksamkeit, z.B. durch

die Umwidmung als Lamellen-Schrägklärer oder durch stärkere hydraulische Begrenzung des Zuflusses zur Reduzierung der maximalen Oberflächenbeschickung.

3.4 Regelungen zur Mischwasserbehandlung

Die Regelungen zur Mischwasserbehandlung in DWA-A 102-2 basieren auf der in ATV-A 128 (ATV 1992) abgeleiteten Zielvorgabe zum zulässigen Stoffaustrag durch Regenwasserabfluss über den Vergleich mit der Trennkanalisation und den dortigen CSB-Stoffaustrag ohne gezielten Stoffrückhalt. Über diesen Systemvergleich wird in DWA-A 102-2 ein erforderliches Gesamtspeichervolumen ermittelt, das im nachfolgenden, jetzt obligatorischen Nachweisverfahren als Ausgangsgröße für das Referenzsystem „fiktives Zentralbecken“ dient.

Die Beibehaltung des CSB als Bezugsparameter für Mischsysteme wird mit der besseren Eignung zur Charakterisierung des Mischwasserabflusses und der über das Schmutzwasser enthaltenen Schmutzstoffe begründet. Es wird erwartet, dass die aus ATV-A 128 übernommene Zielvorgabe in Bezug auf den Stoffparameter AFS63 für Mischsysteme im Vergleich zu Trennsystemen zu geringeren Stoffausträgen führt. Dies liegt an der gänzlich anderen Relation der AFS63-Konzentrationen im Schmutzwasser und Regenwasser sowie am sehr hohen Feststoffrückhalt in Kläranlagen, der auch für den Mischwasserzufluss wirksam wird.

Die inhaltlich-methodische Orientierung an ATV-A 128 bedeutet, dass es durch DWA-A 102-2 zu keinen erhöhten emissionsbezogenen Anforderungen an die Mischwasserbehandlung kommt, zumal auch keine rechtliche Grundlage für verschärfte Anforderungen gesehen wurde. Weiterführende Überlegungen zu sachgerechten Zielvorgaben für die Mischwasserbehandlung werden von Schmitt (2021) adressiert.

Die Regelungen in DWA-A 102-2 tragen dem Sachverhalt Rechnung, dass aufgrund des zwischenzeitlich erreichten hohen Ausbaugrads der Mischwasserbehandlung in Deutschland zukünftig vorrangig bestehende Systeme zu betrachten sind, die einer systematischen, methodisch fundierten Analyse bedürfen. Veranlassung können befristete Erlaubnisbescheide für die Einleitung von Mischwasserüberläufen sein, geplante Flächenerweiterungen oder Verdichtungen, der Schmutzwasseranschluss von Neuerschließungen im Trennverfahren an die Mischkanalisation sowie Defizite im Zustand von Gewässerabschnitten mit Einleitung von Mischwasserüberläufen. Für daraus erwachsenden Fragestellungen ist die Schmutzfrachtsimulation mit umfassender Analyse der spezifischen Systemgegebenheiten die Methode der Wahl. Nachweisverfahren werden somit zukünftig zur Standardanwendung. Wesentliche Punkte der methodischen Vorgaben sind:

- **Aufwertung des gezielten Stoffrückhalts** im Schmutzfrachtnachweis durch Quantifizierung der Wirksamkeit klärtechnischer Ansätze für AFS63 (Sedimentation, Filtration)
- **Wirkgetreue Nachbildung dezentraler Maßnahmen** der Regenwasserbewirtschaftung über die maßgebende Flächengröße „befestigte angeschlossene Fläche $A_{b,a}$ “
- **Berücksichtigung der stofflichen Belastung des Niederschlagswassers** über die abgestuften Standardwerte zum Stoffabtrag nach Belastungskategorien I bis III
- **Integrale Betrachtung von Kanalnetz und Kläranlage** über den Nachweis des regenwasserbedingten Gesamtstoffaustrages AFS63 über Mischwasserüberläufe und Kläranlagenablauf; Dabei wird ausdrücklich empfohlen, fallbezogen weitere Stoffparameter in die Stofffrachtanalyse einzubeziehen
- **Anwendung der Nachweisverfahren als relativer Vergleich** durch Ermittlung der modellspezifischen Zielgröße „zulässiger Gesamtstoffaustrag AFS63“, im Einzelnen:
 - Referenzzustand „fiktives Zentralbecken“ in der Größe des abgeleiteten erforderlichen Gesamtspeichervolumens
 - Nachweis „reales System“ mit bestehenden und geplanten Bauwerken
 - Bauwerksspezifische Berücksichtigung der klärtechnischen Wirksamkeit, z.B. Sedimentation in Durchlaufbecken, vielfältige Mechanismen des Stoffrückhalts in Retentionsbodenfilteranlagen entsprechend DWA-A 178 (DWA 2019).

4 Immissionsbezogene Zielvorgaben und Regelungen

Die immissionsbezogenen Inhalte des Merkblattes DWA-M 102-3, das ursprünglich als Arbeitsblatt mit größerer Verbindlichkeit vorgesehen war, befasst sich mit

- Grundsätzen der Nachweisführung und der Prüfung ihrer Relevanz;
- Verfahren zur Plausibilisierung der potentiell naturnahen Hochwasserabflussspenden;
- Vereinfachte Nachweisführung hydrologischer und stofflicher Kenngrößen;
- Detaillierte Nachweisführung hydrologischer und stofflicher Kenngrößen und Bewertungskriterien;
- Zielgerichteten Maßnahmen zur Begrenzung akuter Gewässerbelastungen durch Regenwetterabflüsse, vorrangig aus Siedlungsgebieten.

Die einzelnen Arbeitsschritte mit Prüfung und Nachweis der Bewertungskriterien zur Relevanz und Plausibilisierung sowie zur vereinfachten und detaillierten Nachweisführung hydrologischer und stofflicher Kenngrößen sind in ihrer methodischen Abfolge in einem Ablaufschema dargestellt, in das auch die biologischen und hydromorphologischen Bewertungen eingebunden sind. Die Eingrenzung des Nachweisraums stellt einen zentralen Bearbeitungsschritt der immissionsbezogenen Bewertungen dar. Darin wird der Einflussbereich des Gewässerabschnitts bestimmt, der durch hintereinander liegende Einleitungen hydraulischer und/oder stofflicher Belastungsgrößen betroffen und beeinträchtigt ist (Abbildung 5; Borchardt 2023).

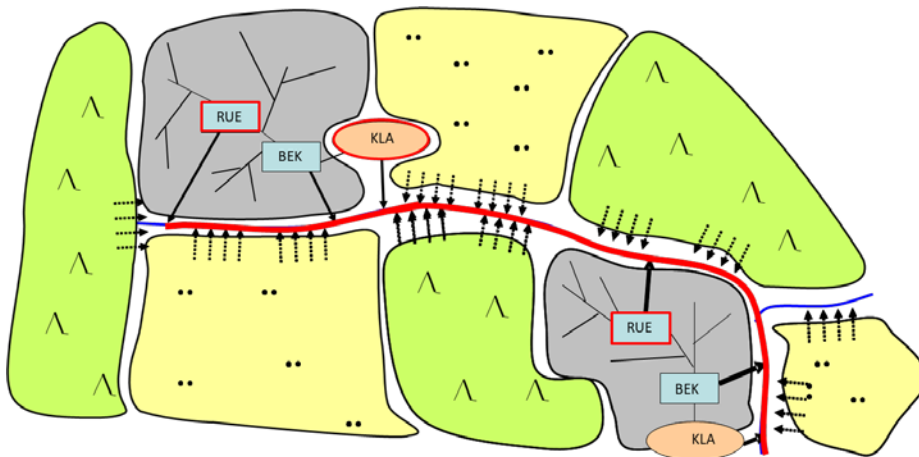


Abbildung 5: Konzept des Nachweisraums immissionsbezogener Bewertungen (Borchardt 2023)

Gegenstand des Merkblattes DWA-M 102-5 ist die methodische Beschreibung hydromorphologischer und biologischer Verfahren mit Skizzierung möglicher Anwendungskontexte. Diese Inhalte waren auch seitens der Verfasser aufgrund der bislang geringeren Anwendungserfahrungen in der Praxis mit betont empfehlendem Charakter in der Regelwerkshierarchie der Merkblattebene zugeordnet worden.

5 Fazit und Ausblick

Mit den Regelungen der Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 102 (BWK-A/M 3) zur Einleitung von Regenwetterabflüssen in Oberflächengewässer erfahren die systematische Bewertung der stofflichen Belastung von Niederschlagswasser und die Reduzierung der damit verbundenen Gewässerbelastung durch Maßnahmen der Regenwasserbehandlung eine deutliche Aufwertung.

Die emissionsbezogenen Regelungen in DWA-A 102-2 fordern für Neuerschließungen zukünftig die fundierte Bewertung und Begrenzung der Veränderungen des lokalen Wasserhaushalts durch Siedlungsaktivitäten.

Auch die abgeleitete Systematik zur Begrenzung der stofflichen Gewässerbelastung durch Niederschlagswasser kann – je nach bisheriger Umsetzung der Vorgaben in DWA-M 153 – zu einem erhöhten Behandlungserfordernis und dem verstärkten Ausbau von Maßnahmen des gezielten Stoffrückhaltes führen. Bei der Mischwasserbehandlung ergeben sich Änderungen im Wesentlichen in Bezug auf die methodische Umsetzung mit deutlich stärkerer Gewichtung des Schmutzfrachtnachweises im Nachweisverfahren und die angemessene Berücksichtigung des gezielten Stoffrückhaltes. Eine Weiterentwicklung der Regelungen könnte durch die geplante Neufassung der Europäischen Richtlinie „Kommunalabwasser“ angestoßen werden (EC 2022).

Die bislang in Merkblättern verankerten immissionsbezogenen Regelungen bedürfen einer weiteren Verbreiterung der praktischen Anwendungen und Auswertung der daraus resultierenden Anwendungserfahrungen.

Referenzen

- ATV (1992): Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen, DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 128, Hennef, April 1992
- Borchardt D. (2023): Immissionsbezogene Regelungen zur Bewirtschaftung von Regenwetterabflüssen gemäß den Merkblättern DWA-M 102 Teil 3 und 5. In: DWA-Regenwassertage 2023, 13./14. Juni 2023 in Mannheim
- DWA (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 138, Hennef, April 2005
- DWA (2006): Leitlinien der Integralen Entwässerungsplanung, DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 100, Hennef, Dezember 2006
- DWA (2007): „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“, DWA-Regelwerk, Merkblatt M 153, Hennef, Mai 2007
- DWA (2013): Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung – konstruktive Gestaltung und Ausrüstung. Arbeitsblatt DWA-A 166, DWA-Regelwerk, Hennef, Ausgabe November 2013
- DWA (2019): Retentionsbodenfilteranlagen. DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 178, Hennef, Juni 2019
- DWA (2020): Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau und Betrieb. Arbeitsblatt DWA-A 138-1, DWA-Regelwerk, Hennef, Entwurf November 2020 (Gelbdruck)
- DWA (2020-2022): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer, Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 102 (BWK-A/M 3), Teile 1 bis 5, DWA-Regelwerk, Hennef
- DWA (2021): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 102 -2, Dezember 2020, Korrigierte Fassung Oktober 2021
- EC (2022): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council concerning urban wastewater treatment (recast). European Commission 2022/0345 (COD), Brussels, 26.10.2022
- Fuchs S. (2023): Empfehlungen für Planung und Betrieb von dezentralen Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung – Merkblatt DWA-M 179. In: DWA-Regenwassertage 2022, 21./22. Juni 2022 in Bremen

Huber M., Helmreich B., Welker A. (2015): Einführung in die dezentrale Niederschlagswasserbehandlung für Verkehrsflächen- und Metalldachabflüsse. Berichte aus der Siedlungswasserwirtschaft, TU München, Heft 213

Schmitt T.G. (2021): Mischkanalisation 2021 – Quo Vadis? In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (68), Nr. 6 2021

Schmitt T.G. (2022): Kommentar zum Arbeitsblatt DWA-A 102-2 / BWK-A 3-2. 1. Prof. Dr.-Ing. Theo G. Schmitt, 1. Auflage April 2022

WHG (2009): Wasserhaushaltsgesetz (WHG) – Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Gesetz zur Neuregelung des Wasserrechts, Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 51 vom 06. August 2009

WRRL (2020): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik („Wasserrahmenrichtlinie“), Amtsblatt der EG Nr. L 327 v. 22.12.2000, S.1-73

Prof. Dr.-Ing. Theo G. Schmitt

Prof. em. der TU Kaiserslautern

E-Mail: theo.schmitt@bauing.uni-kl.de

Naturnaher Wasserhaushalt – Anforderungen und rechnerischer Nachweis

Birgitta Hörnschemeyer*, Malte Henrichs*

* Institut für Infrastruktur·Wasser·Ressourcen·Umwelt (IWARU)

Kurzfassung / Abstract

Laut § 55(2) des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) ist vorgesehen, dass Niederschlagswasser "ortsnah versickert, verrieselt oder direkt oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet wird, sofern dies weder wasserrechtlichen Vorschriften noch anderen öffentlich-rechtlichen Bestimmungen noch wasserwirtschaftlichen Belangen widerspricht." Die Fachverbände DWA und BWK haben in ihrer neuen Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 102/BWK-A/M 3 den aktuellen Stand der Technik für die Bewirtschaftung und Aufbereitung von Niederschlagsabflüssen vor deren Einleitung in Fließgewässer dargelegt. Ziel ist es, den Wasserhaushalt des bebauten Gebiets so zu gestalten, dass er dem eines gleichartigen unbebauten Gebiets mit landwirtschaftlicher Nutzung nahekommt. Der vorliegende Beitrag beschreibt Anforderungen des Wasserhaushaltsnachweises und gibt einen Überblick zum zugehörigen rechnerischen Nachweis.

1 Einführung

Die Bebauung von Einzugsgebieten hat weitreichende Auswirkungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt, das hydrologische Regime und die Morphologie der betroffenen Gewässer (Baumgartner & Liebscher, 1996). Dies resultiert aus der Versiegelung von Flächen, umfangreichen Veränderungen in Gewässermorphologie und Auen, sowie dem Einleiten von Abflüssen und Stoffen aus Siedlungsentwässerungsanlagen. Die mit Bebauung einhergehenden Eingriffe in die hydrologischen Prozesse, wie Infiltration und Evapotranspiration, verändern den Wasserhaushalt in Siedlungen und das Abflussregime in Gewässern in der Nähe von Siedlungen. Das Ausmaß dieser Veränderungen hängt entscheidend von der Menge versiegelter Flächen im Siedlungsgebiet ab.

Das hydrologische Regime undurchlässiger Flächen ist durch hohen Direktabfluss sowie geringe Grundwasserneubildung und Verdunstung gekennzeichnet. Auf durchlässigen und insbesondere unversiegelten Flächen ist hingegen eine höhere Grundwasserneubildung und Verdunstung sowie geringerer Direktabfluss zu

beobachten. Die Größe dieser Komponenten wird durch lokale Gegebenheiten wie Bodenbeschaffenheit, Grundwasserverhältnisse, Vegetationstyp und -dichte sowie meteorologische Faktoren wie Niederschlag und potenzielle Verdunstung beeinflusst.

Die klimatischen Bedingungen in Siedlungen unterscheiden sich signifikant von natürlichen Landschaften (Kuttler, 2013). Charakteristische Unterschiede umfassen niedrigere Windgeschwindigkeiten, erhöhten Niederschlag (vor allem in windabgewandten Bereichen), höhere Lufttemperaturen, geringere Luftfeuchtigkeit und reduzierte Verdunstung. Die Verdunstung spielt eine Schlüsselrolle im Wasser- und Energiehaushalt, da sie Wärme abführt. Die Vegetation in Siedlungen bietet wichtige ökologische Dienstleistungen im Hinblick auf Klimaanpassung und Wasserhaushalt durch Schattenspende und Verdunstung.

Siedlungsgebiete beeinflussen das Abflussregime siedlungsnaher Gewässer erheblich. Dies äußert sich in höheren Abflussvolumina, erhöhten und früheren Abflussspitzen, häufigeren kleineren und mittleren Hochwasserereignissen mit kurzen Dauern (2 bis 24 Stunden) und niedrigen Wiederkehrintervallen (1 bis 10 Jahre) sowie reduzierten Niedrigwasserabflüssen aufgrund verringerter Grundwasserneubildung und -ständen. Die Abflusssdynamik hat eine bedeutende Rolle für aquatische Lebensräume (u.a. Tetzlaff, 2003) und ist ein wichtiger Fokus für Umweltschutzmaßnahmen und Hochwasserschutz in städtischen Gebieten.

Klimatische Bedingungen und Wasserhaushalt variieren in Deutschland, wie der Hydrologische Atlas Deutschland (BMU, 2003) zeigt. Jahresmittelwerte für den Niederschlag reichen von etwa 450 mm/a bis über 2.000 mm/a, für die tatsächliche Verdunstung von etwa 350 mm/a bis über 850 mm/a und für den Direktabfluss von 0 mm/a bis über 2.000 mm/a. Die klimatische Wasserbilanz (Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung) kann von -100 mm/a bis über $+2.000$ mm/a variieren. Daraus ergeben sich abflussdominierte Gebiete, Gebiete mit hoher Infiltration und Gebiete mit niedrigem Niederschlag und hoher Verdunstung.

Eine einheitliche Lösung für die Bewirtschaftung von Niederschlagsabflüssen in ganz Deutschland widerspricht oft den regionalen Unterschieden im langjährigen Wasserhaushalt. Sowohl die bevorzugte Ableitung als auch die weitreichende Versickerung von Niederschlagsabflüssen können negative Auswirkungen auf Wasserhaushalt und hydrologisches Regime haben. Lösungen, die den regionalen Wasserhaushalt berücksichtigen, minimieren diese negativen Folgen.

In ihrer neuen Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 102/BWK-A/M 3 haben die Fachverbände DWA und BWK den aktuellen Stand der Technik zur Bewirtschaftung von Niederschlagsabflüssen vor deren Einleitung in Fließgewässer festgehalten. Ein zentrales Ziel ist die Schaffung eines Wasserhaushalts im bebauten Gebiet, der dem eines vergleichbaren unbebauten Gebiets möglichst nahekommt. Im Folgenden werden die Anforderungen des neueingeführten Wasserhaushaltsnachweises dargelegt.

2 Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung

Die Ausdehnung von Siedlungs- und Verkehrsflächen lässt sich reduzieren, indem ressourcenschonende Baustile mit minimaler Flächennutzung bevorzugt werden. Maßnahmen zur Bewirtschaftung von Niederschlagswasser haben das Ziel, den Wasserhaushalt bebauter Flächen dem naturbelassenen Zustand anzunähern. Ein Schlüsselgrundsatz in der Planung ist die Minimierung der negativen Auswirkungen der Bebauung auf den Wasserhaushalt, indem die Zunahme von Oberflächenabfluss und die Verringerung der Grundwasserneubildung und Verdunstung soweit wie möglich begrenzt werden.

Tabelle 1: Wirksamkeit von Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung im Hinblick auf den Wasserhaushalt (DWA M-102-4)

Maßnahme	Eignung zur			Regelwerk
	Minderung des Direktabflusses	Erhöhung der Grundwasserneubildung	Erhöhung der Verdunstung	
Rückbau undurchlässiger Flächen	++	++	+	
wasserdurchlässige Flächenbefestigung	+	+	+	M VV (FGSV, 2013)
Begrünung von				
– Freiflächen	++	+	++	(FLL, 2012)
– Dachflächen extensiv	+	–	+	(FLL, 2018a)
Intensiv	++	–	++	
– Gebäudefassaden	o	o	++	(FLL, 2018b)
Bäume, Großgehölze	o	o	++	(FLL, 2015)
Niederschlagswasserversickerung				DWA-A 138
– oberirdisch	++	++	+	
– unterirdisch	++	++	-	
Regenwassernutzung				DIN 1989, DIN 16941-1
– als Betriebswasser	++	–	–	
– für Bewässerung	+	o	++	
offene Wasserfläche	o	-	+	
Rückhaltung ohne Dauerstau	o	–	o	DWA-A 117
ANMERKUNGEN				
++ sehr gut geeignet	+ gut geeignet	o wenig geeignet	– nicht geeignet	

Eine Ersteinschätzung der Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserhaushalts bietet Tabelle 1. Durch die Kombination von Maßnahmen können verstärkte positive Effekte erzielt werden. Eine der wirkungsvollsten Kombinationen beinhaltet die großflächige Bewässerung von Vegetation mit Niederschlagswasser. Offene, dauerhaft angestaute Wasserflächen haben nur

begrenzte Verdunstungsleistung. Sie erfordern regelmäßige Wartung und sollten nur mit wenig belastetem oder behandeltem Niederschlagswasser beschickt werden. In Bezug auf die Gewässergüte sollten Regenklärbecken mit Dauerstau (offene Rückhalteinrichtungen und Regenklärbecken) aus Umweltschutzgründen künftig vermieden werden (siehe Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2). Maßnahmen zur Rückhaltung von Niederschlagswasser zielen darauf ab, die Abflussspitzen zu reduzieren, haben jedoch nur begrenzten Einfluss auf die Gesamtabflussmengen. Neben der Wirksamkeit einer Maßnahme ist auch ihr Flächenanteil entscheidend für die Wasserbilanz eines Gebiets.

Für bewährte Maßnahmen zur Bewirtschaftung von Niederschlagswasser und zur Anlage von Grünflächen existieren bereits Regelwerke. Diese Maßnahmen benötigen überwiegend Flächen an der Geländeoberfläche. Eine frühzeitige funktionale und gestalterische Einbindung in die städtebauliche und Freiraumplanung ist wesentlich. Zudem müssen diese Maßnahmen in der Planung und privatrechtlich abgesichert werden.

3 Der Wasserhaushaltsnachweis nach DWA-M 102-4

3.1 Grundlagen des Wasserhaushaltsnachweises

Verschiedene Teilprozesse beeinflussen den Bodenwasserhaushalt und tragen zu den Wasserhaushaltsgrößen Verdunstung, Grundwasserneubildung und Abfluss bei. Für die Berechnung des Bodenwasserhaushaltes werden folgende Bilanzgrößen verwendet:

- Niederschlag P ;
- aktuelle Verdunstung („Evapotranspiration“) ET_a (bestehend aus Evaporation, Transpiration und Interzeptionsverdunstung);
- Grundwasserneubildung GWN ;
- Abfluss R (bestehend aus Basisabfluss R_B und Direktabfluss R_D , der wiederum aus Oberflächenabfluss $R_{D,O}$ und Zwischenabfluss $R_{D,Z}$ besteht).

Die Bestimmungsgleichung für die einfache Wasserbilanz eines Gebiets lautet wie folgt:

$$P = R_D + GWN + ET_a \quad \text{in mm/a} \quad (1)$$

Die Aufteilung der Niederschlagsanteile in die drei Komponenten Direktabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung erfolgt durch dimensionslose Aufteilungsfaktoren und kann wie folgt beschrieben werden:

Aufteilungswert für den Direktabfluss R_D : (2)

$$a = R_D / P$$

Aufteilungswert für die Grundwasserneubildung GWN: (3)

$$g = GWN / P$$

Aufteilungswert für die Verdunstung v: (4)

$$v = ET_a / P$$

Die Aufteilungswerte liegen zwischen 0 und 1 und ergeben in Summe den Wert 1.

Die Arbeitsblätter DWA-A 102-1/BWK-A 3-1 und DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 enthalten die Zielvorgabe „Erhalt des lokalen Wasserhaushalts“ bezüglich der Emissionen. Diese umfasst die Planungsaufgabe, die drei Bilanzgrößen des bebauten Bilanzgebiets so weit wie möglich denen des unbebauten Referenzzustands im langjährigen Mittel anzunähern. Der Vergleich der Wasserbilanz zwischen bebautem und unbebautem Zustand sollte für Bilanzgebiete ab einer befestigten Fläche von etwa 800 m² (Relevanzgrenze gemäß DIN 1986-100 in Bezug auf den Überflutungsnachweis zur Grundstücksentwässerung) durchgeführt werden. Unabhängig von der Größe des Bilanzgebiets sollten geeignete Maßnahmen zur Niederschlagswasserbewirtschaftung gewählt und langfristig rechtlich abgesichert werden.

Die Analyse von Fallstudien und Berechnungsbeispielen zeigt, dass durch die Nutzung unterschiedlicher Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung Abweichungen von 5 bis 10 Prozentpunkten in den Verteilungsfaktoren a, g und v im Vergleich zum naturbelassenen Referenzzustand erzielt werden können. Diese Abweichungen sollten unter Berücksichtigung ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte bewertet werden. Größere Abweichungen, die auf unvermeidbare Randbedingungen oder Zwänge zurückzuführen sind, müssen in angemessener Fachbegründung ausführlich erläutert und im Rahmen von Ersatz- und Ausgleichsregelungen geprüft werden.

Die Bilanzergebnisse können beispielsweise im hydrologischen Dreieck (Abbildung 1) gemeinsam dargestellt werden.

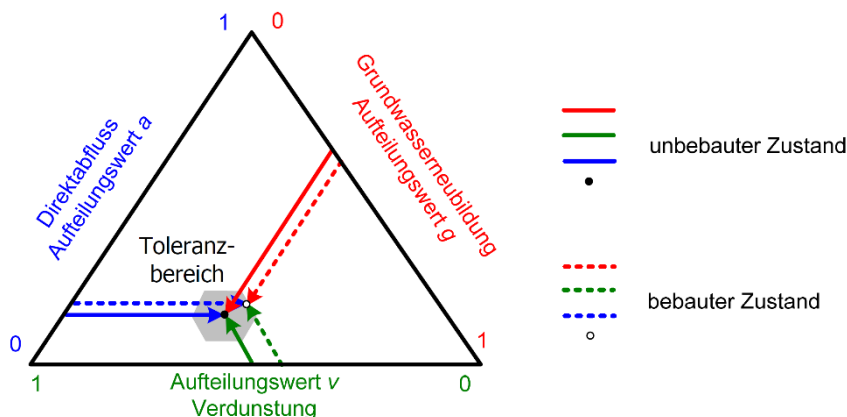


Abbildung 1: Hydrologisches Dreieck zur (schematischen) Darstellung der Bilanzgrößen im unbebauten und bebauten Zustand (DWA-M 102-4)

3.2 Wasserbilanz für den unbebauten Zustand

Für den naturbelassenen Zustand des zu untersuchenden Gebiets werden die Bilanzgrößen auf Basis einer repräsentativen landwirtschaftlichen Nutzung festgelegt, wobei Siedlungs- und Verkehrsflächen ausgenommen sind. Dabei sollte, sofern verfügbare Daten von den zuständigen Behörden zur Verfügung stehen, auch die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt berücksichtigt werden.

Zur Ermittlung der Wasserbilanz des unbebauten Zustands eignen sich die folgenden Verfahren:

- WaSig-Verfahren –
siehe Schmit et al., 2022; Steinbrich et al., 2018; Uni Freiburg, 2023
- GWneu – siehe Meßer (2013)
- Hydrologischer Atlas Deutschland – siehe Bafg, 2023; BMU, 2003
- Ermittlung mit geeigneten Wasserhaushaltsmodellen
- Weitergehende Informationen finden sich in den genannten Quellen sowie im DWA-M 102-4.

3.3 Wasserbilanz für den bebauten Zustand

Für den bebauten Zustand erfolgt eine vereinfachte Wasserbilanz. In dieser Bilanz werden die Niederschläge P auf die verschiedenen Flächen des Untersuchungsgebiets aufgeteilt, wobei die Komponenten Direktabfluss R_D , Grundwasserneubildung GWN und Verdunstung ET_a berücksichtigt werden. Der Direktabfluss von versiegelten Flächen kann gegebenenfalls in Anlagen der Niederschlagswasserbewirtschaftung geleitet werden, wo er ebenfalls in die drei genannten Komponenten Direktabfluss R_D , Grundwasserneubildung GWN und Verdunstung ET_a aufgeteilt wird.

Das DWA-M 102-4 enthält Berechnungsansätze für Flächen (befestigt und unbefestigt) sowie Bewirtschaftungsanlagen. Die Herleitung erfolgte im Rahmen des Teilprojekts C2 "Wasserbilanzmodell als Planungstool" des BMBF-Verbundprojekts "Die Stadt als hydrologisches System im Wandel – Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts (SAMUWA)" mit dem Förderkennzeichen 033W004J. Die Ansätze basieren auf umfangreichen Langzeitsimulationen unter Verwendung von Niederschlags- und Verdunstungsdaten von 40 Messstationen, die den langjährigen klimatischen Bedingungen in Deutschland nahekommen (Henrichs et al., 2016, 2017).

Die Berechnungsansätze sind gültig für mittlere jährliche Niederschlagsmengen zwischen 500 mm/a und 1.700 mm/a sowie mittlere jährliche potenzielle Verdunstungsmengen zwischen 450 mm/a und 700 mm/a. Die Geltungsbereiche der

Parameter in den Gleichungen werden angegeben, und es werden Standardwerte vorgeschlagen, die in Fällen ohne ortsspezifische Daten verwendet werden können.

3.4 Wasserbilanz von Flächen

Die Wasserbilanz für befestigte und unbefestigte Flächen wird wie folgt berechnet:

$$P = a_F \cdot P + g_F \cdot P + v_F \cdot P \quad \text{in mm/a} \quad (5)$$

Die Werte für die Aufteilung a_F , g_F und v_F für die Flächen werden gemäß den Angaben im Anhang A des DWA-M 102-4 flächenspezifisch ermittelt.

Für Vegetationsflächen können zur Vereinfachung die Aufteilungswerte des Referenzzustands verwendet werden. Falls Vegetationsflächen gezielt als Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserhaushalts berücksichtigt werden, kann der Rechenansatz gemäß Anhang C des DWA-M 102-4 angewandt werden.

3.5 Wasserbilanz von Anlagen zur Bewirtschaftung

Der Zufluss Z zu einer Niederschlagswasserbewirtschaftungsanlage besteht aus dem Direktabfluss von den angeschlossenen versiegelten Flächen. Dieser Zufluss wird in die Komponenten Oberflächenabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung aufgeteilt.

$$Z = a_F \cdot P \quad \text{in mm/a} \quad (6)$$

$$Z = a_A \cdot Z + g_A \cdot Z + v_A \cdot Z \quad \text{in mm/a} \quad (7)$$

Die Werte für die Aufteilung a_A , g_A und v_A für die Flächen werden gemäß den Angaben im Anhang B des DWA-M 102-4 anlagenspezifisch ermittelt.

3.6 Berechnungstool „Wasserbilanz-Expert“

Die Wasserhaushaltsfunktionen wurden zur vereinfachten Anwendung in ein Softwaretool mit grafischer Benutzeroberfläche integriert. In diesem Softwaretool werden als klimatische Eingangsdaten die mittlere jährliche Niederschlagshöhe P und die mittlere jährliche potenzielle Evapotranspiration ET_p benötigt. Die verschiedenen Flächentypen eines Siedlungsgebietes können zeilenweise eingegeben werden (siehe Abbildung 2), wodurch die Wasserbilanz in Form von Aufteilungsfaktoren für a , g und v berechnet wird.

Durch den Vergleich der Wasserbilanz zwischen unbebautem und bebautem Zustand können die Auswirkungen der Bebauung auf den lokalen Wasserhaushalt quantifiziert werden. Der Einsatz von Anlagen zur Niederschlagswasserbewirtschaftung trägt dazu bei, die Wasserbilanz des bebauten Zustandes dem unbebauten Zustand anzunähern.

Alle Flächen und Maßnahmen sind bereits mit empfohlenen Voreinstellungen parametrisiert, wobei die Flächen der Versickerungsanlagen über den k_f -Wert grob abgeschätzt sind. Diese Parameter können jedoch bei Bedarf mit genauerem Kenntnisstand verändert und angepasst werden. Zur Verbesserung der Planungsmöglichkeiten kann der Planer verschiedene Planungsvarianten erstellen und miteinander vergleichen.

Mit dem „Wasserbilanz-Expert“ steht dem Planer ein benutzerfreundliches Werkzeug zur Ermittlung der lokalen Wasserbilanz in Siedlungsgebieten zur Verfügung. Damit kann die Wasserbilanz als handhabbare Größe in den Planungsprozess integriert werden.

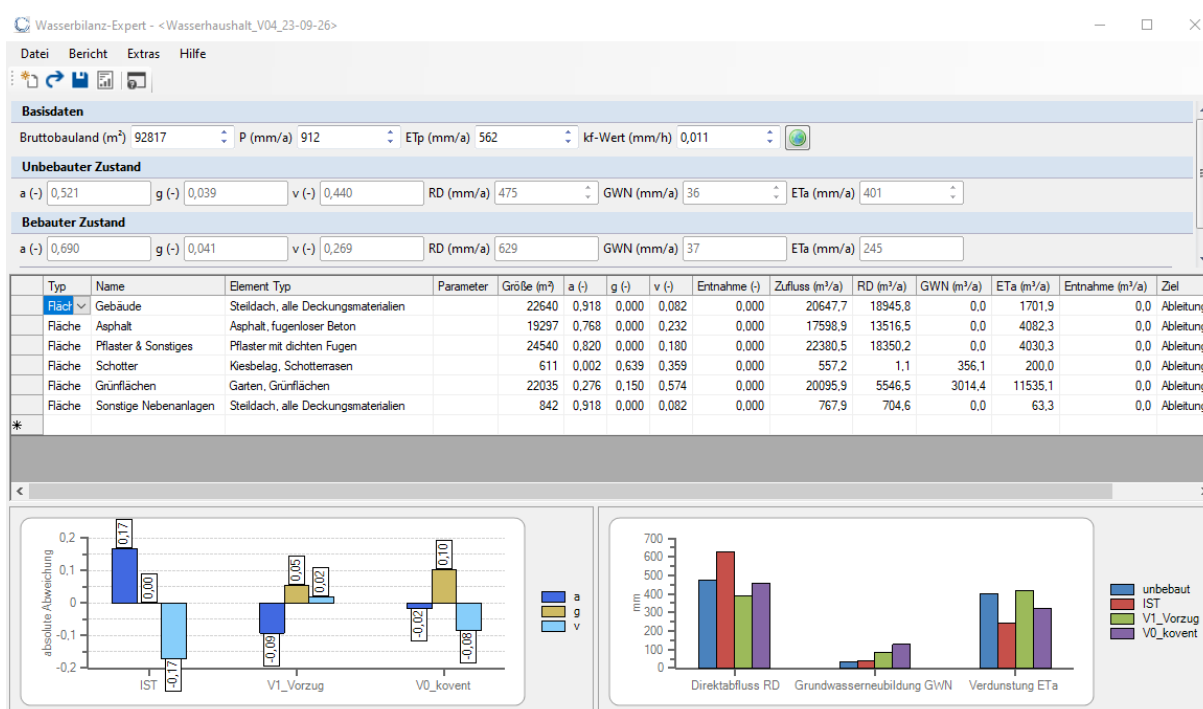


Abbildung 2: Screenshot des Softwaretools „Wasserbilanz-Expert“

4 Einbindung in die kommunale Planungspraxis

In der Vergangenheit wurden Entwässerungsplanungen in der Regel auf der Grundlage bestehender Bebauungspläne durchgeführt, wobei der Schwerpunkt auf der ordnungsgemäßen Ableitung des Niederschlagswassers lag. Veränderungen der wasserwirtschaftlichen Ziele und der klimatischen Bedingungen erfordern jedoch eine grundlegende Neuorientierung im Umgang mit Wasser in urbanen Gebieten. Obwohl diese Entwicklungen allgemein bekannt sind, haben sie noch nicht ausreichend Eingang in den kommunalen Planungsalltag gefunden. Um Fachwelt, Politik und Öffentlichkeit für diese Themen zu sensibilisieren, bedarf es zunächst allgemein verbindlicher Rahmenkonzepte. Diese konzentrieren sich auf die Bereiche Hitze,

Trockenheit und Starkregen und bieten eine umfassende Grundlage, um die Kommune an die neuen Anforderungen anzupassen.

Es wird deutlich, dass eine klimaangepasste und wasserbewusste Stadtplanung die Zusammenarbeit verschiedener Akteure erfordert. Die Stadtplanung nimmt dabei eine Schlüsselrolle ein und muss alle beteiligten Fachbereiche einbinden. Dies erfordert eine Neugestaltung von Organisationsstrukturen und Arbeitsabläufen. Übergeordnete Regelungen für die einzelnen Fachbereiche müssen entwickelt und Zuständigkeiten im Vorfeld geklärt werden.

Bei der Erarbeitung von Lösungen für die Niederschlagswasserbewirtschaftung hat sich das Wasserbilanzmodell „Wasserbilanz-Expert“ als hilfreich erwiesen. Auf Basis erster städtebaulicher Konzepte können Aussagen zu möglichen Entwässerungskonzepten getroffen und deren Lage und Flächenbedarf sinnvoll abgeschätzt werden. Dies ermöglicht eine frühzeitige Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Anforderungen.

Konfliktpotenziale können sich aus verschiedenen Quellen ergeben, wie z.B. dem Flächenbedarf, veränderten Betriebsabläufen oder der Wasserqualität offener Gewässer. Diese sind im Kontext aller Anforderungen und Gegebenheiten sorgfältig zu prüfen und zu berücksichtigen. Dem hohen Flächendruck sollte durch eine multifunktionale Nutzung von Grün- und Freiflächen begegnet werden. Die Planung und Abstimmung dieser Flächen erfordern eine intensive Zusammenarbeit aller Beteiligten, um qualitativ hochwertige Lösungen zu entwickeln.

5 Zusammenfassung

Die Bebauung von Flächen beeinflusst den Wasserhaushalt erheblich, mit erhöhtem Direktabfluss und reduzierter Grundwasserneubildung und Verdunstung. Die DWA und der BWK haben in der DWA-A/M 102/BWK-A/M 3 Arbeits- und Merkblattreihe den aktuellen Stand der Technik für die Bewirtschaftung von Niederschlagsabflüssen in bebauten Gebieten festgehalten. Ihr Ziel ist es, den Wasserhaushalt in bebauten Gebieten an den eines vergleichbaren unbebauten Gebiets anzunähern. Der vorgestellte Wasserhaushaltsnachweis weist die Abweichung des Wasserhaushalts in bebauten Gebieten im Vergleich zum unbebauten Gebiet nach. Unter Anwendung eines Wasserbilanzmodells, wie „Wasserbilanz-Expert“, können die Auswirkungen der Bebauung auf den Wasserhaushalt quantifiziert und die Planung standortgerechter wasserwirtschaftlicher Maßnahmen unterstützt werden. Die Zielgruppe des vorgestellten Ansatzes umfasst Fachplaner aus Bereichen wie Siedlungswasserwirtschaft, Freiraumplanung und Stadtplanung. Die Ergebnisse ihrer Arbeit fließen direkt in die verbindlichen Bauleit- und Genehmigungsplanungen ein, wobei die Dimensionierung der jeweiligen Anlagen gemäß den einschlägigen technischen Richtlinien erfolgt.

Referenzen

- Bafg. (2023). *Hydrologischer Atlas Deutschland—Geoviewer*. Bundesanstalt für Gewässerkunde (Bafg). <http://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/HAD/index.html?lang=de>
- Baumgartner, A., & Liebscher, H.-J. (1996). *Allgemeine Hydrologie—Quantitative Hydrologie* (XFN 28-1(2)+1; 2. Aufl., Bd. 1). Gerbrüder Borntraeger.
- BMU. (2003). *Hydrologischer Atlas von Deutschland*. Bundesministerium für Umwelt; Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- FGSV. (2013). *M VV – Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen*. FGSV-Nr. 947 (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV), Hrsg.). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV).
- FLL. (2012). *Empfehlungen für Planung, Bau und Instandhaltung der Übergangsbereiche von Freiflächen zu Gebäuden* (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Hrsg.). FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
- FLL. (2015). *Empfehlungen für Baumpflanzungen. Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege* (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, Hrsg.). FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
- FLL. (2018a). *Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltungen von Dachbegrünungen* (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL), Hrsg.). Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
- FLL. (2018b). *Fassadenbegrünungsrichtlinien—Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege der Wand- und Fassadenbegrünungen* (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., Hrsg.; 3. Aufl.). Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
- Henrichs, M., Langner, J., & Uhl, M. (2016). Development of a simplified urban water balance model (WABILA). *Water Science and Technology*, 73(8), 1785–1795. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.020>
- Henrichs, M., Leutnant, D., Kliewer, D., Hörnschemeyer, B., Schleifenbaum, R., Langner, J., & Uhl, M. (2017). *Die Stadt als hydrologisches System im Wandel—Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushaltes (SAMUWA)* (Schlussbericht BMBF Förderkennzeichen 033W004J). Fachhochschule Münster, Institut für Wasser·Ressourcen·Umwelt (IWARU).
- Kuttler, W. (2013). *Klimatologie*. Schöningh.
- Meßer, J. (2013). *Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa* (Lippe Wassertechnik GmbH, Hrsg.).
- Schmit, M., Steinbrich, A., Leistert, H., & Weiler, M. (2022). Webtool zur Ermittlung der naturnahen urbanen Wasserbilanz (NatUrWB). *Webtool zur Ermittlung der naturnahen urbanen Wasserbilanz (NatUrWB)*, 2022(9), 530–536. <https://doi.org/10.3243/kwe2022.09.002>
- Steinbrich, A., Henrichs, M., Leistert, H., Scherer, I., Schuetz, T., Uhl, M., & Weiler, M. (2018). Ermittlung eines naturnahen Wasserhaushalts als Planungsziel für Siedlungen. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 62(6), 28–37. https://doi.org/10.5675/HyWa_2018.6_3
- Tetzlaff, D. (2003). *Hydrologische Bewertung der Abflussdynamik in urbanen Gewässern*. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.
- Uni Freiburg. (2023). *NatUrWB*. Naturnahe Urbane Wasserbilanz (NatUrWB). <https://www.naturwb.de/www.naturwb.de>

Birgitta Hörschemeyer

Institut für Infrastruktur·Wasser·Ressourcen·Umwelt (IWARU),

FH Münster, Corrensstr. 25, 48149 Münster

Tel.: 0251 83 65590

E-Mail: b.hoerschemeyer@fh-muenster.de

Malte Henrichs

Institut für Infrastruktur·Wasser·Ressourcen·Umwelt (IWARU),

FH Münster, Corrensstr. 25, 48149 Münster

Tel.: 0251 83 65286

E-Mail: henrichs@fh-muenster.de

Versickern von Niederschlagswasser nach dem neuen DWA-A 138-1

Brigitte Helmreich*

*Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität München

Kurzfassung / Abstract

Das DWA-A 138 wurde umfassend überarbeitet und liegt derzeit im Entwurf des Weißdruckes DWA-A 138-1 mit Stand Mai 2023 vor. Das Regelwerk beschreibt die qualitativen und quantitativen Anforderungen an die Versickerung und gibt Hinweise auf die Überprüfung der Umsetzbarkeit einer Versickerungsanlage. Grundsätzlich sind oberirdische Versickerungsanlagen mit bewachsener Bodenzone unterirdischen vorzuziehen, da zum einen die bewachsene Bodenzone als Behandlungsanlage gilt, zum anderen die Verdunstung fördert und den Erhalt des lokalen Wasserhaushalts unterstützt. Zur Steigerung der Verdunstungsleistung und Erhöhung der Akzeptanz sollen oberirdische Versickerungsanlagen möglichst biodivers bepflanzt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Leistungsfähigkeit der Versickerungsanlage nicht herabgesetzt wird. Das Regelwerk gibt neben Hinweisen zur Begrünung auch Tipps zur Fertigstellungspflege und zu betrieblichen Maßnahmen.

1 Einleitung

Im Zuge eines vorausschauenden Wassermanagements, insbesondere für die Unterstützung des Erhalts des lokalen Wasserhaushalts in Siedlungsgebieten, werden die Niederschlagsabflüsse befestigter Flächen – wenn möglich und zulässig – direkt vor Ort versickert. Eine oberirdische Versickerungsanlage ist einer unterirdischen dabei immer vorzuziehen, da zusätzlich zur Versickerung die Verdunstung im Mittelpunkt steht und somit den lokalen Wasserhaushalt unterstützt. Nicht nur die quantitativen Aspekte der Siedlungsentwässerung, sondern auch der Boden- und Gewässerschutz ist zu berücksichtigen, wenn Versickerungsanlagen geplant werden. Im November 2020 wurde der Gelbdruck des neuen DWA-A 138-1 „Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau und Betrieb“ veröffentlicht, der mittlerweile aufgrund unterschiedlicher Stellungnahmen überarbeitet wurde und derzeit als Entwurf des Weißdrucks mit Stand Mai 2023 vorliegt. Im folgenden Beitrag werden wesentliche Aspekte des Arbeitsblattes dargestellt, das sich auf die Anwendung im Siedlungsraum bezieht.

2 Planung von Versickerungsanlagen

2.1 Ersteinschätzung

Bereits im Frühstadium der Planung sollte eine erste Einschätzung erfolgen, ob eine Versickerung von Niederschlagswasser grundsätzlich möglich ist. Es ist u.a. zu überprüfen, ob der Abstand der Sohle der Versickerungsanlage zum maßgeblichen mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW) ≥ 1 m eingehalten werden kann, ob man außerhalb von Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebieten plant und wie die Beschaffenheit des Untergrundes ist. Ebenso ist abzu prüfen, ob Bodenbelastungen, z. B. Altablagerungen bestehen. Im DWA-A 138-1 wird hierfür die Planenden eine Checkliste beriet gestellt, die die Überprüfung der Umsetzbarkeit einer entwässerungstechnischen Versickerung vereinfacht und anschließend in die Kategorien „Versickerung ist möglich“, „Versickerung ist potentiell möglich“ und „Versickerung ist nicht möglich“ einteilt. Ist die Versickerung nur „potentiell möglich“, sind technische und planerische Maßnahmen durch die Fachplanenden aufzuzeigen und ggf. mit der zuständigen Genehmigungsbehörde abzustimmen.

2.2 Qualitative Aspekte

Die Niederschlagsabflüsse der befestigten Flächen (Verkehrsflächen, Hof- und Verkehrswege, Dächer, etc.) können mit einer Reihe an Stoffen belastet sein. Die Bewertung der stofflichen Belastung erfolgt im DWA-A 138-1 in Harmonisierung mit dem Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 (2020), welches das Einleiten in Oberflächengewässer regelt.

Es wird dabei in unterschiedliche Flächentypen und Flächennutzungen in den Belastungskategorien I (gering belastetes Niederschlagswasser), II (mäßig belastetes Niederschlagswasser) und III (stark belastetes Niederschlagswasser) unterteilt. Basierend auf der Eingruppierung können im DWA-A 138-1 Anforderungen an eine Behandlung abgeleitet werden. Die Behandlung kann entweder über die bewachsene Bodenzone in Versickerungsanlagen oder über eine dezentrale Behandlungsanlage erfolgen.

Für das Beispiel einer Verkehrsfläche außerhalb von Misch- und Gewerbe- und Industriegebieten mit hohem Kfz-Verkehr ($DTV > 15.000$ Kfz/d) ist folgende Vorgehensweise vorgesehen: Die Verkehrsfläche wird aufgrund in die Flächengruppe V3 und Belastungskategorie III eingruppiert. Wird die Versickerung über die bewachsene Bodenzone mit einer Mindestmächtigkeit von ≥ 20 cm gewählt, so wird ein Verhältnis des Rechenwertes AC der angeschlossenen Fläche zur mittleren Versickerungsfläche $A_{S,m}$ der bewachsenen Bodenzone $(AC / A_{S,m}) \leq 15$ gestellt, bei Mulden-Rigolen Überlauf in Rigole darf eine statistische Überlaufhäufigkeit der Mulde direkt in die unterirdische Versickerung $n_{\text{Mulde}} \max. 1/a$ erfolgen. Wird eine Mindestmächtigkeit von ≥ 30 cm gewählt, so kann $AC / A_{S,m} \text{ auf } \leq 30$ erhöht werden.

Für die Behandlung über eine dezentrale Behandlungsanlage ist für das Beispiel V3 ein Wirkungsgrad bezüglich feinstpartikulärer Stoffe (hier $\eta_{\text{AFS63}} = 80\%$) sowie gelöster Stoffe (hier 50%) erforderlich. Es wird der Hinweis auf den Einsatz dezentraler Behandlungsanlagen mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) gegeben.

2.3 Quantitative Aspekte

Als Voraussetzung für das Versickern ist die ausreichende Wasserdurchlässigkeit des Bodens wichtig, jedoch soll die Wasserdurchlässigkeit auch nicht zu hoch sein. In der Regel soll der k_f -Wert zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen. Bei k_f -Werten kleiner als $1 \cdot 10^{-6}$ m/s ist eine Entwässerung ausschließlich durch Versickerung mit zeitweiliger Speicherung nicht gewährleistet. Eine ergänzende Ableitungsmöglichkeit oder ein Anschluss an durchlässige Bodenschichten ist ggf. vorzusehen. Liegt der k_f -Wert über $1 \cdot 10^{-3}$ m/s, muss das Erfordernis zusätzlicher Maßnahmen zum Stoffrückhalt im Einzelfall geprüft und mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt werden.

Im neuen DWA-A 138-1 wird auch die Möglichkeit eröffnet, undurchlässige Schichten in Abstimmung mit der Wasserbehörde durch Aushub oder Bohrungen durchzustößen, um den Anschluss an tiefer liegende geeignete, durchlässige Bodenschichten herzustellen. Danach muss der Aushubbereich mit versickerungsfähigem Feinsandboden verfüllt werden.

3 Bemessung

3.1 Bemessungshäufigkeit

Die Bemessung von Versickerungsanlagen erfolgt auf der Grundlage der Bemessungsansätze des Arbeitsblatts DWA-A 117 (2013). Danach erfolgen die Berechnungen entweder nach einem einfachen Bemessungsverfahren mittels statistischer Niederschlagsauswertungen (Einfaches Verfahren) oder durch Nachweis der Leistungsfähigkeit mittels einer Niederschlag-Abfluss-Langzeitsimulation (Nachweisverfahren) (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Empfehlungen für Bemessung nach DWA-A 138-1 (Auszug aus Entwurf Weißdruck 5/2023)

Kriterium	Dezentrale und einfache zentrale Versickerungsanlagen		Zentrale Versickerung und vernetzte Mulden-Rigolen-Systeme
Empfohlenes Verfahren	Einfaches Verfahren (Lastfallkonzept)		Nachweisverfahren (Langzeitkontinuumsimulation)
Regen	statistische Starkregen (z. B. KOSTRA)		geeignete, kontinuierliche Regenreihen für min. 10 Jahre
Bemessungshäufigkeit n ($1/a$) ²⁾	0,02 – 0,5		
Maßgebliche Dauerstufe D (min)	Flächenversickerung	Versickerungsanlagen mit Speicherfunktion	entfällt
	10 – 15	wird schrittweise bestimmt (Iteration)	

Die Wahl der Bemessungshäufigkeit orientiert sich dabei nach dem Schadenspotenzial und die resultierende Beeinträchtigung durch mögliche Überflutungen im Versagensfall der Versickerungsanlage in Anlehnung an die DIN EN 752 (2017) und DWA-A 118 (Gelbdruck 2022). Es wird unterteilt in folgende Schutzkategorien für Mensch, Umwelt, Versorgung, Wirtschaft, Kultur:

- (a) Gering
- (b) Mäßig
- (c) Stark
- (d) Sehr stark

Als Beispiel ist zu nennen: Schutzkategorie (b) sind beispielsweise Bereiche, in denen Überflutungen geringe bis mittlere Schäden oder Nutzungseinschränkungen verursachen können und die Sicherheit und Gesundheit nicht gefährden, z. B.: Wohn- und Mischgebiete mit Gebäuden ohne zu Wohn- oder Gewerbebezwecken genutzten Untergeschossen.

Für eine Grundstücksentwässerung mit $AC > 800 \text{ m}^2$ ergibt sich eine Bemessungshäufigkeit n/a von $\leq 0,33/a$, während bei Grundstücksentwässerung mit $AC \leq 800 \text{ m}^2$ eine Bemessungshäufigkeit von $\leq 0,2/a$ vorgeschlagen wird.

3.2 Versickerungsleistung

Die Bestimmung der Infiltrationsrate ist entscheidend für die Berechnung der Versickerungsleistung. Eine sorgfältige Ermittlung bzw. sichere Abschätzung der Infiltrationsrate ist für die Anlagenplanung wichtig. Im neuen DWA-A 138-1 wird die Versickerungsleistung nach Gleichung (1) berechnet:

$$Q_S = k_i \cdot A_S \cdot 10^3 \quad (1)$$

mit

- Q_S l/s Versickerungsleistung
- k_i m/s bemessungsrelevante Infiltrationsrate nach Gl. (2)
- A_S m^2 erforderliche Versickerungsfläche

Die bemessungsrelevante Infiltrationsrate wird als Produkt aus dem ermittelten Durchlässigkeitsbeiwert und dem resultierenden Korrekturfaktor gemäß Gleichung (2) berechnet:

$$k_i = k \cdot f_K = \text{konstant} \quad (2)$$

mit

- k_i m/s bemessungsrelevante Infiltrationsrate
- k m/s Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, z. B. k_f -Wert
- f_K (–) resultierender Korrekturfaktor Wasserdurchlässigkeit nach Gl. (3)

Der resultierende Korrekturfaktor berechnet sich nach Gleichung (3):

$$f_K = f_{\text{Ort}} \cdot f_{\text{Methode}} \leq 1 \quad (3)$$

mit

- f_K resultierender Korrekturfaktor Wasserdurchlässigkeit
- f_{Ort} Korrekturfaktor zur Erfassung der Variabilität der Bodenverhältnisse und Umfang/Anzahl der Versuchsstandorte
- f_{Methode} Korrekturfaktor für Bestimmungsmethode Wasserdurchlässigkeit

Mit dem Korrekturfaktor f_{Ort} werden örtliche Einflussfaktoren auf den Durchlässigkeitswert für die Bemessung bewertet. Er liegt zwischen 0,3 bis 1,0. Liegen ausreichende Informationen zu den Bodenverhältnissen vor und sind die Versuchsstandorte/ Probenahmestellen auf die Verhältnisse vor Ort fundiert abgestimmt, können hohe Werte für den Korrekturfaktor f_{Ort} gewählt werden.

Der Korrekturfaktor $f_{Methode}$ bewertet die Bestimmungsmethode der Infiltrationsrate (siehe Tabelle 2). Vorzugsweise sollten Feldversuche zum Einsatz kommen.

Tabelle 2: Korrekturfaktoren Infiltrationsrate nach DWA-A 138-1 (Entwurf Weißdruck 5/2023)

Bestimmungsmethode	$f_{Methode}$
großflächige Feldversuche in Testgrube/Probeschurf ($\geq 1 \text{ m}^2$)	1
kleinflächige Feldversuche	
– kleine Testgrube/ Probeschurf ($< 1 \text{ m}^2$)	0,9
– Doppelzylinder-Infiltrometer	0,9
– Open-End-Test	0,8
Laborverfahren mit ungestörten Proben (z. B. Permeameter)	0,7
Laborverfahren mit gestörten Proben/ Sieblinienauswertung für Sandböden	0,1

4 Versickerungsanlagen

Es gibt ein breites Spektrum an Versickerungsanlagen mit unterschiedlichem Flächenbedarf. Abbildung 1 zeigt prinzipielle technische Lösungen für Versickerungsanlagen und ihre Charakterisierung hinsichtlich der Systemkomponenten, der Flächenverfügbarkeit und der Versickerungsfähigkeit des Untergrunds. Zusätzlich sind im DWA-A 138-1 eine Reihe von Varianten, z.B. Tiefbeete oder Rain garden, etc. genannt.

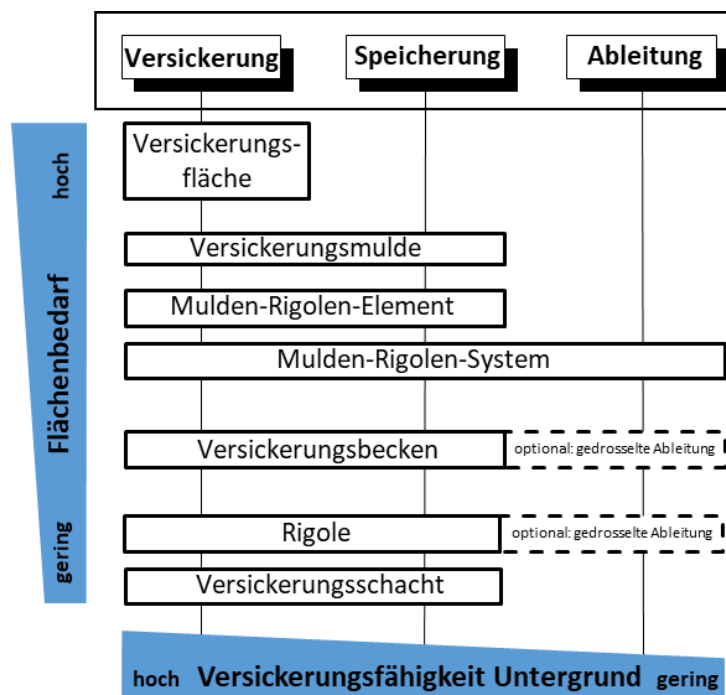


Abbildung 1: Versickerungsanlagen gemäß DWA-A 138-1 (Entwurf Weißdruck 5/2023)

Bei der unterirdischen Versickerung über Rigolen oder einen Versickerungsschacht ist zu beachten, dass die Zuleitung immer über eine geeignete Behandlungsanlage erfolgen muss, damit die qualitativen Anforderungen zum Grundwasserschutz erfüllt sind. Bei Versickerungsschacht Typ B kann eine ausreichende carbonathaltige Filtersandschicht auch als Behandlung zählen, wenn Belastungskategorie I angeschlossen ist. Bei höheren Belastungskategorien müssen dezentrale Behandlungsanlagen vorgeschaltet werden.

Die Behandlung auch oberirdisch durch die bewachsene Bodenzone einer Versickerungsmulde erfolgen, also in einem Mulden-Rigolen-Element oder -System.

5 Begrünung und Fertigstellungspflege

Die Begrünung der Mulden erfolgt durch Ansaat oder Bepflanzung. Im neuen DWA-A 138-1 wird auf die Erhöhung der Biodiversität durch eine vielseitige Bepflanzung hingewiesen. Es können zur Begrünung Gräser, Stauden, Sträucher und Gehölze verwendet werden, also auch Bäume. Mehr Biodiversität fördert die Akzeptanz für den Einsatz oberirdischer Versickerungsanlagen im engen urbanen Raum. Jedoch muss die Bepflanzung so gestaltet werden, dass sie die qualitative und quantitative Leistungsfähigkeit der Mulde nicht negativ beeinflusst. Werden Bäume oder Sträucher in die Nähe von unterirdischen Versickerungsanlagen gepflanzt, sind in Abhängigkeit von der Bauweise der Versickerungsanlage und der Gehölzart Schutzmaßnahmen gegen das Einwachsen von Wurzeln in die unterirdische Versickerungsanlage (z.B. Rigole) erforderlich. Im Zuge von Klimaanpassungsmaßnahmen wird oftmals der Begriff „Baumrigole“ verwendet. „Baumrigolen“ sind nach DWA-A 138-1 (Entwurf 5/2023) jedoch keine definierten Versickerungsanlagen, können unter Berücksichtigung der qualitativen Anforderungen aber als Versickerungsanlagen ausgeführt oder mit Versickerungsanlagen kombiniert werden. „Baumrigolen“ sind in ihrer Funktion Anlagen, die dem Baum eine gute Wasserversorgung über lange Trockenzeiten sichern sollen. Die Entwässerungsfunktion steht hier nicht im Vordergrund.

Die Pflanzplanung und die Entwicklung von Pflegekonzepten soll durch entsprechend qualifizierte Fachplaner erfolgen. Pflanzen in Versickerungsmulden müssen auch mit langen Trockenperioden und zeitweise mit Staunässe zurechtkommen; Vorsicht ist auch bei Streusalzeinsatz geboten. Zu beachten ist auch, dass begrünte Mulden erst betriebsbereit sind, wenn sich die Begrünung etabliert hat.

6 Betrieb

Versickerungsanlagen müssen regelmäßig überwacht, gepflegt, gewartet und instandgehalten werden. Ziel aller betrieblichen Maßnahmen ist der Erhalt der entwässerungstechnischen Funktionsfähigkeit (Rückhaltung, Versickerung, gegebenenfalls gedrosselte Ableitung) und der Schutz des Grundwassers vor stofflichen Verunreinigungen. Die Anforderungen an betriebliche Maßnahmen unterscheiden sich je nach Komplexität und Größe der Versickerungsanlage und der Nutzung der angeschlossenen Flächen.

Tabelle 3: Beispiel betriebliche Maßnahmen für Versickerungsschächte (Quelle: DWA-A 138-1, Entwurf Weißdruck 5/2023)

Betrieb	Maßnahme	Typische Häufigkeit	Bemerkung
Funktionsüberwachung	Inspektion der vorgeschalteten Behandlungsanlage	mindestens einmal jährlich oder nach Herstellerangaben	Vorbeugung Kolmation und Schadstoffeintrag
	Überprüfung auf Wasseraufstau	mindestens einmal jährlich	
	Erfassung der Sickerrate	nach Bedarf	
Pflege und Wartung	Reinigung der vorgeschalteten Behandlungsanlage	nach Herstellerangaben	
Instandsetzung	Schacht Typ B: Wiederherstellung der Durchlässigkeit durch Schälen oder Austausch des Filtersandes	nach Bedarf	

Wichtig ist für einen guten und reibungslosen Betrieb, dass das zuständige Fachpersonal detailliert die Funktionsweise und den Nutzen der jeweiligen Versickerungsanlagen kennt. Daher muss ein Betriebshandbuch erstellt und fortgeschrieben werden. Das Betriebshandbuch umfasst mindestens die Dokumentation und Betriebsanweisung der Versickerungsanlage. Bei Eigentümer- und Betreiberwechsel muss es weitergegeben werden. Im Anhang E des DWA-A 138 sind Hinweise zu betrieblichen Maßnahmen zusammengestellt. Es werden Hinweise zu Funktionsüberwachung, Pflege und Wartung sowie Instandsetzung gegeben. Tabelle 3 zeigt die betrieblichen Maßnahmen am Beispiel von Versickerungsschächten.

Referenzen

- DIN EN 752 (Juli 2017): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement. Deutsche Fassung EN 752:2017
- DWA-A 102-2/BWK-A3-2 (2020): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwasserabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer - Teil 2 Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. *DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.*
- DWA-A 138 (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, *DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.*
- DWA-A 138-1 (2020): Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb“, Gelbdruck, 11/2020, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.*
- DWA-A 138-1 (2023): Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb“, Entwurf Weißdruck, 5/2023, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.*
- DWA-A 117 (2013): Bemessung von Regenrückhalteräumen. *DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.*
- DWA-A 118 (Gelbdruck 2022): Hydraulische Bemessung und Nachweis von öffentlichen Entwässerungssystemen. *DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.*

Prof. Dr. Brigitte Helmreich
Technische Universität München,
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft
Am Coulombwall 3, 85748 Garching
Tel.: +49 89 289 13719
Fax: +49 89 289 13718
E-Mail: b.helmreich@tum.de

Dezentrale technische Regenwasserbehandlungsanlagen

Brigitte Helmreich *, Stephan Fuchs **

*TU München, **KIT Karlsruhe

Kurzfassung / Abstract

Die Umgestaltung der tradierten Entwässerungssysteme zu Systemen, die Siedlungen resilienter gegenüber den Auswirkungen von Dürre und Starkniederschlägen machen, geht einher mit der Implementierung einer großen Anzahl dezentraler Elemente. Die in diesem Zusammenhang häufig erforderliche Reinigung von Niederschlagsabflüssen erfolgt zunehmend in kleinen, technischen Anlagen. Hierbei sind einige Besonderheiten zu berücksichtigen und der Erfahrungshintergrund zum Betrieb dieser Anlagen ist nach wie vor gering. Im DWA-M-179 werden Handreichungen erarbeitet, welche die besonderen planerischen und betrieblichen Anforderungen für die Praxis zur Verfügung stellen. Im nachfolgenden Beitrag werden einige wesentliche Aspekte aufgegriffen und erläutert.

1 Einleitung

Die Entwicklung von Siedlungsräumen ist mit einer grundlegenden Umverteilung der aus Niederschlägen resultierenden Abflusskomponenten verbunden. Während im unbebauten Zustand bis zu zwei Drittel des mittleren Jahresniederschlags in Form von Evapotranspiration zurück in die Atmosphäre gegeben wird, etwa ein Viertel zur Grundwasserneubildung beiträgt und nur ein geringer Anteil als Oberflächenabfluss abfließt, werden im Zuge der Flächenversiegelung bis zu 70 % des Jahresniederschlags zu Oberflächenabfluss (s. Abbildung1).

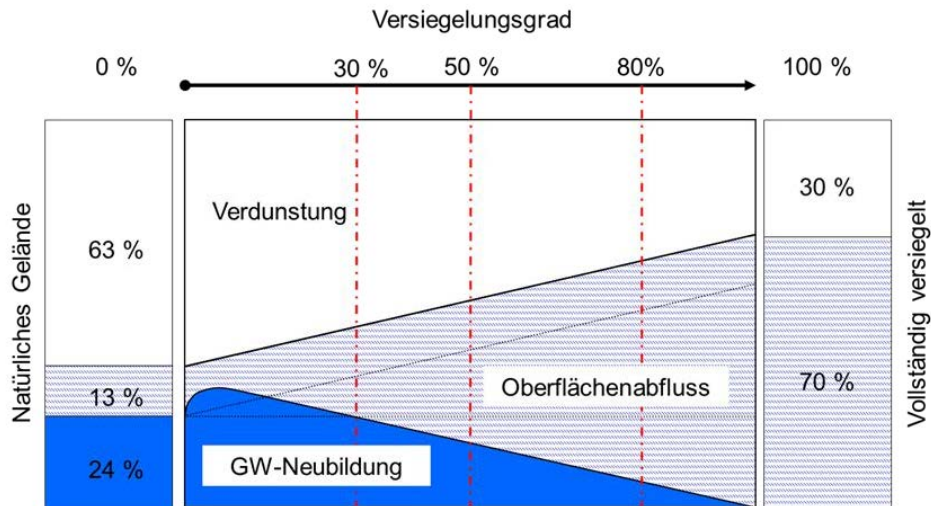


Abbildung 1: Entwicklung der Wasserbilanzkomponenten mit zunehmender Versiegelung (nach Glugla et al. 1999)

Diese systematischen Veränderungen führen neben der Belastung von Oberflächengewässern zunehmend zu Mengenproblemen. Als eine unmittelbare Folge des Klimawandels folgen auf lange niederschlagsfreie Zeiträume teilweise extreme Starkniederschläge, die von der bestehenden Infrastruktur kaum bewältigt werden können. Seit Jahren findet daher ein Umdenken in der Stadtentwässerung statt. Die klassischen ableitungsorientierten Systeme (Misch- und Trennsystem) werden durch Komponenten ergänzt, die es erlauben Niederschläge im städtischen Raum zu bewirtschaften. Ziel ist es, das Gesamtsystem Siedlung resilienter gegenüber den Auswirkungen von Dürre und Starkniederschlägen zu gestalten. Die unter den Begriffen „wasserbewusste Stadtentwicklung“, „Schwammstadt“ etc. subsumierten Ziele, umfassen 3 Handlungsoptionen:

- Förderung der Verdunstung
- Förderung der Versickerung
- Speicherung und Nutzung

Alle drei Optionen erfordern eine Lösung für den Abflussanteil, der nicht versickert, verdunstet oder zwischengespeichert werden kann. Für die Versickerung und Nutzung ist eine adäquate Behandlung der Niederschlagsabflüsse unverzichtbar. Im Bestand aber auch in der Neuplanung werden Anlagen zur Bewirtschaftung/Behandlung von Niederschlagsabflüssen häufig als dezentrale bis semizentrale Lösung umgesetzt.

Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen sind damit ein wichtiger Baustein einer wasserbewussten Stadtentwicklung und der Markt bietet eine große Anzahl verschiedenartiger Produkte an. Nach wie vor liegen aber unzureichende Erfahrungen zum Leistungsvermögen der unterschiedlichen Anlagen unter Feldbedingungen vor. Die daraus resultierenden Planungsunsicherheiten werden durch den Umstand, dass die stofflichen Belastungen von Niederschlagsabflüssen insbesondere bei dezentraler Behandlung sowohl zwischen den Einzelereignissen als auch an verschiedenen Orten

extremen Schwankungen unterliegen, verschärft. Der nivellierende Effekt durch die Mischung unterschiedlich belasteter Herkunftsflächen und langer Fließwege auf der Oberfläche und im Entwässerungssystem entfällt (Fuchs, 2010). Saisonale Effekte, beispielsweise Streusalz-Einsatz im Winter oder die Baublüte im Frühsommer sowie der Laubfall im Herbst, beeinflussen die stoffliche Belastung besonders stark und können zum Anlagenversagen führen.

Die Planung, Auslegung und insbesondere der Betrieb dezentraler Anlagen erfordert daher besondere Sorgfalt und zielt darauf ab das bestehende betriebliche Risiko zu minimieren. Einfache, robuste Lösungsansätze sind komplexen Anlagen mit einer Vielzahl unterschiedlicher Funktionselemente vorzuziehen.

2 Zielgrößen der Behandlung

Niederschlagsabflüsse unterschiedlicher Belastungskategorien (s. Tabelle 1) sollen grundsätzlich getrennt erfasst und behandelt werden. Dies ist im Bestand und bei zentralen Lösungen häufig nicht konsequent umsetzbar. Eine dezentrale Behandlungsstrategie ermöglicht jedoch eine gezielte Erfassung unterschiedlich belasteter Flächen. Die Vermischung von Abflüssen von unterschiedlich belasteten Flächen ist kontraproduktiv und sollte in keinem Fall stattfinden.

Die stofflichen Zielgrößen der dezentralen Behandlung entsprechen bei rein emissionsorientierter Betrachtung der in DWA-A102-2 entwickelten Systematik. Bei Einleitungen in das Oberflächengewässersystem ist das primäre Behandlungsziel der Rückhalt von AFS63, womit auch immer der Rückhalt von vorwiegend feststoffgebundenen Schadstoffen (z.B. Schwermetalle, PAK und MKW) verbunden ist.

Die zu erreichenden Wirkungsgrade leiten sich unmittelbar aus den für verschiedene Flächenkategorien definierten Rechenwerten nach DWA-A102-2 ab.

Tabelle 1: Rechenwerte zum jährlichen Stoffabtrag AFS63 und erforderlicher Wirkungsgrad nach DWA-A102-2

	Stoffabtrag AFS63 kg/(ha·a)	Konzentration¹⁾ mg/l	Wirkungsgrad %
Kategorie I	280	50	0
Kategorie II	530	95	47
Kategorie III	760	136	63

Bei dezentralen Lösungen ist zu berücksichtigen, dass die stoffliche Belastung des Anlagenzuflusses die in DWA-A102-2 definierten Frachten und Konzentrationen

¹ Ermittelt unter Berücksichtigung eines jährlichen Niederschlagsabflusses von 5.600 m³/a

deutlich unter- und überschreiten kann. Dies ist bei der Frequenz und beim Umfang von Wartung und Reinigung der Anlagen zu berücksichtigen.

Bei Einleitungen in das Grundwasser und bei Vorliegen weitergehender, immissionsorientierter Anforderungen ist der Feststoffrückhalt durch den Rückhalt gelöster Stoffe wie Biozide oder gelöste Schwermetalle zu ergänzen. Die hierbei zu einzuhaltenden Zielgrößen sind bisher nicht abschließend diskutiert.

3 Behandlungsoptionen

In Abhängigkeit von der Belastung der Niederschlagsabflüsse und des Behandlungsziels werden in dezentralen Behandlungsanlagen verschiedene Verfahren als Einzelverfahren oder in Kombination eingesetzt.

Für den Partikelrückhalt sind das die physikalischen Verfahren der Sedimentation und Filtration. Sollen auch gelöste Stoffe entfernt werden, muss nach der Abtrennung der Partikel eine chemisch-physikalische Behandlung in Form von Adsorption, Ionenaustausch oder Fällung erfolgen.

3.1 Sedimentation

Die Sedimentation ist das am häufigsten eingesetzte physikalische Verfahren zur Partikelseparation. Die Planung und der Betrieb von Sedimentationsanlagen sind vergleichsweise einfach. Feststoffe, deren Sinkgeschwindigkeit größer oder gleich der Oberflächenbeschickung ist, können im Sedimentationsraum abgeschieden werden. Aufgrund dieses einfachen Zusammenhangs, der unabhängig von der Größe der Anlagen gilt, können auch dezentrale Anlagen auf eine nicht zu überschreitende Bemessungsoberfläche ausgelegt werden.

Wenn grundlegende hydraulische Randbedingungen, wie eine vollständige und gleichmäßige Durchströmung des Sedimentationsraums eingehalten werden, kann der erreichbare Sedimentationswirkungsgrad in Abhängigkeit von der maximalen Oberflächenbeschickung gemäß Abbildung 2 abgeschätzt werden. Die Datenpunkte in Abbildung 2 wurden in Untersuchungen an Großanlagen ermittelt und repräsentieren mehrere Ereignisse, bei denen eine definierte Oberflächenbeschickung nicht überschritten wurde.

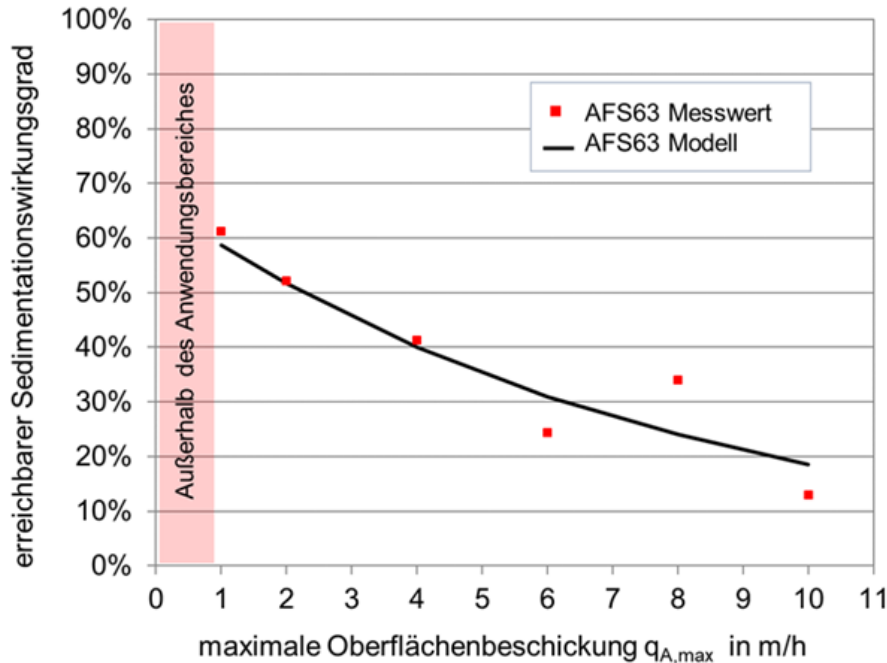


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Sedimentationswirkungsgrad (AFS63) und maximaler Oberflächenbeschickung (Bemessungswert) (verändert nach Fuchs & Kemper 2018)

Es wird deutlich, dass der erreichbare Sedimentationswirkungsgrad begrenzt ist und Wirkungsgrade $> 50\%$ in Standardanlagen große Volumen erfordern. Dem kann durch die Verwendung von Schrägklärern, die bei gleichem Anlagenvolumen die absetzwirksame Fläche vervielfachen, entgegengewirkt werden. Für Schrägklärer gelten die gleichen physikalischen Grundlagen wie für ungegliederte Anlagen. Auch für sie muss durch geeignete konstruktive Lösungen, beispielsweise eine gleichmäßige Durchströmung des Sedimentationsraums, sichergestellt werden.

3.2 Filtration

Die Filtration ist ein hochwirksamer Prozess zum Rückhalt von Feststoffen und daran gebundenen Schadstoffen. Zusätzlich treten sekundäre Reinigungseffekten, wie Adsorption oder biologischer Abbau auf, die auch den wirksamen Rückhalt von gelösten und biologisch abbaubaren Stoffen erlauben. In Abhängigkeit von der gewählten Filtergeschwindigkeit kann zwischen der Oberflächen- und Raumfiltration unterschieden werden.

Bei der Oberflächenfiltration werden partikuläre Stoffe, die größer als der Porendurchmesser des Filtermaterials sind, auf der Filteroberfläche abgeschieden. Mit fortschreitendem Anlagenbetrieb bildet sich ein Filterkuchen (Sekundärfilter), der zunehmend die hydraulische Leistungsfähigkeit der Anlagen bestimmt und entscheidend zum Stoffrückhalt beiträgt. Die Stoffentnahme erfolgt durch Entfernung des Filterkuchens.

Bei der Raumfiltration werden partikuläre Stoffe im Porenraum des Filtermaterials zurückgehalten. Typischerweise werden Schüttungen mit in Fließrichtung zunehmend feinerer Körnung verwendet. Die Stoffentnahme erfolgt durch den Austausch oder die Rückspülung des gesamten Filtermaterials.

Die Oberflächenfiltration im Anwendungsbereich Regenwasserbehandlung wird auf Filtergeschwindigkeiten bis 2,5 m/h ausgelegt. Die Begrenzung der Filtergeschwindigkeit kann über das Filtermaterial selbst oder eine Filterablaufdrosselung erfolgen. Die Raumfiltration wird auf Filtergeschwindigkeiten bis 15 m/h ausgelegt. Dies führt natürlich zu deutlich kleineren Filterflächen, reduziert jedoch die AFS63 Wirksamkeit und erhöht den Aufwand für die Wartung der Anlagen und die Stoffentnahme.

3.3 Adsorption und Ionenaustausch

Adsorption und Ionenaustauschverfahren zum Rückhalt gelöster Stoffe werden in der Regel auf den Grundlagen der Raumfiltration ausgelegt und betrieben. Um ausreichend lange Standzeiten der Anlagen zu erreichen setzt dies voraus, dass der zu behandelnde Abfluss quasi partikelfrei ist. Gelösten Schadstoffen können dann an festen Oberflächen des Adsorbermaterials festgelegt werden. Die Filtergeschwindigkeiten für großtechnisch umgesetzte Adsorptions- bzw. Ionenaustauscheranlagen liegen zwischen 4 und 7 m/h (Böhler et al 2020). Weitere relevante Auslegungsgrößen sind die Filterbetthöhe und die Kontaktzeit im Filter. Die Kontaktzeit ergibt sich aus dem Quotienten zwischen Filterbetthöhe und Filtergeschwindigkeit.

4 Auslegungskennwerte dezentraler Behandlungsanlagen

4.1 Abflussaufteilung

Auch die Behandlung von Niederschlagsabflüssen in dezentralen Anlagen erfordert gegebenenfalls eine Aufteilung des Gesamtabflusses in einen Teil, welcher der Behandlungsanlage zugeführt wird, und einen weiteren Teil, der an der Anlage vorbeifließt. Die für zentrale Anlagen geltenden statistischen Zusammenhänge zwischen einer kritischen Regenspende (r_{krit}) und dem behandelten Jahresabflussvolumen, nach denen ein r_{krit} von 15 l/(s·ha) einem Jahresabflussvolumen von ca. 90 % entspricht, können nicht auf dezentrale Anlagen übertragen werden. Wie oben angesprochen, entfallen die Retentions- und Translationsprozesse auf der Oberfläche des Einzugsgebietes und in der Kanalisation. Dies führt zu deutlich kürzeren Schwerpunktlaufzeiten und bei gleicher Regenspende zu deutlich geringeren Anteilen am Jahresabflussvolumen.

Basierend auf Arbeiten von Leutnant et al. (2020) wurde daher ein neuer Zusammenhang für dezentrale Anlagen abgeleitet. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse für diskrete r_{krit} -Werte und die Formel zur Berechnung von Zwischenwerten.

Tabelle 2: Zusammenhang zwischen r_{krit} und Anteil behandelter Jahresniederschlag für dezentrale Anlagen (hydraulischer Wirkungsgrad)

η_{hydr} : Anteil Jahresniederschlagsabfluss in %	r_{krit} in l/(s·ha)
50	3
55	4
60	6
65	8
70	12
75	16
80	23
85	31
90	44
95	61
100	$r_{(5,1)}$ bzw. ≥ 100

Formel zur Berechnung von Zwischenwerten: $r_{krit} = 0,1201 \cdot \exp(0,0655 \cdot \eta_{hydr})$

Ist eine Abflussaufteilung erforderlich, sollte diese aus Gründen der Betriebssicherheit vorzugsweise durch eine Drosselung nach der Behandlungsstufe (Fall1) oder durch den hydraulischen Widerstand des Filters (Fall 2) gewährleistet werden.

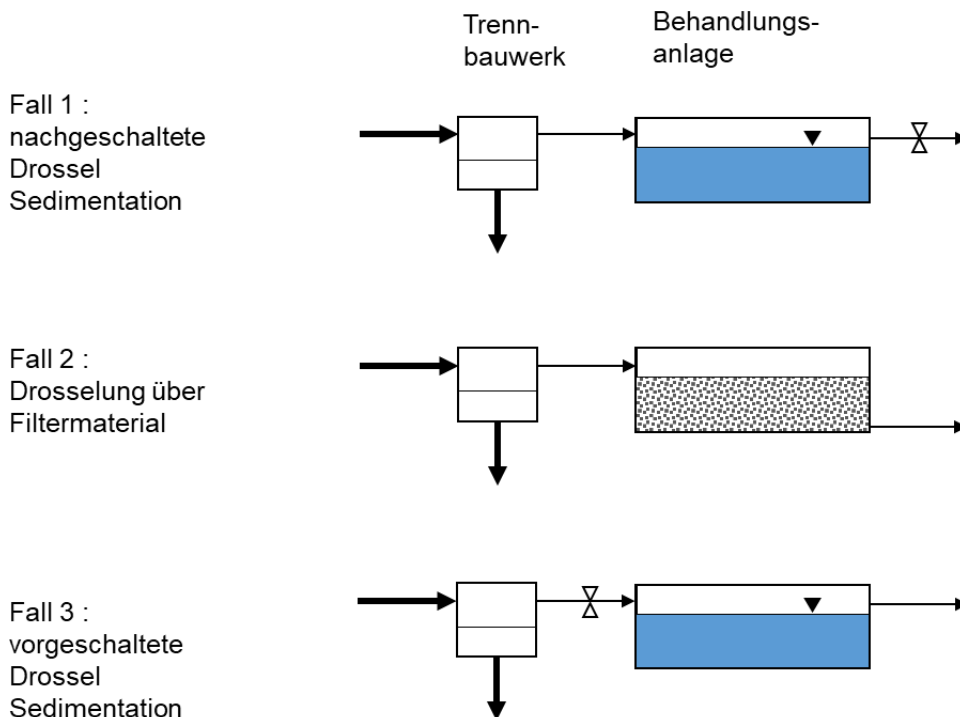


Abbildung 3: Möglichkeiten der Abflussaufteilung bei dezentralen Behandlungsanlagen

Soll eine Abflussaufteilung durch technische Einbauten vor der Behandlungsanlage (Fall 3) realisiert werden, muss zur Vermeidung von Verlegung ein Mindestabfluss von 5 l/s realisiert werden (DWA-A166). Bei Zuflüssen ≤ 5 l/s ist keine Abflussaufteilung erforderlich (Vollstrombehandlung).

5 Stoffliche Wirkungsgrade der eingesetzten Verfahren

Zur Auslegung einer Behandlungsanlage muss der stoffliche Wirkungsgrad des eingesetzten Verfahrens bekannt sein. Bei Sedimentationsanlagen setzt er sich aus einem Sedimentations- und Speicherwirkungsgrad zusammen. Bei dezentralen Anlagen ist der Speicherwirkungsgrad nicht relevant, sodass die Bemessung üblicherweise auf eine maximal zulässige Oberflächenbeschickung ($q_{A,max}$) erfolgt.

Das Bemessungsziel ist es, den Anlagendurchfluss so zu begrenzen, dass eine Remobilisierung bereits abgesetzter Feststoffe verhindert wird. Der mittlere Sedimentationswirkungsgrad wird dann durch den hohen Anteil von Zuflüssen bestimmt, für die die Oberflächenbeschickung deutlich kleiner als der Bemessungswert ist.

Aus Großanlagenuntersuchungen von Fuchs & Kemper 2018 (s. Abbildung 2) wurden für unterschiedliche maximale Oberflächenbeschickungen Orientierungswerte zum erreichbaren AFS63-Sedimentationswirkungsgrad abgeleitet. Danach wäre beispielsweise die maximale Oberflächenbeschickung auf ≤ 4 m/h begrenzt, um einen mittleren Wirkungsgrad von 40 % zu erreichen. Dieser Zusammenhang setzt voraus, dass eine Reihe von Randbedingungen eingehalten werden. Wesentlich ist, dass:

- der Durchsatz der Anlage auf den zu behandelnden Abfluss begrenzt wird (Trennschärfe bis ca. 1,2),
- eine turbulenzarme und möglichst gleichmäßige Durchströmung der Sedimentationszone gewährleistet ist und
- eine sichere Zwischenspeicherung und Entnahme der abgesetzten Feststoffe ($15 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) möglich ist.

Der Feststoffrückhalt von Filtrationsanlagen wird über die Filtergeschwindigkeit bestimmt. Daneben sind im Praxiseinsatz die Filtermächtigkeit und das Filtervolumen wesentliche Eigenschaften, die den Partikelrückhalt und die Standzeit einer Filteranlage beeinflussen.

Bei einer Filtergeschwindigkeit des Ausgangsmaterials bis 2,5 m/h kann unter Feldbedingungen, davon ausgegangen werden, dass der Feststoffrückhalt vorrangig auf der Filteroberfläche stattfindet. Die Feststoffe werden dort aerob zwischengespeichert und können auf einfache Weise entnommen werden. Die

Reinigungsleistung und Standzeit so betriebener Filter ist hoch und der Filtrationswirkungsgrad kann mit 95 % angenommen werden.

Ziel der Bemessung ist, dass diese hohe hydraulische und stoffliche Leistungsfähigkeit ohne Wartungs- und Reinigungsaufwand für mindestens 12 Monate sichergestellt ist. Die Filterfläche ist hierfür so groß zu wählen, dass die rechnerische, jährliche AFS63 Belastung der Filteroberflächen $7 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ nicht übersteigt. Hierzu ist es erforderlich, dass die Anlage mindestens 0,8 % der angeschlossenen befestigten Fläche als Filterflächen zur Verfügung stellt. Dieser Wert ist die zentrale Auslegungsgröße für dezentrale technische Filteranlagen ohne Vorbehandlung.

Um den Filtrationswirkungsgrad von 95 % sicher zu erreichen, wird darüber hinaus empfohlen die Filtermächtigkeit nicht kleiner als 0,2 m und die Filtergeschwindigkeit nicht höher als 2,5 m/h zu wählen. Werden diese Werte unter- bzw. überschritten, führt das zu einer deutlichen Reduzierung der Wirksamkeit und zu einer erheblichen Erhöhung des Versagensrisikos der Anlagen.

6 Bemessung einer Behandlungsanlage

6.1 Ermittlung der Flächen und des Behandlungsbedarfs

Der erste Schritt der Bemessung einer Behandlungsanlage mit dem Ziel des Einleitens ins Oberflächengewässer ist die Erfassung der tatsächlich abflusswirksamen Größe, Art und Nutzung der angeschlossenen Flächen (Flächenkategorisierung nach DWA-A 102-2). Da eine Vermischung von Flächen unterschiedlicher Belastungskategorien nicht vorgesehen ist, ergibt sich daraus unmittelbar der erforderliche Behandlungsbedarf (η_{erf}), der dem Gesamtwirkungsgrad (η_{ges}) der Behandlungsanlage entspricht.

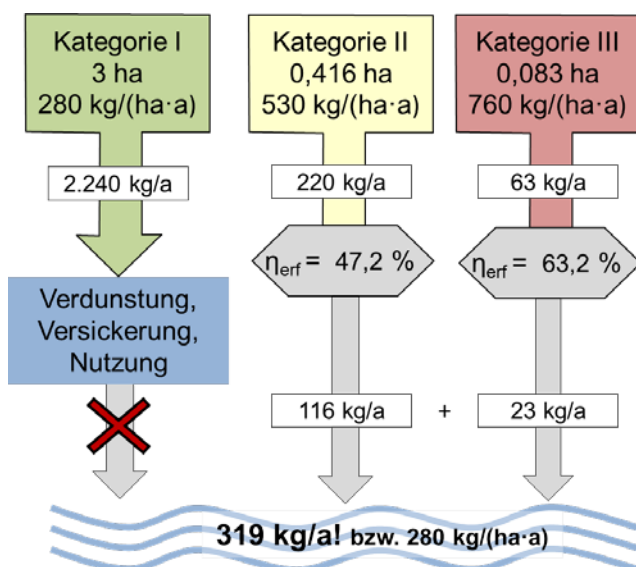


Abbildung 4: Ermittlung des Behandlungsbedarfs nach DWA-A 102-2)

Der Gesamtwirkungsgrad beinhaltet gemäß Gleichung (1) den spezifischen Wirkungsgrad des Behandlungsverfahrens (η_{BV}) und einen erforderlichen hydraulischen Wirkungsgrad (η_{hyd}).

$$\eta_{ges} = \eta_{BV} \cdot \eta_{hyd} \quad (2)$$

Mit:

η_{ges} = Gesamtwirkungsgrad gemäß Flächenbilanzierung nach DWA-A 102-2 in %, entspricht η_{erf}

η_{BV} = spezifischer Wirkungsgrad des eingesetzten Behandlungsverfahrens

η_{hyd} = hydraulischer Wirkungsgrad (zu behandelnder Anteil von Q_R in %)

Bei Einleitung in Oberflächengewässer ist das emissionsorientierte Ziel der Behandlung die Begrenzung des flächenspezifischen Stoffaustrags von AFS63 auf 280 kg/(ha·a). Für Flächen der Kategorie II bedeutet das, dass die Anlagen einen Gesamtwirkungsgrad von $\geq 47,2$ %, für Kategorie III-Flächen von $\geq 63,2$ % aufweisen müssen.

6.2 Prüfung der Verfahrenseignung

Der Abfluss einer Verkehrsfläche von 4.160 m² der Belastungskategorie II soll behandelt werden. Entsprechend der Flächenkategorisierung in DWA-A102-2 ist der spezifische Stoffaustrag aus dieser Fläche 530 kg/(ha·a). Der erforderliche Gesamtwirkungsgrad der Behandlungsanlage beträgt damit rechnerisch 47,2 %.

Mit Gleichung (1) und den spezifischen Wirkungsgraden möglicher Behandlungsverfahrens kann nun der erforderliche hydraulische Wirkungsgrad, also der Anteil des Jahresniederschlagsabflusses der behandelt werden muss, berechnet werden. Tabelle 3 fasst die Ergebnisse der Berechnungen zusammen. Es wird deutlich, dass eine wirksame Behandlung in einer Sedimentationsanlage, die auf eine maximale Oberflächenbeschickung von 4 m/h bemessen ist, nicht möglich ist. Zur Erreichung des geforderten Gesamtwirkungsgrades müssten 118 % des Jahresniederschlagsabflusses behandelt werden.

Tabelle 3: Prüfung der Verfahrenseignung

Behandlungsverfahren	η_{BV}	η_{hyd}
Sedimentation , $q_{A,max} \leq 4$ m/h	0,40	1,18
Sedimentation , $q_{A,max} \leq 2$ m/h	0,52	0,91
Sedimentation , $q_{A,max} \leq 1$ m/h	0,61	0,77
Filtration, $v_F \leq 2,5$ m/h	0,95	0,50

Mit einer auf eine maximale Oberflächenbeschickung von ≤ 2 m/h bemessenen Anlage kann das Behandlungsziel erreicht werden, wenn 91 % des Jahresniederschlagsabflusses behandelt werden.

6.3 Ermittlung der Anlagengröße und -belastung

Für Sedimentationsanlagen kann aus dem erforderlichen hydraulischen Wirkungsgrad nach Tabelle 2 bzw. Gleichung (2) die kritische Regenspende bestimmt werden, für die die maximale Oberflächenbeschickung einzuhalten ist.

$$r_{krit} = 0,1201 \cdot \exp(0,0655 \cdot \eta_{hyd}) \quad (2)$$

Mit:

r_{krit} = kritische Regenspende

η_{hyd} = hydraulischer Wirkungsgrad (zu behandelnder Anteil von Q_R in %)

Für den Beispielwert von $\eta_{hyd} = 91$ % ergibt sich eine kritische, der Behandlung zuzuführende Regenspende von 46 l/(s·ha)-und bei einer abgeschlossenen Fläche von 4.160 m² ein maximaler Anlagenzufluss von 19 l/s.

Über den Oberflächensatz (Gleichung (3)) kann abschließend ermittelt werden wie groß die absetzwirksame Fläche sein muss damit eine maximale Oberflächenbeschickung von 2 m/h nicht überschritten wird.

$$A_{Sed} = Q \cdot 3,6 / q_{A,max} \quad (3)$$

Mit:

A_{Sed} = absetzwirksame Fläche der Sedimentationsanlage in m²

Q = Anlagenzufluss in m³

$q_{A,max}$ = maximale Oberflächenbeschickung in m/h

Für das gegebene Beispiel würde sich eine Fläche von 34,2 m² ergeben, die in einer ungegliederten Sedimentationskammer oder in einem Schrägklärer zu Verfügung gestellt werden kann. Eine so bemessene Anlage würde jährlich 104 kg/a AFS63 - oder wenn man einen AFS63-Anteil von 30 % im Anlagenzufluss annimmt - ca. 150 kg/a AFS zurückhalten. Die letztgenannte Zahl ist bedeutsam, denn sie bestimmt die Feststoffmenge, die sicher in der Anlage zwischengespeichert werden muss.

Die hydraulischen Kenngrößen einer Filtrationsanlage zur Behandlung der Straßenabflüsse werden analog zur Vorgehensweise bei Sedimentationsanlagen bestimmt. Für den im Beispiel erforderlichen hydraulischen Wirkungsgrad von 50 % ergibt sich eine kritische Regenspende von 3 l/(s·ha)-und ein maximaler Anlagenzufluss von 1,3 l/s.

Für Filtrationsanlagen ist eine Bemessung auf der Grundlage von rein hydraulischen Kenngrößen nicht sinnvoll. Sie würde zu extrem hohen hydraulischen Belastungen der

Filter und einer unverträglich hohen Feststoffbelastung der Filteroberfläche führen. Die unmittelbare Folge wäre eine sehr schnelle Kolmation. Die langjährigen Betriebserfahrungen mit Retentionsbodenfiltern (DWA-A 178) zeigen, dass durch die Bereitstellung einer Filterfläche, die mindestens 0,8 % der angeschlossenen befestigten Fläche entspricht, eine betriebssichere Anlage entsteht. Für die oben genannte Verkehrsfläche von 4.160 m² der Belastungskategorie II ergibt sich so eine erforderliche Filterfläche von 33 m². Der so bemessenen Filter hat eine hohe Stapelhöhe von 95 m³/(m²·a). Die Feinpartikelbelastung der Filteroberfläche liegt jedoch mit 4,5 kg/(m²·a) deutlich unter der kritischen Belastung von 7 kg/(m²·a), so dass ein sicherer Filterbetrieb möglich ist.

6.4 Erfassung besonderer Standortfaktoren

Die Wirksamkeit dezentraler Anlagen werden stark von den standortspezifischen Besonderheiten beeinflusst. Es ist daher neben der Ermittlung der Flächen weitergehende Informationen, die nicht in den Bemessungsgang einfließen können zu erheben. Die folgenden Punkte haben eine besondere Relevanz:

- Schwerlastverkehrsanteile, landwirtschaftliche Einflüsse
- Art der Oberflächenbefestigung (Asphalt, Beton)
- Vegetation im Einzugsgebiet (Nadel- und Laubbäume)
- Bebauung und lokale klimatische Einflüsse
- Häufigkeit der Straßenreinigung und Grünschnitt
- Winterdienst, insbesondere wann und welche Tausalze eingesetzt werden

Auch wenn die Einflüsse dieser Faktoren nicht exakt quantifizierbar sind, geben sie wichtige Hinweise zum betrieblichen Aufwand, der in der Anlagenplanung sowie im Regelbetrieb und bei der Kostenkalkulation zu berücksichtigen sind.

Tabelle 4: Standortspezifische Einflüsse auf das AFS63 Aufkommen

Standorteigenschaft	AFS63 Aufkommen	Standortfaktor
Verkehrsverhältnisse (z.B. Kreisverkehr, Lichtsignalanlagen, vermehrte Bremsvorgänge durch starke Steigungen/ Gefälle)	erhöht	+ 1
hoher Schwer-Verkehr-Anteil (> 8 % von jeweiliger DTV)	erhöht	+ 1
regelmäßige Stoffeinträge (z.B. Vegetation (Baumüberdeckungsgrad), Fuhrunternehmen, Landwirtschaft)	erhöht	+ 1
sonstige erhöhende Faktoren (z.B. intensiver Winterdienst, Randbebauung)	erhöht	+ 1
häufige Straßenreinigung	reduziert	- 1
Schwer-Verkehr nahezu ausgeschlossen	reduziert	- 1

oberirdische Ableitung (z.B. offene Gerinne und Transportmulden mit signifikanten Feststoffrückhalt durch raue Oberflächen oder Barrieren auf dem Fließweg	reduziert	- 1
sonstige mindernde Faktoren (z.B. fehlende Randbebauung → Luftbewegungen führen zu signifikanter Feststoffverfrachtung außerhalb von A _{E,b,a})	reduziert	- 1
Summe		

Die Berücksichtigung der standortspezifischen Faktoren beeinflusst wesentlich Bau und Betrieb. Unter Standardbedingungen (Werte ≤ 1) kann eine Standzeit der Anlagen von mindesten einem Jahr bzw. ein Reinigungsintervall von einmal pro Jahr erwartet werden. Für höhere Werte gilt:

Werte > 1 erhöhter Schlammanfall → erhöhter Aufwand beim Anlagenbetrieb

Werte ≥ 3 sehr hoher Schlammanfall → mangelnde Betriebssicherheit der Anlage

Hieraus kann sich auch eine Anpassung des Schlammraum oder der Anlagendimensionierung ergeben.

7 Betrieb dezentraler Anlage

Aufgrund des großen Einflusses von standörtlichen Besonderheiten, die im Planungsstadium nicht vollumfänglich berücksichtigt werden können, wird ein überwachter Erstbetrieb nötig. Aus diesem über ein Jahr andauerndem Monitoring resultieren Erkenntnisse zum individuelle Betriebsverhalten der Anlage und zum Wartungs- und Reinigungsaufwand, die einen wirtschaftlichen und sicheren Langzeitbetrieb gewährleisten. Folgende Punkte können Bestandteile des Monitorings sein:

- Quantifizierung des Feststoffdepots
- Wasserstands- und Durchflussmessungen
- Durchlässigkeit des Filters ermitteln
- Einfluss der Jahreszeiten auf die Anlage
- Kontrolle nach besonderen Niederschlagsereignissen
- Sichtkontrolle mit Foto- bzw. Videodokumentation
- Dokumentation mit standardisierten Protokollen

Aufgrund der zukünftig potentiell großen Anzahl dezentraler Behandlungsanlagen/ Betriebspunkten erscheint es noch mehr als bei zentralen Lösungen erforderlich, dass ein sachgerechter Betrieb der Anlagen gewährleistet ist. Dieser kann jedoch nur auf der Grundlage der Daten einer Betriebsüberwachung entwickelt werden. Der Aufwand für ein Monitoring sind daher ebenso wie die Betriebskosten in der Kostenplanung zu berücksichtigen.

Referenzen

- Böhler M., Joss A., McArdeall C., Meier A. (2020). Hinweise zur Planung und Auslegung von diskontinuierlich gespülten GAK-Filtern zur Elimination organischer Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser. Konsenspapier zum Ergebnis eines Workshops mit Fachexperten aus der Schweiz und Deutschland, Eawag und VSA, Dübendorf.
- DWA-A 102-2/BWK-A3-2 (2020): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwasserabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer - Teil 2 Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen.
- DWA-A 166 (2013): Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung. Arbeitsblatt
- DWA-A 178 (2019): Empfehlungen für Planung, Konstruktion und Betrieb von Retentionsbodenfilteranlagen.
- Fuchs, S.; Lambert, B. & Grotehusmann, D. (2010): Neue Aspekte in der Behandlung von Siedlungsabflüssen. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung, Band 22, Heft 6, Springer Verlag.
- Fuchs, S. & Kemper, M. (2018): Empfehlungen für Bau und Betrieb klärtechnischer Maßnahmen. 3. Expertenforum Regenüberlaufbecken RÜB-BW, 27.03.2018 Stuttgart. DWA LandesverbandBaden-Württemberg, Stuttgart.
- D Glugla, G.; Goedecke, M.; Wessolek, G. & Fürtig, G. (1999): Langjährige Abflussbildung und Wasserhaushalt im urbanen Gebiet Berlin. Wasserwirtschaft, 89. Jahrgang Nr.1 1999.
- Leutnant, D., Henrichs ,M.& Uhl, M. (2020): Teilstrombehandlung von Regenwetterabflüssen. gwf-Wasser, Abwasser, Nr.161, 1/2020.

Prof. Dr. Brigitte Helmreich
Technische Universität München,
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft
Am Coulombwall 3, 85748 Garching
Tel.: +49 89 289 13719
Fax: +49 89 289 13718
E-Mail: b.helmreich@tum.de

Dr.-Ing. Stephan Fuchs
Karlsruher Institut für Technologie
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
Gotthard-Franz-Str. 3, 76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721/608-46199
Fax: +49 721/608-44729
E-Mail: stephan.fuchs@kit.edu

Immissionsorientierte Nachweisführung am Beispiel der Döllnitz in Sachsen

Hubertus Milke, Tilo Sahlbach

Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft an der HTWK Leipzig

Kurzfassung / Abstract

Seit Oktober 2021 liegt der Weißdruck zum Immissionsnachweis nach dem DWA-M102-3 / BWK-M3-3 vor. Derzeit wird die Umsetzung in die wasserwirtschaftliche Planungs- und Genehmigungspraxis in den einzelnen Bundesländern vorbereitet, bzw. ist schon realisiert. Nach den Erfahrungen der Verfasser gibt es jedoch noch ein nicht zu unterschätzendes Defizit zum Umgang mit dem Merkblatt, sowohl bei den Behörden, als auch den Planungsbüros. Am Beispiel des ca. 80 km langen Fließgewässers Döllnitz mit einem Einzugsgebiet von 215 km², gelegen in den Landkreisen Nordsachsen, Leipzig, Mittelsachsen und Meißen wird im folgenden Beitrag die Vorgehensweise nach DWA-M 102-3/ BWK-M3-3 mit Relevanzprüfung, vereinfachtem Nachweis und detaillierten Nachweis vorgestellt und diskutiert. Dabei werden Probleme bei der Datenverfügbarkeit und Alternativen ebenso vorgestellt, wie auch die vorhandenen „Sicherheiten“ bei Relevanzprüfung und dem vereinfachten Nachweis gegenüber dem detaillierten Nachweis. Schwerpunktmäßig wird im nachfolgenden Beispiel in erster Linie auf die hydrologischen Nachweise abgestellt. Nach vorläufiger Meinung der Verfasser wird bei den mitteldeutschen Fließgewässern der Immissionsnachweis mit detaillierter Nachweisführung bis auf wenige Ausnahmen, z.B. in den Oberläufen Mittelgebirgen, in Zukunft unumgänglich sein.

1 Prüfungsablauf nach dem DWA-M 102-3 / BWK-M3-3

Neben den obligatorischen emissionsbezogenen Maßnahmen bei der Einleitung von Abwasser in Fließgewässer nach dem DWA-A 102-2 / BWK-A3-2 ist ebenfalls zu prüfen, ob und in welchem Maße das Gewässer selbst in der Lage ist, diese Einleitungen aufzunehmen. Dies betrifft sowohl die hydrologische als auch die stoffliche Komponente. Folgerichtig erfolgt auch eine Prüfung, inwiefern die aktuellen Bedingungen für Fische und den Makrozoobentos eine Einleitung zulassen und zwar hinsichtlich der hydraulischen Bedingungen um eine Verdriftung oder Erosion des Gewässerbettes zu vermeiden als auch die stofflichen Bedingungen hinsichtlich einer Mindestkonzentration an Sauerstoff, der Maximalkonzentration an fischtoxischen Ammoniak sowie den AFS. Um den erforderlichen Prüfungsaufwand in Grenzen zu halten, erfolgt die Überprüfung 3-stufig. Mit jeder Stufe steigt der erforderliche

Planungsaufwand und reduzieren sich die (planmäßigen) Sicherheiten. Die prinzipielle Vorgehensweise wird in Abbildung 1 vorgestellt.

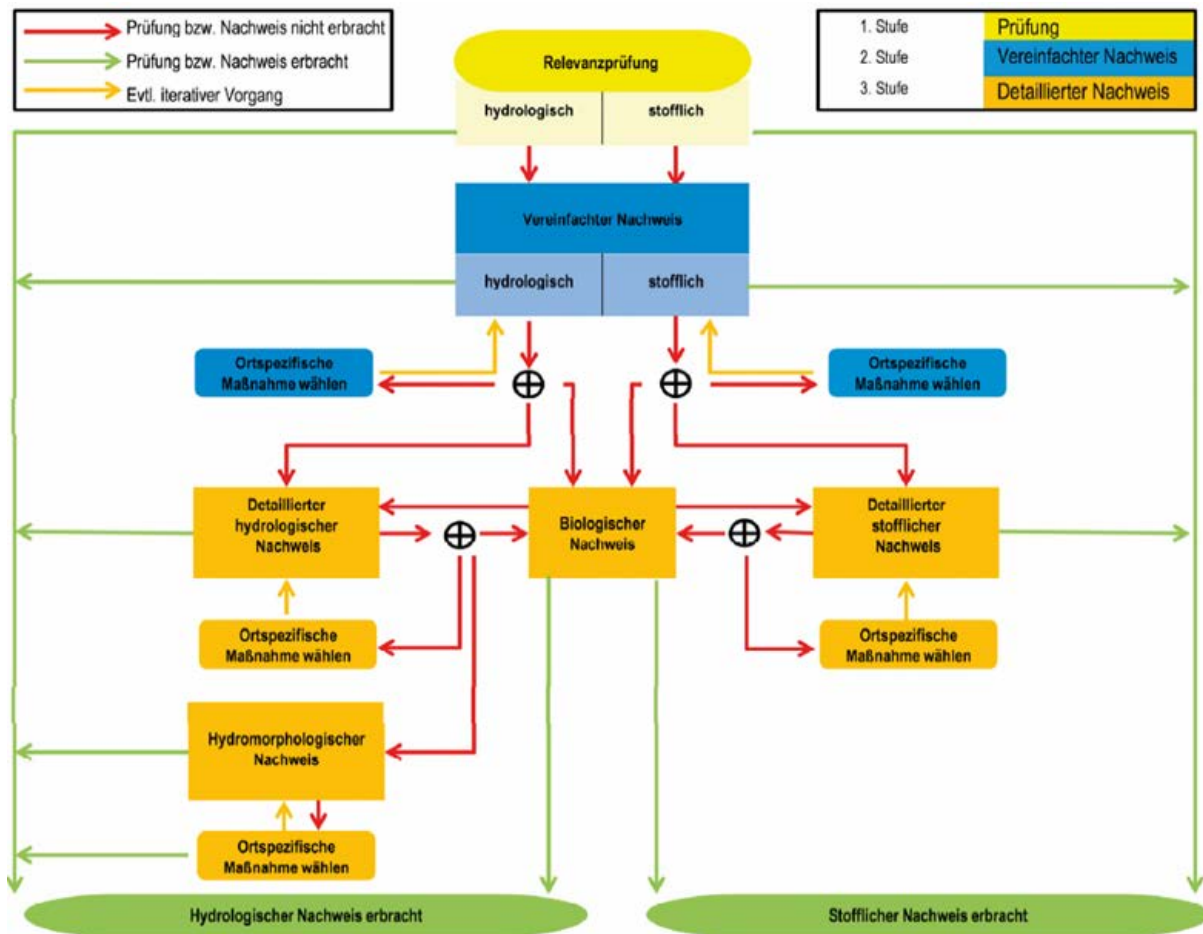


Abbildung 1: Prüfungsablauf nach DWA-M 102-3 / BWK M3-3 (DWA-M 102-3; 2021)

Zunächst erfolgt die Relevanzprüfung dahingehend, ob überhaupt Maßnahmen erforderlich sind. Da sich Einleitungen in ein Gewässer immer in Fließrichtung nach unterhalb auswirken, muss zunächst der sogenannte Nachweisraum ermittelt werden, innerhalb dessen die Gewässerbeeinträchtigung durch die Einleitung relevant ist. Werden sowohl die hydrologischen als auch die stofflichen Kriterien eingehalten, ist eine weitere Nachweisführung nicht erforderlich. Ist nur eines der beiden Kriterien erfüllt, muss die nächste Stufe nur für das nicht eingehaltene Kriterium geführt werden. In der zweiten Stufe erfolgt der vereinfachte Nachweis für das in der Relevanzprüfung nicht erfüllte Kriterium. Sind auch hier die Kriterien nicht eingehalten oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand einzuhalten, muss bzw. sollte der detaillierte Nachweis mit Hilfe eines Niederschlag-Abfluss-Modells und einer Langzeitkontinuumssimulation erfolgen. In der Regel ergeben sich mit einem N-A-Modell deutlich größere Spielräume für die Einleitungen.

2 Vorstellung des Beispielgebietes

Als Beispielgebiet wird die Döllnitz, ein Fließgewässer 1. Ordnung und Nebenfluss der Elbe mit einer Fließgewässerslänge von rund 80km ausgewählt. Die Mündung der Döllnitz befindet sich in Riesa. Das Einzugsgebiet von 215km² umfasst Teile der sächsischen Landkreise Nordsachsen, Leipzig, Mittelsachsen und Meißen. Vom Gewässertyp nach LAWA gehört sie zu den Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüssen (Typ: 15) und ist in weiten Teilen ein Abwasserbedingtes Defizitgewässer.

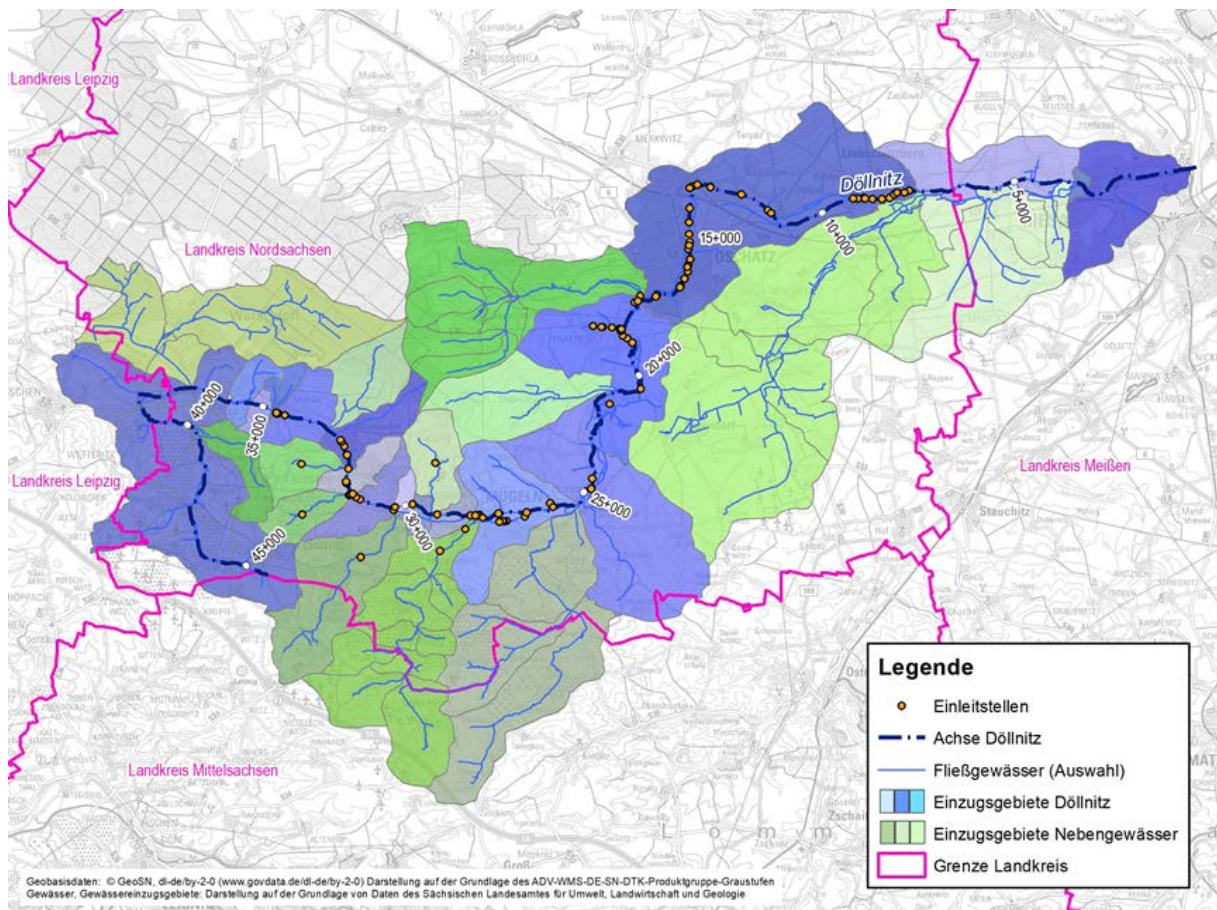


Abbildung 2: Lage und Einzugsgebiet der Döllnitz

Auf Grund der hohen Siedlungsdichte sind insbesondere der Mittel- und Unterlauf von zahlreichen Einleitungsstellen aus Mischwasserüberläufen, Regenwasserkanälen und Abläufen von Kläranlagen geprägt (siehe Abbildung 2, Einleitungsstellen).

Für die weiteren Prüfungen sind die Kenntnis der mittleren Fließgeschwindigkeit, der befestigten Flächen $A_{b,a}$ sowie des Längsgefälles erforderlich. Dazu wurden aus den veröffentlichten Daten des Landesumweltamtes der Längsschnitt in Abbildung 1 Abbildung 3 mit einem mittleren Gefälle von 0,18% ermittelt. Zudem wurden beispielhaft an vier Querprofilen die zugehörigen Einzugsgebietsflächen, Durchflüsse bei MNQ sowie die zugehörigen mittleren Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten ermittelt. Sind die Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten nicht aus Messungen

bekannt, kann nach Anlage A.1 DWA-M 102-3 über die Geometrie eines anzunehmenden Trapezprofils diese abgeschätzt werden.

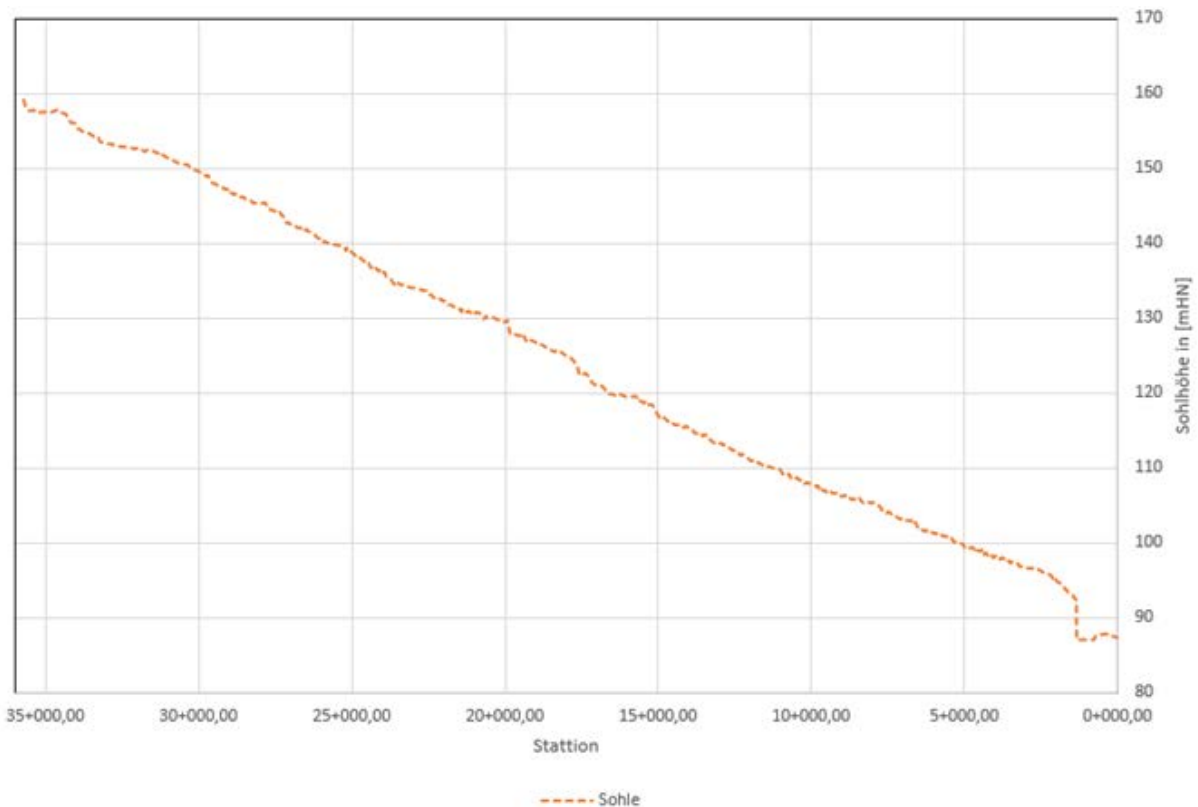


Abbildung 3: Längsschnitt der Döllnitz von der Quelle bis zur Mündung in den Elbhafen bei Riesa

Tabelle 1: Hydrologisch und Hydraulische Parameter an vier Querprofilen

Station	Breite [m]	AEO [km ²]	MNq l/(s·km ²)	MNQ l/s	W-Tiefe [m]	V [m/s]
34+000	1,7	37	1,93	71	0,12	0,33
25+800	2,0	82	2,23	183	0,19	0,43
13+800	4,1	147	1,91	281	0,16	0,42
7+000	4,2	160	1,83	293	0,16	0,42

3 Festlegung des Nachweisraumes

Eine besondere Bedeutung kommt der Festlegung des Nachweisraumes, d.h. der Abgrenzung, wie weit nach unterhalb sich eine Einleitung auswirkt, zu. Vom Nachweisraum ist es abhängig, welche Gewässerteile im folgenden zusammenhängend betrachtet werden müssen. Die Länge des beeinflussten Abschnittes nach der Einleitung ist dabei von der Wassertiefe und der Fließgeschwindigkeit bei Mittlerem Niedrigwasserabfluss abhängig. Die Festlegung des beeinflussten Abschnittes erfolgt dabei nach Tabelle 2.

Tabelle 2: Festlegung der Länge des beeinflussten Abschnittes (DWA-M 102-3, 2021)

		Mittlere Fließgeschwindigkeit (m/s)		
		≤ 0,1	≤ 0,5	> 0,5
Mittlere Fließtiefe (m)	≤ 0,1	< 1,0 km	2,0 km	-
	≤ 0,5	2,8 km	3,5 km	4,0 km
	> 0,5	4,0 km	5,0 km	-

Da nach Tabelle 1 sowohl alle Wassertiefen zwischen 0,1-0,5m und alle Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,1m/s – 0,5m/s liegen, wird für die gesamte Döllnitz eine Beeinflussung von 3,5km unterhalb jeder Einleitung festgelegt. Solange sich dabei die beeinflussten Abschnitte überschneiden, sind diese Gewässerbereiche zusammen zu betrachten. Dies trifft in Bezug auf die Döllnitz auf den gesamten Flusslauf zu, d.h. in diesem Fall muss die gesamte Döllnitz als ein Nachweisraum betrachtet werden (Abbildung 4). Hätte sich stattdessen nach Tabelle 2 eine Beeinflussung von 2km ergeben, hätte dies zu zwei Unterbrechungen von beeinflussten Abschnitten geführt, und es hätten sich drei unabhängig voneinander bestehenden Nachweisräumen geführt, die jeweils für sich betrachtet werden könnten.

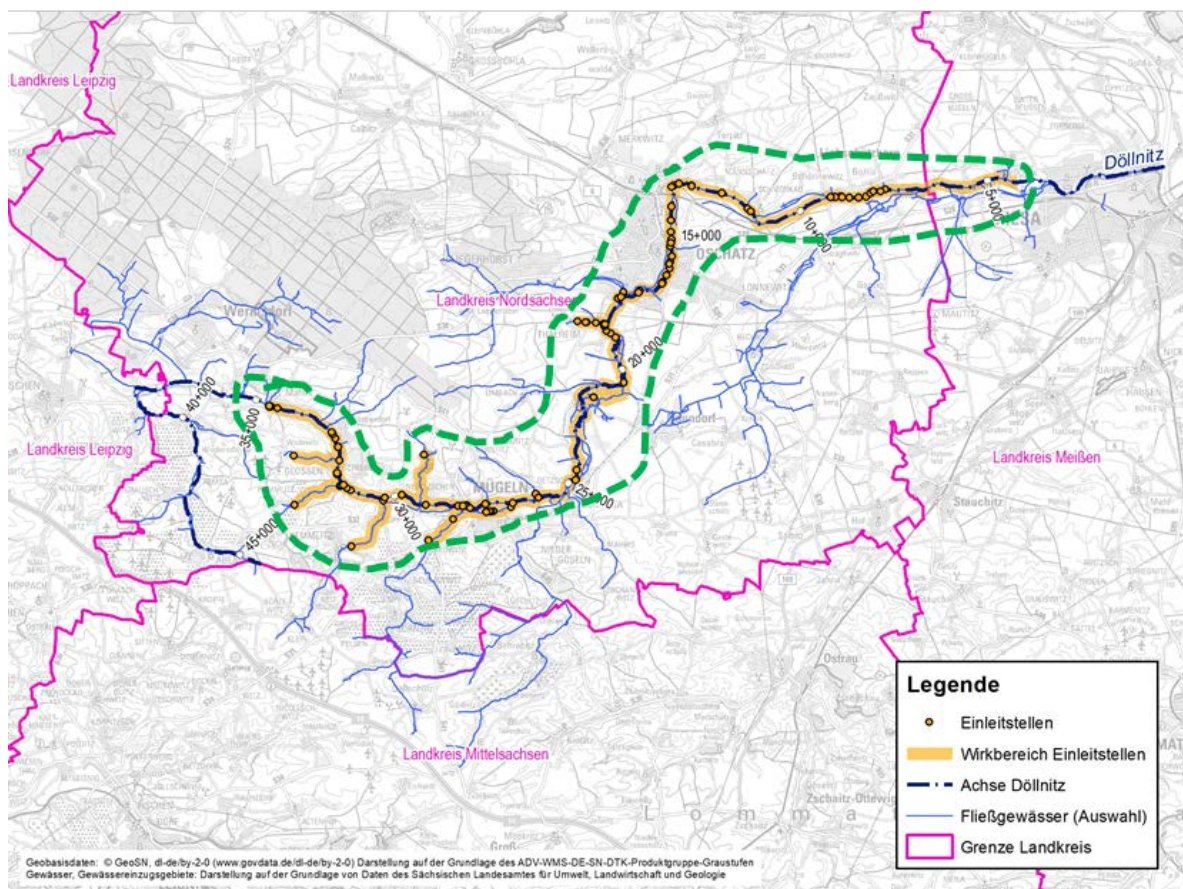


Abbildung 4: Ermittlung des Nachweisraumes für die Döllnitz

4 Relevanzprüfung

Die Relevanzprüfung stellt eine erste Abschätzung dar, ob und wenn in welchem Umfang überhaupt ein Nachweis erforderlich ist. Er basiert auf den i.d.R. verfügbaren Kanalnetz- Einzugsgebiets- und Gewässerdaten die vorliegen oder im Rahmen einer Begehung erhoben werden. Für die Bearbeitung wurde im DWA-M 102-3 ein Formblatt (s. Tabelle 3) entwickelt, welches entsprechend abzarbeiten ist. Demzufolge ist kein weiterer Nachweis erforderlich, wenn $A_{b,a} / A_{Eo} < 0,01$ oder es sich um seltene ($n < 0,5/a$) oder kleine ($QE1 < MNQ$) Einleitungsabflüsse handelt. Andererseits ist ein Nachweis erforderlich, wenn in einleitungsfrei zu haltende Gewässerabschnitte (Quellgebiete) im Bestand eingeleitet wird oder in Sonderfällen von stofflichen Belastungen oder Schutzbedürfnissen auszugehen ist (aufgestaute Gewässerabschnitte, Trink-, Badegewässer, eutrophierte Gewässer, Gewässer mit besonderer Fauna, Einleitungen aus Kläranlagen). Weitere Kriterien betreffen die Relevanz von Ammoniakkonzentrationen, des Sauerstoffhaushalts und der Feststoffbelastung.

Tabelle 3: Formblatt für die Relevanzprüfung (DWA-M 102-3, 2021)

Dokumentation des Relevanznachweises				
Bezeichnung der Einleitungsstelle:				
Gewässername:		Gewässerstation:		
Relevanzkriterium	Wert	Dimension	Datenquelle	
1 Größe des oberirdischen Einzugsgebietes				
$\Sigma A_{b,a}$		km ²		
A_{Eo}		km ²	hydrologische Karten	
$A_{b,a}/A_{Eo} < 0,01$	<input type="radio"/>	ja/nein		
Falls ja, ist keine Relevanz gegeben und der Nachweis für diese Einleitungsstelle ist erbracht. Falls nein, weitere Prüfung nach Punkt 2.				
2 Einleitungshäufigkeit				
Einleitungshäufigkeit n		1/a	Kanalnetznachweis	
$n \leq 0,5/a?$	<input type="radio"/>	ja/nein		
Falls ja, ist keine Relevanz gegeben und der Nachweis für diese Einleitungsstelle ist erbracht. Falls nein, weitere Prüfung nach Punkt 3 und 4.				
3 Hydrologische Relevanz				
Einleitungsabfluss QE_1		l/s	Kanalnetzberechnung	
potentiell naturnaher mittlerer Niedrigwasserabfluss $MNQ_{p,nat}$		l/s	hydrologische Grundlagendaten	
$QE_1 > MNQ_{p,nat}?$	<input type="radio"/>	ja/nein		
Falls ja, ist eine hydrologische Relevanz gegeben und ein rechnerischer Nachweis zu führen				
4 Stoffliche Relevanz				
4.1 Fließgeschwindigkeit v_{MNQ} bei Gewässerabfluss $\sim MNQ$		m/s	Gewässerbegehung	
$v_{MNQ} < 0,05 \text{ m/s}$	<input type="radio"/>	ja/nein		
4.2 Das Gewässer dient der Rohwassergewinnung für die Trinkwasserversorgung.	<input type="radio"/>	ja/nein	Ortskenntnisse	
4.3 Die Einleitung erfolgt in ein Badegewässer.	<input type="radio"/>	ja/nein	Ortskenntnisse	
4.4 Das Gewässer ist eutroph oder der Wasserkörper weist keinen trophisch guten Zustand im Sinne der EG-WRRL auf.	<input type="radio"/>	ja/nein	Gewässerbegehung, Maßnahmenprogramm EU-WRRL	
4.5 Das Gewässer ist im Einflussbereich der Einleitung staureguliert.	<input type="radio"/>	ja/nein	Gewässerbegehung	
4.6 Das Gewässer ist Lebensraum gefährdeter Muschelarten.	<input type="radio"/>	ja/nein	Maßnahmenprogramm EU-WRRL	
4.7 Die Einleitung erfolgt in ein Laichgewässer für Großsalmoniden.	<input type="radio"/>	ja/nein	Maßnahmenprogramm EU-WRRL	
4.8 Die Einleitung erfolgt aus einer Kläranlage	<input type="radio"/>	ja/nein	Gewässerbegehung	
Falls eines der Kriterien zutrifft, ist eine stoffliche Relevanz gegeben. Die Relevanzprüfung wird abgebrochen.				

Grundsätzlich von Einleitungen freigehalten werden sollen Gewässerabschnitte, die

- eine hohe ökologische Bedeutung haben (Quellgebiete),
- auf Grund ihrer Seltenheit oder Empfindlichkeit ein hohes Schutzbedürfnis haben (Temporär- oder organische Gewässer),
- eine besondere Naturnähe aufweisen (sehr guter ökologischer Zustand).

Letztere betrifft Gewässerabschnitte mit einer Gewässerstrukturgüte 1 und einer Gewässergüte I (im Mittelgebirge) bzw. I-II (im Tiefland).

Da das gesamte Einzugsgebiet der Döllnitz als ein zusammenhängender Nachweisraum betrachtet werden muss, wird demzufolge auch für den hydrologischen Nachweis die gesamte befestigte Fläche des Einzugsgebietes $A_{b,a}$ für die Quotientenbildung mit dem Gesamteinzugsgebiet herangezogen.

$A_{b,a} / A_{E,0} = 14,11 \text{ km}^2 / 215 \text{ km}^2 = 0,0656 > 0,01 \rightarrow$ Hydrologischer Nachweis nicht erfüllt

Bei genauerer Betrachtung ergibt sich das Kriterium $A_{b,a} / A_{E,0} < 0,01$ aber nicht nur für den gesamten Nachweisraum, sondern auf Grund der urbanen Überprägung wie in Abbildung 5 gezeigt, liegt das Verhältnis über das gesamte Gewässer hinweg über den für die Relevanzprüfung erforderlichen Grenzwert.

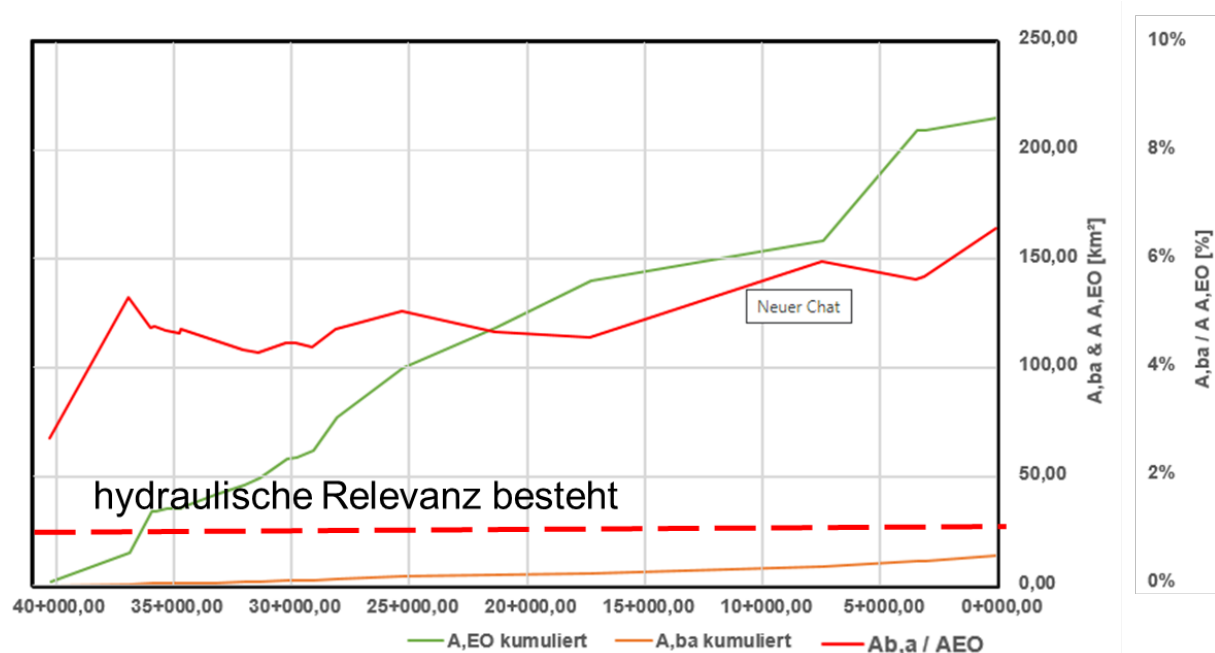


Abbildung 5: kumuliertes Einzugsgebiet und kumulierte befestigte Fläche der Döllnitz mit dem Quotienten $A_{b,a} / A_{E,0}$

Damit ist die Relevanzprüfung für den Hydrologischen Nachweis nicht erfüllt und als weiterer Schritt ist der Vereinfachte Nachweis durchzuführen.

5 Vereinfachter hydrologischer Nachweis

Im Rahmen des vereinfachten Nachweises wird im Rahmen des Hydrologischen Teilnachweises die zulässige Einleitungsmenge für den jeweiligen Nachweisraum ermittelt. Diese ergibt sich aus dem Anteil des durch die befestigten Flächenversiegelung dem Einzugsgebiet entzogenen, natürlichen Hochwasserabfluss bei einem 1-jährigen Hochwasserereignis ($Hq_{1,pnat}$), zuzüglich einem x-fachen Erhöhungsanteil bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet. Dieser Erhöhungsanteil kann entweder pauschal 10 % ohne weiteren Nachweis betragen oder entspricht dem Erhöhungsfaktor zum 2-jährigen Hochwasserabfluss, d.h. $x = (Hq_{2,pnat} / Hq_{1,pnat}) - 1$.

$$Q_{E1,zul} < 1,0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot \frac{A_{b,a}}{100} + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{E0} \quad \text{in l/s}$$

der dem natürlichen Wasserhaushalt durch Flächenversiegelung entzogene Hochwasserabfluss

gewässerträgliche Erhöhung des Hochwasserabflusses (ohne weiteren Nachweis 10% = 0,1; sonst $x = Hq_{2,pnat} / Hq_{1,pnat} - 1$)

Abbildung 6: Ermittlung des max. zul. Einleitungsabflusses im Nachweisraum

Beim vorliegenden Gewässer liegen die Hochwasserabflüsse zwar für das HQ_2 , nicht jedoch für das HQ_1 als Datenbasis auf den Webseiten des sächsischen Landesamtes vor. (s. Tabelle 4)

Tabelle 4: Hydrologische Datenbasis für die Döllnitz (LfULG)

Stammdaten	
Rechtswert: UTM Koordinate Streifen 33	380825
Hochwert: UTM Koordinate	5686831
Gewässername	Döllnitz
Gewässerkennzahl	53736
Gebietskennzahl	5373699
Flussgebiet	Elbezuflüsse
Datenverantwortlicher MNQ/MQ	LfULG - Landeshochwasserzentrum
Verfahren MNQ/MQ	Regionalisierung
Datenverantwortlicher MHQ/HQ(T)	LfULG - Landeshochwasserzentrum
Verfahren MHQ/HQ(T)	Vorzugsverfahren

Durchfluss m³/s	Durchflussspende l/(s·km²)	Geofaktoren	
MNq ₅₀	1,59	1,6	1,59
MNq _{W1}	2,51	2,54	2,51
Mq	4,63	4,7	4,63
MHq	48,4	47,1	48,5
Hq ₂	44,1	42,9	44,2
Hq ₅	64,3	62,5	64,4
Hq ₁₀	82,8	80,6	83
Hq ₂₀	109	106	109

Daher war es erforderlich, das Verhältnis von Hq_2 / Hq_1 mit Hilfe einer Extrapolation aus den vorhandenen Hq zu ermitteln und dies anschließend einer Plausibilisierung zu unterziehen. Dazu wurden verschiedene Regressionsfunktionen untersucht, und anschließend in die entsprechende Hüllkurve des Anhangs B (DWA-A 102-3, 2021)

eingearbeitet. Dabei zeigte sich, dass sowohl die logarithmische Funktion als auch die lineare Funktion gute Regressionskoeffizienten, jedoch bei der Einordnung in die Hüllkurve die log. Funktion zu kleine Hq_1 Abflussspenden ergab und somit auch eine bessere Plausibilisierung. Der so gewonnene Faktor $x = 0,18$ wurde somit als Erhöhungsfaktor für die Hq_2 Hochwasserabflussspende im Gesamtgebiet herangezogen und an ausgewählten Querschnitten als Hochwasserabfluss ermittelt.

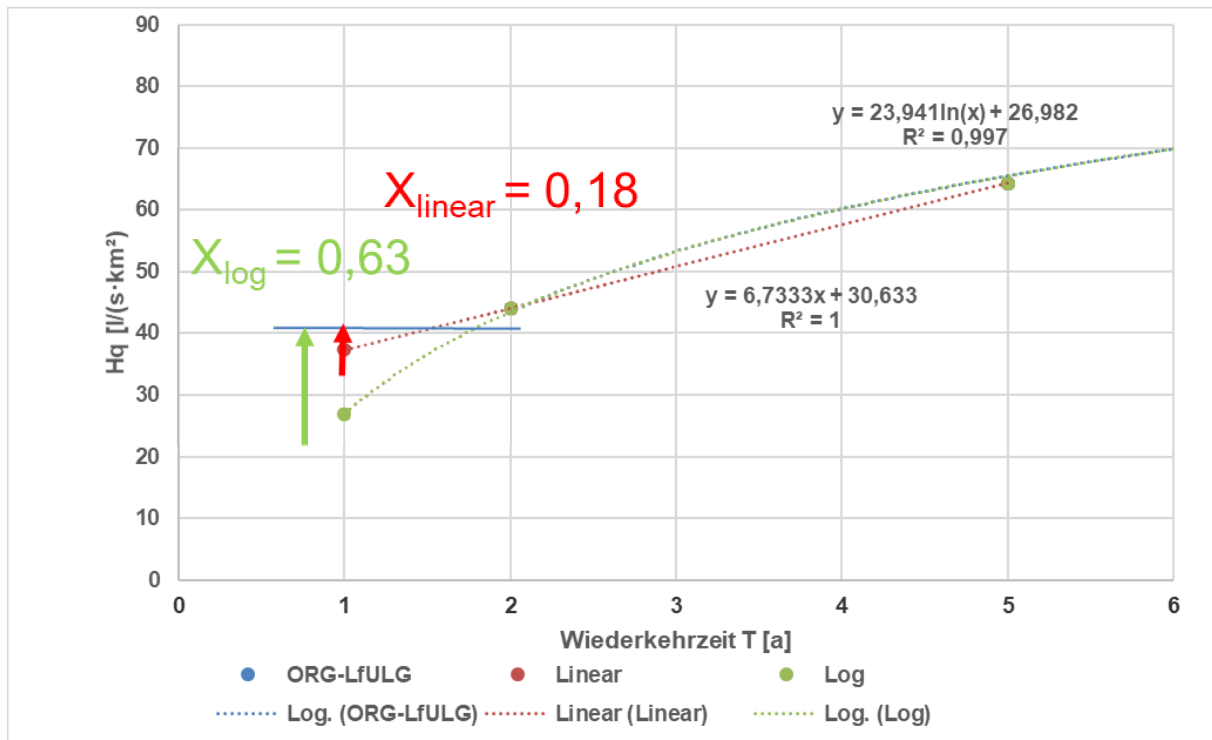


Abbildung 7: Extrapolation der Hochwasserabflussspenden über die Wiederkehrzeit

Alle Hq_1 -Werte der ausgewählten Querschnitte liegen somit bei einem Gefälle von $<0,2\%$ in dem erforderliche plausibilisierten Wertebereich.

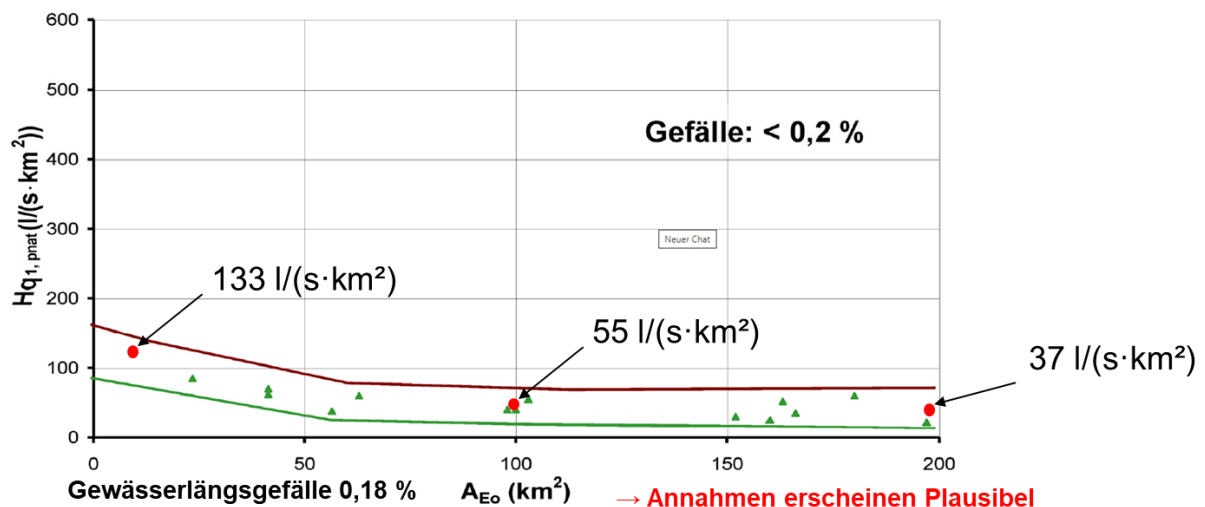


Abbildung 8: Einordnung in die Hüllkurven für $J < 0,2\%$ im Anhang B (DWA-M 102-3)

$$x = (Hq_{2,pnat} / Hq_{1,pnat}) - 1 = (44,1 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2) / 37,37 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)) - 1 = 0,18 \quad (1)$$

Für die zulässige Einleitungsmenge im Nachweisgebiet werden nunmehr der Faktor x , $A_{b,a}$, $A_{E,0}$ sowie $Hq_{1,pnat}$ in die Gleichung nach Abbildung 6 eingesetzt.

$$Q_{E1,zul} = 1 \cdot 37 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{km}^2} \cdot \frac{1.411 \text{ ha}}{100} + 0,18 \cdot 37 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{km}^2} \cdot 215 \text{ km}^2$$
$$= 522 + 1.432 = 1.954 \text{ l/s} \quad (2)$$

Dies bedeutet, dass im gesamten Nachweisraum nur maximal 1.954 l/s als Summe aus Regenwasserkanalisationen, Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufen nach dem vereinfachten Nachweis eingeleitet werden dürfen!

Tatsächlich sind jedoch zum jetzigen Zeitpunkt in Summe maximale Einleitungen in Höhe von **16.371 l/s** genehmigt! Somit werden nach diesem Ansatz ein 8-fach höherer Abfluss eingeleitet als Immissionsseitig nach dem vereinfachten Nachweis zulässig ist.

6 Detaillierter hydrologischer Nachweis

Da auch der vereinfachte Nachweis nicht eingehalten wird, ist in der nächsten Stufe mit Hilfe des detaillierten Nachweises zu prüfen, inwiefern auf Grund der angenommenen Sicherheiten des vereinfachten Verfahrens, doch noch Potentiale für zusätzliche Einleitungsmengen, bzw. der immissionsseitigen Zulässigkeit der vorhandenen Einleitungen möglich sind.

Dazu wurde ein Niederschlags-Abfluss-Modell mit Hilfe des Simulationsprogramms NASIM der Fa. Hydrotec/ Aachen für das gesamte Einzugsgebiet, einmal als komplettes natürliches Einzugsgebiet zur Ermittlung des potentiell natürlichen Abflusses und zum anderen als Einzugsgebiet mit den derzeitigen befestigten, urbanen Flächen inklusive der vorhandenen Einleitungen zur Beschreibung des aktuellen Zustandes aufgestellt. Beide Modelle wurden anschließend einer 10-jährigen Niederschlags-Kontinuums Simulation unterzogen und die Ergebnisse für HQ_1 und HQ_2 jeweils mit und ohne urban bedingte Einleitungen statistisch ausgewertet. Das Ergebnis ist als Hydrologischer Längsschnitt in Abbildung 9 dargestellt.

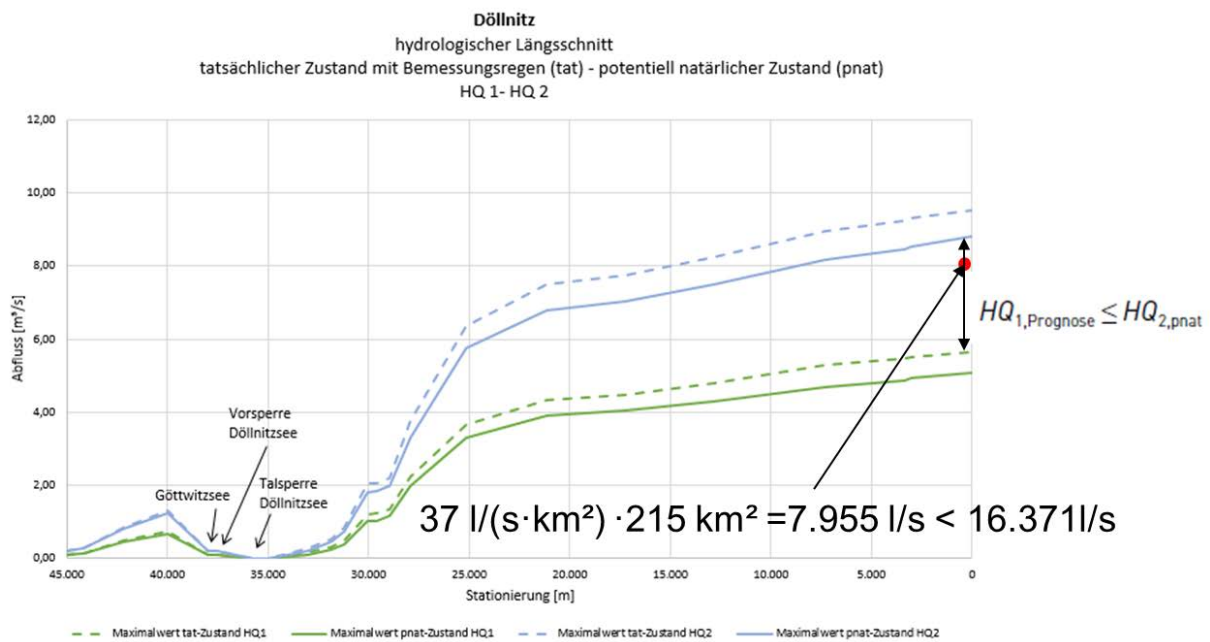


Abbildung 9: Hydrologischer Längsschnitt der Döllnitz für HQ₁ und HQ₂ mit potentiell natürlichen und aktuellen, tatsächlichen Bebauungszustand

Der Hydrologische Längsschnitt zeigt in grün dargestellt den Abfluss bei HQ₁ und in blau dargestellt den Abfluss bei HQ₂. Im Oberlauf bis zu den Stauanlagen gibt es dabei auf Grund der fehlenden Urbanisierung keinen Unterschied zwischen potentiell natürlichen (durchgezogene Linie) und aktuellen/ tatsächlichen Bebauungszustand (gestrichelte Linie). Im Mittel- und Unterlauf gehen naturgemäß die beiden Abflusszustände sowohl für HQ₁ als auch für HQ₂ auseinander. Die ausgewiesene, in Abbildung 9 ausgewiesene Differenz $HQ_{1,prognose} < HQ_{2,pot.nat}$ weist dabei den Bereich einer möglichen Abflusserhöhung aus zusätzlichen Einleitungen im gesamten Nachweisraum entsprechend den immissionsseitigen Festlegungen des detaillierten hydrologischen Nachweises aus. Der aus den amtlichen hydrologischen Daten nach Tabelle 1 sich ergebende Hochwasserabfluss für HQ₂ ergibt sich dabei aus einer Abflussspende von 44,1 l/(s · ha) und einem Einzugsgebiet von 215 km² an der Mündung der Döllnitz zu rund 9.500 l/s und liegt somit auch gut im Bereich der gestrichelten blauen Linie für das HQ₂ im tatsächlichen Zustand der N-A-Simulation. Der extrapolierte Abfluss für das HQ₁ liegt jedoch mit rund 8.000 l/s deutlich über dem HQ₁ Abflusszustand der Simulation.

Dies bedeutet aber auch, dass sich infolge des Retentions- und Translationseinflusses im Gewässer die vorhandenen Einleitungen soweit abflachen, dass sich kein immissionsseitiger, kritischer Abfluss ergibt, ja es prinzipiell durchaus auch Potential für zusätzliche, genehmigungsfähige Einleitungen gibt. Dies zeigt aber auch, dass der detaillierte Nachweis aufweist, wie groß die Sicherheiten im vereinfachten Nachweis eingebaut sind.

Gleichwohl sollten bei neuen Einleitungsgenehmigungen entsprechend den Grundsätzen des DWA-M 102-4 die natürliche Wasserbilanz durch entsprechende Maßnahmen eingehalten werden und somit auch keine Abflusserhöhung zugelassen werden. Gleichwohl stellt der detaillierte Nachweis zwar im Rahmen der Planung einen deutlich erhöhten Aufwand dar, wird aber durch den geringeren Aufwand bei potentiell umzusetzenden Baumaßnahmen infolge des vereinfachten Nachweises gerechtfertigt. Wobei, wie das vorstehende Beispiel zeigt, der vereinfachte Nachweis in vielen Fällen ohnehin nicht ausreichend ist.

Referenzen

DWA A102-2/ BWK-A 3-2 (2020). Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Hennef 2020; ISBN 978-3-96862-046-6

DWA A102-3/ BWK-M 3-3 (2021). Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 3: Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Hennef 2021; ISBN 978-3-96862-137-1

Prof. Dr.-Ing. Hubertus Milke

Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft an der HTWK Leipzig

Tel.: 0341/ 30766230

Fax: 0341/ 3076-6201

E-Mail: milke@iws.htwk-leipzig.de

M.Sc. Tilo Sahlbach

Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft an der HTWK Leipzig

Tel.: 0341/ 30766278

Fax: 0341/ 3076-6201

E-Mail: sahlbach@iws.htwk-leipzig.de

Rostock auf dem Weg zur „Schwammstadt 2080“

Nils Goldammer*, Sven Schmeil**

*Nordwasser GmbH, **Amt für Umwelt- und Klimaschutz der HRO

Einführung

Die Dynamik des städtebaulichen Wachstums in der Hanse- und Universitätsstadt Rostock vollzieht sich auf Siedlungsbrachen bzw. noch verbliebenen Freiflächen im Stadtbereich. Damit sind eine zunehmende Verdichtung und Versiegelung verbunden, die zu einer Beeinflussung der Wasserabflussverhältnisse führen. Hinzu kommt die klimawandelbedingte zeitlich veränderte Niederschlagsverteilung, die durch höhere Abflussspitzen die vorhandenen Entwässerungssysteme hydraulisch überfordert. Durch dieses Versagen wird ein Risikopotenzial erzeugt. Die Bedeutung von ausreichend vorhandenen Retentionsmöglichkeiten und vielfältigen Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung werden durch die Erfahrungen mit den Starkregenereignissen des Jahres 2011 und der Schneeschmelze Anfang 2017, aber auch durch die zurückliegenden fünf Jahre mit zeitweise langanhaltender Trockenheit belegt.

Seit den Starkregenereignissen des Jahres 2011 arbeiten die Partner der Wasserwirtschaft in der Hansestadt Rostock eng zusammen, um formale, fachliche, finanzielle und bauliche Voraussetzungen zu schaffen, einen wassersensiblen Stadtumbau umzusetzen. Ein derartiger Stadtumbau muss als Generationenaufgabe angesehen werden, weshalb der Arbeitstitel „Schwammstadt 2080“ eingeführt wurde.

1 Organisatorische und formale Voraussetzungen in der Hansestadt Rostock

Der Oberbürgermeister wurde von der Bürgerschaft der Hanse- und Universitätsstadt Rostock (HRO) beauftragt, für die HRO einen Integralen Entwässerungsleitplan (IELP) (BIOTA, 2016) zu erarbeiten. Gegenstand dieses Leitplans ist das gesamte hydrologische Einzugsgebiet der auf dem Stadtgebiet der Hanse- und Universitätsstadt Rostock befindlichen Gewässer (Grund- und Oberflächenwasser) und der gemeinsam mit dem Warnow-Wasser- und Abwasserverband und seiner Betriebsführerin, der Nordwasser GmbH, genutzten Regenwassersammler. Der Integrale Entwässerungsleitplan wurde im Jahr 2015 in enger Kooperation mit allen Partnern der „Kommunalen Gemeinschaftsaufgabe Binnenhochwasserschutz“, insbesondere dem Warnow-Wasser- und Abwasserverband, seiner damaligen Betriebsführerin, der Eurawasser Nord GmbH, dem Wasser- und Bodenverband

„Untere Warnow-Küste“ sowie den planenden Ämtern der Stadtverwaltung der Hanse- und Universitätsstadt Rostock aufgestellt. Auch diese bewährte Arbeitsweise im Rahmen der kommunalen Gemeinschaftsaufgabe wurde unterdessen von der Bürgerschaft beschlossen. Hiermit ergeht aber auch die Verpflichtung einer jährlichen Berichterstattung über erfolgte Maßnahmen im Bürgerschaftsausschuss für Stadtentwicklung, Umwelt und Ordnung.

In Fortsetzung der vorliegenden Entwässerungskonzepte für die Hanse- und Universitätsstadt Rostock (INTEK, BIOTA, 2012, 2013, 2014) zur Bewertung von Hochwassergefährdungen und –risiken im Stadtgebiet, wird schrittweise und systematisch die Leistungsfähigkeit der ca. 50 Haupt- und ca. 150 Nebenentwässerungsachsen analysiert; Defizite und Handlungsnotwendigkeiten werden herausgearbeitet. Daraus werden zukunftsorientierte Handlungsschwerpunkte identifiziert und entsprechende Maßnahmen schrittweise umgesetzt werden. Dies trägt der zunehmenden urbanen Verdichtung, dem sich abzeichnenden Klimawandel, den Verpflichtungen der Wasserrahmenrichtlinie und des Wasserhaushaltsgesetzes Rechnung. Als kommunale Gemeinschaftsaufgabe sind davon abzuleitende, zukunftsorientierte Handlungsschwerpunkte zu identifizieren und als Maßnahmen in die Haushaltsplanung einzustellen.

Ziele der Umsetzung des Integralen Entwässerungsleitplans sind eine abgestimmte Prioritätensetzung für die Maßnahmen an den Hauptentwässerungsachsen, die wasserwirtschaftlich nachhaltig gesicherte Erschließung von Bau- und Verkehrsflächen sowie eine bedarfsgerechte mittel- und langfristig abgesicherte Investitionsplanung. Dies betrifft auch die Bereitstellung erforderlicher Freiflächen für die dezentrale Regewasserbewirtschaftung (Rückhaltung). Für den Fall, dass aufgrund des nutzungsbezogen festgelegten Schutzniveaus vor Regenereignissen technische Anlagen über das Regelwerk hinaus ausgelegt werden sollen, z.B. Nennweitenvergrößerung, übernimmt die HRO die Mehrkosten.

Als Entwässerungsachsen erster Priorität werden die Achsen

- Kringelgraben/Rote Burg Graben – Vögenteich – Warnowufer,
- Schwanenteichgraben – Rohrleitung 5 – Holbeinplatz – Kayenmühlengraben - Warnowufer

behandelt.

Die erforderlichen Abstimmungen aller Partner der Binnenentwässerung finden zweimal jährlich auf Einladung des Amtes für Umweltschutz statt; hier werden auch die Investitionsvorhaben in den Hauptentwässerungsachsen aufeinander harmonisiert. Unterdessen verfügt die Arbeitsgemeinschaft über ein gemeinsames Logo und nutzt eine browserbasierte Austauschplattform für den Informations- und Datenaustausch.



Abbildung 1: gemeinsames Logo der AG „KOGA Binnenhochwasserschutz“ im Corporate Designe

In neu ausgewiesenen Baugebieten ist dezentrales Regenwassermanagement (RWM) mit Starkregenvorsorge unterdessen etablierter Standard; regelmäßig werden hydrologische Gutachten beauftragt, die sicherstellen, dass das im IELP verankerte Schutzniveau sowie eine ausgeglichene Wasserhaushaltsbilanz möglichst erreicht werden. Hierbei sind etliche Schnittstellen zwischen den einzelnen Akteuren zu beachten und verschiedene Aspekte zu klären, z.B. multifunktionale Flächennutzung (in wessen Bewirtschaftung), Abwasserbeseitigung oder dezentrales Regenwassermanagement (Zuständigkeit für Planung und Wartung), Einstauhöhen und Sicherungsmaßnahmen. Um diesen Prozess künftig abzukürzen und verbindliche Kenngrößen und Kriterien zugrunde legen zu können, wird in der AG KoGa derzeit einer Leitstrategie erarbeitet, die spätestens 2024 der Bürgerschaft zur Beschlussfassung vorgelegt werden soll.

Weil im Bestand wassersensibler Stadtumbau eine Generationenaufgabe darstellt, wurde der Arbeitstitel „Schwammstadt 2080“ eingeführt. Der Stadtumbau kann nur über ein Ausnutzen aller Möglichkeiten des RWM im Zusammenspiel mit technischen Lösungen bis hin zur Einrichtung von Notwasserwegen für eine wirksame Überflutungsvorsorge gelingen. Wesentliche Bausteine sind die Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit im Kanalnetz, eine weitreichende Mischwasserentflechtung, Etablierung blau-grüner Infrastruktur, die Einführung von Kennzahlen für Regenrückhalt auf privaten Flächen sowie die Anwendung smarter Technologien.

2 Fallbeispiele

2.1 Niederschlagswassermanagement - Beispiel Bauleitplanung B-Plan Kiefernweg

Seit 2016 ist die Verankerung eines wasserwirtschaftlichen Fachbeitrages als verbindliches Dokument in der Bauleitplanung eine Selbstverständlichkeit der Planungskultur in der HRO. Hiermit wird das Ziel verfolgt, das entsprechend des IELP vorgegebene Schutzniveau der Nutzungsarten gegenüber Starkregenereignissen sicherzustellen und zugleich die erforderlichen Maßnahmen zur Umsetzung eines möglichst naturnahen Wasserhaushalts nach der Bebauung gem. DWA-A 102/BWK-A 3 (2020) zu gewährleisten.

Für die Neubebauung des Bebauungsplangebietes „Kiefernweg“ galt es nicht nur, die ausgeglichene Wasserhaushaltsbilanz nachzuweisen. Es war auch aufgrund der Überlastung der für das Bebauungsplangebiet nahezu allein infrage kommenden Vorflut nach Nordwesten, der Rotbäk (Gewässer 2/3R), gegenüber dem zuständigen Wasser- und Boden-Verband „Hellbach-Conventer Niederung“ nachzuweisen, dass mit der neuen Bebauung kein zusätzlicher Gebietsabfluss in das an der Leistungsgrenze befindliche Gewässer abgegeben wird. Die Vorgabe war der Trockenwetterabfluss von 1 l/s*ha – eine erhebliche Herausforderung für ein 32 Hektar großes Baugebiet, in dem das 100-jährliche Ereignis schadlos bewirtschaftet werden soll.

Zusätzlich zur hydraulischen Modellierung wurden an insgesamt 5 Punkten Infiltrationsversuche vorgenommen. Die gemessenen kf-Werte sind, außer an einem Standort, schlechter, als die für die Modellierung entsprechend der Bodenkarte angenommenen Werte. Ein Standort mit $3 \cdot 10^{-8}$ m/s erschien besonders kritisch. Ein weiterer Standort konnte nicht beprobt werden, da bei sechs angesetzten Bohrversuchen nach ca. 20 cm stets eine nicht durchdringbare Schicht aus Grobkies/tonigem Schluff angetroffen wurde. Die erzielten Messergebnisse führten zu Neubemessung der Mulden-Rigolen-Systeme gegenüber der bisherigen Ableitung aus der Bodenkzeptkarte für das Wohngebiet Kiefernweg. Bezüglich des oberirdischen Flächenbedarfs (Mulden) waren keine Änderungen notwendig. Durch die schlechten Kf-Werte wurde jedoch das Volumen von Rigolen 1, 2 und 3 erhöht (BIOTA&Sieker). Im Ergebnis der Untersuchungen und Variantenvergleiche wurden durch die Gutachter vier dezentrale, die vorhandenen Geländedepressionen und zeitweise wasserführenden Gerinne ausnutzende Mulden-Rigolen-Systeme sowie ein Regenrückhalteraum vorgeschlagen.

Der Nachweis des Regenwasserrückhalts im Bebauungsplangebiet bis zu einem HQ 100 wurde dabei ebenso erbracht, wie die angestrebte Neutralität für den Wasserhaushalt (Abb. 2).

Unberücksichtigt blieben indes in dieser Planungsphase die im Gebiet vorherrschenden geringen Grundwasserflurabstände, die in der sich anschließenden Erschließungsplanung durch das Ingenieurbüro Voss&Muderack GmbH zu einer veränderten Lösung ausschließlich über ein kaskadierend aufgebautes Muldensystem führten (Abb. 3). Für die Wasserhaushaltsbilanz war diese Anpassung neutral.

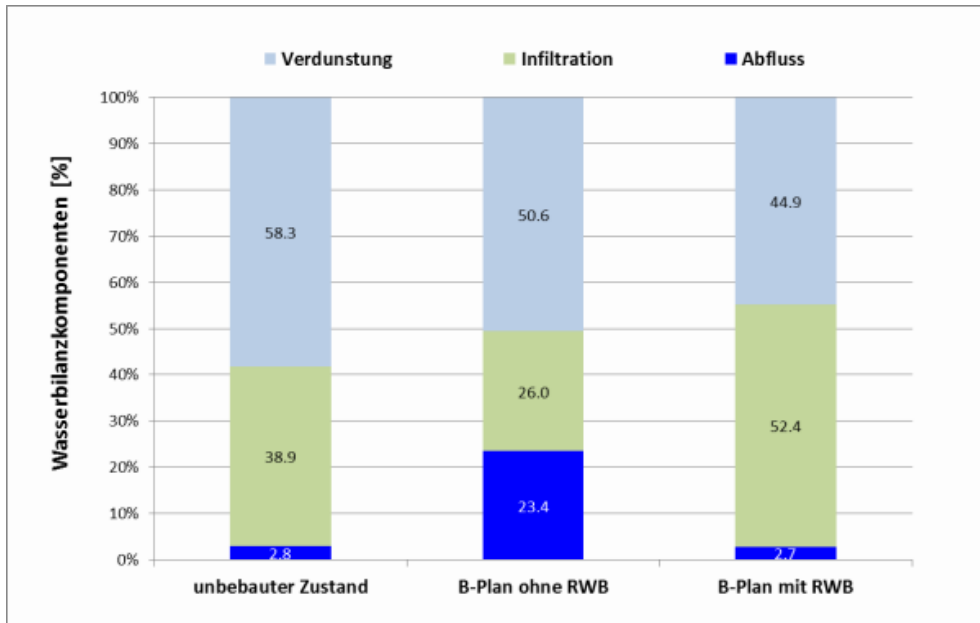


Abbildung 2: Wasserbilanz Wohnbaufläche Kiefernweg“; Vergleich der Zustände (BIOTA&Sieker)

Die Mulden-Systeme und der Rückhalteraum mit einem Rückhaltevolumen von insgesamt 8.610 m³ sind in Flächen für öffentliches Grün eingeordnet, wodurch eine multifunktionale Flächennutzung ermöglicht wird: Aufenthaltsraum, Spiel- und Erlebnisbereich, Biotopstrukturen. Es wurde hier jedoch die Möglichkeit genutzt, die zeitlich überwiegende Grünflächen-/Freiraumnutzung als Grundnutzung festzusetzen und durch die wasserwirtschaftliche Zweckbestimmung zu überlagern, da diese nur episodisch benötigt wird.

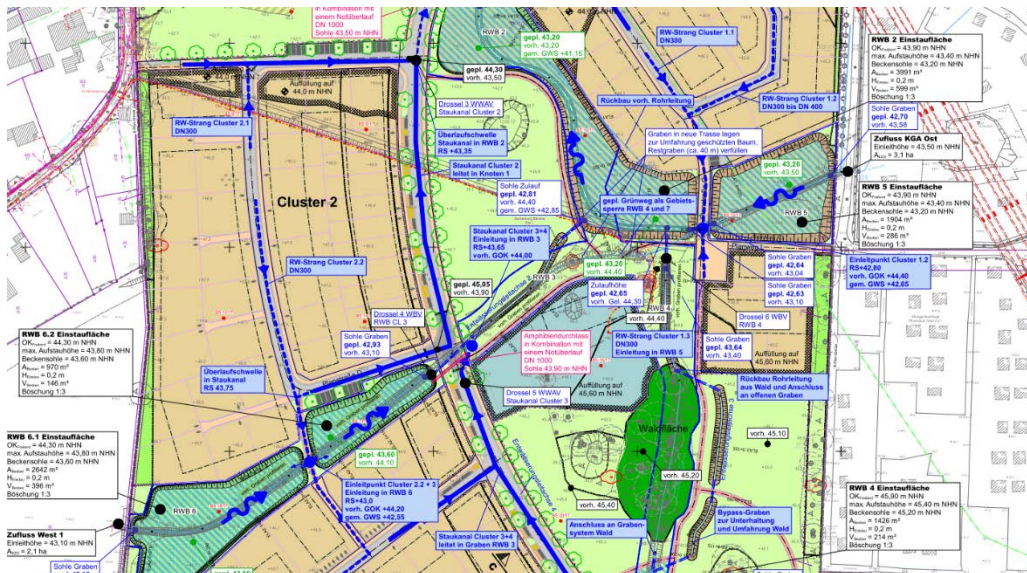


Abbildung 3: Auszug aus der Erschließungsplanung (Voss&Muderack)

Die Erschließung ist unterdessen weitgehend abgeschlossen und erste Hochbauten entstehen. Die erforderlichen Maßnahmen für das dezentrale Regenwassermanagement wurden entsprechend umgesetzt und sind wirksam.

2.2. Niederschlagswassermanagement – Beispiel Bestandsplanung Markgrafenheide

Im Bereich der städtischen Entwässerung treffen Starkregenereignisse auf ein, durch die urbane Nachverdichtung, hydraulisch ausgelastetes Kanal- und Vorflutsystem. Des Weiteren reicht mancherorts eine bislang vorhandene dezentrale Entwässerungslösung aufgrund der lokalen Bedingungen, wie anstehender Böden und Grundwasserstände, zur Bewältigung der Niederschläge nicht mehr aus.

Für die städtischen Entwässerungsstrukturen der Zukunft müssen daher ganzheitliche Entwässerungslösungen unter Beachtung individueller Rahmenbedingungen geschaffen werden. Ein reines Niederschlagsableitungssystem, nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik dimensioniert, wird allein eine ordnungsgemäße Entwässerung auch im Starkregenfall nicht bieten können. Hier wird ein Zusammenspiel aus dezentralen und zentralen Lösungen, inklusive leistungsfähigen oberirdischen Abflussbahnen und Vorflutsystemen notwendig sein – so auch für die Ortslage Markgrafenheide im Rostocker Nordosten.

Die Ortslage ist im Norden und Westen durch die Ostsee, im Osten durch den Moorgraben und die Rostocker Heide mit ihren Wald- und Moorflächen und im Süden durch den Radelsee begrenzt. Große Teile der Ortslage Markgrafenheide weisen eine Geländehöhe von weniger als 2 m NHN auf, so dass die vorhandenen Binnengräben bereits bei Normalpegel der Vorfluter aufgrund des geringen Flurabstandes hydraulisch hoch belastet sind. Der geringe Flurabstand lässt seit jeher kaum Spielraum für den Einbau von Niederschlagswasserkanälen oberhalb der Pegel von Grundwasser und Vorfluter. Daher findet hier größtenteils eine dezentrale Bewirtschaftung des Niederschlagswassers in Form von Versickerung auf den Grundstücken statt, die bei stärkeren Regenereignissen an ihre Grenzen stößt.

Insgesamt werden die in der Ortslage vorhandenen Binnengräben durch den Moorgraben über den Radelsee, den Breitling und die Warnowmündung in die Ostsee entwässert. Damit sind sowohl der Moorgraben als auch der Radelsee stark vom Wasserstand der Ostsee beeinflusst. Durch diese exponierte Lage ist Markgrafenheide von Hochwasserereignissen der Ostsee bedroht. 2006 wurde daher im Rahmen des Sturmflutschutzes, zusätzlich zu den bestehenden Küstenschutzanlagen im Norden, eine Ringeindeichung der gesamten Ortslage durchgeführt. Um eine Entwässerung zu ermöglichen, wurden mit Schieber und Klappe, als Sicherung gegen Außenhochwasser, versehene Durchlässe in den Ringdeich integriert.

Im Falle von Ostseehochwasser schützt dieser Rücklaufschutz die Ortslage vor Überflutung, verhindert aber auch eine Entwässerung des Innenbereiches. Bei gleichzeitig auftretenden Niederschlagsereignissen, ist somit eine binnenseitige Überflutung nicht auszuschließen. Zusätzlich wird sich zukünftig die bisherige Versickerung des Niederschlagswassers innerhalb der Ortslage durch den absehbaren, klimawandelbedingten Meeresspiegelanstieg und den voraussichtlich damit einhergehenden, steigenden Grundwasserständen immer schwieriger gestalten.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen der Kommunalen Gemeinschaftsaufgabe Binnenhochwasserschutz ein gemeinsam von WWAV/Nordwasser GmbH und dem Amt für Umwelt- und Klimaschutz finanziertes und koordiniertes Entwässerungskonzept beauftragt. Das Ingenieurbüro WASTRA Plan GmbH erhielt den Zuschlag und untersuchte Varianten bis zum Niveau einer Vorplanung für die zukunftsorientierte Niederschlagswasserentwässerung der Ortslage Markgrafeneheide.

Als Vorzugslösung wurde eine Variante entwickelt, die neben der Ertüchtigung der vorhandenen Binnengräben, eine Vielzahl von dezentralen Maßnahmen des Regenwassermanagements auf öffentlichen Grünflächen, Stellplätzen und im Straßenraum empfiehlt. Für die Sicherstellung einer Entwässerung auch bei Sturmflutereignissen mit geschlossenem Schieber sieht das Konzept den Einsatz von vier mobilen Pumpen an kritischen Stellen der Entwässerung vor. Die wesentlichen Vorteile dieser Variante sind nach Ansicht der Gutachter der Verzicht auf starre Bauwerke, die Möglichkeit einer flexiblen Anpassung an die Entwässerungssituation bei steigendem Meeresspiegel sowie geringe Eingriffe in bestehende Nutzungsverhältnisse und Schutzgebiete. Diese Variante wird durch die Auftraggeber weiterverfolgt; die Mittel für die Herstellung der Aufstellorte und die Anschaffung zunächst einer Pumpe sind im Haushalt des Amtes für Umwelt- und Klimaschutz bereits eingestellt. Für die Umsetzung der Lösungsvorschläge ist –wie auch beim B-Plangebiet „Kiefernweg“– ein Zusammenspiel vieler weiterer Verwaltungseinheiten erforderlich. Enge Abstimmungen erfolgen zwischen Amt für Mobilität (Straßenplanung), Tiefbauamt (Straßen und Parkplatzbau) sowie dem Amt für Stadtgrün, Naturschutz und Friedhofswesen (öffentliche Grünflächen, Straßenbegleitgrün, Plätze).

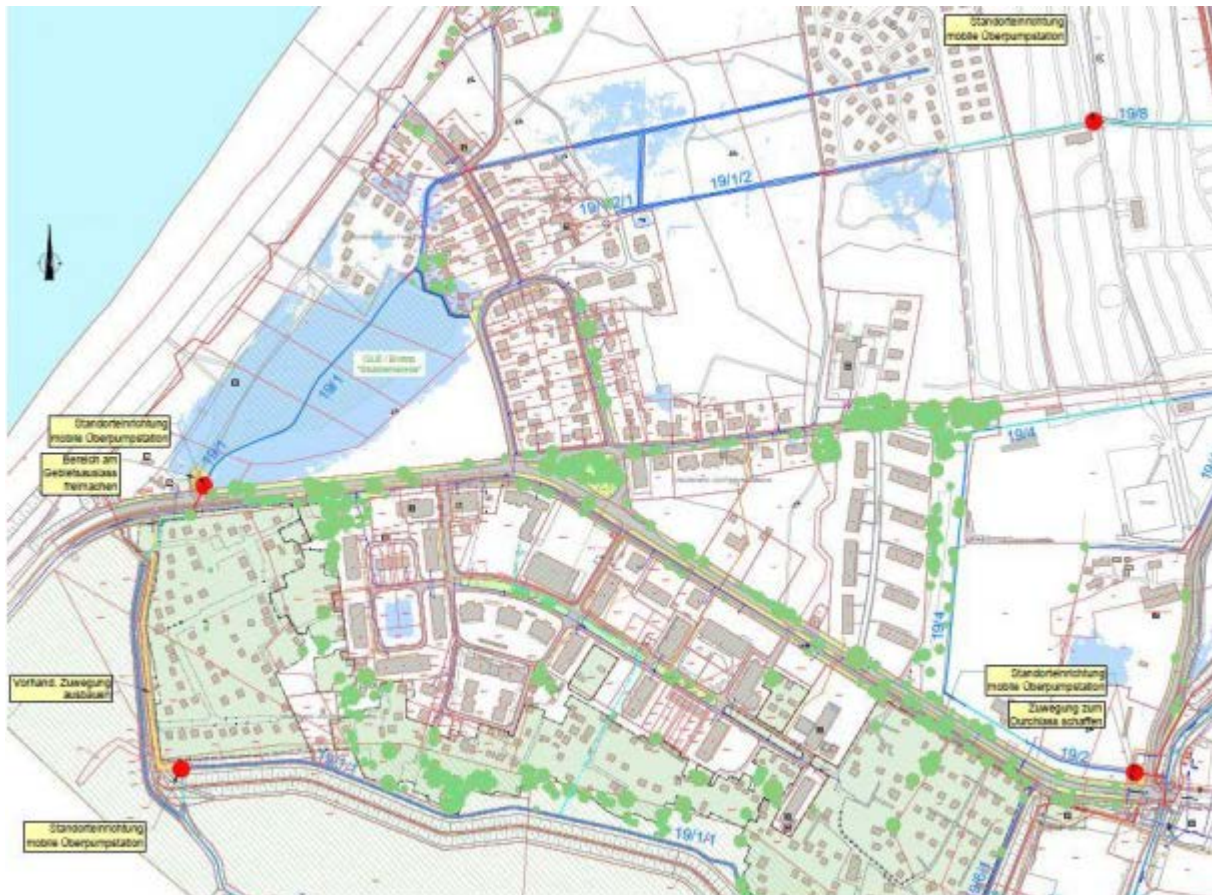


Abb. 4: Unmaßstäblicher Ausschnitt aus Entwässerungskonzept; rote Markierungen zeigen die angedachten Standorte zum Einsatz der mobilen Pumpen. Hauptstandort ist das südliche Gewässer 19/1/1 (WASTRA)

2.3. Niederschlagswassermanagement – Beispiel Hohe Düne

Im Ortsteil Hohe Düne kommt es aufgrund einer kaum vorhandenen Straßenentwässerung, dem Fehlen einer natürlichen Vorflut sowie einer ausgeprägten Senkenlage im Bereich des „Platz des Friedens“ und des angrenzenden Garagenkomplex immer wieder zu länger anhaltenden Überflutungen aufgrund nicht oder nur sehr langsam abfließendem Niederschlagswasser. Um hier Lösungsmöglichkeiten zu erarbeiten, wurde vom Amt für Umwelt und Klimaschutz das Institut Biota beauftragt, zu prüfen, in wie weit die Grünanlagen am „Platz des Friedens“ für eine Zwischenspeicherung/Versickerung genutzt werden kann. Die Betrachtungen schlossen mit dem Ergebnis, dass durch einfach Geländemodellierung auf dem Platz ausreichende Retentionsvolumen (rund 2.000 m³) geschaffen werden können, um das anfallenden Wasser zwischen zu speichern. Ein gedrosselter Anschluss an einen vorhandenen Straßenentwässerungskanal stellt sicher, dass die Fläche auch wieder trockenfällt, wenn die Versickerung allein nicht ausreicht. Eine Umsetzung dieser Maßnahme ist für 2024 vorgesehen.

2.4. Niederschlagswassermanagement – Smarte Lösung

Rostock ist seit 2020 Modellstadt Smart City in Deutschland und hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2027 eine smarte und intelligente Stadt zu werden. Mit dem Rostocker Ansatz einer „Smile City“, der nicht nur die technologische Entwicklung in den Vordergrund stellt, sondern die Bürgerinnen und Bürger, soll das Projekt für mehr Lebens- und Aufenthaltsqualität in allen Stadtteilen und für alle Menschen der Stadt beitragen (<https://smartesrostock.de>).

Gemeinsam haben die Nordwasser GmbH und das Amt für Umwelt- und Klimaschutz ein Smart City - Projekt entwickelt, das auf der Basis einer radarbasierten lokalen Regenvorhersage ein digitales Frühwarnsystem für Einwohner, Behörden und Institutionen anbieten soll. Die Frühwarnung soll verlässliche Angaben zu den zu erwartenden Niederschlagsmengen mit ausreichend langen Prognosezeiträumen (mindestens 2 Stunden im Voraus, auf Basis DWD) machen. Auf diese Weise sollen alle Betroffenen sich bestmöglich auf die zu erwartenden Regen- und Belastungszustände vorbereiten können. Nach Möglichkeit soll die WarnAppHRO! genutzt werden.

Als weitere Zielsetzung des Projektes ist eine Modellentwicklung zur Abbildung eines jeweils bevorstehenden Belastungsszenarios geplant. Das Modellierungsergebnis dient als Voraussetzung für ein smartes Steuerungs- und Regelsystem für Vorflutgewässer und das Kanalnetz zur optimalen Bewältigung der prognostizierten Belastungszustände.

Erste Voruntersuchungen wurden durch das Amt für Umwelt- und Klimaschutz und die Nordwasser GmbH für die Einzugsgebiete des Kringelgrabens und des Rote-Burg-Grabens durchgeführt. Das Ziel ist, das unterhalb gemeinsam genutzte Regenwassernetz des Warnow-Wasser- und Abwasserverbandes bei einem Starkregen so lange wie möglich von Gebietswasserzuflüssen freizuhalten und dadurch die Kapazitäten im Netz zu erhöhen. Dies soll durch eine smarte, an die Regenvorhersage gekoppelte Wehrsteuerung erreicht werden.



Abb. 4: Kringelgrabenpark mit drei steuerbaren Wehranlagen für den Wasserrückhalt

Zudem wäre damit ein regelbares städtisches Wasserdargebot, z.B. durch gezielte Speicherung für Trockenperioden verbunden, das auch das städtische Mikroklimas positiv beeinflussen würde.

3. Niederschlagswasserbehandlung – Sachstand in Rostock

Die praktischen Fallbeispiele zeigen, dass Rostock die ersten Schritte in Richtung Schwammstadt gemacht hat und bereits mit aktiven Regenwassermanagement begonnen hat. Damit folgt man dem Ansatz des DWA-Arbeitsblattes 102 und unterstützt bewusst den lokalen Wasserhaushalt und probiert ihn möglichst naturnah zu erhalten.

Neben dem Erhalt eines naturnahen Wasserhaushaltes ist ein weiterer elementarer Bestandteil des DWA-Arbeitsblatt 102 die ausreichende Behandlung von Niederschlagswasser. Diese muss man im Bereich der Regenwasserbewirtschaftung als Grundvoraussetzung ansehen, da das eine ohne das andere nicht möglich sein wird.

Genau wie bei Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen gilt auch bei Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung, dass sie im Neubau relativ einfach umzusetzen sind, während sie im Bestand aufgrund sehr unterschiedlicher Rahmenbedingungen (z.B. hinsichtlich Belastung/Bewertung, Platzverfügbarkeit) die Siedlungswasserwirtschaft vor große Herausforderungen stellt. Da die Bewertung nach DWA-A 102 im Bereich der Betreiber gesehen wird und im Bereich des Warnow-Wasser- und Abwasserverbandes insgesamt drei Wasserbehörden zuständig und tätig sind, war es der Nordwasser GmbH von Anfang an wichtig, ein transparentes, möglichst objektives Bewertungssystem nutzen zu können. Daher wurde die Professur für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Rostock früh mit der Erarbeitung einer einheitlichen und transparenten Flächenbewertung nach DWA-A 102 beauftragt. Dank eines Verschnittes von vorhandenen Geoinformationen, wie z.B. Nutzungsdaten der Realnutzungskartierung HRO, OSM-Wege, DTV-Daten, gelang es für das Stadtgebiet Rostock eine einheitliche und nachvollziehbare Bewertung vorzunehmen. Diese kann sehr gut für weitere Betrachtungen herangezogen werden, da es nur wenige Flächen gibt, bei denen es aufgrund des automatisierten Prozesses zu einer Unter- bzw. Überschätzung der Flächenbelastungskategorie nach DWA-A 102 kommt.

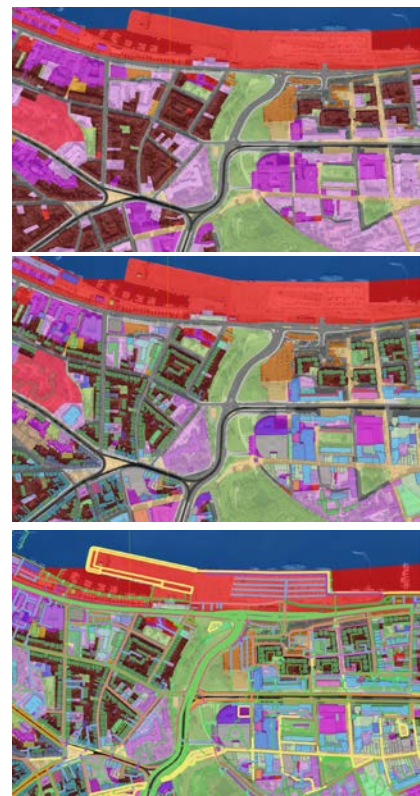


Abbildung 2 Verschnitt von verschiedenen Geodaten zur Differenzierung von Flächen

Diese Bewertung erlaubt es nun im Verschnitt mit den Einzugsgebietsflächen von Niederschlagswassereinleitstellen einen ersten Eindruck von der Belastung innerhalb der Niederschlagswassereinzugsgebiet zu erhalten und weitere Betrachtung zu möglichen zentralen oder dezentralen Behandlungsmöglichkeiten anstellen zu können. Es ist in Zukunft vorgesehen, diese Bewertungsverfahren als Grundlage im Rahmen wasserrechtlicher Antragsverfahren im Stadtgebiet zu nutzen.



Abbildung 3 Beispiel Verschnitt Bewertungssystem Uni Rostock mit Niederschlagswassereinzugsgebiet

Nach Schaffung dieser Möglichkeit wurden ersten Gespräche mit den zuständigen Behörden hinsichtlich der Umsetzung der Niederschlagswasserbehandlung nach dem Regelwerk DWA-A 102 geführt. Hier herrscht gemeinsamer Konsens, dass das Regelwerk ab sofort umzusetzen ist. Da sich aber alle einig sind, dass die Umsetzung des DWA-A 102, wie der städtische Infrastrukturumbau in Richtung Schwammstadt, ein langwieriger Transformationsprozess ist, bedeutet dies nicht eine sofortige bauliche Umsetzung. Viele mehr sind entsprechende Betrachtungen gemeinsam in jedem wasserrechtlichen Antragsverfahren durchzuführen. Dabei sind nicht nur die Flächenbewertungen vorzunehmen, sondern auch Behandlungskonzepte vorzuschlagen und Umsetzungszeiträume abzusprechen. Hierfür soll in naher Zukunft ein exemplarisches strategisches Umsetzungskonzept als Vorlage für weitere Antragsverfahren gemeinsam erarbeitet und abgestimmt werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass diese Möglichkeit bislang jedoch nur im Bereich der Hanse- und Universitätsstadt Rostock existiert. Für den ländlich geprägten Bereich des Warnow-Wasser- und Abwasserverbandes konnte eine entsprechende Bewertung aufgrund bislang fehlender Basisdaten nicht vorgenommen werden. Aus betrieblicher Sicht ist eine künftige, landesweit einheitliche Flächenbewertung für alle beteiligten Parteien wünschenswert. Mit dieser einheitlichen Bewertung können künftig alle wasserwirtschaftlichen Belange grundlegend argumentiert werden.

4. Zusammenfassung

Für die Hanse- und Universitätsstadt Rostock lässt sich zusammenfassend festhalten, dass gerade durch die Starkregenereignisse im Jahr 2011 ein Umdenken bei den Akteuren der Rostocker Wasserwirtschaft stattgefunden hat. Die bis dato praktizierten Einzellösungen im genauen Zuständigkeitsbereich wichen einem integralen, gemeinschaftlichen Ansatz, um die zukünftigen Herausforderungen der Wasserwirtschaft anzugehen. Entsprechende Grundlagen wurden in den darauffolgenden Jahren durch erste gemeinschaftlichen Forschungsvorhaben und Bauprojekte erarbeitet. Die so gemachte Erfahrung mit den Vorteilen einer gemeinsamen Arbeitsweise gipfelt 2019 in Gründung der Arbeitsgemeinschaft „Kommunalen Gemeinschaftsaufgabe Binnenhochwasserschutz“ (KOGA), ein Zusammenschluss aller Akteure der Rostocker Wasserwirtschaft unter der Federführung der Abteilung Wasser und Boden des Rostocker Amtes für Umwelt und Klimaschutz mit dem Ziel wassersensible und damit klimaresiliente Stadtentwicklung in Rostock gemeinsam voranzubringen. Fast zeitgleich wurde sie und ihre Arbeitsweise per Bürgerschaftsbeschluss in der Planungskultur der Hanse- und Universitätsstadt verankert. Mittlerweile befinden sich die ersten gemeinsam entwickelten Projekte in der Umsetzung, u.a. B-Plan Kiefernweg, Bestandsentwässerung Markgrafenheide und Hohe Düne. Die dort gemachten Erfahrungen haben gezeigt, dass für eine Umsetzung dieses langwierigen Transformationsprozesses eine Leitstrategie „Schwammstadt Rostock 2080“ hilfreich ist, um gemeinsam und zielgerichtet die Vision Schwammstadt Rostock zu verfolgen. Eine entsprechende Strategie befindet sich gerade in Bearbeitung und soll 2024 der Bürgerschaft vorgelegt werden.

Die Niederschlagswasserbehandlung als elementarer Bestandteil und notwendige Grundlage eines Niederschlagswassermanagements wird dabei von vorneherein mitgedacht werden müssen. Hier hat die Professur für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Rostock im Auftrag der Nordwasser GmbH für das Stadtgebiet Rostock bereits eine einheitliche und transparente Bewertung nach DWA-A 102 auf Grundlage von Geodaten vorgenommen. Diese Bewertung steht jetzt für die weitere Nutzung, z.B. in wasserrechtlichen Antragsverfahren oder strategischen Umsetzungskonzepten, zur Verfügung. In naher Zukunft gilt es jetzt diese Grundlagendaten in den wasserrechtlichen Antragsprozess und die strategische Investitionsplanung des Warnow-Wasser- und Abwasserverbandes zu integrieren. Dies wird nur in enger Abstimmung mit den zuständigen Behörden gelingen. Damit hier jedoch die Zusammenarbeit mit allen zuständigen Behörden auf ein und derselben Grundlage basieren kann, wäre zunächst die Umsetzung einer ähnlichen transparenten und allgemeingültigen Bewertung auch im ländlichen Raum notwendige. Diese konnte bislang auf Grund fehlender Geodaten für diesen Bereich nicht durchgeführt werden, sondern beschränkt sich allein auf das Rostocker Stadtgebiet.

Hier wäre aus Betreibersicht in Zukunft eine landesweite Bewertung als Basis für die Umsetzung des DWA-A 102 in den Zuständigkeitsbereichen aller Wasserbehörden sinnvoll.

Referenzen

BIOTA (2012): Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK), Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an die Urbanisierung und den Klimawandel, Phase 1: Grundlagenermittlung.-biota-Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.

BIOTA (2013): Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK), Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an die Urbanisierung und den Klimawandel, Phase 2: Bewertung der hydrologischen Gefährdung – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.

BIOTA (2014): Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK). Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an die Urbanisierung und den Klimawandel, Phase 3: Einzugsgebietsbezogene Analysen der Hochwasserrisiken. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.

BIOTA (2016): Integraler Entwässerungsleitplan (IELP) für die Hansestadt Rostock. Definition von Hauptentwässerungsachsen (HEA), Fallbeispiel HEA Barnstorfer Anlagen – Parkstraße – Unterwarnow. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.

BIOTA&Sieker (2019): Städtebauliche Entwicklung in der Hansestadt Rostock, Raum Biestower Höhe, Fachbeitrag für nachhaltige Strategien im Umgang mit Regenwasser, Gewässern und Feuchtgebieten, – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH & Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz

DWA-A 102 (2020): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer.

Voss&Muderack (2021): Erläuterungsbericht zur Entwurfs- und Genehmigungsplanung, 03/2021, Bebauungsplan Nr. 09.W.190 „Wohngebiet Kiefernweg“ der Hanse- und Universitätsstadt Rostock. Ingenieurbüro Voss & Muderack GmbH

WASTRA (2023): Niederschlagsentwässerung Markgrafenheide Entwässerungskonzept und Variantenuntersuchung im Rahmen der LP 1 & 2. WASTRA-PLAN Ing.-Ges. mbH Rostock

<https://smarterostock.de>

Nils Goldammer

Nordwasser GmbH

Carl-Hopp-Straße 1, 18096 Rostock

Tel.: 0381 81715848

E-Mail: nils.goldammer@nordwasser.de

Sven Schmeil

Hansestadt Rostock, Amt für Umwelt- und Klimaschutz

Holbeinplatz 14, 19069 Rostock

Tel.: 0381 3817338

Fax: 0981 3817373

E-Mail: sven.schmeil@rostock.de

Kooperatives Niederschlagswassermanagement (Koop-N) - Potenziale durch Einbeziehung von großen Wohnungsbaunternehmen in den blau-grünen Stadtumbau

Ove Syring*, Miriam Schröter**

*Universität Rostock, Professur für Wasserwirtschaft **Hanse- und Universitätsstadt Rostock, Amt für Umwelt- und Klimaschutz, Abteilung Wasser und Boden

Kurzfassung / Abstract

Hauptaufgabe des Projektes Koop-N ist es, die Potenziale für Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes, zur Hitzereduzierung im nahen Wohnumfeld sowie zur Überflutungsvorsorge auf privaten Flächen im gesamten Stadtgebiet von Rostock zu untersuchen. Die Potenziale können durch verschiedene Analysen von Geodaten erarbeitet werden. Bereits in einem frühen Stadium des Projektes konnte anhand einfacher Potenzialanalysen gezeigt werden, dass auf den Flächen der großen Wohnungsbaugesellschaften in Rostock hohe Potenziale für die Umsetzung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung bestehen und diese einen Beitrag zur Verbesserung des urbanen Wasserkreislaufes leisten können. Daher sollten auch private Flächeneigentümer frühzeitig in den blau-grünen Stadtumbau einbezogen werden.

1 Einführung

Rostock ist auf dem Weg zur Schwammstadt (Dies ist detailliert in dem Artikel „Rostock auf dem Weg zur „Schwammstadt 2080““ nachzulesen) – hier ist bereits viel geschehen. Insbesondere im Neubau und bei der Erschließung neuer Quartiere wird das Thema der Regenwasserbewirtschaftung in Rostock konsequent verfolgt und umgesetzt. In bestehenden Wohngebieten hingegen ist es deutlich schwieriger Veränderungen zu erzielen. Zunächst ist hier eine stadtübergreifende Erfassung und Bewertung aller dafür verfügbaren Flächen in enger Zusammenarbeit mit den Eigentümern erforderlich. Im Rahmen der Rostocker „Ideen- und Kooperationsbörse zur Klimaanpassung“ (organisiert durch das Umweltbundesamt, siehe UBA (2020)) wurde hierfür eine Kooperation mit den fünf größten Wohnungsbaunternehmen (WBU) der Stadt initiiert, um deren Flächen in die strategische Planung des Niederschlagswassermanagements einzubeziehen. Aus dieser Kooperation entstand die Projektidee für den „Aufbau eines stadtübergreifenden Flächenpools für kooperatives Niederschlagswassermanagement“ – Koop-N.

2 Das Projekt Koop-N

2.1 Randbedingungen und Mitwirkende

Das Projekt „Aufbau eines stadtübergreifenden Flächenpools für kooperatives Niederschlagswassermanagement“ – Koop-N wird seit Februar 2023 durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) im Rahmen des Förderprogramms „Anpassung an den Klimawandel“ gefördert. Es gehört dem Förderschwerpunkt 3 - Kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen an.

Gefördert wird für die Dauer von drei Jahren eine Personalstelle bei der Professur für Wasserwirtschaft der Universität Rostock. Zusätzlich werden finanzielle Mittel zur Planung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen auf ausgewählten Flächen bereitgestellt.

Das Projekt hat zahlreiche Mitwirkende. Neben der Abteilung für Wasser und Boden des Amtes für Umwelt- und Klimaschutz der Hanse- und Universitätsstadt Rostock (im Folgenden HRO) als Projektleitung und der Professur für Wasserwirtschaft für die wissenschaftliche Projektbearbeitung haben bei der Antragserstellung

- die Nordwasser GmbH,
- die Wohnungsgenossenschaft Schifffahrt-Hafen Rostock eG,
- die Baugenossenschaft Neptun e.G.,
- die Wohnungsgenossenschaft WARNOW Rostock-Warnemünde eG,
- die WIRO Wohnen in Rostock Wohnungsgesellschaft mbH und
- die Wohnungsgenossenschaft Marienehe eG

ihre Unterstützung zugesagt. Neben den genannten beteiligen sich auch der Eigenbetrieb Kommunale Objektbewirtschaftung und -entwicklung der Hanse- und Universitätsstadt Rostock (KOE) sowie das Amt für Stadtgrün, Naturschutz und Friedhofswesen. Grundsätzlich steht das Projekt auch anderen Flächeneigentümern offen.

2.2 Ziele

Das übergeordnete Ziel ist es, das Schwammstadtprinzip in Rostock zu etablieren. Neben den bereits vorhandenen umfangreichen Datengrundlagen fehlt eine Priorisierung der Potenzialgebiete für die Umsetzung von Maßnahmen. Auch ist es notwendig, die potenziellen Maßnahmen verständlich und umfassend darzustellen, um ihre Akzeptanz zu erhöhen. Mindestens genauso wichtig sind gelungene, umgesetzte Beispiele in der Stadt. Die Ziele/Arbeitspakete von Koop-N umfassen damit folgendes:

1. Geodatenbasierte Erfassung und Potenzialanalyse von Flächen- und Gebäuden großer Grundstückseigentümer im Hinblick auf Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung („Flächenbasiskatalog“)

2. Erarbeitung eines an Rostock angepassten Maßnahmenkatalogs gängiger und neuer Systeme zur Regenwasserbewirtschaftung (im Folgenden RWB)
3. GIS-gestützte, flächenspezifische Bewertung der Wirksamkeit potenziell geeigneter Maßnahmen zur
 - a. Stabilisierung des Wasserhaushalts
 - b. Hitzereduktion im nahen Wohnumfeld
 - c. Überflutungsvorsorge
4. Aufzeigen planerisch und architektonisch beispielgebender Integrationsmöglichkeiten von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen auf Vorplanungsniveau auf gemeinschaftlich ausgewählten Muster-Flächen/-Gebieten

Mit Umsetzung dieses Projektes werden für Rostock sehr konkrete Planungs- und Entscheidungsgrundlage für den langfristigen Umbau zur „Schwammstadt“ zur Verfügung stehen. Erklärtes Ziel ist es, die qualifiziert geplanten Maßnahmen auf den ausgewählten Musterflächen im Anschluss an das Projekt so schnell wie möglich als Anschauungsobjekt umzusetzen. Nicht zuletzt soll dadurch die Akzeptanz für Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen gestärkt werden und bestenfalls weitere interessierte Flächeneigentümer mit einbezogen werden.

2.3 Arbeitsstand und herausgearbeitete Schwerpunkte

Das Projekt ist mit einem großen Auftakttreffen im Mai 2023 gestartet. Hier wurden die Erwartungen an das Projekt durch die Wohnbaugesellschaften formuliert. Um diese zu präzisieren fanden im Anschluss Einzelgespräche mit den Akteuren statt, bei denen sich Schwerpunkte für die Projektbearbeitung herausgebildet haben. So wird von allen Beteiligten

- die Erstellung einer Übersicht aktueller Baumaßnahmen zur frühzeitigen Vernetzung,
- die übersichtliche Zusammenstellung und Bewertung über bereits umgesetzte Projekte in ganz Rostock und
- die Stärkung der Zusammenarbeit verschiedener Eigentümer/Bauherren

gewünscht.

In Anlehnung an eine Umfrage der Berliner Regenwasseragentur aus Berlin (BRA 2023) wurde auch in Rostock der Stand der Umsetzung von RWB-Maßnahmen und die grundsätzliche Bereitschaft dazu abgefragt. Leider ist die Umfrage in Rostock nicht repräsentativ, gibt aber ein gutes Stimmungsbild wieder und ist wichtig für die weitere Zusammenarbeit und Ausrichtung des Projektes.

In Berlin sind 60 % der Unternehmen sehr besorgt wegen der Trockenheit. Dieses Stimmungsbild herrscht auch in Rostock vor und macht sich insbesondere durch den

erhöhten Bewässerungsbedarf der Grünanlagen und Bäume bemerkbar. Grundsätzlich haben die Rostocker Unternehmen, ähnlich wie die Berliner einen guten Kenntnisstand über die Möglichkeiten der RWB-Maßnahmen, wünschen sich aber bessere, auf Rostock angepasste Planungsgrundlagen. Ein großer Unterschied zu den Berliner Betrieben besteht in der Umsetzung von Maßnahmen. In Berlin wurden die meisten Maßnahmen im Bestand umgesetzt, in Rostock hingegen sind es eher die Neubauten, bei denen RWB geplant werden. Favorisierte Maßnahmen in Rostock sind Wassernutzung durch Zisternen o.ä. oder Versickerung (diese Maßnahme steht auch in Berlin an erster Stelle). Dach- und Fassadenbegrünung werden bisher eher negativ gesehen. Die Gründe sind hier Bedenken hinsichtlich des Betriebs und der Gefahr des Eindringens von Wasser bzw. der Beschädigung der Fassade. Letztendlich werden als größter Hemmnisfaktor der Umsetzung, wie auch in Berlin, die Kosten und der sonstige Aufwand genannt.

In den Gesprächen wurden für das weitere Vorgehen gemeinsam folgende Schwerpunkte herausgearbeitet:

- **Regenwassernutzug und Vernetzung:** Durch den steigenden Bewässerungsbedarf von Bäumen besteht mehrheitlich der Wunsch zu prüfen, ob Regenwasser von umliegenden Dächern genutzt werden kann. Hier kann die HRO als Vermittler zwischen denen, die ihr Wasser „loswerden“ möchten (vornehmlich WBUs) und den Abnehmern (z.B. Amt für Stadtgrün, Naturschutz und Friedhofswesen) dienen. Insbesondere das Sammeln von Wasser in (eventuell steuerbaren) Zisternen und die Verteilung des Wassers steht damit im Vordergrund der Planung von Maßnahmen. Die Potenzialanalysen haben bereits gezeigt, dass es hier gute Potenziale vorhanden sind (siehe Abschnitt 3.3)
- **Übersicht über Maßnahmen und Aufzeigen von Beispielen:** Verstärkt wurde der Wunsch nach guten Beispielen im Stadtgebiet geäußert. In den Gesprächen hat sich gezeigt, dass es hier mehr Beispiele gibt, als der HRO bislang bekannt waren. Diese sollen in einer Datenbank erfasst werden, wobei der Fokus auf den Bau- und Betriebskosten und den weiteren praktischen Erfahrungen liegt.
- **Maßnahmenkatalog und Planungshilfe:** Die Beispiele aus der Datenbank werden aufgegriffen, um im Maßnahmenkatalog Planungs- und Kostenaspekte darzustellen für verschiedene RWB-Maßnahmen darzustellen. Außerdem werden speziell für Rostock geltende Vorschläge zur Bepflanzung, zulässigen Einstauhöhen etc. aufgenommen.
- **Interne und externe Abläufe optimieren:** Die beste Möglichkeit zur Umsetzung von RWB-Maßnahmen besteht bei Umbaumaßnahmen. Damit rechtzeitig das Regenwasser berücksichtigt werden kann, ist es erforderlich, dass an den entscheidenden Stellen bekannt ist, dass eine Maßnahme geplant ist. Hier bestehen Verbesserungspotenziale sowohl in den WBU- und stadtinternen als auch der übergreifenden Kommunikation.

Im Rahmen des Projektes Koop-N sind regelmäßige Projekttreffen geplant, um die Vernetzung untereinander zu stärken und Erfahrungen bei der Umsetzung auszutauschen.

Die im Folgenden beschriebenen Potenzialanalysen berücksichtigen dennoch alle möglichen RWB, um auch zukünftigen Entwicklungen Rechnung zu tragen. Die geförderten Planungen hingegen werden sich aus den o.g. Gründen auf Regenwassernutzung und Versickerung fokussieren.

3 Potenzialanalysen

Kernaufgabe des Projektes Koop-N sind GIS-gestützte Potenzialanalysen zur Wirksamkeit und Eignung von Maßnahmen der RWB. Mit ihrer Hilfe sollen Gebiete in der HRO für die weitere Planung und Umsetzung priorisiert werden. Im ersten Projektjahr wurden noch keine vollständigen Potenzialanalysen, d.h. eine flächendeckende Ermittlung der Wirksamkeit / Wirkung von RWB durchgeführt. Unter Verwendung von überwiegend frei zugänglichen Geodaten und der Durchführung einfacher GIS-Analysen konnte jedoch die Eignung einzelner RWB und grundsätzliche Potenziale teilweise ermittelt werden.

3.1 Grundlagen

Die an Koop-N als Kooperationspartner beteiligten WBU besitzen ca. 4,3 % (ca. 781 ha) der Flächen in Rostock. Betrachtet man ausschließlich die privaten bzw. juristischen Eigentümer, d.h. ohne die Flächen des Landes, des Bundes und der Kommune, so beträgt der Anteil der WBU ca. 14,6 %.

Zur Dokumentation und zum Monitoring der Flächennutzung in HRO wird in einem Rhythmus von ca. 5 Jahren eine Flächennutzungserhebung auf Basis von Satelliten- und Luftbildern durchgeführt. Die aktuelle Realnutzungskartierung basiert auf Luftbildern vom Sommer 2019 und unterteilt die HRO in insgesamt 43 Nutzungskategorien. (Grenzdörffer, 2022) Diese Nutzungskategorien lassen sich grob in folgende Nutzungsklassen zusammenfassen: Wohnbebauung, landwirtschaftlich genutzte Fläche, Grünfläche, befestigte Fläche (z.B. Straßen, Wege), Wasser, Wald sowie sonstige Nutzung (z.B. Sportplätze).

Die Verteilung der Nutzungsklassen auf das gesamte Stadtgebiete Rostocks, auf die Flächen der ausschließlich privaten oder juristischen Eigentümer sowie auf die Flächen im Eigentum der WBUs ist in Tabelle 1 dargestellt. Die Flächen der WBU sind überwiegend der Nutzung Grünfläche, gefolgt von der Nutzung Wohnbebauung zuzuordnen. Die WBUs sind Eigentümer von ca. 18,2 % aller als Wohnbebauung klassifizierten Flächen in Rostock.

Tabelle 1: Aufteilung der Nutzungsklasse

Nutzungsklasse	Aufteilung Gesamt Rostock	Aufteilung privat o. juristischer Eigentümer	Aufteilung WBU
Wohnbebauung	5,1 %	15,6 %	21,5 %
Landw. Fläche	14,7 %	24,7 %	17,9 %
Grünfläche	27,6 %	30,7 %	40,7 %
Befestigte Fläche	16,1 %	24,4 %	17,4 %
Wasser	8,6 %	0,7 %	0,2%
Wald	27,2 %	2,8 %	0 %
Sonstige Nutzung	0,7 %	1,1 %	2,3 %
Gesamtfläche	18.180 ha	5.346 ha	781 ha

Die Realnutzungskartierung gliedert die Wohnbebauung in vier Arten der Wohnbebauung, welche dann überwiegend in ganzen Stadtteilen vorkommen. Dies sind:

- Einzelhausbebauungen (Siedlungsteile aus mehrheitlich Einfamilien- sowie Mehrfamilienhäusern)
- Zeilenbebauung (linear oder in Blöcken angeordnete Häuser, z.B. in Reutershagen)
- Großblockbebauungen (Plattenbausiedlungen, z.B. in Dierkow, Evershagen)
- Geschlossene Bebauung (Stadtkernbereiche, z.B. in Altstadt)

Die Verteilung der Arten der Wohnbebauungen auf HRO sowie auf die WBUs ist in Tabelle 2 aufgelistet. Hervorzuheben ist der hohe Anteil der Großblockbebauung und der Zeilenbebauung bei den WBUs.

Tabelle 2: Anteile der Arten der Wohnbebauung

Art der Wohnbebauung	Anteil an Rostocker Wohnbebauung	Anteil an WBU Wohnbebauung (Anteil an HRO)
Einzelhausbebauung	61,8 %	7,5 % (2,2 %)
Zeilenbebauung	22,8 %	37,5 % (29,2 %)
Großblockbebauung	12,3 %	54,0 % (78,1 %)
Geschlossene Bebauung	3,1 %	1,0 % (5,9 %)

Sowohl bei der Großblockbebauung als auch bei der Zeilenbebauung ist darüber hinaus davon auszugehen, dass diese aufgrund der Errichtung in den gleichen Zeiträumen jeweils eine sehr ähnliche Struktur im gesamten Stadtgebiet aufweisen. So sind die Stadtgebiete mit Großblockbebauung alle zwischen 1965 und 1989 in gleicher oder ähnlicher Bauweise (WBR 83 – Wohnungsbaureihe 83) entstanden. (WIRO, 2014)

Interessant für die blau-grüne Stadtgestaltung bzw. für die Umsetzung von Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung ist die Aufteilung der Grundstücke (Flurstücke), auf denen Wohnbebauung vorliegt, in die verschiedenen Nutzungsklassen. Auf WBU-eigenen Grundstücken mit Wohnbebauung kommen neben der Wohnbebauung (vereinfachend gleichzusetzen mit Gebäude / Dachfläche) folgende Nutzungen vor:

- Grünflächen,
- befestigte Flächen (Straßen oder Parkplätze) und
- Wege.

In Abbildung 1 sind die beiden für die WBU relevantesten Arten der Wohnbebauungen, Großblock- und Zeilenbebauung, mit den Anteilen der auf den Grundstücken vorhandenen Nutzungen dargestellt.

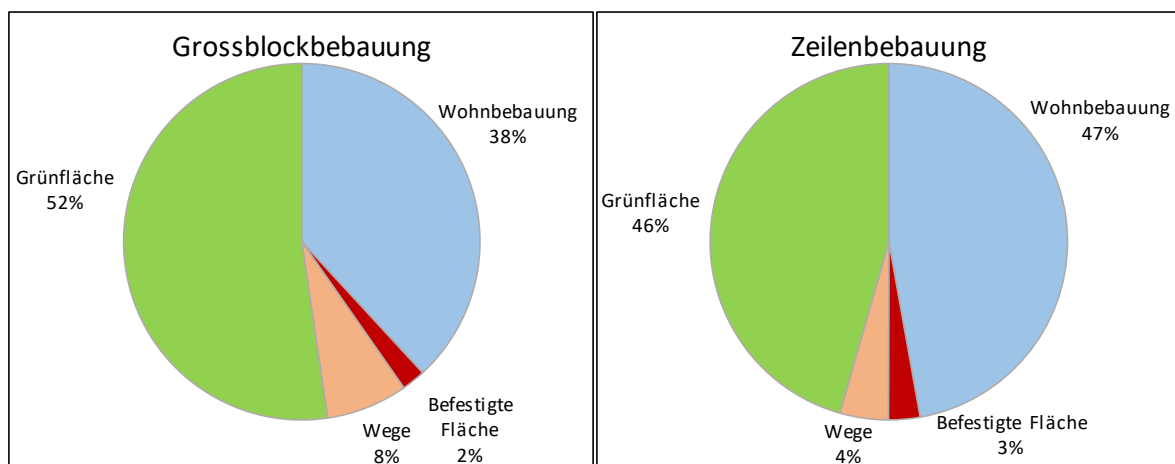


Abbildung 1: Unterteilung der WBU-Grundstücke mit Wohnbebauung in vorliegende Nutzungen

Für viele Potenzialanalysen oder zur Berechnung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung ist die versiegelte Fläche in Form der abflusswirksamen Fläche eine relevante Eingangsgröße. Eine möglichst genaue Erfassung der versiegelten Fläche ist daher von großer Bedeutung. Für große Flächen, wie z.B. das Stadtgebiet der HRO, liegen nur selten detaillierte Informationen vor. Üblich ist hier die Verwendung von gemittelten Versiegelungsgraden im Rasterformat (z.B. Copernicus Versiegelung im 10 x 10 m Raster) oder die Annahme eines durchschnittlichen Versiegelungsgrades aus der vorhandenen Nutzung, wie sie auch in der Realnutzungskartierung Rostock vorliegt. Im Rahmen des Projektes wurden diese Ansätze als zu ungenau erachtet, so

dass die versiegelte Fläche mit dem von der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen entwickelten Tool „adois“ (automatic detection of impervious surfaces) ermittelt wurde. Das Tool basiert auf Deep-Learning-Methoden und benötigt als Eingabedaten RGB- und NIR-Orthophotos, die für das Projekt vom LAIV in einer Auflösung von 0,2 x 0,2 m zur Verfügung gestellt wurden. Das Tool unterscheidet zusätzlich die versiegelte Fläche in Hoch- und Tiefbau. (Kuhlmann et al., 2023)

Aus den mit „adois“ ermittelten versiegelten Flächen lässt sich für Rostock insgesamt ein Versiegelungsgrad von 16,2 % errechnen. Auf den Grundstücken der WBU mit Großblockbebauung liegt der Versiegelungsgrad bei ca. 40,5 %, bei der Zeilenbebauung bei ca. 43 %. Das Verhältnis von Hoch- zu Tiefbau beträgt hier ca. 2 zu 1.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Wohnungsbaugesellschaften überwiegend im Besitz von Großblock- und Zeilenbebauung sind. Diese beiden Bebauungstypen weisen sowohl bei der Nutzungsanalyse als auch bei der Ermittlung der versiegelten Flächen einen hohen Anteil an Frei-/Grünflächen bzw. unversiegelten Flächen auf und besitzen somit bereits aufgrund ihrer Struktur ein hohes Potenzial für die Umsetzung von RWB.

Im Folgenden wird auf drei bereits vorliegende bzw. durchgeführte Potenzialanalysen eingegangen. Betrachtet wurden das Gründachpotenzial, das Versickerungspotenzial sowie das generelle Abkopplungspotenzial bzw. die Vorteile der Flächenabkopplung.

3.2 Gründachpotenzial

Unter einem Gründach versteht man grundsätzlich die Begrünung der Dachfläche. Gründächer können in extensive Dachbegrünung (keine Aufenthaltsnutzung, geringer Pflegeaufwand) und intensive Dachbegrünung (Aufhaltsnutzung, hoher Pflegeaufwand) unterschieden werden. Primäres Ziel der Dachbegrünung ist die hydraulische Entlastung der Kanalisation/Gewässer durch den Rückhalt von Niederschlagswasser auf dem Dach. Darüber hinaus haben Gründächer eine hohe positive Wirkung auf die Biodiversität und das Stadtklima durch eine hohe Verdunstungsleistung. Demgegenüber stehen die hohen Kosten, die auch von den WBU in Rostock als größtes Hemmnis angesehen werden. (vgl. 2.3) Die Investitionen können jedoch deutlich reduziert werden, wenn die Dachbegrünung im Zuge von ohnehin geplanten Baumaßnahmen am Gebäude umgesetzt wird. (Riechel et al., 2017)

Die in Rostock vorhandenen Gründächer sowie das Dachbegrünungspotenzial auf Bestandsdächern wurden von Grenzdörffer & Jungnickl (2018) erfasst bzw. untersucht. Die Analysen wurden mit Methoden der Fernerkundung durchgeführt. In Rostock sind 193 Gebäude zzgl. 53 Tiefgaragen/Speicher mit Dachbegrünung ausgestattet. Davon befinden sich 61 Gründächer auf Flächen der WBU.

Das Potenzial für Gründächer, d.h. u.a. eine maximale Dachneigung von ca. 10°, weisen 1526 von insgesamt 2454 Dächern der WBU auf. Inwieweit die Dächer für eine

Dachbegrünung (extensiv oder intensiv) statisch oder entwässerungstechnisch geeignet sind, wurde bei dieser Betrachtung nicht berücksichtigt.

Es zeigt sich, dass ca. 62 % der Dächer der Wohnungsbauunternehmen ein Potenzial für die Anlage von Gründächern aufweisen. Dies betrifft vor allem die Dächer der Großblockbebauung, da diese als Flachdächer ausgeführt sind. Aufgrund des hohen Potenzials ist die Dachbegrünung trotz der Hemmnisse seitens der WBU als eine der möglichen Maßnahmen im Rahmen des blau-grünen Stadtumbaus in Rostock zu betrachten. Insbesondere bei baulichen Maßnahmen, z.B. der Sanierung des Gebäudebestandes, sind die Investitionskosten gering und die Umsetzbarkeit wird verbessert.

3.3 Versickerungspotenzial

Die Versickerung ist die einfachste und am weiteste verbreitete Methode der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, z.B. als Mulden- oder Flächenversickerung. Als dezentrale Maßnahme hat die Versickerung das übergeordnete Ziel, die Kanalisation hydraulisch zu entlasten und den urbanen Wasserhaushalt dem natürlichen Wasserhaushalt, wie im Merkblatt DWA-M 102-4 ausgeführt anzunähern. Insbesondere die Grundwasserneubildung wird durch die Versickerung gefördert. Begrünte und bepflanzte Versickerungsanlagen fördern zudem die biologische Vielfalt und eine Verbesserung des Stadtklimas. (Berliner Regenwasseragentur, o.J.) Auch in Rostock ist die Versickerung von Niederschlagswasser etabliert bzw. akzeptiert und wird u.a. durch die WBUs umgesetzt. Vorteilhaft sind die geringen Kosten und der geringe Aufwand für den Bau und die Unterhaltung der Anlagen.

Das Arbeitsblatt DWA-A 138-1, Stand Sept. 2023, bisher nur im Gelbdruck erschienen, definiert für die Erstbewertung bzw. Konzeptentwicklung Kriterien, die erfüllt sein müssen, damit Niederschlagswasser am Untersuchungsstandort versickert werden kann. Viele dieser Kriterien lassen sich aus vorhandenen Geodaten ableiten, so liegen für die Stadt Rostock Bereiche mit geringen Grundwasserflurabständen, die Wasserschutzgebiete, die Realnutzungskartierung oder die Bebauung und daraus resultierende Mindestabstände zur Bebauung vor. Der wichtigste Parameter für die Versickerung ist die Beschaffenheit des Untergrundes in Form des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f . Dieser variiert räumlich stark und ist insbesondere in anthropogen überprägten Gebieten ohne Messungen nur schwer zu ermitteln. Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden hierzu aus 3 verschiedenen Quellen (Bodenschätzung, Konzeptbodenkarte und Stadtbodenkarte) Bodenarten bzw. -typen ermittelt und entsprechend der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 2005) jeweils einer Bodenartengruppe mit entsprechendem k_f -Wert zugeordnet.

Nur wenn alle Kriterien nach DWA-A 138-1 erfüllt sind, kommt eine Versickerung an dieser Stelle als mögliche RWB-Maßnahme in Betracht. Mit dieser Vorgehensweise wurde das Versickerungspotenzial für das gesamte Stadtgebiet von Rostock ermittelt. In Abbildung 2 ist dies für ein Beispielgebiet dargestellt. Die aus der Versickerungspotenzialanalyse gewonnenen Erkenntnisse, ob Flächen für eine Versickerung geeignet sind oder nicht, können gemäß DWA-A 138-1 nur für eine Ersteinschätzung verwendet werden.



Abbildung 2: Versickerungsfähige (grün) und nicht versickerungsfähige (rot) Flächen

Bezogen auf die Flächen der Wohnungsbauunternehmen sind theoretisch ca. 50,2 % der Gesamtfläche zur Versickerung geeignet. Das DWA-A 138-1 gibt in Abhängigkeit von der Bodenart Größenordnungen zur Abschätzung der erforderlichen, mittleren Versickerungsfläche an, die beim 0,1- bzw. 0,2-fachen der angeschlossenen Fläche liegen. Ohne Berücksichtigung eines abflussmindernden Beiwertes wird die mit „adois“ ermittelte versiegelte Fläche als angeschlossene Fläche angenommen. Damit ist eine grundstücksbezogene Beurteilung möglich, ob die auf dem Grundstück vorhandenen versickerungsfähigen Flächen ausreichen. In Tabelle 3 ist diese Auswertung, aufgeschlüsselt nach Art der Wohnbebauung, dargestellt. Aufgrund des konzeptionellen Ansatzes wird zusätzlich ein sicherheitsorientierter Anschlussfaktor von 0,3 dargestellt.

Tabelle 3: Auswertung Potenzialanalyse Versickerung

Art der Wohnb.	Faktor = 0,1	Faktor = 0,2	Faktor = 0,3
Einzelhausbebauung	95,1 %	90,2 %	86,9 %
Zeilenbebauung	85,4 %	80,7 %	75,5 %
Großblockbebauung	89,2 %	86,1 %	83,8 %
Geschlossene Bebauung	45,5 %	45,5 %	40,9 %

Es zeigt sich, dass selbst bei einem sicherheitsorientierten Faktor von 0,3 zwischen angeschlossener Fläche und Versickerungsfläche ein Großteil der Grundstücke das auf den Grundstücken anfallende Niederschlagswasser vollständig auf dem Grundstück versickern kann. Dementsprechend besteht auf den Flächen der WBUs, insbesondere auf der Einzelhaus- und Großblockbebauung, ein hohes Versickerungspotenzial und damit eine Verbesserung des urbanen Wasserkreislaufs mit stark reduziertem Oberflächenabfluss und erhöhter Verdunstung und Versickerung.

3.4 Generelles Abkopplungspotenzial / Vorteile der Flächenabkopplung

Gemäß DWA-A 102, dem Thema der diesjährigen Abwassertagung, sind versiegelte Flächen bei der Betrachtung der Niederschlagswasserbehandlung in Belastungskategorien einzuteilen. Niederschlagswasser von versiegelten Flächen darf nur dann unbehandelt in Gewässer eingeleitet werden, wenn die AFS63-Konzentration der Belastungskategorie I oder kleiner entspricht. In der Potenzialanalyse zur Versickerung wurden die Belastungskategorien nicht berücksichtigt, jedoch gelten für belastete Flächen teilweise andere Richtwerte für die Bemessung von Versickerungsanlagen (z.B. tiefere belebte Bodenzone oder höherer Grundwasserflurabstand).

Die Professur für Wasserwirtschaft der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock hat für den Eigenbedarf aus Geodaten Belastungskategorien für das gesamte Rostocker Stadtgebiet ermittelt. Als Eingangsdaten dienten die Realnutzungskartierung, ALKIS-Nutzungstypen sowie OpenStreetMap-Daten. Die Verteilung der Belastungskategorien sowohl auf alle versiegelten Flächen in Rostock als auch auf die Grundstücke der WBU mit Wohnbebauung ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Anteile der Belastungskategorien in Rostock und auf den Wohnbebauungsflächen der WBU

	Versiegelte Fläche	Davon BK I	Davon BK II	Davon BK III
Rostock	16,2 %	32,01 %	32,94 %	35,05 %
WBU Wohnbebauung	41,3 %	95,82 %	3,66	0,52 %

Es wird deutlich, dass das anfallende Niederschlagswasser von den versiegelten Flächen der WBU fast ausschließlich der Belastungskategorie I zuzuordnen ist. Daraus folgt, dass das Niederschlagswasser vor einer möglichen Versickerung, Speicherung mit ggf. Wiederverwendung oder Einleitung keiner technischen Vorbehandlung bzgl. AFS63 bedarf.

Wie viele Großstädte in Deutschland wird auch Rostock historisch bedingt teilweise im Mischsystem entwässert. Durch den Transport des Regenwassers bis zur Kläranlage werden sowohl das Kanalnetz hydraulisch stark belastet. Aufgrund der notwendigen Anordnung von Entlastungsbauwerken wird bei Starkregenereignissen stark verdünntes, aber weitgehend ungeklärtes Mischwasser in die Unterwarnow eingeleitet. Darüber hinaus verursacht der Transport von Regenwasser im Mischsystem zusätzliche Kosten für den Transport und die Behandlung zur und in der Kläranlage, da jedes Mischwasser in Rostock mindestens einmal gepumpt wird. Aufgrund der Höhenverhältnisse in Rostock müssen auch Niederschlagsmengen, die über Trennsysteme in Vorfluter wie den Laakkanal, den Schmarler Bach oder den Hechtgraben eingeleitet werden, mit hohem Kosten- und Energieaufwand über Schöpfwerke in die Unterwarnow gepumpt werden. Bezogen auf die WBU liegen etwa drei Viertel aller Flächen in solchen Mischwasser- oder Schöpfwerkseinzugsgebieten, so dass hier sowohl im Interesse des Umwelt- und Klimaschutzes als auch aus wasserwirtschaftlicher und ökonomischer Sicht große Verbesserungspotenziale durch die Rückhaltung von Niederschlagswasser bestehen.

Wie bereits in Abschnitt 2.3 beschrieben, liegt ein Schwerpunkt des Projektes in der Regenwassernutzung in Form von Speicherung und anschließender Verteilung. Das Amt für Stadtgrün, Naturschutz und Friedhofswesen als einer der möglichen Abnehmer von gespeichertem Regenwasser hat nach eigenen Angaben einen jährlichen Wasserbedarf für die Bewässerung von Bäumen und Grünflächen von ca. 4.600 m³. Etwa ein Drittel der städtischen Bäume und Grünflächen werden von Fremdfirmen bewässert, deren Wassermengen nicht berücksichtigt wurden. Der jährliche Bewässerungsbedarf für Bäume und Grünflächen der HRO kann daher mit 6.200 m³ angenommen werden.

Die WBU führen keine genauen Aufzeichnungen über die Bewässerung der eigenen Bäume und Grünflächen, da diese überwiegend an externe Firmen vergeben wird. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass pro Baum und Grünfläche ähnliche Bewässerungsmengen benötigt werden. Die WBU sind Eigentümer von ca. 317 ha Grünflächen, was etwa dem 1,5-fachen der zu bewässernden Grünflächen des Amtes für Stadtgrün, Naturschutz und Friedhofswesen entspricht. Der gesamte Bewässerungsbedarf für die Bäume und Grünflächen der HRO sowie der am Projekt beteiligten WBU kann somit auf ca. 15.000 m³ / Jahr geschätzt werden. Für die Bewässerung wird in Rostock derzeit fast ausschließlich Trinkwasser verwendet.

Aus dem geschätzten Bewässerungsbedarf in Rostock lässt sich unter Berücksichtigung der versiegelten Flächen der WBU, des mittleren Jahresniederschlags in Rostock sowie der Beiwerte für Abfluss und effektiven / speicherbaren Niederschlag ermitteln, wie viel der versiegelten Flächen an Speichersysteme wie z.B. Zisternen angeschlossen werden müssen, um den Bewässerungsbedarf zu decken. Die Berechnung erfolgt tabellarisch in Tabelle 5.

Tabelle 5: Berechnung Abdeckung Bewässerungsbedarf

	Wert	Berechnungsformel
Versiegelte Fläche der WBU	255 ha bzw. 2.547.345 m ²	-
Abflussbeiwert	0,7 [-]	-
Abflusswirksame Fläche	178 ha bzw. 1.783.141 m ²	Versiegelte Fläche x Abflussbeiwert
Jahresniederschlag	620 mm bzw. 620 l/m ²	-
Beiwert effektiver / speicherbarer Niederschlag	0,5 [-]	-
Speicherbarer Niederschlag pro Jahr	310 mm bzw. 310 l/m ²	Jahresniederschlag x Beiwert Niederschlag
Speicherbare Wassermenge pro Jahr	552.773.865 l bzw. 552.773 m ³	Abflusswirksame Fläche x Speicherbarer Niederschlag
Anteil Bewässerungsbedarf	2,7 %	.

Diese überschlägige Berechnung zeigt, dass die Speicherung von Niederschlagswasser von nur ca. 2,7 % der versiegelten Fläche der WBU ausreichen würde, um den gesamten Bewässerungsbedarf der Bäume und Grünflächen der HRO und der WBU zu decken. Die gleiche Berechnung kann durchgeführt werden, wenn nur das Regenwasser der Dachflächen (mit einem Abflussbeiwert von 0,9) gespeichert und wiederverwendet wird. In diesem Fall würden ca. 4,3 % der Dachflächen der WBU ausreichen.

4 Verwendung der Ergebnisse und Ausblick

In den bisher vorliegenden Potenzialanalysen wird deutlich, dass auf den Flächen der Wohnungsbaugesellschaften überwiegend hohe Potenziale für die verschiedenen Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung bestehen. Die privaten Flächeneigentümer können somit einen großen Beitrag zum blau-grünen Stadtumbau zur Schwammstadt und zur Verbesserung des urbanen Wasserkreislaufs leisten. Aufgrund ihres großen Flächenanteils sollten sie überall frühzeitig in diesen Prozess eingebunden werden.

Im weiteren Verlauf werden die vorliegenden Potenzialanalysen weiter verfeinert und hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Wasserkreislauf, die Hitzereduktion bzw. die Vermeidung von Dürreperioden sowie die Starkregenvorsorge untersucht. Aus den Ergebnissen der Potenzialanalyse können die zukünftigen Schwerpunktgebiete abgeleitet und für diese die Detailplanung durchgeführt werden. Parallel dazu wird die Zusammenarbeit mit den Wohnungsbaugesellschaften weiter intensiviert und insbesondere die in Kapitel 2.3 genannten Schwerpunkte weiter untersucht.

Anfang 2024 ist das nächste große Projekttreffen geplant, bei dem die oben genannten Arbeiten vorgestellt werden. Hier werden auch die prioritär zu bearbeitenden Flächen festgelegt und erste Abstimmungen zu den Planungsinhalten diskutiert.

Referenzen

- BRA (2023): Das Stimmungsbild der Wohnungswirtschaft zur Regenwasserbewirtschaftung in Berlin, Berliner Regenwasseragentur <https://regenwasseragentur.berlin/wp-content/uploads/2023/05/Regenwende-Barometer-2023-Bericht-final.pdf>, letzter Aufruf am 29.09.23
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hg.) (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Mit ... 103 Tabellen. Unter Mitarbeit von Herbert Sponagel. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
- Grenzdörffer, G. (2022): Aktualisierung der Flächennutzungskartierung der Hansestadt Rostock, Steinbeis Transferzentrum Geoinformatik Rostock.
- Grenzdörffer, G. & Jungnickl, C. (2018): Erfassung der Gründächer der Hansestadt Rostock auf Grundlage fernerkundlicher Luftbilddaten, Steinbeis Transferzentrum Geoinformatik Rostock.
- Kuhlmann, C., Maryniak, M., Roß, A. (2023): adojs – automatic detection of impervious surfaces [Software], <https://github.com/mrsmrynk/adojs>, letzter Aufruf am 15.09.23
- Riechel, M., Remy, C., Matzinger, A., Schwarzmüller, H., Rouault, P., Schmidt, M., Offermann, M., Strehl, C., Nickel, D., Sieker, H., Pallasch, M., Köhler, M., Kaiser, D., Möller, C., Büter, B., Leßmann, D., von Tils, R., Säumel, I., Pille, L., Winkler, A., Bartel, H., Heise, S., Heinzmann, B., Joswig, K., Reichmann, B., Rehfeld-Klein, M. (2017): Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS. Berlin, http://www.kuras-projekt.de/fileadmin/Dokumente_Verwaltung/pdf/Steckbriefe_komplett_web.pdf, letzter Aufruf am 01.10.23
- UBA (2020): Kooperationsbörse der HRO, Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/service/termine/kooperationsboerse-hansestadt-rostock>, letzter Aufruf am 19.09.23
- WIRO (2014): Wiro aktuell, Kundenzeitung Nr. 02/2014

Ove Syring

Universität Rostock, Professur für Wasserwirtschaft

Satower Straße 48, 18059 Rostock

Tel.: 0381 498-3472

Fax: 0381 498-3462

E-Mail: ove.syring@uni-rostock.de

Miriam Schröter

Amt für Umwelt- und Klimaschutz, Abteilung Wasser und Boden

Holbeinplatz 14, 18069 Rostock

Tel.: 0381 381-7342

Fax: 0381 381-7373

E-Mail: miriam.schroeter@rostock.de

Niederschlagswassermanagement auf überörtlichen Straßen

Hubertus Milke, Tilo Sahlbach

IWS-Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Kurzfassung / Abstract

Mit der Einführung der Merk- und Arbeitsblattreihe DWA-A/M 102/ BWK-A/M3 wurde ein Paradigmenwechsel in der Siedlungswasserwirtschaft vorgenommen. Zukünftig tritt als Referenzzustand bzw. Planungsziel die Wasserbilanz eines Gebietes vor der Bebauung in den Fokus. Die einheitliche Verwendung von Bemessungsansätzen und Zielvorgaben zwischen den Fachverbänden, die sich mit der Regenwasserbehandlung und Ableitung beschäftigen, ist zu begrüßen. Im vorliegenden Beitrag sollen die Ansätze aus dem Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2, dem Merkblatt DWA-M 102-3/BWK-M 3-3 sowie dem Regelwerk für die Straßenoberflächenentwässerung überörtlicher Straßen „Richtlinien für die Entwässerung von Straßen (REwS), Ausgabe 2021“ gegenübergestellt werden. Dabei werden die unterschiedlichen Ansätze für die Regenwasserverschmutzung beleuchtet. Anhand eines Praxisbeispiels zur Ertüchtigung von Regenrückhaltebecken, sollen die Chancen zur Optimierung durch das neue Regelwerk aufgezeigt werden.

1 Einleitung

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) hat mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 06/2022 vom 4. März 2022, die „Richtlinien für die Entwässerung von Straßen, Ausgabe 2021 (REwS)“ bekannt gegeben und für die Autobahn GmbH des Bundes eingeführt. Damit wurden die „Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung Ausgabe 2005 (RAS-Ew 2005)“ fortgeschrieben. Die REwS wurde insbesondere unter Berücksichtigung der vorgeschriebenen wasserwirtschaftlichen Belange, des Gewässer- und des Naturschutzes erstellt. Bei der Bearbeitung wurde die Bund/ Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) sowie der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW) beteiligt.

Die REwS berücksichtigt in besonderem Maße die in jüngster Zeit zunehmenden Starkregenereignisse. So wird beispielsweise darauf hingewiesen, dass das Überflutungsrisiko im Siedlungsgebiet nicht verschärft und ein möglichst schadloser temporärer Verbleib auf der Straßenoberfläche, bei Extremniederschlägen erfolgen

soll. Weiterhin wird der flächenhaften Versickerung von Straßenoberflächenwasser ein konsequenter Vorrang gegenüber der Fassung und Ableitung in oberirdische Gewässer und der damit verbundene notwendige Ausbau von Rückhaltebauwerken gegeben. Dies kann man als Paradigmenwechsel bezeichnen, der sich auch in den DWA-Regelwerken vollzogen hat. Ausgehend vom DWA-A 100, in dem als übergeordnetes Ziel der integralen Siedlungsentwässerung die Veränderung des natürlichen Wasserhaushaltes in mengenmäßiger und stofflicher Hinsicht so gering zu halten, wie es technisch, ökologisch und wirtschaftlich vertretbar ist (DWA, 2006).

Mit der Einführung der Arbeits- und Merkblattreihe DWA- A/M 102/ BWK-A/M3, werden konkrete Anforderungen an die planerische Umsetzung für die Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwasserabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer, in Bezug auf das übergeordnete Ziel der DWA-A 100, formuliert. In dem vorliegenden Beitrag wird im ersten Teil ein Vergleich zwischen den emissionsbezogenen Bewertungen des Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 und der Richtlinien für die Entwässerung von Straßen (REwS) dargestellt. Im zweiten Teil sollen am Beispiel einer vorhandenen Straßenoberflächenentwässerung (SOW) die Potenziale dargestellt werden, um den hydrologischen Anforderungen nach dem immissionsbezogenen Ansatz zu entsprechen.

2 Teil I: Vergleich der emissionsorientierten Ansätze DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 versus REwS

Die REwS bezieht sich definitionsgemäß auf die Entwässerung von außerörtlichen Straßen. Sie gilt sowohl für den Neubau als auch für den Um- und Ausbau von Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften und kann sinngemäß auch für deren Nebenanlagen (zum Beispiel Parkplätze) herangezogen werden. Für Ertüchtigungsmaßnahmen von Straßen wird die Anwendung der REwS empfohlen. Weiterhin kann die REwS, in Ergänzung zum DWA-Regelwerk, unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Randbedingungen, sinngemäß auch in geschlossenen Ortschaften angewendet werden (FGSV, 2021). Diesen Ausführungen kann entnommen werden, dass das DWA-Regelwerk prioritär zur Anwendung zu bringen ist und die REwS in Ergänzung bzw. bei fehlenden Regelungen zum Tragen kommt.

Das DWA-Arbeitsblatt 102-2 differenziert Straßen in Siedlungsgebieten nach dem Verkehrsaufkommen (DTV Kfz/24 h) und deren Lage in Wohn-, Misch-, Gewerbe und Industriegebieten. In der Tabelle 1 sind die spezifischen Abtragsfrachten für AFS63 in Abhängigkeit der Belastungskategorie dargestellt. Der dargestellte jährliche Stoffabtrag ist lediglich als Rechengröße, bezogen auf die Bezugsgröße 560 mm/a effektiven Jahresniederschlag, zu verstehen. Die Bezugsgröße AFS63 stellt somit keine in der Realität nachweisbare Messgröße dar, sondern ist als relative Größe für die Berechnung und den Nachweis von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen zu verstehen. Die Zulässigkeit einer Niederschlagswassereinleitung ist erbracht, wenn die

spezifische Fracht von 280 kg/(ha · a) AFS63 eingehalten wird. Dies kann dadurch erreicht werden, indem beispielsweise weniger als 300 Kfz/24 h die Straße im Wohngebiet benutzen. Hier ist keine Regenwasserbehandlung erforderlich. Bei stärker frequentierten Straßen in Wohngebieten (> 300 Kfz/24 h) oder generell bei der Lage in Misch-, Gewerbe- oder Industriegebieten ist eine Behandlung mit einem entsprechenden Wirkungsgrad erforderlich, um das eingeleitete Regenwasser auf die spezifische Fracht von 280 kg/(ha · a) AFS63 zu reinigen. In der Tabelle 1 sind die erforderlichen Wirkungsgrade für die entsprechenden Belastungskategorien dargestellt. Auf dieser Grundlage kann mithilfe der Formel (1), zuerst die erforderliche Oberflächenbeschickung und im Anschluss das erforderliche spezifische Speichervolumen eines Regenklärbeckens, unter Voraussetzung einer Beckentiefe von 2 m, berechnet werden.

$$q_{A,Bem} = -8,333 \cdot \ln(\eta_{ges,AFS63}) - 1,6629 \quad (1)$$

mit:

$q_{A,Bem}$ = Bemessungswert der Oberflächenbeschickung bei Bemessungszufluss $Q_{Bem,RKB}$ [m/h]

$\eta_{ges,AFS63}$ = Gesamtwirkungsgrad des Stoffrückhalts in Behandlungsanlagen [%]

Tabelle 1: Mittlere AFS63-Abtragsfrachten, erf. Wirkungsgrade, daraus abgeleitete Oberflächenbeschickung und spezifische Volumina gemäß Zuordnung von Belastungskategorien für Niederschlagswasser von bebauten oder befestigten Flächen nach Flächentyp und Flächennutzung (DWA, 2022)

Belastungskategorie ¹⁾	AFS63 ¹⁾ Abtragsfracht [kg/(ha · a)]	erf. Wirkungs- grad [%]	Oberflächen- beschickung $q_{A,Bem}$	erf. Spez. RKB- Volumen [m ³ /ha]
Belastungskategorie I Wohngebiete ≤ 300 Kfz/24 h	280	keine		
Belastungskategorie II Wohngebiete 300 bis 15.000 Kfz/24 h, Gewerbe ≤ 2.000 Kfz/24 h	530	47	4,6	11,7
Belastungskategorie III Wohngebiete >15.000 Kfz/24 h, Gewerbe > 2.000 Kfz/24 h	760	63	2,2	24,7

¹⁾ Daten wurden aus DWA, 2022, Tabelle A.1 entnommen

In der REwS erfolgt die Kategorisierung der Straßen rein nur nach durchschnittlicher täglicher Verkehrsstärke (DTV). Die Kategorie I lässt eine Verkehrsstärke von bis zu 2.000 Kfz/24 h zu. Dies würde einer Einordnung in die Belastungskategorie II nach DWA-A 102-2 entsprechen. Die Erhöhung der Verkehrsstärke von 300 auf 2.000 Kfz/24 h wird dadurch begründet, dass bei Außerortsstraßen keine wesentliche Schadstoffbelastung sowie deutlich weniger Brems- und Beschleunigungsvorgänge auftreten (FGSV, 2021). Weiterhin wird eine Reduzierung der abgetragenen AFS63-

Fracht in der Kategorie II von 530 kg/(ha · a) auf 360 kg/(ha · a) sowie in der Kategorie III von 760 kg/(ha · a) auf 550 kg/(ha · a) vorgenommen.

Tabelle 2: Mittlere AFS63-Abtragsfrachten, erf. Wirkungsgrade, daraus abgeleitete Oberflächenbeschickung und spezifische Volumina von Außerortsstraßen

Kategorie ¹	AFS63 ¹ Abtragsfracht [kg/(ha · a)]	erf. Wirkungs- grad [%]	Oberflächen- beschickung $q_{A,Bem}$	erf. Spez. RKB- Volumen [m ³ /ha]
Kategorie I Straßen DTV < 2.000 Kfz/24 h	280	keine		
Kategorie II Straßen DTV ≥ 2.000 Kfz/24 h bis ≤ 15.000 Kfz/24 h	360	25	9,9	5,5
Kategorie III Straßen DTV > 15.000 Kfz/24 h	550	50	4,1	13,1

¹ Daten wurden aus REwS Tabelle 7 und 8 entnommen

Im Vergleich der oben dargestellten Tabellen ergibt sich ungefähr eine Halbierung des erforderlichen spezifischen Regenklärbeckenvolumens für die Bewertung nach DWA–A 102-2 zu REwS. Dieser Umstand muss sach- und fachgerecht, gerade bei der Entwässerungsschnittstelle zwischen außer- und innerörtlichen Straßen, beachtet werden. Eine reine Fokussierung auf die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) und die Schlussfolgerung auf die abgespülten Schmutzfrachten für den Regenwasserabfluss, wurde in vielen Veröffentlichungen wiederlegt, siehe (Eckart J. & Fesser J. 2022). Vielmehr haben Faktoren, wie hohe Längs- und Querbefleunigung, häufige und starke Brems- und Beschleunigungsvorgänge, sowie hohe PM10 Emissionen ein en viel größeren Einfluss auf die zu erwartende Schmutzfracht AFS63 (Eckart J. & Fesser J. 2022).

3 Teil II: Potenziale für eine nachhaltiges Niederschlagswassermanagement auf überörtlichen Straßen

3.1 Beispielbeschreibung

Im folgenden Beispiel soll eine vorhandene Regenwasser-behandlungsanlage, die seit ca. 30 Jahren in Betrieb ist und nun eine wasserrechtliche Erlaubnis benötigt, untersucht werden. Nachzuweisen sind unter anderem die Emissionsanforderungen nach DWA-A 102-2 und ein Immissionsnachweis nach DWA-M 102-3. Die Bewertung wird in diesem Beitrag nur für den hydrologischen Nachweis dargelegt. Der stoffliche Nachweis hat natürlich auch zu erfolgen.

Das oberirdische Einzugsgebiet hat eine Größe von 4,48 km² und ist gekennzeichnet durch eine relativ starke Bebauung in Gewässernähe, insbesondere im Bereich der Station 1+700 m bis 3+900 m. Der Quellbereich wurde anthropogen überprägt und ist in seiner ursprünglichen Form nicht mehr vorhanden. Das zu untersuchende

Rückhaltebecken 1 leitet unterhalb des ursprünglichen Quellbereichs ein. Die Regenrückhaltebecken 2 und 3 sind momentan nicht Gegenstand der Untersuchung.

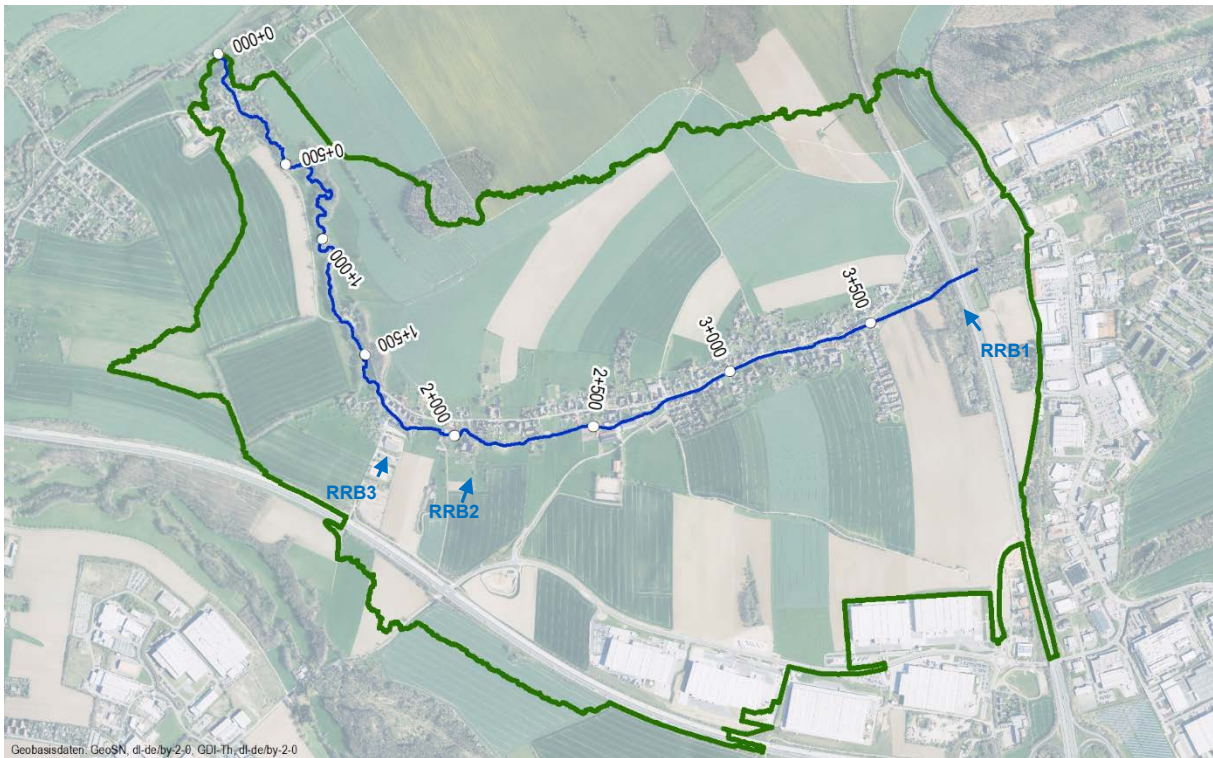


Abbildung 1: Darstellung des Untersuchungsgebietes, Regenrückhaltebecken 1 - 3

3.2 Hydrologischer Nachweis

Im ersten Schritt ist für den immissionsorientierten Nachweis nach DWA-M 102-3 der Nachweisraum zu ermitteln. Dafür wird die mittlere Fließgeschwindigkeit und mittlere Fließtiefe bei Niedrigwasserabfluss (MNQ) ermittelt. Im vorliegenden Fall konnten MNQ aus einem vorhandenen Niederschlagsabflussmodell mit ca. 6 l/s abgeleitet werden. Mithilfe eines vereinfachten Ansatzes über die Trapezformel und der Fließgeschwindigkeit nach Manning/Strickler kann die mittlere Geschwindigkeit mit 0,3 m/s und die mittlere Tiefe mit 3 cm bestimmt werden.

Tabelle 3: Maximaler Einflussbereich (km) der Einleitung von Regenwetterabflüssen bei Niedrigwasserabflüssen (hier MNQ) (DWA 2021)

		Mittlere Fließgeschwindigkeit (m/s)		
		≤ 0,1	≤ 0,5	> 0,5
Mittlere Fließtiefe (m)	≤ 0,1	< 1,0 km	2,0 km	-
	≤ 0,5	2,8 km	3,5 km	4,0 km
	> 0,5	4,0 km	5,0 km	-

Aus der Tabelle 3 kann somit abgeleitet werden, dass der maximale Einflussbereich 2 km beträgt. Die letzte Einleitung liegt bei ca. Station 1 + 700 m, somit muss der gesamte Gewässereinzugsbereich für den hydrologischen Nachweisraum betrachtet werden.

3.3 Relevanzprüfung

Für den ermittelten Nachweisraum soll nun eine Prüfung, ob eine hydraulische Relevanz vorliegt, vorgenommen werden. Wenn das Verhältnis aus der Summe der angeschlossenen befestigten Fläche $A_{b,a}$ und dem dazugehörigen oberirdischen Gewässereinzugsgebiet A_{Eo} in km^2 an einem Nachweisort $\Sigma A_{b,a}/A_{Eo} < 0,01$ beträgt, ist eine Relevanz für die Einleitung von Regenwasserabflüssen nicht gegeben. Für das Beispielgebiet ergibt sich das Verhältnis zu $0,39/4,48 = 0,08 > 0,01$, es liegt somit eine hydraulische Relevanz vor.

3.4 Vereinfachter hydrologischer Nachweis

Für den vereinfachten hydrologischen Nachweis werden die Angaben zum mittleren Sohlgefälle des Gewässers benötigt, um den potenziell naturnahen Hochwasserabfluss abschätzen zu können. In der Regel liegen zu diesem Bearbeitungszeitpunkt noch keine detaillierten Angaben zum $Hq_{1,pnat}$ vor, deshalb wird auf den Anhang B des Merkblattes DWA-M 102-3 verwiesen.

In dem Beispielgebiet wird auf einer Gewässerlänge von 3.500 m, mit offenem Gerinne ein Höhenunterschied von 39,8 m überwunden. Somit ergibt sich ein Gefälle von 1,1 %. Für die Ermittlung von $Hq_{1,pnat}$ wurde auf das Diagramm bis 1 % zurückgegriffen, da die obere Grenze zu dem ermittelten Gewässergefälle passt. Auch eine Verwendung des Diagramms $> 1\%$ wäre denkbar, hier ist die untere Grenze anzuziehen.

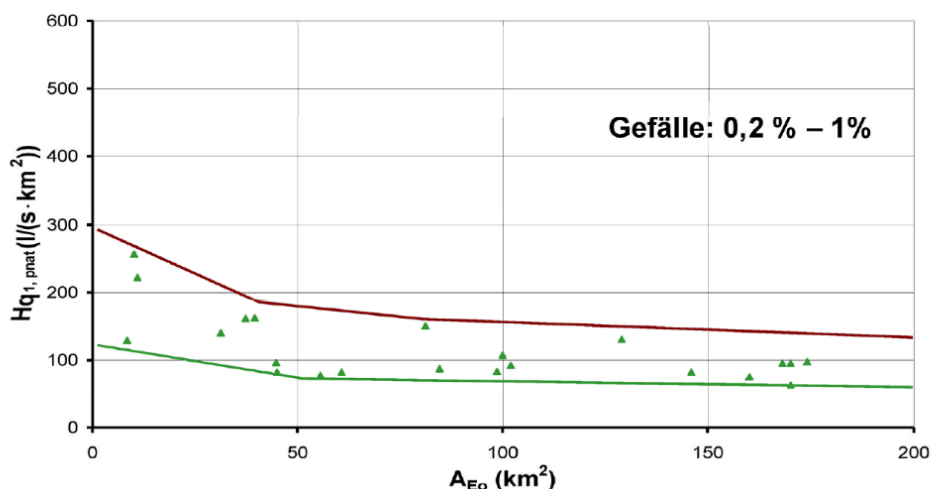


Abbildung 2: Potenziell naturnahe Hochwasserabflussspenden ($Hq_{1,pnat}$)

Auf Grund der Einzugsgebietsgröße von 5 km² wird deshalb das $Hq_{1,pnat} = 300 \text{ l/(s}\cdot\text{km}^2)$ nach Abbildung 1 gewählt. Für den vereinfachten hydrologischen Nachweis kann der zulässige kritische jährliche Einleitungsabfluss über die Formel (2) ermittelt werden (DWA, 2021). Der erste Summand beinhaltet den potentiell natürlichen Abfluss aus der befestigten Fläche. Der zweite Term entspricht der noch zu tolerierenden Erhöhung des Abflusses auf die Zielgröße eines zweijährigen natürlichen Hochwasserabflusses.

$$Q_{E1,zul} = 1,0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot \frac{A_{b,a}}{100} + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{E,o} \quad (2)$$

mit:

- $Hq_{1,pnat}$ = potenziell naturnahe jährliche Hochwasserabflussspende [$\text{l/(s}\cdot\text{km}^2)$]
- $A_{b,a}$ = angeschlossene befestigte Fläche des geschlossenen Siedlungsgebiets im oberirdischen Einzugsgebiet des Gewässers bis zur Einleitungsstelle [ha]
- $A_{E,o}$ = oberirdisches Einzugsgebiet des Gewässers bis zur Einleitungsstelle [km^2]
- $Q_{E1,zul}$ = zulässiger kritischer jährlicher Einleitungsabfluss [l/s]
- x = Faktor für die zulässige Abflusserhöhung durch anthropogene Einflüsse

$$Q_{E1,zul} = 1,0 \cdot 300 \cdot \frac{39}{100} + 0,1 \cdot 300 \cdot 4,48 = 251 \text{ l/s}$$

Für die Ermittlung des maßgeblichen Einleitungsabflusses kann vereinfacht eine iterative Berechnung für die Regenspende $r_{tf,1}$ der Häufigkeit 1, mit der längsten Fließzeit t_f , als Summe der Fließzeit aus dem Kanalnetz $t_{f,K}$ und dem Gewässer $t_{f,G}$ berechnet werden:

$$Q_{E1} = \sum Q_{Dr,RRR} + \sum (A_{b,a} \cdot f_D \cdot r_{tf,1}) + \sum Q_{T,aM} - \sum Q_{Dr} \quad (3)$$

mit:

- $\sum Q_{Dr,RRR}$ = Drosselabflüsse von Regenrückhalteanlagen vor Einleitung [l/s]
- $A_{b,a}$ = angeschlossene befestigte Fläche des kanalisierten Einzugsgebiets [ha]
- f_D = Abminderungswert „durchlässig befestigte Flächen“ [-]
- $r_{tf,1}$ = Regenspende nach KOSTRA-Atlas oder lokaler Auswertung mit der Dauerstufe t_f und der Häufigkeit $n = 1$ [-]
- $\sum Q_{T,aM}$ = Trockenwetterabfluss [l/s]
- $\sum Q_{Dr}$ = zur Kläranlage geführte Drosselabflüsse der Zwischenspeicher der Kanalisation [l/s]

Für das Beispielgebiet, welches im Trennsystem erschlossen ist, berechnet sich der maßgebliche Einleitungsabfluss wie folgt:

$$Q_{E1} = (50 + 60 + 75) + 39 \cdot 0,8 \cdot 41,4$$

Mit:

50+60+75	Drosselabflüsse der vorhandenen RRB ist [l/s]
39	angeschlossene befestigte Fläche des kanalisierten Einzugsgebiets [ha]
0,8	Abminderungswert „durchlässig befestigte Flächen“ [-]
41,4	Regenspende über iterative Betrachtung ermittelt, nach KOSTRA-Atlas mit der Dauerstufe t_r aus $t_{r,G}+t_{r,K}$ und der Häufigkeit $n = 1$ [-]

$$Q_{E1} = 185 + 1.292 = 1.477 \text{ l/s} \gg Q_{E1,zul} = 251 \text{ l/s}$$

Der vereinfachte hydrologische Nachweis ist nicht erbracht, somit ist im Sinne der stufenweisen Betrachtung nach DWA-M 102-3 ein detaillierter hydrologischer Nachweis, mithilfe eines Niederschlags-Abflussmodells, zu erbringen.

3.5 Detaillierter hydrologischer Nachweis nach DWA-M 102-3

Der detaillierte hydrologische Nachweis wurde mithilfe der Software NASIM von der Firma Hydrotec durchgeführt. Auf eine detaillierte Beschreibung der Modellerstellung wird an dieser Stelle verzichtet. Wesentliche Zielstellung ist, dass im hydraulischen Längsschnitt $HQ_{1,Prognose}$ nicht $HQ_{2,pnat}$ übertrifft.

$$HQ_{1,Prognose} \leq HQ_{2,pnat} \quad (4)$$

mit:

$$\begin{aligned} HQ_{1,Prognose} &= \text{durch Einleitungen beeinflusster Gewässerabfluss im} \\ &\quad \text{Prognosezustand mit dem Wiederkehrintervall } T_n = 1 \text{ a [l/s]} \\ HQ_{2,pnat} &= \text{Gewässerabfluss im potenziell naturnahen Zustand mit dem} \\ &\quad \text{Wiederkehrintervall } T_n = 2 \text{ a [l/s]} \end{aligned}$$

Das Ergebnis kann aus der folgenden Abbildung mit dem hydrologischer Längsschnitt für HQ_1 , $HQ_{1,pnat}$ und $HQ_{2,pnat}$ entnommen werden.

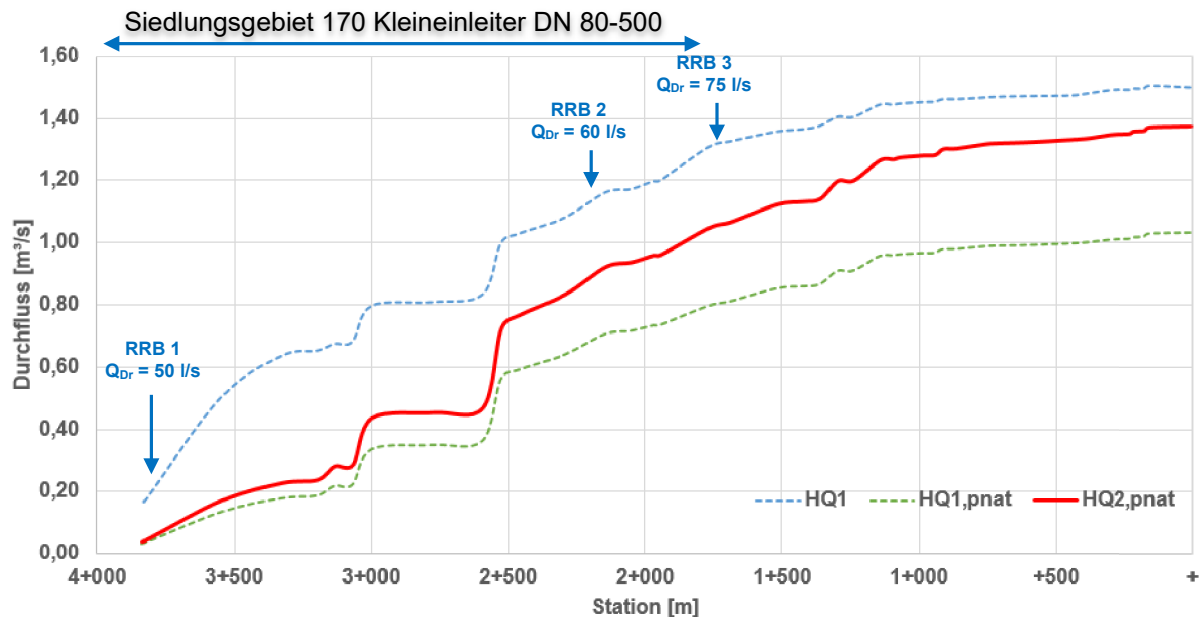


Abbildung 3: hydrologischer Längsschnitt IST-Zustand

Schon im Oberlauf des Gewässers wird die Zielgröße $HQ_{2,pnat}$, um ca. 120 l/s überschritten. Der Drosselabfluss vom RRB 1 hat mit 50 l/s nur einen geringen Anteil an dieser hydraulischen Überlastung. Der Hauptabfluss wird durch eine ungedrosselte Einleitung (180 l/s im Scheitel) aus einer Siedlung generiert. Deutlich ist erkennbar, dass bis zur Station 1 + 700 m das geschlossene Siedlungsgebiet, mit seinen ca. 170 Kleineinleitungen, permanent den Zielabfluss von $HQ_{2,pnat}$ deutlich überschreiten lässt. In weiteren Untersuchungen soll gezeigt werden, welcher Einfluss die Abkopplung, beispielsweise von den Dachflächen auf die Zielerreichung bewirkt.

3.6 Anpassungsmöglichkeiten für das Regenrückhaltebecken 1

Das Becken wurde als Regenrückhaltebecken mit integrierten Regenklärbecken im Dauerstau konzipiert. Die Berechnung erfolgte nach den Richtlinien für die Anlage von Straßen Teil: Entwässerung RAS-Ew (FGSV, 2005). Das Einzugsgebiet des Regenklärbeckens beträgt 12,8 ha, das aktivierbare Speichervolumen ca. 5.800 m³, bei einem Drosselabfluss von 50 l/s. Das Becken wurde für eine Wiederkehrzeit von 5 Jahren ausgelegt.

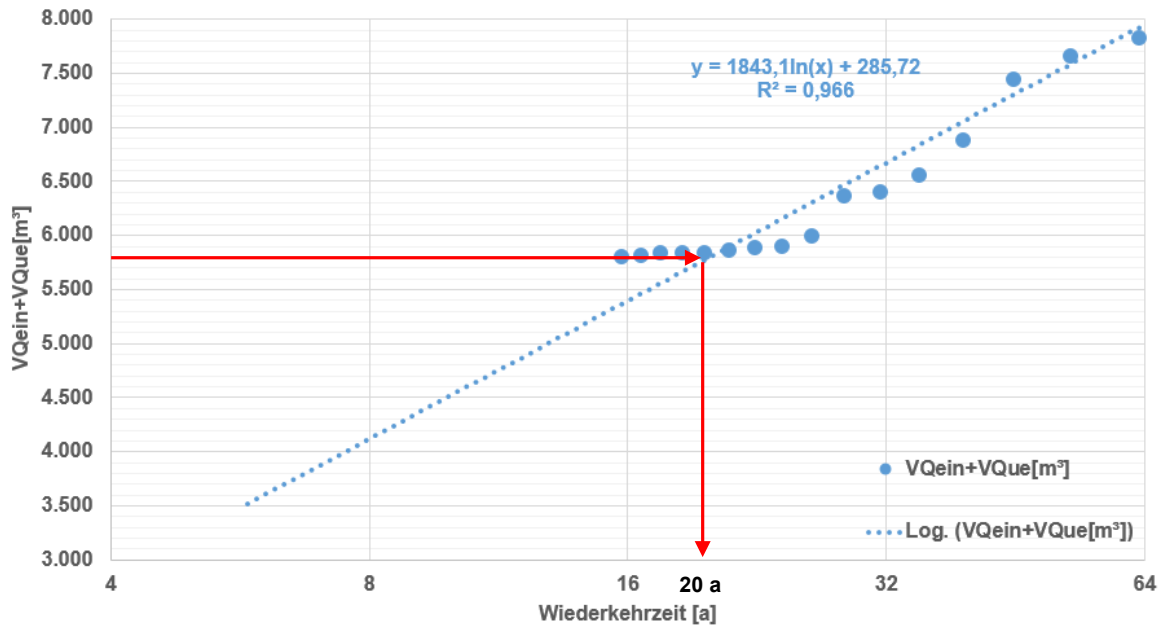


Abbildung 4: Ermittlung der Einstauwiederkehrzeit für das vorhandene RRB1

Aus der Abbildung 4 ist ersichtlich, dass die vorhandene Wiederkehrzeit des Beckens RRB 1 bei ca. 20 Jahren liegt. Somit sind deutliche Potentiale vorhanden, um den Drosselabfluss nach den Kriterien der DWA-M 102-3 auszulegen. Aktuell ist im Becken eine Wirbeldrossel verbaut, um eine möglichst steile Kennlinie zu erhalten. Zukünftig soll eine flache Kennlinie, die ein natürliches Abflussverhalten widerspiegelt, verwendet werden. Die Wiederkehrzeit soll ebenfalls, aufgrund der Empfehlung nach DWA-M 102-3 auf 2 Jahre reduziert werden.

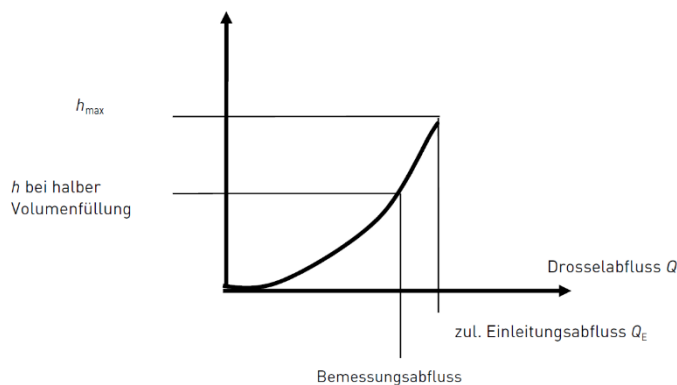


Abbildung 5: Kennlinie eines passiven Drosselorgans, (DWA 2021)

Durch iterative Berechnungen konnte der Drosselabfluss entsprechend angepasst werden.

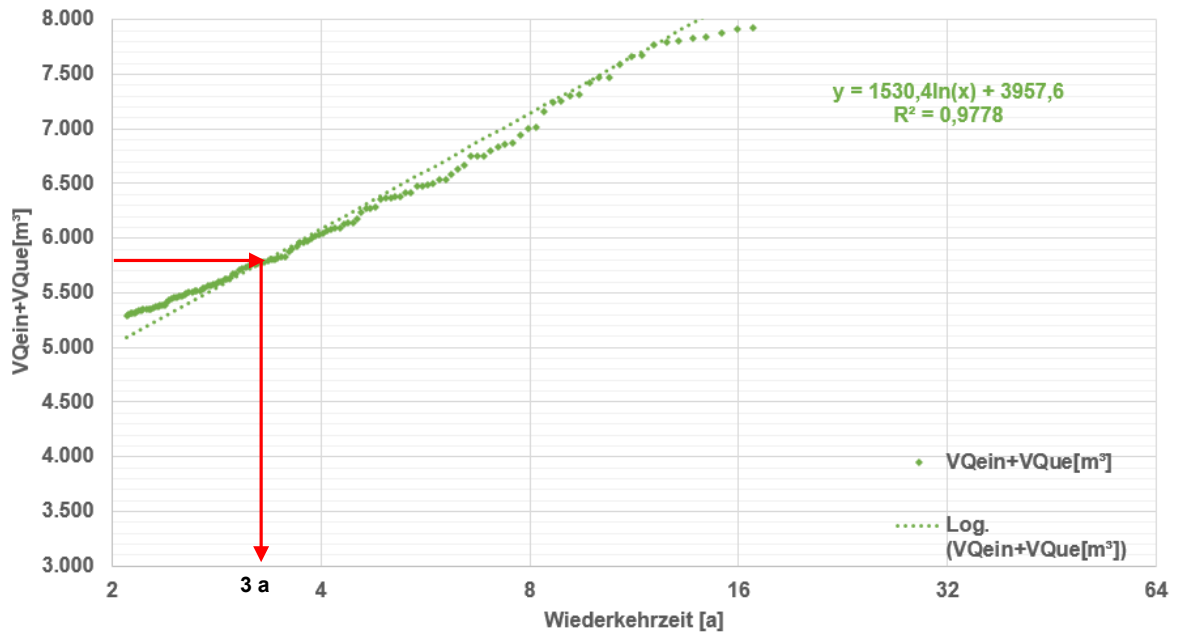


Abbildung 6: Ermittlung der Einstau- Überstauwiederkehrzeit für das sanierte RRB1

Mit der passiven Drossel läuft das Becken deutlich häufiger über. Eine Auswertung der maximalen Scheitelabflüsse aus dem Regenrückhaltebecken 1 im IST- und sanierten Zustand wurde in der Abbildung 7 dargestellt.

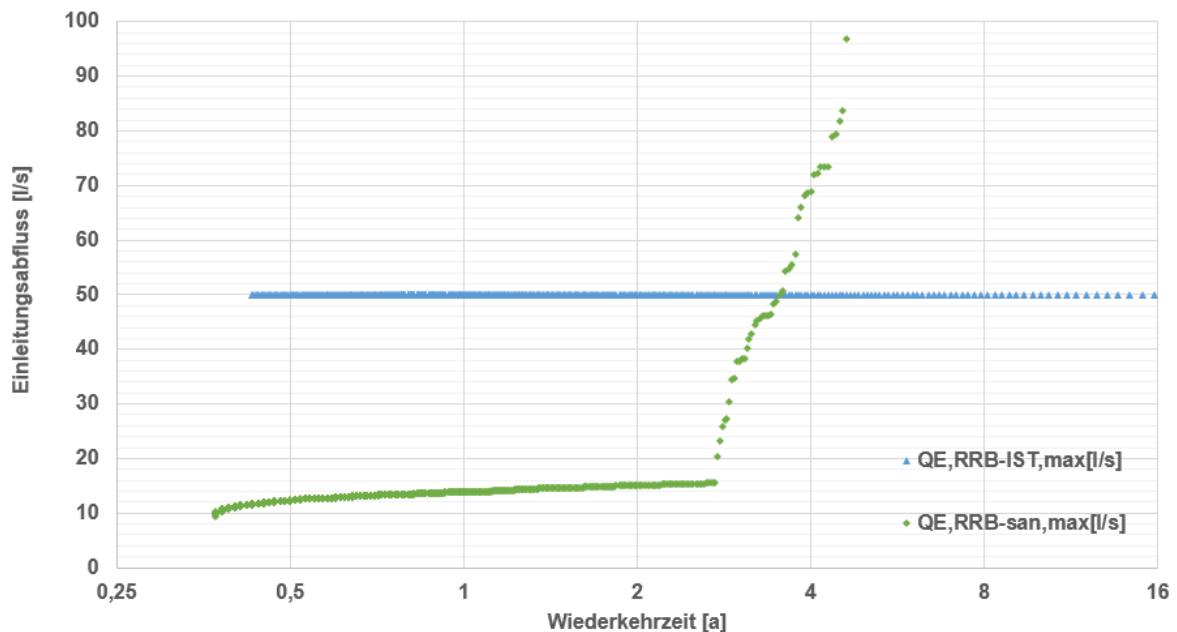


Abbildung 7: Einleitungsabfluss in das Gewässer im IST-Zustand und nach der Sanierung

4 Zusammenfassung

Der Einleitungsabfluss in das Gewässer konnte deutlich von 50 l/s auf ca. 18 l/s gesenkt werden. Dadurch kann der hydraulische Stress für das Gewässer reduziert werden. Durch die geplante Sanierung des Rückhaltebeckens, kann bei Beibehaltung der vorhandenen Rückhaltekapazität, mit geringen baulichen Eingriffen, ein Beitrag für die Verbesserung der hydraulischen Situation in dem Beispielgewässer erbracht werden. Weiterhin ist deutlich erkennbar, dass nur der Umbau der vorhandenen Regenrückhaltebecken nicht das alleinige Mittel ist, um die Zielvorgabe für den immissionsbezogenen hydrologischen Nachweis zu erfüllen.

Da in das RRB1 ausschließlich Regenabflüsse von überörtlichen Straßen eingeleitet werden, gelten für die Bemessung die Grundsätze der REwS. Somit konnte das Becken für die Reinigungsanforderungen ca. 50% kleiner bemessen werden, als dies bei einer Bemessung nach DWA A102-2 erforderliche gewesen wäre.

Referenzen

- Eckart J., Fesser J. (2022). Entwicklung Wirkungsmodell Schmutzfracht von Stadtstraßen https://www.hcu-hamburg.de/fileadmin/documents/REAP/BGS/Fortsetzung_BGS/Schmutzfracht_von_Strassen_V1_5.pdf (13.10.2023)
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.). (2006). DWA-A 100: Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE). Hennef.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.). (2022). 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. Hennef.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.). (2021). DWA-M 102-3/BWK-A 3-3: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 3: Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), (2005) Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“, Richtlinien für die Anlage von Straßen Teil: Entwässerung (RAS-Ew).
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), (2021) Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“, Richtlinien für die Entwässerung von Straßen (REwS)., ISBN: 978-3-8446-299-3

Prof. Dr.-Ing. Hubertus Milke
IWS-Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft an der Hochschule für Technik,
Wirtschaft und Kultur Leipzig
Karl-Liebknecht-Straße 132
04277 Leipzig
Tel.: +49 341 3076 – 6230
Fax: +49 341 3076 – 6201
E-Mail: milke@iws.htwk-leipzig.de

Tilo Sahlbach
IWS-Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft an der Hochschule für Technik,
Wirtschaft und Kultur Leipzig
Karl-Liebknecht-Straße 132
04277 Leipzig
Tel.: +49 341 3076 – 6278
Fax: +49 341 3076 – 6201
E-Mail: sahlbach@iws.htwk-leipzig.de

Niederschlagswasser auf Landwirtschaftsbetrieben und Biogasanlagen - Leitfaden für MV

Jens Tränckner^{*,**}, Michaela Koch^{***}

*Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Wasserwirtschaft

**Steinbeis-Transfer-Zentrum Wasser – Landschaft – Umwelt

*** Landkreis Rostock, Untere Wasserbehörde

Kurzfassung / Abstract

Niederschlagswasser von Landwirtschaftsbetrieben ist aufgrund der hier bewirtschafteten Substrate meist organisch hoch belastet. Der fachgerechte Umgang mit den ereignisabhängig anfallenden großen Niederschlagsmengen ist bisher rechtlich nicht befriedigend geregelt. Auch die technische und betriebliche Umsetzung ist herausfordernd. Im hier vorgestellten Leitfaden werden deshalb die bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen zusammengefasst und daraus konkrete Empfehlungen für eine belastungsabhängige Bewirtschaftung des Niederschlagswassers gegeben. Zentrale Ansatzpunkte sind eine infrastrukturelle Trennung unterschiedlich belasteter Flächenbereiche sowie die regelmäßige Reinigung der Betriebsflächen. Grundsätzlich ist eine landwirtschaftliche Verwertung des Niederschlagswassers die Vorzugslösung. Es werden detaillierte Empfehlungen für Layout und Bemessung von Entwässerungssystem und Speicher gegeben. Da für die Einleitung von Niederschlagswasser in ein Gewässer rechtlich keine Mindestanforderungen definiert sind, empfiehlt der Leitfaden die Ableitung von Überwachungswerten anhand eines vereinfachten immissionsorientierten Ansatzes nach DWA-M 102-3. Grundsätzlich sind für die stoffliche Behandlung die gleichen Technologien nutzbar wie für kommunales Abwasser. Aufgrund des diskontinuierlichen und hochdynamischen Niederschlagsanfalls ergeben sich jedoch besondere Anforderungen zur Mengenbewirtschaftung sowohl im Ereignisfall als auch in Trockenperioden.

1 Veranlassung und Zielstellung

Hof- und Verkehrsflächen von Landwirtschaftsbetrieben (LWB) und Biogasanlagen (BGA) bergen durch den Umgang mit Biomasse, tierischen Fäkalien und ggf. auch Düngemitteln sowie sonstigen Einsatzstoffen ein großes Potential zur Beeinträchtigung der Niederschlagswasserqualität. Dies gilt insbesondere dann, wenn es nicht gelingt, die auf den Anlagen anfallenden Stoffströme sachgerecht zu bewirtschaften.

Für einen wirksamen Gewässerschutz ergeben sich damit sowohl technische als vollzugsrechtliche Herausforderungen für den fachgerechten Umgang mit den ereignisabhängig anfallenden großen Niederschlagswassermengen und deren qualitative Behandlung. Neben verschiedenen Studien und thematisch abgegrenzten Forschungsprojekten existieren zum Teil Hinweise einzelner Bundesländer sowie der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Gerade für den wasserrechtlichen Vollzug (Erteilung und Aktualisierung von Wasserrechten) fehlen jedoch konkrete, nachprüfbare Bewertungskriterien für eine fachgerechte Fassung, Ableitung und Behandlung bzw. Verwertung des anfallenden Niederschlagswassers im Sinne eines vorsorgenden Gewässer- und Grundwasserschutzes. Dies erschwert auch den Betreibern und Fachplanern die Entwicklung umweltgerechter und rechtskonformer Bewirtschaftungs- und Behandlungskonzepte.

Das Land Mecklenburg-Vorpommern hat deshalb des STZ Wasser-Landschaft-Umwelt beauftragt einen Leitfaden für den Umgang mit Niederschlagswasser aus Landwirtschaftsbetrieben und Biogasanlagen zu entwickeln. Dieser soll ausgehend vom fachrechtlichen und praktischen Status-quo konkrete Empfehlungen zur Flächenbewirtschaftung, zur fachgerechten Gestaltung des Entwässerungs- und Behandlungssystems sowie zum Havariemanagement geben. Ein zentrales Thema ist regelmäßig die Genehmigung und Überwachung Niederschlagswassereinleitungen in die Gewässer. Auch hierzu sollten im Leitfaden praktikable Vorschläge erarbeitet werden.

Der Leitfaden (Tränckner & Koch, 2023a) wurde im März 2023 fertiggestellt und wird nach finaler Freigabe durch das Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt von diesem zur Verfügung gestellt. Neben dem Leitfaden steht ein umfassenderer Abschlussbericht (Tränckner & Koch, 2023b) mit detaillierten Informationen und Arbeitshilfen zur Verfügung

Dieser Beitrag fasst wesentliche Erkenntnisse und Empfehlungen zusammen.

2 Rechtliche Anforderungen und technische Regeln

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die einschlägigen Rechtsvorschriften und technischen Regeln, die für Niederschlagswasser auf LWB und BGA greifen. Zentraler Grundsatz ist auch die Forderung nach europäischen Wasserrahmenrichtlinie nach einem vorbeugenden Gewässerschutz, welcher entsprechend auf nationale, regionale und sektorale Ebene heruntergebrochen wird.

Durch die LAWA-Ad-hoc AG Biogasanlagen wurden bereits fachrechtliche Empfehlungen zum Umgang mit Niederschlagswasser auf BGA und LWB erarbeitet. Der Abschlussbericht wurde in MV als Verwaltungsvorschrift umgesetzt.

Ein zentraler Ansatz ist dabei die Einteilung der Betriebsflächen in die Kategorien **gering**, **mäßig** und **stark verschmutzt** mit dem Ziel das Niederschlagswasser dieser Belastungskategorien möglichst getrennt und bedarfsgerecht zu bewirtschaften. Im Leitfaden wurde dieser Ansatz weitgehend übernommen und die bisher nicht enthaltenen Flächentypen ergänzt. Dies betrifft Mist- und Dunglager, welche gemäß AwSV (2017) als „stark verschmutzt“ einzustufen sind sowie die sonstigen Hofflächen, welche nach DWA-A 102-2 (2020) mindestens als „mäßig verschmutzt“ anzusehen sind.

Darüber, dass Niederschlagswasser von stark verschmutzten Flächenbereichen behandlungsbedürftig ist, besteht weitgehend Konsens. In der Praxis wird jedoch das Niederschlagswasser sonstiger Betriebsflächen oft nicht gefasst und über angrenzende Grünflächen versickert. Mit Erscheinen des neuen Arbeitsblattes DWA-A 102-2 / BWK-A 3-2 wird jedoch allen Hofflächen auf LWB und BGA ein mindestens mäßiges Verschmutzungspotential zugewiesen. Somit muss das Niederschlagswasser aller bebauten oder befestigten Hofflächen eines LWB oder einer BGA gefasst werden. Die diffuse Versickerung von Niederschlagswasser der Hofflächen ist von den zuständigen Behörden im Sinne des § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG als Maßnahme zu behandeln, „die geeignet ist, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen“, und mithin als Gewässerbenutzung (Grundwasser). Zumindest im Zuge von Genehmigungsverfahren sollten Behörden deshalb eine vollständige Fassung aller Hofflächen, z.B. mittels umlaufender Aufkantungen, fordern.

Ein weiterer häufiger Diskussionspunkt ist der Umgang mit Niederschlagswasser von Dachflächen. In einem mehrmonatigen Messprogramm an einem Rinderstaldach wurden dabei ereignisabhängig CSB-Konzentrationen von 10-80 mg/L (Median 35 mg/L) und Ammonium-Konzentrationen von 0,5-6 mg/L (Median 2,1 mg/L) gemessen. Zumindest für diesen Stalltyp wird deshalb empfohlen, Dachabwasser als gering belastet einzustufen. Um die erhöhten Ammonium-Konzentrationen abzufedern, wird eine direkte Einleitung sondern die Ableitung über ein Versickerungssystem (z.B. Versickerungsmulde, Mulden-Rigolen-System) oder naturnahes Behandlungssystem empfohlen. Alternativ ist eine Zwischenspeicherung als Betriebswasser zu erwägen. Leider konnte kein analoges Messprogramm für Schweine- und Geflügelhaltende Betriebe umgesetzt werden, so dass für diese keine fachlich begründete Einordnung empfohlen werden kann.

Tabelle 1: Überblick geltender Rechtsvorschriften und technischer Regeln

Gesetz/Verordnung/ Regelwerk	Inhalt
EU-weit	
Wasserrahmen-richtlinie (WRRL)	Qualitätsziele für vorsorgenden, europaweit einheitlichen Gewässerschutz
National	
Wasserhaushalts-gesetz (WHG)	Anforderungen an Gewässerbewirtschaftung und Errichtung, Betrieb und Unterhaltung von Abwasseranlagen und an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
Oberflächengewässer-verordnung (OGewV)	Anforderungen an Zustand von oberirdischen Gewässern (immissionsbezogene Betrachtung)
Grundwasser-verordnung (GrwV)	Anforderungen an Zustand von Grundwasserkörpern (immissionsbezogene Betrachtung)
Abwasserverordnung (AbwV)	Umsetzung §§ 23 und 57 WHG // Definition „Stand der Technik“ für Abwassereinleitungen (emissionsbezogene Betrachtung)
Verordnung über An-lagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)	Umsetzung §§ 23 und 62 WHG // technische Anforderungen an ortsfeste Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (emissionsbezogene Betrachtung)
Düngeverordnung (DüV)	Anforderungen an die gute fachliche Praxis der Düngung
Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft)	Verwaltungsvorschrift // Regelwerk zur Verringerung von Emissionen und Immissionen von Luftschadstoffen
Landesweit (M-V)	
Wassergesetz des Landes M-V (LWaG)	Landesspezifische Konkretisierungen des Wasserhaushaltsrechts
Verwaltungsvorschrift	
„Empfehlungen der LAWA - Ad hoc AG Biogasanlagen“	Empfehlungen für den Umgang mit Niederschlagswasser von BGA und von Fahrsilos in der Landwirtschaft
Technische Regelwerke	
BVT-Schlussfolgerung zur Intensivtierhaltung	Beste verfügbare Technik für die Intensivhaltung oder -aufzucht von Geflügel oder Schweinen
Technische Regeln wassergefährdender Stoffe (TRwS)	Allgemein anerkannte Regeln der Technik nach § 62 WHG und § 15 AwSV // Konkretisierungen der AwSV
DWA-A 102-2 / BWK-A 3-2	Umgang mit niederschlagsbedingten Abflüssen in Siedlungsgebieten zur Einleitung in Oberflächengewässer (emissionsbezogene Regelungen)
DWA-M 102-3 / BWK-M 3-3	Umgang mit niederschlagsbedingten Abflüssen in Siedlungsgebieten zur Einleitung in Oberflächengewässer (immissionsbezogene Regelungen)
DWA-A 138-1 (Entwurf)	Umgang mit niederschlagsbedingten Abflüssen in Siedlungsgebieten zur Versickerung (emissionsbezogene Regelungen)

Tabelle 2: Belastungsgrade des auf LWB und BGA anfallenden Niederschlagswassers, zugeordnete Herkunftsflächen, Behandlungserfordernis und Empfehlungen für den Verbleib des Niederschlagswassers (nach LAWA (2018), ergänzt/modifiziert)

	stark belastetes Niederschlagswasser	mäßig belastetes Niederschlagswasser	gering belastetes Niederschlagswasser
Belastungsgrad			
Herkunftsfläche	<ul style="list-style-type: none"> Befüll- und Entnahmeplätze Vorgrobe Siloflächen (Rangier- und Anschnittbereich) Mist- und Dunglager Siloflächen (geräumt und nass gereinigt)*1 	<ul style="list-style-type: none"> Zufahrts- und Fahrwege sonstige Hofflächen Folien der abgedeckten Siloflächen** 	<ul style="list-style-type: none"> Dachflächen und Überdachungen Hofflächen ohne landwirtschaftliche Tätigkeiten
Behandlungserfordernis	<p>Verunreinigtes Niederschlagswasser ist vollständig aufzufangen und behandlungsbedürftig (und entweder vorrangig als Düngemittel gemäß der guten fachlichen Praxis zu verwenden, als Abwasser zu beseitigen oder als Abfall zu verwerten). Da Silagesickersaft und Silagereste während der Silonutzung in den Asphalt eindringen, ist das darauf abfließende Niederschlagswasser zumeist stark belastet.</p>	<p>Abfließendes Niederschlagswasser dieser Flächen ist behandlungsbedürftig. Landwirtschaftliche Hofflächen sind mind. mäßig belastet, bei großen Viehansammlungen bzw. sonstiger starker Beeinträchtigung der Niederschlagswasserqualität stark belastet.</p>	<p>Das Niederschlagswasser dieser Flächen ist i. d. R. nicht behandlungsbedürftig. Für Stalldächer kann dies bisher nur für Offenställe für Milchvieh und Rinder angenommen werden.</p>
Verweis auf Gesetz, Verordnung, Norm, eigene Untersuchungsergebnisse	<p>§ 19 Abs. 5 bzw. Anlage 7 Nr. 4.2 AwSV; LAWA-Ad hoc AG Biogasanlagen</p>	<p>Eigene Untersuchungen; Anhang A Tabelle A.1 DWA-A 102-2 / BWK-A 3-2; LAWA-Ad hoc AG Biogasanlagen</p>	<p>Eigene Untersuchungen</p>
Hinweise	Niederschlagswasser dieser Flächen darf nicht auf angrenzende Flächen gelangen und umgekehrt.	Es muss sichergestellt sein, dass diese Flächen gefasst werden; diffuse Versickerung ohne wasserrechtliche Erlaubnis ist nicht zulässig.	Technisch muss eine getrennte Ableitung von gering verschmutzten Flächen möglich sein. Ein Nachweis der Belastungsfreiheit ist z.B. für Hühner- oder Schweineställe erforderlich.
Empfehlung für den Verbleib des Niederschlagswassers	<p>Verdunstung, Versickerung über die belebte Bodenzone oder Einleitung in oberirdische Gewässer nach Drosselung und ggf. Behandlung</p> <p>Landwirtschaftliche Verwendung (Düngung, Beregnung)</p>		

Gemäß AwSV ist gesammeltes, verunreinigtes Abwasser (also auch Niederschlagswasser der Flächenkategorien „stark“ und „mäßig verschmutzt“) entweder als Abwasser zu beseitigen oder als Abfall zu verwerten, soweit es nicht als Düngemittel gemäß der guten fachlichen Praxis verwendet werden kann.

Letzteres ist bei verfügbarer landwirtschaftlicher Fläche die Vorzugsvariante, zumindest für stark verunreinigtes Niederschlagswasser. Hier greifen entsprechend die Anforderungen der Düngemittelverordnung (DüV). Sofern Niederschlagswasser in das Güllelager oder Gärrestlager geleitet wird, muss dessen zusätzliches Volumen über einen Zeitraum von sechs bzw. neun Monaten (für flächenlose und besonders große Betriebe) bei der Speicherbemessung berücksichtigt werden. Bei einer getrennten Lagerung von Niederschlagswasser ist bei Einhaltung der „Bagatellwerte“¹ ggf. auf Antrag eine Verkürzung bzw. Aufhebung der Zeiträume mit Aufbringungsverboten möglich, damit eine deutliche Reduzierung der vorzuhaltenden Speicherräume.

Bei der Beseitigung als Abwasser sind belastungsabhängig verschiedene Behandlungsverfahren notwendig bzw. möglich (siehe Abschnitt 3.3.2, Pkt. 5). Eine Einleitung in Oberflächenwasser (oder Grundwasser bei Versickerung) stellt eine Gewässerbenutzung dar und bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Dabei sind nach §57 Abs. 1 Verfahren nach dem Stand der Technik vorgeschrieben; allerdings existieren keine Anhänge zur Abwasserverordnung, welche den Stand der Technik für diesen Herkunftsbereich definieren. Folglich ist die Zulässigkeit der Einleitung von (behandeltem) belastetem Niederschlagswasser an *immissionsorientierten Anforderungen* zu bewerten. Da die wasserrechtlichen Bestimmungen auch hier keine festen quantitativen Vorgaben beinhalten, werden mit diesem Leitfaden Empfehlungen für immissionsorientierte Betrachtungen gegeben (siehe Abschnitt 3.3.2, Pkt 6).

3 Empfehlungen für ein fachgerechtes Niederschlagswassermanagement

3.1. Häufige Problemstellen

Die Umsetzung der vorgenannten rechtlichen Anforderungen gestaltet sich in Praxis jedoch oft schwierig. Deshalb fanden bei der Erarbeitung des Leitfadens zahlreiche Betriebsbegehungen und Austauschgespräche mit Behördenmitarbeitern, Fachplanern und Anlagenbetreibern statt. Daraus wurden die zentralen Problemstellen aber auch Erkenntnisse für eine fachgerechte und praktikable Niederschlagswasserbewirtschaftung gewonnen. Tabelle 3 gibt einen Überblick über zentralen Problemstellen.

¹ Stickstoff (N) < 1,5 % bezogen auf Trockenmasse (TM) und TM < 2 %

Tabelle 3: Häufige Problemstellen bei der Niederschlagsbewirtschaftung auf LWB und BGA

Problemstellen	Erläuterung
Sauberkeit der Hofflächen	<ul style="list-style-type: none"> • häufig starke Verschmutzungen auf alle Betriebsflächen (durch Fahrbetrieb, Verwehungen und fehlende Reinigung)
Hydraulische Trennung verschiedene belasteter Flächen	<ul style="list-style-type: none"> • keine hydraulische Trennung zwischen verschiedenen Belastungskategorien, dadurch unkontrollierte Vermischung des Niederschlagswassers
leere, gereinigte Fahrsiloflächen	<ul style="list-style-type: none"> • z.T. starke Verschmutzung, da Silagesickersaft und Silagereste während der Silonutzung in den Asphalt eindringen und Silage durch Windverfrachtung verteilt wird
Trennschächte	<ul style="list-style-type: none"> • manuelles Umstellen wird im laufenden Betrieb nicht vorgenommen • Verstopfung durch Silage
Einlaufschächte	<ul style="list-style-type: none"> • Verstopfung durch Silage
Befüllung der Siloanlage	<ul style="list-style-type: none"> • Überfüllung, Substrat auf den Vorflächen, keine ordnungsgemäße Entwässerung möglich
Wasserableitung der Siloabdeckung	<ul style="list-style-type: none"> • keine getrennte Ableitung, dadurch Vermischung mit stark belastetem Niederschlagswasser
Niederschlagswasserfassung diverser Hofflächen	<ul style="list-style-type: none"> • keine vollständige Fassung der Hofflächen, sodass diffuse Versickerung in angrenzende Grünflächen stattfindet
Beschriftung Siloanlage	<ul style="list-style-type: none"> • fehlende Kennzeichnung zur Stellung der Entwässerungsschächte (gefordert nach Nr. 8.2 Abs. 13 TRwS 792) • fehlende Kennzeichnung zulässiger Füllgutklasse, einzuhaltender Füllhöhe, zulässiger Fahrzeuge (gefordert nach Nr. 6.3.2.1 Abs. 6 TRwS 792)

3.2 Flächenbewirtschaftung

Die Belastung des anfallenden Niederschlagswassers ist direkt abhängig von der Flächenverschmutzung. Diese wird vor allem von den gelagerten Substraten, dem Substrattransport und sonstigem Fahrverkehr, der meteorologischen Situation und dem Reinigungszustand bestimmt.

Auf bestehenden Anlagen lässt sich bereits durch relativ einfach umsetzbare Maßnahmen die Flächenverschmutzung und damit auch die Niederschlagswasserbelastung deutlich reduzieren.

Reinigung: Eine regelmäßige Reinigung der Betriebsflächen ist zwingend erforderlich. Empfohlen wird eine tägliche Trockenreinigung der Flächen (mindestens der in Benutzung befindlichen Silo- und Fahrflächen) und eine wöchentliche Nassreinigung der Betriebsflächen.

Die regelmäßige Säuberung der Transportfahrzeuge (vor allem der Reifen) kann zusätzlich zur Verringerung der Flächenverschmutzung beitragen. Entleerte Silos sind gründlich nass zu reinigen, um anhaftenden Silosickersaft zu entfernen.

Substrattransport: Um Transportverluste zu minimieren, sollten Radladerschaufeln sollten maximal bündig gefüllt werden. Besonders wirksam ist die Nutzung von geschlossenen Transportbehältern/Futtermulden.

Substratlagerung: Silos dürfen nicht überfüllt werden, d.h. die Substratlinie endet spätestens am Ende der Silowand. Für Ernteüberschüsse müssen Alternativen, wie Wickelsilageballen, Folienschlaussysteme oder Feldrandmieten genutzt werden. Es sollten möglichst nicht mehrere Silos gleichzeitig geöffnet und damit dem Niederschlagsgeschehen ausgesetzt werden.

Siloabdeckung: Das Niederschlagswasser von den Siloabdeckungen ist i.d.R. relativ sauber, kann aber nur bei einigen konstruktiven Lösungen separat abgeführt werden. Wenn die Plane bei nicht überfüllten Silos bis auf die gereinigten Betriebsflächen geführt wird, kann zumindest die Verschmutzung begrenzt werden. Die Beschwerung mit „Schmutzfängern“ wie Autoreifen ist zu vermeiden.

Einlaufschächte: Die Verstopfung von Ablaufschächten kann durch eingehängte Fangeimer begrenzt werden, welche jedoch häufig zu entleeren sind. Sollten Stöpsel-Trennschächte innerhalb der Fahrsiloplanenfläche verbaut sein, sollte die Möglichkeit geschaffen werden, in Fließrichtung außerhalb der Fahrsiloplanenfläche zusätzlich ein Verschließen bzw. Umschalten der Regenwasserkanäle auf Silagesickersaft vornehmen zu können. Generell ist Niederschlagswasser von geöffneten Silos immer „stark verschmutzt“ und muss hydraulisch entsprechend geführt werden.

3.3 Technische Gestaltung einer fachgerechten Niederschlagswasserbewirtschaftung

3.3.1 Kritische Bewertung der Anforderungen nach TRwS 792

Die grundlegenden Anforderungen an die Gestaltung/Bemessung von Entwässerungssystemen für JGS-Anlagen auf LWB werden in den technischen Regeln für wassergefährdende Stoffe –Jauche-, Gülle und Sickersaftanlagen (DWA-A 792, 2018) - kurz TrWs 792 - definiert. Diese gelten analog für BGA mit Gärsubstraten landwirtschaftlicher Herkunft, da das hierfür relevante Arbeitsblatt DWA-A 793-1 (2021) auf die TRwS 792 verweist.

Die TRwS 792 betrachtet jedoch nur die Teilflächen, welche direkt dem JGS-Bereich zugeordnet werden. Betriebsbedingt kommen aber auch andere Flächen mit den Substraten in Berührung. Deshalb müssen für eine sachgerechte Niederschlagswasserbewirtschaftung bzw. Entwässerungsplanung alle Betriebs- und die Dachflächen als Gesamtsystem betrachtet werden.

Weiterhin enthalten die TRwS 792 einige konkrete Vorgaben, die fachlich fragwürdig erscheinen. So darf für die Berechnung des Speichervolumens eine Verdunstungsrate für befestigte Flächen von 15% in Ansatz gebracht werden. Im Niederschlagsfall ist die Verdunstung jedoch vernachlässigbar gering. Weiterhin wird mit einem jährlichen Durchschnittswert der Niederschlagshöhe gerechnet, anstatt mit der tatsächlich zu erwartenden Niederschlagshöhe während der Lagerungsperiode (Spätherbst, Winter). Um das erforderliche Speichervolumen zu begrenzen darf die abflusswirksame Fläche auf 50% der Grundfläche der gleichzeitig geöffneten Fahrsilos verringert werden. Dies setzt jedoch ein unveränderliches Befüll- und Entnahmeregime während der gesamten Nutzungsdauer der Anlage voraus. Zwischenzeitliche Lagerung von Ernteüberschüssen, zugekauften Substraten auf etc. wären dann rechnerisch nicht möglich. Alle diese Annahmen führen zu einer fachlich kaum begründbaren Volumenreduzierung in der Bemessung, wodurch spätere Bewirtschaftungsprobleme absehbar sind.

Gemäß TrwS 792 kann das Niederschlagswasser von geleerten, gründlich gereinigten Silosegmenten sowie von Siloabdeckungen getrennt abgeleitet werden. Tatsächlich sind diese Stoffströme aber zumindest als mäßig oder gar stark belastet einzustufen (vgl. Tabelle 2).

Im Anhang des Regelwerks wird zwischen „verunreinigtem“ und „nicht verunreinigtem“ Niederschlagswasser unterschieden. Letzteres soll gemäß den wasserrechtlichen Vorschriften“ ordnungsgemäß beseitigt werden. Allerdings fehlen detaillierte Aussagen zur Definition „nicht verunreinigten“ Niederschlagswassers. Dies führte im Vollzug bereits häufiger zu mehr oder weniger willkürlichen Auslegungen, z.B. durch Rückgriff auf Überwachungswerte der Abwasserverordnung, Anhang 1.

Für die praktische Trennung von Silagesickersaft und Niederschlagswasser wird in der TRwS 792 das Stopfen-Trennschachtsystem empfohlen. In Gesprächen mit Landwirten, Anlagenplanern und Behördenmitarbeitern wurde jedoch mehrfach betont, dass dieses System im landwirtschaftlichen Alltag kaum beherrschbar ist. Dies gilt insbesondere für tierhaltende Betriebe mit ihrem hohen betrieblichen Aufwand.

Zusammenfassend lässt sich damit feststellen, dass die TRwS 792 zwar grundsätzlich einen guten regulatorischen Rahmen für die Niederschlagswasserbewirtschaftung setzt, aber in wichtigen fachlichen Details einer kritischen Revision bedarf.

3.3.2 Konkrete technische Empfehlungen

Grundsätzlich muss die gesamte Prozesskette von der Abflussbildung bis zur Verwertung bzw. Beseitigung des Niederschlagswassers als technisches Gesamtsystem betrachtet werden. Dies umfasst mindestens die nachfolgend erläuterten Arbeitsschritte. Eine dafür erarbeitete Checkliste liegt als Anlage zum Leitfaden zur Verfügung und hilft bei strukturierter Analyse und Entwicklung des Entwässerungskonzeptes.

1 Exakte Erfassung aller Betriebs- und Dachflächen Lage und Größe Charakterisierung nach Verschmutzungspotential

Abbildung 1 zeigt schematisch die Flächenzuordnung auf einem fiktiven LWB. Durch die Lagebeziehung wird dabei auch deutlich, welche Betriebsflächen in unmittelbarer oder logistischer Verbindung zu hoch belasteten JGS-Flächen stehen bzw. ob/inwieweit gering belastetes Niederschlagswasser getrennt gefasst und abgeleitet werden kann.



Abbildung 1: Beispielhafte schematische Flächenzuordnung auf einem LWB

2 Flächengestaltung, getrennte Fassung der Abwasserströme

Je nachdem, welche Verwertungs-/Beseitigungsoptionen verfolgt werden und welche Speicherräume zur Verfügung stehen, besteht die Notwendigkeit die Abwasserströme möglichst nach Belastungskategorien zu trennen. Zentral ist dabei die Gestaltung der Fahrsiloflächen und Silovorflächen, um die Verschmutzung der befestigten Hofflächen zu begrenzen. Gemäß TRwS 792 sind Siloplaten mit einem Gefälle von 2% in Richtung Ablauf auszustatten. Diese Vorgabe führt bei großen Fahrsiloanlagen zu großen Höhenunterschieden. Zum Teil werden die Silos deshalb gekammert ausgeführt.

Alternativ wären auch in Längsrichtung angeordnete Entwässerungsrinnen innerhalb der Silos möglich, welche bei Analogie zur Entwässerung von Verkehrsflächen ggf. ein deutlich geringeres Gefälle von $\geq 0,5\%$ könnten. Für dieses System existiert aber aktuell noch keine bauordnungsrechtliche Zulassung, was eine Ausnahmegenehmigung nach §16 Abs. 3 AwSV erfordert.

Silovorflächen stellen praktisch den Übergangsbereich zwischen den hoch belasteten Siloflächen und den Betriebsflächen dar. Es ist also entscheidend, dass die Silovorflächen möglichst umfassend hoch belastetes Sickerwasser bzw. belastetes Niederschlagswasser aufnehmen können. Häufig werden die Silovorflächen jeweils trichterförmig vor einer Silofläche ausgeführt. Ein wiederkehrendes Problem ist dabei Überfüllung von Silos, so dass Substrat und Silagesickersaft auf die benachbarten Vorflächen gelangt. Alternativ können die Vorflächen gezielt zusammengefasst werden. Konkrete Ausführungsoptionen sind dem Leitfaden zu entnehmen.

Eine zentrale Herausforderung ist das Fernhalten des Niederschlagswassers von angrenzenden stark belasteten Flächen. Dies lässt sich praktisch durch Gegengefälle und/oder Aufkantungen umsetzen (Abbildung 2). Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wird aber durch Betriebsverkehr, Verwehungen, Zwischenlagerung von Substraten etc. begrenzt.

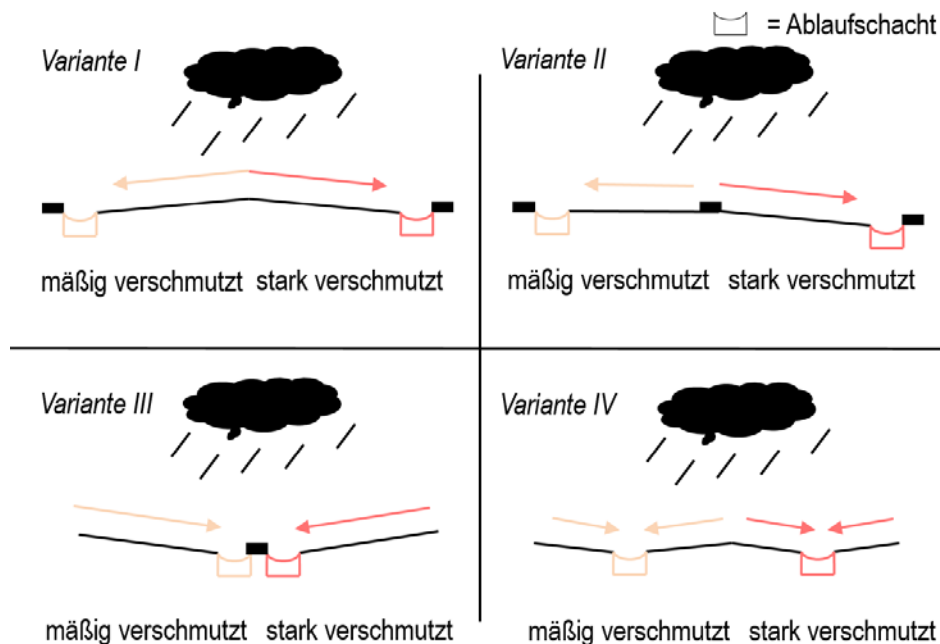


Abbildung 2: Umsetzungsmöglichkeiten zur Trennung der mäßig und stark belasteten Flächen

Die einzig klar abtrennbaren Flächen sind Dachflächen. Deshalb ist es zwingend, dass Dächer mit Regenrinnen und Fallrohren ausgestattet werden, um eine unnötige Sekundärverschmutzung von Traufwasser zu vermeiden.

Vor diesem Hintergrund ist auch die vollständige Überdachung des gesamten Fahrsilos (Abbildung 3) durchaus eine Option, denn damit würde der am höchsten verschmutzte Flächenbereich vom Niederschlagswasser freigehalten werden. Die unbestritten hohen Investitionskosten relativieren sich durch das dann deutlich kleinere Speichervolumen. Ggf. können bei Nutzung als PV-Standort weitere wirtschaftliche Vorteile generiert werden.



Abbildung 3: Überdachtes Fahrsilo auf dem LWB Brüel mit Speicher für das gering belastete Niederschlagswasser (hier Nutzung als Löschwasserspeicher), Foto: M. Koch

3 Ableitung

Die Planung der Ableitung ist in starkem Maße von der Flächenverteilung, Betriebswegen, Standorten der Speicher und ggf. Einleitungsgewässer und den Gefälleverhältnissen abhängig. Pauschale Empfehlungen sind deshalb schwierig.

Grundsätzlich ist die oberflächige Ableitung von Silagesickersaft und Niederschlagswasser als Alternative zur rohrlungsgebundenen zu prüfen. Diese vereint einige Vorteile:

- ständige technische Verfügbarkeit (kein Zusetzen von Ablaufschächten oder Rohrleitungen),
- einfache, eindeutige und gut kontrollierbare Entwässerung,
- Vermeidung falsch zugeordneter Entwässerungsrichtung (wie bei aktiv zu bedienenden Weichen möglich) und
- keine Bau-/Sanierungskosten für Rohrleitungen und ihre Systemelemente.

Nachteilig ist ggf. eine sekundäre Verschmutzung auf dem Fließweg. Insbesondere gering verschmutztes Dachwasser sollte deshalb rohrleitungsgebunden abgeleitet werden. Weiterführende Hinweise zur Linienführung Dimensionierung enthält der Leitfaden.

4 Verwertung, Behandlung

Wie oben ausgeführt lassen sich Silagesickersaft und belastetes Niederschlagswasser nur mit großen Aufwand voneinander trennen. Daher ist eine gemeinsame Ableitung und Lagerung meist sinnvoll. Dies kann entweder in einem separaten Silagesickersaftbehälter oder gemeinsam im Gülle- oder Gärrestlager erfolgen. Wie in Abschnitt 2 ausgeführt, kann bei Errichtung eines separaten Niederschlagswasser-Silagesickersaft-Behälters ggf. eine kontinuierliche Ausbringung erlaubt und damit das erforderliche Gesamtspeichervolumen deutlich reduziert werden. Die jeweils anzusetzenden Berechnungsansätze und konkrete Ausbringungshinweise enthält der Leitfaden.

Falls eine landwirtschaftliche Ausbringung nur mit sehr hohem Aufwand verbunden ist und ein ausreichend leistungsfähiges Einleitgewässer zur Verfügung steht, kann eine mechanisch-biologische Abwasserreinigung zielführend sein. Grundsätzlich ist das belastete Niederschlagswasser biologisch gut abbaubar (Cramer et al., 2020). Allerdings sind erhöhte Nährstoffbelastungen zu berücksichtigen, welche in der Regel zumindest eine wirksame Nitrifikation, ggf. auch eine Nährstoffeliminierung (Denitrifikation, P-Rückhalt) erfordern. Tabelle 4 gibt einen Überblick über verfügbare und in der Praxis bereits genutzte Technologien. Sofern diese aus der kommunalen Abwasserreinigung stammen, existieren entsprechende Regelwerke zur Bemessung. Allerdings ist die Belastungssituation eine grundsätzlich andere, denn die Anfallmenge und Beschaffenheit ist aufgrund der betrieblichen und meteorologischen Bedingungen hochdynamisch. Grundsätzlich fällt das Abwasser (ähnlich wie in einem Mischwassersystem) diskontinuierlich und dann in großer Menge an. Je nach gewähltem technischen System erfordert dies eine mehr oder weniger starke Vergleichmäßigung der Belastung durch einen vorgelagerten Speicher, ggf. auch mit Rückführung gereinigten Wassers zur Überbrückung von Trockenperioden. Die erforderliche Reinigungsleistung der Behandlungsanlage ergibt sich aus den konkreten Einleitbedingungen.

5 Einleitung

Wasserrechtlich sind sowohl die Ableitung in Oberflächengewässer als auch die Versickerung eine genehmigungspflichtige Einleitung. Da es für Niederschlagswasser von LWB und BGA keine definierten Mindestanforderungen gibt, müssen Einleitwerte immer über einen immissionsorientierten Ansatz hergeleitet werden. Darüber hinaus sind besondere Anforderungen in Schutz- und Überschwemmungsgebieten zu beachten (siehe Leitfaden).

Für Oberflächengewässer wird im Leitfaden ein immissionsorientierter Ansatz in Anlehnung an den vereinfachten Immissionsnachweis nach DWA-M 102-3 /BWK M 3-3 (2021) vorgeschlagen. Hier wird der Ansatz aber invers genutzt, d.h. es werden je nach Einleitsituation Überwachungswerte für folgende Größen abgeleitet:

- Gewässerhydraulik
- Hydrologie
- Ammoniumtoxizität und Sauerstoffhaushalt
- Phosphor

Ein stofflicher Nachweis bezüglich Phosphor wird im DWA-M 102-3/BWK M 3-3 nicht gefordert. Für Niederschlagswasser aus LWB und BGA mit i.d.R. erhöhten P-Konzentrationen bedarf es aber einer entsprechenden Bewertung. Die zulässige Einleitkonzentration kann hierfür aus den Zielwerten für Phosphor im Jahresmittel im Einleitgewässer, abzüglich der Vorbelastung abgeleitet.

Erste Proberechnungen zeigen, dass der Ansatz grundsätzlich handhabbar und im Sinne des Gewässerschutzes zielführend ist. Allerdings zeigte sich auch, dass bei Bestandsanlagen (z.T. auch aufgrund der Gewässervorbelastung) die erforderlichen Nachweise nicht erbracht werden können. Dennoch kann es sinnvoll sein, (ggf. zu befristende) wasserrechtliche Erlaubnisse bei geplanten Verbesserungsmaßnahmen zu erteilen, wenn dadurch das Verbesserungsgebot und Verschlechterungsverbot eingehalten werden. Hier sollten die zuständigen Wasserbehörden im Sinne eines praktisch umsetzbaren Gewässerschutzes ihren Ermessensspielraum nutzen.

Tabelle 4: Verfahren zur Behandlung von belastetem Niederschlagswasser auf LWB und BGA und deren Reinigungsleistung

Verfahren ^a	Bemessungsvorschriften ^a	Reinigungsleistung ^a				Verweise ^a
		CSB-Abbau ^a	Nitrifikation ^a	Gesamtstickstoff-Reduktion ^a	Phosphoreliminierung ^a	
Naturbasierte Verfahren^a						
Pflanzenkläranlagen^a	DWA-A:262 ^a	>90 % ^a	85 % – 95 % ^a	50 % – 75 % (durch nachgeschaltete Horizontalfilter- oder aktiv-intermittierend-belüftete eingestaute Vertikalfilter) ^a	50 % – 80 % ^a	DWA-Regelwerk, Erfahrungswerte und eigene Untersuchungen (Abschlussbericht) ^a
Weidenverdunstungsbeete^a	- ^a	Durch die hohe Verdunstungsleistung der Weiden tritt kein Abfluss auf und das Wasser wird nahezu vollständig verdunstet. Das Verfahren befindet sich noch in der Probephase, erste Ergebnisse wurden im Herbst 2022 in der KA-Korrespondenz Abwasser, Abfall veröffentlicht (Rücker et al.) ^a				
Technische Verfahren^a						
Belebungsverfahren^a	DWA-A:131 und DWA-M:210 ^a	>95 % ^a	>95 % ^a	70 % – 90 % ^a	>90 % (durch zusätzliche chemische Phosphat-Fällung) ^a	DWA-Regelwerke und Erfahrungswerte ^a
Getauchte Festbetten^a	Entwurf:..... DWA-A:281 ^a					
Membran-Bioreaktor-Verfahren^a	DWA-M:227 ^a	20 % – 30 % (durch Stickstoffeinbau in die Biomasse) ^a				
Tropfkörper^a	Entwurf:..... DWA-A:281 ^a	Das Wasser wird nahezu vollständig verdunstet, das zurückbleibende Konzentrat kann dem Fermenter der BGA zugeführt werden. Das Verfahren ist nur sinnvoll einzusetzen, sofern Abwärme eines Blockheizkraftwerkes genutzt werden kann. ^a				
Verdunstungsanlagen^a	- ^a					

4 Vorschlag für ein Entwässerungskonzept

Das nachfolgend empfohlene Entwässerungskonzept (Abbildung 4) zielt auf eine möglichst effektive, belastungsabhängige Trennung des Niederschlagswassers, geleitet durch zwei zentrale Überlegungen:

- Trennung nach Nutzungsart: getrennte Entwässerung der verschiedenen Flächenkategorien und die Speicherung der jeweiligen Teilströme in unterschiedlichen Speicherräumen/-becken und
- Ereignisabhängige Trennung: Berücksichtigung der Niederschlagsdynamik und der damit veränderlichen Wasserbeschaffenheit innerhalb eines Niederschlagsereignisses.

Dabei wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass auf den landwirtschaftlich genutzten Hofflächen eine konsequente Trennung zwischen Niederschlagswasser und allgemein wassergefährdenden Stoffen (JGS) nicht möglich ist (Transportverluste, Windverfrachtung, Verschleppung mit Fahrzeugen).

Die Abtrennung gering belasteten Niederschlagswasser ist hingegen technisch einfach realisierbar, indem das Niederschlagswasser über Regenrinnen und Fallrohre gefasst und unterirdisch abgeleitet wird. Auch das Niederschlagswasser von Hofflächen ohne landwirtschaftliche Tätigkeiten kann bei entsprechender Lage als gering belastet eingestuft werden und kann versickert bzw. mit gering belastetem Dachwasser abgeleitet werden.

Die Abtrennung des mäßig und stark belasteten Niederschlagswassers ist immer dann sinnvoll, wenn eine getrennte Verwertung und insbesondere eine Ableitung nach Behandlung vorgesehen ist. Die Trennung mittels Stöpsel-Trennschächten hat sich nach Aussagen vieler Praktiker nicht bewährt. Alternativ wird deshalb vorgeschlagen, das Wasser von Hofflächen, die nicht dem JGS-Bereich zugeordnet sind, einem getrennten Hofabwasser-Speicher zuzuführen. Das Wasser von offenen Silos wird über ein Trennbauwerk einem JGS-Speicher zugeführt. Das Trennbauwerk enthält eine hydraulische Weiche entweder in Form einer leistungsbegrenzten Pumpe, einer Abflussdrossel oder einer sensorgesteuerten Klappe, welche bei intensiven und/oder volumenstarken Niederschlagsereignissen in den Hofabwasser-Speicher ableitet.

Dadurch kann das JGS-Speicher-Volumen begrenzt werden, ohne zu hohe Konzentration im behandlungsbedürftigen Hofabwasser zu riskieren. Das vorgeschlagene Konzept lässt auch mit vertretbarem Aufwand auf vielen Bestandsanlagen umsetzen. Voraussetzung ist die Möglichkeit einer gewässerverträglichen Einleitung (nach Behandlung) oder einer landwirtschaftlichen Ausbringung (möglichst auch innerhalb der Sperrfristen nach DÜV, da anderenfalls die hydraulische Weiche obsolet wäre).

Dieses ist ausdrücklich nur ein möglicher Umsetzungsvorschlag. Letztlich werden fallbezogen immer individuelle Lösungen unter Berücksichtigung der Gesamtsituation erforderlich sein.

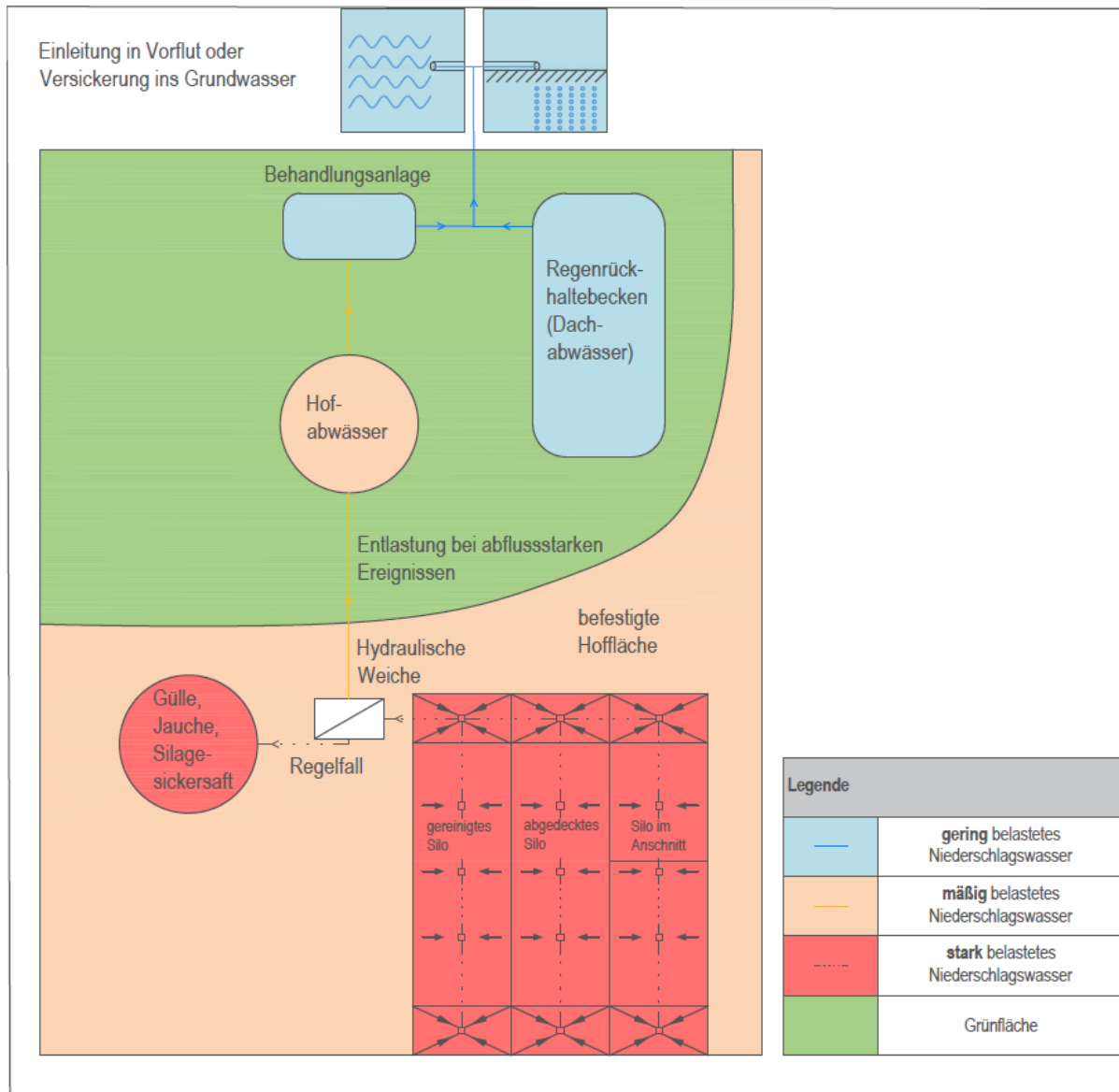


Abbildung 4: Vorschlag zur Trennung von mäßig und stark belastetem Niederschlagswasser auf LWB und BGA mittels einer hydraulischen Weiche

5 Fazit und Ausblick

Ein gewässerschonender Umgang mit Niederschlagswasser auf Landwirtschaftsbetrieben und Biogasanlagen ist anspruchsvoll aber technisch möglich. Entscheidende Voraussetzung ist die aufeinander abgestimmte Betrachtung von Anfallflächen, Ableitung, Speicherung, Behandlung und Verwertung bzw. Beseitigung. Mit dem entwickelten Leitfaden und den unterstützenden Planungshilfen möchten wir den Betreibern, Planern und den Wasserbehörden eine praktisch umsetzbare

Handlungsanleitung zur Verfügung stellen. Die Umsetzung dieses Leitfadens in konkreten Projekten steht noch aus. Die Professur Wasserwirtschaft steht hierfür gern beratend zur Verfügung.

Parallel hat die DWA zwischenzeitlich die Arbeitsgruppe ES-3.2 „Umgang mit stark belastetem Niederschlagswasser“ gegründet. Arbeitsauftrag ist die Erarbeitung einer Merkblattreihe (DWA-M 106), um i) Anforderungen an den Umgang mit stark verschmutztem Niederschlagswasser zu formulieren und ii) Behandlungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Neben organisch hoch belastetem Niederschlagswasser in der Landwirtschaft werden Hof- und Verkehrsflächen in Misch-/Gewerbe-/Industriegebieten, Dachflächen mit hohem Anteil gewässerschädigender Materialien und ggf. Teilflächen von Flughäfen betrachtet. Mittelfristig wird damit auch eine bundesweite Empfehlung zum Umgang mit Niederschlagswasser auf LWB und BGA verfügbar sein.

Literatur

AwSV (2017) Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Cramer M., Schelhorn P., Kotzbauer U., Tränckner J. (2020) Degradation kinetics and COD fractioning of agricultural wastewaters from biogas plants applying biofilm respirometry, *Environmental Technology*, 0959-3330

DWA-A 102-2 / BWK-A 3-2 (2020): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen

DWA-M 102-3 / BWK-M 3-3 (2021): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 3: Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen

DWA-A 792 (2018): Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) – Jauche-, Gülle- und Silagesickersaftanlagen (JGS-Anlagen)

DWA-A 793-1 (2021): Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) – Biogasanlagen – Teil 1: Errichtung und Betrieb mit Gärsubstraten landwirtschaftlicher Herkunft

DIN EN 1433 (2005): Entwässerungsrinnen für Verkehrsflächen-Klassifizierung, Bau- und Prüfgrundsätze, Kennzeichnung und Beurteilung der Konformität. Deutsche Fassung EN 1433:2002 + AC:2004 + A1:2005

LAWA (2018) LAWA-Ad hoc AG Biogasanlagen: Abschlussbericht „Empfehlungen für den Umgang mit Niederschlagswasser von Biogasanlagen und von Fahrtilos in der Landwirtschaft“ im Auftrag des BLAK-Abwasser und des BLAK-UmwS.

Tränckner J., Koch M. (2023a) Leitfaden zur sachgerechten Niederschlagswasserbewirtschaftung auf Landwirtschaftsbetrieben und Biogasanlagen, im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg Vorpommern, STZ Wasser, Landschaft, Umwelt

Tränckner J., Koch M. (2023b) Abschlussbericht zum Leitfaden zur sachgerechten Niederschlagswasserbewirtschaftung auf Landwirtschaftsbetrieben und Biogasanlagen, im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg Vorpommern, STZ Wasser, Landschaft, Umwelt

Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner
Universität Rostock, Professur für Wasserwirtschaft
Satower Straße 48, 18059 Rostock
Tel.: 0381 498-3640
Fax: 0381 498-3462
E-Mail: jens.traenckner@uni-rostock.de

Michaela Koch
Landkreis Rostock, Untere Wasserbehörde
Am Wall 3-5, 18273 Güstrow
Tel.: 03843 755 66 203
E-Mail: michaela.koch@lkros.de

In dieser Reihe bisher erschienen

Band I

10. DIALOG Abfallwirtschaft MV – Von der Abfallwirtschaft zur Energiewirtschaft.

Tagungsband, erschienen im Juni 2007, ISBN 987-3-86009-004-6

Band II

Ellen-Rose Trübger

Entwicklung eines Ansatzes zur Berücksichtigung der ungesättigten Zone bei der Grundwassersimulation von Feuchtgebieten.

Dissertation, erschienen im August 2007, ISBN 978-3-86009-006-0

Band III

René Dechow

Untersuchungen verschiedener Ansätze der Wasserhaushalts- und Stofftransportmodellierung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in Stickstoffhaushaltsmodellen.

Dissertation, erschienen im September 2007, ISBN 978-3-86009-016-9

Band IV

Carolin Wloczyk

Entwicklung und Validierung einer Methodik zur Ermittlung der realen Evapotranspiration anhand von Fernerkundungsdaten in Mecklenburg-Vorpommern.

Dissertation, erschienen im September 2007, ISBN 978-3-86009-009-1

Band 5

1. Rostocker Bioenergieforum. Bioenergieland Mecklenburg-Vorpommern.

Tagungsband, erschienen im Oktober 2007, ISBN 978-3-86009-013-8

Band 6

Kulturtechniktagung 2007. Ostseeverseuchung und Flächenentwässerung.

Tagungsband, erschienen im Januar 2008, ISBN 978-3-86009-018-3

Band 7

Enrico Frahm

Bestimmung der realen Evapotranspiration für Weide (*Salix* spp.) und Schilf (*Phragmites australis*) in einem nordostdeutschen Flusstalmoor.

Dissertation, erschienen im Mai 2008, ISBN 978-3-86009-023-7

Band 8

Jenny Haide

Methode zur Quantifizierung der Einflüsse auf Vorgangsdauern lohnintensiver Arbeiten am Beispiel von Pfasterarbeiten.

Dissertation, erschienen im Juni 2008, ISBN 978-3-86009-024-4

Band 9

11. DIALOG Abfallwirtschaft MV. Chancen und Risiken für die deutsche Abfallwirtschaft im Ausland.

Tagungsband, erschienen im Juni 2008, ISBN 978-3-86009-029-9

Band 10

Stefan Cantré

Ein Beitrag zur Bemessung geotextiler Schläuche für die Entwässerung von Baggergut.

Dissertation, erschienen im Juni 2008, ISBN 978-3-86009-032-9

Band 11

Birgit Wüstenberg

Praxis der Standortwahl von Sportboothäfen im Küstenbereich Mecklenburg-Vorpommerns und Entwicklung einer Bewertungsmethode als Planungshilfe.

Dissertation, erschienen im Juli 2008, ISBN 978-3-86009-033-6

Band 12

André Clauß

Erhöhung der Trinkwasserversorgungssicherheit in Havarie- und Krisensituationen durch neue Handlungsalgorithmen sowie Einbeziehung bisher ungenutzter Ressourcen am Beispiel von Bergbaugrubenwasser.

Dissertation, erschienen im September 2008, ISBN 978-3-86009-037-4

Band 13

Peter Degener

Sickerwasserkreislauf zur Behandlung von Sickerwässern der aerob-biologischen Restabfallbehandlung (Restabfallrotte).

Dissertation, erschienen im Oktober 2008, ISBN 978-3-86009-043-5

Band 14

2. Rostocker Bioenergieforum. Innovationen für Klimaschutz und wirtschaftliche Entwicklung.

Tagungsband, erschienen im Oktober 2008, ISBN 978-3-86009-044-2

Band 15

7. Rostocker Abwassertagung. Fortschritte auf dem Gebiet der Abwasserentsorgung.

Tagungsband, erschienen im November 2008, ISBN 978-3-86009-045-9

Band 16

Christian Noß

Strömungsstrukturen kleiner naturnaher Fließgewässer unter Berücksichtigung von Turbulenztheorie und Dispersionsmodellen.

Dissertation, erschienen im Januar 2009, ISBN 978-3-86009-054-1

Band 17

Ralf Schröder

Entwicklung von Möglichkeiten zur Messung der N₂-Übersättigung sowie Methoden zur Reduzierung der Schwimmschlamm Bildung.

Dissertation, erschienen im Februar 2009, ISBN 978-3-86009-055-8

Band 18

Elmar Wisotzki

Bodenverfestigungen mit Kalk-Hüttensand-Gemischen.

Dissertation, erschienen im April 2009, ISBN 978-3-86009-059-6

Band 19

Ramez Mashkook

Untersuchungen zur Adsorption und biologischen Aktivität an Aktivkohle Iiter unter den Bedingungen der Wasseraufbereitung im Wasserwerk Rostock.

Dissertation, erschienen im April 2009, ISBN 978-3-86009-060-2

Band 20

Torsten Birkholz

Handlungserfordernisse und Optimierungsansätze für kommunale Ver- und Entsorgungsunternehmen im Zusammenhang mit demographischen Veränderungen im ländlichen Raum aufgezeigt an einem Beispiel in Mecklenburg-Vorpommern.

Dissertation, erschienen im Mai 2009, ISBN 978-3-86009-061-9

Band 21

12. DIALOG Abfallwirtschaft MV. Aktuelle Entwicklungen in der Abfallwirtschaft.

Tagungsband, erschienen im Juni 2009, ISBN 978-3-86009-062-6

Band 22

Thomas Fritz

Entwicklung, Implementierung und Validierung eines praxisnahen Verfahrens zur Bestimmung von Biogas- bzw. Methanerträgen.

Dissertation, erschienen im Oktober 2009, ISBN 978-3-86009-065-7

Band 23

3. Rostocker Bioenergieforum. Bioenergie – Chance und Herausforderung für die regionale und globale Wirtschaft.

Tagungsband, erschienen im Oktober 2009, ISBN 978-3-86009-065-8

Band 24

Muhammad Mariam

Analyse von Gefahrenpotenzialen für die Trinkwasserversorgung der Stadt Rostock unter besonderer Berücksichtigung von Schadstoffausbreitungsvorgängen in der Warnow.

Dissertation, erschienen im Februar 2010, ISBN 978-3-86009-078-7

Band 25

Manja Steinke

Untersuchungen zur Behandlung von Abwässern der Fischverarbeitungsindustrie.

Dissertation, erschienen im Juni 2010, ISBN 978-3-86009-085-5

Band 26

13. DIALOG Abfallwirtschaft MV

Die Kreislauf- und Abfallwirtschaft im Wandel. Wohin gehen die rechtlichen und technischen Entwicklungen?

Tagungsband, erschienen im Juni 2010, ISBN 978-3-86009-087-9

Band 27

4. Rostocker Bioenergieforum. Zukunftstechnologien für Bioenergie

Tagungsband, erschienen im Oktober 2010, ISBN 978-3-940364-12-8

Band 28

Dirk Banemann

Einfluss der Silierung und des Verfahrensablaufs der Biomassebereitstellung auf den Methanertrag unter Berücksichtigung eines Milchsäurebakteriensilierungsmittel.

Dissertation, erschienen im Januar 2011, ISBN 978-3-86009-087-9

Band 29

14. DIALOG Abfallwirtschaft MV. Abfall als Wertsto - und Energiereserve

Tagungsband, erschienen im Juni 2011, ISBN 978-3-940364-18-0

Band 30

5. Rostocker Bioenergieforum

Tagungsband, erschienen im November 2011, ISBN 978-3-940364-20-3

Band 31

8. Rostocker Abwassertagung. Erhöhung der E ektivität von Abwasserentsorgungsanlagen

Tagungsband, erschienen im November 2011, ISBN 978-3-86009-120-3

Band 32

6. Rostocker Bioenergieforum

Tagungsband, erschienen im Juni 2012, ISBN 978-3-940364-27-2

Band 33

Ishan Machlouf

Untersuchungen zur Nitratelimination bei der Trinkwasseraufbereitung unter Berücksichtigung syrischer Verhältnisse

Dissertation, erschienen im März 2013, ISBN 978-3-86009-204-0

Band 34

Ralph Sutter

Analyse und Bewertung der Ein ussgrößen auf die Optimierung der Rohbiogasproduktion hinsichtlich der Konstanz von Biogasqualität und -menge

Dissertation, erschienen im März 2013, ISBN 978-3-86009-202-6

Band 35

Wolfgang Pf -Simoneit

Entwicklung eines sektoralen Ansatzes zum Aufbau von nachhaltigen Abfallwirtschaftssystemen in Entwicklungsländern vor dem Hintergrund von Klimawandel und Ressourcenverknappung

Dissertation, erschienen im Mai 2013, ISBN 978-3-86009-203-3

Band 36

7. Rostocker Bioenergieforum

Tagungsband, erschienen im Juni 2013, ISBN 978-3-86009-207-1

Band 37

Markus Helftewes

Modellierung und Simulation der Gewerbeabfallaufbereitung vor dem Hintergrund der Outputqualität, der Kosteneffizienz und der Klimabilanz

Dissertation, erschienen im Oktober 2013, ISBN 978-3-86009-402-0

Band 38

Jan Stefan Riha

Detektion und Quantifizierung von Cyanobakterien in der Ostsee mittels Satellitenfernerkundung

Dissertation, erschienen im Oktober 2013, ISBN 978-3-86009-403-7

Band 39

Peter Helmke

Optimierung der Verarbeitungs-, Gebrauchs- und Entsorgungseigenschaften eines naturfaserverstärkten Kunststoffes unter Berücksichtigung automobiler Anforderungen

Dissertation, erschienen im November 2013, ISBN 978-3-86009-404-4

Band 40

Andrea Siebert-Raths

Modifizierung von Polylactid (PLA) für technische Anwendungen

Verfahrenstechnische Optimierung der Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften

Dissertation, erschienen im Januar 2014 ISBN 978-3-86009-405-1

Band 41

Fisiha Getachew Argaw

Agricultural Machinery Traffic Influence on Clay Soil Compaction as Measured by the Dry Bulk Density

Dissertation, erschienen im Januar 2014 ISBN 978-3-86009-406-8

Band 42

Tamene Adugna Demissie

Climate change impact on streamflow and simulated sediment yield to

Gilgel Gibe 1 hydropower reservoir and the effectiveness of Best Management Practices

Dissertation, erschienen im Februar 2014 ISBN 978-3-86009-407-5

Band 43

Paul Engelke

Untersuchungen zur Modellierung des Feststoff transports in Abwasserkanälen: Validierung in SIMBA®
Dissertation, erschienen im Februar 2014 ISBN 978-3-86009-408-2

Band 44

16. DIALOG Abfallwirtschaft MV. Aktuelle Entwicklungen in der Abfall- und Ressourcenwirtschaft
Tagungsband, erschienen im April 2014, ISBN 978-3-86009-410-5

Band 45

8. Rostocker Bioenergieforum, 19.-20. Juni 2014 an der Universität Rostock
Tagungsband, erschienen im Juni 2014, ISBN 978-3-86009-412-9

Band 46

Abschlussbericht Projekt CEMUWA - Climate protection, natural resources management and soil improvement by combined Energetic and Material Utilization of lignocellulosic agricultural Wastes and residues
Projektbericht, erschienen im Oktober 2014, ISBN 978-3-86009-413-6

Band 47

8. Rostocker Baggergutseminar, 24.-25. September 2014 in Rostock
Tagungsband, erschienen im September 2014, ISBN 978-3-86009-414-3

Band 48

Michael Kuhn

Mengen- und Trockenrückstand von Rechengut kommunaler Kläranlagen
Dissertation, erschienen im Oktober 2014 ISBN 978-3-86009-415-0

Band 49

9. Rostocker Abwassertagung, Infrastruktur- und Energiemanagement – ein Geschwisterpaar der Wasserwirtschaft 12. November 2014 in Rostock
Tagungsband, erschienen im November 2014, ISBN 978-3-86009-416-7

Band 50

Mulugeta Azeze Belete

Modeling and Analysis of Lake Tana Sub Basin Water Resources Systems, Ethiopia
Dissertation, erschienen im Dezember 2014 ISBN 978-3-86009-422-8

Band 51

Daniela Dressler

Einfluss regionaler und standortspezifischer Faktoren auf die Allgemeingültigkeit ökologischer und primärenergetischer Bewertungen von Biogas

Dissertation, erschienen im Oktober 2014 ISBN 978-3-86009-424-2

Band 52

9. Rostocker Bioenergieforum, 18.-19. Juni 2015 in Rostock

Tagungsband, erschienen im November 2014, ISBN 978-3-86009-425-9

Band 53

Nils Engler

Spurenelementkonzentrationen und biologische Aktivität in NaWaRo-Biogasfermentern

Dissertation, erschienen im September 2015 ISBN 978-3-86009-427-3

Band 54

Thomas Schmidt

Möglichkeiten der Effizienzsteigerung bei der anaeroben Vergärung von Weizenschlempe

Dissertation, erschienen im Oktober 2015 ISBN 978-3-86009-428-0

Band 55

Thomas Dorn

Principles, Opportunities and Risks associated with the transfer of environmental technology between Germany and China using the example of thermal waste disposal

Dissertation, erschienen im Dezember 2015 ISBN 978-3-86009-429-7

Band 56

Uwe Holzhammer

Biogas in einer zukünftigen Energieversorgungsstruktur mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien

Dissertation, erschienen im Dezember 2015 ISBN 978-3-86009-430-3

Band 57

17. DIALOG Abfallwirtschaft MV. Aktuelle Entwicklungen in der Abfall- und Ressourcenwirtschaft, 15. Juni 2016 in Rostock,

Tagungsband, erschienen im Juni 2016, ISBN 978-3-86009-432-7

Band 58

10. Rostocker Bioenergieforum, 16.-17. Juni 2016 in Rostock

Tagungsband, erschienen im Juni 2016, ISBN 978-3-86009-433-4

Band 59

Michael Friedrich

Adaptation of growth kinetics and degradation potential of organic material in activated sludge

Dissertation, erschienen im Juli 2016 ISBN 978-3-86009-434-1

Band 60

Nico Schulte

Entwicklung von Qualitätsprüfungen für die haushaltsnahe Abfallsammlung im Holsystem

Dissertation, erschienen im Juli 2016 ISBN 978-3-86009-435-8

Band 61

Ullrich Dettmann

Improving the determination of soil hydraulic properties of pea

Dissertation, erschienen im September 2016 ISBN 978-3-86009-436-5

Band 62

Anja Schreiber

Membranbasiertes Verfahren zur weitergehenden Vergärung

lagen

Dissertation, erschienen im Oktober 2016 ISBN 978-3-86009-446-4

Band 63

André Körte

Entwicklung eines selbstgängigen statischen Verfahrens zur biologischen Stabilisierung und Verwertung organikreicher Abfälle unter extrem ariden Bedingungen für Entwicklungs- und Schwellenländer, am Beispiel der Stadt Teheran

Dissertation, erschienen im Oktober 2016 ISBN 978-3-86009-447-1

Band 64

Ayman Elnaas

Actual situation and approach for municipal solid waste treatment in the Arab region

Dissertation, erschienen im Oktober 2016 ISBN 978-3-86009-448-8

Band 65

10. Rostocker Abwassertagung, Wege und Werkzeuge für eine zukunftsfähige Wasserwirtschaft im norddeutschen Tie land, 8. November 2016 in Rostock

Tagungsband, erschienen im November 2016, ISBN 978-3-86009-449-5

Band 66

Gunter Weißbach

Mikrowellen-assistierte V

Dissertation, erschienen im November 2016 ISBN 978-3-86009-450-1

Band 67

Leandro Janke

Optimization of anaerobic digestion of sugarcane waste for biogas production in Brazil

Dissertation, erschienen im Mai 2017 ISBN 978-3-86009-454-9

Band 68

11. Rostocker Bioenergieforum, 22.-23. Juni 2017 in Rostock

Tagungsband, erschienen im Juni 2017, ISBN 978-3-86009-455-6

Band 69

Claudia Demmig

Ein uss des Erntezeitpunktes auf die anaerobe Abbaukinetik der Gerüstsubstanzen im Biogasprozess

Dissertation, erschienen im Juli 2017, ISBN 9978-3-86009-456-3

Band 70

Christian Koepke

Die Ermittlung charakteristischer Bodenkennwerte der Torfe und Mudden Mecklenburg-Vorpommerns als Eingangsparameter für erdstatische Berechnungen nach Eurocode 7 / DIN 1054

Dissertation, erschienen im Juni 2017, ISBN 978-3-86009-457-0

Band 71

Sven-Henning Schlömp

Geotechnische Untersuchung und Bewertung bautechnischer Eignung von Müllverbrennungsschlacken und deren Gemischen mit Böden

Dissertation, erschienen im Juni 2017, ISBN 978-3-86009-458-7

Band 72

Anne-Katrin Große

Baggergut im Deichbau – Ein Beitrag zur geotechnischen Charakterisierung und Erosionsbeschreibung feinkörniger, organischer Sedimente aus dem Ostseeraum zur Einschätzung der Anwendbarkeit
Dissertation, erschienen im Juni 2017, ISBN 978-3-86009-459-4

Band 73

Thomas Knauer

Steigerung der Gesamteffizienz von Biogasanlagen durch thermische Optimierung
Dissertation, erschienen im Juli 2017, ISBN 978-3-86009-460-0

Band 74

Mathhar Bdour

Electrical power generation from residual biomass by combustion in external fired gas turbines (EFGT)
Dissertation, erschienen im August 2017, ISBN 978-3-86009-468-6

Band 75

Johannes Dahlin

Vermarktungsstrategien und Konsumentenpräferenzen für Dünger und Erden aus organischen Reststoffen der Biogasproduktion
Dissertation, erschienen im September 2017, ISBN 978-3-86009-469-3

Band 76

Sören Weinrich

Praxisnahe Modellierung von Biogasanlagen
Systematische Vereinfachung des Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1)
Dissertation, erschienen im März 2018, ISBN 978-3-86009-471-6

Band 77

18. DIALOG Abfallwirtschaft MV. Aktuelle Entwicklungen in der Abfall- und Ressourcenwirtschaft
Tagungsband, erschienen im Juni 2018, ISBN 978-3-86009-472-3

Band 78

12. Rostocker Bioenergieforum

Tagungsband, erschienen im Juni 2018, ISBN 978-3-86009-473-0

Band 79

Tatyana Koegst

Screening approaches for decision support in drinking water supply

Dissertation, erschienen im Juni 2018, ISBN 978-3-86009-474-7

Band 80

Liane Müller

Optimierung des anaeroben Abbaus stickstoffhaltiger Verbindungen durch den Einsatz von Proteasen

Dissertation, erschienen im September 2018, ISBN 978-3-86009-475-4

Band 81

Projektbericht Wasserwirtschaft

KOGGE – **K**ommunale **G**ewässer **G**emeinschaftlich **E**ntwickeln

Ein Handlungskonzept für kleine urbane Gewässer am Beispiel

der Hanse- und Universitätsstadt Rostock

Projektbericht, erschienen im September 2018, ISBN 978-3-86009-476-1

Band 82

Adam Feher

Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit von Mikronährstoffen für den Biogasprozess

Dissertation, erschienen im Oktober 2018, ISBN 978-3-86009-477-8

Band 83

Constanze Utho

Pyrolyse von naturfaserverstärkten Kunststoffen zur Herstellung eines

kohlenstoffhaltigen Füllstoffs für Thermoplasten

Dissertation, erschienen im November 2018, ISBN 978-3-86009-478-5

Band 84

Ingo Kaundinya

Prüfverfahren zur Abschätzung der Langzeitbeständigkeit von Kunststoffdichtungsbahnen

aus PVC-P für den Einsatz in Dichtungssystemen von Straßentunneln

Dissertation, erschienen im Dezember 2018, ISBN 978-3-86009-484-6

Band 85

Eric Mauky

A model-based control concept for a demand-driven biogas production

Dissertation, erschienen im Januar 2019, ISBN 978-3-86009-485-3

Band 86

Michael Kröger

Thermochemical Utilization of Algae with Focus on hydrothermal Processes

Dissertation, erschienen im Februar 2019, ISBN 978-3-86009-486-0

Band 87

13. Rostocker Bioenergieforum

Tagungsband, erschienen im Juni 2019, ISBN 978-3-86009-487-7

Band 88

12. Rostocker Abwassertagung

Tagungsband, erschienen im September 2019, ISBN 978-3-86009-488-4

Band 89

Philipp Stahn

Wasser- und Nährstoffhaushalt von Böden unter Mischkulturen und Trockenstress

Dissertation, erschienen im Juli 2019, ISBN 978-3-86009-489-1

Band 90

BioBind: Luftgestützte Beseitigung von Verunreinigungen durch Öl mit biogenen Bindern

Projektbericht, erschienen im September 2019, ISBN 978-3-86009-490-7

Band 91

Jürgen Müller

Die forsthydrologische Forschung im Nordostdeutschen Tiefland: Veranlassung, Methoden, Ergebnisse und Perspektiven

Habilitation, erschienen im Oktober 2019, ISBN 978-3-86009-491-4

Band 92

Marcus Siewert

Bewertung der Ölhavarievorsorge im deutschen Seegebiet auf Grundlage limitierender Randbedingungen – Ein Beitrag zur Verbesserung des Vorsorgestatus

Dissertation, erschienen im November 2019, ISBN 978-3-86009-492-1

Band 93

Camilo Andrés Wilches Tamayo

Technical optimization of biogas plants to deliver demand oriented power

Dissertation, erschienen im Februar 2020, ISBN 978-3-86009-493-8

Band 94

Robert Kopf

Technisches Benchmarking mit Standortqualifikationsstudie biochemischer Energieanlagenprojekte
(Beispiel Biogas)

Dissertation, erschienen im Februar 2020, ISBN 978-3-86009-494-5

Band 95

14. Rostocker Bioenergieforum und 19. DIALOG Abfallwirtschaft MV

Tagungsband, erschienen im Juni 2020, ISBN 978-3-86009-507-2

DOI: https://doi.org/10.18453/rosdok_id00002650

Band 96

Safwat Hemidat

Feasibility Assessment of Waste Management and Treatment in Jordan

Dissertation, erschienen im Juli 2020, ISBN 978-3-86009-509-6

Band 97

Andreas Heiko Metzging

Verdichtung von ungebundenen Pasterdecken und Plattenbelägen - Untersuchungen zur
Lagerungsdichte des Fugenmaterials

Dissertation, erschienen im Juli 2020, ISBN 978-3-86009-510-2

DOI: https://doi.org/10.18453/rosdok_id00002742

Band 98

Ying Zhou

Research on Utilization of Hydrochars Obtained by the Organic Components of Municipal Solid Waste

Dissertation, erschienen im November 2020, ISBN 978-3-86009-515-7

Band 99

Mathias Gießler

Ein prozessbasiertes Modell zur wirtschaftlich-technischen Abbildung von Abwasserunternehmen –
Beispielhafte Anwendung für eine ländliche Region mit Bevölkerungsrückgang

Dissertation, erschienen im November 2020, ISBN 978-3-86009-516-4

DOI: https://doi.org/10.18453/rosdok_id00002790

Band 100

Dodiek Ika Candra

Development of a Virtual Power Plant based on a Flexible Biogas Plant and a Photovoltaic-System

Dissertation, erschienen im Dezember 2020, ISBN 978-3-86009-518-8

DOI: https://doi.org/10.18453/rosdok_id00002814

Band 101

Thomas Zeng

Prediction and reduction of bottom ash slagging during small-scale combustion of biogenic residues

Dissertation, erschienen im Dezember 2020, ISBN 978-3-86009-519-5

Band 102

Edward Antwi

Pathways to sustainable bioenergy production from cocoa and cashew residues from Ghana

Dissertation, erschienen im Dezember 2020, ISBN 978-3-86009-520-1

DOI: https://doi.org/10.18453/rosdok_id00002818

Band 103

Muhammad Waseem

Integrated Hydrological and Mass Balance Assessment in a German Lowland Catchment with a
Coupled Hydrologic and Hydraulic Modelling

Dissertation, erschienen im Januar 2021, ISBN 978-3-86009-521-8

DOI: https://doi.org/10.18453/rosdok_id00002884

Band 104

Martin Rinas

Sediment Transport in Pressure Pipes

Dissertation, erschienen im März 2021, ISBN 978-3-86009-538-6

DOI https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003915

Band 105

15. Rostocker Bioenergieforum

Tagungsband, erschienen im Juni 2021, ISBN 978-3-86009-524-9

DOI https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003024

Band 106

Jan Sprafke

Potenziale der biologischen Behandlung von organischen Abfällen zur Sektorenkopplung

Dissertation, erschienen im Oktober 2021, ISBN 978-3-86009-527-0

DOI https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003118

Band 107

Mingyu Qian

The Demonstration and Adaption of the Garage - Type Dry Fermentation Technology for Municipal Solid Waste to Biogas in China

Dissertation, erschienen im Oktober 2021, ISBN 978-3-86009-528-7

Band 108

Haniyeh Jalalipour

Sustainable municipal organic waste management in Shiraz, Iran

Dissertation, erschienen im November 2021, ISBN 978-3-86009-526-3

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003116

Band 109

Michael Cramer

Umgang mit stark verschmutztem Niederschlagswasser aus Siloanlagen

Dissertation, erschienen im Dezember 2021, ISBN 978-3-86009-530-0

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003358

Band 110

16. Rostocker Bioenergieforum und 20. DIALOG Abfallwirtschaft MV

Tagungsband, erschienen im Juni 2022, ISBN 978-3-86009-535-5

DOI: https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003615

Band 111

Fachtagung Wasserwirtschaft – Gute Stadt-Land-Beziehungen für eine nachhaltige Entwicklung in MV

Tagungsband, erschienen im Juni 2022, ISBN 978-3-86009-538-6

DOI: https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003915

Band 112

Zelalem Abera Angello

Selection of Optimal Pollution Management Strategy for the Little Akaki River, Ethiopia, Based on Determination of Spatio-temporal Pollutant Dynamics and Water Quality Modeling

Dissertation, erschienen im Oktober 2022, ISBN 978-3-86009-542-3

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003948

Band 113

Qahtan Thabit

Hybrid waste Incineration – Solar Parabolic System with Thermal Energy Recovery in Sea water Desalination in MENA Region

Dissertation, im Druck, ISBN 978-3-86009-545-4

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00004181

Band 114

17. Rostocker Bioenergieforum

Tagungsband, erschienen im Juni 2023, ISBN 978-3-86009-547-8

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00004269

Band 115

Megersa Kebede Leta

Modeling Optimal Operation of Nashe. Hydropower Reservoir under LandUse Land Cover Changes in blue Nile River Basin, Ethiopia

Dissertation, ISBN 978-3-86009-548-5

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00004427