



GEWÄSSERBEZOGENE

REGENWASSERSTUDIE – BORNBACH

Projektbericht Gewässer- und Hochwasserschutz Nr. 04/2022

Studie zur emissions- und immissionsbezogenen Bewertung der hydraulischen und stofflichen Belastungen durch Einleitungen in den Bornbach



LSBG
Landesbetrieb Straßen,
Brücken und Gewässer
Hamburg



Hamburg

Fachbehörde:

Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft

Amt für Umweltschutz

Wasserwirtschaft

Neuenfelder Straße 19

21109 Hamburg

Fachdienststelle:

Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG)

Geschäftsbereich Gewässer und Hochwasserschutz

Fachbereich Hydrologie und Wasserwirtschaft – G1

Sachsenfeld 3 – 5

20097 Hamburg

© LSBG Hamburg 2022

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Prüfung und Genehmigung des LSBG ist es nicht gestattet, diesen dienstlichen Bericht oder Teile daraus zu veröffentlichen.

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Veranlassung | 5 |
| 2 | Beschreibung des Untersuchungsgebiets Bornbach | 7 |
| 2.1 | Gewässerbeschreibung | 8 |
| 2.2 | Ökologisches Potenzial und chemischer Zustand | 10 |
| 2.3 | Gewässerkundliche Kennwerte..... | 11 |
| 2.4 | Sieleinzugsgebiete und Einleitungen in den Bornbach | 11 |
| 2.4.1 | Einleitungen von Sieleinzugsgebieten..... | 11 |
| 2.4.2 | Einleitungen von weiteren versiegelten Flächen..... | 13 |
| 2.5 | Hochwasserrückhaltebecken und Regenrückhaltebecken | 15 |
| 2.6 | Überschwemmungsgebiete, Schutzgebiete | 21 |
| 3 | Hydrologischer und stofflicher Nachweis: Methodik | 24 |
| 3.1 | Berechnung des hydrologischen Nachweises | 25 |
| 3.1.1 | Emissionsseitige hydrologische Berechnungen | 25 |
| 3.1.2 | Immissionsseitige hydrologische Berechnungen | 26 |
| 3.2 | Berechnung des stofflichen Nachweises | 27 |
| 3.2.1 | Emissionsseitige stoffliche Berechnungen | 27 |
| 3.2.2 | Immissionsseitige stoffliche Berechnungen | 31 |
| 4 | Hydrologischer und stofflicher Nachweis: Ergebnisse | 37 |
| 4.1 | Ergebnisse des hydrologischen Nachweises..... | 37 |
| 4.1.1 | Emissionsseitige hydrologische Ergebnisse | 37 |
| 4.1.2 | Immissionsseitige hydrologische Ergebnisse | 41 |
| 4.2 | Ergebnisse des stofflichen Nachweises | 44 |
| 4.2.1 | Emissionsseitige stoffliche Ergebnisse..... | 44 |
| 4.2.2 | Immissionsseitige stoffliche Ergebnisse | 49 |
| 5 | Defizitanalyse und Priorisierung | 59 |
| 5.1 | Defizitanalyse..... | 59 |
| 5.2 | Priorisierung | 60 |
| 6 | Darstellung grundlegender Maßnahmen | 63 |
| 6.1 | Handlungsschwerpunkte und Überprüfung des Maßnahmenbedarfs..... | 63 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6.2 | Maßnahmenkonzeption | 66 |
| 6.2.1 | Retention und Reinigung in den Sieleinzugsgebieten | 66 |
| 6.2.2 | Maßnahmen zur Sauerstoffanreicherung | 68 |
| 6.2.3 | Weitere Lösungen | 69 |
| 6.3 | Standorte für zentrale Reinigungsmaßnahmen im Einzugsgebiet | 69 |
| 6.4 | Berechnungsgrundlagen-und Annahmen | 71 |
| 6.5 | Maßnahmenvorschläge..... | 73 |
| 6.5.1 | Maßnahme Diekmoor (Standort D)..... | 74 |
| 6.5.2 | Besonderheiten..... | 81 |
| 6.5.3 | Ausgeschlossene Standorte | 83 |
| 6.6 | Weiteres Vorgehen | 84 |
| 7 | Zusammenfassung und Ausblick..... | 85 |
| 7.1 | Zusammenfassung | 85 |
| 7.2 | Ausblick | 92 |
| 8 | Literatur | 94 |
| 9 | Anhänge..... | 96 |
| 10 | Aufstellungsvermerk..... | 97 |

1 Veranlassung

Sieleinleitungen führen oftmals zu hydraulischem Stress und einer stofflichen Belastung in dem betroffenen Gewässer. In urbanen Gebieten stammt das eingeleitete Regenwasser überwiegend von Verkehrsflächen, Parkplätzen und aus Wohngebieten. Menge und Inhaltsstoffe der Niederschläge, sowie der hohe Anteil an Siedlungsabflüssen, sind in Hamburg aus ökologischer Sicht gegenwärtig für einen signifikanten Anteil der Gewässerbelastungen verantwortlich. So produzieren allein Verkehr und Straße rd. 1 kg/Einwohner Mikroplastik pro Jahr (Unice et al., 2019), um nur einen Stoff zu benennen.

Niederschlagseinleitungen müssen deshalb gem. der Zielvorgaben der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) bzw. des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) untersucht und bewertet werden. Im Rahmen dieser übergeordneten gesetzlichen Grundlage verfolgt der vorliegende Projektbericht folgende konkrete Ziele:

1. Die *emissionsseitige* Untersuchung betrachtet den Pfad des Eintrags von Regenwasser und Frachten im Einzugsgebiet, während der Fokus der *immissionsseitigen* Bewertung auf den Prozessen im Gewässer liegt. Am Beispiel des Bornbachs werden die emissionsseitigen Berechnungen durch die Immissionsanforderungen ergänzt. Durch diese methodische Lückenschließung wird eine integrierte Betrachtung des Gewässers bezogen auf das Niederschlagswasser und seiner Belastungswirkung ermöglicht.
2. Für den immissionsseitigen Nachweis wird eine methodische Entwicklung von einem generalisierten, vereinfachten Verfahren zu einer differenzierten und gewässerbezogenen Betrachtung (differenziertes oder detailliertes Verfahren) durchgeführt (DWA & BWK, 2021). Diese Entwicklung erfolgt über die Niederschlag-Abfluss Modellierung mit einer Transportkomponente (N-A Transportmodell).
3. Schließlich werden der Handlungsbedarf und verschiedene Maßnahmenoptionen für eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung auf Basis der Berechnungsergebnisse, einer Priorisierung von Standorten und Untersuchung von Konfliktpotenzialen abgeleitet. Es wird eine Entscheidungsgrundlage für die kurz- bis mittelfristige Konkretisierung entsprechender Maßnahmen entwickelt.

Im Fokus stehen vor allem die potenziellen durch Regenwassereinleitungen bedingten *hydrologischen* und *stofflichen* Gewässerbeeinträchtigungen.

Bei der Durchführung der Regenwasserstudie finden die in den Regelwerken DWA-A 102-2 (Arbeitsblatt) (DWA & BWK, 2020) und DWA-M 102-3 (DWA & BWK, 2021) (Merkblatt) (DWA & BWK, 2021) dargestellten Grundsätze Berücksichtigung.

Mit Kontrakt vom 14.12.2022 haben sich die BUKEA und der LSBG hinsichtlich der Durchführung der in diesem Bericht genannten Aufgaben abgestimmt. Der Projektbericht erläutert die in Abb. 1 dargestellte Vorgehensweise im Detail und dokumentiert die Ergebnisse für den Bornbach.

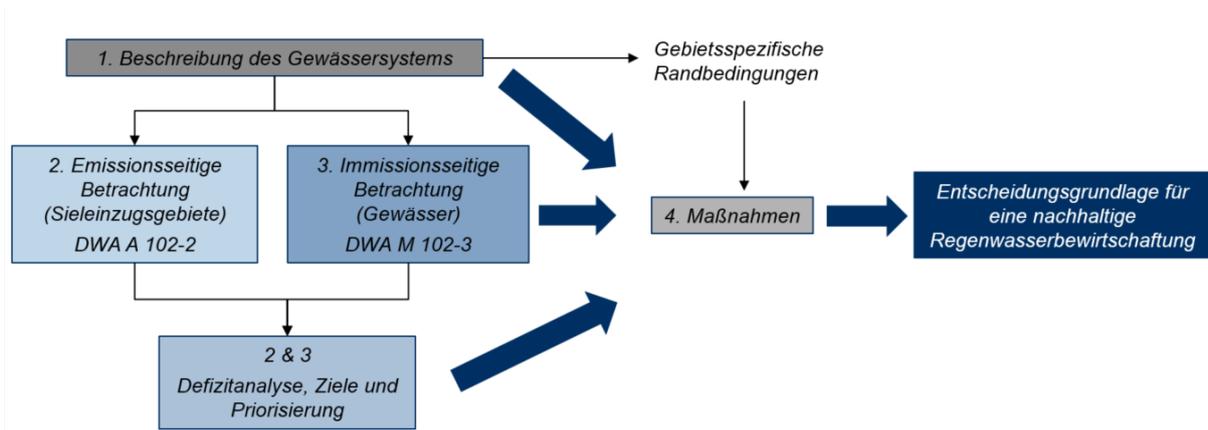


Abb. 1: Projektablaufschema

2 Beschreibung des Untersuchungsgebiets Bornbach

Der Bornbach entspringt im Norden Hamburgs an der Landesgrenze zu Schleswig-Holstein und durchfließt den Stadtteil Langenhorn (Abb. 2). Nach 5,8 km Fließlänge und 17,56 Höhenmetern (Quelle: 30,46 m NHN, Mündung: 12,90 m NHN – mittleres Fließgefälle von 3×10^{-3} m/m) mündet er in die Tarpenbek bzw. das Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Krohnstieg. Sein schmales oberflächiges Einzugsgebiet (EZG) wurde auf Basis eines digitalen Geländemodells (DGM1, 2020) abgegrenzt und erstreckt sich über eine Fläche von 7,59 km², wobei 1,34 km² im schleswig-holsteinischen Teil (SH) nördlich des Wegs „Am Ochsenzoll“ liegen. Gem. (FHH, 1984) beträgt die EZG-Größe des Bornbachs 7,51 km² mit 1,34 km² in SH – diese geringfügige Abweichung ist bei einer Fortführung des Flächenverzeichnisses zu berücksichtigen).

Im weiteren Verlauf fließen noch der Pannsgraben (360 m lang), die Tweeltenbek (465 m lang) und der Diekmoorgraben (165 m lang) in den Bornbach. Diese Gewässer werden ebenfalls in ihrer Wirkweise berücksichtigt.

Der Bornbach ist gemäß der EG-WRRRL als erheblich veränderter Wasserkörper ausgewiesen. Niederschlagsabflüsse aus den umliegenden Siedlungs- und Verkehrsflächen werden eingeleitet, was zu einer entsprechenden hydrologischen und stofflichen Belastung des Gewässers führt.

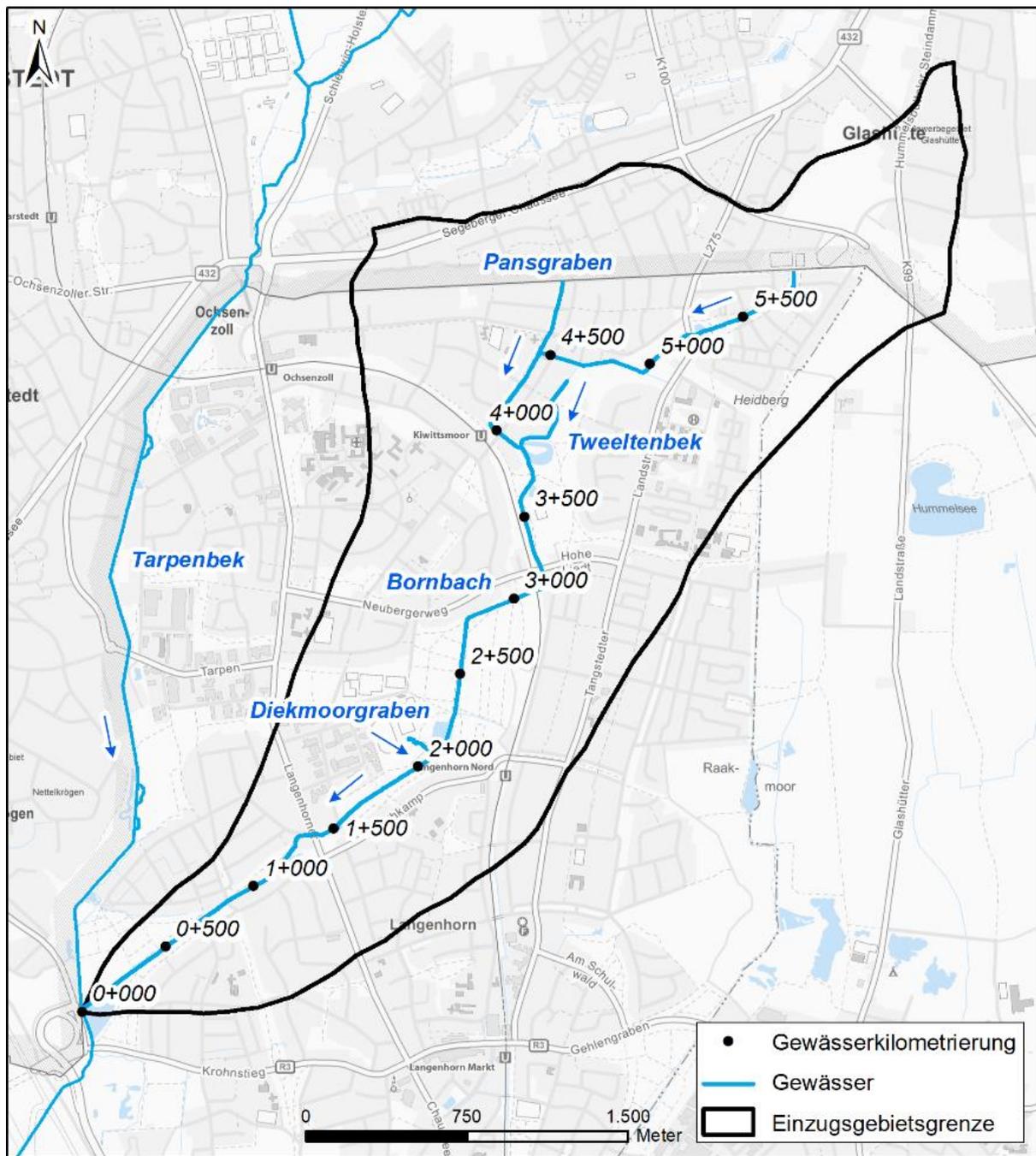


Abb. 2: Übersichtskarte des Bornbachs

2.1 Gewässerbeschreibung

Eine ausführliche Gewässerbeschreibung (auf Basis von Ortsbegehungen im Herbst 2021) ist Anhang A zu entnehmen. Dieses Kapitel fasst die Gewässerbeschreibung zusammen und liefert einen Eindruck über den Zustand des Bornbachs und der Gewässerstruktur.

Folgende Merkmale des Bornbachs werden festgehalten:

1. Tief eingeschnittener Gewässerverlauf mit steilen Böschungen und geringem Sohlgefälle
2. Lange, gerade Gewässerstrecken
3. Teilweise Abschnitte mit Gewässerrenaturierung, gekennzeichnet durch leichte Mäander, flache Böschungen, starken Bewuchs, aber dennoch größtenteils geringe Fließdynamik (Abb. 4)
4. Hindernisse bei der Durchgängigkeit, z.B. Tangstedter Straße, Stockflethweg und Hochwasserrückhaltebecken (HRB) (Abb. 3)
5. Insgesamt 26 Bauwerke (Brücken, Durchlässe und Auslaufbauwerke von HRB)
6. Häufige Rückstaubereiche bei einem flachen Sohlgefälle
7. Abschnittsweise künstliche Uferbefestigungen
8. z.T. trockene Gewässerabschnitte zwischen Regenereignissen
9. > 50 Gewässereinleitungen und einmündende Gräben



Abb. 3: tief eingeschnittener Gewässerquerschnitt und Querbauwerk mit Einengung des Gewässerquerschnitts



Abb. 4: Renaturierter Abschnitt im Unterlauf des Pegels Grellkamp

Eine Einsichtnahme in das Wasserbuch gemäß § 87 WHG und ein Abgleich mit den Wasserrechten wurde nicht durchgeführt.

2.2 Ökologisches Potenzial und chemischer Zustand

Gemäß Einschätzung des Pflege- und Entwicklungsplan (PEP) (2011) ist der gute ökologische Zustand am Bornbach im Ist-Zustand *nicht* erreicht. Grundlage einer Einstufung bildet die Oberflächengewässerverordnung (OGewV), welche allgemeine Regelungen zur Bestandsaufnahme, Zustands- und Potenzialeinstufung in ökologischer und chemischer Hinsicht sowie zu Überwachung und Darstellung der Befunde enthält.

Aus *biologischer* Sicht weicht das Leitbild der Tarpenbek im Bereich der Mündung des Bornbachs stark von den anderen Abschnitten der Tarpenbek ab. Von der Tarpenbek können ggf. die Fischarten Gründling, Rotaugen, Flussbarsch, Aal, Hasel und Hecht in den Bornbach einwandern. Allerdings wird der potenzielle Austausch zwischen dem artenreicheren Gewässerabschnitt der Tarpenbek unterhalb der Einmündung des Bornbachs als erschwert betrachtet, u.a. durch die lange Verrohrung unterhalb des Flughafengeländes und den Sohlenabsturz im Auslasswehr des Rückhaltebeckens Krohnstieg.

Des Weiteren bietet der Bornbach selbst nur eine geringe Durchwanderbarkeit. Grund hierfür ist die Vielzahl an Querbauwerken und die geringe Wassertiefe bei Niedrigwasser in einigen Abschnitten des Bornbachs. Mangelnde wertgebende Strukturen und Sandfrachten werden als Gründe für die Verbreitung wirbelloser Fauna im Bornbach genannt (Bezirksamt Hamburg Nord, 2011). Nennenswerte Makrophytenbestände sind nur im Unterlauf vorhanden.

Aus *chemischer* Sicht wurde für den Bornbach auf Basis von Einzelproben ein Saprobien-Indexwert von 2,28-2,62 ermittelt (Bezirksamt Hamburg Nord, 2011), was gemäß der Grenzwerte für den Fließgewässertyp 14 (sandgeprägte Tieflandwasser) als „mäßiger“, chemischer Zustand gilt. Als Gründe für die Einstufung wurden unter anderem die teilweise erhöhten Stoffkonzentrationen genannt.

Auch die *hydromorphologische* Qualitätskomponente trägt nicht maßgeblich zur Erreichung eines guten ökologischen Potenzials bei. Der naturferne Zustand wird im PEP durch ein überdimensioniertes, breites und tief eingeschnittenes Regelprofil begründet, sowie die fehlende Durchgängigkeit durch Querbauwerke und Rückhaltebecken, das flache Gefälle, den Abbau von abschnittsweise vorhandenem Sohlgefälle durch Absturzbauwerke, die Vielzahl an Einleitungen sowie die in den meisten Abschnitten fehlenden besondere Sohlstrukturen wie Totholz, Kiesschwellen, und Kolke.

Eine Überschreitung der Qualitätskomponenten der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV, 2016) kann mangels verfügbarer Messdaten nicht ermittelt werden.

Bei den Ortsbegehungen wurde an einigen Stellen am Bornbach (beispielsweise im Bereich des HRB Kiwittdamm) eine auf starke Verockerung zurückzuführende Färbung des Sediments beobachtet. Die Verockerung gibt Hinweis auf gelöstes Eisen, welches für Fische und Wirbellose schädlich ist (Edmund Siemers-Stiftung, 2006)

2.3 Gewässerkundliche Kennwerte

Die Bemessungsabflüsse des Bornbachs werden mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell (N-A-Modell) auf Basis der Zeitreihe 1998-2018 ermittelt (LSBG, 2022). Es wurden folgende, für die stofflichen und hydraulischen Immissionsbetrachtungen (Kapitel 3 und 4) relevanten Abflusskennwerte berechnet:

Tab. 1: Gewässerkundliche Kennwerte

| Lage | Bemessungsabfluss [m ³ /s] | | | |
|---|---------------------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | MNQ 1998/2018 | MQ 1998/2018 | HQ ₁ 1998/2018 | HQ ₂ 1998/2018 |
| Oberlauf km 5+800 | 4,0 x 10 ⁻⁴ | 7,0 x 10 ⁻³ | 0,26 | 0,39 |
| Einmündung in die Tarpenbek (km 0+000) | 5,0 x 10 ⁻³ | 9,7 x 10 ⁻² | 1,74 | 2,06 |

2.4 Sieleinzugsgebiete und Einleitungen in den Bornbach

2.4.1 Einleitungen von Sieleinzugsgebieten

Ein Einzugsgebiet gem. (DIN 4049-1) wird definiert als ein Gebiet, aus dem Wasser an einem bestimmten Ort zufließt. Nach DIN-4045 handelt es sich um ein in der Horizontalprojektion gemessenes Gebiet, aus dem Wasser oder Abwasser zu einem bestimmten Ort zufließt. Demnach handelt es sich beim Einzugsgebiet des Bornbachs um die Summe der in Abb. 5 dargestellten schwarz gestrichelten (natürliches Einzugsgebiet) und rosa eingefärbten Flächen (Sieleinzugsgebiete).

Innerhalb dieses Einzugsgebiets des Bornbachs befinden sich gebührenpflichtige Flächen von 343,4 ha (davon 143,1 ha oder 42% befestigte Flächen (Hamburg Wasser, 2021)). Diese sind auf sogenannte 29 Sieleinzugsgebiete (SEZG) verteilt (Abb. 5) und werden von Hamburg Wasser mit der Kodierung 5662 + Kennzahl versehen. Das südliche Regeneinzugsgebiet 56630003 mündet in das HRB Krohnstieg und wurde dem EZG der Tarpenbek (5663) zugeordnet.

Die SEZG 56620016, 56620017, 56620019, 56620020 und 56620029 leiten allesamt in seitliche Gräben ein, welcher nach einer jeweils kurzen Strecke (< 300 m) in den Bornbach münden.

Im Einzugsgebiet des Bornbachs sind keine Pumpen vorhanden. Es handelt sich um ein Trennsystem. Aus diesem Grund sind auch keine Regenwasserentlastungen im Einzugsgebiet des Bornbachs vorzufinden.

Die Einleitungen werden in Abb. 5 und Tab. 2 aufgeführt.

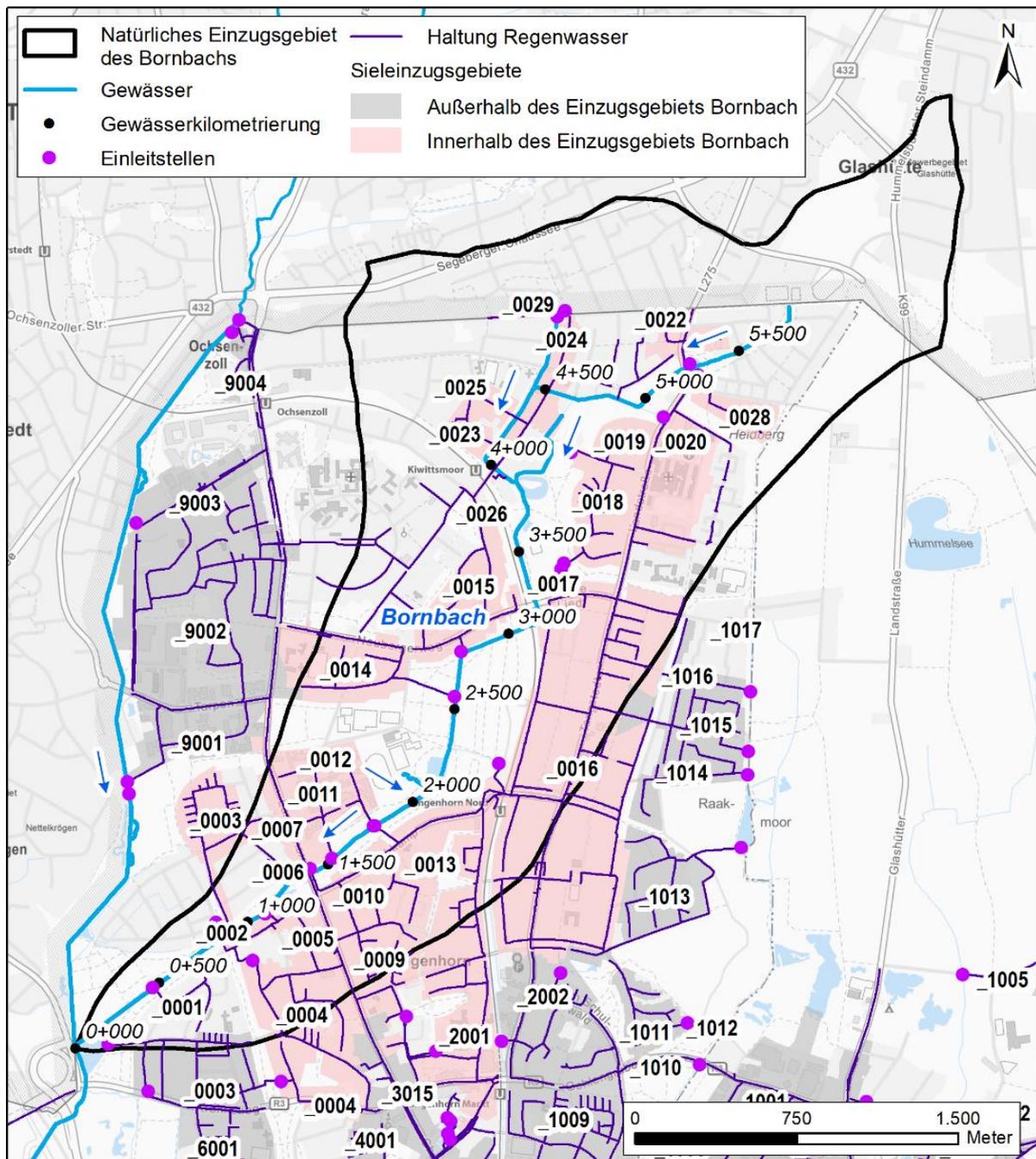


Abb. 5: Sieleinzugsgebiete und Einleitungen in den Bornbach

Tab. 2: Einleitungen in den Bornbach

| Gewässerkilometrierung [km] | Seite | Einzugsgebiet |
|-----------------------------|--------|---------------|
| 5+270 | links | 56620028 |
| 5+250 | rechts | 56620022 |
| 4+950 | links | 56620020 |
| 4+855 | rechts | S_90083206 |
| 4+520 | rechts | 56620024 |
| Pannsgraben (4+460) | rechts | 56620029 |

| Gewässerkilometrierung [km] | Seite | Einzugsgebiet |
|-----------------------------|--------|---------------|
| 4+520 | links | 56620025 |
| 4+280 | rechts | 56620025 |
| 4+280 | links | 56620025 |
| 4+110 | rechts | 56620023 |
| 4+110 | links | 56620023 |
| 3+980 | rechts | 56620026 |
| 3+980 | links | 56620033 |
| 3+920 | rechts | 56620027 |
| 3+880 | links | 56620019 |
| 3+260 | links | 56620018 |
| 3+260 | links | 56620017 |
| 2+760 | rechts | 56620015 |
| 2+550 | rechts | 56620014 |
| 2+290 | links | 56620016 |
| 1+770 | rechts | 56620012 |
| 1+770 | links | 56620013 |
| 1+520 | rechts | 56620011 |
| 1+410 | links | 56620010 |
| 1+390 | rechts | 56620007 |
| 1+390 | links | 56620009 |
| 1+270 | rechts | 56620006 |
| 1+080 | links | 56620005 |
| 0+900 | rechts | 56620003 |
| 0+840 | links | 56620002 |
| 0+840 | links | 56620004 |
| 0+450 | links | 56620001 |

2.4.2 Einleitungen von weiteren versiegelten Flächen

Im EZG des Bornbachs sind befestigte Teilflächen vorhanden, bei denen die Entwässerung in den Bornbach und Nebengewässer nicht über Siele erfolgt. Es ist davon auszugehen, dass bei diesen Flächen eine (Teil-)Versickerung auf den Grundstücken selbst stattfindet oder die Entwässerung über weitere Einleitungen erfolgt.

Diese Teilflächen werden in diesem Projekt als *FHH00001-Gebiete* bezeichnet (Hamburg Wasser, 2021) und werden bei den stofflichen Berechnungen (Kapitel 3.2) näher erläutert. Die Entwässerung dieser Gebiete erfolgt über wild abfließendes Oberflächenwasser, oftmals mit einer kurzen Verrohrung kurz vor Einleitung in den Bornbach.

Bei einer Ortsbegehung (Herbst 2021) wurden zusätzlich zu den in Kapitel 2.4.1 aufgeführten Einleitungen 26 weitere Einleitstellen identifiziert (Abb. 6):

- Im Oberlauf zweigen Verrohrungen von den Straßengräben ab und leiten Niederschlagswasser in den Bornbach ein (Einleitstellen 1-6).

- Entlang des Wohngebiets nördlich des Stockflethwegs werden mehrere Einleitstellen erfasst (7,8 und 10). Zudem mündet ein Entwässerungsgraben linksseitig in den Bornbach (Einleitstelle 9).
- Unterstromig der Mündung des Pannsgrabens wird, vermutlich vom Grundstück der Schule Stockflethweg, Niederschlagswasser in den Bornbach eingeleitet (Einleitstelle 11).
- Die Tweeltenbek nimmt nicht nur das Regenwasser des Einzugsgebietes 56620018 (Abb. 5) auf, sondern auch das Neubaugebiet entlang der Tweeltenbek entwässert in dieses Nebengewässer des Bornbachs. Die Einleitung in das Regenrückhaltebecken Kiwitte Moor wird als separater Auslass in Abb. 6 markiert (Einleitung 13).
- Parallel zum Schwimmbad befindet sich linksseitig eine Einleitung in den Bornbach (14). Das Naturbad selbst hat einen Auslass in einen Graben (15), der dann wiederum, nach Aufnahme von zusätzlichem Niederschlagswasser, in den Bornbach nördlich der Straße Hohe Liedt in den Bornbach mündet (16).
- Direkt unterhalb der Überquerung Hohe Liedt münden beidseitig Einleitungen in den Bornbach.
- Im weiteren Verlauf münden Entwässerungsgräben aus den Schrebergärten durch eine kurze Verrohrung an der Böschung des Bornbachs (19-21). Weiter unterstromig entwässert linksseitig ein offener Graben in den Hauptlauf (22). Es folgt eine weitere Einleitung an der Schrebergartenanlage (23).
- Der Diekmoorgraben mündet über eine kurze Verrohrung unterhalb des Auslaufbauwerks des Rückhaltebeckens Diekmoor in den Bornbach.
- Weiter im Unterlauf sind zwei Einleitungen rechtsseitig in den Bornbach vorzufinden (25 und 26). Diese entwässern vermutlich Teile des dortigen Wohngebietes, welches aber größtenteils von der Topographie her Richtung Tarpenbek entwässert.

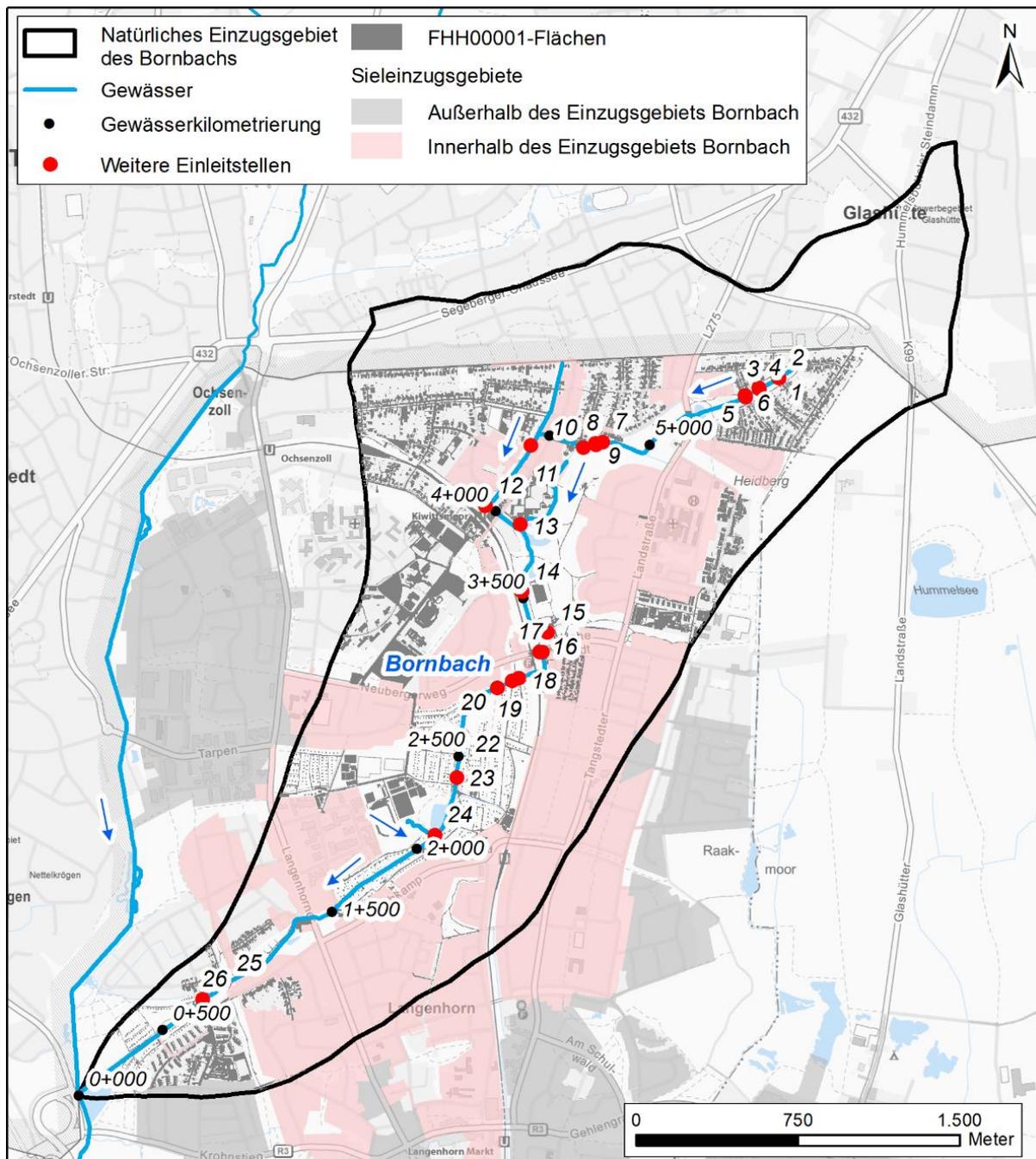


Abb. 6: Weitere Einleitstellen in den Bornbach

2.5 Hochwasserrückhaltebecken und Regenrückhaltebecken

Im Bornbach (Gewässer) befinden sich vier Hochwasserrückhaltebecken (HRB). Im Nebenschluss/Einzugsgebiet des Bornbachs sind zwei Regenrückhaltebecken (RRB) vorzufinden. Das HRB Kronstiege befindet sich am Zusammenfluss der Tarpenbek und des Bornbachs. Weitere Regenwasserbehandlungsanlagen sind nicht vorhanden.

Eine Übersicht der vorhandenen RRB (Abb. 7) ist Tab. 3 zu entnehmen. Zusätzlich werden die Rückhaltebecken anhand eines Lageplans und einer Fotodokumentation (Ortsbegehungen im Oktober 2021) in diesem Kapitel dargestellt (siehe folgende Abbildungen).

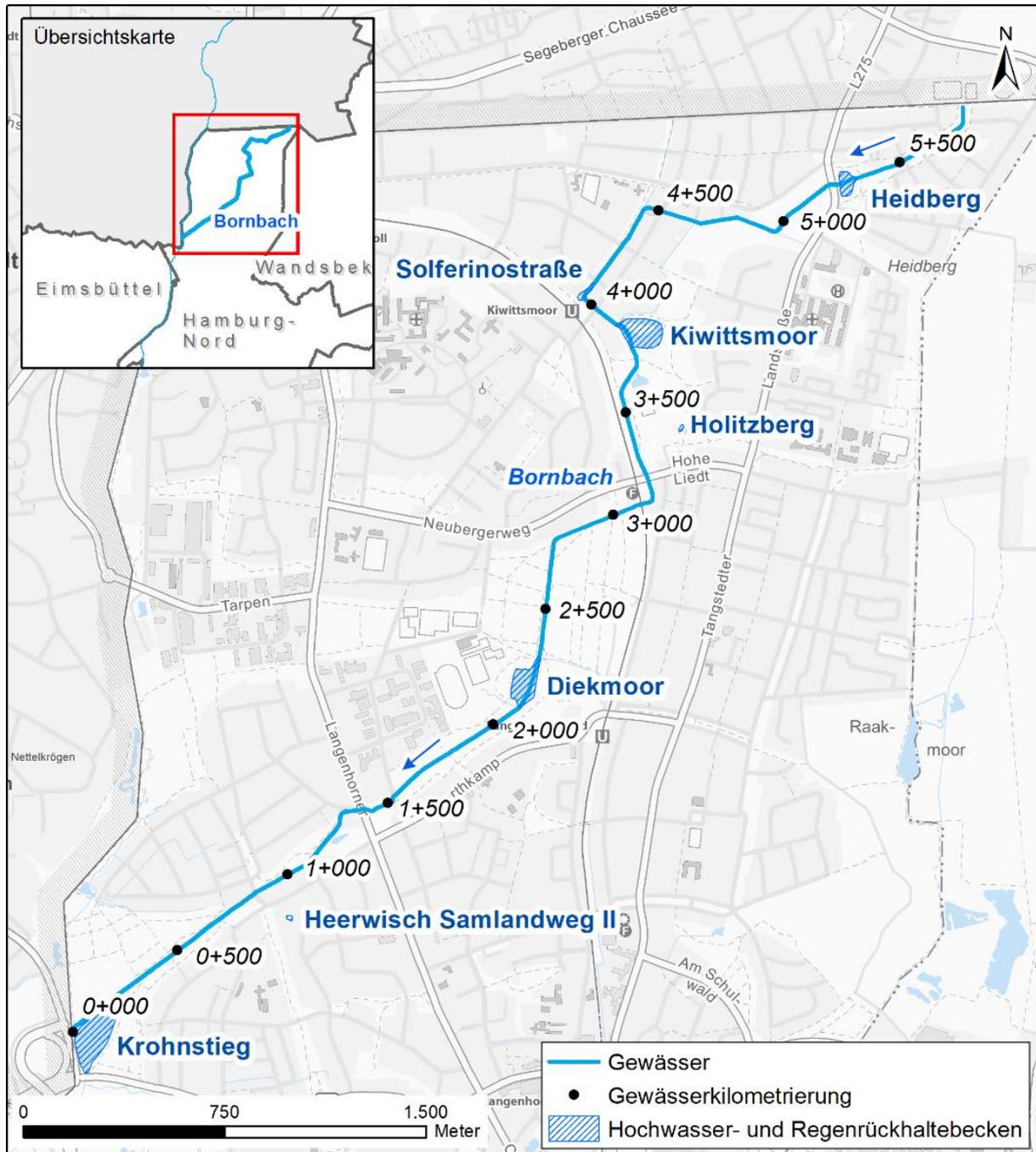


Abb. 7: Lage der HRB und RRB im Einzugsgebiet des Bornbachs

Tab. 3: Rückhaltebecken im Einzugsgebiet des Bornbachs

| Bezeichnung | Krohnstieg | Kiwittsmoor | Diekmoor | Solferinostraße | Heidberg | Heerwisch Samlandweg II | Holtzberg |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|--------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| Typ | HRB | HRB | HRB | HRB | HRB | RRB | RRB |
| Besonderheit | Vom Bornbach hydraulisch entkoppelt | 56620019 mündet über einen Seitengraben und die Tweeltenbek in das HRB; Insel im Teich | | - | - | - | - |
| Baujahr | 1978 | 1960 | - | - | - | 1922 | 1958 |
| Einmündende Siedeleinzugsgebiete | 56630003 | -0027, -0019 | -0016 | -0023 | -0022, 0028 | -0004 | -0018 |
| Maximales Volumen [m ³] | 57487 | 24858 | 14803 | 2995 | 11067 | 2000 | 1155 |
| Wasseroberfläche [m ²] | 20975 | 10778 | 11185 | 732 | 4094 | 521 | 401 |
| Drosselement | Nein | Nein | Nein | Nein | Nein | Ja (DN300) | Ja (DN300) |
| Eigentümer, Betreiber | BA Hamburg-Nord | BA Hamburg-Nord | LIG | BA Hamburg-Nord | BA Hamburg-Nord | HSE | HSE |
| Typ | Durchflossen | Durchflossen | Durchflossen | Durchflossen | Durchflossen | Nebenschluss, trocken | Nebenschluss, trocken |
| Geschütztes Biotop | Nein | Nein | Teilweise | Nein | Nein | Vollständig | Nein |
| Wirkungsgrad AFS63 [%] | 47,5 | 40 | 40 | 24 | 40 | 40 | 40 |
| Wirkungsgrad BSB ₅ [%] | 38 | 32 | 32 | 19,2 | 32 | 32 | 32 |
| Maximales Stauziel [m NHN] | 14,13 | 20,34 | 18,67 | 21,46 | 27,82 | - | - |
| Verfügbare Staulamelle [m] | 1,09 | 0,40 | 0,64 | 1,52 | 0,14 | - | - |
| Abbildung | Abb. 8 | Abb. 9 | Abb. 10 | Abb. 11 | Abb. 12 | Abb. 13 | Abb. 14 |

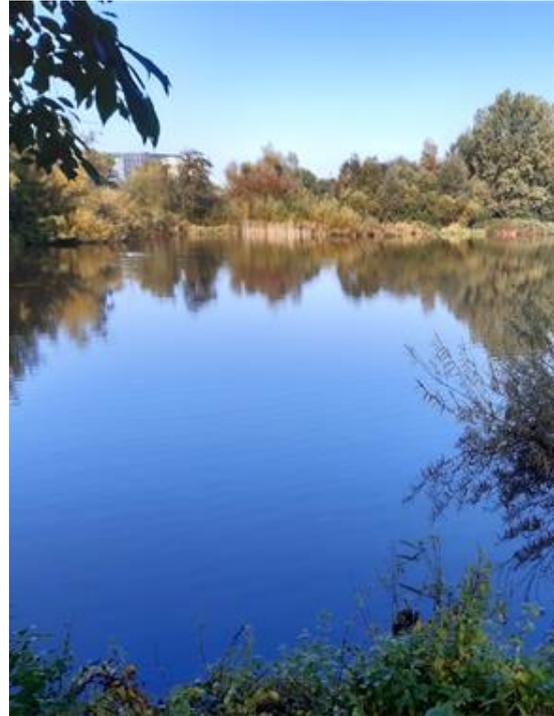
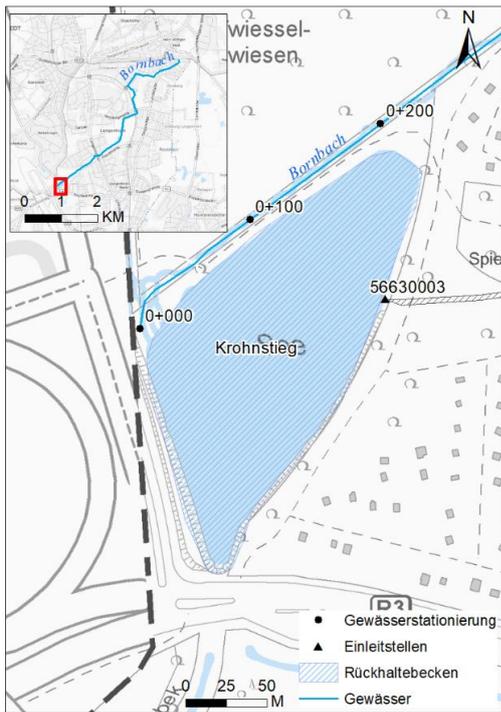


Abb. 8: HRB Krohnstieg – Lageplan (links) und Foto mit Blick Richtung Nordwesten (rechts)

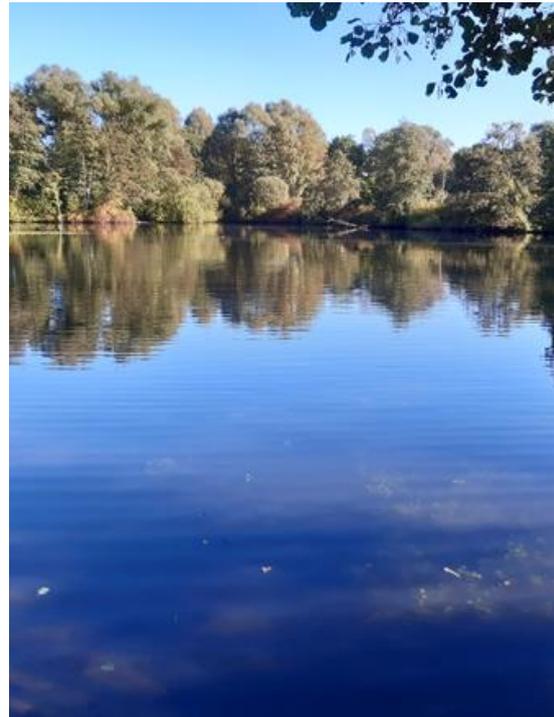
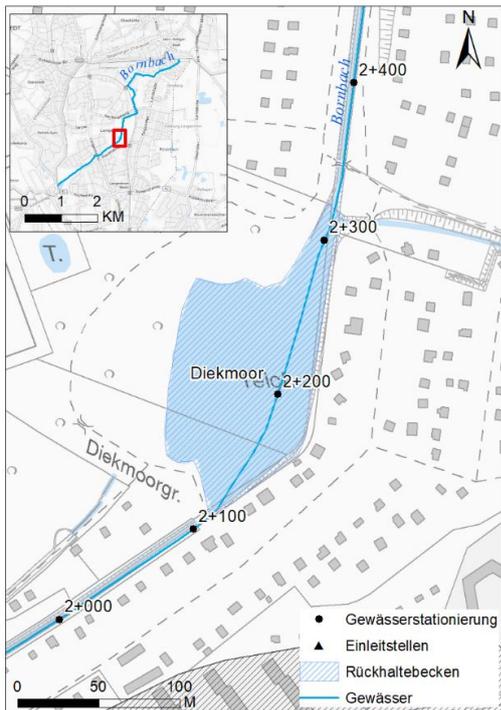


Abb. 9: HRB Diekmoor – Lageplan (links) und Foto mit Blick Richtung Nordwesten (rechts)

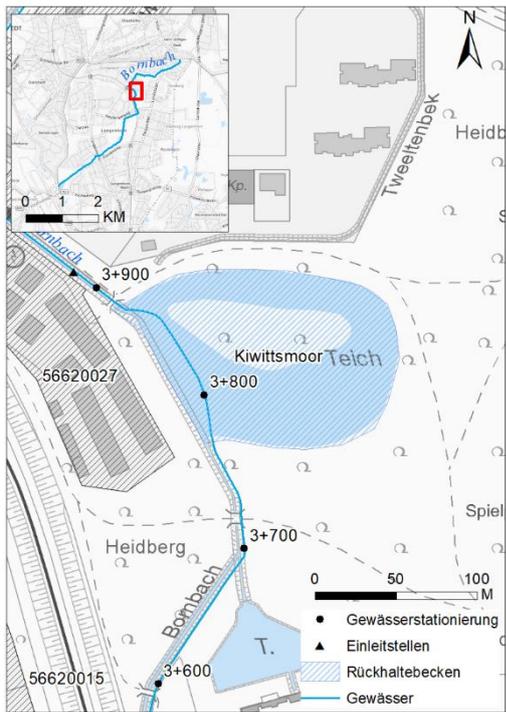


Abb. 10: HRB Kiwitteemoor – Lageplan (links) und Foto mit Blick Richtung Süden (rechts)

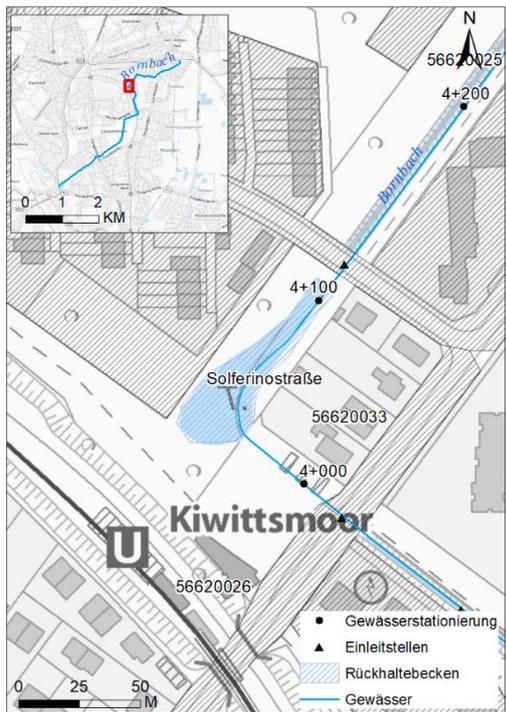


Abb. 11: HRB Solferinostraße – Lageplan (links) und Foto mit Blick Richtung Osten (rechts)

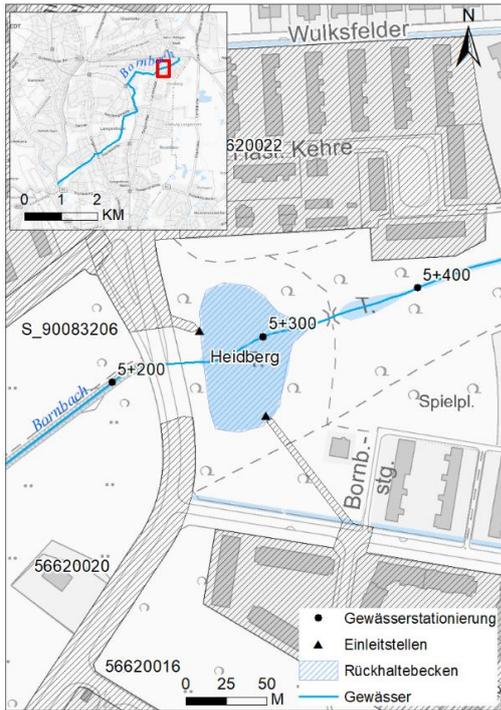


Abb. 12: HRB Heidberg – Lageplan (links) und Foto mit Blick Richtung Westen (rechts)

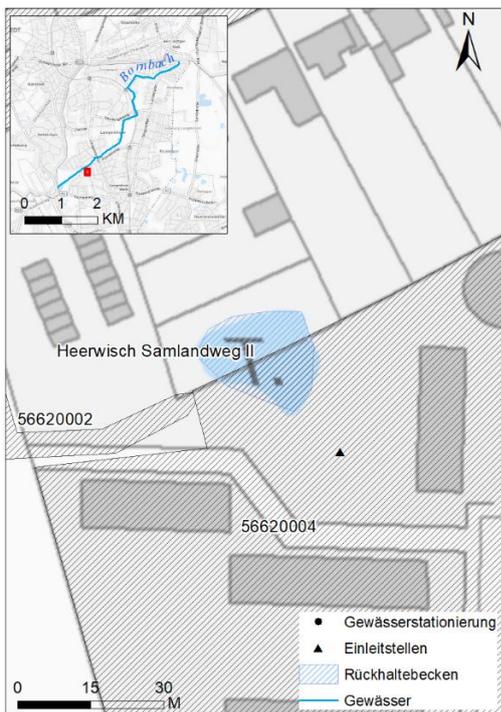


Abb. 13: Regenrückhaltebecken im Nebenschluss Heerwisch Samlandweg II – Lageplan (links) und Foto mit Blick Richtung Nordosten (rechts)

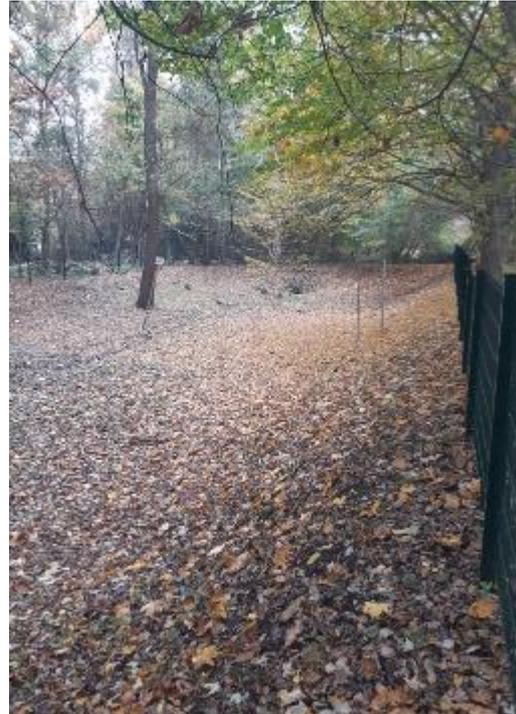
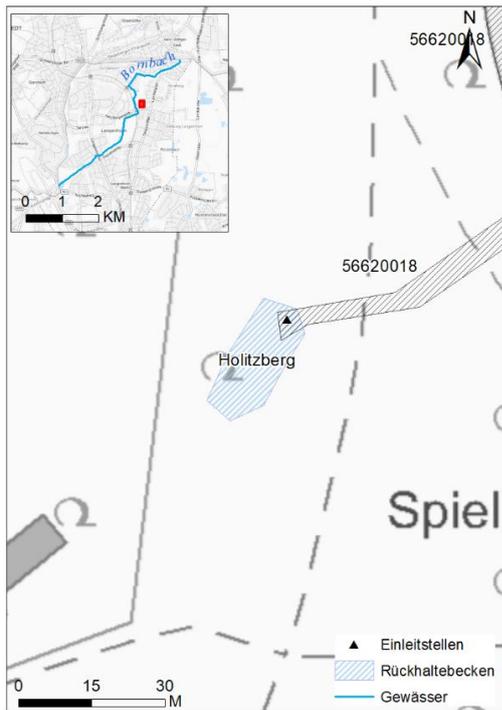


Abb. 14: Regenrückhaltebecken im Nebenschluss Holzberg – Lageplan (links) und Foto mit Blick Richtung Norden (rechts)

2.6 Überschwemmungsgebiete, Schutzgebiete

Für den Bornbach ist kein gesondertes Überschwemmungsgebiet nach § 76 WHG ausgewiesen. Der Unterlauf des Bornbachs ist aber bis zum Gewässerkilometer 0+550 durch das Überschwemmungsgebiet der Tarpenbek rückstaubehaftet, was zu flächigen Ausuferungen in diesem Bereich führt.

Es sind keine Flora-Fauna-Habitat-Gebiete (FFH-Gebiete), Vogelschutzgebiete, Naturschutzgebiete – und Denkmäler im Einzugsgebiet des Bornbachs vorhanden. Allerdings befinden sich am Bornbach Landschaftsschutzgebiete (LSG) und Ausgleichsflächen (Abb. 15). Zudem sind vereinzelt Biotope vorhanden (Abb. 16).

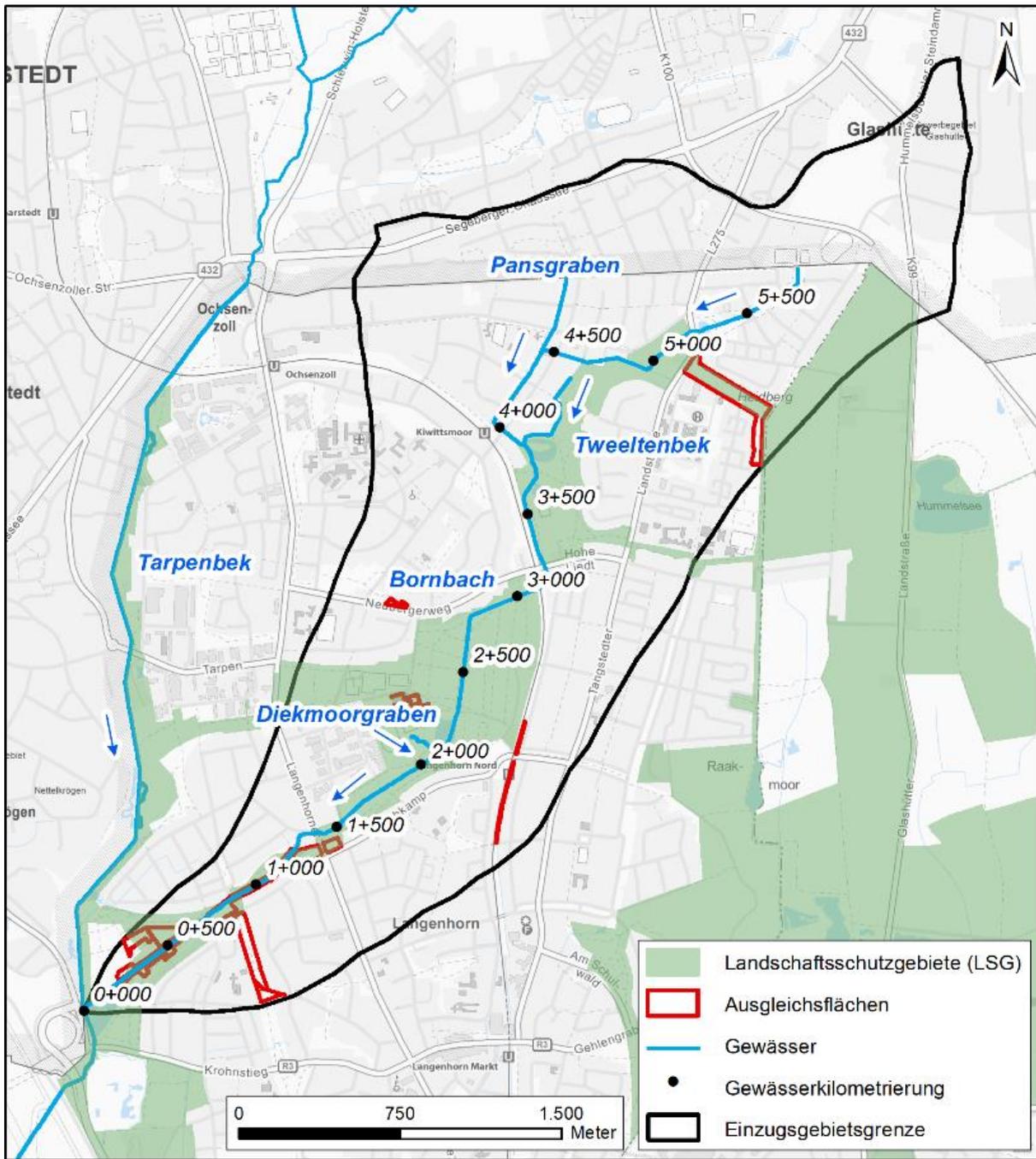


Abb. 15: Landschaftsschutzgebiete und Ausgleichsflächen im EZG Bornbach

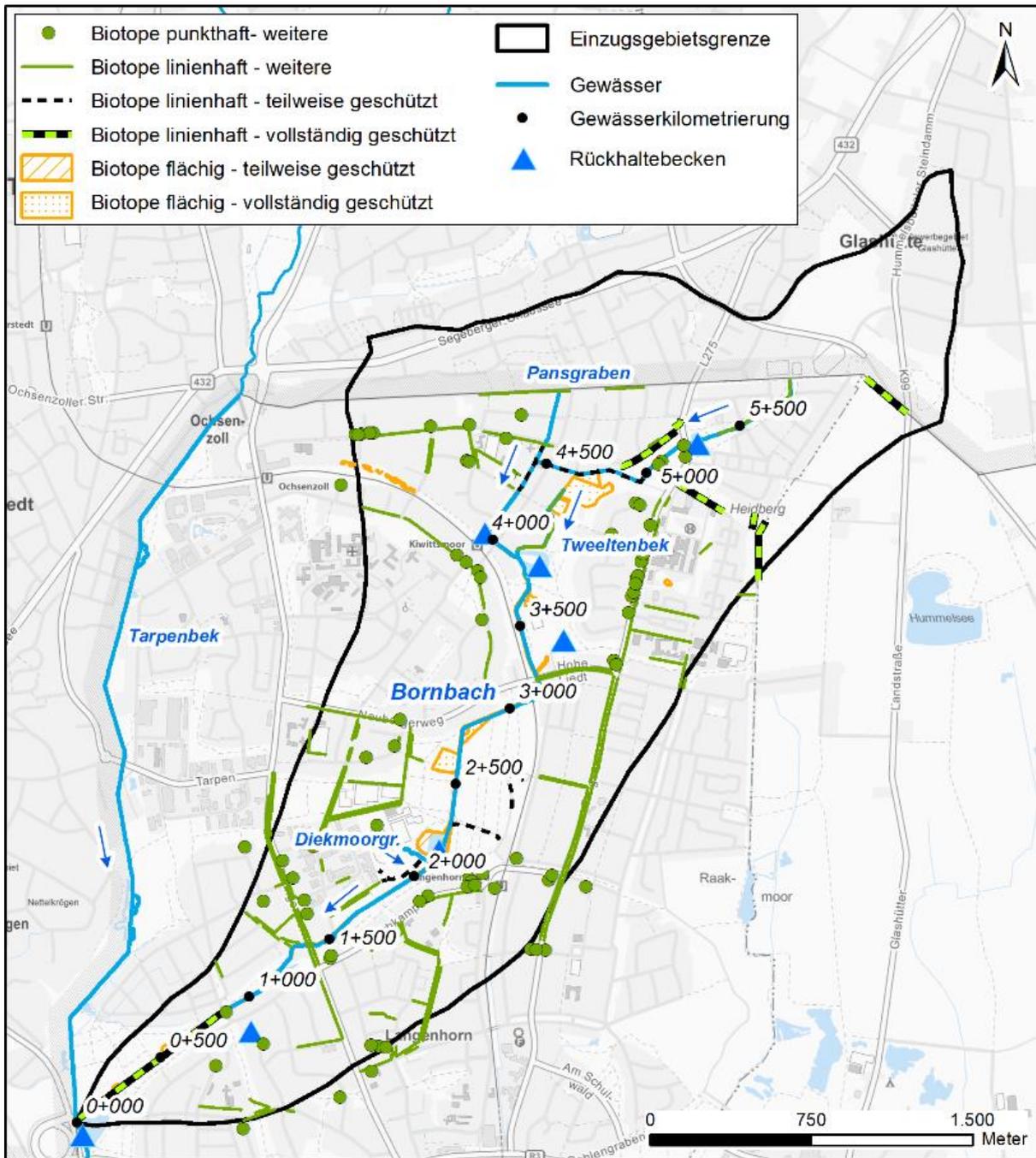


Abb. 16: Biotopkartierung Hamburg

3 Hydrologischer und stofflicher Nachweis: Methodik

Die Nachweise der hydrologischen und stofflichen Belastung werden mit zwei unterschiedlichen, sich ggf. ergänzenden Ansätzen durchgeführt:

- 1.) Bei der *emissionsseitigen* Betrachtung gem. DWA-A 102-2/BWK-A-3-2 (DWA & BWK, 2020) werden die Abflussmengen und Frachten je Sieleinzugsgebiet berechnet und den maximal zulässigen Abflussmengen und Frachten gegenüber gestellt.
- 2.) Bei der *immissionsseitigen* Betrachtung gem. DWA-M 102-3/BWK-M-3-3 (DWA & BWK, 2021) wird beim hydrologischen Nachweis ein Vergleich zu einem potenziell naturnahen Zustand bei Hochwasser durchgeführt. Beim stofflichen Nachweis wird überprüft, ob bestimmte Konzentrationen von abfiltrierbaren Stoffen nicht überschritten und Sauerstoffkonzentrationen nicht unterschritten werden. Aufgrund der Komplexität des immissionsseitigen Nachweises ist der Einsatz geeigneter Modelle erforderlich.

Die Nachweise erfolgen vereinfacht oder detailliert. Die vereinfachte Nachweisführung ist zulässig, wenn die Ergebnisse der Relevanzprüfung kritischer Gewässerbelastungen durch Einleitungen von Regenwasserabflüssen nicht auszuschließen ist. Der detaillierte Nachweis ist dringend erforderlich, wenn Maßnahmen zum Schutz der Gewässergüte umzusetzen sind.

Der vereinfachte Nachweis stellt einschlägige Kennwerte in einer Gleichung zusammen. Der detaillierte Nachweis erfordert den Einsatz eines N-A-Transportmodells, das der LSBG vorhält (LSBG, 2022).

Der detaillierte rechnerische Nachweis für die Immissionsbetrachtung wurde mit dem N-A-Transportmodell (DIN 4049-1) „Hydrologisches und hydraulisches Model, verknüpft mit einem Gewässergütemodell“ im Langzeitkontinuum gem. DWA-M 102-3 durchgeführt.

Dieser Modelltyp wird aufgrund seiner hervorragenden Eignung für den detaillierten Immissionsnachweis eingesetzt. Durch die Abbildung der wesentlichen Elemente des hydrologischen Kreislaufes ist es möglich, eine geschlossene Wasserbilanz zu simulieren. Für das Projekt wurde ein konzeptionelles, deterministisches Niederschlag-Abfluss-Transportmodell (N-A Transportmodell) mit der Software NASIM 5.3 eingesetzt. Die einzelnen Komponenten des Wasserkreislaufes werden durch mathematische Übertragungsfunktionen beschrieben, die sich aus physikalischen Prozessen ableiten. Neben Niederschlag sind für das Modell Klimadaten, Bodendaten, die Landnutzung, digitale Geländehöhen und gewässergeometrische Informationen relevant (Hydrotec, 2018). Der Vorteil konzeptioneller Modelle ist, dass sie bei ausreichender Genauigkeit in der Abbildung physikalischer Prozesse als einfach zu kalibrieren gelten, da die Modellstruktur verhältnismäßig einfach ist. Sowohl die Simulation von Varianten als auch die Ergebnisausgabe auf der Ebene von Teileinzugsgebieten ist möglich (Sitterson et al., 2017).

Das Modell wurde um eine hydrodynamische Komponente (Berechnung von Wasserständen und Fließgeschwindigkeiten) im Gewässer erweitert, um auch Rückstauinflüsse simulieren zu können. Durch das „Schmutzfrachtmodul“ sind auch stoffliche Berechnungen durch er-

gänzende Modellkomponenten möglich. Das eingesetzte Modell wird im Detail in dem Bericht (LSBG, 2022) beschrieben. Die Erweiterung der stofflichen Komponenten und die spezifischen Berechnungsansätze sind den folgenden Kapiteln zu entnehmen.

Die geführten Nachweise werden in fünf Säulen aufgeteilt und sind schematisch in Abb. 17 dargestellt.

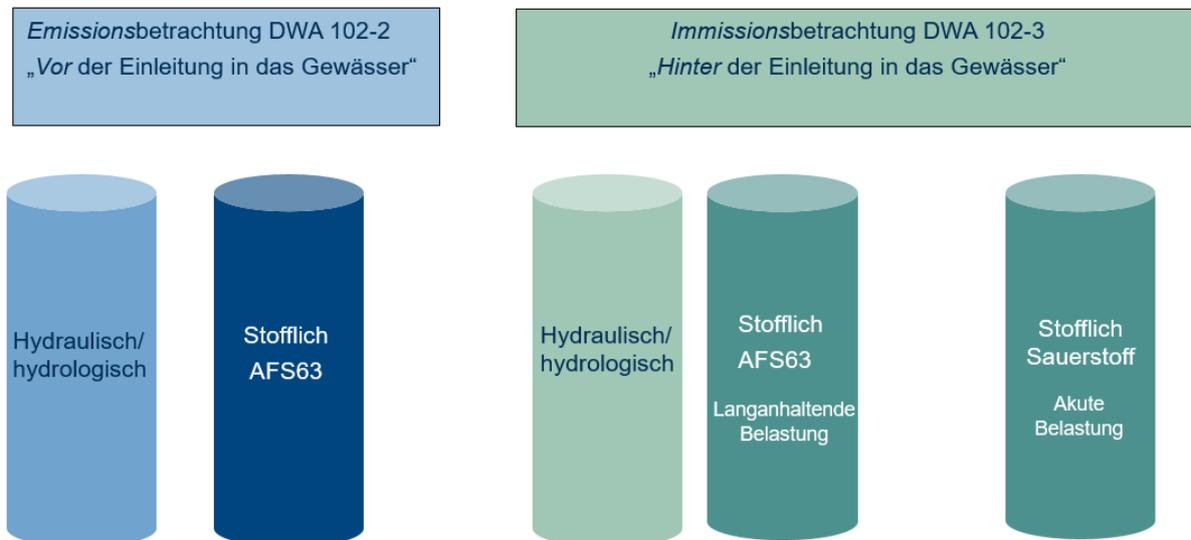


Abb. 17: Berechnungssäulen Emissions- und Immissionsbetrachtung

3.1 Berechnung des hydrologischen Nachweises

3.1.1 Emissionsseitige hydrologische Berechnungen

Für die Bewertung der emissionsseitigen hydrologischen Auswirkungen werden die unter Kapitel 2.4 aufgeführten Sieleinzugsgebiete betrachtet. Die derzeit (2022) gültigen zulässigen Abflussspenden für Regenwassereinleitungen von 10 l/(s*ha) (BUKEA, 2022 Niederschrift und mündliche Mitteilung) werden als Drosselmengen für die Berechnungen des erforderlichen Rückhaltevolumens bei einem 30-jährlichen Regenereignis gem. DWA-A 117 angesetzt.

Die Abflussbeiwerte (ψ) für befestigte Flächen werden einzugsgebietsbezogen unter Berücksichtigung der Flächentypen Dach, Gründach, Baustelle, teilversiegelt und versiegelt ermittelt und liegen zwischen 0,62 und 0,89. Die Berechnung der befestigten Flächen erfolgt anhand der Teilgebiete der Emissionspotenzialkarte (EPK) (Hamburg Wasser, 2021) und die Ergebnisse sind in Anhang B aufgeführt. Die Dauerstufen und zugehörigen Regenspenden werden anhand des KOSTRA-Atlas für ein 30 jährliches Regenereignis ermittelt und der Zuschlagsfaktor (1,1 bis 1,2) anhand des Risikomaßes festgelegt.

Die verfügbaren Retentionsvolumina für die Rückhaltebecken im Nebenschluss und im Gewässer werden ermittelt. Dieses Volumen wird bei der Berechnung des erforderlichen Volumens nur in Abzug gebracht, wenn die Regenrückhaltebecken Teil des Sieleinzugsgebiets („im Nebenschluss“) sind. Die verfügbaren Staulamellen der Hochwasserrückhaltebecken *im Gewässer* (Kapitel 2.5) werden bei der Berechnung des emissionsseitig erforderlichen Volumens zunächst nicht berücksichtigt. Der Vollständigkeit halber sind sie Anhang B zu entnehmen.

3.1.2 Immissionsseitige hydrologische Berechnungen

Beim immissionsseitigen hydrologischen Nachweis wird überprüft, ob bei der Modellberechnung im Langzeitkontinuum (Berechnungszeitraum: 20 Jahre) das einjährige Hochwasserereignis im Ist-Zustand das zweijährliche Hochwasserereignis in einem fiktiven, sogenannten „potenziell naturnahen Zustand (pnat)“ entlang der gesamten Gewässerstrecke des Bornbachs nicht überschreitet. Die Bedingung zur Einhaltung des immissionsseitigen hydrologischen Nachweises wird wie folgt formuliert:

$$HQ_{1,ist} \leq HQ_{2,pmat}$$

Das $HQ_{1,ist}$ beschreibt den maximalen Abfluss bei einem einjährigen Hochwasserereignis entlang des Bornbachs im *Ist-Zustand*. Dies ist ein Abflussereignis, welches im statistischen Mittel einmal pro Jahr auftritt.

$HQ_{2,pmat}$ beschreibt den maximalen Abfluss bei einem zweijährlichen Hochwasserereignis für einen *potenziell naturnahen Gewässerzustand*. Dies ist ein Abflussereignis, welches im statistischen Mittel bei einem potenziell naturnahen Zustand einmal alle zwei Jahre auftreten würde.

Bei der Formulierung dieser Bedingung im Merkblatt DWA M 102-3 (S.26) findet folgende Voraussetzung Berücksichtigung:

„Die grundsätzlichen Voraussetzungen für eine Wiederbesiedlung werden durch Regenwasserereinigungen nicht beeinträchtigt, wenn der Zeitpunkt zwischen einleitungsbedingten Störungen größer ist, als der Zeitraum, den die gewässertypische Lebensgemeinschaft für die Wiederbesiedlung benötigt. Dies wird erreicht, wenn die typspezifische Häufigkeit für Geschiebetrieb und Umlagerungen der biologisch besiedelten Sohlensubstrate nicht signifikant erhöht wird.“

Für die Modellberechnungen wird der Pnat dadurch definiert, dass im Einzugsgebiet keine versiegelten Flächen, und somit auch kein Kanalnetz und keine Einleitungen in den Bornbach entwässern. Des Weiteren finden im Ist-Zustand vorhandene Regen- und Hochwasserrückhaltebecken (Kapitel 2.5) bei der Berechnung des Pnat keine Berücksichtigung.

Das Modell ist für den Zustand Pnat nicht kalibrierbar, weil für diesen fiktiven Zustand am Bornbach keine Messdaten zur Verfügung stehen. Für die zusätzliche Validierung der Berechnungsergebnisse werden die Pnat-Berechnungen anhand der statistisch-empirischen Werte im DWA-M 102-3 für kleine Einzugsgebiete (DWA & BWK, 2021) und anhand der Kennwerte der Regionalisierung für kleine, ländliche und landschaftlich ähnlich geprägte Einzugsgebiete in Schleswig-Holstein verglichen.

3.2 Berechnung des stofflichen Nachweises

3.2.1 Emissionsseitige stoffliche Berechnungen

Grundlage für die emissionsseitigen stofflichen Berechnungen ist die Emissionspotenzialkarte (EPK) (Hamburg Wasser, 2021).

Die EPK berücksichtigt die Vorgehensweise des Arbeitsblatts DWA-A 102-2 bezüglich der Ableitung der stofflichen Belastung des Niederschlagsabflusses anhand der Herkunftsflächen und stoffbezogenen Zielgröße für den Leitparameter „Abfiltrierbare Stoffe < 63 µm (AFS63)“.

Folgende Eigenschaften und Randbedingungen von Hamburg Wasser werden zur Berechnung der stofflichen Fracht verwendet (Hamburg Wasser, 2021):

- 1.) Flächennutzungsschlüssel (Liegenschaftsbuch)
- 2.) Flächenversiegelungsart
- 3.) Kundenangaben zur Entwässerungsart
- 4.) Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV)
- 5.) Aktuelle Luftbilder

Im Ergebnis werden folgende Parameter berechnet:

- 1.) Befestigte Fläche [m²]
- 2.) Theoretischer jährlicher Abtrag [kg/a]
- 3.) Spezifischer jährlicher Abtrag [kg/ha·a]
- 4.) Zu reduzierende Fracht [kg/a]
- 5.) Erforderlicher Wirkungsgrad im Sieleinzugsgebiet [%]

Diese Grundlagenergebnisse werden gem. DWA-A 102-2 in folgende Kategorien eingeteilt (Tab. 4). Das Arbeitsblatt sieht vor, dass bei einer Überschreitung der Kategorie I am Einleitungspunkt eine Regenwasserbehandlung notwendig wird.

Tab. 4: Kategorien gem. DWA-A 102-2

| Kategorie | Schwellenwert für den potenziellen AFS63-Abtrag [kg/ha·a] | Übliche Landnutzung |
|-------------|---|--|
| I „gering“ | 280 | Gebäude- und Freiflächen öffentliche Zwecke und „Wohnen“, Handel- und Dienstleistungen, wenig befahrene Wohnflächen u.ä. |
| II „mäßig“ | 530 | Land- und Forstwirtschaft, Mischnutzung, Erschließungs-/Kreisstraßen, Parkplätze in Gewerbegebieten |
| III „stark“ | 760 | Verkehrsflächen mit hoher Verkehrsbelastung |

Abb. 18 sind die ermittelten Teilflächen mit ihrer entsprechenden Kategorisierung zu entnehmen. Für die grünen Flächen wird der Grenzwert von 280 kg/ha*a eingehalten. Die gelben Flächen deuten auf eine mäßige Belastung hin, die rosa Flächen auf einen starken Stoffeintrag.

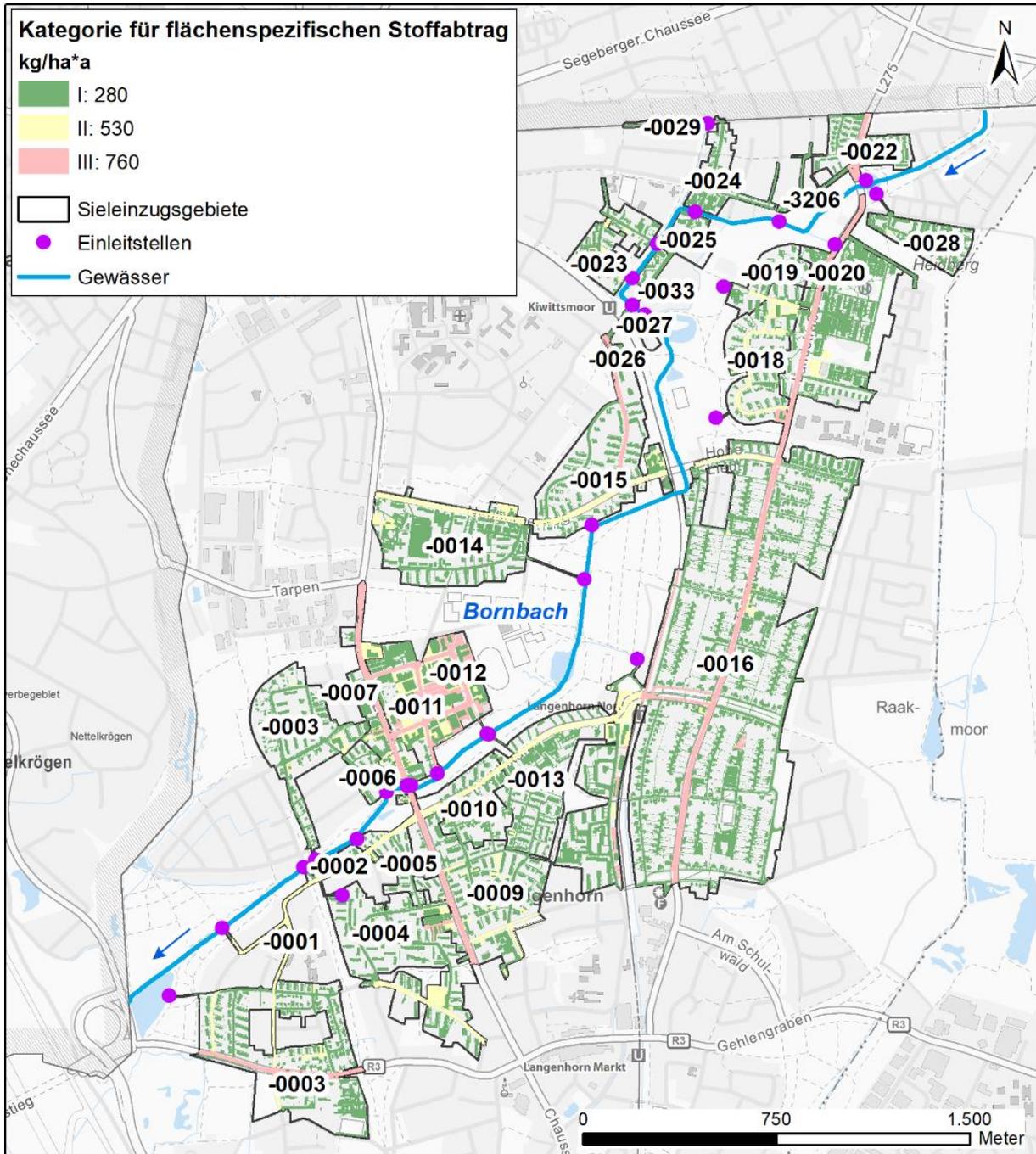


Abb. 18: Grundlage für die Berechnung der emissionsbezogenen stofflichen Frachten, Darstellung der Teilflächen

Auf dieser Grundlage wurden vom LSBG folgende Berechnungsschritte durchgeführt:

1. Berücksichtigung eines Reinigungsgrads von 10% für *Straßenflächen*. Diese Annahme beruht auf dem Ergebnis einer Pilotstudie zur Ermittlung des Wirkungsgrads der Nassschlammfilter bei Hamburger Trummen (ifs, 2020). Es wird darauf hingewiesen, dass für eine solche Reinigungswirkung mindestens ein jährliches Wartungsintervall der Trummen eingehalten wird.
2. Berücksichtigung eines Wirkungsgrads von 40% bei den Regenrückhaltebecken Hohlitzberg (Sieleinzugsgebiet 56620018) und Heerwisch Samlandweg II (Sieleinzugsgebiet 56620004) angesetzt (siehe auch Tab. 3) (ifs, 2020).
3. Aggregation der Teilflächen pro Sieleinzugsgebiet, Berechnung der absoluten Fracht unter Berücksichtigung der Berechnungsschritte 1 und 2 und Ableitung der zu reduzierenden Fracht sowie des erforderlichen Wirkungsgrads zur Erreichung des maximalen flächenspezifischen Stoffeintrags von 280 kg/ha·a.
4. Emissionsseitige stoffliche Priorisierung der Sieleinzugsgebiete anhand der folgenden Gewichtung der BUKEA:
 - a.) Zu reduzierende AFS63-Fracht im Sieleinzugsgebiet (Gewichtung 0,50)
 - b.) Zu reduzierende AFS63-Fracht für Sieleinzugsgebietsflächen, welche Straßen zugeordnet werden kann (Gewichtung 0,25)
 - c.) Durchschnittliche spezifische Fracht aller Straßen in einem Sieleinzugsgebiet (Gewichtung 0,25)

FHH00001-Flächen

Einen Sonderfall bei der emissionsseitigen stofflichen Berechnung bilden Gruppierungen von kleineren Teilflächen, welche nicht an das Sielnetz angeschlossen wurden. Dies sind sogenannte FHH00001-Flächen, bei denen Bezug auf die Grundlagenermittlung von Hamburg Wasser genommen wird. Sie sind in Abb. 19 zusammen mit den vom LSBG ermittelten natürlichen Teileinzugsgebieten dargestellt.

Die FHH00001-Flächen entwässern über Grabensysteme bzw. kurze Verrohrungen unmittelbar vor der Einleitung in den Bornbach (Kapitel 2.4.2). Die Entwässerung über Gräben führt im Vergleich zu einer kanalisierten Sielentwässerung zu einer deutlich höhere Sedimentation auf dem Weg in das Gewässer. Gem. DWA M-153 (Typ D23) wurden den Entwässerungsgräben bei der Berechnung der Frachten ein Durchgangswert von $D=0,5$ zugeordnet, d.h. nur die Hälfte der Fracht gelangt in den Bornbach und der Rest sedimentiert gem. dieses Berechnungsverfahrens in den Gräben.

Auf dieser Basis wird analog zu den Berechnungsschritten der Sieleinzugsgebiete (ohne Priorisierung) der potenziell zu reduzierende emissionsseitige Stoffeintrag ermittelt.

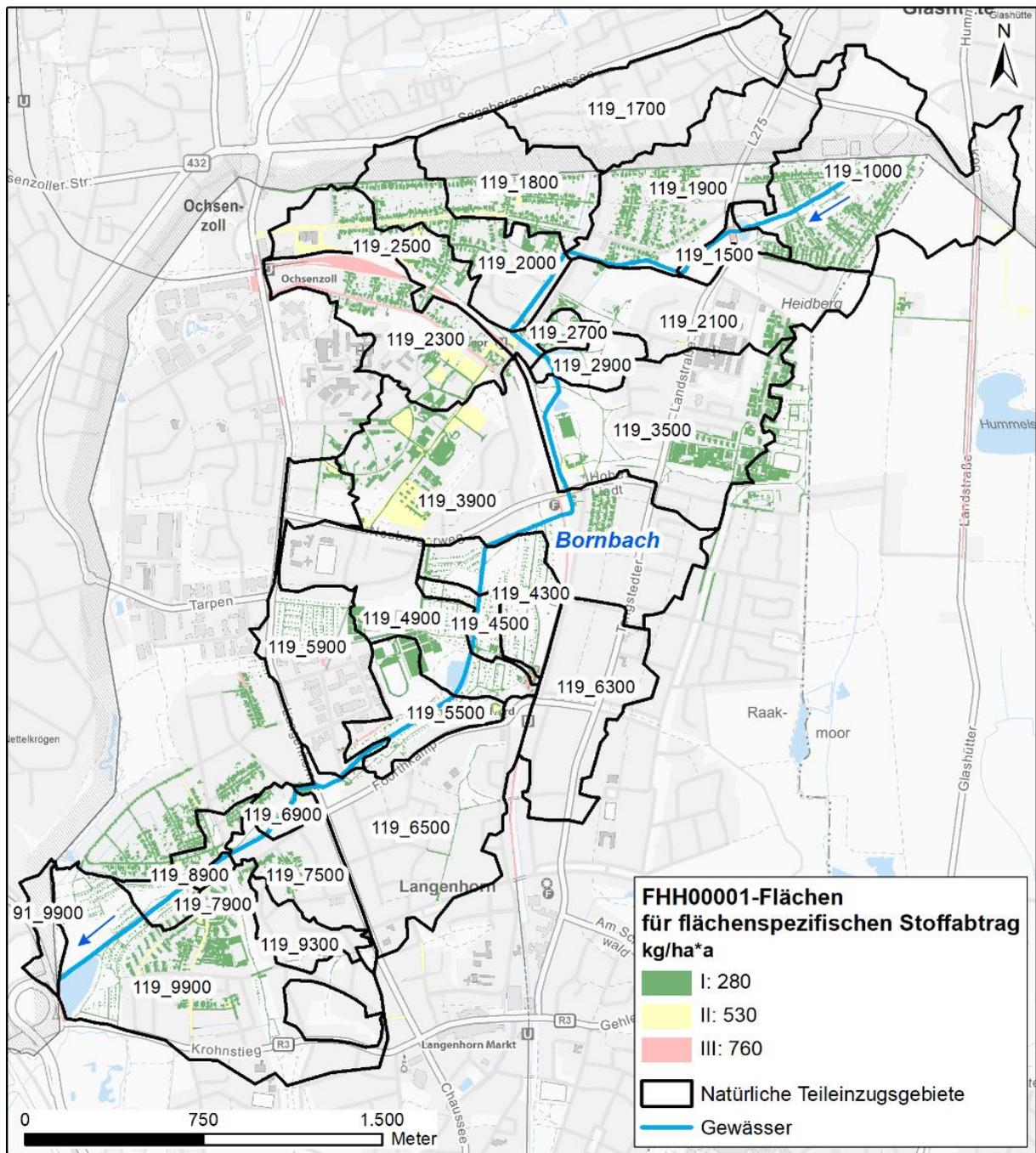


Abb. 19: FHH00001-Gebiete mit flächenspezifischen Eintrag

3.2.2 Immissionsseitige stoffliche Berechnungen

Der immissionsseitige stoffliche Nachweis unterscheidet sich grundsätzlich vom emissionsseitigen stofflichen Nachweis in folgenden Punkten:

1. Beim Immissionsnachweis werden die Einleitungen aus dem geschlossenen Einzugsgebiet bis zu einer bestimmten Einleitung betrachtet, d.h., dass im Gegensatz zum Emissionsnachweis nicht nur das Sieleinzugsgebiet an der Einleitung selbst, sondern auch alle oberliegenden Einleitungen *kumulativ* betrachtet werden.
2. Beim Immissionsnachweis wird *das gesamte Einzugsgebiet* bis zu einer bestimmten Einleitung berücksichtigt, und nicht nur die befestigten (bzw. die an das Kanalnetz angeschlossenen) Flächen wie bei der Emissionsbetrachtung.
3. Der Immissionsnachweis wird durch eine Überlagerung der Siedlungsabflüsse und des Gewässerabflusses geführt, d.h. der Wasserhaushalt des Gewässers bzw. die Abflusssituation im Gewässer findet im Gegensatz zu der Emissionsbetrachtung (wo nur die Frachten berücksichtigt werden) in der Bilanzierung Berücksichtigung.
4. Der Immissionsnachweis kann nicht unabhängig vom Emissionsnachweis geführt werden. Die Ergebnisse der Emissionsbetrachtung finden in der Immissionsbetrachtung Anwendung. Andersrum kann der Emissionsnachweis aber ohne die Ergebnisse der Immissionsbetrachtung geführt werden.

Im Merkblatt DWA M-102-3 wird unterschieden zwischen dem vereinfachten Nachweis und dem detaillierten Nachweis.



Können die Immissionsanforderungen im vereinfachten Nachweis nicht erfüllt werden, so ist gemäß Nachweisverfahren (siehe (DWA & BWK, 2021) S.34) der detaillierte Nachweis zu führen.

Vereinfachter immissionsseitiger stofflicher Nachweis für AFS63

Der vereinfachte immissionsseitige Nachweis wird durch die Überlagerung der Siedlungsabflüsse mit dem MNQ gem. der Definition nach DIN 4049 geführt. Beim vereinfachten Nachweis fallen folgende Berechnungsschritte an:

- Grundfracht = $MNQ [m^3/s] \times 15 \text{ mg/l}$
- Emissionsfracht $[kg/a] = \text{Fracht berechnet gem. DWA A-102-2}$
(siehe Kapitel 4.2.1)
- Gesamtfracht $[kg/a] = \text{Grundfracht } [kg/a] + \text{Emissionsfracht } [kg/a]$
- Gesamtabfluss $[m^3/s] = MNQ [m^3/s] + \text{Summe der Siedlungsabflüsse } [m^3/s]$
- AFS63-Konzentration $[mg/l] = \frac{\text{Gesamtfracht}}{\text{Gesamtabfluss}} \times \frac{1000}{365 \times 24 \times 3600}$
- Die getroffene Annahme zur Verwendung eines MNQ werden im DWA M-102-3 als *Sicherheiten* bezeichnet und stellen in dem Sinne eine konservative Berechnungsmethode dar.

Sonderfall:

In dem Fall wo kein MNQ-Wert für das Gewässer verfügbar ist, kann gem. DWA M-102-3 alternativ auf eine weitere Vereinfachung zurückgegriffen werden. Das Rechenbeispiel in (DWA & BWK, 2021) (S.52) empfiehlt für diesen Ansatz einen pauschalen Gewässerabfluss von 320 mm/a, der für das gesamte Gewässer sowohl für den Gewässerabfluss als auch die Siedlungsabflüsse angesetzt werden soll.

Bei diesem Verfahren wird die Berechnung wie folgt durchgeführt:

- Grundfracht [kg/a] = 320 mm/a x Einzugsgebietsgröße [km²] x 15 mg/l
- Emissionsfracht [kg/a] = Fracht berechnet gem. DWA A-102-2 (siehe Kapitel 4.2.1)
- Gesamtfracht [kg/a] = Grundfracht [kg/a] + Emissionsfracht [kg/a]
- Gesamtabfluss = 320 mm/a
- AFS63-Konzentration [mg/l] = $\frac{\text{Gesamtfracht}}{\text{Gesamtabfluss}} \times \frac{1000}{365 \times 24 \times 3600}$

Bei dieser Methode wird die Grundfracht stark vereinfacht für die Emissionsfracht und die Grundfracht aus den gleichen Abflussanteilen berechnet, wodurch die Grundfracht im Vergleich zum eigentlichen vereinfachten Nachweis (siehe oben) deutlich überschätzt wird.

Bei einem Grenzwert von 30 mg/l ist eine maximale Fracht von 320 mm x 1 km² = 9.600 kg/km²·a erlaubt. Nach Abzug der Grundfracht darf die Emissionsfracht bei diesem konservativen Ansatz 4.800 kg/km²·a nicht übertreffen.

Detaillierter immissionsseitiger stofflicher Nachweis für AFS63

Beim detaillierten immissionsseitigen Nachweis werden die Gewässerabflüsse und die Siedlungsabflüsse entlang des gesamten Gewässers anhand eines Modells berechnet und mit der Grundfracht und der AFS63-Fracht aus den Sieleinzugsgebieten und FHH00001-Flächen (siehe Kapitel 3.2.1) überlagert.

Im Merkblatt DWA M-102-3 wird neben dem Modelltyp „Erweitertes Schmutzfrachtmodell“ die Verwendung eines „Hydrologischen und hydrodynamischen Modells verknüpft mit einem Gewässergütemodell“ (N-A-Transportmodell) eingeführt.

Bei der Verwendung dieses Modelltyps wird nach derzeitiger Auslegung von der Annahme der Verwendung des MNQ zur Abbildung des Gewässerabflusses und der Grundbelastung zugunsten einer differenzierten Berechnung des Gewässerabflusses und der damit verbundenen Grundfracht im Langzeitkontinuum (siehe auch (DWA & BWK, 2021), Tabelle 6, S.35-S36) Abstand genommen. In dieser Pilotstudie wurde beim detaillierten Nachweis allerdings sowohl eine Langzeitsimulation als auch eine Berechnung mit der Überlagerungen eines Gewässerabflusses von MNQ mit den Siedlungsabflüssen durchgeführt, um die Funktionsweise der methodischen Entwicklung nachzuweisen (siehe Zielstellung 2 in Kapitel 1).

Durch die Herangehensweise mit einem N-A Transportmodell kann das gesamte hydrologische Spektrum von Niedrig-bis Hochwasser in einem dynamischen und variablen Fließgeschehen abgebildet werden. Der Modellansatz berücksichtigt damit die Zielvorgabe der

Überprüfung einer Überschreitung der AFS63-Konzentration von 30 mg/l im langjährigen Mittel gem. DWA M-102-3.

Neben den Belastungsgrößen und Statusvariablen für die *hydrologische* Modellierung (Niederschlag, Verdunstung, initialer Wasserstand, Steuerung der Bauwerke) werden für die detaillierte Modellierung der AFS63-Frachten (Gewässergütemodellierung) im Langzeitkontinuum Eingangskonzentrationen benötigt.

Diese werden anhand der Emissionsfrachten (Kapitel 4.2.1) und der vom Deutschen Wetterdienst (DWD) aufgezeichneten Niederschlagsmengen in Hamburg Fuhlsbüttel berechnet.

Die *Grundkonzentration* im Gewässerabfluss beträgt 15 mg/l (Tab. 7). Diese Annahme der Grundkonzentration ist, wie bereits beim vereinfachten Nachweis, konservativ ausgelegt, da ein Wert von 15 mg/l gem. (OGewV, 2016) bereits die Grenze zwischen einem „guten“ und „mäßigen Zustand“ als Jahresmittelwert darstellt. Bei einem natürlichen Gewässerabfluss ohne Siedlungsgebietszuflüsse kann ggf. davon ausgegangen werden, dass die AFS63-Konzentration unter 15 mg/l liegt.

Die *Gesamtfracht* setzt sich zusammen aus der Grundfracht und der Emissionsfracht. Der Gesamtabfluss im Bornbach setzt sich konsequenterweise zusammen aus Gewässerabfluss und Siedlungsabfluss.

Der *Gewässerabfluss* wird bei diesem Projekt, wie bereits oben erläutert, entweder als $MNQ_{1998-2018}$ (Szenario Gewässerabfluss = MNQ) oder als berechneter Gewässerabfluss im Langzeitkontinuum (Szenario Gewässerabfluss aus Langzeitkontinuum) definiert.

Bei der Simulation der AFS63-Fracht werden mit dem Modell folgende Prozesse berechnet:

1. Mischberechnungen: Der Gewässerabfluss mit seiner Grundbelastung wird mit den Einleitungsabflüssen mit der jeweiligen Einleitungskonzentration gemischt.
2. Hydrodynamik: Die fließende Welle transportiert die Stoffe Richtung Unterstrom. In Rückstaubereichen ist auch ein hydrodynamischer Transport Richtung Oberstrom möglich.
3. Advektion-Diffusions-Prozesse (ohne Stoffabbau): Neben dem hydrodynamischen Transport unterliegt eine Schmutzfahne in einer fließenden Welle sogenannten Advektion-Diffusions (AD) Vorgängen. Die Advektion beschreibt die Eigenbewegung innerhalb der fließenden Welle, während die Diffusion den Prozess der Umverteilung von Partikeln aus Bereichen mit erhöhten Konzentration Richtung Abschnitte mit einer niedrigeren Konzentration darstellt. Aus diesem Grund steigt die AFS63-Konzentration bei einer Einleitstelle auch nicht sprunghaft an, sondern verteilt sich Richtung Unterlauf, und bei einem flachem Sohlgefälle auch verstärkt Richtung Oberlauf.

Bei den HRB (Kapitel 2.5) im Gewässer wird in Absprache mit der BUKEA *keine* Absetzung von abfiltrierbaren Stoffen im Modell berücksichtigt. Grund hierfür ist, dass den HRB keine Reinigungsfunktion zugeschrieben wird. Sie sind ausschließlich dem Hochwasserrückhalt gewidmet.

Ausgewertet werden die AFS63-Konzentrationen im langjährigen Mittel. Der stoffliche Nachweis für AFS63 gilt als erbracht, wenn diese Konzentrationen unter dem Grenzwert von 30 mg/l liegen (DWA & BWK, 2021). Maßgeblich für die Bewertung der immissionsseitigen AFS63-Belastungen sind langhaltende Belastungen, welche bei einer statistischen Auswertung einem Mittelwert gleichgesetzt sind.

Immissionsseitige Berechnung des Sauerstoffgehalts

Die Berechnung des Sauerstoffgehalts im Gewässer benötigt neben der Abbildung der hydrologischen Prozesse auch folgende Informationen, welche mit dem Modell in einem Langzeitkontinuum von 20 Jahren kontinuierlich bei den Stoffabbauprozessen mit berücksichtigt werden:

- Fließtiefen- und Geschwindigkeiten: Diese Parameter werden für den ermittelten Gesamtabfluss (Gewässerabfluss + Abfluss aus den Einleitungen) kontinuierlich anhand des hydrodynamischen Rechenkerns (HDR) in NASIM mitgerechnet. Diese Parameter werden insbesondere für die Ermittlung der Wiederbelüftungsrate (siehe unten) benötigt.
- Biologischer Sauerstoffbedarf über fünf Tage (BSB_5). Diese Kenngröße wird in der Stoffmodellierung als abbaubares, organisches Material interpretiert, welche durch Zehrungsprozesse den Sauerstoffgehalt (O_2 -Gehalt) im Gewässer reduziert.
- Wassertemperatur: Die Temperatur des Gewässers hat einen Einfluss auf die Sauerstoffsättigung und die Reaktionsrate für BSB_5 .

Im Detail erfolgt die Berechnung des Sauerstoffgehalts unter Rückkopplung an die berechneten Abflüsse, Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten anhand der Streeter-Phelps Gleichungen.

$$\frac{\partial}{\partial t} O_2(t) = k_{\text{Wiederbelüftung}} \times (O_2^{\text{Sättigung}} - O_2(t)) + \frac{\partial}{\partial t} BSB_5(t)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} BSB_5(t) = -k_{BSB_5} \times BSB_5(t) \times \min(1; \max(0,3; 0,3 + \frac{0,7}{4} \times (O_2(t)-1))$$

Wobei:

O_2 : Sauerstoffkonzentration [mg/l]

$O_2^{\text{Sättigung}}$: Aktueller, wassertemperaturabhängiger Sauerstoffsättigungsgrad [%]

$K_{\text{Wiederbelüftung}}$: Reaktionsrate für die Wiederbelüftung in Abhängigkeit der aktuellen Wassertiefen und Geschwindigkeiten

BSB_5 : Konzentration für den biologischen Sauerstoffbedarf über 5 Tage

K_{BSB_5} : Reaktionsrate für BSB_5 in Abhängigkeit von der Wassertemperatur

Die Simulation erfolgt kontinuierlich in Zeitschritten von 5 Minuten. Für jeden Zeitschritt werden sämtliche Parameter und damit die Sauerstoffkonzentration an jedem Modellstützpunkt während der Simulation kontinuierlich aktualisiert. Anschließend können beim Sauerstoff die *akuten* Belastungen über eine statistische Analyse des Langzeitkontinuums von 20 Jahren ausgewertet werden. Diese Methodik weicht von der AFS63-Auswertung ab, bei welcher der Schwerpunkt lang anhaltenden Belastungen liegt.

Bei der Auswertung gem. DWA-M 102-3 spielt sowohl die Einwirkzeit/Dauerstufe als auch die Häufigkeit der Unterschreitungen von Grenzwerten eine Rolle. Die Grenzwerte werden gem. DWA-M 102-3 berechnet. Bei kurzen Einwirkzeiten/Dauerstufen sind die Grenzwerte geringer („strenger“) als bei längeren Einwirkzeiten/Dauerstufen. Die Begründung liegt darin, dass Lebewesen widerstandsfähiger gegen eine kurz anhaltende Unterschreitung einer kritischen Sauerstoffkonzentration sind als bei einem lang anhaltenden Sauerstoffdefizit.

Ebenso sind die Grenzwerte bei einer geringen Jährlichkeit (häufig wiederkehrend) niedriger als bei einem seltenen Ereignis. Auch hier liegt die Begründung darin, dass Lebewesen gegen seltene Unterschreitungen kritischer Sauerstoffkonzentration ggf. widerstandsfähiger sind als bei häufigen Unterschreitungen.

Tab. 5 zeigt die berechneten Grenzwerte als Grundlage für die Bewertung der Ergebnisse in Kapitel 4.2.2 und Tab. 6 stellt exemplarisch die Bewertungsmatrix an einer Einleitstelle dar. Wird bei einer bestimmten Kombination der Häufigkeit und Einwirkzeit der Grenzwert unterschritten, wird in der Bewertung eine Unterschreitung vermerkt. Die maximale Anzahl an möglichen Unterschreitungen beträgt bei diesem Verfahren 12 – die niedrigste Anzahl 0.

Tab. 5: Grenzwerte für die Überprüfung der Unterschreitung von Sauerstoffkonzentrationen

| Bez. der Häufigkeits- klasse | Einwirkzeit/Dauerstufen→ | Extrem (15 min) | Kurz (3 h) | Mittel (6 h) | Lang (12 h) |
|---------------------------------|---|--------------------|---------------|-----------------|-------------|
| | Wertebereich der Häufig- keitsklasse | c_{krit} [mg/l] | | | |
| selten | $n < 0,5$ | 2,5 | 3,7 | 3,8 | 3,9 |
| mittel | $0,5 \leq n < 4$ | 3,0 | 4,2 | 4,3 | 4,4 |
| häufig | $4 \leq n < 25$ | 4,0 | 4,8 | 4,9 | 5,0 |

Tab. 6: Bewertungsmatrix für die akuten Unterschreitungen des kritischen Sauerstoffgehalts

| Häufigkeit Einwirkzeit ↓ → | Selten ($n < 0,5$) | Mittel ($0,5 \leq n < 4,0$) | Häufig ($4 \leq n < 25$) |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Extrem (15 min) | 0 | 1 | 0 |
| Kurz (3 h) | 1 | 0 | 0 |
| Mittel (6 h) | 1 | 0 | 0 |
| Lang (12 h) | 0 | 0 | 0 |

Eingangsparameter für die immissionsseitigen Berechnungen

Die für den Bornbach zur Verfügung stehenden Monitoring-Daten (Bezirksamt Hamburg Nord, 2011) lassen keine zuverlässigen Rückschlüsse auf die Grundbelastung für die Sedimentkonzentration und den Sauerstoffhaushalt des Bornbachs zu. Während die Eingangsdaten für den hydrologisch/hydrodynamischen Teil des Einzugsgebietsmodells (LSBG, 2022) auf Messdaten beruhen, wurde bei den stofflichen Eingangsdaten in Abstimmung mit der BUKEA auf die Empfehlungen des Merkblatts DWA-M 102-3 zurückgegriffen (Tab. 7). Der Bornbach wurde für diese Zwecke als „Fließgewässertyp 14, sandgeprägter Tief-landbach“ klassifiziert.

Tab. 7: Eingangsparameter für die immissionsbezogenen stofflichen Berechnungen

| Parameter | Wert | Quelle/Erläuterung/Ableitung |
|--|--|--|
| AFS63 aus Siedlungseinzugsgebieten | Emissionsfracht gem. Kapitel 4.2.1 bzw. Anhang C | DWA-M 102-3 (Vorgehensweise) |
| AFS63 Grundkonzentration | 15 mg/l | DWA-M 102-3, S.49 |
| BSB ₅ Niederschlagseinleitungen | 12 mg/l | DWA-M 102-3, S.55 |
| BSB ₅ Gewässervorbelastung | 4 mg/l | DWA-M 102-3, Tabelle 9 (Fließgewässertyp 14) |
| Wassertemperatur | Ganglinie, langjährige Zeitreihe | Ableitung anhand einer Regressionsanalyse „Wassertemperatur Rosenbrook/Tarpenbek“ und „Lufttemperatur Fuhlsbüttel“ |

4 Hydrologischer und stofflicher Nachweis: Ergebnisse

4.1 Ergebnisse des hydrologischen Nachweises

Die Methodik des hydrologischen Nachweises ist in Kapitel 3.1 detailliert erläutert. Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Berechnungen sind die Zwischenschritte der Berechnungen in Anhang B grafisch und tabellarisch aufgeführt. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse zur Ableitung einer Priorisierung von möglichen Maßnahmen hervorgehoben und erläutert.

4.1.1 Emissionsseitige hydrologische Ergebnisse

Die Berechnungen des erforderlichen (zu schaffenden) Rückhalteraums aus der emissionsseitigen Betrachtung werden grafisch und tabellarisch dargestellt. Es handelt sich hierbei pro Sieleinzugsgebiet um die Angabe des absoluten, erforderlichen Rückhaltevolumens zur Einhaltung der maximalen Zuflussmenge von 10 l/s/ha (*BUKEA, 2022 Mitschrift und mündliche Mitteilung*) an den Einleitstellen. Die Priorisierung erfolgt anhand eines Rankings.

Im Detail werden die Ergebnisse wie folgt dargestellt:

- Karte mit einer Darstellung des anteiligen Rückhaltebedarfs (bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet des Bornbachs) als schwarze Kreise, farbliche Abstufung des erforderlichen Rückhaltevolumens und Angabe der abgeleiteten Priorisierung (Abb. 20)
- Längsschnitt des zu schaffenden Rückhalteraums in den Sieleinzugsgebieten am Bornbach mit Darstellung der Einleitungen, maßgeblichen Überquerungen und Rückhaltebecken zur Orientierung (Abb. 21)
- Tabelle des zu schaffenden Rückhalteraums pro Sieleinzugsgebiet inkl. Ranking (Tab. 8)

In Anhang B sind ergänzend zu Tab. 8 folgende Informationen enthalten:

1. Befestigte Fläche
2. Dauerstufe des Niederschlags für die Berechnungen
3. Zulässige Einleitmenge in l/s/ha
4. Vorhandene Einleitmenge
5. Einleitung gem. Status wasserrechtlicher Genehmigung
6. Status wasserrechtlicher Genehmigung
7. Vorhandener Rückhalt (Name und verfügbare Staulamelle)

- Gewässerkilometrierung
 - ▲ Einleitstellen
- Erforderliches Rückhaltevolumen [m³]
- < 100
 - 100 - 500
 - 500 - 1.000
 - 1.000 - 2.000
 - 2.000 - 3.000
 - 3.000 - 4.000
 - 4.000 - 5.000
 - 5.000 - 10.000
 - 10.000 - 15.000
 - 15.000 - 20.000
- Anteilig benötigter Rückhalteraum [%]
- < 0,5
 - 0,5 - 1,0
 - 1,0 - 2,0
 - 2,0 - 3,0
 - 3,0 - 4,0
 - 4,0 - 5,0
 - 5,0 - 10,0
 - 10,0 - 20,0
 - 20,0 - 30,0
 - 30,0 - 40,0

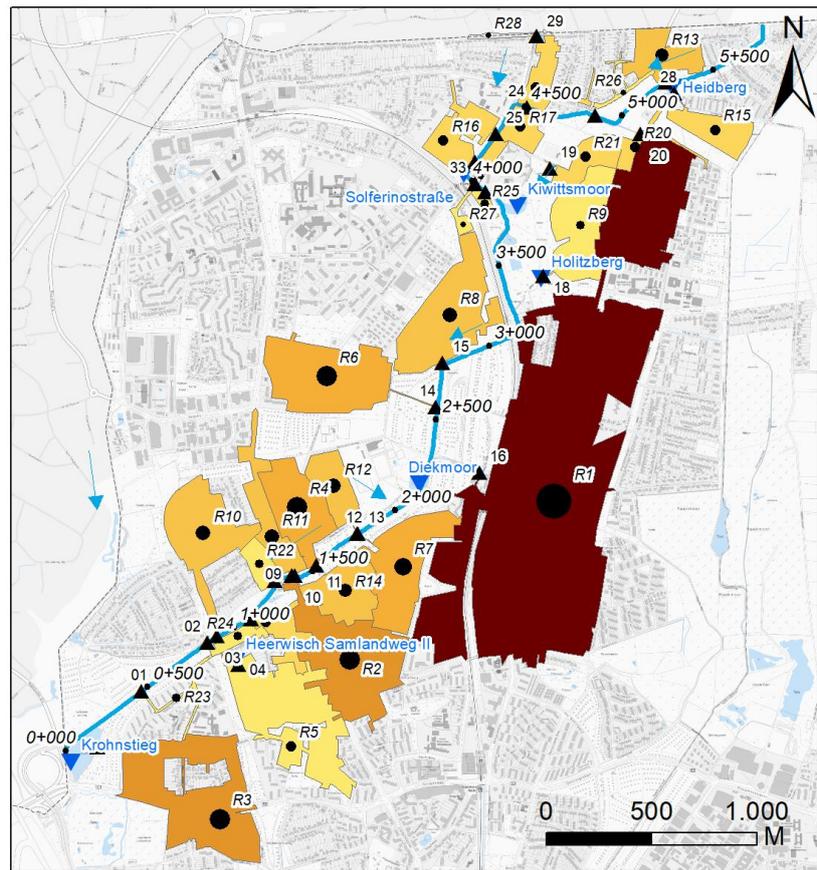


Abb. 20: Emissionsbezogene hydrologische Betrachtung und Ermittlung des benötigten zusätzlichen Rückhalterums

Längsschnitt des zusätzlich erforderlichen Rückhalteraums in den Sieleinzugsgebieten am Bornbach

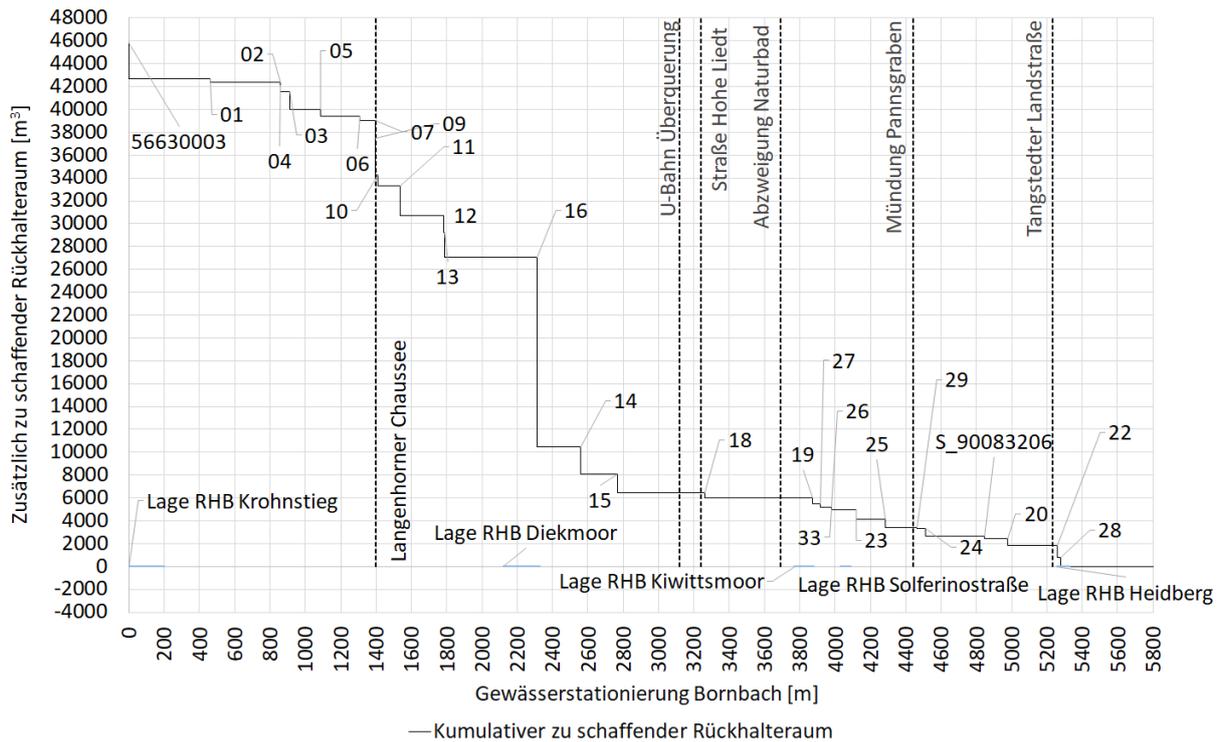


Abb. 21: Längsschnitt des zusätzlich zu schaffenden, kumulativen Rückhalteraums in den Sieleinzugsgebieten des Bornbachs, die Nummern in der Grafik beziehen sich auf die Einleitstellen

Tab. 8: Zu schaffendes Rückhaltevolumen aus emissionsseitiger, hydrologischer Sicht

| Sieleinzugsgebiet | Gewässerstationierung [m] | Erforderliches Rückhaltevolumen [m³] | Ranking |
|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------|
| 56620028* | 5+276 | 820 | 21 |
| 56620022* | 5+257 | 1025 | 17 |
| 56620020 | 4+978 | 589 | 14 |
| S_90083206 | 4+846 | 203 | 22 |
| 56620024 | 4+510 | 670 | 12 |
| 56620029 | 4+465 | 95 | 24 |
| 56620025 | 4+284 | 766 | 11 |
| 56620023* | 4+118 | 808 | 27 |
| 56620033 | 3+980 | 48 | 25 |
| 56620026 | 3+979 | 173 | 23 |
| 56620027* | 3+917 | 252 | 28 |
| 56620019* | 3+872 | 528 | 26 |
| 56620018* | 3+262 | 1609 | 16 |
| 56620015 | 2+768 | 1627 | 6 |
| 56620014 | 2+559 | 2374 | 4 |
| 56620016* | 2+310 | 16659 | 1 |

| Sieleinzugsgebiet | Gewässerstationierung [m] | Erforderliches Rückhaltevolumen [m ³] | Ranking |
|--|---------------------------|---|---------|
| 56620013 | 1+790 | 2096 | 5 |
| 56620012 | 1+786 | 1541 | 9 |
| 56620011 | 1+538 | 2543 | 3 |
| 56620010 | 1+409 | 1006 | 10 |
| 56620009 | 1+395 | 3182 | 2 |
| 56620007 | 1+394 | 1568 | 8 |
| 56620006 | 1+309 | 355 | 18 |
| 56620005 | 1+088 | 614 | 13 |
| 56620003 | 0+911 | 1594 | 7 |
| 56620004 | 0+858 | 2488 | 15 |
| 56620002 | 0+856 | 274 | 20 |
| 56620001 | 0+462 | 302 | 19 |
| 56630003 | 0+000 | 3151 | 29 |
| * Zusätzliches Rückhaltevolumen durch Staulamelle im HRB (Gewässer) vorhanden. Rückhaltevolumen in den HRB werden emissionsseitig nicht in Abzug gebracht, da sie sich im Hauptschluss des Bornbachs befinden. Bei 56620004 und 56620018 befinden sich Regenrückhaltebecken im Nebenschluss. Diese werden nicht in Abzug gebracht. | | | |

Die Ergebnisse zeigen bei allen Sieleinzugsgebieten den Bedarf eines zusätzlichen Retentionsvolumens aus emissionsseitiger Sicht:

- Für 17 der 29 Sieleinzugsgebiete ist ein zusätzliches Rückhaltevolumen *vor Einleitung in das Gewässer* von < 1.000 m³ erforderlich. Zum Vergleich: Die vorhandenen Regenrückhaltebecken haben ein verfügbares Rückhaltevolumen von rd. 2.000 m³ (Samlandweg II in 56620004) bzw. 1.155 m³ (Holitzberg in 566200018).
- In der Summe ist emissionsseitig vor Einleitung in das Gewässer 48.960 m³ zusätzliches Rückhaltevolumen zu schaffen.
- Bei dem Einzugsgebiet 56620016 ist der Bedarf an zu schaffendem Rückhalteraum mit rd. 16.600 m³ am höchsten.
- Es folgen die Sieleinzugsgebiete unterstromig des HRB Diekmoor mit bis zu 3.200 m³ erforderlichem Rückhalteraum.
- Auch die Einleitungen in das HRB Heidberg müssen bei einem 30-jährlichen Hochwasserereignis so reduziert werden, dass in der Summe rd. 1.800 m³ mehr Regenwasser in den Einzugsgebieten zurückgehalten wird, um den emissionsseitigen hydrologischen Nachweis einhalten zu können.

4.1.2 Immissionsseitige hydrologische Ergebnisse

Zur Überprüfung des immissionsseitigen hydrologischen Nachweises wird das einjährige Hochwasserereignis (HQ₁) im Ist-Zustand dem zweijährlichen Hochwasserereignis (HQ₂) eines potenziell naturnahen Zustands (pnat) gegenübergestellt.

Im Detail werden die Ergebnisse wie folgt dargestellt:

- Karte, welche das Verhältnis/den Faktor $HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat}$ für den Bornbach darstellt. (Abb. 22). Ein Faktor > 1 bedeutet, dass der immissionsseitige hydrologische Nachweis *nicht* eingehalten werden kann ($HQ_{1,ist} \geq HQ_{2,pnat}$)
- Hydrologischer Längsschnitt mit Darstellung des Bemessungsabflusses $HQ_{1,ist}$, $HQ_{2,pnat}$ und das Verhältnis $HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat}$ am Bornbach. Einleitungen, maßgebliche Überquerungen und Rückhaltebecken sind zur Orientierung im Längsschnitt eingetragen (Abb. 23)
- Einleitungsbezogene Tabelle mit Angabe des Abfluss $HQ_{1,ist}$, $HQ_{2,pnat}$, Faktor $HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat}$, Veränderung des $HQ_{1,ist}$ bezogen auf die oberstromige Einleitstelle und Ranking (siehe auch Kapitel 5) bezogen auf die Veränderung des $HQ_{1,ist}$ (Tab. 9)

Faktor $HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat}$

- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- Gewässerkilometrierung
- Natürliche Teileinzugsgebiete
- ▼ Rückhaltebecken
- ▲ Einleitstellen
- Sieleinzugsgebiete

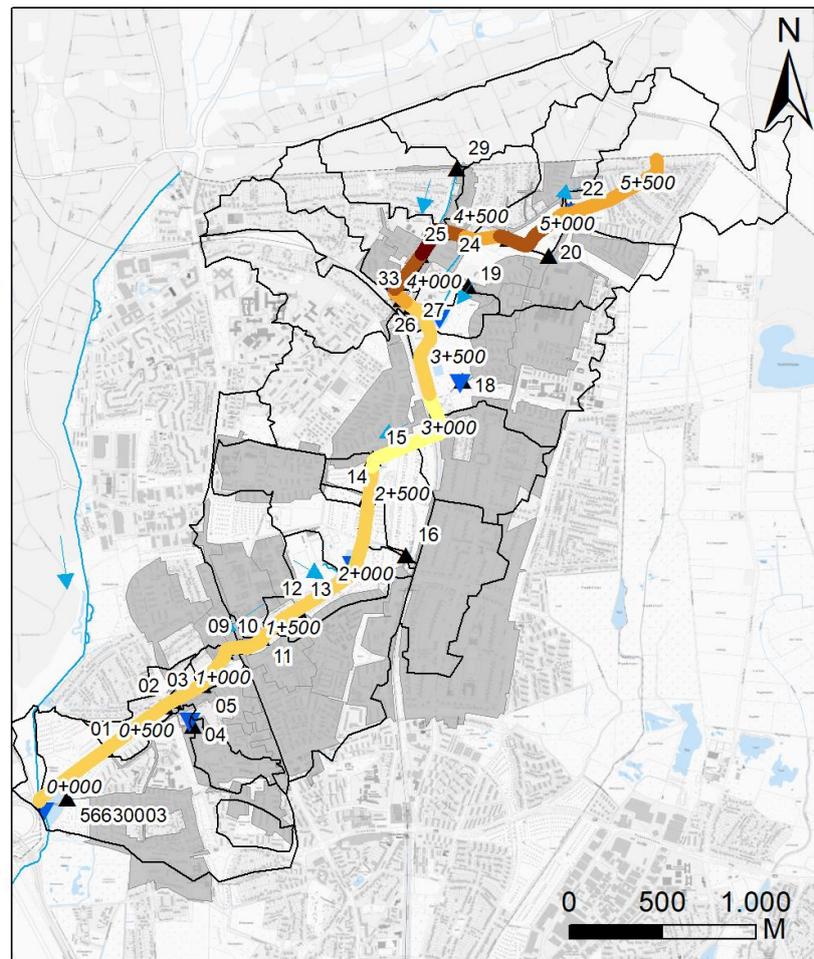


Abb. 22: Kartografische Darstellung des Faktors $HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat}$

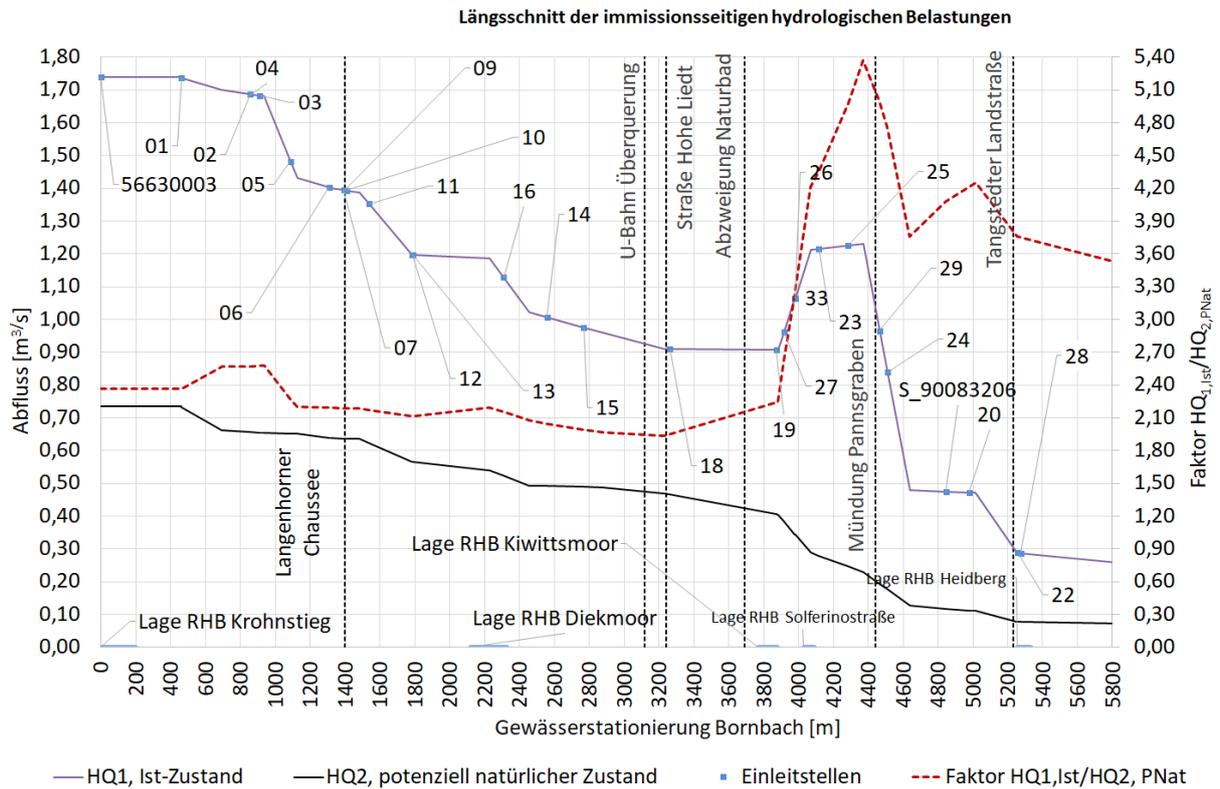


Abb. 23: Längsschnitt des Verhältnisses $HQ_{1,ist}$ im Verhältnis zu $HQ_{2,pnat}$, die Nummern in der Grafik beziehen sich auf die Einleitstellen

Tab. 9: Tabellarische Darstellung des Verhältnisse $HQ_{1,ist}$ zu $HQ_{2,pnat}$

| Einleitstelle | Gewässerstationierung [m] | $HQ_{1,ist}$ [m^3/s] | $HQ_{2,pnat}$ [m^3/s] | $HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat}$ | Veränderung des $HQ_{1,ist}$ [m^3/s] | Ranking |
|---------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--|---------|
| 56620028 | 5+276 | 0,3 | 0,1 | 3,75 | +0,21 | 4 |
| 56620022 | 5+257 | 0,3 | 0,1 | 3,76 | +0,21 | 3 |
| 56620020 | 4+978 | 0,5 | 0,1 | 4,21 | +0,18 | 6 |
| S_90083206 | 4+846 | 0,5 | 0,1 | 4,08 | +0,00 | 19 |
| 56620024 | 4+510 | 0,8 | 0,2 | 4,76 | +0,36 | 1 |
| 56620029 | 4+465 | 1,0 | 0,2 | 5,00 | +0,13 | 8 |
| 56620025 | 4+284 | 1,2 | 0,2 | 4,98 | +0,26 | 2 |
| 56620023 | 4+118 | 1,2 | 0,3 | 4,36 | -0,01 | 26 |
| 56620033 | 3+980 | 1,1 | 0,3 | 3,26 | -0,15 | 29 |
| 56620026 | 3+979 | 1,1 | 0,3 | 3,25 | +0,00 | 25 |
| 56620027 | 3+917 | 1,0 | 0,4 | 2,62 | -0,10 | 28 |
| 56620019 | 3+872 | 0,9 | 0,4 | 2,24 | -0,06 | 27 |
| 56620018 | 3+262 | 0,9 | 0,5 | 1,95 | +0,00 | 18 |
| 56620015 | 2+768 | 1,0 | 0,5 | 1,99 | +0,07 | 12 |
| 56620014 | 2+559 | 1,0 | 0,5 | 2,05 | +0,03 | 15 |

| Einleitstelle | Gewässerstationierung [m] | HQ _{1,ist} [m ³ /s] | HQ _{2,pnat} [m ³ /s] | HQ _{1,ist} /HQ _{2,pnat} | Veränderung des HQ _{1,ist} [m ³ /s] | Ranking |
|---------------|---------------------------|---|--|---|---|---------|
| 56620016 | 2+310 | 1,1 | 0,5 | 2,16 | +0,12 | 9 |
| 56620013 | 1+790 | 1,2 | 0,6 | 2,12 | +0,07 | 11 |
| 56620012 | 1+786 | 1,2 | 0,6 | 2,12 | +0,00 | 24 |
| 56620011 | 1+538 | 1,4 | 0,6 | 2,17 | +0,16 | 7 |
| 56620010 | 1+409 | 1,4 | 0,6 | 2,19 | +0,04 | 14 |
| 56620009 | 1+395 | 1,4 | 0,6 | 2,19 | 0,00 | 20 |
| 56620007 | 1+394 | 1,4 | 0,6 | 2,19 | 0,00 | 23 |
| 56620006 | 1+309 | 1,4 | 0,6 | 2,19 | +0,01 | 16 |
| 56620005 | 1+088 | 1,5 | 0,7 | 2,27 | +0,08 | 10 |
| 56620003 | 0+911 | 1,7 | 0,7 | 2,57 | +0,20 | 5 |
| 56620004 | 0+858 | 1,7 | 0,7 | 2,57 | 0,00 | 17 |
| 56620002 | 0+856 | 1,7 | 0,7 | 2,57 | 0,00 | 22 |
| 56620001 | 0+462 | 1,7 | 0,7 | 2,37 | +0,05 | 13 |
| 56630003 | 0+000 | 1,7 | 0,7 | 2,37 | 0,00 | 21 |

Auf der Grundlage der oben aufgeführten Auswertungen werden folgende Punkte festgehalten:

- Hochwasserereignisse werden grundsätzlich durch eine starke Versiegelung verschärft. In einem potenziell naturnahen Zustand sind eine höhere Versickerung und Verdunstung möglich und die Hochwasserzuflüsse werden gedämpft und diffus (im Gegensatz zu den punktuellen Sieleinleitungen) in den Bornbach entwässert. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass das HQ₁ im Ist-Zustand z.T. deutlich über dem HQ₂ eines potenziell naturnahen Zustands liegt.
- Der immissionsseitige hydrologische Nachweis kann dadurch *nicht* erfüllt werden.
- Die Veränderung des Faktors HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat} stellt dar, in welchen Abschnitten zwischen zwei Einleitstellen die Diskrepanz zu einem potenziell naturnahen Zustand am höchsten ist. Markant ist hierbei der Bereich der Einmündung des Pannsgrabens. Ein hoher Anstieg der anteiligen Versiegelung im Einzugsgebiet entlang einer kurzen Gewässerstrecke führt zu einem starken Anstieg des HQ_{1,ist} im Verhältnis zu einer potenziell naturnahen Situation.
- Diese Diskrepanz wird durch die vorhandenen Hochwasserrückhaltebecken Solferinostraße und Kiwittsmoor Richtung Unterlauf wieder abgebaut. Durch die Dämpfung der Hochwasserwelle bei HQ₁ im Ist-Zustand bewirken die HRB, dass das Verhältnis HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat} in diesem Gewässerabschnitt reduziert wird.
- Im weiteren Verlauf liegt das HQ_{1,ist} weiterhin deutlich höher als beim HQ_{2,pnat}, allerdings bewirkt die dämpfende Wirkung der vorhandenen Hochwasserrückhaltebecken beim HQ_{1,ist}, dass der Faktor HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat} nicht zusätzlich weiter Richtung Unterlauf ansteigt.

4.2 Ergebnisse des stofflichen Nachweises

Die Methodik des stofflichen Nachweises ist in Kapitel 3.2 detailliert erläutert. Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Berechnungen sind die Zwischenschritte der Berechnungen in Anhang C grafisch und tabellarisch aufgeführt. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse zur Ableitung einer Priorisierung von möglichen Maßnahmen hervorgehoben und erläutert.

4.2.1 Emissionsseitige stoffliche Ergebnisse

Die emissionsseitigen stofflichen Ergebnisse werden wie folgt dargestellt:

- Kartografische Darstellung der zu reduzierenden Frachten und der Priorisierung (Ranking) gem. der in Kapitel 3.2.1 beschriebenen Methodik (Abb. 24)
- Kartografische Darstellung des erforderlichen Wirkgrads (Abb. 25)
- Längsschnitt der kumulativ zu reduzierenden Fracht im Einzugsgebiet des Bornbachs mit Darstellung der Einleitungen, maßgeblichen Überquerungen und Rückhaltebecken zur Orientierung (Abb. 26)
- Zusammenfassende Tabelle mit den Parametern der zu reduzierenden Fracht und der ermittelten Rankings (Tab. 10).

In Anhang C sind sowohl kartografisch als auch tabellarisch zusätzlich folgende Informationen festgehalten:

1. Absolute Fracht pro Sieleinzugsgebiet (kg/a)
2. Prozentualer Anteil an der Gesamtfracht und erforderlicher Reinigungsgrad/Wirkgrad (%)
3. Längsschnitt der kumulativen absoluten Fracht, gesondert für Sieleinzugsgebiete und FHH00001-Flächen

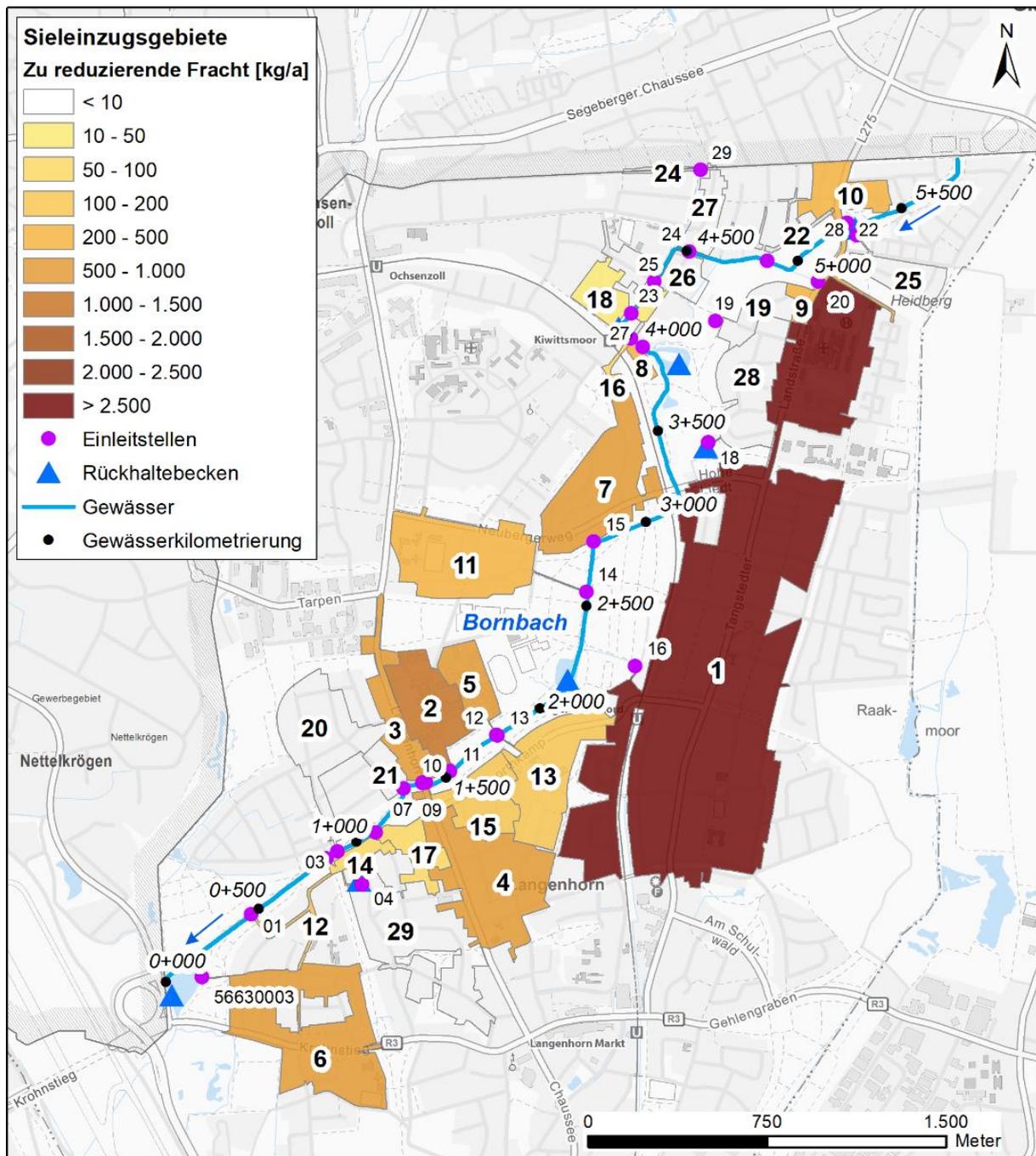


Abb. 24: Zu reduzierende emissionsseitige stoffliche Fracht und Priorisierung

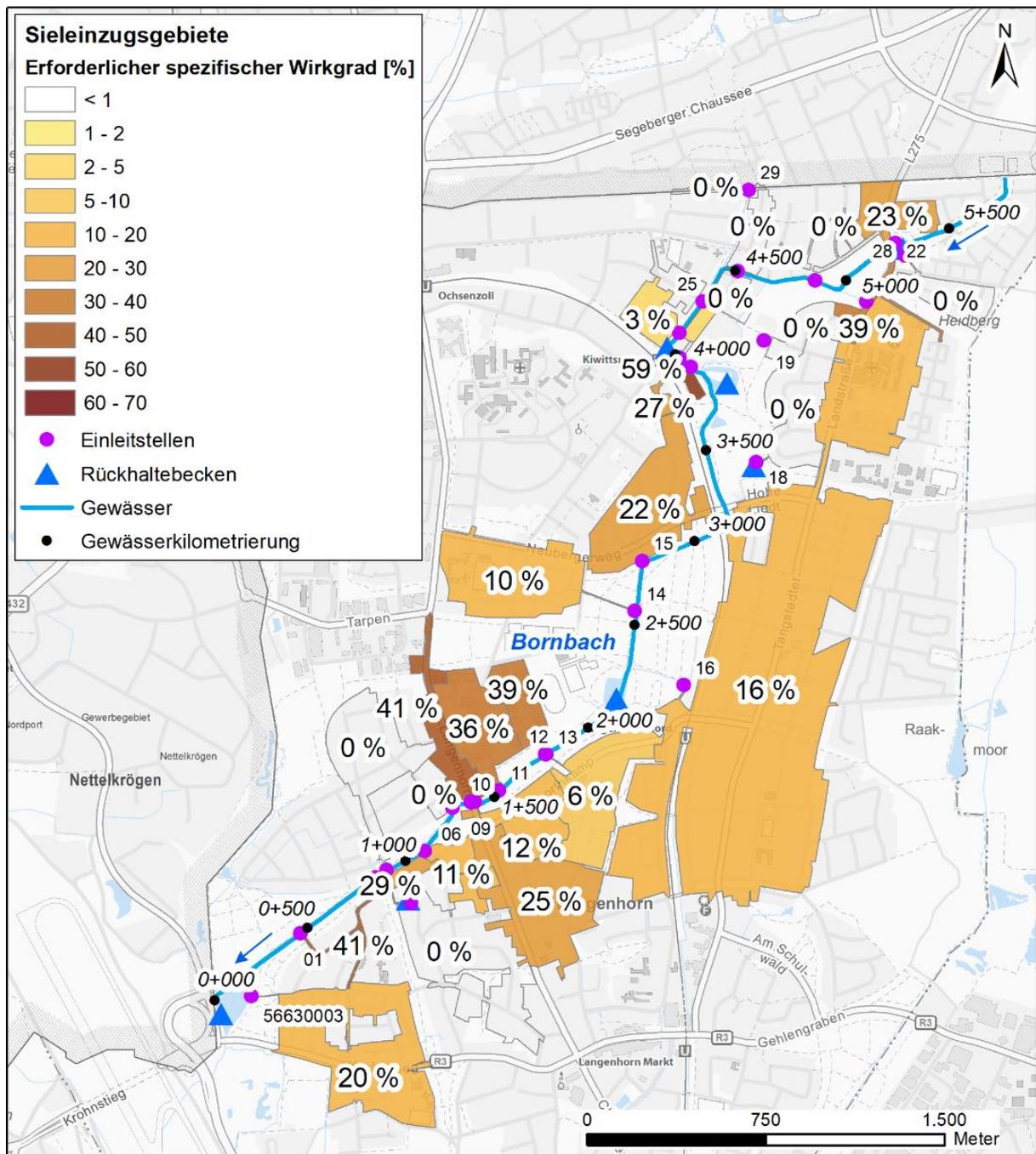


Abb. 25: Erforderlicher emissionsseitiger, stofflicher Wirkgrad

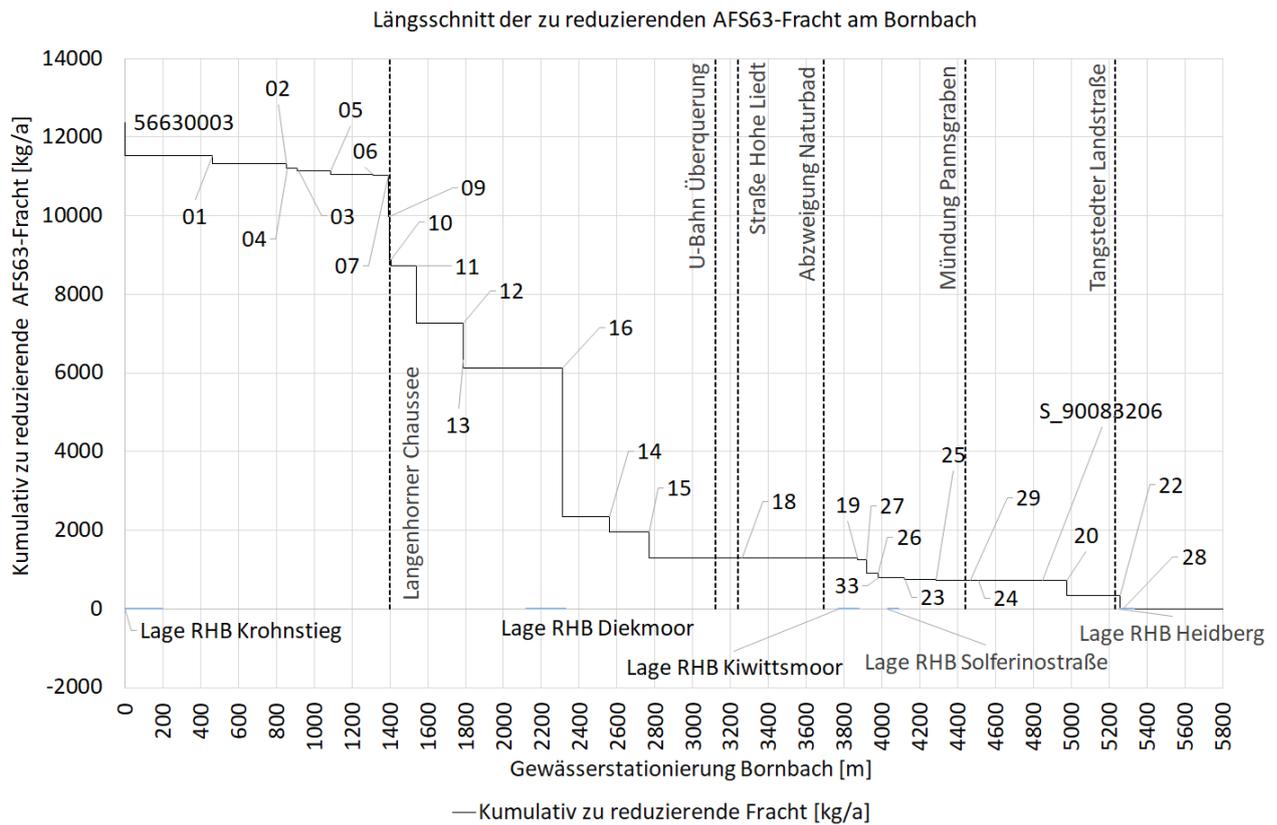


Abb. 26: Längsschnitt der zu reduzierenden AFS63-Fracht am Bornbach, die Nummern in der Grafik beziehen sich auf die Einleitstellen

Tab. 10: Tabellarische Zusammenfassung der emissionsseitigen stofflichen Ergebnisse

| Sieleinzugsgebiet | Gewässerstationierung [m] | Zu reduzierende Fracht [kg/a] | Erforderlicher Wirkgrad | Ranking |
|-------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------|
| 56620028 | 5+276 | 0 | 0% | 25 |
| 56620022 | 5+257 | 244 | 23% | 10 |
| 56620020 | 4+978 | 304 | 39% | 9 |
| S_90083206 | 4+846 | 0 | 0% | 22 |
| 56620024 | 4+510 | 0 | 0% | 27 |
| 56620029 | 4+465 | 0 | 0% | 24 |
| 56620025 | 4+284 | 0 | 0% | 26 |
| 56620023 | 4+118 | 17 | 3% | 18 |
| 56620026 | 3+980 | 76 | 27% | 16 |
| 56620033 | 3+979 | 0 | 0% | 23 |
| 56620027 | 3+917 | 297 | 59% | 8 |
| 56620019 | 3+872 | 0 | 0% | 19 |
| 56620018 | 3+262 | 0 | 0% | 28 |
| 56620015 | 2+768 | 501 | 22% | 7 |
| 56620014 | 2+559 | 242 | 10% | 11 |
| 56620016 | 2+310 | 2574 | 16% | 1 |

| Sieleinzugs- gebiet | Gewässerstatio- nierung [m] | Zu reduzierende Fracht [kg/a] | Erforderlicher Wirkgrad | Ranking |
|------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------|
| 56620013 | 1+790 | 113 | 6% | 13 |
| 56620012 | 1+786 | 767 | 39% | 5 |
| 56620011 | 1+538 | 1205 | 36% | 2 |
| 56620010 | 1+409 | 106 | 12% | 15 |
| 56620009 | 1+395 | 830 | 25% | 4 |
| 56620007 | 1+394 | 859 | 41% | 3 |
| 56620006 | 1+309 | 0 | 0% | 21 |
| 56620005 | 1+088 | 60 | 11% | 17 |
| 56620003 | 0+911 | 0 | 0% | 20 |
| 56620004 | 0+858 | 0 | 0% | 29 |
| 56620002 | 0+856 | 89 | 29% | 14 |
| 56620001 | 0+462 | 167 | 41% | 12 |
| 56630003 | 0+000 | 601 | 20% | 6 |

Auf der Grundlage der oben aufgeführten Auswertungen werden folgende Punkte festgehalten:

- Die theoretische emissionsseitige jährliche Gesamtfracht für den Bornbach beträgt 48.041 kg/a für die Sieleinzugsgebiete und 15.672 kg/a für die FHH000001-Flächen, in der Summe also 63.713 kg/a.
- Das Einzugsgebiet 56620016, welches auch das flächig größte Sieleinzugsgebiet am Bornbach ist, trägt dabei etwa ein Drittel der Gesamtfracht bei.
- Etwa 80% der Gesamtfracht können 15 Einleitungen im Unterlauf bis Gewässerkilometer 0+2300 (Lage des HRB Diekmoor) zugeordnet werden. Die 14 Einleitungen im Oberlauf sind in der Summe für nur etwa 20% des jährlichen Stoffeintrags verantwortlich.
- Der Bedarf einer emissionsseitigen Reduzierung des Stoffeintrags besteht bei 18 von 29 Sieleinzugsgebieten.
- Die theoretische jährliche AFS63-Fracht des nördlich des HRB Diekmoor einleitenden Gebietes (56620016) muss um 2.574 kg/a reduziert werden.
- Weitere prioritäre Sieleinzugsgebiete (bezogen auf den Reduzierungsbedarf) befinden sich im Unterlauf des Rückhaltebeckens Diekmoor. Die zu reduzierende Fracht der Sieleinzugsgebiete 56620011 (Rang 2), 56620007 (Rang 3) und 56620009 (Rang 4) liegt in der Summe bei etwa 3.599 kg/a. Diese Fracht wird innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Gewässerstrecke in den Bornbach eingetragen.
- In Abb. 25 wird der angestrebte, einzugsgebietsbezogene Reinigungsgrad für die Reduzierung des Frachteintrags dargestellt. In dieser Karte wird ersichtlich, dass eventuelle einzugsgebietsbezogene Maßnahmen für das große, östliche gelegene Regeneinzugsgebiet mit dem höchsten absoluten Frachteintrag den Stoffeintrag in der Summe um 16% reduzieren sollten.

- Die höchste Reinigungswirkung bezogen auf eine einzelne Regeneinzugsgebietsfläche wird bei der Parkplatzfläche am Kiwitteemoor benötigt (59 %).
- Für die Flächen mit den Einleitstellen rund um die Langenhorner Chaussee, für die bereits ein hoher *absoluter* Reduzierungsbedarf identifiziert wurde (Abb. 24), wird ebenfalls ein hoher, einzugsgebietsbezogener Reinigungsgrad von 40-50% ermittelt.

FHH00001-Flächen

Durch die vorwiegend der Kategorie I zugehörigen FHH00001-Gebiete (grün in Abb. 19) wird unter Berücksichtigung der Reinigungswirkung von Gräben (siehe Kapitel 3.2.1) der spezifische Schwellenwert von 280 kg/ha-a bei den FHH00001-Flächen nicht überschritten¹.

Bei der Immissionsfracht (Kapitel 4.2.2) wird der Einfluss der FHH00001-Flächen gesondert untersucht.

4.2.2 Immissionsseitige stoffliche Ergebnisse

AFS63-Frachten

Nach dem *vereinfachten* Nachweis betragen die berechneten mittleren Konzentrationen am Bornbach km 0+000 (vollständiges Einzugsgebiet) 42 mg/l.

Durch die Überschreitung von 30 mg/l muss ergänzend der detaillierte Nachweis geführt werden.

Die immissionsseitigen stofflichen Ergebnisse für den detaillierten Nachweis werden wie folgt dargestellt:

- Kartografische Darstellung der berechneten AFS63-Konzentrationen bei einer Überlagerung eines Gewässerabflusses = MNQ mit den Sielabflüssen sowie im langjährigen Mittel (Abb. 27 und Abb. 28)
- Längsschnitt der berechneten AFS63-Konzentrationen im langjährigen Mittel und bei einem Gewässerabfluss = MNQ (Abb. 29)
- Zusammenfassende Tabelle der berechneten AFS63-Konzentrationen bei einer Überlagerung eines Gewässerabflusses = MNQ mit den Sielabflüssen und bei einem langjährigen Mittel (Tab. 11)

Zusätzlich wird in Anhang C eine Zeitreihe der berechneten AFS63-Konzentrationen über einen Zeitraum von 20 Jahren dargestellt.

¹ Die Ausnahme bildet eine vernachlässigbare Fläche innerhalb des Teileinzugsgebiets 119_6300 mit einer Überschreitung von 9 kg/a

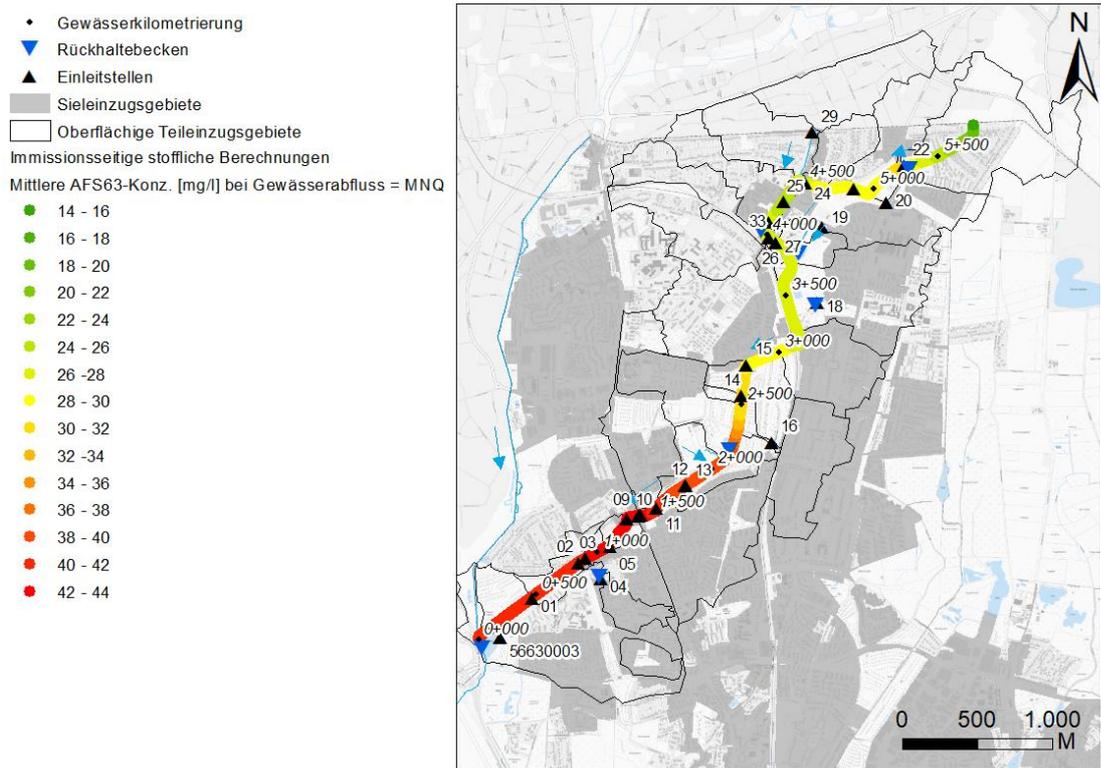


Abb. 27: Kartografische Darstellung der berechneten mittleren AFS63-Konzentrationen bei einem Gewässerabfluss = MNQ

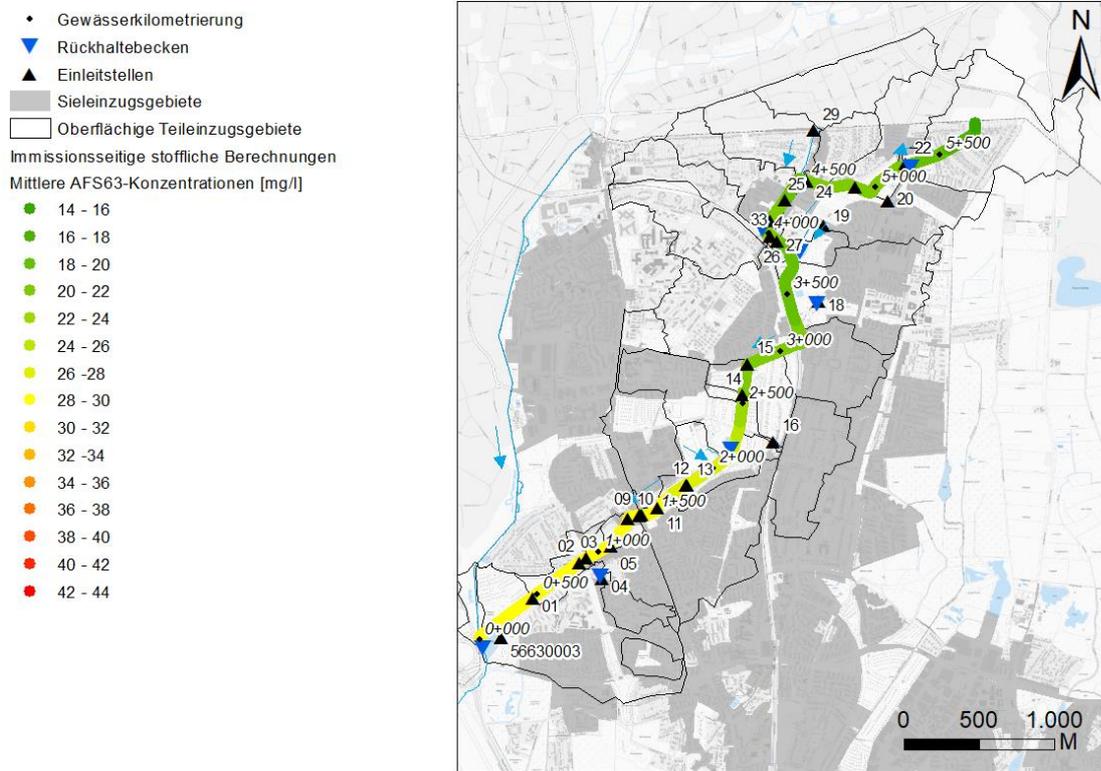


Abb. 28: Kartografische Darstellung der berechneten mittleren AFS63-Konzentrationen im langjährigen Mittel

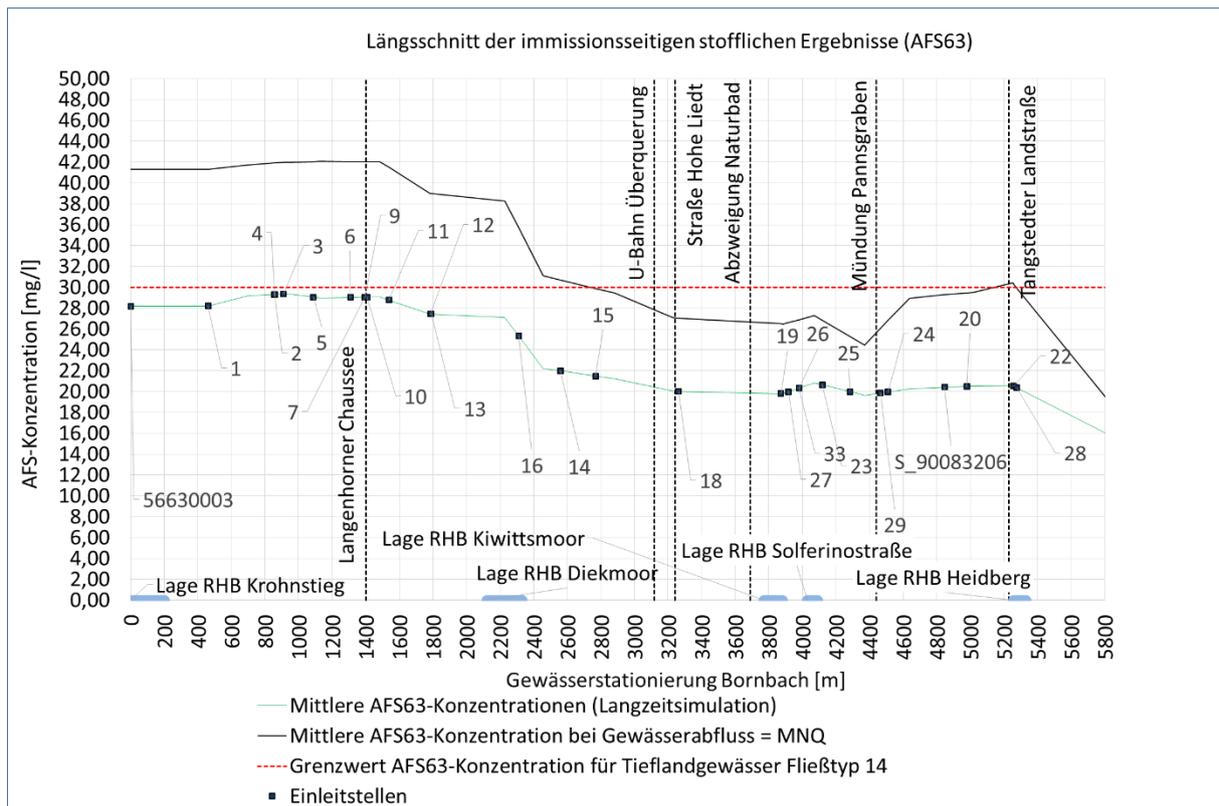


Abb. 29: Längsschnitt der mittleren AFS63-Konzentration (Vergleich Gewässerabfluss = MNQ und Gewässerabfluss aus Langzeitsimulation), die Nummern in der Grafik beziehen sich auf die Einleitstellen

Tab. 11: Einleitstellen, berechnete mittlere AFS63-Konzentrationen

| Einleitstelle | Gewässerstationierung [m] | Mittlere AFS63-Konzentrationen, Gewässerabfluss = MNQ [mg/l] | Mittlere AFS63-Konzentrationen, Gewässerabfluss aus Langzeitsimulation [mg/l] |
|---------------|---------------------------|--|---|
| 56620028 | 5+276 | 29,9 | 20,4 |
| 56620022 | 5+257 | 30,3 | 20,5 |
| 56620020 | 4+978 | 29,5 | 20,5 |
| S_90083206 | 4+846 | 29,3 | 20,4 |
| 56620024 | 4+510 | 26,8 | 20,0 |
| 56620029 | 4+465 | 26,1 | 19,9 |
| 56620025 | 4+284 | 25,3 | 20,0 |
| 56620023 | 4+118 | 26,8 | 20,7 |
| 56620033 | 3+980 | 26,9 | 20,3 |
| 56620026 | 3+979 | 26,9 | 20,3 |
| 56620027 | 3+917 | 26,6 | 20,0 |
| 56620019 | 3+872 | 26,5 | 19,8 |

| Einleitstelle | Gewässerstationierung [m] | Mittlere AFS63-Konzentrationen, Gewässerabfluss = MNQ [mg/l] | Mittlere AFS63-Konzentrationen, Gewässerabfluss aus Langzeitsimulation [mg/l] |
|---------------|---------------------------|--|---|
| 56620018 | 3+262 | 27,0 | 20,0 |
| 56620015 | 2+768 | 29,9 | 21,5 |
| 56620014 | 2+559 | 30,7 | 22,0 |
| 56620016 | 2+310 | 35,7 | 25,4 |
| 56620013 | 1+790 | 39,0 | 27,4 |
| 56620012 | 1+786 | 39,0 | 27,4 |
| 56620011 | 1+538 | 41,5 | 28,8 |
| 56620010 | 1+409 | 42,0 | 29,1 |
| 56620009 | 1+395 | 42,0 | 29,1 |
| 56620007 | 1+394 | 42,0 | 29,1 |
| 56620006 | 1+309 | 42,0 | 29,0 |
| 56620005 | 1+088 | 42,1 | 29,1 |
| 56620003 | 0+911 | 42,0 | 29,4 |
| 56620004 | 0+858 | 41,9 | 29,3 |
| 56620002 | 0+856 | 41,9 | 29,3 |
| 56620001 | 0+462 | 41,3 | 28,2 |
| 56630003 | 0+000 | 41,3 | 28,2 |

Auf der Grundlage der oben aufgeführten Auswertungen werden folgende Punkte festgehalten:

- Der Vergleich mit dem vereinfachten Verfahren zeigt, dass bei gleichen Randbedingungen das N-A-Transportmodell die gleichen Belastungswerte produziert (siehe Zielstellung 1 in Kapitel 1). Der Belastungswert bei einem Gewässerabfluss = MNQ beträgt im detaillierten und im vereinfachten Verfahren 42 mg/l am Auslauf des Bornbachs (Gewässerstation 0+000). Das Modell ist geeignet, den geforderten detaillierten Nachweis entsprechend zu führen.
- Die Ergebnisse des stofflichen Immissionsnachweises bez. AFS63 werden maßgeblich bestimmt bzw. beeinflusst durch die zugrunde gelegten Annahmen des Gewässerabflusses und der damit verbundenen Grundfracht. Das N-A Transportmodell kann zielgerichtet eingesetzt werden, um verschiedene hydrologische Situationen und Szenarien abzubilden:
 - a.) Ein Gewässerabfluss = MNQ wird in diesem Projekt zum Nachweis der Methodenentwicklung gerechnet und zu Vergleichszwecken aufgeführt.
 - b.) Bei der gemäß DWA M-102-3 vorgeschlagenen Langzeitsimulation wird zur Ermittlung der mittleren, langjährigen Konzentration das gesamte Abflussspektrum, und nicht nur der Niedrigwasserabfluss berücksichtigt.

- Die *mittleren* AFS63-Konzentrationen steigen erwartungsgemäß Richtung Unterlauf durch die Zunahme der eingetragenen AFS63-Frachten an. Oberstromig der ersten Einleitung (56620028) ist dieser Anstieg bedingt durch das Zusammenwirken der Grundkonzentration des natürlichen Gewässerabflusses (15 mg/l), dem Eintrag der FHH00001-Flächen (Kapitel 4.2.1) und AD-Prozessen (Kapitel 0).
- Im weiteren Verlauf pendelt sich die mittlere AFS63-Konzentration durch die Einleitungen bei einem konstanten Gewässerabfluss = MNQ bei 26-28 mg/l und bei einer Langzeitsimulation bei 20-22 mg/l ein.
- Ab der Unterquerung der Straße Hohe Liedt wirken sich die kumulative AFS63-Fracht (Anhang C) und insbesondere der punktuelle hohe Frachteintrag der Einleitstelle 56620016 deutlich auf die Erhöhung der mittleren AFS63-Konzentrationen im Gewässer aus. Im Ergebnis steigt die Gewässerkonzentration dort auf einer Gewässerstrecke von < 1 km bei einem Gewässerabfluss = MNQ auf deutlich über 30 mg/l (Überschreitung des Grenzwerts) und in der Langzeitsimulation um 20% auf 27 mg/l.
- Im weiteren Verlauf erreicht die mittlere AFS63-Konzentration aufgrund der bereits in der Emissionsbetrachtung identifizierten Belastung mehrerer Einleitstellen (Kapitel 4.2.1) 42 mg/l bei einem Gewässerabfluss = MNQ und 29 mg/l im Langzeitkontinuum. Der kritische Wert von 30 mg/l (DWA-M 102-3) wird bei der immissionsseitigen Betrachtung der mittleren AFS63-Konzentrationen im *Langzeitkontinuum* also *nicht* überschritten, wohl aber bei der Überlagerung der Siedlungsabflüsse mit einem konstanten Gewässerabfluss = MNQ.
- Die hohen AFS63-Konzentrationen von 29 mg/l unterstromig der Langenhorner Chaussee (km 1+400) bieten nicht nur bei einer Niedrigwassersituation, sondern auch bei einer Betrachtung im Langzeitkontinuum kaum Möglichkeiten für Erschließungen bzw. eine weitere Versiegelung im Einzugsgebiet des Bornbachs bei gleichzeitiger Vermeidung einer Überschreitung des Grenzwerts von 30 mg/l. Ein stofflicher Immissionsnachweis für einen sogenannten *Prognosezustand* wäre nur mit geeigneten Maßnahmen zur Reinigung zu erfüllen.
- Über einen Zeitraum von 20 Jahren sind bei der Berechnung des Langzeitkontinuums im Ist-Zustand bereits häufige Überschreitungen der Konzentrationen von 30 mg/l zu erwarten. Rd. 20% der Zeit liegen die AFS63-Konzentrationen > 30 mg/l. Insbesondere nach längeren Trockenphasen (Niedrigwasserabfluss) gefolgt von einem Niederschlagsereignis erreichen die Konzentrationen kurzfristig Werte von 65 mg/l im Unterlauf des Bornbachs (siehe Zeitreihe in Anhang C).

Sauerstoffkonzentrationen

Die einzelnen Plots der Häufigkeit/Dauerstufen-Analyse für Unterschreitungen kritischer Sauerstoffkonzentrationen im Unterlauf von Einleitungsstellen (Kapitel 0) sind Anhang C zu entnehmen. Abb. 30 zeigt exemplarisch die Auswertung der Sauerstoffkonzentrationen am HRB Heidberg.

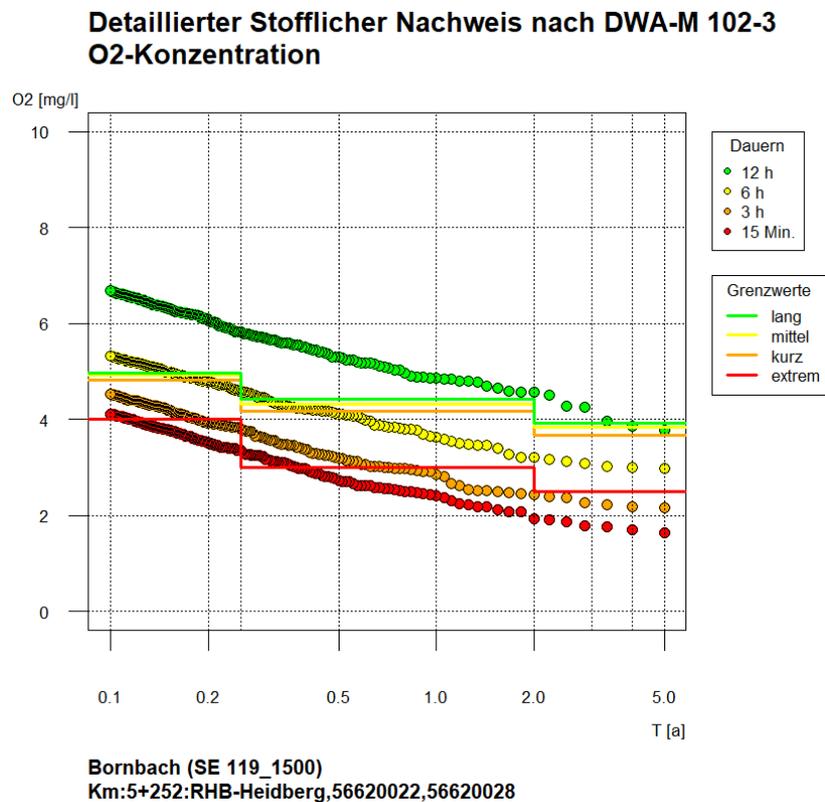


Abb. 30: Beispiel eines Bewertungsplots zum Nachweis der Unterschreitung von kritischen Sauerstoffkonzentrationen bei verschiedenen Häufigkeits-Dauer-Stufen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse wie folgt zusammengefasst:

- Kartografische Darstellung der Unterschreitungen von Sauerstoffkonzentrationen (Abb. 31). Die Kategorie „1“ bedeutet, dass die O₂-Konzentrationen der entsprechenden Häufigkeits-Dauerstufe unterschritten wird, bei der Kategorie „0“ hingegen nicht.
- Längsschnitt der Sauerstoffkonzentrationen: Die Anzahl der Kategorien (Kombinationen von Dauerstufe und Häufigkeit), bei denen eine Unterschreitung der O₂-Konzentration berechnet wurde, wird entlang der Gewässerachse aufgetragen (Abb. 32). Die Zahl 12 bezeichnet ein Sauerstoffdefizit bei allen 12 Häufigkeits-Dauerklassen. Die Zahl 0 heißt, dass Unterschreitungen bei keiner der Häufigkeits-Dauer-Klassen berechnet wurden.
- Zusammenfassende Tabelle der Auswertung der Häufigkeits-Dauer-Analyse für die Ermittlung des Sauerstoffdefizits im Bornbach (Tab. 12)

Zusätzlich wird in Anhang C eine Zeitreihe der berechneten Sauerstoffkonzentrationen über einen Zeitraum von 20 Jahren dargestellt.

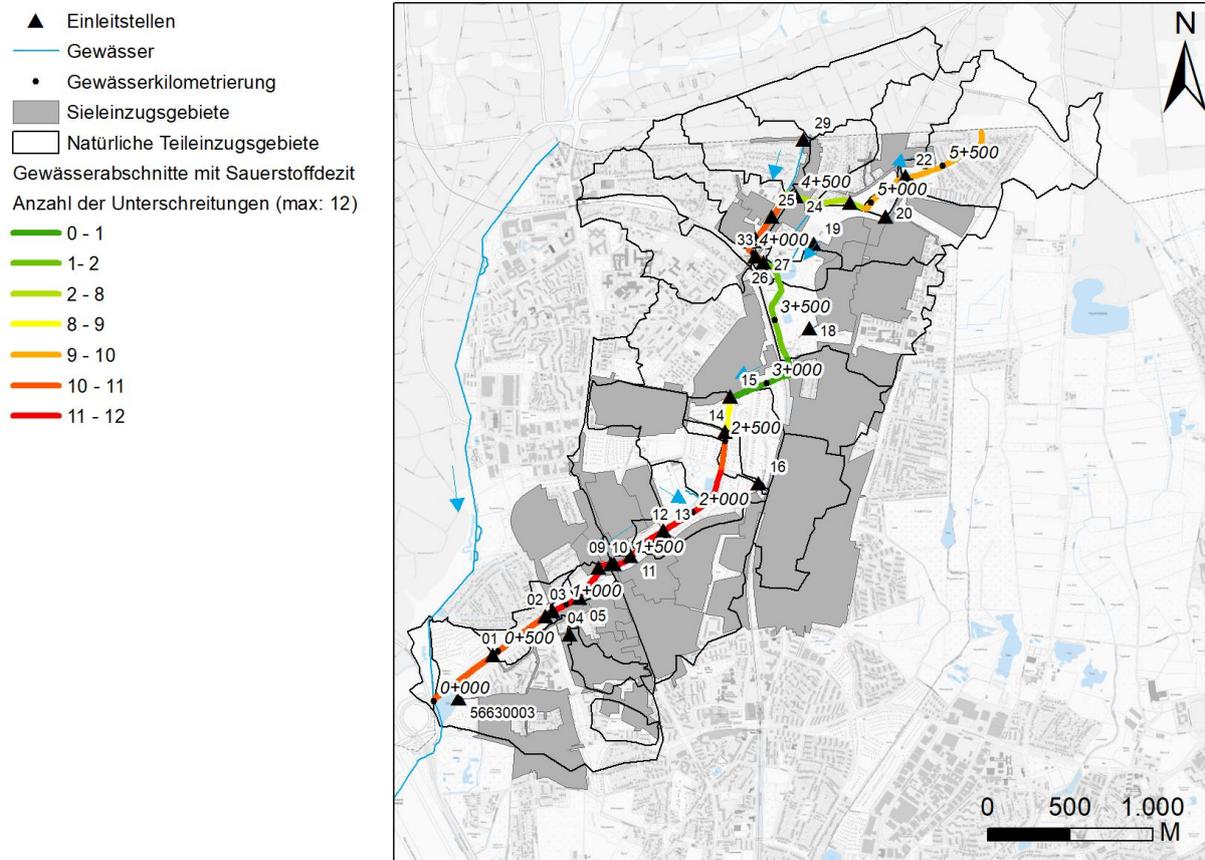


Abb. 31: Darstellung der Gewässerabschnitte mit Unterschreitungen der Grenzwerte für Sauerstoff bei der Häufigkeits-Dauer-Analyse der akuten Belastungen

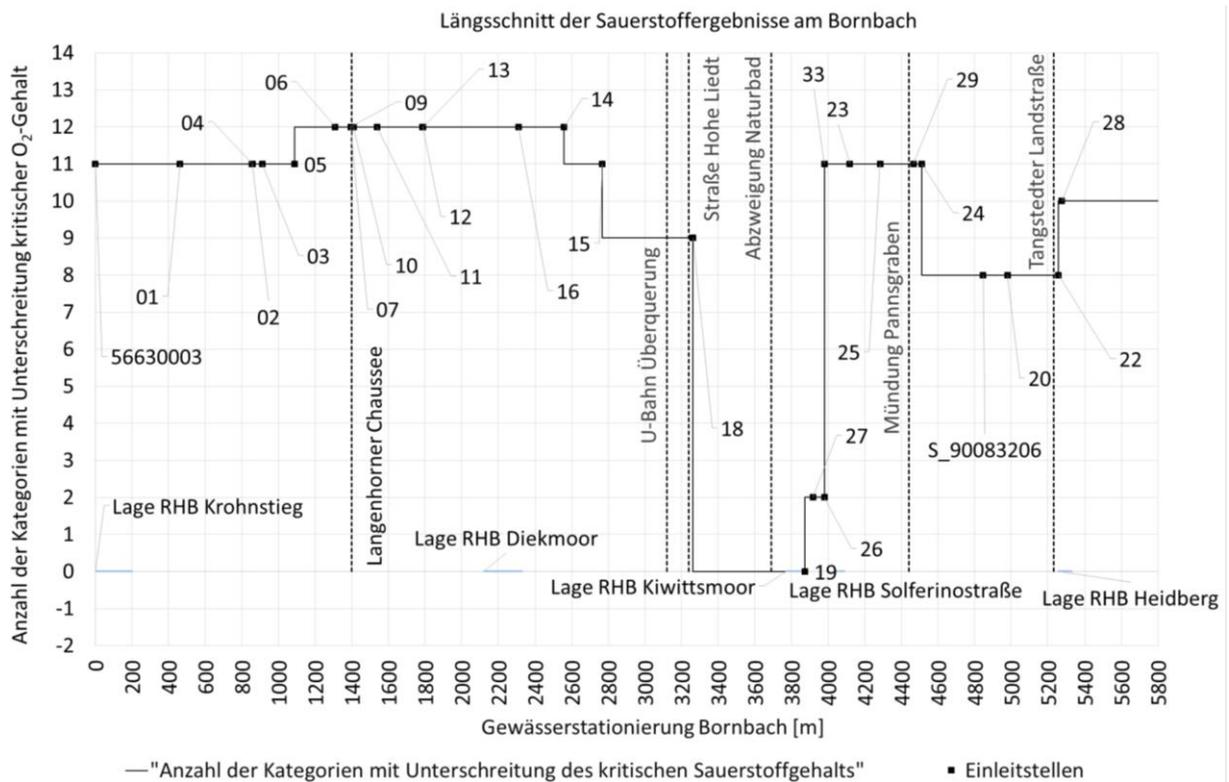


Abb. 32: Längsschnitt mit Anzahl der Kategorien mit Unterschreitungen der Grenzwerte für Sauerstoff bei der Häufigkeits-Dauer-Analyse der akuten Belastungen

Tab. 12: Aufstellung der Unterschreitungen (= 1) an allen Einleitstellen für die zu überprüfenden Häufigkeits-Dauerstufen-Klassen bezüglich der Sauerstoffkonzentrationen

| Häufigkeit: | | n < 0,5 | | | | 0,5 =< n < 4,0 | | | | 4 =< n < 25 | | | | Anzahl der Kategorien mit Unterschreitung der Grenzwerte | Ranking |
|----------------|---------|-----------------|------------|--------------|-------------|-------------------|------------|--------------|-------------|----------------------|------------|--------------|-------------|--|---------|
| Jährlichkeit: | | T > 2 a | | | | 0,25 a =< T < 2 a | | | | 0,04 a =< T < 0,25 a | | | | | |
| Bezeichnung: | | Selten | | | | Mittel | | | | Häufig | | | | | |
| Einleitstellen | Station | Extrem (15 min) | Kurz (3 h) | Mittel (6 h) | Lang (12 h) | Extrem (15 min) | Kurz (3 h) | Mittel (6 h) | Lang (12 h) | Extrem (15 min) | Kurz (3 h) | Mittel (6 h) | Lang (12 h) | | |
| 56620028 | 5276 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 10 | 21 |
| 56620022 | 5257 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 10 | 21 |
| 56620020 | 4978 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 8 | 24 |
| S_90083206 | 4846 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 8 | 24 |
| 56620024 | 4510 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 8 | 24 |
| 56620029 | 4465 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |
| 56620025 | 4284 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |

| Häufigkeit: | | n < 0,5 | | | | 0,5 ≤ n < 4,0 | | | | 4 ≤ n < 25 | | | | Anzahl der Kategorien mit Unterschreitung der Grenzwerte | Ranking |
|----------------|---------|-----------------|------------|--------------|-------------|------------------|------------|--------------|-------------|---------------------|------------|--------------|-------------|--|---------|
| Jährlichkeit: | | T > 2 a | | | | 0,25 a ≤ T < 2 a | | | | 0,04 a ≤ T < 0,25 a | | | | | |
| Bezeichnung: | | Selten | | | | Mittel | | | | Häufig | | | | | |
| Einleitstellen | Station | Extrem (15 min) | Kurz (3 h) | Mittel (6 h) | Lang (12 h) | Extrem (15 min) | Kurz (3 h) | Mittel (6 h) | Lang (12 h) | Extrem (15 min) | Kurz (3 h) | Mittel (6 h) | Lang (12 h) | | |
| 56620023 | 4118 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |
| 56620033 | 3980 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |
| 56620026 | 3979 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |
| 56620027 | 3917 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 27 |
| 56620019 | 3872 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 27 |
| 56620018 | 3262 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 |
| 56620015 | 2768 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 9 | 23 |
| 56620014 | 2559 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |
| 56620016 | 2310 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 1 |
| 56620013 | 1790 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 1 |
| 56620012 | 1786 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 1 |
| 56620011 | 1538 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 1 |
| 56620010 | 1409 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 1 |
| 56620009 | 1395 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 1 |
| 56620007 | 1394 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 1 |
| 56620006 | 1309 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 1 |
| 56620005 | 1088 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 1 |
| 56620003 | 911 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |
| 56620004 | 858 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |
| 56620002 | 856 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |
| 56620001 | 462 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |
| 56630003 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 10 |

- Der Oberlauf bis zur Einmündung des Pannsgrabens zeigt mit Ausnahme der langen Einwirkzeiten ein Sauerstoffdefizit auf.
- In dem Gewässerabschnitt bis zum HRB Solferinostraße ist nur in der Kategorie der häufigen Ereignisse mit langen Einwirkzeiten ausreichend Sauerstoff im Gewässer gelöst.
- Der Gewässerabschnitt zwischen Kiwitte Moor und der U-Bahn-Überquerung ist verhältnismäßig sauerstoffreich.

- Im weiteren Verlauf stellt sich insbesondere ab der Einleitung 566200016 eine ausgeprägte Sauerstoffarmut über das gesamte Spektrum der Einwirkzeiten und Häufigkeiten ein.
- Im teilweise renaturierten Unterlauf des Bornbachs ist nur bei langen Einwirkzeiten in der Häufigkeitsklasse $4 \leq n < 25$ kein Sauerstoffdefizit zu vermerken.

Die auslösenden Faktoren für einen Sauerstoffdefizit bei verschiedenen Häufigkeiten und Einwirkzeiten sind vielfältig:

- Der Hauptgrund für das Sauerstoffdefizit durch Sieleinleitungen ist die Tatsache, dass Niederschlagswasser von befestigten Flächen einen hohen biologischen Sauerstoffbedarf (BSB_5) von 12 mg/l aufweist. Dieser führt bei der Einleitung in den Bornbach zu einer Sauerstoffzehrung im Gewässer.
- Die Wiederbelüftungsrate ist eingeschränkt durch langsam fließendes Gewässer bei einem flachen Sohlgefälle sowie rückgestauten Bereichen mit entsprechenden Wassertiefen, insbesondere bei den vorhandenen HRB.
- Der etwa 1 Kilometer lange Zwischenbereich mit guten Sauerstoffbedingungen ist begründet durch die verhältnismäßig größere Distanz zwischen Einleitstellen und eine höhere Fließdynamik in einem renaturierten Bereich.

5 Defizitanalyse und Priorisierung

5.1 Defizitanalyse

Die Auswertung der emissions- und immissionsseitigen hydrologischen und stofflichen Ergebnisse ermöglicht eine Defizitanalyse für die Auswirkungen von Niederschlagseinleitungen im EZG des Bornbachs (Tab. 13).

Tab. 13: Defizitanalyse Bornbach

| Bewertung | Kategorie | Parameter/Kriterium | Nachweis erfüllt | Ergebnis |
|--------------------|--------------|---|------------------|-----------------------------------|
| Emissionsnachweis | Hydrologisch | Einhaltung Drosselmenge von 10 l/s/ha (BUKEA, , 2022 Niederschrift und mündliche Mitteilung) an der Sieleinleitung | Nein | Defizit |
| Immissionsnachweis | Hydrologisch | $HQ_{1,ist} \leq HQ_{2,pnat}$ | Nein | Defizit |
| Emissionsnachweis | Stofflich | Spezifische AFS63-Fracht < 280 kg/ha/a an der Einleitung | Nein | Defizit |
| Immissionsnachweis | Stofflich | AFS63-Konzentration im Bornbach < 30mg/l im lang-jährigen Mittel | Teilweise | Defizit bei Gewässerabfluss = MNQ |
| Immissionsnachweis | Stofflich | Keine Unterschreitung der kritischen O ₂ -Konzentrationen im Bornbach in Abhängigkeit der Häufigkeit/Einwirkzeit | Nein | Defizit |

1. Aus hydrologischer Sicht ist der Rückhalt in den Sieleinzugsgebieten (emissionsseitig) nicht ausreichend, um eine hydrologische Belastung bei einem 30-jährlichen Regenereignis zu verhindern. Das resultierende Defizit ist eine punktuelle Belastung durch hohe Abflüsse an den meisten Einleitstellen. In dem Einflussbereich der Einleitungen können erhöhte Strömungen und Erosion den ökologischen Zustand des Gewässers nachhaltig gefährden.
2. Immissionsseitig führt die Tatsache, dass $HQ_{1,ist} > HQ_{2,pnat}$ insbesondere zu dem Defizit, dass die Wiederbesiedlung des Bornbachs erheblich erschwert wird.
3. Bei dem ermittelten stofflichen Emissionspotenzial ist auch unter Berücksichtigung entsprechender Reinigungswirkungen in den Sieleinzugsgebieten eine zu hohe AFS63-Fracht zu vermerken. Das resultierende Defizit entsteht u.a. durch den erhöhten Eintrag von potenziell krankheitserregenden, sedimentgebundenen Schadstoffen und das Risiko von Kolmation.
4. Aus immissionsseitiger Sicht ist die mittlere AFS63-Konzentration abhängig vom Gewässerabfluss. Bei einem Niedrigwasserabfluss wird der Grenzwert von 30 mg/l überschritten, was zu einer ökologischen Gefährdung und Kolmation im Gewässer

führt. Bei mittleren Abflussverhältnissen wird die kritische Konzentration im langjährigen Mittel nur geringfügig unterschritten. Bei diesem Szenario ist insbesondere bei zukünftigen Planungen ein weiterer Frachteintrag zu vermeiden, um den ökologischen Zustand des Bornbachs nicht zusätzlich zu gefährden.

5. Durch die hohe Sauerstoffzehrung aufgrund eingeleitetem Niederschlagswasser und geringer Wiederbelüftungsrate in der fließenden Welle werden aus immissionsseitiger stofflicher Sicht in den meisten Gewässerabschnitten des Bornbachs Unterschreitungen der kritischen Sauerstoffkonzentrationen ermittelt. Im Ergebnis liegt im Bornbach folgendes Defizit vor: Der Sauerstoffgehalt bei verschiedenen Häufigkeiten und Einwirkzeiten unterschreitet die Mindestkonzentration für die meisten Wasserorganismen.

5.2 Priorisierung

Bei den genannten Defiziten ist grundsätzlich der gesamte Bornbach betroffen, allerdings in unterschiedlichem Maße. Anhand der Auswertungen werden Bereiche identifiziert, wo die hydrologischen und stofflichen Belastungen am höchsten sind. Durch eine entsprechende Analyse wird eine räumliche und zeitliche *Priorisierung* von Handlungsschwerpunkten erstellt.

Die Kriterien für die Ermittlung der höchsten Belastungen sind in Tab. 14 aufgeführt:

Tab. 14: Kriterien zur Priorisierung von Handlungsschwerpunkten

| Bewertung | Kategorie | Parameter/Kriterium für die Priorisierung |
|--------------------|--------------|--|
| Emissionsnachweis | Hydrologisch | Erforderliches Rückhaltevolumen [m ³] zur Einhaltung der maximalen Drosselmenge |
| Immissionsnachweis | Hydrologisch | Bei Erfüllung der Bedingung $HQ_{1,1st} \geq HQ_{2,pnat}$: Veränderung des $HQ_{1,1st}$ zwischen zwei Einleitungen |
| Emissionsnachweis | Stofflich | Priorisierung gem. Ranking-Methode BUKEA (siehe Kapitel 3.2.1) |
| Immissionsnachweis | Stofflich | Bei Erfüllung der Bedingung langjährige mittlere AFS63-Konzentration > 30 mg/l: Priorisierung der Einleitstellen im Oberlauf dieser Überschreitung, welche zum höchsten Anstieg der AFS63-Konzentration im Gewässer führen |
| Immissionsnachweis | Stofflich | Anzahl der Unterschreitungen der kritischen Sauerstoffkonzentration in der Prüfmatrix (max. 12) |

Die Priorisierung wird anhand eines Ampelverfahrens durchgeführt (Tab. 15). Einleitstellen, bei denen in der entsprechenden Kategorie die höchste Belastung ermittelt wurde, werden anhand eines Rankings priorisiert und farblich abgestuft dargestellt. Im Ergebnis werden die Handlungsschwerpunkte (Tab. 15) und die entsprechenden Gebiete für die Priorisierung abgeleitet (Abb. 33).

Tab. 15: Ableitung von Handlungsschwerpunkten anhand eines Ampelverfahrens zur Priorisierung

| Einleitung | Gewässerstationierung [m] | Hydrologisch, Emission | Hydrologisch, Immission | Stofflich, Emission (AFS63) | Stofflich, Immission (AFS63) bei einem Gewässerabfluss von MNQ | Stofflich, Immission (AFS63) bei einem Gewässerabfluss aus der Langzeitsimulation | Stofflich, Immission (O ₂) | Ergebnis |
|------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|---|--|----------------------|
| 56620028 | 5+276 | 21 | 4 | 25 | 13 | 29 | 21 | Handlungsschwerpunkt |
| 56620022 | 5+257 | 17 | 3 | 10 | 9 | 29 | 21 | |
| 56620020 | 4+978 | 14 | 6 | 9 | 28 | 29 | 24 | |
| S_90083206 | 4+846 | 22 | 19 | 22 | 23 | 29 | 24 | |
| 56620024 | 4+510 | 12 | 1 | 27 | 29 | 29 | 24 | Handlungsschwerpunkt |
| 56620029 | 4+465 | 24 | 8 | 24 | 26 | 29 | 10 | |
| 56620025 | 4+284 | 11 | 2 | 26 | 27 | 29 | 10 | |
| 56620023 | 4+118 | 27 | 26 | 18 | 5 | 29 | 10 | |
| 56620033 | 3+980 | 25 | 29 | 16 | 10 | 29 | 10 | |
| 56620026 | 3+979 | 23 | 25 | 23 | 18 | 29 | 10 | |
| 56620027 | 3+917 | 28 | 28 | 8 | 24 | 29 | 27 | |
| 56620019 | 3+872 | 26 | 27 | 19 | 22 | 29 | 27 | |
| 56620018 | 3+262 | 16 | 18 | 28 | 7 | 29 | 29 | |
| 56620015 | 2+768 | 6 | 12 | 7 | 3 | 29 | 23 | Handlungsschwerpunkt |
| 56620014 | 2+559 | 4 | 15 | 11 | 6 | 29 | 10 | |
| 56620016 | 2+310 | 1 | 9 | 1 | 1 | 29 | 1 | |
| 56620013 | 1+790 | 5 | 11 | 13 | 2 | 29 | 1 | |
| 56620012 | 1+786 | 9 | 24 | 5 | 12 | 29 | 1 | |
| 56620011 | 1+538 | 3 | 7 | 2 | 4 | 29 | 1 | |
| 56620010 | 1+409 | 10 | 14 | 15 | 8 | 29 | 1 | |
| 56620009 | 1+395 | 2 | 20 | 4 | 15 | 29 | 1 | |
| 56620007 | 1+394 | 8 | 23 | 3 | 14 | 29 | 1 | |
| 56620006 | 1+309 | 18 | 16 | 21 | 16 | 29 | 1 | |
| 56620005 | 1+088 | 13 | 10 | 17 | 11 | 29 | 1 | |
| 56620003 | 0+911 | 7 | 5 | 20 | 21 | 29 | 10 | |
| 56620004 | 0+858 | 15 | 17 | 29 | 20 | 29 | 10 | |
| 56620002 | 0+856 | 20 | 22 | 14 | 17 | 29 | 10 | |
| 56620001 | 0+462 | 19 | 13 | 12 | 25 | 29 | 10 | |
| 56630003 | 0+000 | 29 | 21 | 6 | 19 | 29 | 10 | |

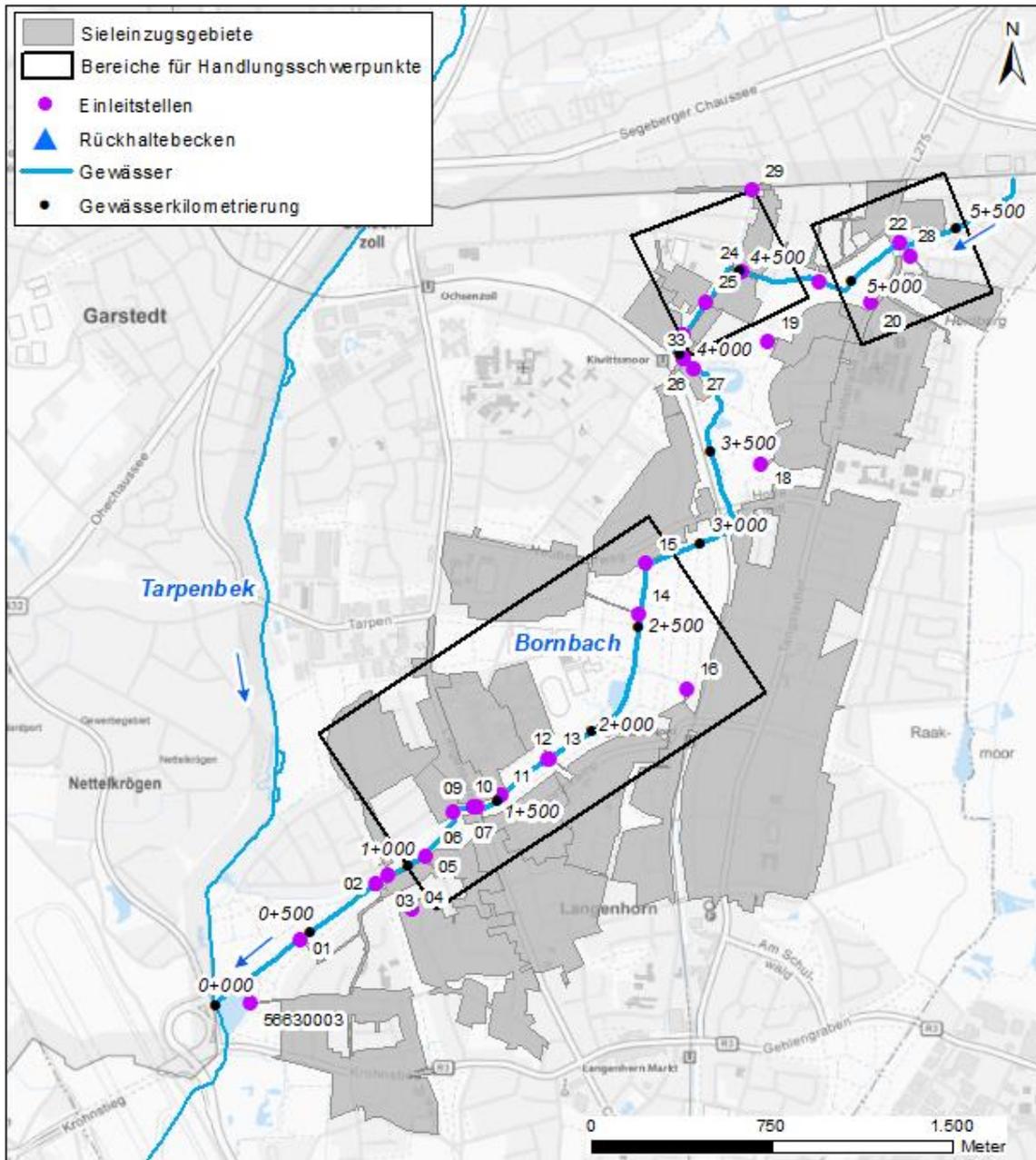


Abb. 33: Darstellung der Bereiche für die Priorisierung von Handlungsschwerpunkten

6 Darstellung grundlegender Maßnahmen

6.1 Handlungsschwerpunkte und Überprüfung des Maßnahmenbedarfs

Die emissions- und immissionsseitigen Auswertungen des *Ist-Zustands*, gefolgt von einer Defizitanalyse und einer Priorisierung von Gewässerabschnitten, haben den Bedarf an Reinigung und Rückhalt von Niederschlagswasser/Einleitungsabflüssen sowie Sauerstoffanreicherung im Gewässer aufgezeigt.

Bei der Ermittlung von Maßnahmenvorschlägen werden in Abstimmung mit der BUKEA folgende Handlungsschwerpunkte gelegt:

1. Maßnahmen zur Reduzierung der stofflichen Belastungen (Reinigungsanlagen)
2. Synergien der Maßnahmen zur Erhöhung des Rückhalts
3. Nennung des zusätzlichen Retentionsbedarfs (ohne weitere Konkretisierung)
4. Maßnahmen zur Sauerstoffanreicherung

Abb. 34 sind die Lagen der vorgeschlagenen Maßnahmenoptionen zu entnehmen. Der Zusammenhang zwischen Priorisierung und der Ableitung von Maßnahmen wird in Tab. 16 dargestellt. Zusätzlich zu der Priorisierung werden weitere Kriterien (Synergien, Lage, Konfliktpotenzial) bei den Maßnahmenvorschlägen berücksichtigt. Diese Kriterien sind in den folgenden Kapiteln aufgeführt.

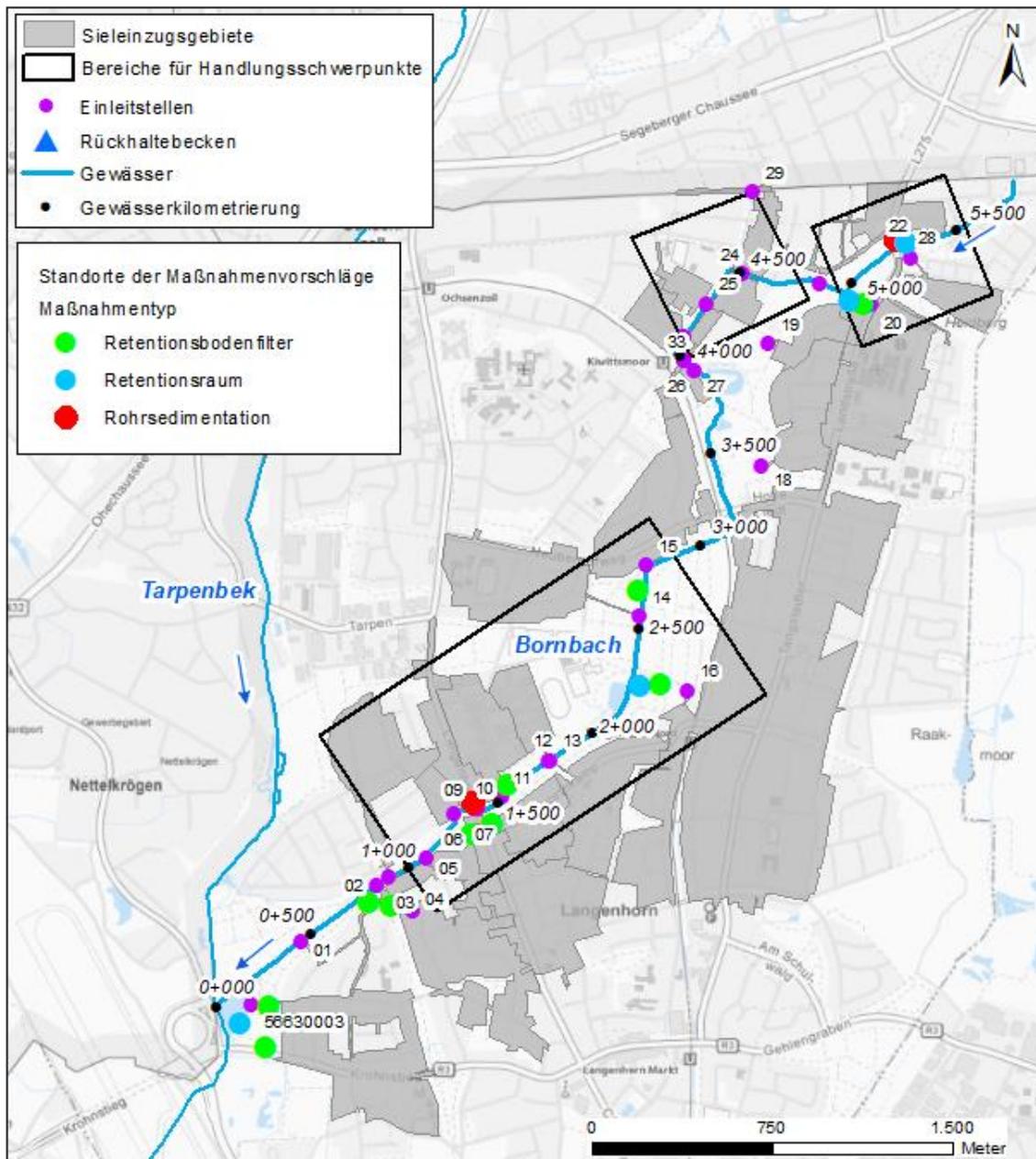


Abb. 34: Standorte der vorgeschlagenen Maßnahmen

Tab. 16: Zusammenhang zwischen dem Ergebnis der Priorisierung und dem abgeleiteten Maßnahmenverslag

| Sieleinzugsgebiet | Gewässerstation [m] | Ergebnis der Priorisierung | Maßnahmenvorschläge |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--|
| 56620028 - 56620022 | 5276 - 5257 | Handlungsschwerpunkt | Rohrsedimentation und Schaffung von Retentionsraum, Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| 56620020 | 4978 | Handlungsschwerpunkt | RBF mit Retentionsraum, Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| S_90083206 | 4846 | Kein Handlungsschwerpunkt | Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| 56620024 - 56620025 | 4510 - 4284 | Handlungsschwerpunkt | Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| 56620023 - 56620033 | 4118 - 3980 | Kein Handlungsschwerpunkt | Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| 56620026 - 56620018 | 3979 - 3262 | Kein Handlungsschwerpunkt | Keine |
| 56620015 - 56620014 | 2768 - 2559 | Handlungsschwerpunkt | RBF, Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| 56620016 | 2310 | Handlungsschwerpunkt | RBF, Retentionsraum, Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| 56620013 - 56620005 | 1790 - 1088 | Handlungsschwerpunkt | RBF, Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| 56620003 - 56620004 | 911 - 858 | Kein Handlungsschwerpunkt | Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| 56620002 | 856 | Kein Handlungsschwerpunkt | RBF, Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| 56620001 | 462 | Kein Handlungsschwerpunkt | Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |
| 56620003 | 0 | Kein Handlungsschwerpunkt | RBF, Maßnahmen im Gewässer zur O ₂ -Anreicherung |

6.2 Maßnahmenkonzeption

6.2.1 Retention und Reinigung in den Sieleinzugsgebieten

Um die Gewässerbelastung sowohl hydrologisch/hydraulisch als auch stofflich zu reduzieren, sind Maßnahmen zur Entlastung des Gewässers nach Möglichkeit vor der Einleitung in den Bornbach (emissionsseitig) zu ergreifen.

Das erforderliche emissionsseitige Retentionsvolumen wird bei der überschlägigen Entwicklung von Maßnahmenvorschlägen nach dem Verfahren nach DWA-A 117 bemessen (Kapitel 3.1.1). Bei einer weiteren Konkretisierung der Maßnahmen wird ein immissionsseitiger Nachweis analog zum Ist-Zustand anhand einer hydrologischen Langzeitsimulation empfohlen (Kapitel 3.1.2). Als Maßnahmen zur Retention kommen beispielsweise Regenrückhaltebecken (RRB) zum Einsatz, welche den Abfluss zwischenspeichern und anschließend verzögert und gedrosselt in das Gewässer abgeben und so vor allem die hydraulische Belastung reduzieren.

Aus stofflicher Sicht wird eine Reinigung von Regenwasser emissionsseitig vor der Einleitung in die Vorflut benötigt (Kapitel 4.2.1). Dies kann durch dezentrale, semizentrale oder zentrale Behandlungsanlagen erfolgen.

- *Dezentrale* Anlagen zeichnen sich dadurch aus, dass das zu reinigende Niederschlagswasser in unmittelbarer Nähe der Flächen, auf denen es anfällt, gereinigt wird. Hierzu zählen beispielsweise *Filtereinsätze* in Straßenabläufen. Aufgrund des geringen Kosten-Nutzen-Verhältnisses werden dezentrale Anlagen im Rahmen dieser Studie nicht weiter betrachtet.
- *Zentrale* Maßnahmen sammeln und reinigen das Niederschlagswasser größerer Entwässerungsflächen eines Teilgebiets oder eines gesamten Einzugsgebiets. Dazu gehören beispielweise *Retentionsbodenfilteranlagen (RBF)* oder Schilfsedimentationsklärer.
- Bei der semizentralen Behandlung erfolgt die Reinigung des verschmutzten Niederschlagswassers innerhalb des Kanalnetzes vor der Vermischung mit unbelastetem Niederschlagswasser. Ein Beispiel für semizentrale Regenwasserbehandlungsanlagen sind Rohrsedimentationsanlagen, die zur Reinigung des Niederschlagswassers belasteter Straßenzüge eingesetzt werden können.
- Des Weiteren können die Reinigungsanlagen in Anlagen zur *Sedimentation* und Anlagen zur *Filtration* unterteilt werden. Erstere führen durch eine Speicherung und Strömungsberuhigung durch physikalische Prozesse zu einem Absetzen der Partikel (z.B. Schilfsedimentationsklärer, Lamellenklärer ohne Dauerstau). Filtrationsanlagen erreichen einen höheren Stoffrückhalt durch zusätzliche Reinigungsmechanismen wie Sorption, Ionentausch und biochemischen Stoffumsatz (z.B. RBF).

Bei der Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen werden prioritär folgende Möglichkeiten näher betrachtet:

Retentionsbodenfilteranlagen (RBF)

Retentionsbodenfilteranlagen (RBF) sind zentrale Anlagen, welche eine hohe stoffliche Wirksamkeit aufweisen und zusätzlich eine Retentionswirkung haben. Aufgrund dieser Synergien werden RBF bei dieser Studie bei der Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen priorisiert.

Bei RBF handelt es sich um mit Schilf bepflanzte Filter, über denen ein Retentionsraum angeordnet ist. RBF bestehen aus einer Vorstufe zum Grobstoffrückhalt und einem gegen den Untergrund abgedichteten, vertikal durchströmten und mit Schilf bepflanzten Filter.

Die Filtration des Niederschlagswassers bei Durchsickern des Filteraufbaus stellt den primären Reinigungsprozess des RBF dar. Dadurch wird ein nahezu vollständiger Rückhalt von Feststoffen und daran gebundenen Schadstoffen erreicht (SenUMVK, 2018). Zusätzlich finden Umsetzungs- und Sorptionsprozesse im Filter statt, welche auch gelöste Abwasserinhaltsstoffe zurückhalten können. Gem. DWA-A 102-2 kann bezogen auf AFS63 für den filtrierte Volumenstrom ein Wirkungsgrad von 95% angesetzt werden.

Für den Überlauf in Durchlauffilterbecken kann ein Wirkungsgrad von 50% angenommen werden. RBF können im Vollstrom betrieben werden, es kann jedoch auch ausreichend sein, eine kritische Regenspende und damit einen Teilstrom des Niederschlagswassers im RBF zu reinigen. Die Bemessung von RBF ist im DWA-A 178 (DWA, 2019) geregelt.

Wegen der Sauerstoffarmut im Bornbach (Kapitel 4.2.2) sind bei der Gestaltung der Ablaufbedingungen von Retentionsbodenfiltern besondere Vorkehrungen zu treffen bzw. durch Maßnahmen im Gewässer zur Sauerstoffanreicherung (Kapitel 6.2.2) zu ergänzen. Eine Belüftung des Filterablaufs wird empfohlen. Durch das notwendige Pumpen von Niederschlagswasser bei verschiedenen vorgeschlagenen Maßnahmen (Kapitel 6.1 und Anhang E) findet bereits eine Sauerstoffanreicherung beim eingeleiteten Niederschlagswasser statt. Zudem sollen Beckenüberläufe zur Sauerstoffanreicherung z. B. über Sohlrampen ins Gewässer geführt werden.

Sedimentationsrohre

In dieser Studie werden auch semizentrale Anlagen in Form von *Sedimentationsrohren* (z.B. SediPipes der Firma Fränkische) betrachtet.

Sedimentationsrohre werden vorwiegend zur Reinigung von stärker verunreinigten Straßenabflüssen eingesetzt. Durch die Anordnung direkt im Straßenraum nehmen sie eine verhältnismäßig geringe Fläche in Anspruch.

Der Sedimentationstransport findet mit kurzen Sinkwegen hin zum Depot statt. Über dem Depot befindet sich ein integrierter Strömungstrenner, welcher die Remobilisierung von gesammelten Feststoffen auch bei starkem Regen verhindert (SenUMVK, 2018).

Nachteile dieser Anlagen sind die hohe Wartungsintensität, die mit einem kolmationsfreien Betrieb einhergeht und der im Vergleich zu anderen Anlagen verhältnismäßig geringe Wirkungsgrad.

Bei geeigneten Standorten könnten alternativ zu Sedimentationsrohren auch Lamellenklärer ohne Dauerstau zum Einsatz kommen. Dies ist im Einzelfall im Rahmen einer Machbarkeitsuntersuchung zu prüfen.

Betriebliche Maßnahmen

Ergänzend zu den oben genannten baulichen Maßnahmen können auch betriebliche Maßnahmen zu einer Entlastung des Gewässers beitragen. Hierzu zählen die Straßenreinigung sowie die Trummen- und Kanalreinigung. Für die Erreichung eines hohen Wirkgrads ist vor allem das Intervall der Reinigungsmaßnahmen maßgeblich (ifs, 2020).

6.2.2 Maßnahmen zur Sauerstoffanreicherung

Maßnahmen im Gewässerlauf sollen zusätzlich zu den Handlungsschwerpunkten der Sieleinzugsgebiete durchgeführt werden, um die Widerstandsfähigkeit des Gewässers gegenüber Einleitungen zu erhöhen und einem Sauerstoffdefizit (Kapitel 4.2.2) entgegen zu wirken.

Kolk-Furt Sequenzen (Brunke, Purps & Wirtz, 2012) in Kombination mit gezielten Einengungen des Niedrigwasserprofils bieten sich prioritär für die Erhöhung der Fließdynamik und Wiederbelüftungsrate im Bornbach aufgrund des vorhandenen geringen Fließgefälles an.

Des Weiteren soll die Umsetzung folgender Maßnahmen überprüft werden (siehe auch (Bezirksamt Hamburg Nord, 2011)):

- Aufweitung des Gewässerprofils mit Uferabflachungen an entsprechenden Stellen zur Reaktivierung natürlicher Überschwemmungsflächen und somit zur Abflussretention (z.B. Abschnitt unterhalb der Tangstedter Landstraße)
- Beschattungsmaßnahmen
- Gewässerstrukturmaßnahmen (Totholz, Störsteine, Eichenholzpfähle, Bühnen, Längsfaschinen)
- Gewässerverschwenkungen

Bei der Maßnahmengestaltung im Gewässer sollen Mindestwasserstände (in Abhängigkeit der dort lebenden Organismen) eingehalten werden. Es ist ein moderater Wechsel der Fließgeschwindigkeit durch Retentionsmaßnahmen zu erzielen. Dadurch soll sowohl Rückzugraum für die Organismen als auch gleichzeitig Retentionsvolumen für Hochwasserereignisse erreicht werden. Eine fachgerechte Umsetzung unter Einbezug weiterer Untersuchungen soll zudem die Entwicklung eigendynamischer Prozesse fördern, die zur Ausbildung von wertgebenden Strukturen führt.

Zum gewässerschonenden Betrieb der vorhandenen HRB wird die Umgestaltung von Drosselorganen empfohlen, damit die Scheitelanstiegs-Dynamik des Gewässerabflusses nachgeahmt werden kann (passives Drosselorgan ohne bewegliche Teile – siehe DWA-M 102-3). Weitere Lösungen zur Sauerstoffanreicherung können in Kombination mit anderen Maßnahmen erreicht werden, z.B. Gestaltung der Abläufe der Regenwasserbehandlungsanlagen und Entkopplung der HRB (siehe Kapitel 6.2.3).

6.2.3 Weitere Lösungen

Kombinierte Lösungen bezeichnen im Kontext dieser Studie Maßnahmen, welche gleichzeitig (übergreifend) den Gewässerverlauf und das entsprechende Sieleinzugsgebiet betreffen.

Für den Bornbach wird eine Entkopplung von HRB vom Gewässer in Verbindung mit Reinigungsanlagen vor Einleitung ins Gewässer (Kapitel 6.2.1) empfohlen (siehe Maßnahmensteckbriefe, Kapitel 6.5 und Anhang E).

Bei den HRB ist die physikalische Wiederbelüftungsrate aufgrund der vorhandenen hohen Wassertiefen und der lokal reduzierten Fließgeschwindigkeiten (Rückstau) besonders gering. Im Sommer droht durch eine Aufwärmung dieser Stillgewässerbereiche die Entstehung eines Sauerstoffdefizits im Gewässerverlauf mit einer entsprechenden Strahlwirkung.

Oftmals belasten in den Rückhaltebecken zudem Fischbesatz und Fischfütterung zusätzlich die Wasserqualität und das Sauerstoffdargebot in den Becken und weiterführendem Fließgewässer.

Durch eine Entkopplung der Hochwasserrückhaltebecken wird der Rückstau (Stillgewässercharakter) verringert und die Wiederbelüftungsrate erhöht. Durch die so entstehende Fließdynamik wird die Ausbildung des Fließgewässers in diesen Abschnitten unterstützt, was einem Sauerstoffdefizit entgegen wirkt. Gleichzeitig können im ehemaligen Rückhaltebereich bei der Umgestaltung zu einem Fließgewässerabschnitt Strukturen geschaffen werden, welche dem immissionsbasierten Gewässerschutz dienen (siehe z.B. Kapitel 6.2.2).

6.3 Standorte für zentrale Reinigungsmaßnahmen im Einzugsgebiet

Um die grundsätzliche Umsetzbarkeit von Regenwasserbehandlungsanlagen im EZG des Bornbachs zu plausibilisieren, werden Kriterien bezüglich geeigneter Standorte berücksichtigt. Für den Bau einer Regenwasserbehandlungsanlage (RWBA) wie z.B. RBF sind nämlich ausreichend große aber auch lagetechnisch passende Flächen erforderlich.

Zunächst wird anhand der Eigentumsverhältnisse eine Vorauswahl von Flächen getroffen. Die Eigentumsverhältnisse werden dem Landesgrundbesitzverzeichnis der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH) entnommen. Folgende Flächenkategorien werden für die weitere Betrachtung berücksichtigt:

- Allgemeines Verwaltungsvermögen (AGV) ohne Erbbaurecht
- Sondervermögen Naturschutz und Landschaftspflege
- Verwaltungsvermögen Gewässer
- Verwaltungsvermögen Sonstiges
- Verwaltungsvermögen Straßen, Plätze, Wege

Weitere Flächenkategorien sind im EZG des Bornbachs entweder nicht vorhanden oder werden aufgrund der Nichteignung für die weitere Betrachtung ausgeschlossen. Vereinzelt werden Flächen der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben bei entsprechender Eignung für eine Regenwasserbehandlungsanlage (RWBA) zusätzlich zu den oben genannten mit einbezogen.

Im Anschluss werden Flächen der Vorauswahl weiteren Kriterien unterzogen und auf ihre Eignung geprüft:

- Lage von Biotopen, Landschaftsschutzgebieten und Ausgleichsflächen
- Benötigte und verfügbare Flächengrößen
- Topografie
- Nähe zu den Sieleinzugsgebieten und zum Gewässer
- Leitungsverläufe (Regenwasser- und Schmutzwassersiele)
- Einbindung in das Landschaftsbild
- Grundwasserflurabstand

Einige dieser Kriterien führen nicht direkt zum Ausschluss einer Fläche von der weiteren Betrachtung, stellen jedoch wichtige Aspekte dar, die bei der Planung zu berücksichtigen sind.

Die nach Auswertung der Kriterien ausgewählten Standorte für potenzielle Maßnahmen sind in Abb. 35 dargestellt. Die Maßnahmenvorschläge für die jeweiligen Standorte werden im Folgenden näher ausgeführt.

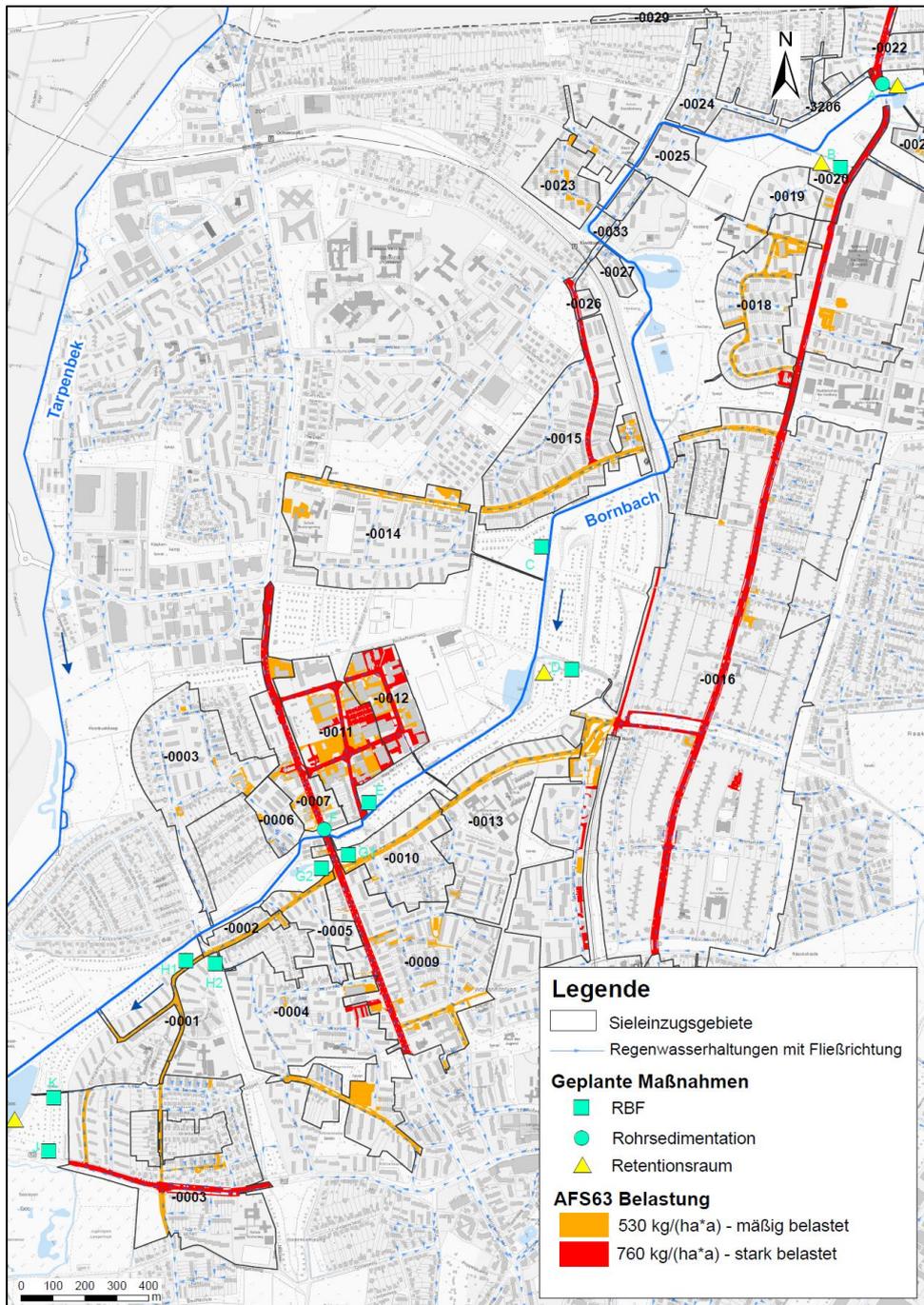


Abb. 35: Geeignete Standorte für Maßnahmen zur Reinigung und Retention von Regenwasser im EZG des Bornbachs

6.4 Berechnungsgrundlagen-und Annahmen

Im Rahmen dieser Studie werden für die Reinigung und die Retention der Einleitungen in den Bornbach zentrale Regenwasserbehandlungsanlagen (z.B. RBF) sowie semizentrale RWBA (z.B. Sedimentationsrohre) vorgeschlagen. Der Fokus dieser Studie liegt auf dem

stofflichen Rückhalt. Dennoch wird auf den benötigten hydraulischen Rückhalt hingewiesen und es werden entsprechende Maßnahmen vorgeschlagen.

Vereinzelt wird dabei das durch Entkopplung des HRB zu schaffende Retentionsvolumen bei den Berechnungen der Einzelmaßnahmen (Kapitel 6.5 und Anhang E) berücksichtigt.

Die Grundlagen für die Berechnung des Wirkungsgrads der einzugsgebietsbezogenen RWBA sind dem stofflichen Nachweis (Kapitel 4.2) zu entnehmen.

Retentionsbodenfilter

Die Dimensionierung der vorgeschlagenen zentralen Retentionsbodenfilteranlagen erfolgt nach DWA-A 178. Die Berechnungsgrundlagen und Annahmen, welche für alle RBF-Maßnahmen identisch sind, werden im Detail in Anhang D erläutert und die Berechnungsschritte sind in Tab. 17 zusammengefasst.

In den anschließenden Steckbriefen der Maßnahmen (Anhang E) werden die Ergebnisse der Berechnungen/Vorbemessung für den jeweiligen Standort aufgeführt.

Sedimentationsrohre

Für Sieleinzugsgebiete, bei denen eine Reinigung in einer zentralen Anlage nicht sichergestellt werden kann, werden semizentrale Anlagen in Form von Sedimentationsrohren vorgeschlagen. Diese können im Straßenraum angeordnet werden, wodurch sich der Bau vor allem im Rahmen von Grundinstandsetzungen der Straßen anbietet.

Die Dimensionierung der vorgeschlagenen semizentralen Sedimentationsrohre erfolgt nach DWA-A 102-2 in Anlehnung an die vereinfachte Bemessung von Regenklärbecken. Die entsprechenden Annahmen und Berechnungsgrundlagen sind Anhang D zu entnehmen und zusammenfassend in Tab. 17 aufgeführt.

In den anschließenden Steckbriefen der Maßnahmen (Kapitel 6.5 und Anhang D) werden die Ergebnisse der Berechnungen/ Vorbemessung für den jeweiligen Standort übersichtlich aufgeführt.

Tab. 17: Berechnungsgrundlagen- und Annahmen für zentrale und semi-zentrale Regenwasserbehandlungsanlagen

| Berechnungsschritt/ Annahme | Nummer des Berechnungsschritts in Anhang D (RBF) | Nummer des Berechnungsschritts in Anhang D (Sedipipes) |
|---|--|--|
| Bestimmung der an die Anlage angeschlossenen Flächen und der mittleren jährlichen AFS63-Abtragsfracht | 1 | 1 |
| Erforderlicher Wirkungsgrad | 2 | 2 |
| Vorbemessung der erforderlichen Bodenfilteroberfläche gem. DWA-A 178 | 3 | x |
| Ermittlung des Bemessungszuflusses bei einer definierten kritischen Regenspende | x | 3 |
| Bemessung der erforderlichen Fläche für die Regenklärung | x | 4 |
| Wahl und Dimensionierung geeigneter Sedimentationsrohre | x | 5 |
| Berechnung der vorhandenen Fläche zur Regenklärung | x | 6 |
| Bemessung der Vorstufe | 4 | x |
| Berechnung des Drosselabflusses | 5 | x |
| Festlegung von Einstauhöhe und Höhe der Filterschicht | 6 | x |
| Böschungen und Unterhaltungsweg | 7 | x |
| Berechnung des vorhandenen Volumens der RBF-Anlage | 8 | x |
| Anlagenentwurf | 9 | x |
| Ermittlung der kritischen Regenspende und des spezifischen Retentionsvolumens bezogen auf die angeschlossene Fläche | 10 | x |
| Retentionsraum: | 11 | 7 |
| Ermittlung des Flächenbedarfs der Anlage | 12 | |
| Festlegung weiterer Untersuchungsbedarf | 13 | 8 |
| Kostenschätzung: | 14 | 9 |
| Bewertung der Maßnahme: | 15 | 10 |

Maßnahmen im Gewässer

Die Maßnahmen im Gewässer dienen vorwiegend der Erhöhung der Fließdynamik und Verbesserung der Gewässerstruktur. Damit soll vor allem dem Sauerstoffdefizit (Kapitel 4.2.2 und 5.1) entgegen gewirkt werden. Die Wirkweise dieser Maßnahmen wird im Zuge dieser Konzeptstudie nicht näher quantifiziert. Mit dem hydrologisch/hydrodynamischen Modell (Kapitel 3) kann der prognostizierte Erfolg der Maßnahmen hinsichtlich Sauerstoffanreicherung bei einer weiteren Konkretisierung überprüft werden (Machbarkeitsstudie).

6.5 Maßnahmenvorschläge

Die Ergebnisse der oben beschriebenen Berechnungen werden für jeden Standort in einem Steckbrief übersichtlich dargestellt. Des Weiteren enthalten die Steckbriefe eine kurze Beschreibung der Maßnahmenvorschläge, welche in Tab. 18 zusammengefasst sind. Die Steckbriefe sowie die Tabellen zur Kostenberechnung sind den Anhängen E und F zu entnehmen.

Tab. 18: Maßnahmenvorschläge- und Steckbriefe

| Maßnahme | Kurzbeschreibung | Anmerkung |
|----------|--|--|
| A | Rohrsedimentation und Retentionsraum, SEZG -0022 und -0028; Tangstedter Landstraße | |
| B | RBF mit Retentionsraum, SEZG -0020, Tangstedter Landstraße | |
| C | RBF, SEZG -0014 und -0015, Neuberger Weg und Fibigerstraße | |
| D | RBF mit Retentionsraum, SEZG -0016, HRB Diekmoor | Detaillierte Beschreibung in Kapitel 6.5.1 |
| E | RBF, SEZG -0011, -0012 und -0007, Gewerbegebiet Straße Oehlecker | |
| F | Rohrsedimentation SEZG -0007, Straße Oehlecker | Ergänzung zu Maßnahme E |
| G | RBF SEZG -0007, -0009 und -0010, Langenhorner Chaussee | |
| H | RBF SEZG -0002, -0005, -0009, -0010 und -0013 (optional -0007), Straßenzug Grellkamp | |
| J | RBF SEZG 56630003 (Tarpenbek), Straße Krohnstieg | Siehe Besonderheiten in Kapitel 6.5.2 |
| K | RBF SEZG 56630003 (Tarpenbek), Straße Krohnstieg | Alternative zu Standort J, siehe Besonderheiten in Kapitel 6.5.2 |

Der Maßnahme am Diekmoor (Standort D) wird aufgrund der Priorisierung als maßgeblicher Handlungsschwerpunkt (Kapitel 5.2) zusätzlich zum Steckbrief (Anhang E) ein separates Kapitel (Kapitel 6.5.1) mit detaillierten Ausführungen gewidmet.

6.5.1 Maßnahme Diekmoor (Standort D)

Für das EZG 56620016 wird eine Variante vorgeschlagen, welche den stofflichen Rückhalt (RBF) und die hydraulische Retention (HRB) kombiniert.

Bei der Ausarbeitung dieser Maßnahme sind folgende Annahmen zu vermerken:

1. Das Hochwasserrückhaltebecken Diekmoor hat eine Hochwasserschutzfunktion und ist keine Reinigungsanlage. Trotz einer möglichen Reinigungswirkung von 30% gem. Datensatz NEWIS (BUKEA) wird die Vorschaltung eines RBF als erforderlich erachtet. Die Gründe dafür werden im Folgenden erläutert.
2. Alle Berechnungen und Betrachtungen wurden für eine gewählte Rückstauenebene von 18,90 m NHN durchgeführt. Die Zulässigkeit dieser Annahme wurde in einer Rücksprache mit Hamburg Wasser in seiner Funktion als Kanalnetzbetreiber bestätigt (Anhang G).



Abb. 36: Übersicht über das Konzept für Retention (HRB) und Reinigung (RBF) am Standort D

Maßnahmenkomponente I: Stofflicher Rückhalt über einen RBF

- Die zu reduzierende Fracht beträgt mindestens 2.570 kg/a. Das entspricht 16% der absoluten Jahresabtragsfracht für das Sieleinzugsgebiet 56620016 (Tab. 10).
- Für die Reinigung der Regenwasserabflüsse wird eine zentrale Anlage in Form eines Retentionsbodenfilters gewählt. RBF bieten den Vorteil, Abflüsse großer Flächen aufzunehmen und dabei nicht nur die AFS63-Fracht zu verringern, sondern auch andere Schadstoffe zu großen Teilen zurückzuhalten.
- Als Standort für einen RBF dieser Größenordnung wird die in Abb. 36 dargestellte Fläche gewählt, welche sich im Bereich des Zuleitgrabens zum Bornbach befindet (Flurstück 9653). Das Gelände wird im Landesgrundbesitzverzeichnis mit „AGV ohne Erbbaurecht“ bezeichnet und ist Teil der Rahmenplanung Diekmoor. Derzeit befinden sich Kleingärten sowie der Zuleitgraben zum Bornbach bzw. zum HRB Diekmoor auf diesem Grundstück.

- Bei Einhaltung der zulässigen, mittleren jährlichen spezifischen Filteroberflächenbelastung von $b_{krit} = 7 \text{ kg/m}^2 \cdot a$ wird nach Vorbemessung gem. DWA-A 178 für die zu reduzierende Fracht von 2.570 kg AFS63/a eine Bodenfilteroberfläche von rund 370 m² benötigt:

$$A_F = \frac{B_{RBF, zu}}{b_{krit}} * \eta_{erf} = \frac{16.317 \frac{\text{kg AFS}}{a}}{7 \frac{\text{kg AFS}}{\text{m}^2 * a}} * 0,16 = 367,7 \text{ m}^2$$

mit $B_{RBF, zu}$ = mittlere jährliche Zulauffracht zum RBF

Das Verhältnis zur angeschlossenen Fläche beträgt damit 7,5 m² Filterfläche pro Hektar angeschlossener Fläche.

Die oben berechnete Fläche stellt die Mindestanforderungen nach DWA-A 102-2 dar. Alternativ ist auch eine Vergrößerung des RBF realisierbar, was zu einer Reduktion der Filteroberflächenbelastung führen würde. Gleichzeitig könnte so der Retentionsraum vergrößert werden und als Ausgleich Rückhaltebecken verringert werden. Ein größeres Retentionsvolumen im RBF ermöglicht außerdem die Behandlung einer höheren kritischen Regenspende.

- Das vorhandene Retentionsvolumen des Filters errechnet sich aus dem Porenvolumen (Porenanteil 15 %) und dem eingestauten Volumen im Filter (Einstauhöhe 1,55 m) und beträgt rd. 750 m³.
- Als Vorstufe der Retentionsbodenfilteranlage ist gem. DWA-A 178 ein unbelüfteter Grobstoffrückhalt vorzusehen, dessen Volumen 0,5 m³/ha angeschlossener Fläche beträgt. Das entspricht einem erforderlichen Volumen von 23 m³.
- Aufgrund der Größe des Sieleinzugsgebiets ist es nicht wirtschaftlich, den gesamten Regenabfluss im RBF zu reinigen. Als Alternative wird eine kritische Regenspende von 2,5 l/(s*ha) durch den Filterkörper geleitet. Laut DWA-A 102-2 beträgt der Behandlungsanteil bei dieser Regenspende 55 %. Der Frachtwirkungsgrad der Retentionsbodenfilteranlage wird mit 95 % angenommen. Darüber hinaus kann durch Sedimentation über dem Filterbeet und Ableitung über den Überlauf im RBF eine kritische Regenspende von 10 l/(s*ha) (= erlaubter Drosselabfluss) behandelt werden. Damit wird ein Behandlungsanteil von 85 % der Jahresniederschlagsmenge erreicht.
- Es werden demnach 55 % des Volumens mit einer Wirksamkeit von 95 % gereinigt, so dass mit einem daraus resultierenden Wirkungsgrad von 52 % der mindestens erforderliche Reinigungsgrad für das Sieleinzugsgebiet (16 %) erreicht werden kann.
- Eine zusätzliche Reinigungswirkung entsteht durch die Ableitung des dem RBF vorgelagerten Notüberlaufs in das HRB (s.u.), in dem durch die geringen Fließgeschwindigkeiten vor Einleitung in den Bornbach ebenfalls noch eine Sedimentation stattfindet.
- Der Notüberlauf springt durch Rückstau im RBF und Überschreiten der dem RBF vorgelagerten Überlaufschwelle (NHN + 18,90 m) an (d.h. ab der Überschreitung der zulässigen Abflussspende von 10 l/(s*ha) (BUKEA, 2022 Niederschrift und mündliche Mitteilung).

- Zur Sicherstellung der maximalen Filtergeschwindigkeit und Aufenthaltszeit des Wassers im Filterbecken wird eine Drossel eingebaut, die den Abfluss des Filters auf maximal 0,05 l/(s·m²) begrenzt.
- Der Drosselabfluss des RBF wird über den folgenden Ansatz berechnet:

$$Q_{Dr} = q_{Dr} * A_F$$

$$\text{mit } q_{Dr} = 0,05 \text{ l/(s*m}^2\text{)}$$

$$Q_{Dr} = 0,05 \text{ l/(s*m}^2\text{)} * 370 \text{ m}^2 = 18,4 \text{ l/s}$$

Die Abflussspende für das Gewässer wird wie folgt berechnet:

$$\frac{18,4 \text{ l/s}}{49,1 \text{ ha}} = 0,37 \text{ l/(s*ha)}$$

- Der Ablauf aus der Filterdrossel erfolgt aufgrund der erforderlichen Filterpassage in Höhe von mind. 0,5 – 0,7 m unterhalb der Wasserspiegellage des Gewässers und kann somit nur über eine Pumpenanlage abgeführt werden.
- Der im Freigefälle mögliche Filterüberlauf wird auf 10 l/(s·ha) (BUKEA, 2022 Niederschrift und mündliche Mitteilung) gedrosselt.
- Die Einleitung des Filterdrosselablaufs und des Filterüberlaufes über den Nebengraben in das Gewässer statt in das Rückhaltebecken stellt sicher, dass dem Bornbach insbesondere bei kleineren Regenereignissen sauerstoffangereichertes Wasser zugeführt werden kann.
- Bei einer Böschungsneigung von 1:2 und einem Unterhaltungsweg von 3 m Breite um den Filter und Berücksichtigung der Vorstufe sowie dem zu schaffenden Retentionsvolumen wird die benötigte Fläche für die RBF-Anlage insgesamt auf 1.200 m² geschätzt.
- Für die ausgewählte Fläche ist weder ein vollständig geschütztes Biotop noch ein Naturschutzgebiet eingetragen. Jedoch ist der Zuleitgraben derzeit auf der gesamten Länge als teilweise geschütztes Biotop im Biotopkataster verzeichnet. Die höherwertigen Strukturen konzentrieren sich im Wesentlichen auf den Aufweitungsbereich vor der Einleitung in den Bornbach/ HRB Diekmoor. Auf der Fläche des geplanten RBF befinden sich keine schützenswerten Bäume, dies ist jedoch bei der weiteren Planung genauer zu untersuchen. Eine detaillierte Kartierung der Schutzgüter wird bei einer Machbarkeitsstudie empfohlen.
- Bei dem gewählten Standort des RBF in der Nähe des Gewässers muss mit wechselnden und hoch anstehendem Grund- und Schichtenwasser gerechnet werden. Das bedeutet, dass die Anlage auftriebssicher hergestellt werden muss.
- Eine Anordnung in höher gelegenem Gelände wurde untersucht, aber aus folgenden Gründen ausgeschlossen:
 - a.) Der Regenwassersielzulauf im Bereich Foorthkamp liegt sehr tief (4 m unter Geländeoberkante - GOK). Das Siel ist bis zum Auslass hin nur mit einem minimalen Gefälle verlegt.

- b.) Die Filterbeetanlage müsste aufgrund der örtlichen Gegebenheiten bei 4 m unter GOK angeordnet werden. Dies würde zu steilen Böschungen, einem hohem Flächenbedarf und betrieblichem Aufwand führen.
- c.) Das Pumpen des Filtrats nach Passage des Bodenfilters auf die Höhe des weiterführenden Sielablaufs wäre in gleichem Maße erforderlich gewesen wie im tiefer gelegenen Gelände. Die Gefahr des Auftriebs hätte aufgrund der Tiefenlage auch bei dieser Variante bestanden
- d.) Bei einem höher gelegenen Filterbeet wären ein Pumpen des Zulaufs und damit ein unterirdisches Speicherbecken erforderlich geworden. Aus wirtschaftlichen Aspekten ist eine solche Variante nicht zu empfehlen.

Aus diesen Überlegungen ergeben sich die gewählten Konzepthöhen für die verschiedenen Anlagenkomponenten (vgl. Abb. 37):

- a.) Filteroberkante (FOK): +17,35 m NHN
- b.) Staulamelle für das zur Passage des Filters vorgesehene Wasser im RBF von 1,55 m Höhe: +18,90 m NHN (zur Vermeidung eines Rückstaus in das oberhalb des Schachtes in der Straße Foorthkamp gelegenen Sielnetzes)
- c.) Notüberlauf in das HRB ab Überschreitung eines Wasserstands von +18,90 m NHN
- d.) Drosselablauf nach Passage des Filters: +16,55 m NHN und damit tiefer als die Sohle des Zuleitgrabens zum Bornbach (~ +18 m NHN) . Die Sohle des Bornbachs liegt auf +17,50 m NHN Höhe– eine Pumpenanlage ist notwendig, um einen Rückstau in den RBF zu verhindern.

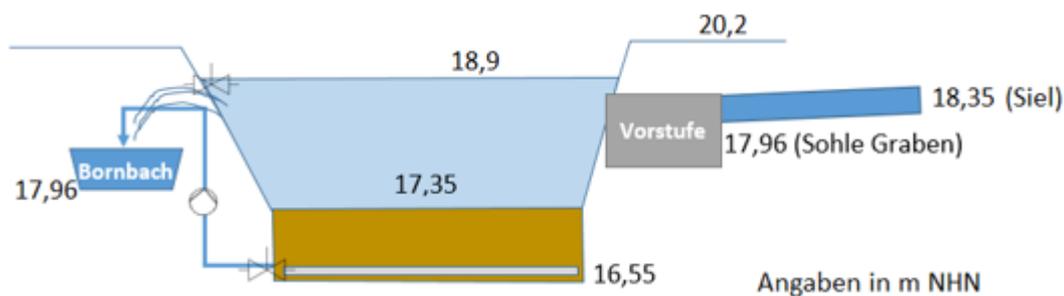


Abb. 37: Skizze RBF Standort D mit Höhenlagen

- In den weiteren Planungen sollten folgende wichtige Rahmenbedingungen näher betrachtet werden:
 - a.) Biotopbewertung Zulaufgraben im Bereich des gepl. RBF
 - b.) Nachweisführung für die immissionsseitige Bemessung des RBF nach DWA-A 178 mit einer Langzeitsimulation (N-A Transportmodell)
 - c.) Bei Vorhandensein von Fremdwasserzuläufen im Siel müsste das entsprechende Fremdwasser an der Anlage vorbei geführt werden bzw. anlagentechnisch ein

diskontinuierlicher Zulauf sichergestellt werden, um ein regelmäßiges Abtrocknen des Filterbeets zur Verhinderung einer Kolmation (z.B. durch Verschlammung und Zusetzen) sicherzustellen.

Maßnahmenkomponente II: Vorbemessung und Lage des hydraulischen Rückhalts

- Für das Sieleinzugsgebiet 56620016 wird ein erforderliches Rückhaltevolumen von 16.660 m³ zu Grunde gelegt (Kapitel 4.1.1). Dieses Rückhaltevolumen kann nicht durch eine im RBF integrierte Rückhaltelamelle erreicht werden kann. Der vorhandene Retentionsraum in der Retentionsbodenfilteranlage beträgt rund 750 m³.
- Im Bestand fließt das Regenwasser aus den Sielleitungen über einen Ablaufgraben in das HRB Diekmoor. Gemäß DWA-M 102-3 muss aus Immissionsgesichtspunkten die Rückhaltung vor Einleitung in das Gewässer erfolgen, weshalb dieses bestehende Rückhaltevolumen nicht bei den Berechnungen nach DWA-A 117 (Kapitel 3.1.1 und Kapitel 4.1.1) berücksichtigt wurde.
- Das vorgeschlagene Konzept sieht vor, das Fließgewässer von dem bestehenden HRB unter Aufrechterhaltung des schützenswerten Schilfbiotops durch einen Damm abzutrennen. Dadurch kann die Fläche des bestehenden Rückhaltebeckens weitestgehend auch unter Immissionsgesichtspunkten weiter genutzt und angesetzt werden. Der Ablauf erfolgt bis zu einem 30-jährlichen Regenereignis in einer Weise, dass die zulässige Abflussspende von 10 l/(s*ha) (BUKEA, 2022 Niederschrift und mündliche Mitteilung) im Mittel für den gemeinsamen Abfluss aus RBF und HRB nicht überschritten wird.
- Die maximal zulässige Staulamelle richtet sich nach dem maximal zulässigen Rückstau im Sielsystem. Davon unmittelbar abhängig sind die im HRB mögliche Staulamellenhöhe und damit der erforderliche Flächenbedarf für das HRB und die Höhe des zum Fließgewässer hin zu errichtenden Dammes. In dieser Studie wird der zulässige Rückstau in das Siel mit NHN + 18,90 m angenommen.
- Etwaige zusätzliche Volumina durch die Erschließung Diekmoor können zu diesem Zeitpunkt nicht berücksichtigt werden. Diese müssten zwingend im weiteren Planungsverlauf durch eigene Rückhaltesysteme betrachtet werden. Ein Anschluss an das Rückhaltebecken ist nicht möglich, da ansonsten ein Rückstau aus dem Becken in die Rückhaltesysteme der Erschließung stattfinden würde.

Bei der gewählten Anordnung des Rückhaltebeckens sind folgende Synergien/Vorteile hervorzuheben:

- Anrechenbarkeit des bereits vorhandenen Rückhaltevolumens
- Herausnahme der Stillwasserflächen aus dem Gewässersystem und dadurch maßgebliche Verbesserung der Sauerstoffsituation im Gewässerlauf, Herstellung der Durchgängigkeit durch Herausnahme des Ablaufbauwerks aus dem Gewässerlauf (Wanderhindernis für Fische und Makrozoobenthos)
- Möglichkeit zur Integration, zum Erhalt und zur Förderung der Schilfinsel als Biotop und natürliche Gewässerprofilaufweitung (Ablagerung von Stofffrachten bei erhöhten Wasserspiegellagen, die gleichzeitig als Nährstoffdepot maßgeblich zum Erhalt der Pflanzen beitragen (LLUR, 2013))

- Die Gewässerführung entlang des Damms bedeutet eine nur minimale Fließgewässerverlängerung, die ansonsten aufgrund des ohnehin nur sehr geringen Sohlgefälles in diesem Abschnitt als kritisch gesehen werden würde.
- Die erforderlichen baulichen Maßnahmen konzentrieren sich auf einen zusammenhängenden Bereich zur Umgestaltung des Fließgewässers und des Damms. Zur Sauerstoffanreicherung bei schwachem Längsgefälle bietet sich unterhalb der Schilfinselfelde die Schaffung von Kolk-Furt-Maßnahmen an. Diese Maßnahmen könnten den negativen Einfluss aufgrund der sauerstoffgezehrten Einleitungen aus dem HRB abpuffern.
- Die nicht im RBF behandelte Stofffracht wird vor Einleitung ins Gewässer zuverlässig spätestens im nachgeschalteten HRB abgelagert. Die Frachten sind gegenüber der früheren Situation dadurch maßgeblich geringer. Zudem findet im trockenfallenden Bereich des HRB zusätzlich ein organischer Abbauprozess von den dort abgelagerten Stoffen statt.
- Die Zuleitung zum dauerhaft eingestauten Becken kann über Sohlgleichen zur Sauerstoffanreicherung und damit zum weiteren Abbau von Schadstoffen erfolgen, so dass eine Entschlammung des eigentlichen dauerwassergestauten Bereichs des HRB insgesamt nur noch sehr selten durchgeführt werden muss. Im trockenfallenden Bereich des Beckens müssen u.U. regelmäßige Arbeiten stattfinden, die jedoch als Unterhaltungsarbeit mit wenig Aufwand und gut erreichbar umsetzbar sind. Hier besteht die Möglichkeit, dass sich im Rahmen der Bewirtschaftungserfordernisse eine hochwertige Vegetation entwickeln kann.
- Die maßgeblich verringerte Stofffracht im HRB verringert zudem die Gefahr eines unansehnlichen Erscheinungsbilds und/oder einer unangenehmen Geruchsbildung. Im Rahmen der neuen Erschließung ist das Becken zusammen mit dem trockenfallenden Zulaufgraben damit als ein wesentliches und langfristig hochwertiges Gestaltungselement in die Planungen integrierbar.

In den weiteren Planungen sollten folgende wichtige Rahmenbedingungen näher betrachtet werden:

- Nachweisführung für die immissionsseitige Bemessung des RBF nach DWA-A 178 mit Langzeitsimulationen (N-A Transportmodell)
- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Überprüfung der Grundwasserverhältnisse und Auftriebssicherheit
- Höhe des zulässigen Rückstaus im Siel als maßgebliche Größe des erforderlichen Flächenbedarfs des künftigen HRB und der erforderlichen Dammhöhen
- Biotopkartierungen und darauf abgestimmten optimierten Fließgewässerverlauf
- Ermittlung sinnvoller neuer Fließgewässersohlhöhen im Planungsabschnitt im Kontext eines wünschenswerten Zielzustands des Bornbachs
- Abwägung, ob ein Teil des Beckens als Trockenrückhaltebecken betreibbar wäre (multifunktionale Nutzung, Gefährdungsbeurteilung)

6.5.2 Besonderheiten

Die Straße „Krohnstieg“ ist gemäß Emissionspotentialkarte als stark belastet einzustufen. Sie erstreckt sich über das geschlossene Sieleinzugsgebiet des Bornbachs hinaus. Im Bestand wird jedoch ein Teil des Straßenabwassers über das HRB Samlandweg in das SEZG 56630003 geführt. Die Straße weist ein Ost-West-Gefälle auf, so dass eine Straßenentwässerungsleitung die Niederschlagsmengen des gesamten in Abb. 38 dargestellten Bereichs fassen könnte und nicht wie bisher nur den Abschnitt ab der Einzugsgebietsgrenze.

Die Maßnahmenvorschläge J und K sehen unterschiedliche Herangehensweisen für die Reinigung der belasteten Abflüsse vor:

- Maßnahmenvorschlag J sieht vor, eine Straßenentwässerungsleitung entlang des gesamten in Abb. 38 rot dargestellten Bereichs neu zu verlegen und somit gezielt das verschmutzte Straßenabwasser in einer Retentionsbodenfilteranlage zu reinigen. Vorteil dieser Variante ist, dass dadurch eine Entkopplung vom bestehenden Grabensystem entlang des Krohnstiegs erreicht wird. Sofern die Maßnahme im Zuge einer Grundinstandsetzung der Straße vorgenommen wird, reduzieren sich die Kosten erheblich.
- Bei Maßnahmenvorschlag K wird eine EZG-Anlage vorgesehen, die keinen Neubau der gesamten Leitungen erfordert. Jedoch wäre auch hier die abschnittsweise Neuverlegung von Leitungen sinnvoll, um eine Entkopplung vom Grabensystem zu schaffen. Bei Vorschlag K wird als angeschlossene Fläche an die Reinigungsanlage nur der Teil des Krohnstiegs angesetzt, der sich im SEZG 56630003 befindet. Dadurch sind die erforderliche Wirksamkeit und somit auch die benötigte Filterfläche geringer als bei Vorschlag J.

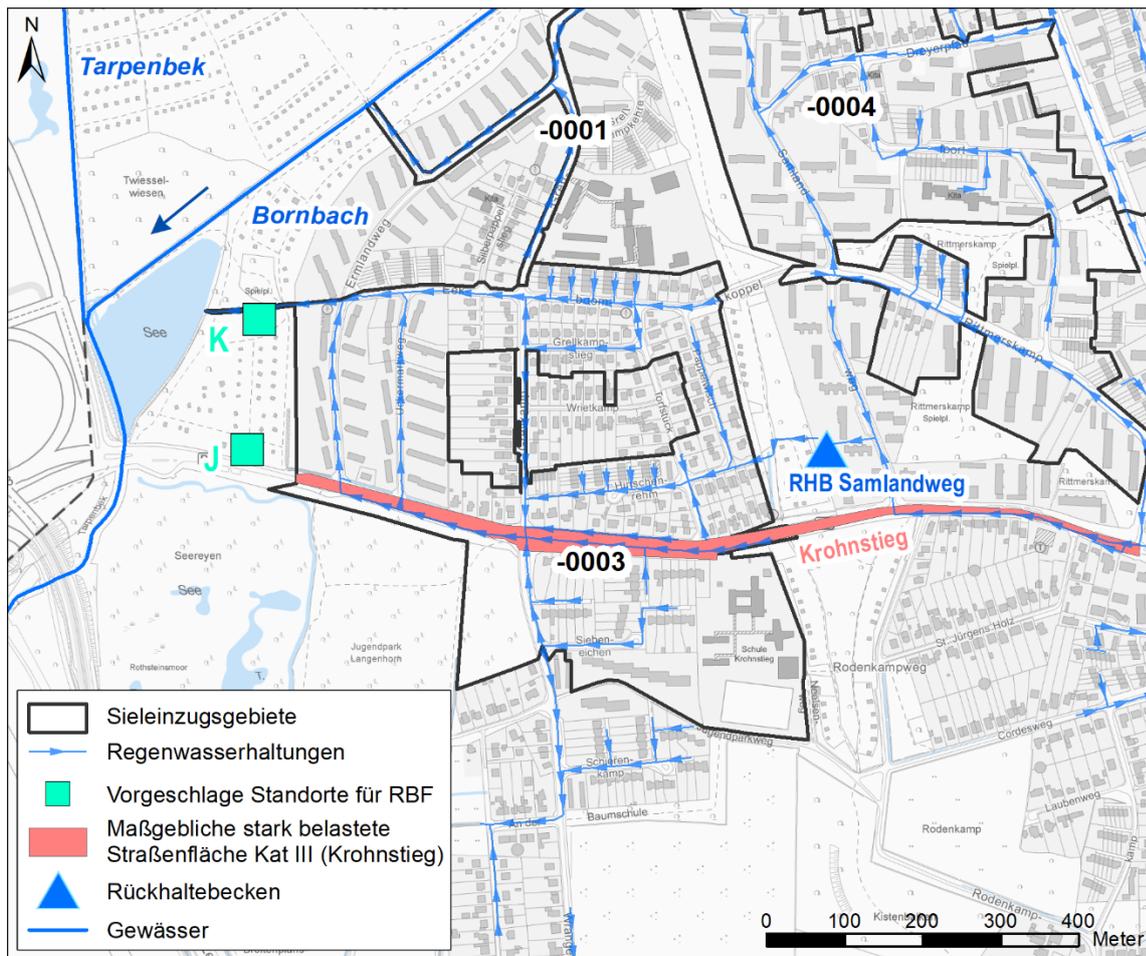
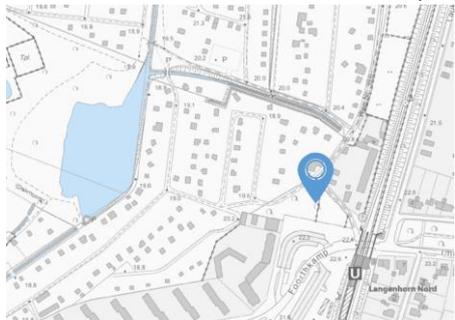
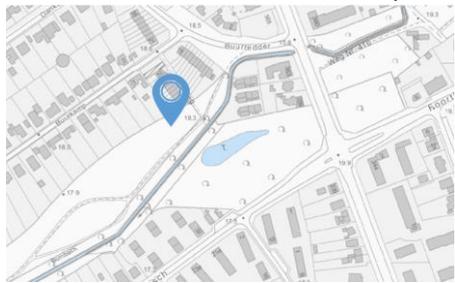
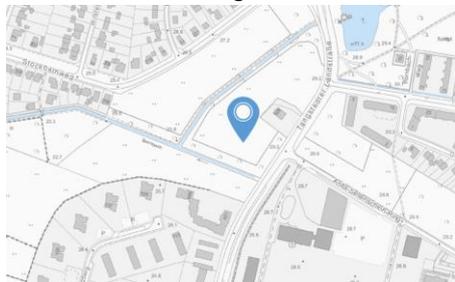


Abb. 38: Übersichtskarte Kronhstiege

6.5.3 Ausgeschlossene Standorte

Folgende auf den ersten Blick geeignete Standorte für Maßnahmen wurden nach ergänzenden Untersuchungen ausgeschlossen (Tab. 19). Der Vollständigkeit halber werden diese Erkenntnisgewinne in diesem Kapitel aufgeführt.

Tab. 19: Weitere betrachtete, aber ausgeschlossene Standorte für die Regenwasserbehandlung

| Betrachteter Standort | Gründe für Ausschluss |
|--|---|
| <p>Grünfläche im Bereich Foorthkamp</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Kombination von RBF und HRB ist günstiger an anderer Stelle (Standort D) zu verwirklichen ▪ Das vorhandene Siel liegt zu tief, sodass hier viel Gelände abgetragen werden müsste. ▪ Querung einer Schmutzwasserleitung |
| <p>Umgestaltung/ Erweiterung des HRB Holitzberg</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Bestand Trocken HRB umgeben von alten Bäumen, die geschützt werden müssen ▪ Bereits ausreichende Reinigung durch RRB (Wirkungsgrad 40%) |
| <p>Grünfläche im Bereich Buurkamp</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Weite Entfernung von zu reinigenden Abflüssen ▪ Gefälle voraussichtlich zu gering ▪ Passt nicht in das Landschaftsbild ▪ Nur Abflüsse eines einzelnen EZG (-0007) könnten ggf. hier gereinigt werden. An anderen Standorten hingegen können zusätzlich weitere EZG mit berücksichtigt werden |
| <p>Grünfläche an Tangstedter Landstraße</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nur ein kleiner Teil des EZG -0020 könnte hier aufgrund des Gefälles gereinigt werden. Für die kleine Fläche lohnt sich der Bau einer RBF nicht ▪ Gegenüberliegender Standort (B) deutlich besser geeignet bezüglich Lage und Gefälle |

6.6 Weiteres Vorgehen

Die in dieser Studie vorgeschlagenen Maßnahmenoptionen stellen ein erstes Konzept für die stofflichen und hydraulischen Handlungsschwerpunkte am Bornbach dar. Die Maßnahmenvorschläge werden auf Basis der ermittelten Defizite im *Ist-Zustand* ermittelt. Bei vorgesehenen Planungen (z.B. Bebauungsgebiet Diekmoor) sind die empfohlenen Maßnahmen ggf. zu überprüfen und zu ergänzen.

In einem ersten Schritt werden grundlegende Maßnahmen zum Stoffrückhalt und zur Retention auf Basis der emissionsseitigen Anforderungen berechnet.

In einem zweiten Schritt werden anhand der Sauerstoffberechnungen im Ist-Zustand weitere Maßnahmenoptionen im Gewässer ermittelt.

Der dritte Schritt geht über den Rahmen dieser Konzeptstudie hinaus und ist weiteren Untersuchungen (Machbarkeitsstudien, Vorplanung, weitere Planungen, Synergien mit anderen erforderlichen Maßnahmen wie Grundinstandsetzung einer Straße oder Erschließung) vorbehalten. Das empfohlene Vorgehen wird hier aufgeführt:

Die Emissionsanforderungen müssen unabhängig von den Immissionsanforderungen erfüllt werden. Aus diesem Grund bieten die in der vorliegenden Konzeptstudie entwickelten Maßnahmen eine geeignete Ausgangssituation für eine erste Modellberechnung im Prognosezustand. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sollen in das N-A-Transportmodell eingepflegt und die gewässerbezogenen Auswirkungen dargestellt werden. Aus diesen Ergebnissen wird der Bedarf an weiteren Optimierungen bzw. zusätzlichen Maßnahmen erarbeitet. In weiteren Rechenläufen wird die kumulative, gewässerbezogene Wirksamkeit dieser Maßnahmen überprüft. Dieser Prozess erfordert ggf. mehrere Optimierungsschritte, um eine optimale, effiziente und realisierbare Maßnahmenkombination für den Bornbach zu ermitteln.

7 Zusammenfassung und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

Mit der integrierten Regenwasserstudie des Bornbachs werden anhand von neuen modelltechnischen Methoden die Auswirkungen von Niederschlagseinleitungen emissionsseitig (bezogen auf die Sieleinzugsgebiete) und immissionsseitig (bezogen auf das Gewässer) überprüft. Anhand der Berechnungsergebnisse werden Schwerpunkte zur Verringerung der hydrologischen und stofflichen Belastungen durch Niederschlagseinleitungen im Ist-Zustand ermittelt. Im Anschluss werden mögliche prioritäre Maßnahmenoptionen zusammen mit einer Vorprüfung geeigneter Standorte identifiziert und der Handlungsbedarf für die konkreten Nachweise des daraus ableitbaren *Prognosezustands* dargestellt. Aufbauend auf dieser Analyse wird eine erneute gewässerbezogene Überprüfung für die weiteren Planungsphasen (Konkretisierung der Maßnahmen) anhand einer N-A Transportmodellierung vorgeschlagen.

Die Grundlage der Untersuchung bildet die Kenntnis des betrachteten Gewässers. Das Untersuchungsgebiet wird durch die Summe des oberflächigen Einzugsgebiets und der 29 Sieleinzugsgebiete des 5,8 km langen Bornbachs im Norden Hamburgs (Stadtteil Langenhorn) gebildet. Das urbane Gewässer und das dazugehörige 7,59 km² abdeckende, zu 30% versiegelte Einzugsgebiet ist geprägt durch einen mäßigen ökologischen Zustand (Bezirksamt Hamburg Nord, 2011). Dieser Zustand ist u.a. auf den tiefen Einschnitt, den geradlinigen Verlauf, die erschwerte Durchgängigkeit, sowie die Vielzahl an Sieleinleitungen zurück zu führen.

Methodisch werden fünf Nachweise geführt. Jeder einzelne Nachweis bildet jeweils eine an sich geschlossene, unabhängige Betrachtungssäule ab:

Emissionsbetrachtungen für die Sieleinzugsgebiete (analytisch)

1. Aus *hydrologischer* Sicht wird für jedes Sieleinzugsgebiet das erforderliche Rückhaltevolumen für ein 30-jährliches Regenereignis bei Einhaltung einer maximalen Einleitmenge von 10 l/s/ha (Vorgabe der BUKEA, 2022 Niederschrift und mündliche Mitteilung) nach dem Ansatz des Arbeitsblattes DWA-A 117 (2013) berechnet.
2. Die emissionsseitigen *stofflichen* Berechnungen betrachten eingetragenen Frachten von abfiltrierbaren Stoffen (AFS63) pro Sieleinzugsgebiet. Sie beziehen sich auf die Hamburger Emissionspotenzialkarte (Hamburg Wasser, 2021) inklusive Berücksichtigung von flächennutzungsspezifischen Belastungskategorien und Reinigungswirkungen durch Regenrückhaltebecken und Nassschlammfilter (ifs, 2020). Die Erfüllung dieses Nachweises erfordert, dass der spezifische Frachteintrag pro Sieleinzugsgebiet von 280 kg/ha-a nicht überschritten wird.

Immissionsbetrachtungen für das Gewässer (modellbasiert)

3. Beim immissionsseitigen *hydrologischen* Nachweis wird ein Vergleich zwischen dem Ist-Zustand und einem potenziell naturnahen Zustand (pnat) ohne Versiegelung und Rückhaltebecken.

Hierzu wird ein Modell (siehe unten) eingesetzt, um nachzuweisen dass das einjährige Hochwasserereignis im Ist-Zustand das zweijährliche Hochwasserereignis des nat nicht überschreitet.

4. Beim *stofflichen* Immissionsnachweis für AFS63 werden bei unterschiedlichen hydrologischen Randbedingungen (Gewässerabfluss) die AFS63-Konzentrationen differenziert für den Bornbach ermittelt. Im Anschluss dieser Berechnung wird entlang des gesamten Gewässers überprüft, ob der AFS63-Grenzwert von 30 mg/l im langjährigen Mittel eingehalten wird. Beim stofflichen AFS63-Immissionsnachweis können vereinfachte und detaillierte Nachweise eingesetzt werden (siehe unten).
5. Der *stoffliche* Immissionsnachweis für Sauerstoff (O₂) wird auf der gesamten Gewässerstrecke des Bornbachs durch die Berechnung der Sauerstoffkonzentrationen hinter jeder Einleitung und Abgleich mit verschiedenen Grenzwerten in Abhängigkeit der Dauerstufe (Einwirkzeit) und Häufigkeit durchgeführt.

Bei einer integrierten Emissions-Immissionsbetrachtung werden alle fünf Nachweise geführt. Die entsprechenden nachweisbezogenen Kriterien müssen unabhängig voneinander eingehalten werden. Die Erfüllung eines bestimmten Nachweises schließt aus diesem Grund die zusätzliche Einhaltung der restlichen 4 Nachweise nicht aus.

Eine zentrale Rolle bei den Immissionsnachweisen (3-5) nimmt das N-A Transportmodell ein. Es handelt sich dabei um ein konzeptionelles, deterministisches Modell, welches alle wesentlichen Elemente des hydrologischen Kreislaufes abbildet und dadurch die Simulation einer geschlossenen Wasserbilanz ermöglicht. Die einzelnen Komponenten des Wasserkreislaufes werden durch mathematische Übertragungsfunktionen beschrieben, die sich aus physikalischen Prozessen ableiten. Neben Niederschlag (Zeitreihe Fuhsbüttel 1955-2020) werden für das Modell Klimadaten, Bodendaten, die Landnutzung, digitale Geländehöhen (DGM1 2020) und gewässergeometrische Informationen implementiert. Damit sind der Bornbach und die Randbedingungen im Gegensatz zum vereinfachten Nachweis im tatsächlichen Ist-Zustand für ein bestimmtes Gewässer differenziert abgebildet. Die stofflichen Konzentrationen werden anhand von Mischberechnungen, Formeln zur Berechnungen von sogenannten Advektions-Diffusions-Prozessen und der Streeter-Phelps Gleichung (Ermittlung des Sauerstoffgehaltes) berechnet.

Eine Besonderheit bei der immissionsseitigen Berechnung der AFS63-Konzentrationen ist die Wahl des Verfahrens und die zugrunde liegenden Annahmen bei diesem **differenzierten Verfahren**:

1. Eine Langzeitsimulation wird über einen Simulationszeitraum von 20 Jahren durchgeführt. Der Gewässerabfluss wird dabei über den gesamten Zeitraum instationär (dynamisch) berechnet und mit den Siedlungsabflüssen (instationär) überlagert, um den Gesamtabfluss (instationär) zu bilden und die resultierende Gewässerkonzentrationen bei einem Frachteintrag aus der Emissionsbetrachtung (Nachweis 2) zu berechnen. Bei dieser Annahme wird also methodisch bedingt mit dem Gesamtabfluss das MQ₁₉₉₈₋₂₀₁₈ (entspricht dem mittleren Abfluss über den Gesamtzeitraum) abgebildet.

2. Alternativ wird über den gleichen Simulationszeitraum ein konstanter (stationärer) Gewässerabfluss = $MNQ_{1998-2018}$ mit den Siedlungsabflüssen (instationär) überlagert, um den Gesamtabfluss (quasi-instationär) zu bilden und die resultierende Gewässerkonzentrationen bei einem Frachteintrag aus der Emissionsbetrachtung (Nachweis 2) zu berechnen. Die Annahme eines Gewässerabflusses = MNQ wird auch im vereinfachten Verfahren gem. DWA M 102-3 verwendet.

Das N-A Transportmodell ist bei diesen beiden Annahmen, in der Lage, die AFS63-Konzentrationen im Gewässer räumlich und zeitlich differenziert zu berechnen und auszuwerten. Im Ergebnis werden die mittleren AFS63-Konzentrationen mit einem langjährigen, variablen Gewässerabfluss und mit einem langjährigen, konstanten Niedrigwasserabfluss ermittelt (siehe unten).

Die differenzierten **Ergebnisse** der Emissions- und Immissionsbetrachtungen werden in Tab. 20 zusammengefasst. Dabei wird ersichtlich, dass die ökologischen Kriterien bezogen auf die hydrologischen und stofflichen Belastungen durch Siedleinleitungen in den meisten Prüfkategorien und für nahezu das gesamte Gewässer im Ist-Zustand *nicht* eingehalten werden.

Hervorzuhebende Besonderheiten stellen die immissionsseitigen Modellberechnungen in Bezug auf den Leitparameter AFS63 dar. Die Eignung des entwickelten Verfahrens wird dargestellt und die daraus resultierenden Ergebnisse interpretiert:

1. Der Vergleich der Ergebnisse des detaillierten und vereinfachten Verfahrens zeigt, dass bei Anwendung des Gewässerabflusses = konstant MNQ das N-A Transportmodell (detailliertes Verfahren) die gleichen Belastungswerte wie bei einem vereinfachten Verfahren produziert. Die Eignung des modellbasierten *Ansatzes* wird anhand dieser Plausibilitätsüberprüfung nachgewiesen.
2. Bei einem Gewässerabfluss = konstant MNQ bildet das N-A Transportmodell die Verteilung der hydrologischen und stofflichen Belastungen im Gewässer im Gegensatz zum vereinfachten Nachweis in seiner ursprünglichen Form (pauschal, einzugsgebietsbezogen) hydrologisch und räumlich differenziert ab. Es erfüllt somit die Vorgaben zur immissionsseitigen, gewässerbezogenen Bewertung mit einem detaillierten Nachweis gem. DWA-M 102-3. Bei dieser Annahme des Gewässerabflusses überschreitet der Bornbach in vielen Bereichen den AFS63-Grenzwert von 30 mg/l. In der Praxis bedeutet dieses Ergebnis, dass insbesondere in *Trockenperioden* beim Bornbach mit einer Überschreitung der kritischen AFS63-Konzentration zu rechnen ist.
3. Auch bei der Verwendung eines variablen Gewässerabflusses, der anhand einer Langzeitsimulation mit dem Modell simuliert wird, kann die Belastungsverteilung differenziert abgebildet werden. Allerdings können bei dieser Berechnung über das gesamte Abflussspektrum die am höchsten belasteten Bereiche bei einer etwas geringeren, langjährigen mittleren Konzentration von 29 mg/l nachgewiesen werden. In der Praxis bedeutet dieses Ergebnis, dass die kritische Konzentration *im langjährigen Mittel* beim Bornbach minimal nicht überschritten wird.

4. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass der Einsatz des Modells also *in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Annahme zum Gewässerabfluss* die Berechnung der Stoffkonzentration für jeden beliebigen Punkt im Gewässer unter Einbezug der hydrologischen Prozesse, Mischrechnungen und Stoffverbreitung ermöglicht.
5. Beide Ergebnisse (Punkte 2 und 3) sind anhand eines weiterführenden, fachlich wissenschaftlichen Diskurses mit gewässerökologischen Experten zu bewerten. Es wird empfohlen, sowohl die Resilienz des Bornbachs mit Hinblick auf den Grenzwert von 30 mg/l als auch die Abhängigkeit dieses Grenzwerts in Bezug auf die jeweilige Abflusssituation (z.B. Niedrigwasserabfluss, mittlerer Abfluss) aus chemischer und gewässerökologischer Sicht ausführlich zu bewerten (siehe auch Kapitel 7.2).

Tab. 20: Zusammenfassung der Ergebnisse für den Ist-Zustand – das Szenario „AFS63, MNQ“ beschreibt die Immissionsberechnung, bei der ein Gewässerabfluss = MNQ zugrunde gelegt wird. Bei dem Szenario „AFS63, Langzeitsimulation“ wird der Gewässerabfluss mit einer N-A-Simulation im Langzeitkontinuum berechnet. „Minimal“ bedeutet, dass der Grenzwert (in diesem Fall 30 mg/l) weniger als 5% im langjährigen Mittel unterschritten wird. Jede Zeile bildet bei „E“ das Sieleinzugsgebiet ab und bei „I“ die Gewässerstrecke zwischen zwei Einleitungen.

| Abschnitt | Einleitung | Gewässerstationierung [m] | Grenzwert bei der Emissionsbetrachtung (E) und Immissionsbetrachtung (I) eingehalten? | | | | | |
|--|------------|---------------------------|---|------|-------|------------|----------------------------|----------------|
| | | | E | I | E | I | I | I |
| | | | Hydrologisch | | AFS63 | AFS63, MNQ | AFS63, Langzeit-Simulation | O ₂ |
| HRB Heidberg/Langstedter Landstraße bis Mündung Panngraben | 56620028 | 5+276 | nein | nein | ja | ja | ja | nein |
| | 56620022 | 5+257 | nein | nein | nein | nein | ja | nein |
| | 56620020 | 4+978 | nein | nein | nein | ja | ja | nein |
| | S_90083206 | 4+846 | nein | nein | ja | ja | ja | nein |
| | 56620024 | 4+510 | nein | nein | ja | ja | ja | nein |
| | 56620029 | 4+465 | nein | nein | ja | ja | ja | nein |
| Mündung Panngraben bis Straße Hohe Liedt | 56620025 | 4+284 | nein | nein | ja | ja | ja | nein |
| | 56620023 | 4+118 | nein | nein | nein | ja | ja | nein |
| | 56620033 | 3+980 | nein | nein | nein | ja | ja | nein |
| | 56620026 | 3+979 | nein | nein | ja | ja | ja | nein |
| | 56620027 | 3+917 | nein | nein | nein | ja | ja | nein |
| | 56620019 | 3+872 | nein | nein | ja | ja | ja | Ja |
| Schrebergärten Diekmoor | 56620015 | 2+768 | nein | nein | nein | ja | ja | nein |
| | 56620014 | 2+559 | nein | nein | nein | nein | ja | nein |
| HRB Diekmoor bis Langenhorner Chaussee | 56620016 | 2+310 | nein | nein | nein | nein | ja | nein |
| | 56620013 | 1+790 | nein | nein | nein | nein | minimal | nein |
| | 56620012 | 1+786 | nein | nein | nein | nein | minimal | nein |
| | 56620011 | 1+538 | nein | nein | nein | nein | minimal | nein |
| | 56620010 | 1+409 | nein | nein | nein | nein | minimal | nein |
| Langenhorner Chaussee bis HRB Krohnstieg | 56620009 | 1+395 | nein | nein | nein | nein | minimal | nein |
| | 56620007 | 1+394 | nein | nein | nein | nein | minimal | nein |
| | 56620006 | 1+309 | nein | nein | ja | nein | minimal | nein |
| | 56620005 | 1+088 | nein | nein | nein | nein | minimal | nein |
| | 56620003 | 0+911 | nein | nein | ja | nein | minimal | nein |
| | 56620004 | 0+858 | nein | nein | ja | nein | minimal | nein |
| | 56620002 | 0+856 | nein | nein | nein | nein | minimal | nein |
| | 56620001 | 0+462 | nein | nein | nein | nein | minimal | nein |
| | 56630003 | 0+000 | nein | nein | nein | nein | minimal | nein |

Anhand der Ergebnisse wird abgeleitet, dass der ökologische Zustand des Bornbachs durch hydraulischen Stress, Schadstoffeintrag, Kolmation und Sauerstoffmangel nachhaltig gefährdet wird. Es besteht also ein **Handlungsbedarf** zur Reduzierung der hydrologischen und stofflichen Belastungen durch Niederschlagseinleitungen anhand der Entwicklung von geeigneten **Maßnahmen**.

Auf Basis der emissions- und immissionsseitigen hydrologischen und stofflichen Berechnungen wird eine räumliche und zeitliche Priorisierung von Handlungsschwerpunkten ermittelt. Es werden auf Basis des *Ist-Zustands* Bereiche im Gewässereinzugsgebiet identifiziert, für die prioritär Maßnahmen umgesetzt werden sollen.

Als Startpunkt (Schritt 1) für die Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung und Planung von Maßnahmen werden in der vorliegenden Studie (Konzeptphase) im vorläufigen Prognosezustand die vorgeschlagenen Maßnahmen in den problematischen Suleinzugsgebieten zunächst grob auf Basis des emissionsseitigen Reduzierungsbedarfs im Zusammenhang mit einer geeigneten Standortsuche, Bewertung von Konfliktpotenzialen dimensioniert.

Vom Oberlauf zum Unterlauf werden auf der Grundlage dieser ersten, konzeptionellen Betrachtung folgende Maßnahmenoptionen zur Auswahl und unter Vorbehalt weiterer Prüfungen vorgeschlagen:

- Rohrsedimentation und Retentionsraum an der Tangstedter Landstraße
- RBF mit Retentionsraum, Tangstedter Landstraße
- RBF, Neuberger Weg und Fibigerstraße
- RBF mit Retentionsraum, HRB Diekmoor
- RBF, Gewerbegebiet Straße Oehlecker
- Rohrsedimentation, Straße Oehlecker
- RBF, Langenhorner Chaussee
- RBF, Straßenzug Grellkamp
- RBF, Straße Krohnstieg

In einem zweiten Schritt werden die immissionsseitigen Ergebnisse bezüglich des Sauerstoffgehalts gewässerabschnittsbezogen ausgewertet, um Maßnahmenoptionen zur *Sauerstoffanreicherung* im Gewässer aufzuzeigen. Es werden Kolk-Furt Sequenzen (Brunke, Purps & Wirtz, 2012), Anpassungen des Gewässerprofils, Beschattungsmaßnahmen, Gewässerverschwenkungen und Strukturmaßnahmen empfohlen.

Bei den unter den Schritten 1 und 2 vorgeschlagenen Maßnahmenoptionen handelt es sich um einzelne Maßnahmenoptionen, die bei einer Konkretisierung der Maßnahmen folglich in einem dritten Schritt untereinander kombiniert werden können.

Bei diesem dritten Schritt soll das wirksamste gewässerbezogene Maßnahmenpaket in der Gesamtbetrachtung ermittelt werden. Er ist nicht Bestandteil dieser Konzeptstudie, sondern wird als Ausblick für die weiteren Planungsphasen (Machbarkeitsstudie bzw. Vorplanung) zur strategischen Entwicklung von Maßnahmen empfohlen (siehe auch Kapitel 7.2).

Die Voraussetzungen bzw. die Grundlagen für das Folgen dieser Empfehlung sind in dieser Studie entwickelt worden:

- a.) Die Immissionsanforderungen und damit der Handlungsbedarf sind für den *Ist-Zustand* ermittelt worden.
- b.) Das notwendige Werkzeug (N-A Transportmodell) als *Grundlage* für die spätere immissionsseitige Überprüfung von Maßnahmen im *Prognosezustand* ist entwickelt worden und kann für zukünftige Berechnungen eingesetzt werden.

Folglich können bevorzugte Einzelmaßnahmen in das Modell eingepflegt (*Prognosezustand*) und Rechenläufe durchgeführt werden:

- Werden in diesem Schritt die immissionsseitigen Anforderungen im Gegensatz zum Ist-Zustand bereits erfüllt, so kann der integrierte Emissions-Immissionsnachweis für diesen *Prognosezustand* mit umgesetzten Maßnahmen vervollständigt werden.
- Wird der Immissionsnachweis (und somit der integrierte Gesamtnachweis) nicht erfüllt, sind weitere Berechnungen mit dem N-A Transportmodell erforderlich. Durch spezifische, differenzierte Optimierungen der Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen soll die kumulative Gesamtwirkung (geschlossenes Sieleinzugsgebiet gem. DWA M-102-3) gewässerbezogen ermittelt und somit die wirksamsten Varianten bei fortschreitender Planung effizient abgeleitet, priorisiert und realisiert werden.

Bezogen auf die **Projektziele** werden folgende Schlussfolgerungen festgehalten:

- Niederschlagseinleitungen werden gem. der Zielvorgaben der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) bzw. des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) untersucht und bewertet.
- **Integrierte Emissions-Immissionsbetrachtung**
Die Emissionsberechnungen gem. DWA A-102-2 werden ergänzt durch einen hydrologischen und stofflichen Immissionsnachweis. Die unterschiedlichen Schwerpunkte der Emissions- und Immissionsbetrachtung zum Umgang mit Regenwasser in Sieleinzugsgebieten werden in dieser Studie anhand einer integrierten Betrachtung berücksichtigt und zusammengeführt.
- **Methodische Weiterentwicklung, Einsatz von N-A Transportmodellen**
Im Projekt wird nachgewiesen, dass der Einsatz von N-A-Transportmodellen zur differenzierten Betrachtung bei einer zielführenden Definition der Randbedingungen für die immissionsseitigen Bewertungen effizient, differenziert gewässerbezogen, fachlich sinnvoll und korrekt ist.
- **Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung von Maßnahmen**
Auf Basis der emissions- und immissionsseitigen hydrologischen und stofflichen Berechnungen wird eine räumliche und zeitliche *Priorisierung* von Handlungsschwerpunkten ermittelt. Es werden Bereiche im Gewässereinzugsgebiet identifiziert, für die prioritär Maßnahmen umgesetzt werden sollen. Es wird ein Verfahren in drei Schritten entwickelt, um geeignete Maßnahmen zu identifizieren, konzipieren und bei fortschreitender Konkretisierung mit einem N-A Transportmodell zu optimieren und überprüfen.

7.2 Ausblick

Im Anschluss der zusammenfassenden Darstellung der Ergebnisse und Bewertung der Erfüllung der Projektziele werden Diskussionspunkte als Ausblick abgeleitet. Dabei ist zu beachten, dass die Berechnungen gemäß Abstimmung mit der BUKEA für den *Ist-Zustand* durchgeführt werden. Größere Eingriffe im Einzugsgebiet und am Gewässer erfordern eine Neubewertung der emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen.

- 1.) Für die Bewertung der Ergebnisse des immissionsseitigen stofflichen AFS63-Nachweises wird ein fachlich wissenschaftlicher Diskurs mit gewässerökologischen Experten empfohlen. Bei diesem Diskurs sollen folgende Punkte aus Sicht des Gewässerschutzes geklärt werden:
 - a.) Einfluss der Resilienz von Gewässern auf die Bestimmung des AFS63-Grenzwerts. Für die einzelnen Gewässer in Hamburg ist der AFS63-Grenzwert ggf. differenziert und gewässerbezogen anzusetzen.
 - b.) Rolle des angenommenen Gewässerabflusses bei der Immissionsbetrachtung auf den AFS63-Grenzwert bzw. die Bewertung der Überschreitung dieses Grenzwerts (Dauer, Häufigkeit)
 - c.) Bewertung des Immissionsnachweises im Ist-Zustand unter Berücksichtigung eines möglichen Soll-Zustands (z.B. nach erfolgreicher Wiederbesiedlung bestimmter Organismen)
 - d.) Chemische Belastung durch Schadstoffeintrag (z.B. Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Mikroplastik) oder ökologische Defizite (Kolmation im Gewässer) als prioritäres Kriterium für die immissionsseitige Bewertung.
 - e.) Des Weiteren sind die möglichen Effekte des Klimawandels bei der Anwendung der Verfahren und abgeleiteten Grenzwerte zu berücksichtigen.Ziel dieses Diskurses ist die Festlegung einheitlicher Annahmen zum Gewässerabfluss und ggf. die Bestimmung eines differenzierten Grenzwerts (bezogen auf das Gewässer und den Abfluss) für die kritische AFS63-Konzentration in Hamburg.
- 2.) Bis zum Abschluss der oben genannten fachlich-wissenschaftlichen Diskussion werden für zukünftige Betrachtungen zwei Berechnungen vorgesehen:
 - a.) Gewässerabfluss = konstant MNQ
 - b.) Variabler Gewässerabfluss berechnet auf Basis einer LangzeitsimulationDie Auswertungen und Interpretationen der Ergebnisse sollen auf Basis einer Angabe der Spannweite der berechneten mittleren Konzentrationen erfolgen.

Die anhand der Berechnungen entwickelte Entscheidungsgrundlage für einen prioritären Handlungsbedarf zeigt die Notwendigkeit von Maßnahmen für eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung auf. Die emissionsseitigen Anforderungen können bereits anhand von groben Maßnahmenvorschlägen und überschlägigen Berechnungen berücksichtigt werden. Für die immissionsseitigen Anforderungen sind Berechnungen mit einem N-A-Transportmodell nach einer weiteren Priorisierung und Konkretisierung von Maßnahmen erforderlich.

8 Literatur

BEZIRKSAMT HAMBURG NORD, Hg., 2011. Pflege- und Entwicklungsplan zur Umsetzung der EG-WRRL für den Bornbach. Planungsbüro für Naturschutz und Landschaftsökologie (Planula),

BRUNKE, M., M. PURPS & C. WIRTZ, 2012. Furten und Kolke in Fließgewässern des Tieflands: Morphologie, Habitatfunktion für Fische und Renaturierungsmaßnahmen. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (HyWa), **56**(3), 100-110.

DIN 4049-1:1992-12, Hydrologie Grundbegriffe.

DWA (DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V.) & BWK (BUND DER INGENIEURE FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABFALLWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V.), Hg., 2020. Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2. Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Dezember 2020, 1. Auflage. DWA-Regelwerk, A 102-2/BWK-A 3-2.

DWA (DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V.) & BWK (BUND DER INGENIEURE FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABFALLWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V.), Hg., 2021. Merkblatt DWA-M 102-3/BWK-M 3-3. Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer - Teil 3: Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Oktober 2021, 1. Auflage. DWA-Regelwerk, DWA-M 102-3/BWK-M 3-3.

DWA (DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V.), Hg., 2013. Arbeitsblatt DWA-A 117 Bemessung von Regenrückhalteräumen. DWA-Arbeitsblatt, 117.

DWA (DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V.), Hg., 2019. Arbeitsblatt DWA-A 178 Retentionsbodenfilteranlagen. Juni 2019. DWA-Regelwerk, A 178.

EDMUND SIEMERS-STIFTUNG, Hg., 2006. Ocker - ein Gewässerproblem, gegen das wir einiges tun können.

FHH (FREIE UND HANSESTADT HAMBURG), Hg., 1984. Gewässerkundliches Flächenverzeichnis Hamburg.

HAMBURG WASSER, Hg., 2021. HW Einleitstellen im EZG Bornbach. Emissionsbetrachtung.

HYDROTEC (HYDROTEC INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER UND UMWELT MBH), Hg., 2018. NASIM 4.7.3 Benutzerdokumentation. Bürvenich, T., et al.,

IFS (INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR STADTHYDROLOGIE MBH), Hg., 2020. Pilotkonzept zur emissions- und immissionsseitigen Bewertung der durch die Regenwassereinleitungen bedingten Gewässerbeeinträchtigungen für die Engelbek in Hamburg-Harburg.

LLUR (LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME SCHLESWIG-HOLSTEIN), Hg., 2013. Schutz und Entwicklung aquatischer Schilfröhrichte. Ein Leitfaden für die Praxis. Schriftenreihe LLUR SH Gewässer, D 23.

LSBG (LANDESBETRIEB STRAßEN, BRÜCKEN UND GEWÄSSER), Hg., 2022. Hydrologisches Modell Tarpenbek, Kollau. Vorbereitender Vermerk. Unveröffentlicht. Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH (Hydrotec). Projektbericht Gewässer und Hochwasserschutz Nr. 05/2022.

OGewV. Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV). Fassung: 9.12.2020.

SENUMVK (SENATSVERWALTUNG FÜR UMWELT, VERKEHR UND KLIMASCHUTZ), Hg., 2018. Leistungsfähigkeit von praxiserprobten Formen der dezentralen und zentralen Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Kontext. Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH & AKUT Umweltschutz Ingenieure Burkard und Partner,

SITTERSON, J., et al., 2017. An Overview of Rainfall-Runoff Model Types. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, (EPA/600/R-17/482).

UNICE, K. M., et al., 2019. Characterizing export of land-based microplastics to the estuary - Part I: Application of integrated geospatial microplastic transport models to assess tire and road wear particles in the Seine watershed. *The Science of the total environment*, **646**, 1639-1649. Verfügbar unter: [doi:10.1016/j.scitotenv.2018.07.368](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.368)

9 Anhänge

Anhang A: Gewässerbeschreibung – Gewässerzustand- und Struktur

Anhang B: Hydrologischer Nachweis – Zwischenberechnungen

Anhang C: Stofflicher Nachweis – Zwischenberechnungen

Anhang D: Berechnungsgrundlagen und Annahmen für die Maßnahmenvorschläge

Anhang E: Maßnahmensteckbriefe

Anhang F: Maßnahmen – Kostentabelle

Anhang G: Berechnung Hamburg Wasser

Anhang H: Abkürzungen und Definitionen

10 Aufstellungsvermerk

Bearbeitet und aufgestellt von:

Hamburg, den 15.07.2022

elektronisch gezeichnet

G1

Fachtechnisch geprüft:

Hamburg, den 15.07.2022

elektronisch gezeichnet

G10

Hamburg, den 15.07.2022

elektronisch gezeichnet

G10

Freie und Hansestadt Hamburg
Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer
Sachsenfeld 3-5
20097 Hamburg

Titelbild:
Bornbach im November 2021

Gewässerbezogene Regenwasserstudie Bornbach

Anhang A: Gewässerbeschreibung – Gewässerzustand- und Struktur

Die Struktur und der Zustand (November 2021) werden vom Oberlauf Richtung Unterlauf beschrieben.

Auf Hamburger Seite entspringt der Bornbach aus einem Rohr (Siehe Abb. 1) und fließt anschließend durch eine Parkanlage. Das Flussbett in diesem Abschnitt ist geprägt von flachen Böschungen und abschnittsweise starkem Bewuchs (Siehe Abb. 2).

An den Querbauwerken nimmt der, in diesem Bereich z.T. trocken liegende, Bach Regenwasser aus den seitlichen Entwässerungsgräben auf (verrohrte Einleitungen). Im Oberlauf der Überquerung Grabauer Weg sorgt ein Wehr mit Schütztafel für einen Aufstau im Gewässer (Siehe Abb. 4). Am Schmalfelder Weg ebenfalls ist ein Schützwehr für einen entsprechenden Aufstau und damit eine Reduzierung der Fließdynamik verantwortlich.

Im Unterlauf einer Überquerung (Gehweg) bei Gewässerkilometer 5+390 ist der Bornbach über eine kurze Strecke durch eine Uferbefestigung charakterisiert, bevor er in einen kleinen Sandfang (ca. 50 m Gewässerslänge) mündet. Hinter diesem teichartigen Sandfang folgt ein geradliniger Verlauf durch ein Bauwerk mit einem Kastenprofil, gefolgt von der Mündung in das Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Heidgraben.

Durch das Auslaufbauwerk am westlichen Rand des RHB fließt der Bornbach über eine Strecke von ca. 40 m unter der Tangstedter Straße hindurch und folgt zunächst einem geradlinigen Verlauf bis zu linksseitigen Einmündung eines ca. 125 m langen Grabens, welcher eine Einleitung nördlich des Krankenhauses Heidberg aufnimmt. Nach einer Rechtskurve fließt der Bornbach in einem Gewässerbett mit flachen Böschungen weiter durch eine Wiesenlandschaft.

Ab Gewässerkilometer 4+840 grenzen die Grundstücke des Stockflethwegs an den Bornbach und das Gewässer ist zunehmend tief eingeschnitten und geprägt von steilen Böschungen und Querbauwerken, welche grundsätzlich mit einem Uferverbau von ca. 10 m jeweils ober- und unterstromig der Brücke oder des Durchlasses versehen sind (Beispiel: Überquerung Kiwittsmoor in Siehe Abb. 5).

An der Gewässerstation 4+440 mündet der Pannsgraben rechtsseitig in den Bornbach. Der 365 m lange Gewässerstrang entspringt wie der Bornbach aus einem Rohr in Schleswig-Holstein (Siehe Abb. 6). Der z.T. trocken liegende Graben (Siehe Abb. 7) unterquert den Pannsweg und auf einer längeren Strecke (35 m) unterquert er den Stockflethweg. Im Mündungsbereich kommt es zu höheren Sedimentablagerungen.

Im weiteren geradlinigen Verlauf nimmt der Bornbach auf einer Strecke von 340 m das Regenwasser von mehreren Siedlungsgebieten auf und mündet anschließend nach einem Abschnitt mit Uferbefestigungen (unterstromig der Straße Tweeltenbek) in das Rückhaltebecken Solferinostraße (Siehe Abb. 8). Hinter dem Auslaufbauwerk folgt eine ca. 60 m lange Verrohrung unter der Parkplatzanlage der U-Bahn Station Kiwittsmoor.

In einem offenen, geradlinigen Gewässerabschnitt mit steilen Böschungen (ca. 150 m Länge) fließt der Bornbach dann weiter bis in das Rückhaltebecken Kiwittsmoor. In dieses Rückhaltebecken mündet ebenfalls die ca. 465 m lange Tweeltenbek, welche im Oberlauf von einem Graben gespeist wird (siehe Abb. 9), welcher wiederum aus einer Einleitung am Spielplatz Heidberg (westlich der dort ansässigen KITA) entspringt.

Am Auslauf des RHB Kiwittsmoor befindet sich ein breitkroniges Wehr (siehe Abb. 10). Im Unterlauf zweigt ein Teil des Bornbachs in einen Teich ab, der zusätzlich ein Naturschwimmbad mit Wasser versorgen kann. Das Naturbad kann über einen Notüberlauf

auch Wasser in den Bornbach (weiter im Unterlauf) einleiten. Der eigentliche Bornbach zweigt Richtung U-Bahntrasse ab und es folgt ein natürlicher Verlauf (siehe Abb. 11).

In dem renaturierten Abschnitt mit einem sehr geringen Sohlgefälle zwischen km 3+300 und 3+500 wird der Bornbach von einem Parallelgerinne begleitet. Kurz vor der Unterquerung der Straße Hohe Liedt mündet linksseitig ein Graben ein, der gedrosselt durch ein kleines Rückhaltebecken, die Einleitmengen östlich der Parkanlage Heidberg aufnimmt. Unterstromig des Straßendurchlasses folgt der Bornbach einer Rechtskurve durch einen dicht bewachsenen Gewässerabschnitt. Nach der darauf folgenden 40 m langen Unterquerung (siehe Abb. 12) unter der U-Bahntrasse, nimmt er Kurs auf die Schrebergartenanlage Diekmoor.

Im Unterlauf der U-Bahn Unterquerung (km 3+100) folgt ein Gewässerabschnitt mit sehr dichtem Bewuchs bis zur Fußgängerbrücke (km 3+015). Der weitere Verlauf ist auf einer Strecke von ca. 100 m geradlinig, mit flachen Böschungen und einzelnen Störelementen (Totholz). Linksseitig sind zwei Einleitungen zu vermerken, welche die Schrebergartenflächen linksseitig entwässern. Eine weitere Einleitung an der Linkskurve (km 2+900) führt zu signifikanten Ablagerungen im Gewässer (siehe Abb. 13).

Im Unterlauf der Kurve bei ca. km 2+700 mündet linksseitig ein offener Graben in den Bornbach. Der Gewässerabschnitt ist bis zur Einmündung in das HRB Diekmoor (km 2+240) geprägt von einer sandigen Sohle, flachen Böschungen und einem steilen linken Vorland, welches über ca. drei größere, offene Dränagen über den Wanderweg in den Bornbach entwässert wird.

Bei Gewässerstation 2+540 führt eine Einleitung zu lokalen Schlickablagerungen im Bornbach. Im Oberlauf der Einmündung in das HRB Diekmoor mündet linksseitig ein tief eingeschnittener Graben in den Bornbach. Der Entwässerungsgraben wird vom Niederschlagswasser eines großen Siedlungsgebietes gespeist.

Der Bornbach durchfließt das Rückhaltebecken Diekmoor auf einer Länge von ca. 200 m. Unterhalb des Auslaufbauwerks mündet der Diekmoorgraben (siehe Abb. 14) über eine kurze Verrohrung in den Bornbach. Der ca. 170 m lange Graben führt durch einen bewaldeten Abschnitt und führt ausschließlich bei höheren Niederschlägen Wasser in den Bornbach.

Bis zur Fußgängerbrücke an der Gewässerstation 1+770 ist das Vorland des Bornbachs beidseitig durch eine Schrebergartenanlage geprägt. Von der Gewässerstruktur her weist er in diesem Abschnitt eine flache Böschung mit starkem Bewuchs auf und ist charakterisiert durch vereinzelte Störsteine, Totholz und Eichenholzpfähle, welche zu einer Erhöhung der Fließdynamik führen sollen, dieses Ziel aber zumindest bei den beobachteten Abflüssen nicht erfüllen (Beispiel in Abb. 15).

Bis etwa zur Gewässerstation 1+670 setzt sich dieser naturnahe Zustand mit Ausnahme des geradlinigen Verlaufs oberhalb der Überquerung bei km 1+780 fort. Weiter im Unterlauf ist die 150 m lange Strecke oberhalb des Durchlasses bei der Gewässerstation 1+520 durch eine lichte Böschungsbepflanzung und eine strukturarme Sohle charakterisiert.

Unterhalb dieses Durchlasses ist der Bornbach tief eingeschnitten. Eine Sohl- und Böschungssicherung schützen vor Erosion. Es folgt ein weiterer, begradigter Gewässerabschnitt (ca. 80 m lang) mit diversen Sohlsicherungen und vereinzelt Eichenholzpfählen. Vor der Unterquerung der Langenhorner Chaussee führt eine Gasleitung über den Bornbach (siehe Abb. 16).

Unterhalb des Auslaufs der Unterquerung der Langenhorner Chaussee bei Gewässerkilometer 1+370 (Einleitung der Straßenentwässerung linksseitig) ist der Bornbach tief eingeschnitten und das Vorland linksseitig bis dicht an das Gewässer heran durch Bebauung geprägt.

In einer langgezogenen Linkskurve (km 1+280 bis 1+330) ist das Ufer beidseitig befestigt und der Höhenunterschied wird durch eine Sohlgleite überwunden, an dessen Nachsicherung rechtsseitig eine weitere Einleitung mündet (siehe Abb. 17). Bis zu einer Sohlschwelle (km 1+230) im Unterlauf ist das Gewässer durch steile Böschungen geprägt. Im Unterlauf dieser Schwelle ist der Bornbach durch flache Böschungen, einen dichten Bewuchs und ein naturnahes Erscheinungsbild charakterisiert (siehe Abb. 18).

Unterhalb der Überquerung Kulenstück (siehe Abb. 19) bietet der Bornbach ein strukturarmes Bild, mit einem geradlinigen Verlauf, einer sandigen Sohle und einem lichten Böschungsbewuchs. In diesem Abschnitt befindet sich auch der Pegel Grellkamp (km 0+680, siehe Abb. 21). Weiter im Unterlauf folgt ein rückstaubeinflusster, renaturierter Abschnitt (siehe Abb. 22), der sich bis zum Zusammenfluss mit der Tarpenbek und der Mündung in das RHB (Siehe Abb. 23) fortführt.



Abb. 1: Quelle des Bornbachs



Abb. 2: Gewässerabschnitt im Quellbereich des Bornbachs



Abb. 3: Bornbach im Oberlauf, z. T. trocken



Abb. 4: Wehr im Oberlauf der Überquerung Grabauer Weg



Abb. 5: Querbauwerk Kiwittsmoor (Gewässerstation 4+515)



Abb. 6: Quellbereich des Pannsgrabens



Abb. 7: Pannsgraben

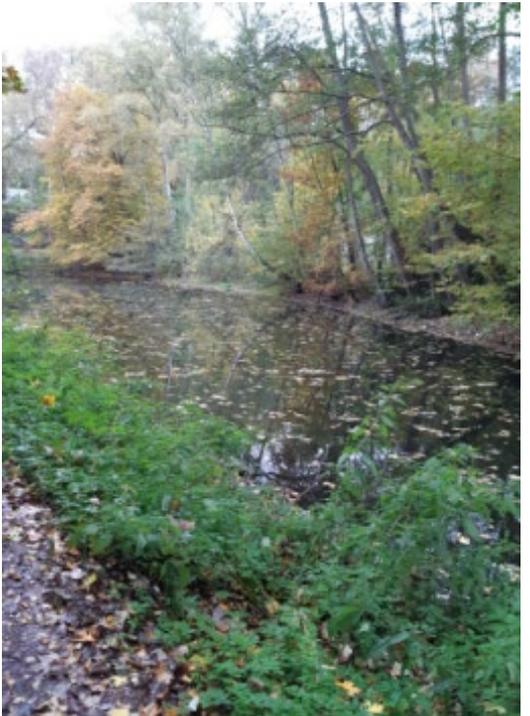


Abb. 8: Einmündungsbereich Rückhaltebecken Solferinostraße



Abb. 9: Einmündung eines Seitengrabens in die Tweeltenbek



Abb. 10: Wehr am Auslauf des RHB Kiwittsmoor



Abb. 11: Bornbach unterhalb des RHB Heidberg



Abb. 12: Durchlass an der U-Bahn-Trasse U1

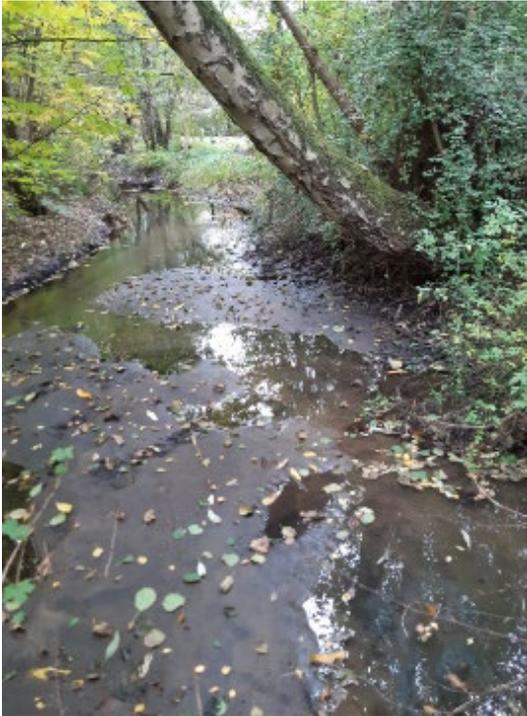


Abb. 13: Schlammablagerungen im Unterlauf der Einleitung 2+900

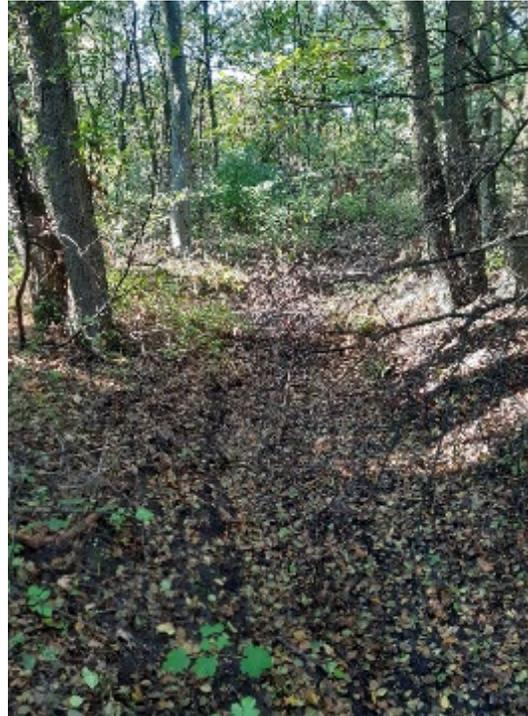


Abb. 14: Diekmoorgraben

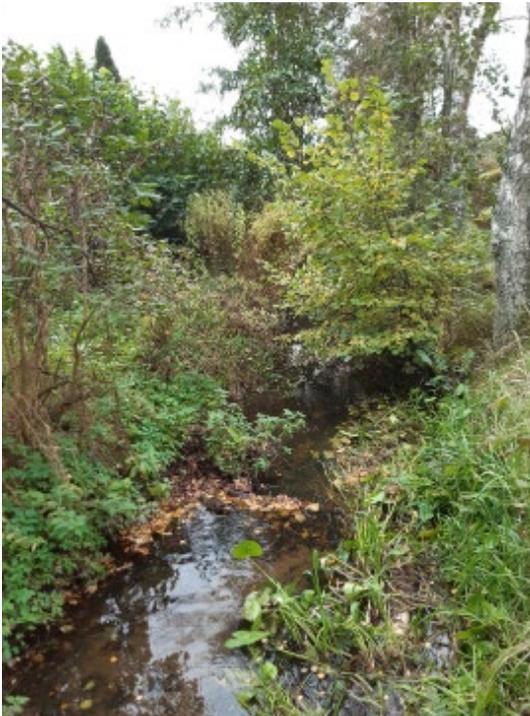


Abb. 15: Bornbach parallel zum Weg Nr. 414



Abb. 16: Langenhorner Chaussee, Blick Richtung Oberlauf



Abb. 17: Sohlgleite mit Uferbefestigung

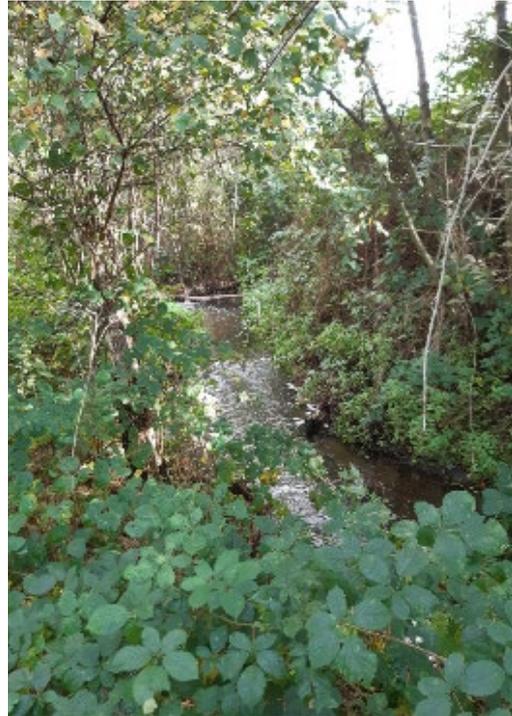


Abb. 18: Bornbach bei km 0+900



Abb. 19: Überquerung Kühlenstück



Abb. 20: Bornbach im Unterlauf der Überquerung Kuhlstück



Abb. 21: Pegel Grellkamp



Abb. 22: Renaturierter Abschnitt im Unterlauf des Pegels



Abb. 23: Mündungsbereich des Bornbachs

Gewässerbezogene Regenwasserstudie Bornbach

Anhang B: Hydrologischer Nachweis - Zwischenberechnungen

Tab. 1: Emissionsseitige hydraulische Belastung und zu schaffendes Rückhaltevolumen

| Sieleinzugsgebiet | Befestigte Fläche A _{E,b,a} | Dauerstufe Niederschlag für die Berechnungen [min] | Zulässige Einleitmenge bei Vorgabe der BUKEA von max. 10 l/(s*ha) [l/s] | Vorhandene Einleitmenge Q _{RW,FHH1} | Einleitung gem. wasserrechtlicher Genehmigung [l/s] | Status wasserrechtliche Genehmigung [l/s] | Erforderliches Rückhaltevolumen [m³] | Vorhandene RHB | Verfügbares Volumen durch Staulamelle [m³] | Ranking |
|-------------------|---|--|---|--|---|---|--------------------------------------|---|--|---------|
| 56620001 | 0,85 | 90 | 8 | 101 | 32 | Noch nicht genehmigt | 302 | - | 0 | 23 |
| 56620002 | 0,77 | 60 | 8 | 122 | 69 | Noch nicht genehmigt | 274 | - | 0 | 24 |
| 56620003 | 4,43 | 60 | 44 | 341 | 470 | Genehmigt | 1594 | - | 0 | 10 |
| 56620004 | 7,27 | 60 | 73 | 608 | 763 | Noch nicht genehmigt | 488 | Heerwisch, Samlandweg II (Nebenschluss) | 2000 | 5 |
| 56620005 | 1,70 | 60 | 17 | 122 | 140 | Genehmigt | 614 | - | 0 | 19 |
| 56620006 | 0,99 | 60 | 10 | 41 | 40 | Genehmigt | 355 | - | 0 | 22 |
| 56620007 | 4,41 | 60 | 44 | 355 | 282 | Noch nicht genehmigt | 1568 | - | 0 | 11 |
| 56620009 | 8,84 | 60 | 88 | 434 | 714 | Noch nicht genehmigt | 3182 | - | 0 | 2 |
| 56620010 | 2,84 | 60 | 28 | 287 | 990 | Genehmigt | 1006 | - | 0 | 14 |
| 56620011 | 7,63 | 90 | 76 | 702 | 496 | Noch nicht genehmigt | 2543 | - | 0 | 4 |
| 56620012 | 4,29 | 90 | 43 | 421 | 251 | Noch nicht genehmigt | 1541 | - | 0 | 12 |
| 56620013 | 5,80 | 60 | 58 | 456 | ohne Menge | Genehmigt | 2096 | - | 0 | 7 |
| 56620014 | 7,45 | 60 | 74 | 469 | 648 | Genehmigt | 2374 | - | 0 | 6 |
| 56620015 | 6,29 | 60 | 63 | 553 | 626 | Noch nicht genehmigt | 1627 | - | 0 | 8 |
| 56620016 | 49,08 | 60 | 491 | 1441 | 2343 | Noch nicht genehmigt | 16659 | Diekmoor (Gewässer) | 7158 | 1 |
| 56620018 | 4,63 | 60 | 46 | 0 | nicht erforderlich | Genehmigt | 454 | Hohe Liedt/Holitzberg (Nebenschluss) | 1155 | 9 |
| 56620019 | 1,46 | 60 | 15 | 96 | 157 | Genehmigt | 528 | Kiwittsmoor (Gewässer) | 4311 | 21 |

| Sieleinzugsgebiet | Befestigte Fläche $A_{E,b,a}$ | Dauerstufe Niederschlag für die Berechnungen [min] | Zulässige Einleitmenge bei Vorgabe der BUKEA von max. 10 l/(s*ha) [l/s] | Vorhandene Einleitmenge $Q_{RW,FHH1}$ | Einleitung gem. wasserrechtlicher Genehmigung [l/s] | Status wasserrechtliche Genehmigung [l/s] | Erforderliches Rückhaltevolumen [m ³] | Vorhandene RHB | Verfügbares Volumen durch Staulamelle [m ³] | Ranking |
|-------------------|----------------------------------|--|---|---------------------------------------|---|---|---|----------------------------|---|---------|
| 56620020 | 1,66 | 90 | 17 | 278 | 279 | Genehmigt | 589 | - | 0 | 20 |
| 56620022 | 2,89 | 60 | 29 | 217 | 504 | Genehmigt | 1025 | Heidberg (Gewässer) | 573 | 13 |
| 56620023 | 2,24 | 60 | 22 | 189 | 199 | Genehmigt | 808 | Solferinostraße (Gewässer) | 1113 | 16 |
| 56620024 | 1,87 | 60 | 19 | 127 | 200 | Noch nicht genehmigt | 670 | - | 0 | 18 |
| 56620025 | 2,13 | 60 | 21 | 169 | 203 | Noch nicht genehmigt | 766 | - | 0 | 17 |
| 56620026 | 0,13 | 60 | 1 | 514 | 754 | Genehmigt | 173 | - | 0 | 27 |
| 56620027 | 0,74 | 90 | 7 | - | - | - | 252 | Kiwittsmoor (Gewässer) | 4311 | 25 |
| 56620028 | 2,27 | 60 | 23 | 164 | 188 | Noch nicht genehmigt | 820 | Heidberg (Gewässer) | 573 | 15 |
| 56620029 | 0,27 | 60 | 3 | 30 | 37 | Noch nicht genehmigt | 95 | - | 0 | 28 |
| 56620033 | 0,13 | 120 | 1 | 514 | 754 | Genehmigt | 48 | - | 0 | 29 |
| 56630003 | 8,83 | 60 | 88 | - | - | - | 3151 | Kronstiege (Gewässer) | 22863 | 3 |
| S_90083206 | 0,60 | 60 | 6 | - | - | - | 203 | - | 0 | 26 |

Gewässerbezogene Regenwasserstudie Bornbach

Anhang C: Stofflicher Nachweis - Zwischenberechnungen

Anhang C1: Emission stofflich

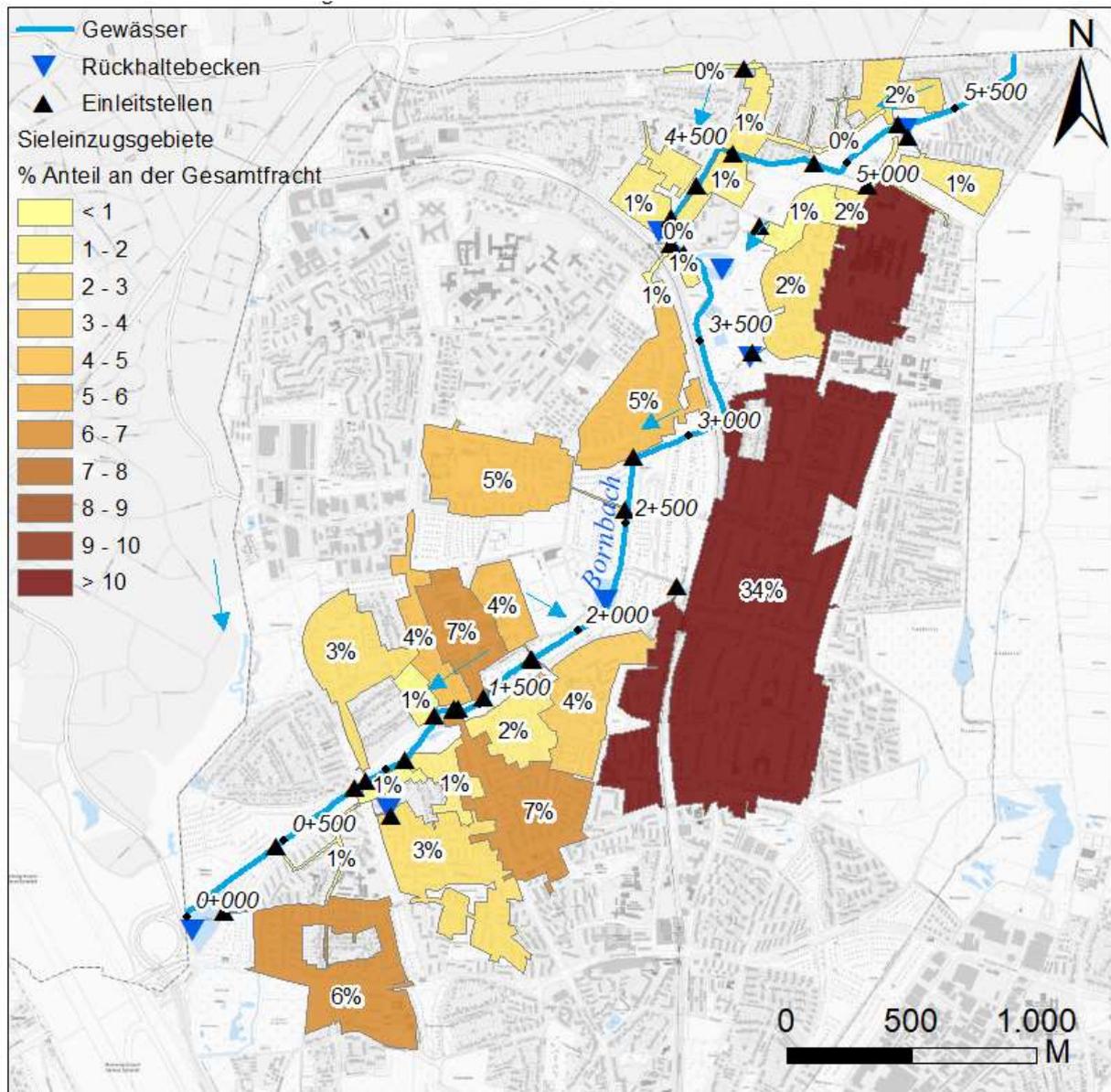


Abb 1: Emissionsbezogene stoffliche Berechnungen – % Anteil an der Gesamtfracht

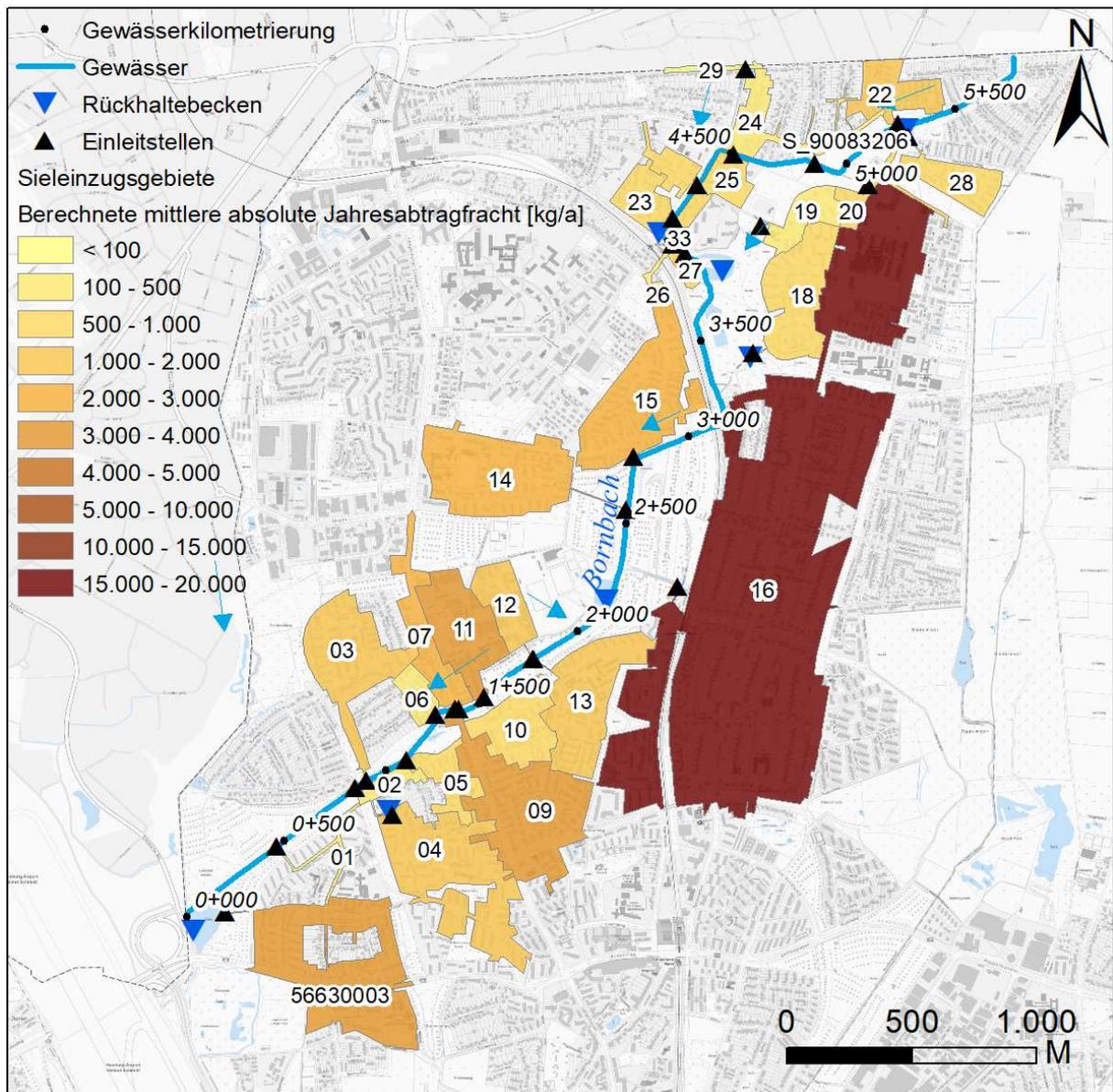


Abb 2: Emissionsbezogene stoffliche Berechnungen – absolute Jahresfrachten

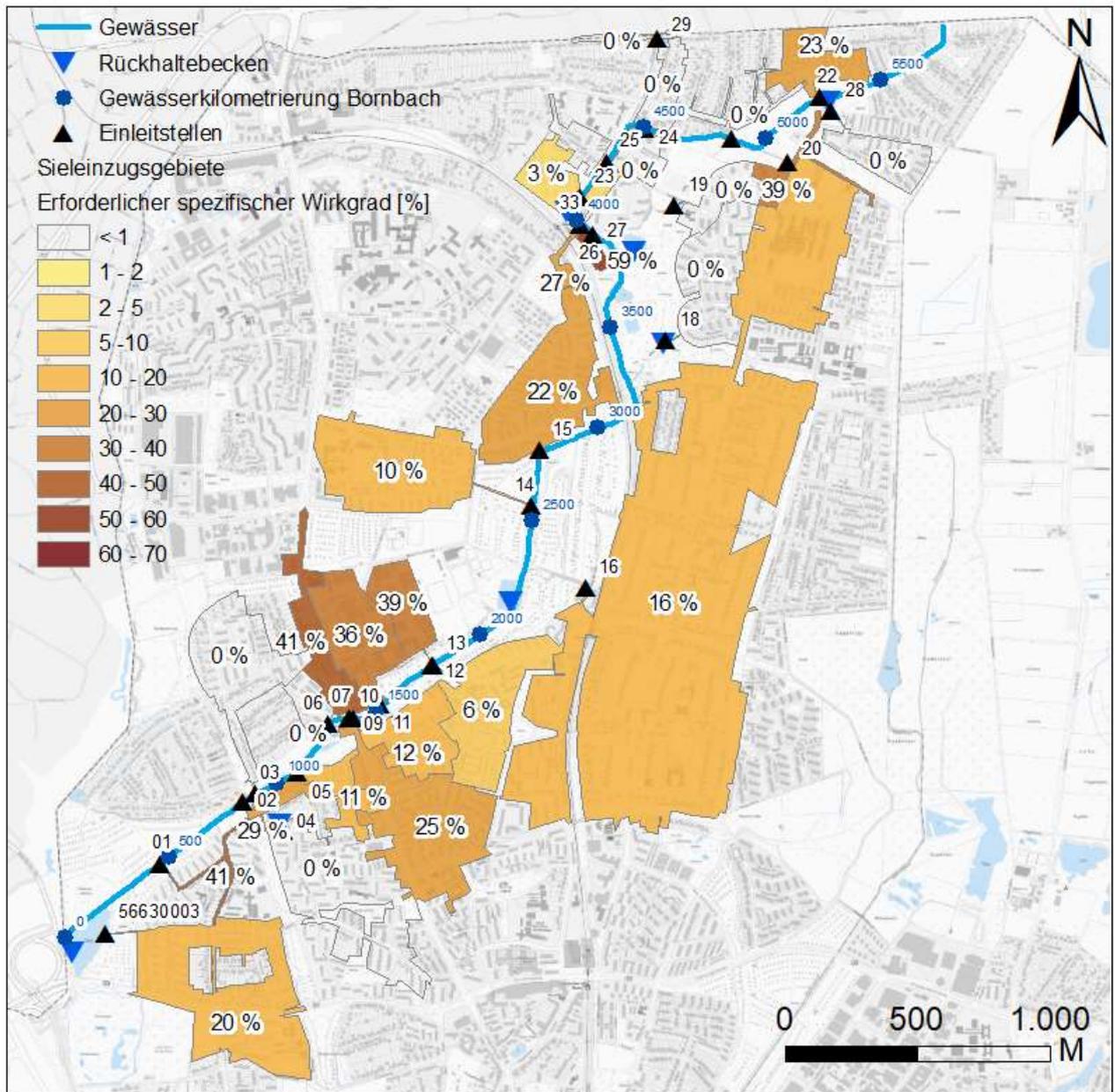


Abb 3: Emissionsbezogene stoffliche Berechnungen – Erforderlicher Reinigungsgrad für das entsprechende SEZG

Tab. 1: Emissionsseitige Parameter pro Sieleinzugsgebiet mit Einfärbung einer parameterbezogenen Priorisierung

| Sieleinzugsgebiet | Gewässerstation [m] | Spezifische Fracht [kg/ha*a] | Befestigte Fläche [m ²] | Gesamtfläche [m ²] | Mittlere absolute jährliche Fracht [kg/a] | Zu reduzierende Fracht [kg/a] | Ranking gem. Methodik BUKEA | Erforderlicher Wirkgrad |
|-------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 56620028 | 5276 | 286 | 22737 | 51090 | 619 | 0 | 25 | 0% |
| 56620022 | 5257 | 391 | 28944 | 59672 | 1054 | 244 | 10 | 23% |
| 56620020 | 4978 | 509 | 16633 | 22921 | 770 | 304 | 9 | 39% |
| S_90083206 | 4846 | 301 | 6014 | 8563 | 163 | 0 | 22 | 0% |
| 56620024 | 4510 | 281 | 18727 | 44282 | 487 | 0 | 27 | 0% |
| 56620029 | 4465 | 281 | 2685 | 7946 | 68 | 0 | 24 | 0% |
| 56620025 | 4284 | 284 | 21311 | 54965 | 565 | 0 | 26 | 0% |
| 56620023 | 4118 | 307 | 22430 | 50322 | 645 | 17 | 18 | 3% |
| 56620026 | 3979 | 423 | 7250 | 9400 | 279 | 76 | 16 | 27% |
| 56620033 | 3979 | 280 | 1343 | 1382 | 34 | 0 | 23 | 0% |
| 56620027 | 3917 | 759 | 7383 | 9163 | 504 | 297 | 8 | 59% |
| 56620019 | 3872 | 298 | 14550 | 42557 | 407 | 0 | 19 | 0% |
| 56620018 | 3262 | 377 | 46291 | 111942 | 975 | 0 | 28 | 0% |
| 56620015 | 2768 | 386 | 62894 | 169914 | 2262 | 501 | 7 | 22% |
| 56620014 | 2559 | 331 | 74484 | 175908 | 2327 | 242 | 11 | 10% |
| 56620016 | 2310 | 357 | 490813 | 1275377 | 16317 | 2574 | 1 | 16% |
| 56620013 | 1790 | 319 | 57961 | 134759 | 1736 | 113 | 13 | 6% |
| 56620012 | 1786 | 495 | 42854 | 53478 | 1967 | 767 | 5 | 39% |
| 56620011 | 1538 | 471 | 76258 | 101230 | 3340 | 1205 | 2 | 36% |
| 56620010 | 1409 | 341 | 28397 | 76605 | 901 | 106 | 15 | 12% |
| 56620009 | 1395 | 403 | 88427 | 193935 | 3306 | 830 | 4 | 25% |
| 56620007 | 1394 | 519 | 44128 | 66544 | 2094 | 859 | 3 | 41% |
| 56620006 | 1309 | 294 | 9859 | 25028 | 271 | 0 | 21 | 0% |
| 56620005 | 1088 | 337 | 16988 | 42309 | 535 | 60 | 17 | 11% |
| 56620003 | 911 | 294 | 44317 | 129309 | 1224 | 0 | 20 | 0% |
| 56620004 | 858 | 341 | 72694 | 199525 | 1411 | 0 | 29 | 0% |
| 56620002 | 856 | 433 | 7657 | 17856 | 303 | 89 | 14 | 29% |
| 56620001 | 462 | 530 | 8486 | 9407 | 405 | 167 | 12 | 41% |
| 56630003 | 0 | 375 | 88254 | 235474 | 3072 | 601 | 6 | 20% |

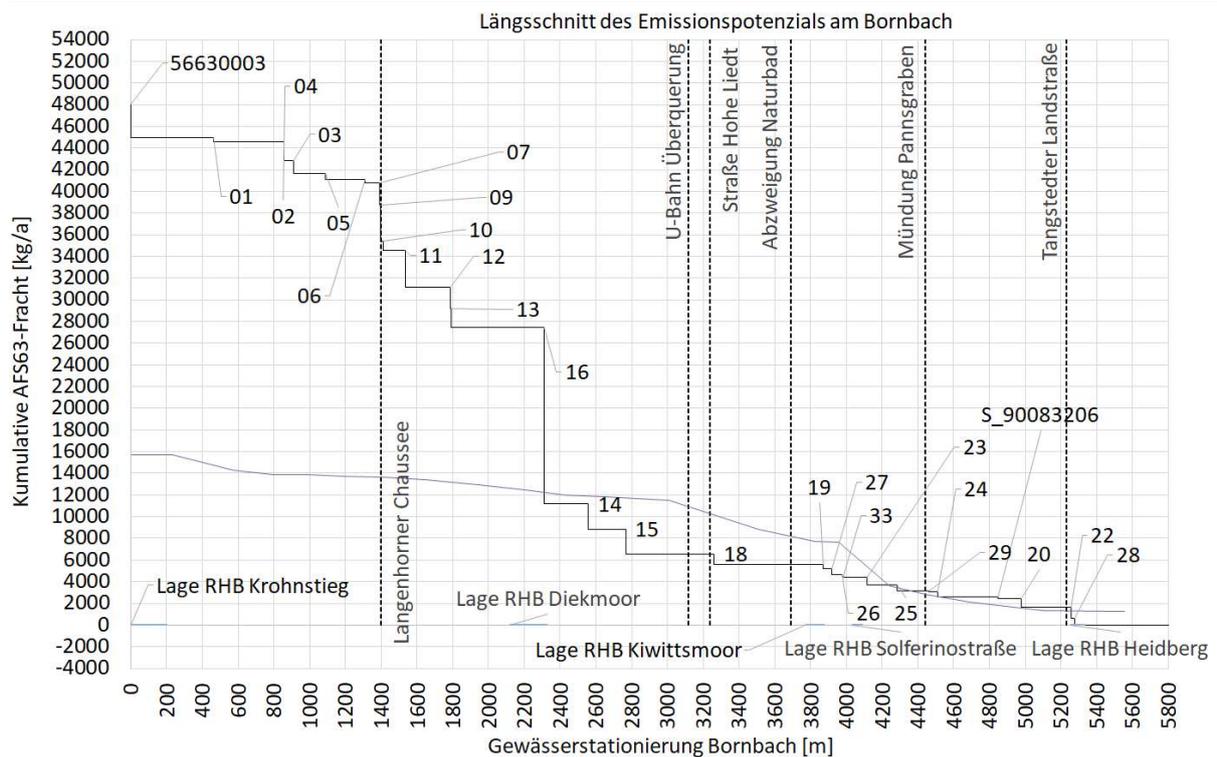


Abb 4: Längsschnitt der absoluten Fracht am Bornbach, inkl. FHH00001-Flächen

Tab. 2: Theoretische AFS63-Frachten von FHH00001-Gebieten

| Teileinzugsgebietsnummer | Mittlere absolute jährliche Fracht [kg/a] | Zugelassener theoretischer Stoffeintrag [kg/a] | Befestigte Flächen [ha] | Zu reduzierende Fracht mit Berücksichtigung der Sedimentationswirkung von Grabensystemen [kg/a] | Erforderlicher Wirkgrad[%] |
|--------------------------|---|--|-------------------------|---|----------------------------|
| 119_1000 | 1239 | 2378 | 8,49 | 0 | 0,00 |
| 119_1500 | 117 | 175 | 0,63 | 0 | 0,00 |
| 119_1800 | 704 | 1273 | 4,55 | 0 | 0,00 |
| 119_1900 | 756 | 1506 | 5,38 | 0 | 0,00 |
| 119_2000 | 796 | 1464 | 5,23 | 0 | 0,00 |
| 119_2100 | 343 | 671 | 2,39 | 0 | 0,00 |
| 119_2300 | 2385 | 2688 | 9,60 | 0 | 0,00 |
| 119_2500 | 1281 | 1757 | 6,28 | 0 | 0,00 |
| 119_2700 | 103 | 205 | 0,73 | 0 | 0,00 |
| 119_2900 | 26 | 51 | 0,18 | 0 | 0,00 |
| 119_3500 | 1079 | 2087 | 7,45 | 0 | 0,00 |
| 119_3900 | 2696 | 3725 | 13,30 | 0 | 0,00 |
| 119_4300 | 316 | 617 | 2,20 | 0 | 0,00 |
| 119_4500 | 157 | 280 | 1,00 | 0 | 0,00 |
| 119_4900 | 448 | 843 | 3,01 | 0 | 0,00 |
| 119_5500 | 484 | 842 | 3,01 | 0 | 0,00 |
| 119_5900 | 505 | 818 | 2,92 | 0 | 0,00 |
| 119_6300 | 45 | 36 | 0,13 | 9 | 19,81 |

| Teileinzugsgebietsnummer | Mittlere absolute jährliche Fracht [kg/a] | Zugelassener theoretischer Stoffeintrag [kg/a] | Befestigte Flächen [ha] | Zu reduzierende Fracht mit Berücksichtigung der Sedimentationswirkung von Grabensystemen [kg/a] | Erforderlicher Wirkgrad[%] |
|---------------------------------|--|---|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 119_6500 | 179 | 284 | 1,02 | 0 | 0,00 |
| 119_6900 | 75 | 131 | 0,47 | 0 | 0,00 |
| 119_7500 | 162 | 323 | 1,15 | 0 | 0,00 |
| 119_7900 | 4 | 7 | 0,03 | 0 | 0,00 |
| 119_8900 | 342 | 667 | 2,38 | 0 | 0,00 |
| 119_9300 | 8 | 16 | 0,06 | 0 | 0,00 |
| 119_9900 | 1419 | 2540 | 9,07 | 0 | 0,00 |
| 91_9900 | 4 | 7 | 0,02 | 0 | 0,00 |

Anhang C2: Immission stofflich AFS63

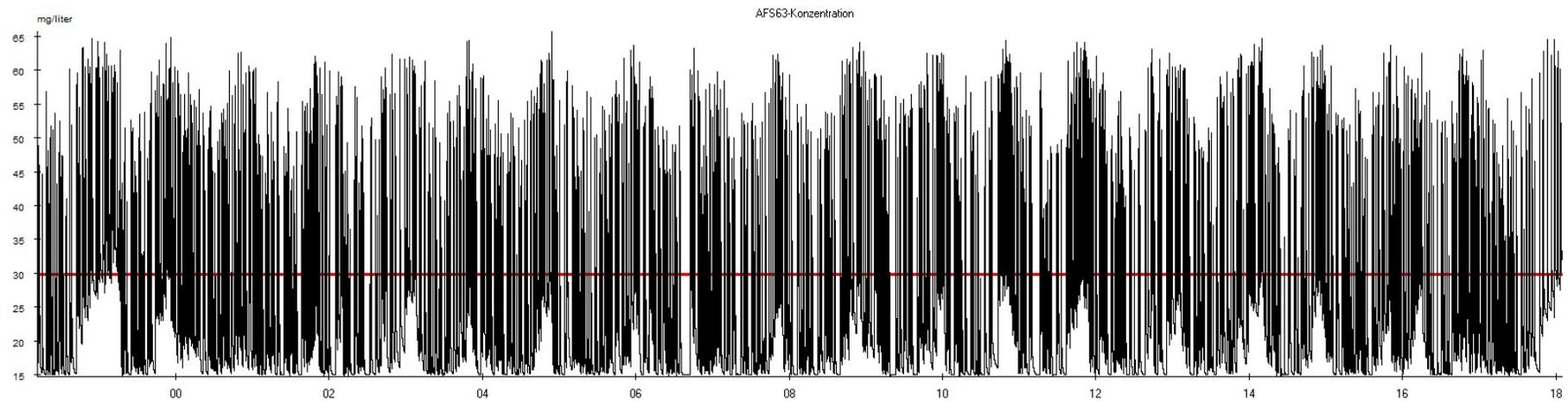


Abb 5: Simulierte AFS63-Konzentrationen 1998-2018 am Bornbach, Gewässerstation 0+000 mit Angabe des Grenzwerts von 30 mg/l

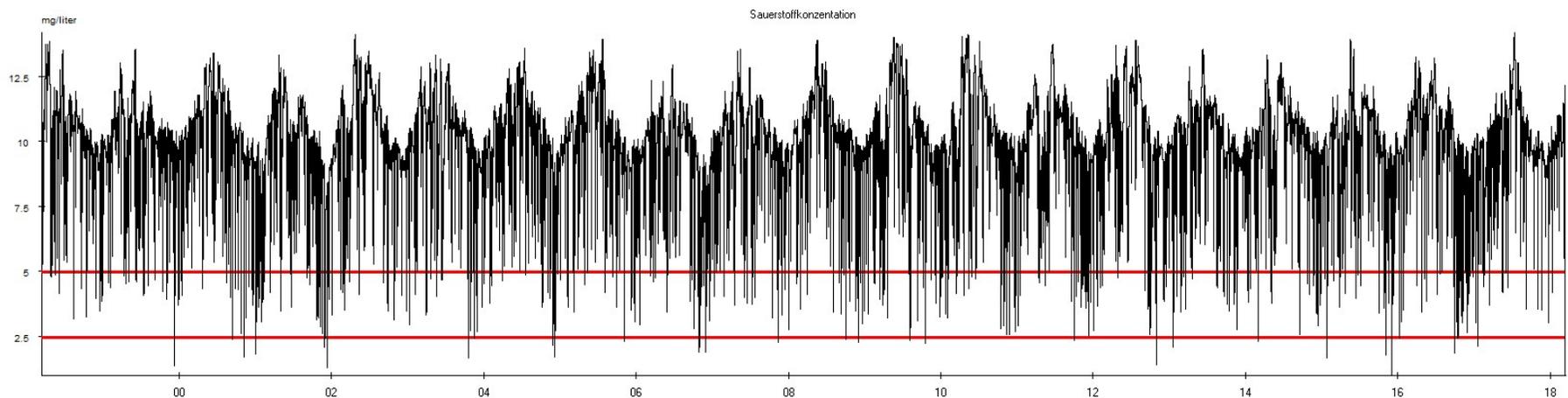
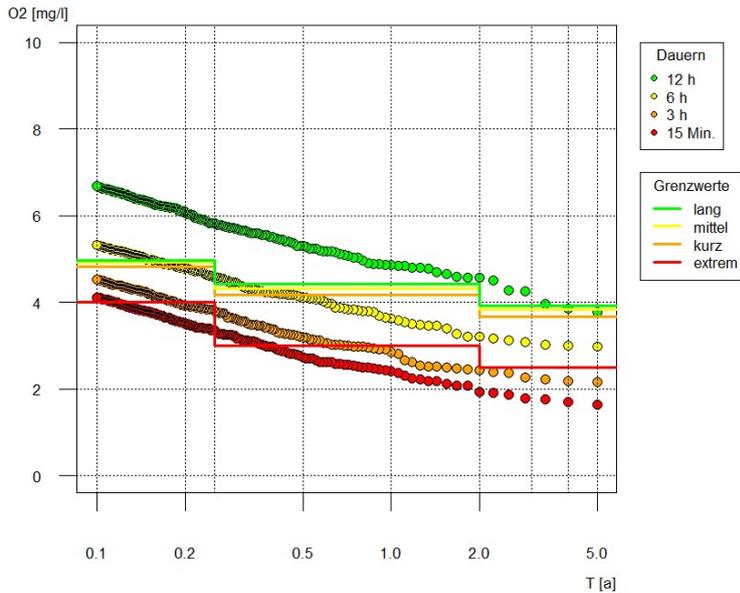


Abb 6: Simulierte Sauerstoffkonzentrationen 1998-2018 am Bornbach, Gewässerstation 0+000 mit Angabe der untern und oberen Grenzwerte für den kritischen Sauerstoffgehalt

Anhang C3: Immission stofflich, Sauerstoff

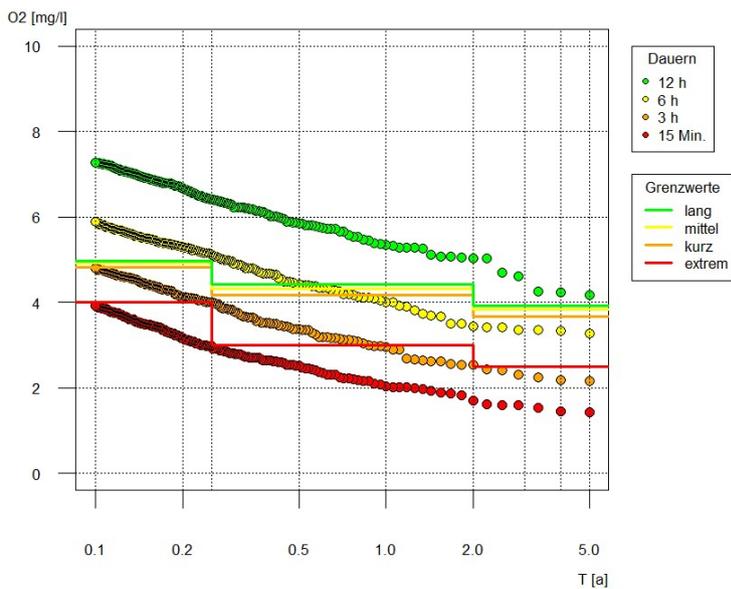
Die Prüfmatrix der Häufigkeiten und Dauerstufen/Einwirkzeiten ist wie folgt zu lesen: Unterschreiten die Punkte (Simulationsergebnisse) die Grenzwerte einer bestimmten Häufigkeit/Dauerklasse (abgestufte Linien), so ist diese Unterschreitung als ein Sauerstoffdefizit in dieser bestimmten Klasse zu verstehen.

Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3 O₂-Konzentration



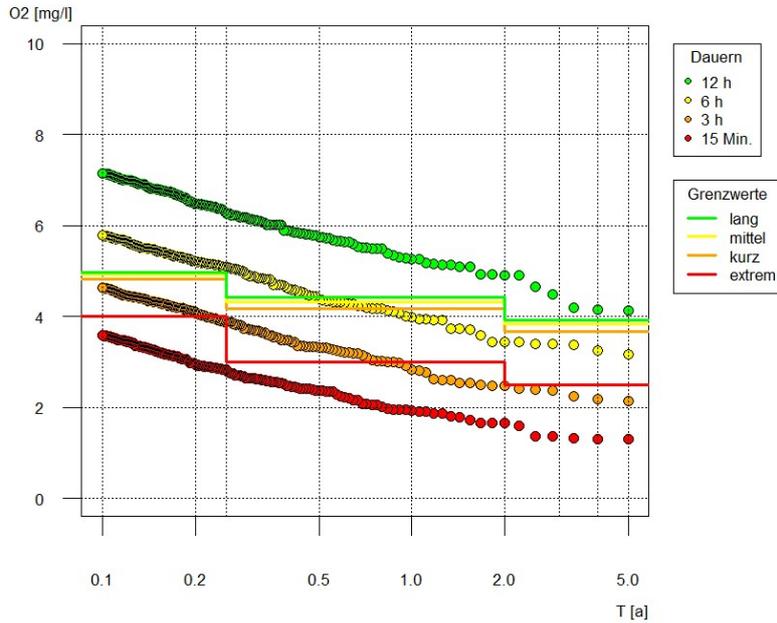
Bornbach (SE 119_1500)
Km:5+252:RHB-Heidelberg,56620022,56620028

Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3 O₂-Konzentration



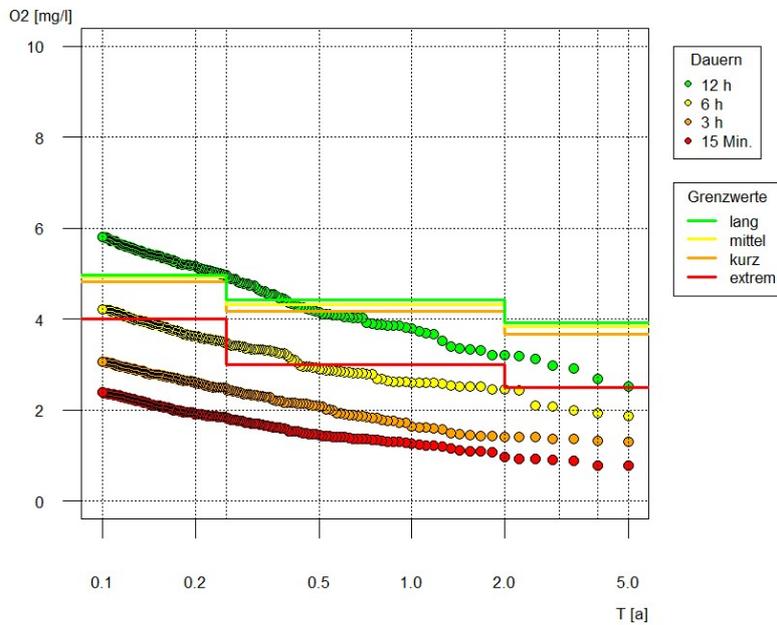
Bornbach (SE 119_1900)
Km:5+017:56620020,90083206

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O2-Konzentration**



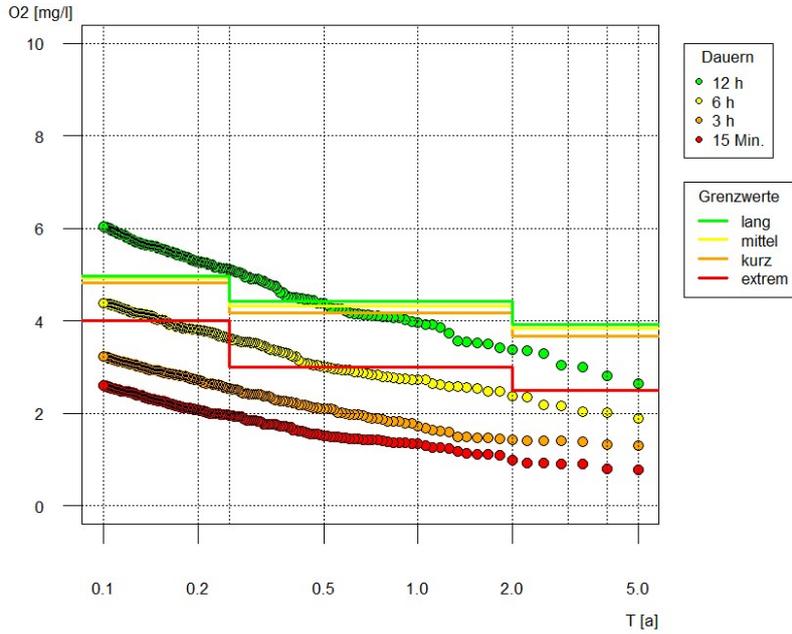
Bornbach (SE 119_1905_KM4+527)
Km:4+527:56620024

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O2-Konzentration**



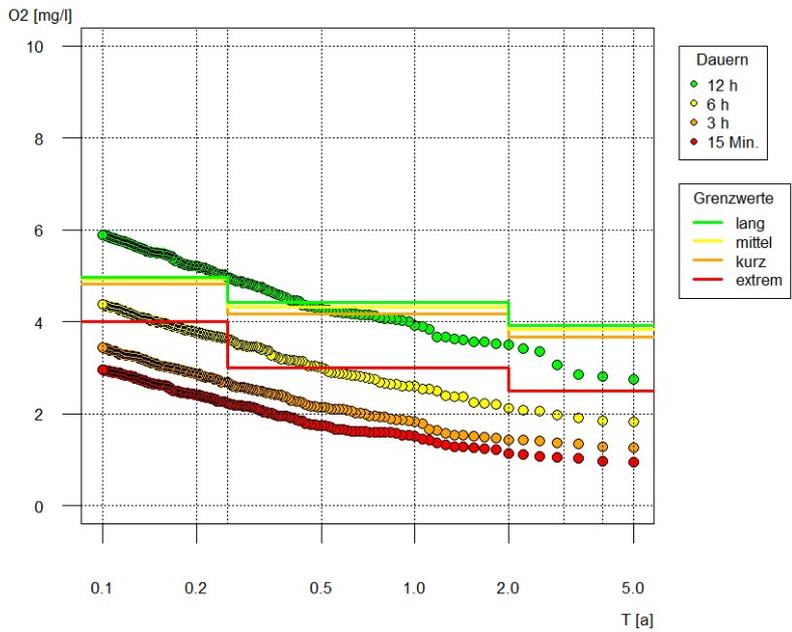
Bornbach (SE 119_2000)
Km:4+371:Pannsgraben,56620024,56620025

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O₂-Konzentration**



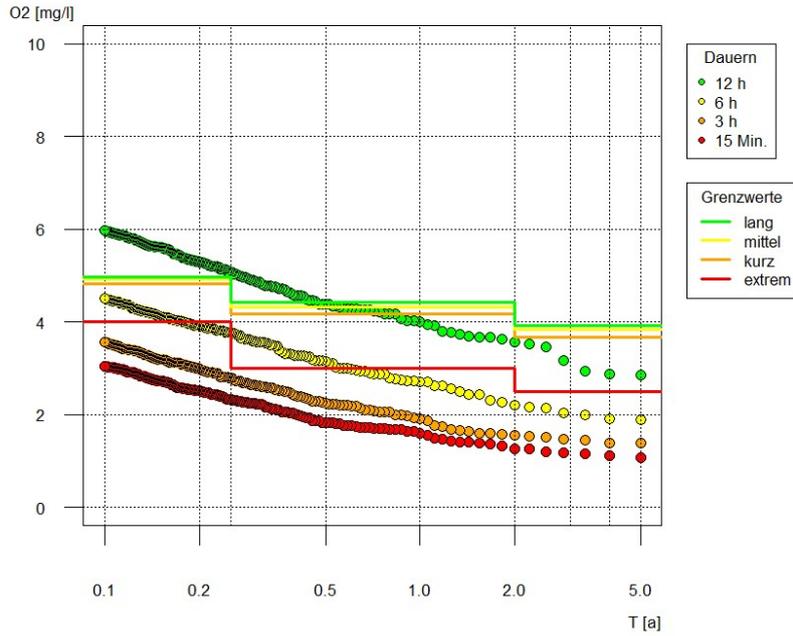
Bornbach (SE 119_2000_KM4+265)
Km:4+265:56620025

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O₂-Konzentration**



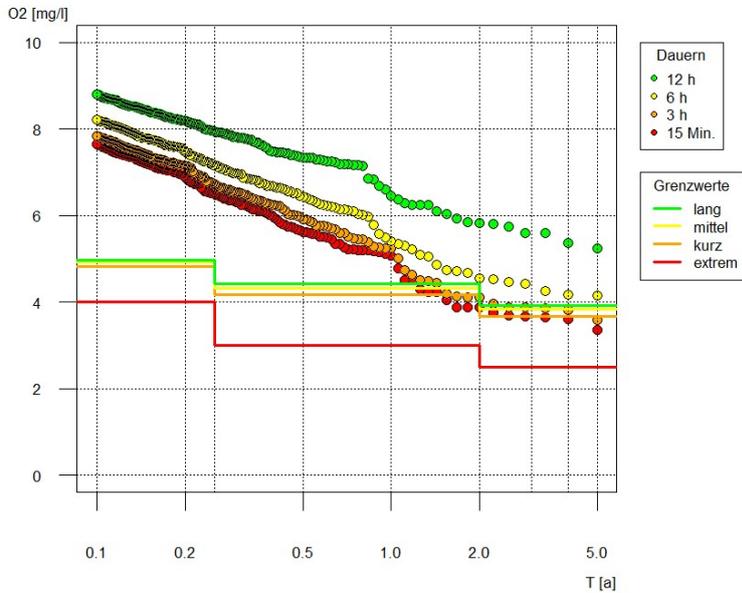
Bornbach (SE 119_2500)
Km:4+071:RHB-Solferinst.,56620033,56620026,56620023

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O₂-Konzentration**



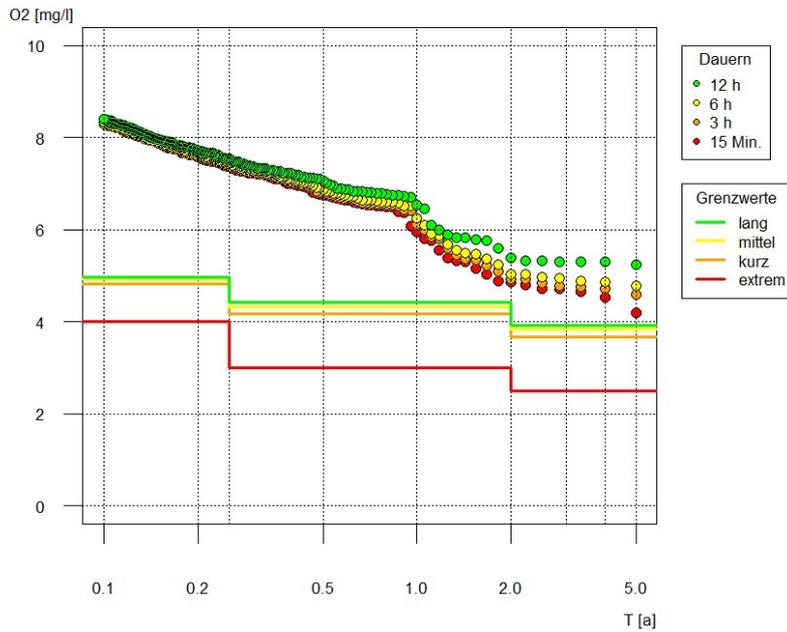
Bornbach (SE 119_2500_KM3+962)
Km:3+962:56620026,56620033

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O₂-Konzentration**



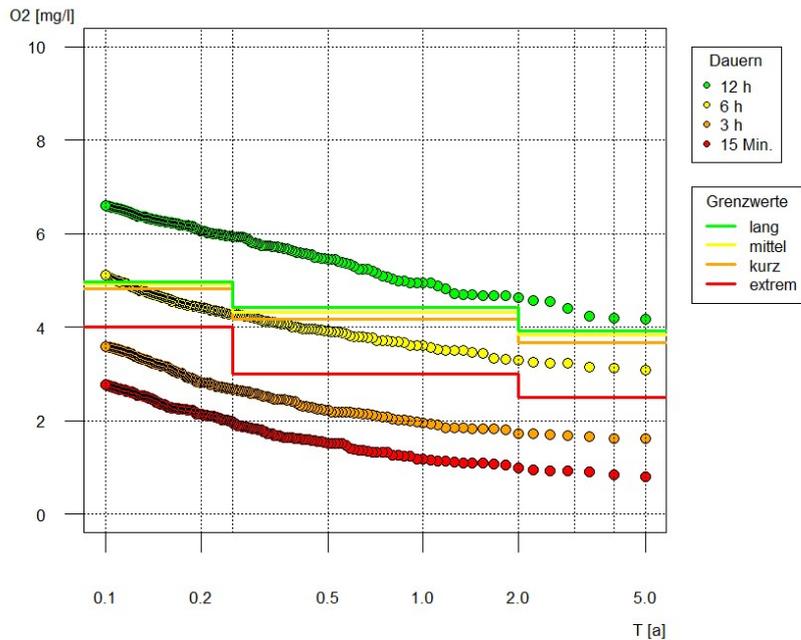
Bornbach (SE 119_3500)
Km3+883:RHB-Kiwittsmoor,Tweltenbek,56620027

Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3 O₂-Konzentration



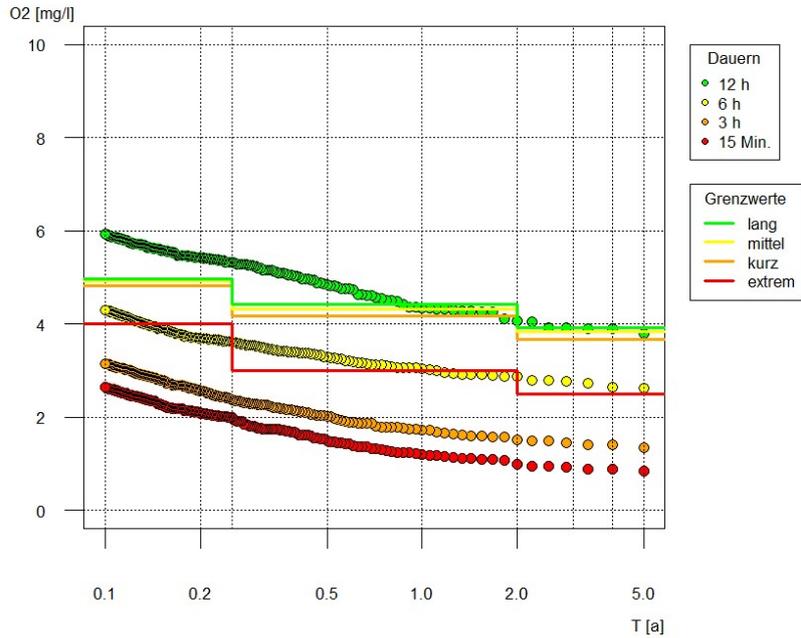
Bornbach (SE 119_3900)
Km:3+230:56620017,RHB-Holitzberg,56620018

Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3 O₂-Konzentration



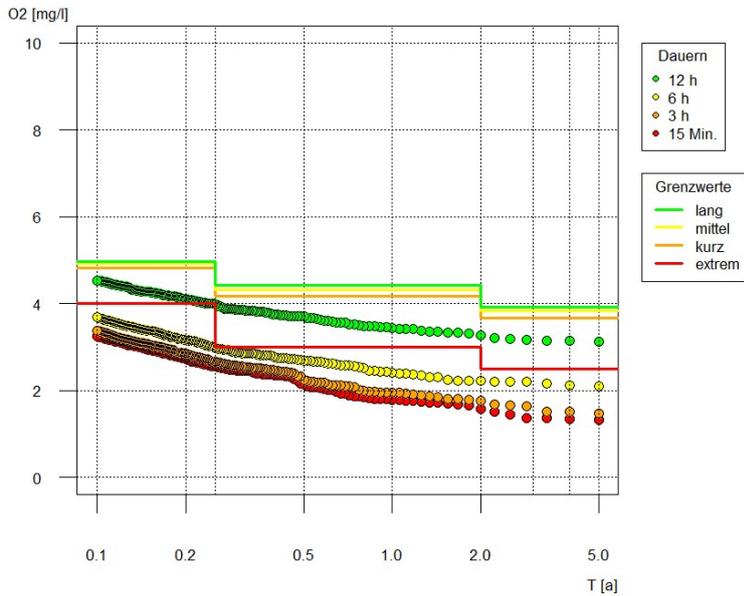
Bornbach (SE 119_4300)
Km:4+300:56620015

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O2-Konzentration**



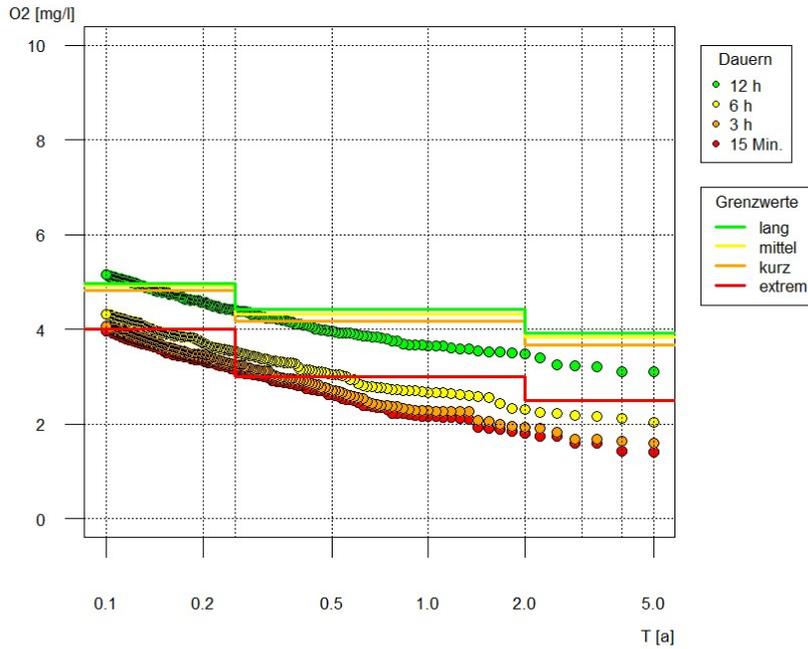
Bornbach (SE 119_4500)
Km:2+457:56620014

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O2-Konzentration**



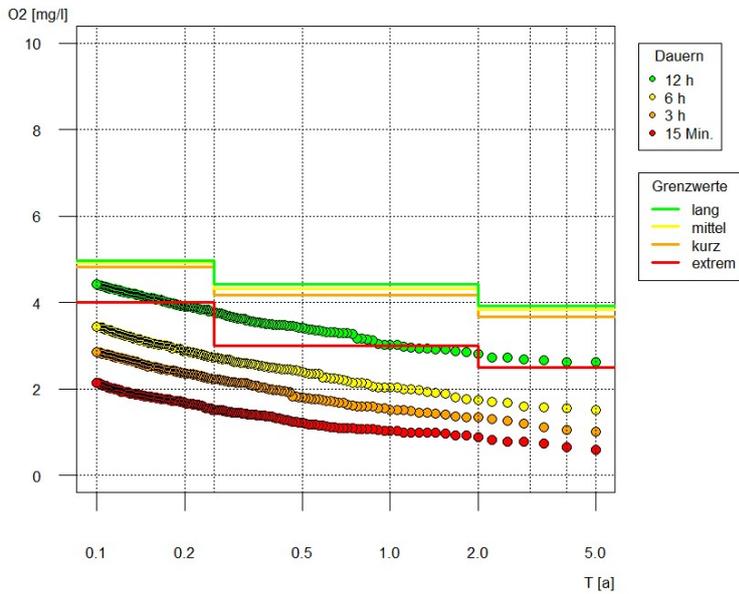
Bornbach (SE 119_5500)
Km:2+228:56620013,RRB-Diekmoor

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O₂-Konzentration**



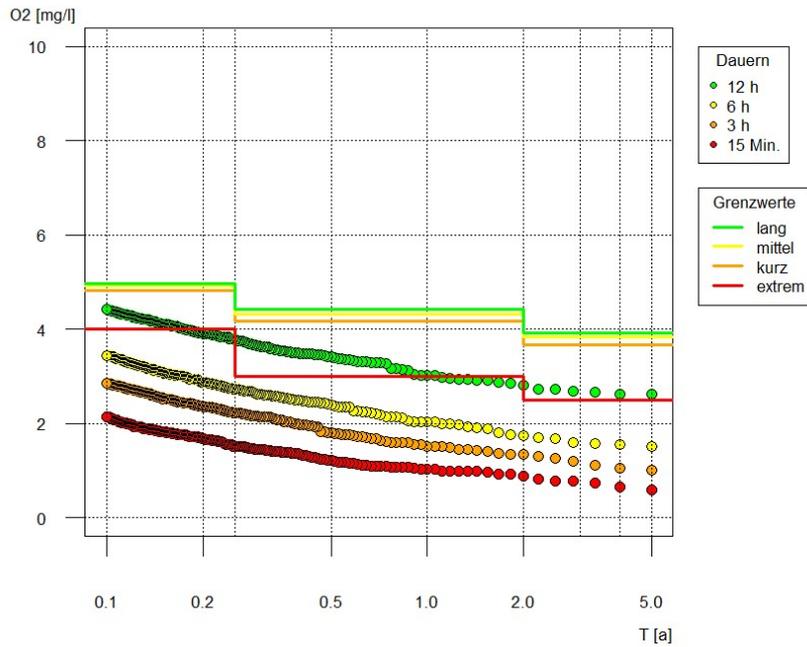
Bornbach (SE 119_5900)
Km:1+784:56620012

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O₂-Konzentration**



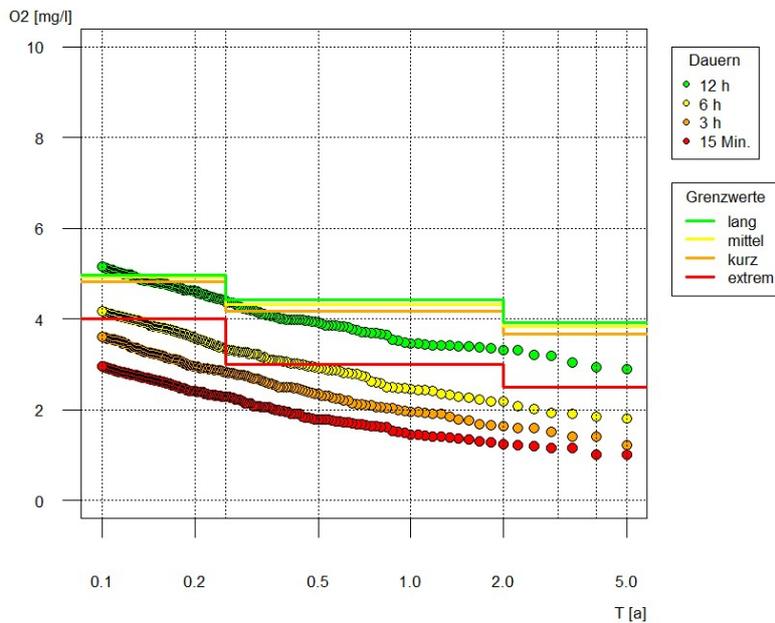
Bornbach (SE 119_6500)
Km:1+484:56620007,56620009,56620010,56620011

Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3 O2-Konzentration



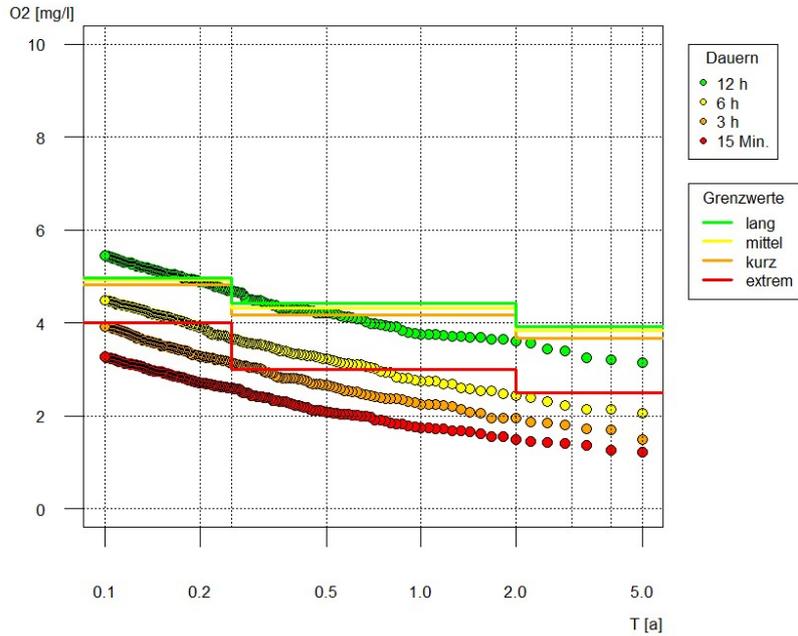
Bornbach (SE 119_6500_KM1+437)
Km:1+437:56620010

Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3 O2-Konzentration



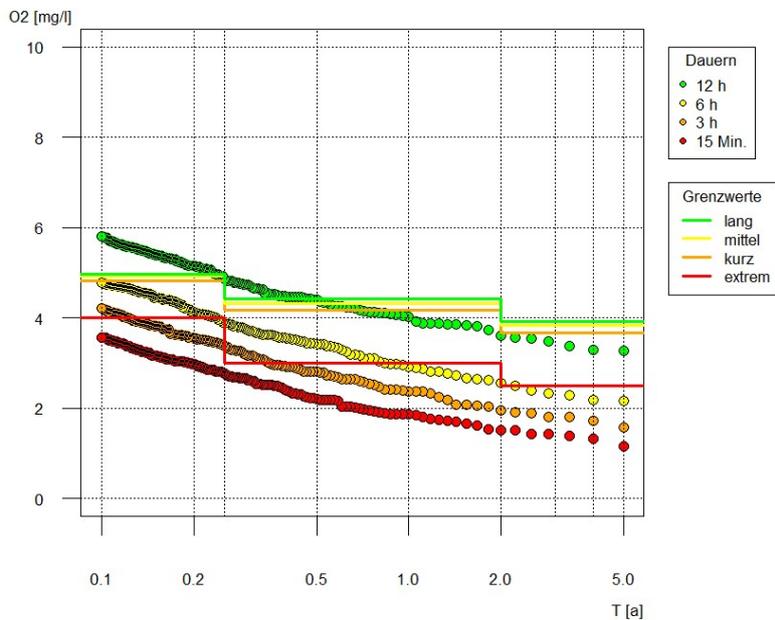
Bornbach (SE 119_6900)
Km:1+322:56620006

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O2-Konzentration**



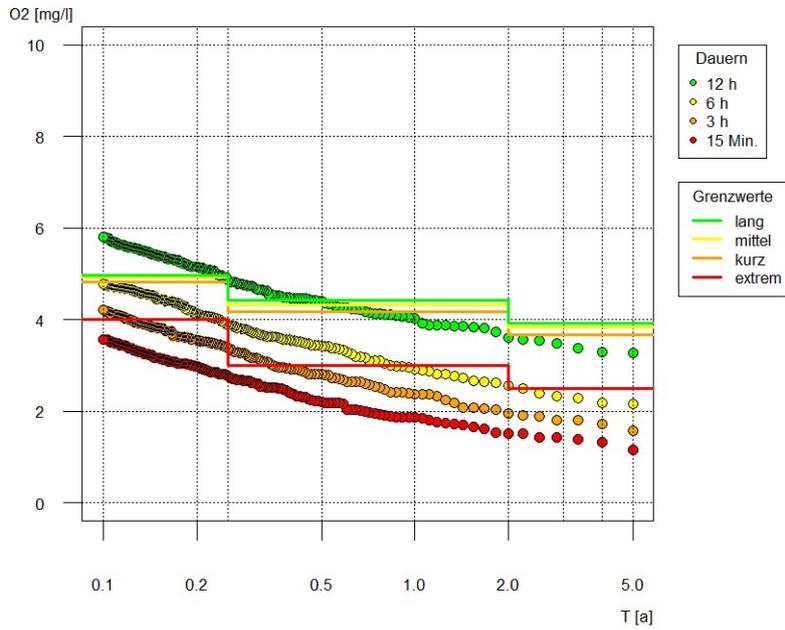
Bornbach (SE 119_7500)
Km:1+126,56620005

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O2-Konzentration**



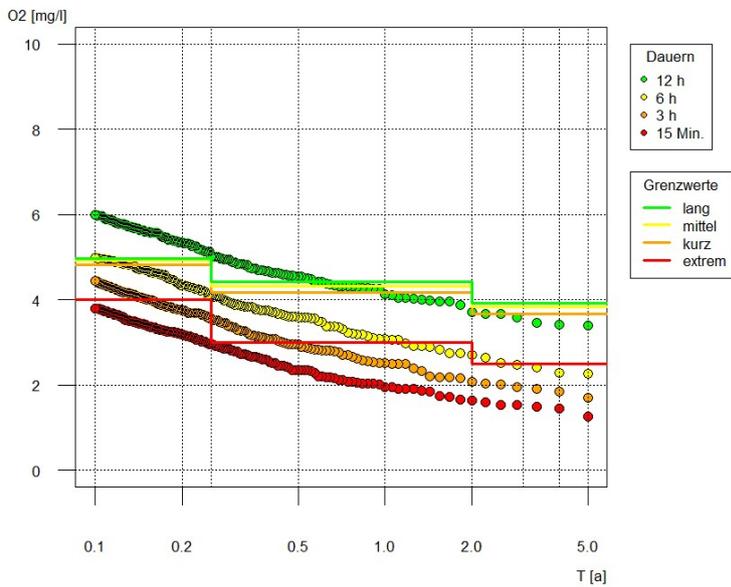
Bornbach (SE 119_7900)
Km:0+937:56620002,56620003,56620004,RRB-SamlandwegII

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O₂-Konzentration**



Bornbach (SE 119_7900_KM0+848)
Km:0+848:56620002

**Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3
O₂-Konzentration**



Bornbach (SE 119_8900)
Km:0+695

Detaillierter Stofflicher Nachweis nach DWA-M 102-3 O₂-Konzentration

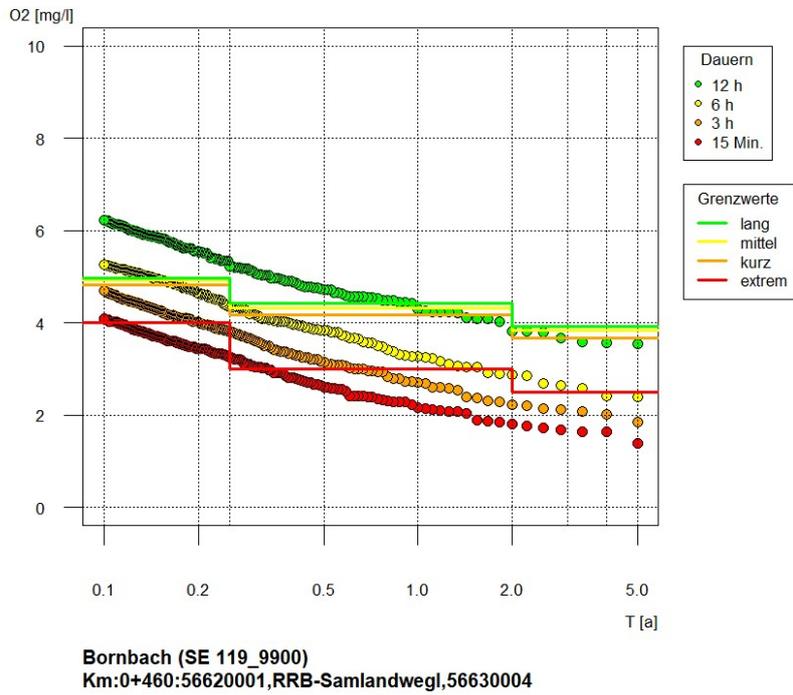


Abb 7: Häufigkeits-Dauer-Plots an den einzelnen Einleitstellen

Gewässerbezogene Regenwasserstudie Bornbach

Anhang D: Berechnungsgrundlagen und Annahmen für die Maßnahmen-vorschläge

Retentionsbodenfilter

Die Dimensionierung der vorgeschlagenen zentralen Retentionsbodenfilteranlagen erfolgt nach DWA-A 178. Die Berechnungsgrundlagen und Annahmen, welche für alle Retentionsbodenfilter (RBF)-Maßnahmen identisch sind, werden im Folgenden erläutert. In den anschließenden Steckbriefen der Maßnahmen werden die Ergebnisse der Berechnungen/ Vorbemessung für den jeweiligen Standort aufgeführt.

1. Bestimmung der an die Anlage angeschlossenen Flächen und der mittleren jährlichen AFS₆₃-Abtragsfracht:

In diesem Schritt wird die effektive befestigte angeschlossene Fläche anhand der Emissionspotentialkarte und den vorhandenen Reinigungsanlagen (RHB und Trummen) im EZG bestimmt. Daraus errechnet sich dann die mittlere Jahresabtragsfracht $B_{R,a,AFS63}$ [kg AFS₆₃/a].

2. Mindestens zu reduzierende Fracht:

Die zur Erreichung des emissionsbezogenen Behandlungsziels nach DWA-A 102-2 mindestens zu entfernende Fracht berechnet sich wie folgt:

$$B_{entf} = B_{R,a,AFS63} - (A_{b,a} * b_{R,e,zulAFS63})$$

mit

$b_{R,e,zulAFS63}$ = zulässiger flächenspezifischer Stoffabtrag AFS₆₃ 280 kg/(ha*a)

$B_{R,a,AFS63}$ = jährlicher Stoffabtrag AFS₆₃ des betrachteten Gebiets [kg/(ha*a)]

$A_{b,a}$ = befestigte angeschlossene Fläche

3. Vorbemessung der erforderlichen Bodenfilteroberfläche gem. DWA-A 178:

$$A_F = \frac{B_{R,a,AFS63}}{b_{krit}} * \eta_{erf} \text{ [m}^2\text{]}$$

Mit

b_{krit} = 7 kg/(m²*a) zulässige, mittlere jährliche spezifische Filteroberflächenbelastung

η_{erf} = Erforderlicher Wirkungsgrad des Stoffrückhalts

4. Bemessung der Vorstufe:

Als Vorstufe der Retentionsbodenfilteranlage ist gem. DWA-A 178 ein unbelüfteter Grobstoffrückhalt vorzusehen, dessen Volumen 0,5 m³/ha angeschlossener Fläche beträgt.

5. Berechnung des Drosselabflusses:

Der Drosselabfluss des RBF kann über den Ansatz

$$Q_{Dr} = q_{Dr} * A_F$$

mit q_{Dr} = 0,05 l/(s*m²) berechnet werden

6. Festlegung von Einstauhöhe und Höhe der Filterschicht:

Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten wird eine Einstauhöhe zwischen h_{RR} = 0,3 m und 2,0 m gewählt.

Die Höhe des Filterkörpers im Trennsystem und in der Straßenentwässerung muss $h_{FK} \geq 0,5$ m betragen. Hinzu kommen ca. 0,2 m Aufbau für die darunterliegende Drainage.

7. Böschungen und Unterhaltungsweg:
Die Böschungen werden mit einer Neigung von 1:2 angenommen. Die Breite der Böschungen ergibt sich aus der Höhenlage des Filters und den umgebenden Geländehöhen. Bei allen hier vorgeschlagenen Maßnahmen wird ein Unterhaltungsweg von 3 m Breite um die Anlage mit einberechnet.
8. Berechnung des vorhandenen Volumens der RBF-Anlage V_{RBFA} :
 V_{RBFA} berechnet sich aus der Summe des Volumens des Retentionsraums bei Einsauhöhe, dem nutzbaren Porenvolumen des Filterkörpers (Porenvolumen = 15% des Filtervolumens) und einer ggf. dem zusätzlichen Volumen bei vorhandener Regenrückhaltelamelle.
9. Anlagenentwurf:
Anhand der oben aufgeführten Vorgaben und Annahmen sowie der Betrachtung der vorhandenen Siele und Geländehöhen wird in diesem Schritt ein erster Entwurf für eine möglichen Anlagenkonzeption inkl. der Höhen der einzelner Anlagenkomponenten vorgeschlagen. Der Filterüberlauf wird dabei so gedrosselt, dass maximal 10 l/(s*ha) der Vorflut zugeleitet werden. Des Weiteren wird eine Einschätzung darüber getroffen, ob der Ablauf der Reinigungsanlage im Freigefälle erfolgen kann oder ob eine Pumpanlage erforderlich ist.
Die konkreten Höhen und Dimensionen ergeben sich im späteren Planungsverlauf in einem iterativen Prozess durch den Nachweis gem. DWA-A 178 mit einer Langzeitsimulation. Aufgrund der geringen Planungstiefe wird in dieser Studie auf eine Langzeitsimulation verzichtet. Bei fortschreitender Machbarkeitsuntersuchungen wird eine Führung dieses zusätzlichen Nachweises empfohlen.
10. Ermittlung von r_{krit} und $V_{\text{S,U}}$
Es wird ermittelt, welche kritische Regenspende r_{krit} [l/(s*ha)] bei dem gewählten Aufbau über den RBF geleitet werden kann. Aus der kritischen Regenspende lässt sich der durch den Filter behandelte Volumenstrom ($V_{\text{S,U}}$) ableiten. Z.B. werden bei einer kritischen Regenspende von 7,5 l/(s*ha) 80 % des Abflusses mit einer Reinigungsleistung des Filters von 95 % gereinigt.

Tab. 1: Behandlungsanteil in Abhängigkeit von der kritischen Regenspende. Abgeleitet aus DWA-A 102 -2 Anhang B

| Kritische Regenspende | Behandlungsanteil |
|-----------------------|-------------------|
| 2,5 l/(s*ha) | 55 % |
| 5 l/(s*ha) | 73 % |
| 7,5 l/(s*ha) | 80% |
| 10 l/(s*ha) | 85 % |
| 12,5 l/(s*ha) | 88 % |
| 15 l/(s*ha) | 90 % |
| 17,5 l/(s*ha) | 91 % |
| 20 l/(s*ha) | 92 % |

Bei den meisten vorgeschlagenen Anlagen könnten aus stofflicher Sicht eine größere als die angesetzte kritische Regenspende gereinigt werden. Dadurch würde der Behandlungsanteil und folglich der Gesamtwirkungsgrad erhöht werden. Dabei steigt jedoch der Flächenbedarf der Anlage durch den zu schaffenden Rückhalteraum. Der erforderliche Rückhalteraum für die gewählte kritische Regenspende

wird in Anlehnung an die Bemessung von Retentionsräumen gem. DWA-A 117 (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) 2013) berechnet. Als Dauerstufe wird hier die für das 30-jährliche Regenereignis maßgebende Dauerstufe gewählt. Als Regenspende geht die gewählte kritische Regenspende mit ein.

$$V_{S,U} = (r_{krit} - q_{dr,r,u}) * D * f_Z * f_A * 0,06 \text{ [m}^3\text{/ha]}$$

mit

$V_{S,U}$ = spezifisches Retentionsvolumen bezogen auf die angeschlossene Fläche [m³]

r_{krit} = gewählte kritische Regenspende [mm]

$q_{Dr,r,u}$ = Drosselabflussspende des Filters bezogen auf die angeschlossene Fläche [l/s*km²]

D = Dauerstufe [min]

f_Z = Zuschlagsfaktor (hier 1,15)

f_A = Abminderungsfaktor (hier 1,0)

11. Wirksamkeit der Anlage:

Wie unter Punkt 10 beschrieben, werden die gewählte kritische Regenspende und damit der entsprechende Abflussanteil durch den Filter gereinigt. Der vorgegebene Drosselabfluss in das Gewässer beträgt 10 l/(s*ha). Bei einer kritischen Regenspende von 10 l/(s*ha) beträgt der Behandlungsanteil gem. DWA-A 102-2 (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) und Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK) 2020) 85 %. Liegt die gewählte kritische Regenspende unter 10 l/(s*ha) so wird ein Anteil des Volumenstroms (kritische Regenspende) durch den Filter geleitet und gem. DWA-A 178 (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) 2019) mit einem Wirkungsgrad η_F von 95 % gereinigt. Der restliche Anteil des Volumenstroms (Differenz zwischen 10 l/(s*ha) und kritischer Regenspende) bis zu einer Regenspende von 10 l/(s*ha) wird über den Überlauf mit einem Wirkungsgrad von 60 % (vgl. η_{RR} DWA-A 178) gereinigt. Anhand dieser Wirkungsgrade und Behandlungsanteile wird anhand einer überschlägigen Berechnung bestimmt, welche Fracht durch die Anlage zurückgehalten wird. Daraus ergibt sich die Wirksamkeit der Anlage. Diese ist nicht mit dem erforderlichen Wirkungsgrad zu verwechseln.

12. Retentionsraum:

Neben der Behandlung des Niederschlagswassers sind auch Maßnahmen zur Retention erforderlich. Die maximale Drosselabflussspende liegt hier gem. Vorgabe der Wasserbehörde bei 10 l/(s*ha). Die Bemessung des Rückhaltevolumens erfolgt gemäß DWA-A 117 mit den Hamburger Regenreihen der ungünstigsten Dauerstufe für ein 30-jährliches Ereignis, d.h. diejenige Dauerstufe, die in der Berechnung zu dem höchsten erforderlichen Rückhalteraum führt. Es wird geprüft, wie viel Retentionsraum durch den geplanten RBF erreicht wird und wie viel Rückhaltevolumen zusätzlich noch im EZG zu schaffen ist (siehe Kapitel 4.1.2).

13. Ermittlung des Flächenbedarfs der Anlage:

Aus dem Anlagenentwurf wird der Flächenbedarf der Gesamtanlage abgeschätzt. In der weiterführenden Planung ist zu untersuchen, inwiefern größere Flächen in Anspruch genommen werden können, um mehr Rückhalteraum zu schaffen und so gleichzeitig eine höhere Reinigungsleistung durch Steigerung der kritischen Regenspende zu erzielen.

14. Festlegung weiterer Untersuchungsbedarf:

An jedem Standort herrschen spezifische Randbedingungen vor. Daher wird für jeden Standort individuell geprüft, welcher zusätzliche Untersuchungsbedarf im Rahmen der weiterführenden Planung besteht.

15. Kostenschätzung:

Die Kostenschätzung erfolgt mit Hilfe der von BUKEA und Hamburg Wasser bereitgestellten Wirtschaftlichkeitstabelle (Anhang F). Die Angaben der Tabelle (Nettokosten) wurden teilweise durch Erfahrungswerte vergleichbarer Anlagen (bezugnehmend auf Projekte der letzten 3 Jahre beim LSBG) ergänzt. Es wurden zusätzlich die Kostenvarianz von 17,5 % berücksichtigt sowie die Baunebenkosten inkl. Honorar mit 30 - 40 % angesetzt.

Ermittelt werden Investitionskosten, laufende Kosten sowie das Kostenäquivalent. Letzteres stellt die Kosten pro kg reduzierte AFS63-Fracht (RBF, Rohrsedimentation) bzw. pro m³ Retentionsraum bei RHB dar.

Für den Bau neuer Straßenentwässerungsleitungen (SEL) wird in der Kostenschätzung angenommen, dass die Maßnahmen losgelöst von einer Grundinstandsetzung der Straße durchgeführt werden. Sofern die Maßnahmenumsetzung im Zuge einer Grundinstandsetzung der Straßen stattfindet und die Leitungen in diesem Rahmen verlegt werden, reduzieren sich die Kosten der Maßnahmen entsprechend.

Der Fokus dieser Maßnahmenkonzeption liegt im Wesentlichen auf der Wirksamkeit der Maßnahmen, aber auch die Wirtschaftlichkeit wurde mit betrachtet. Dennoch sind im Rahmen weiterführender Machbarkeitsuntersuchungen für die einzelnen Standorte verschiedene Varianten zu entwickeln und untereinander zu vergleichen. Daraus kann dann eine Vorzugsvariante festgelegt werden.

Sedimentationsrohre

Für Sieleinzugsgebiete, bei denen eine Reinigung in einer zentralen Anlage nicht sichergestellt werden kann, werden semizentrale Anlagen in Form von Sedimentationsrohren vorgeschlagen. Diese können im Straßenraum angeordnet werden, wodurch sich der Bau vor allem im Rahmen von Grundinstandsetzungen der Straßen anbietet.

Die Dimensionierung der vorgeschlagenen semizentralen Sedimentationsrohre erfolgt nach DWA-A 102-2 in Anlehnung an die vereinfachte Bemessung von Regenklärbecken. Es wird von einer max. Oberflächenbeschickung von 4 m/h ausgegangen, wodurch ein Gesamtwirkungsgrad von 50 % angenommen werden kann (aktuelle Vorgabe aus dem Arbeitskreis Regenwasserbehandlung). Dies gilt für eine kritische Regenspende von $r_{krit} = 15 \text{ l/(s*ha)}$. Für Sedimentationsrohre mit Filtration (SediSubstrator®) wird ein Wirkungsgrad von 85 % angenommen. Im Folgenden wird die grundsätzliche Vorgehensweise der Bemessung entsprechend erläutert. In den anschließenden Steckbriefen der Maßnahmen werden die Ergebnisse der Berechnungen/ Vorbemessung für den jeweiligen Standort übersichtlich aufgeführt.

1. Bestimmung der an die Anlage angeschlossenen Flächen und der mittleren jährlichen AFS₆₃-Abtragsfracht:

In diesem Schritt wird die effektive befestigte angeschlossene Fläche anhand der Emissionspotentialkarte und den vorhandenen Reinigungsanlagen (RHB und Trummen) im EZG bestimmt. Daraus errechnet sich dann die mittlere Jahresabtragsfracht $B_{R,a,AFS63}$ [kg AFS₆₃/a].

16. Mindestens zu reduzierende Fracht:

Die zur Erreichung des emissionsbezogenen Behandlungsziels nach DWA-A 102-2 mindestens zu entfernende Fracht berechnet sich wie folgt:

$$B_{entf} = B_{R,a,AFS63} - (A_{b,a} * b_{R,e,zulAFS63})$$

mit

$b_{R,e,zulAFS63}$ = zulässiger flächenspezifischer Stoffabtrag AFS₆₃ 280 kg/(ha*a)

$B_{R,a,AFS63}$ = jährlicher Stoffabtrag AFS₆₃ des betrachteten Gebiets [kg/(ha*a)]

$A_{b,a}$ = befestigte angeschlossene Fläche

2. Ermittlung des Bemessungszuflusses $Q_{Bem,Tr}$ bei einer kritischen Regenspende von $r_{krit} = 15 \text{ l/(s*ha)}$

$$Q_{Bem,Tr} = Q_{R,krit} + Q_F \text{ [m}^3\text{/s]}$$

mit

$Q_{R,krit} = r_{krit} * A_{b,a}$ [m³/s]

und

Q_F = Fremdwasserzufluss (Annahme: kein Fremdwasserzufluss)

3. Bemessung der erforderlichen Fläche für die Regenklärung:

$$A_{RKB,erf} = 3,6 * Q_{Bem,Tr} / q_{A,bem} \text{ [m}^2\text{]}$$

mit $q_{A,bem}$ = Oberflächenbeschickung [m/h] (Annahme: $q_{A,bem} = 4 \text{ m/h}$)

4. Wahl und Dimensionierung geeigneter Sedimentationsrohre:

In Abhängigkeit der angeschlossenen Fläche und der erforderlichen Fläche für die Regenklärung werden Anzahl, Länge und Durchmesser geeigneter Sedimentationsrohre gewählt.

Für Sedimentationsrohre (SediPipeXL®) mit DN600 und einer Länge von 24 m, bemessen für einen Durchgangswert von 0,5 können pro Anlage 8.350 m² Fläche angeschlossen werden (Fränkische 2020).

Neben reinen Sedimentationsrohren sind auch Sedimentationsrohre mit nachgeschalteter Filtration (z.B. SediSubstrator XL®) einsetzbar, welchen ein Durchgangswert von 0,15 zugeordnet werden kann. Der Wirkungsgrad wird mit 85 % angenommen. Pro Anlage (DN600, Länge 24m) können 3.000 m² Fläche angeschlossen werden (Fränkische 2020).

5. Berechnung der vorhandenen Fläche zur Regenklärung $A_{RKB, vorh}$:

Anhand des gewählten Durchmessers, der Länge und Anzahl der Sedimentationsrohre wird die zur Reinigung verfügbare Fläche bestimmt.

6. Retentionsraum:

Neben der Behandlung des Niederschlagswassers sind auch Maßnahmen zur Retention erforderlich. Die maximale Drosselabflussspende liegt in diesem Fall bei 10 l/(s*ha). Die Bemessung des Rückhaltevolumens erfolgt gemäß DWA-A 117 mit den Hamburger Regenreihen der ungünstigsten Dauerstufe für ein 30-jährliches Ereignis. Sedimentationsrohre liefern keinen Beitrag zum hydraulischen Rückhalt, weshalb das erforderliche Retentionsvolumen durch andere Maßnahmen geschaffen werden muss.

7. Festlegung weiterer Untersuchungsbedarf:

An jedem Standort herrschen spezifische Randbedingungen vor. Daher wird für jeden Standort individuell entschieden, welches Untersuchungsbedarf im Rahmen der weiterführenden Planung noch besteht.

8. Kostenschätzung:

Die Kostenschätzung erfolgt mit Hilfe der von BUKEA und Hamburg Wasser erstellten Wirtschaftlichkeitstabelle. Die Angaben der Tabelle (Nettokosten) wurden teilweise durch Erfahrungswerte vergleichbarer Anlagen (bezugnehmend auf Projekte der letzten 3 Jahre beim LSBG) ergänzt. Es wurden zusätzlich die Kostenvarianz von 17,5 % berücksichtigt sowie die Baunebenkosten inkl. Honorar mit 30 - 40 % angesetzt.

Ermittelt werden Investitionskosten, laufende Kosten sowie das Kostenäquivalent. Letzteres stellt die Kosten pro kg reduzierte AFS63-Fracht (RBF, Rohrsedimentation) bzw. pro m³ Retentionsraum.

Für den Bau neuer Straßenentwässerungsleitungen (SEL) wird in der Kostenschätzung angenommen, dass die Maßnahmen losgelöst von einer Grundinstandsetzung der Straße durchgeführt werden. Sofern die Maßnahmenumsetzung im Zuge einer Grundinstandsetzung der Straßen stattfindet und die Leitungen in diesem Rahmen verlegt werden, reduzieren sich die Kosten der Maßnahmen entsprechend.

Der Fokus dieser Maßnahmenkonzeption liegt im Wesentlichen auf der Wirksamkeit der Maßnahmen, aber auch die Wirtschaftlichkeit wurde mit betrachtet. Dennoch sind im Rahmen weiterführender Machbarkeitsuntersuchungen für die einzelnen Standorte verschiedene Varianten zu entwickeln und untereinander zu vergleichen. Daraus kann dann eine Vorzugsvariante festgelegt werden.

1 Literaturverzeichnis

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (Hg.) (2013): Arbeitsblatt DWA-A 117 Bemessung von Regenrückhalteräumen. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (DWA-Arbeitsblatt, 117).

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (Hg.) (2019): Arbeitsblatt DWA-A 178 Retentionsbodenfilteranlagen. Juni 2019. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (DWA-Regelwerk, A 178).

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA); Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK) (Hg.) (2020): Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2. Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Dezember 2020, 1. Auflage. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (DWA-Regelwerk, A 102-2/BWK-A 3-2).

Fränkische (Hg.) (2020): Handbuch Regenwassermanagement 8.2, zuletzt geprüft am 08.03.2022.

Gewässerbezogene Regenwasserstudie Bornbach

Anhang E: Maßnahmensteckbriefe

Steckbriefe für Maßnahmevorschläge zur Regenwasserbehandlung und Retention am Bornbach

| | | |
|--|--|---|
| <p>Bezeichnung des Standorts</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">A</p> <p>Anlagentyp Rohrsedimentation- S Anlage Retentionsraum</p> | <p>Betroffene Einzugsgebiete</p> <p style="font-size: 1.2em; text-align: center;">0022 (, 0028)</p> <p style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px;">Wichtiger Hinweis: Sämtliche in diesem Steckbrief aufgeführten Werte, Parameter und Kurzbeschreibungen sind ausschließlich unter Berücksichtigung der weiteren Ergänzungen im Fachbericht der Regenwasserstudie Bornbach inkl. entsprechender Anlagen zu betrachten.</p> | <p>Standort</p> <p>Eigentumsverhältnisse Verwaltungsvermögen Straßen, Plätze Wege/ Verwaltungsvermögen Sonstiges (Stadtgrün)</p> <p>Flurstück 10113, 2992</p> <p>Derzeitige Nutzung Straße/ RHB</p> |
| <p>i Kennwerte der an die Anlage angeschlossenen Fläche</p> <p>Befestigte angeschl. Fläche $A_{b,a}$ 0,60 ha</p> <p>Mittlere Jahresabtragsfracht $B_{R,a,AFS63}$ 460 kg/a</p> <p>Mindestens zu reduzierende Fracht B_{red} 290 kg/a</p> <p>Abflussbeiwert ψ_m 0,88 (für gesamtes EZG)</p> |  | <p> Vorläufige Kostenannahme (gerundet) zur Überprüfung der Vergleichbarkeit mit Stand vom 12.2021) (exkl. RHB)</p> <p>Kostenäquivalent 65 €/kg AFS₆₃ (netto)</p> <p>Investition 380.000 € (netto)</p> <p>Laufende Kosten 1. Jahr 3.000 € (ohne Wartung Filter/ Schlammfänge)</p> <p>Projektkostenbarwert 500.000 € (netto)</p> |
| <p> Beschreibung der Maßnahme</p> <p>Das EZG 56620022 führt das stark verschmutzte Wasser der Tangstedter Landstraße von der Landesgrenze zu Schleswig-Holstein in das RHB Heidberg. Aufgrund der geringen Größe des EZG wird vorgeschlagen, diese stark verschmutzten Abflüsse durch eine separat zu errichtende Straßentwässerungsleitung (SEL) von ca. 270 m Länge zu sammeln und einer semizentralen Rohrsedimentation mit Filtration (z.B. SediSubstrator der Firma Fränkische) zuzuleiten. Dafür sind nach Vorbemessung zwei DN600 SediSubstrator Anlagen mit einer Länge von 24 m und einem Durchmesser von 600 mm erforderlich.</p> <p>Rohrsedimentationsanlagen schaffen keinen Retentionsraum. Daher wird vorgeschlagen, das erforderliche Retentionsvolumen für ein 30 jährliches Regenerignis durch Umgestaltung des bestehenden RHB zu erreichen. Dafür würde der Gewässerverlauf des Bornbachs vom RHB entkoppelt und das Bachbett in den südlichen Teil des bestehenden RHB verlegt. Der Straßendurchlass würde südlicher als bisher verlaufen, da so durch die höhere Überdeckung eine Gestaltung des Durchlasses nach Vorgaben der WRRL möglich ist. Durch die Errichtung eines Damms könnte eine Abtrennung zum vorhandenen RHB erfolgen, welches die Abflüsse aus dem EZG aufnimmt, die den zulässigen Abfluss von 10 l/(s*ha) übersteigen.</p> | |  <p>Besonderheiten/ Anmerkungen</p> <p>Ebenso wäre denkbar, an dieser Stelle ausreichend Rückhalteraum für die beiden EZG 0022 und 0028 zu schaffen. Insgesamt ist für die beiden EZG ein Retentionsvolumen von 1.020 m³ (EZG 0022) + 820 m³ (EZG 0028) = 1.840 m³ erforderlich. Durch die Rückhaltelamelle des RHB im Ist-Zustand steht derzeit ein Volumen von rund 570 m³ für beide EZG zur Verfügung. Um das Wasser aus dem EZG 0028 nicht über den Bornbach in das nördlich gelegene RHB leiten zu müssen, könnte der gesamte Abfluss aus EZG 0028 dem Bornbach zugeleitet werden, und das entsprechende Volumen aus dem EZG 0022 im RHB zurückgehalten werden.</p> |



Vorbemessung (nach DWA-A 102-2)

Benötigte Oberfläche $AR_{KB,erf}$
8,2 m²

Gewählte kritische Regenspende r_{krit}
15 l/(s*ha)
Behandlungsanteil 90 %

Geplante Oberfläche $AR_{KB,erf}$
28,8 m²

Erforderliches Anzahl und Länge der Anlagen
2 x DN600 a 24 m Länge
Anlagentyp SediSubstrator XL

Bemessungszufluss $Q_{bem,Tr}$
9,1 l/s

Vorhandenes Volumen der Anlage V_{vorh}
0 m³

Geschätzter Flächenbedarf der Anlage
Anlage befindet sich im Straßenraum, daher kein zusätzlicher oberirdischer Flächenbedarf. Retentionsraum soll auf Fläche des bestehenden RHB Heidberg geschaffen werden.

Ablauf

Trasse ist so zu planen, dass Ablauf im Freigefälle möglich.



Wirksamkeit der Anlage

Zulässige Drosselabflussspende/ kritische Regenspende:
10 l/(s*ha) / 15 l/(s*ha)

Behandlungsanteil der Jahresniederschlagsmenge:
90 %

Frachtreduktion in RSA (exkl. RHB):
~ 320 kg/a (70 % der mittleren Jahresabtragsfracht der an die Anlage angeschlossenen Fläche)



Retention (nach DWA-A 117)

30 jährliches Regenereignis

Relevante Dauerstufe
60 min

Erforderliches Volumen V_{erf}
1.020 m³ (EZG 0022), 820 m³ (EZG 0028)

Vorhandenes/ Geplantes Volumen V_{vorh}/V_{plan}
570 m³ (durch Staulamelle des RHB im IST-Zustand)
2.000 m³ (geplant bei Entkopplung Bornbach von RHB)

Lösung
Retentionsraum wird durch Rückhaltebecken im Nebenschluss des Gewässers geschaffen.



Weiterer Untersuchungsbedarf

- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Gewässerbezogener Immissionsnachweis anhand des N-A Transportmodells (in Kombination mit andern Maßnahmenvorschlägen)
- Ermittlung einer möglichen Trasse für die neue SEL und einer optimalen Position für die Rohrsedimentationsanlage
- Überprüfung, ob der Tiefpunkt der Straße ebenfalls an die Rohrsedimentation angeschlossen werden kann
- Berücksichtigung von ausreichend Platz für Wartungsfahrzeuge
- Ermittlung von Höhenlagen für den Retentionsraum sowie die erforderliche Höhe des Damms zur Abtrennung des Bornbachs vom RHB

Steckbriefe für Maßnahmevorschläge zur Regenwasserbehandlung und Retention am Bornbach

| | | |
|---|--|---|
| <p>Bezeichnung des Standorts</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">B</p> <p>Anlagentyp RBF mit Retentionsraum – EZG Anlage</p> | <p>Betroffene Einzugsgebiete</p> <p style="font-size: 1.5em; text-align: center;">0020</p> <p>Wichtiger Hinweis: Sämtliche in diesem Steckbrief aufgeführten Werte, Parameter und Kurzbeschreibungen sind ausschließlich unter Berücksichtigung der weiteren Ergänzungen im Fachbericht der Regenwasserstudie Bornbach inkl. entsprechender Anlagen zu betrachten.</p> | <p>Standort</p> <p>Eigentumsverhältnisse Verwaltungsvermögen Sonstiges (Stadtgrün)</p> <p>Flurstück 7847</p> <p>Derzeitige Nutzung Grünfläche/ Pferdekoppel</p> |
| <p>i Kennwerte der EZG</p> <p>Befestigte angeschl. Fläche $A_{b,a}$ 1,66 ha</p> <p>Mittlere Jahresabtragsfracht $B_{R,a,AFS63}$ 770 kg/a</p> <p>Mindestens zu reduzierende Fracht B_{red} 305 kg/a</p> <p>Abflussbeiwert ψ_m 0,88</p> |  | <p> Vorläufige Kostenannahme (gerundet) zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Maßnahmen mit Stand vom 12.2021 (exkl. RHB)</p> <p>Kostenäquivalent 80 €/kg AFS₆₃ (netto)</p> <p>Investition 500.000 € (netto)</p> <p>Laufende Kosten 1. Jahr 14.500 €</p> <p>Projektkostenbarwert 1.250.000 € (netto)</p> |



Beschreibung der Maßnahme

Das EZG 56620020 führt einen Teil des Regenwassers der stark belasteten Tangstedter Landstraße über einen Zulaufgraben in den Bornbach. Es wird vorgeschlagen, dieses stark belastete Wasser sowie die Abflüsse aus dem restlichen, weniger belasteten EZG in einer zentralen Anlage in Form eines RBF zu reinigen.

Aufgrund der geringen Größe des EZG wird vorgesehen, die Anlage im Vollstrom zu betreiben. Das erforderliche Retentionsvolumen bei einem 30 jährlichen Regenereignis soll in einem daneben angeordneten RHB geschaffen werden, das durch den Filterüberlauf des RBF beschickt wird und gedrosselt in den Bornbach entwässert.

Aufgrund der tief liegenden Regenwassersiele ist ein Ablauf des Filtrats im Freigefälle nicht möglich. Der Filterüberlauf hingegen kann voraussichtlich im Freigefälle erfolgen.



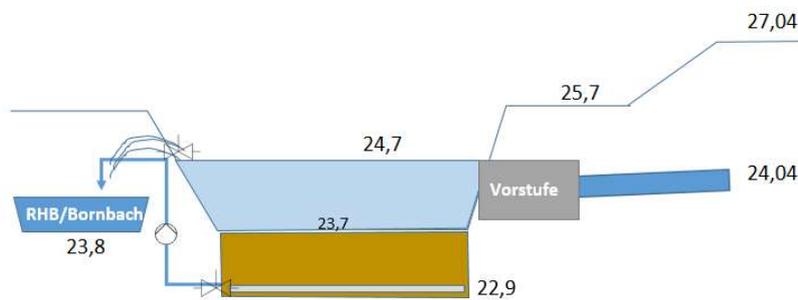
Besonderheiten/ Anmerkungen

Im Rahmen einer Machbarkeitsuntersuchung sollte geprüft werden, ob eine Höherlegung der Siele im EZG wirtschaftlicher ist, da dann auf ein Pumpwerk verzichtet werden könnte.



Vorbemessung (nach DWA-A 178)

| | |
|--|---|
| Benötigte Filterfläche A_F 43 m ² | Gewählte kritische Regenspende r_{krit} Vollstrombehandlung Behandlungsanteil 100 % |
| Drosselabfluss des Filters $Q_{Dr,RBF}$ 2,2 l/s | Erforderliches Volumen des RBF (bei Vollstrom, für 30 jährl. Ereignis) $V_{s,u}$ 590 m ³ Dauerstufe 90 min |
| Volumen der Vorstufe $V_{Vorstufe}$ 0,8 m ³ | Vorhandenes Volumen der RBFA V_{RBFA} 85 m ³ (RBF) + 515 m ³ (RHB) |
| Einstauhöhe h_{RR} 1 m | Geschätzter Flächenbedarf der Anlage (inkl. Böschungen, Unterhaltungsweg, Vorstufe, Retention) 1.500 m ² (abhängig von zulässigem Rückstau im Siel) |
| Höhe der Filterschicht h_{FK} 0,6 m (+0,2 m Drainage) | Ablauf Drainageablauf über Pumpenanlage in Bornbach Filterüberlauf im Freigefälle |



Angaben in m NHN



Wirksamkeit der Anlage

Zulässige Drosselabflussspende/ kritische Regenspende:
10 l/(s*ha) / Vollstrombehandlung

Behandlungsanteil der Jahresniederschlagsmenge:
100 %

Frachtreduktion in RBFA (Filter inkl. Überlauf, exkl. RHB):
~ 730 kg/a (95% der mittleren Jahresabtragsfracht des Siel-EZG)



Retention (nach DWA-A 117) 30 jährliches Regenereignis

Relevante Dauerstufe
90 min

Erforderliches Volumen V_{erf}
590 m³

Geplantes Volumen V_{plan}
600 m³ (durch RBF mit Retentionsraum)

Lösung
Retentionsraum wird über Retentionsraum neben RBF geschaffen.



Weiterer Untersuchungsbedarf

- Nachweisführung für die Bemessung des RBF nach DWA-A 178 mit Langzeitsimulation
- Gewässerbezogener Immissionsnachweis anhand des N-A Transportmodells (in Kombination mit andern Maßnahmenvorschlägen)
- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Überprüfung der Grundwasserhältnisse und Auftriebsicherheit
- Berücksichtigung des bestehenden teilweise geschützten Biotops Nr. 35764 (Bereich Zulaufgraben zum Bornbach) bei weiteren Planungen
- Höhe des zulässigen Rückstaus im Siel und damit der möglichen maximalen Stauhöhe für das RHB. Davon hängt die tatsächliche benötigte Fläche ab.
- Prüfung der Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit einer Alternative mit Höherlegung der Siele
- Prüfung ob ausreichende Reinigung durch Rohrsedimentation erreicht werden kann.

Steckbriefe für Maßnahmevorschläge zur Regenwasserbehandlung und Retention am Bornbach

| | | |
|---|---|---|
| <p>Bezeichnung des Standorts</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center; color: #0070C0;">C</p> <p>Anlagentyp RBF- EZG- Anlage</p> | <p>Betroffene Einzugsgebiete</p> <p style="font-size: 1.2em; color: #0070C0; text-align: center;">0014, 0015</p> <p>Wichtiger Hinweis: Sämtliche in diesem Steckbrief aufgeführten Werte, Parameter und Kurzbeschreibungen sind ausschließlich unter Berücksichtigung der weiteren Ergänzungen im Fachbericht der Regenwasserstudie Bornbach inkl. entsprechender Anlagen zu betrachten.</p> | <p>Standort</p> <p>Eigentumsverhältnisse Verwaltungsvermögen Sonstiges (Stadtgrün)</p> <p>Flurstück 7993</p> <p>Derzeitige Nutzung Kleingärten</p> |
| <p>i Kennwerte der an die Anlage angeschlossenen Fläche</p> <p>Befestigte angeschl. Fläche $A_{b,a}$ 8,2 ha</p> <p>Mittlere Jahresabtragsfracht $B_{R,a,AFS63}$ 3.050 kg/a</p> <p>Mindestens zu reduzierende Fracht B_{red} 750 kg/a</p> <p>Abflussbeiwert Ψ_m 0,79 (EZG 0014); 0,66 (EZG 0015)</p> |  | <p> Vorläufige Kostenannahme (gerundet) zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Maßnahmen mit Stand vom 12.2021</p> <p>Kostenäquivalent 50 €/kg AFS₆₃ (netto)</p> <p>Investition 900.000 € (netto)</p> <p>Laufende Kosten 1. Jahr 15.000 €</p> <p>Projektkostenbarwert 1.650.000 € (netto)</p> |



Beschreibung der Maßnahme

Die EZG 566200014 und 566200015 führen unter anderem das Regenwasser der mäßig bis stark belasteten Straßen Neuberger Weg und Fibigerstraße in den Bornbach. Es wird vorgeschlagen die Abflüsse des EZG 566200015 sowie einen Teil des EZG 566200014 (Bereich Neuberger Weg) gemeinsam in einer zentralen Anlage in Form eines RBF zu reinigen. Dafür ist die Anbindung des EZG 0014 an das EZG 0015 durch den Bau einer neuen Sielleitung von ca. 50 m Länge erforderlich.

Das Konzept sieht vor, das gereinigte Wasser nicht wie bisher direkt in den Bornbach zu leiten, sondern stattdessen dem südl. der Anlage gelegenen Moorgebiet und Landschaftsschutzgebiet Dieckmoor zuzuführen, welches wiederum in den Bornbach entwässert.

Die Angaben in diesem Steckbrief beziehen sich auf eine kritische Regenspense von 5 l/(s*ha). Es wäre auch die Behandlung einer höheren kritischen Regenspense denkbar, sofern ausreichend Retentionsraum geschaffen wird. Dieser könnte für ein 30 jährliches Regenereignis ($V_{erf} = 4.000 \text{ m}^3$) neben der geplanten Anlage entstehen, z.B. in Form eines RHB, das durch den Überlauf des RBF beschickt wird und gedrosselt in den Bornbach entwässert. Dafür müssten jedoch weitere Kleingartenparzellen weichen.



Besonderheiten/ Anmerkungen

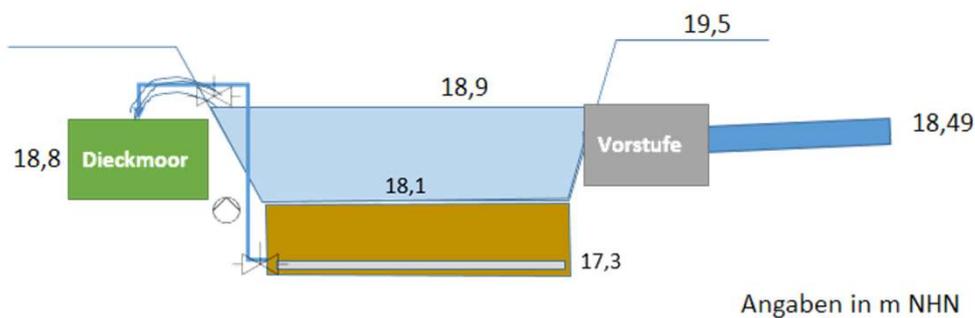
Der PEP sieht in dem Bereich eine naturnahe Gewässerentwicklung für den Bornbach vor. Dies sollte bei der weiteren Planung mit berücksichtigt werden.

Aufgrund der tief liegenden Regenwassersiele ist ein Ablauf des Filtrats im Freigefälle nicht möglich. Der Filterüberlauf hingegen kann voraussichtlich im Freigefälle erfolgen.



Vorbemessung (nach DWA-A 178)

| | |
|--|--|
| Benötigte Filterfläche A_F 107 m ² | Gewählte kritische Regenspende r_{krit} 5 l/(s*ha) Behandlungsanteil 73 % |
| Drosselabfluss des Filters $Q_{Dr,RBF}$ 2,2 l/s | Erforderliches Volumen des RBF (bei r_{krit}) $V_{S,U}$ 150 m ³ Dauerstufe 60 min |
| Volumen der Vorstufe $V_{Vorstufe}$ 0,76 m ³ | Vorhandenes Volumen der RBFA V_{RBFA} 160 m ³ |
| Einstauhöhe h_{RR} 0,8 m | Geschätzter Flächenbedarf der Anlage (inkl. Böschungen, Unterhaltungsweg, Vorstufe, exkl. Retention) 600 m ² |
| Höhe der Filterschicht h_{FK} 0,6 m (+0,2 m Drainage) | Ablauf Drainageablauf über Pumpenanlage in Dieckmoor Filterüberlauf im Freigefälle |



Wirksamkeit der Anlage

Zulässige Drosselabflussspende/ kritische Regenspende:
10 l/(s*ha) / 5 l/(s*ha)

Behandlungsanteil der Jahresniederschlagsmenge:
85 %

Frachtreduktion in RBFA (Filter inkl. Überlauf):
~ 1.500 kg/a (65% der mittleren Jahresabtragsfracht der an die Anlage angeschlossenen Fläche)



Retention (nach DWA-A 117)

30 jährliches Regenereignis

Relevante Dauerstufe
60 min

Erforderliches Volumen V_{erf}
4.000 m³ (für beide EZG zusammen)

Geplantes Volumen V_{plan}
160 m³ (durch RBF)

Lösung
Retentionsraum außerhalb der Anlage schaffen (z.B. RHB)



Weiterer Untersuchungsbedarf

- Nachweisführung für die Bemessung des RBF nach DWA-A 178 mit Langzeitsimulation
- Gewässerbezogener Immissionsnachweis anhand des N-A Transportmodells (in Kombination mit andern Maßnahmenvorschlägen)
- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Überprüfung der Grundwasserhältnisse und Auftriebssicherheit
- Höhe des zulässigen Rückstaus im Siel und damit Prüfung, ob Filterüberlauf im Freigefälle möglich ist
- Genauere Überprüfung der Anforderungen des Moorgebiets Dieckmoor und Erstellung eines Entwässerungskonzepts

Steckbriefe für Maßnahmenvorschläge zur Regenwasserbehandlung und Retention am Bornbach

| | | |
|---|---|---|
| <p>Bezeichnung des Standorts</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center; color: blue;">D</p> <p>Anlagentyp RBF- EZG Anlage Retentionsraum</p> | <p>Betroffene Einzugsgebiete</p> <p style="font-size: 1.5em; color: blue;">0016</p> <p style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px;">Wichtiger Hinweis: Sämtliche in diesem Steckbrief aufgeführten Werte, Parameter und Kurzbeschreibungen sind ausschließlich unter Berücksichtigung der weiteren Ergänzungen im Fachbericht der Regenwasserstudie Bornbach inkl. entsprechender Anlagen zu betrachten.</p> | <p>Standort</p> <p>Eigentumsverhältnisse AGV ohne Erbbaurecht</p> <p>Flurstück 9653, 9920</p> <p>Derzeitige Nutzung Kleingärten, RHB Diekmoor</p> |
| <p>i Kennwerte des Siel- EZG</p> <p>Befestigte angeschl. Fläche $A_{b,a}$ 49,1 ha</p> <p>Mittlere Jahresabtragsfracht $BR_{a,AFS63}$ 16.320 kg/a</p> <p>Mindestens zu reduzierende Fracht B_{red} 2.570 kg/a</p> <p>Abflussbeiwert ψ_m 0,84</p> |  | <p> Vorläufige Kostenannahme (gerundet) zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Maßnahmen mit Stand vom 12.2021 (RBF/ RHB)</p> <p>Kostenäquivalent 18 €/kg AFS₆₃ netto 12 €/m³ Retention netto</p> <p>Investition 1.650.000 €/2.900.000 € netto</p> <p>Laufende Kosten 1. Jahr 15.000 € /12.600 € (exkl. Entschlammung)</p> <p>Projektkostenbarwert 3.000.000 € netto 3.900.000 € netto</p> |



Beschreibung der Maßnahme

Das EZG 566200216 ist das größte Sieleinzugsgebiet am Bornbach. Aufgrund der Größe und Relevanz für das Erschließungsgebiet Diekmoor wird hier eine Maßnahmenkombination aus hydraulischem Rückhalt (RHB) und stofflichem Rückhalt (RBF) vorgeschlagen. Auch wenn das RHB bereits eine gewisse Reinigungswirkung aufweist, wird es als sinnvoll erachtet, eine separate Reinigungsanlage (RBF) vorzuschalten. So kann einer Zusetzung des RHB mit Schlamm entgegengewirkt werden. Des Weiteren befindet sich das RHB im Moorgebiet und steht in enger Verbindung mit dem übrigen Wasserhaushalt. Die Abdichtung des gesamten RHB wird bei der Größe als nicht sinnvoll eingeschätzt.

Die Maßnahme sieht vor, das Fließgewässer von dem bestehenden RHB unter Aufrechterhaltung des schützenswerten Schilfbiotops durch einen Damm abzutrennen. Das bestehende RHB soll Richtung Osten erweitert werden und so den erforderlichen Rückhalteraum für ein 30 jährliches Regenereignis schaffen. Der Ablauf erfolgt bis zu einem 30jährigen Regenereignis in einer Weise, dass die zulässige Abflussspende von 10 l/(s*ha) für den gemeinsamen Abfluss aus RBF und HRB nicht überschritten wird. Die maximal zulässige Staulamelle richtet sich nach dem maximal zulässigen Rückstau im Sielsystem. Davon unmittelbar abhängig ist die im RHB mögliche Staulamellenhöhe und damit der erforderliche Flächenbedarf für das RHB und die Höhe des zum Fließgewässer hin zu errichtenden Dammes.

Etwaige zusätzliche Volumina durch die Erschließung Diekmoor konnten zu diesem Zeitpunkt nicht berücksichtigt werden, müssen aber zwingend im weiteren Planungsverlauf durch eigene Rückhaltesysteme betrachtet werden. Ein Anschluss an das Rückhaltebecken kann nicht empfohlen werden, da ansonsten ein Rückstau aus dem Becken in die Rückhaltesysteme der Erschließung nicht ausgeschlossen werden kann. Der RBF wird so geplant, dass eine kritische Regenspende von 2,5 l/(s*ha) gereinigt wird. Der Ablauf des gereinigten Wassers erfolgt in den westlichen Teil des vorhandenen Zuleitgrabens zum Bornbach. Bei höheren Regenspenden erfolgt ein Abschlag in das RHB.

Besonderheiten/ Anmerkungen

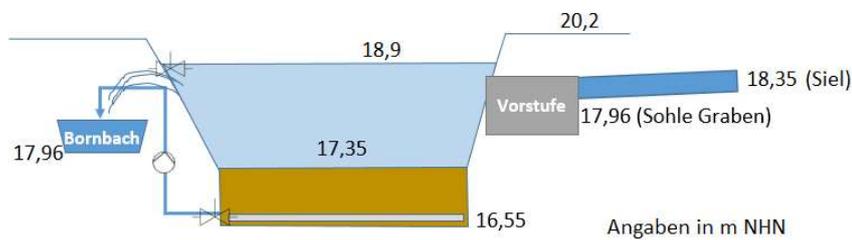
Für die ausgewählte Fläche ist weder ein vollständig geschütztes Biotop noch ein Naturschutzgebiet eingetragen. Jedoch ist der Zuleitgraben derzeit auf gesamter Länge als teilweise geschütztes Biotop im Biotopkataster verzeichnet. Die höherwertigen Strukturen scheinen nach unserer Einschätzung sich im Wesentlichen auf den Aufweitungsbereich vor Einleitung in den Bornbach/ RHB Diekmoor zu konzentrieren. Hier muss bei den weiteren Planungen vorab eine genauere Kartierung durchgeführt werden.

(Weitere Ausführungen zur Maßnahme s. Bericht)



Vorbemessung (nach DWA-A 178)

| | |
|--|--|
| Benötigte Filterfläche A_F 370 m ² | Gewählte kritische Regenspende r_{krit} 2,5 l/(s*ha) Behandlungsanteil Filter 55 % |
| Drosselabfluss des Filters $Q_{Dr,RBF}$ 18,4 l/s | Erforderliches Volumen des RBF (bei r_{krit}) $V_{S,U}$ 430 m ³ Dauerstufe 60 min |
| Volumen der Vorstufe $V_{Vorstufe}$ 23 m ³ | Vorhandenes Volumen der RBFA V_{RBFA} 750 m ³ |
| Einstauhöhe h_{RR} 1,55 m | Geschätzter Flächenbedarf der Anlage (inkl. Böschungen, Unterhaltungsweg, Vorstufe, Retention) 1.200 m ² (RBF) + 23.000 m ² (RHB) |
| Höhe der Filterschicht h_{FK} 0,6 m (+0,2 m Drainage) | Ablauf Drainageablauf über Pumpenanlage in Bornbach Filterüberlauf im Freigefälle |



Wirksamkeit der Anlage

Zulässige Drosselabflusspende/ kritische Regenspende:
10 l/(s*ha) / 2,5 l/(s*ha)

Behandlungsanteil der Jahresniederschlagsmenge:
85 %

Frachtreduktion in RBFA (Filter inkl. Überlauf, exkl. RHB):
~ 9.750 kg/a (60% der mittleren Jahresabtragsfracht des Siel-EZG)



Größere Darstellung s. Bericht



Retention (nach DWA-A 117) 30 jährliches Regenereignis

Relevante Dauerstufe
60 min

Erforderliches Volumen V_{erf}
16.700 m³

Geplantes Volumen V_{plan}
750 m³ (durch RBF) + 17.100 m³ (RHB inkl. Zuleitgraben)

Lösung
Abtrennung Fließgewässer- RHB und Erweiterung RHB



Weiterer Untersuchungsbedarf

- Nachweisführung für die Bemessung des RBF nach DWA-A 178 mit Langzeitsimulation
- Gewässerbezogener Immissionsnachweis anhand des N-A Transportmodells (in Kombination mit andern Maßnahmenvorschlägen)
- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Überprüfung der Grundwasserverhältnisse und Auftriebssicherheit
- Höhe des zulässigen Rückstaus im Siel als maßgebliche Größe des erforderl. Flächenbedarfs des künftigen HRB und der erforderl. Dammhöhen
- Überprüfung des anrechenbaren Rückstauvolumens im Siel
- Biotopkartierungen und darauf abgestimmten genauen Fließgewässerverlauf
- Ermittlung sinnvoller neuer Fließgewässersohlhöhen im Planungsabschnitt im Kontext eines wünschenswerten Zielzustands des Bornbachs
- Abwägung, ob ein Teil des Beckens als Trockenrückhaltebecken betreibbar wäre (multifunktionale Nutzung, Gefährdungsbeurteilung)

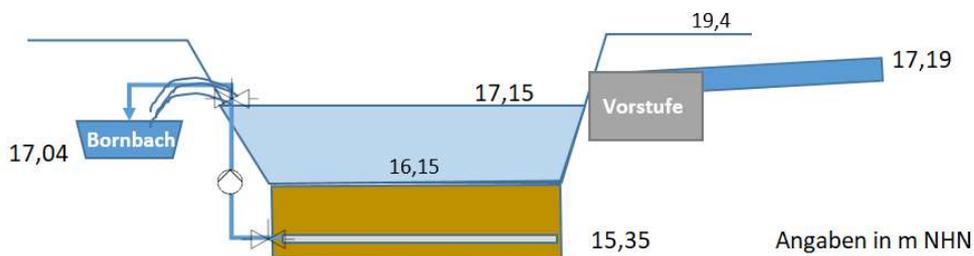
Steckbriefe für Maßnahmevorschläge zur Regenwasserbehandlung und Retention am Bornbach

| | | |
|--|--|--|
| <p>Bezeichnung des Standorts</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">E</p> <p>Anlagentyp RBF – EZG Anlage</p> | <p>Betroffene Einzugsgebiete</p> <p>0011, 0012 (optional 0007)</p> <p>Wichtiger Hinweis: Sämtliche in diesem Steckbrief aufgeführten Werte, Parameter und Kurzbeschreibungen sind ausschließlich unter Berücksichtigung der weiteren Ergänzungen im Fachbericht der Regenwasserstudie Bornbach inkl. entsprechender Anlagen zu betrachten.</p> | <p>Standort</p> <p>Eigentumsverhältnisse AGV ohne Erbbaurecht</p> <p>Flurstück 7679</p> <p>Derzeitige Nutzung Kleingärten</p> |
| <p>i Kennwerte der Siel-EZG</p> <p>Befestigte angeschl. Fläche $A_{b,a}$ 11,9 ha (15,2 ha)</p> <p>Mittlere Jahresabtragsfracht $BR_{a,AFS63}$ 5.310 kg/a (6.620 kg/a)</p> <p>Mindestens zu reduzierende Fracht B_{red} 1.970 kg/a (2.360 kg/a)</p> <p>Abflussbeiwert Ψ_m 0,83 (EZG 0011); 0,88 (EZG 0012 und EZG 0007)</p> |  | <p> Vorläufige Kostenannahme (gerundet) zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Maßnahmen mit Stand vom 12.2021</p> <p>Kostenäquivalent 30 €/kg AFS₆₃ netto 25 €/kg AFS₆₃ netto</p> <p>Investition 1.500.000 € netto (1.800.000 €) netto</p> <p>Laufende Kosten 1. Jahr 20.000€ (20.000 €)</p> <p>Projektkostenbarwert 2.500.000 € netto 2.800.000 € netto</p> |
| <p> Beschreibung der Maßnahme</p> <p>Die EZG 56620011 und 56620012 führen das Regenwasser aus einem Gewerbegebiet in den Bornbach. Aufgrund ihrer benachbarten Lage und geringen Größe wird vorgeschlagen, den anfallenden Regenwasserabfluss in einer gemeinsamen zentralen Retentionsbodenfilteranlage zu reinigen. Zusätzlich zum Abflusses der o.g. EZG könnte auch ein Teil der Abflüsse aus dem benachbarten EZG 0007 über die RWBA gereinigt werden. Hierfür bieten sich die Flächen des EZG 0007 nördlich der Kreuzung Oehlecker an, welche über ein neu zu errichtendes Siel an das Kanalnetz des EZG 0011 angebunden werden können (diese entsprechen ca. 75 % der angeschlossenen EZG Flächen). Eine Anbindung des gesamten EZG 0007 ist aus topografischen und platztechnischen Gründen nicht möglich, sodass eine weitere Reinigung der stark belasteten Abflüsse aus dem EZG 0007 durch andere Maßnahmen (z.B. Rohrsedimentation in der Straße (Standort F) oder Reinigung am vorgeschlagenen Standort G) stattfinden muss.</p> <p>Die Schaffung von Retentionsraum neben der Anlage ist denkbar. Dafür müssten weitere Kleingärten weichen.</p> |  <p>Besonderheiten/ Anmerkungen</p> <p>Teilung des EZG 0007 durch Bau einer neuen Sielleitung von ca. 60 m Länge auf Höhe der Straße Oehlecker zur Anbindung an das EZG 0011 erforderlich.</p> | |

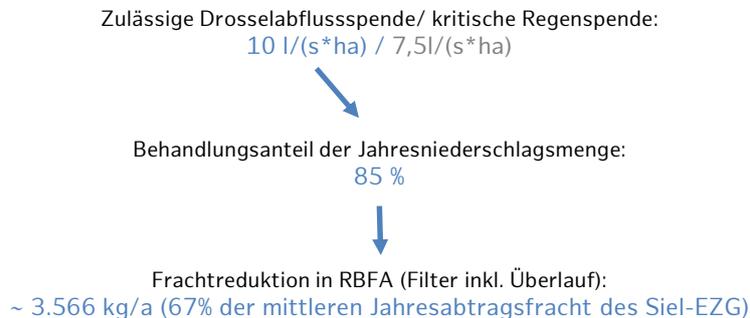


Vorbemessung (nach DWA-A 178)

| | |
|---|--|
| Benötigte Filterfläche A_F 280 m ² (340 m ²) | Gewählte kritische Regenspende r_{krit} 7,5 l/(s*ha) Behandlungsanteil 80 % |
| Drosselabfluss des Filters $Q_{Dr,RBF}$ 14,1 l/s (16,9 l/s) | Erforderliches Volumen des RBF (bei r_{krit}) $V_{S,U}$ 440 m ³ (540 m ³) Dauerstufe 90 min |
| Volumen der Vorstufe $V_{Vorstufe}$ 5,6 m ³ (6,8 m ³) | Vorhandenes Volumen der RBFA V_{RBFA} 450 m ³ (530 m ³) |
| Einstauhöhe h_{RR} 1 m | Geschätzter Flächenbedarf der Anlage (inkl. Böschungen, Unterhaltungsweg, Vorstufe. Exkl. Retention) 1.400 m ² (1.500 m ²) |
| Höhe der Filterschicht h_{FK} 0,6 m (+0,2 m Drainage) | Ablauf Drainageablauf über Pumpenanlage in Bornbach Filterüberlauf im Freigefälle |



Wirksamkeit der Anlage



Retention (nach DWA-A 117) 30 jährliches Regenereignis

Relevante Dauerstufe
90 min

Erforderliches Volumen V_{erf}
4.080 m³ (5.260 m³)

Geplantes Volumen V_{plan}
450 m³ (540 m³) (durch RBF)

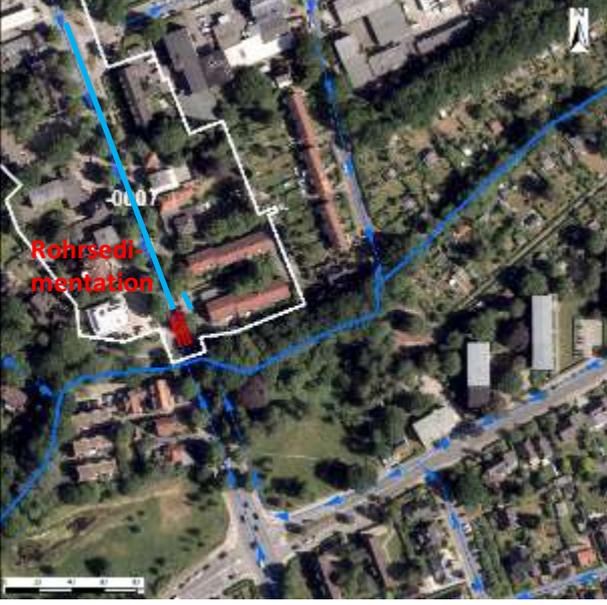
Lösung
Retentionsraum außerhalb der Anlage schaffen (z.B. RHB)



Weiterer Untersuchungsbedarf

- Nachweisführung für die Bemessung des RBF nach DWA-A 178 mit Langzeitsimulation
- Gewässerbezogener Immissionsnachweis anhand des N-A Transportmodells (in Kombination mit andern Maßnahmenvorschlägen)
- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Überprüfung der Grundwasserverhältnisse und Auftriebssicherheit
- Höhe des zulässigen Rückstaus im Siel

Steckbriefe für Maßnahmevorschläge zur Regenwasserbehandlung und Retention am Bornbach

| | | |
|---|--|--|
| <p>Bezeichnung des Standorts</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold; color: blue;">F</p> <p>Anlagentyp Rohrsedimentation- EZG-Anlage</p> | <p>Betroffene Einzugsgebiete</p> <p style="font-size: 1.5em; font-weight: bold; color: blue;">0007</p> <p style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px;">Wichtiger Hinweis: Sämtliche in diesem Steckbrief aufgeführten Werte, Parameter und Kurzbeschreibungen sind ausschließlich unter Berücksichtigung der weiteren Ergänzungen im Fachbericht der Regenwasserstudie Bornbach inkl. entsprechender Anlagen zu betrachten.</p> | <p>Standort</p> <p>Eigentumsverhältnisse Verwaltungsvermögen Straßen, Plätze Wege</p> <p>Flurstück 11902</p> <p>Derzeitige Nutzung Straße</p> |
| <p>i Kennwerte des Siel- EZG</p> <p>Befestigte angeschl. Fläche $A_{b,a}$ 1,7 ha</p> <p>Mittlere Jahresabtragsfracht $B_{R,a,AFS63}$ 780 kg/a</p> <p>Mindestens zu reduzierende Fracht B_{red} 300 kg/a</p> <p>Abflussbeiwert ψ_m 0,88 (für gesamtes EZG)</p> |  | <p> Vorläufige Kostenannahme (gerundet) zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Maßnahmen mit Stand vom 12.2021</p> <p>Kostenäquivalent 65 €/kg AFS₆₃ (netto)</p> <p>Investition 170.000 € (netto)</p> <p>Laufende Kosten 1. Jahr 3.500 € (ohne Wartung Filter/ Schlammfänge)</p> <p>Projektkostenbarwert 270.000 € (netto)</p> |
| <p> Beschreibung der Maßnahme</p> <p>Die Maßnahme am Standort F kann als Ergänzung zur Maßnahme E gesehen werden. Sofern die Abflüsse aus dem nördlichen Teil des EZG 0007 bereits über einen RBF am Standort E gereinigt werden, ist für den südlichen Bereich (südlich der Straße Oehlecker) eine separate Reinigung der Abflüsse erforderlich.</p> <p>Hierfür wird eine Rohrsedimentation als EZG Anlage in Form von drei SediPipe XL Anlagen mit einer Länge von je 20 m vorgeschlagen.</p> | |  <p>Besonderheiten/ Anmerkungen</p> <p>Rohrsedimentationsanlagen schaffen keinen Retentionsraum. Dieser sollte für das EZG 0007 an anderer Stelle geschaffen werden, wie beispielsweise am Standort G2.</p> |



Vorbemessung (nach DWA-A 102-2)

Benötigte Oberfläche $AR_{KB,erf}$
23,1 m²

Gewählte kritische Regenspende r_{krit}
15 l/(s*ha)
Behandlungsanteil 90 %

Geplante Oberfläche $AR_{KB,erf}$
36 m²

Erforderliches Anzahl und Länge der Anlagen
3 x DN600 a 20 m Länge
Anlagentyp SediPipe XL

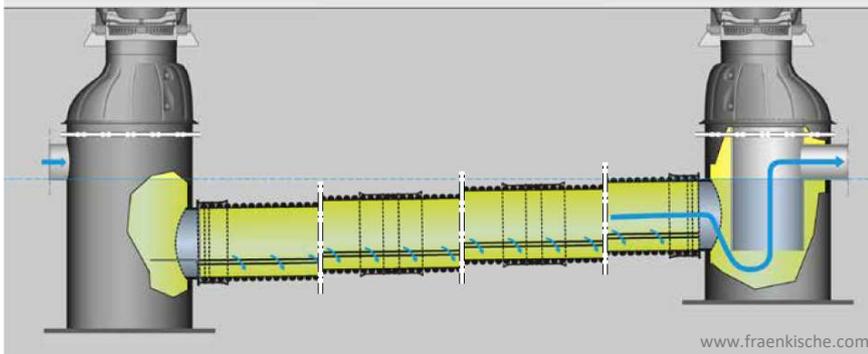
Bemessungszufluss $Q_{bem,Tr}$
25,7 l/s

Vorhandenes Volumen der Anlage V_{vorh}
0 m³

Geschätzter Flächenbedarf der Anlage
Anlage befindet sich im Straßenraum, daher kein zusätzlicher oberirdischer Flächenbedarf.

Ablauf

Lage so planen, dass Ablauf im Freigefälle möglich



Beispiel SediPipe XL



Wirksamkeit der Anlage

Zulässige Drosselabflussspende/ kritische Regenspende:
10 l/(s*ha) / 15 l/(s*ha)

Behandlungsanteil der Jahresniederschlagsmenge:
90 %

Frachtreduktion in RSA:
~ 320 kg/a (40 % der mittleren Jahresabtragsfracht des Siel-EZG)



Retention (nach DWA-A 117)

30 jährliches Regenereignis

Relevante Dauerstufe
60 min

Erforderliches Volumen V_{erf}
1.570 m³ (gesamtes EZG)

Geplantes Volumen V_{plan}
0 m³

Lösung
Retentionsraum ggf. an Standort E2 schaffen



Weiterer Untersuchungsbedarf

- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Gewässerbezogener Immissionsnachweis anhand des N-A Transportmodells (in Kombination mit andern Maßnahmenvorschlägen)
- Ermittlung einer möglichen genauen Position für die Rohrsedimentationsanlage
- Berücksichtigung von ausreichend Platz für Wartungsfahrzeuge

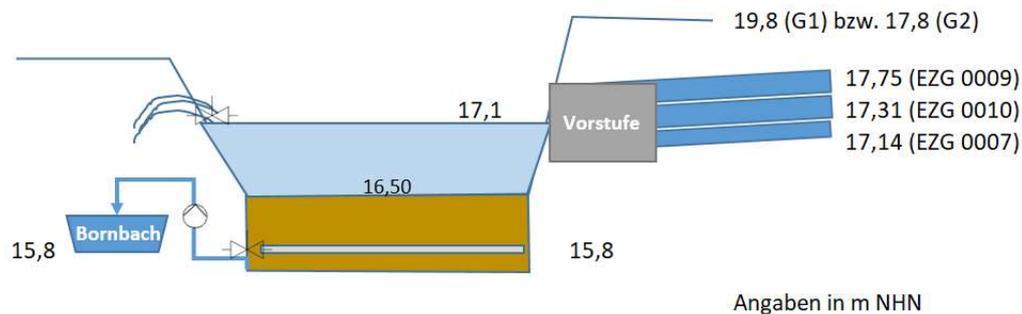
Steckbriefe für Maßnahmevorschläge zur Regenwasserbehandlung und Retention am Bornbach

| | | |
|---|---|---|
| <p>Bezeichnung des Standorts</p> <p style="text-align: center;">G</p> <p>Anlagentyp RBF – EZG Anlage</p> | <p>Betroffene Einzugsgebiete</p> <p style="text-align: center;">0007,0009, 0010</p> <p>Wichtiger Hinweis: Sämtliche in diesem Steckbrief aufgeführten Werte, Parameter und Kurzbeschreibungen sind ausschließlich unter Berücksichtigung der weiteren Ergänzungen im Fachbericht der Regenwasserstudie Bornbach inkl. entsprechender Anlagen zu betrachten.</p> | <p>Standort</p> <p>Eigentumsverhältnisse Sondervermögen Naturschutz und Landschaftspflege</p> <p>Flurstück 11305 (G1) /10911 (G2)</p> <p>Derzeitige Nutzung Grünfläche</p> |
| <p>i Kennwerte der Siel-EZG</p> <p>Befestigte angeschl. Fläche $A_{b,a}$ 16,1 ha</p> <p>Mittlere Jahresabtragsfracht $B_{R,a,AFS63}$ 6.300 kg/a</p> <p>Mindestens zu reduzierende Fracht B_{red} 1.800 kg/a</p> <p>Abflussbeiwert ψ_m 0,88 (EZG 0007); 0,89 (EZG 0009), 0,87 (EZG 0010)</p> |  | <p>Vorläufige Kostenannahme (gerundet) zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Maßnahmen mit Stand vom 12.2021</p> <p>Kostenäquivalent 27 €/kg AFS₆₃ (netto)</p> <p>Investition 1.500.000 € (netto)</p> <p>Laufende Kosten 1. Jahr 11.000 €</p> <p>Projektkostenbarwert 2.400.000 € (netto)</p> |
| <p>? Beschreibung der Maßnahme</p> <p>Die EZG 56620009 und 56620007 führen unter anderem das stark belastete Regenwasser der Langenhorner Chaussee von Norden (EZG 0007) und Süden (EZG 0009) in den Bornbach. Das EZG 56620010 ist geprägt durch die mäßig belastete Straße Foorthkamp und liegt ebenfalls südlich des Bornbachs neben dem EZG 0009. Aufgrund der benachbarten Lage der EZG wird vorgeschlagen, den anfallenden Regenwasserabfluss in einer gemeinsamen Anlage zu reinigen. Sofern das Niederschlagswasser des EZG 0007 bereits durch vollständig oder teilweise durch eine andere Maßnahme (z.B. E/ F) gereinigt wird, kann die Reinigung dieser Abflüsse an den hier vorgeschlagenen Standorten entfallen, was dementsprechend zu einem geringeren Flächenbedarf für die RWBA führt. In die Berechnungen wurde das EZG 0007 mit einbezogen. Der Anschluss des EZG 0013 an die Reinigungsanlage wäre durch den Bau einer neuen Sielleitung ebenfalls denkbar, wurde jedoch in den Berechnungen nicht berücksichtigt.</p> <p>Aufgrund der günstigeren Höhenverhältnisse fällt der Flächenbedarf bei G2 geringer aus. Allerdings ist eine Einbindung in das Landschaftsbild bei G1 besser vorstellbar. Beide Flächen sind festgesetzte Ausgleichsflächen, auf denen eine Verlegung des Bachbetts des Bornbachs geplant ist. In einem ersten Schritt wurden bereits Vorbereitungen dafür umgesetzt (2010-2012). Im Zusammenhang mit der Bachbettverlegung wäre auch die Möglichkeit für hydraulischen Rückhalt am Standort G2 denkbar.</p> |  <p>Besonderheiten/ Anmerkungen</p> <p>Für die Reinigung der Abflüsse müssten die Abflüsse des EZG 0007 über den Bornbach zum Standort der Anlage geführt werden. Dafür wird der Bau einer neuen Sielleitung von ca. 200 m Länge erforderlich, die den Bornbach überquert. Eine ausreichende Überdeckung des Baches ist gegeben.</p> <p>Sofern die Abflüsse der EZG 0009 und 0010 am Standort G gereinigt werden können, erübrigt sich aus stofflicher Sicht die Behandlung an anderen Standorten (vgl. Standort H).</p> | |

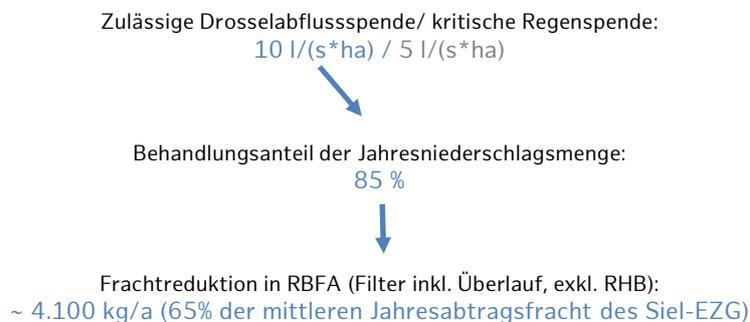


Vorbemessung (nach DWA-A 178)

| | |
|--|--|
| Benötigte Filterfläche A_F 260 m ² | Gewählte kritische Regenspende r_{krit} 5 l/(s*ha) Behandlungsanteil 73 % |
| Drosselabfluss des Filters $Q_{Dr,RBF}$ 12,8 l/s | Erforderliches Volumen des RBF (bei r_{krit}) $V_{S,U}$ 260 m ³ Dauerstufe 60 min |
| Volumen der Vorstufe $V_{Vorstufe}$ 7,5 m ³ | Vorhandenes Volumen der RBFA V_{RBFA} 250 m ³ |
| Einstauhöhe h_{RR} 0,6 m | Geschätzter Flächenbedarf der Anlage (inkl. Böschungen, Unterhaltungsweg, Vorstufe. Exkl. Retention) 1.200 m ² (G1), 800 m ² (G2) |
| Höhe der Filterschicht h_{FK} 0,5 m (+0,2 m Drainage) | Ablauf Drainageablauf über Pumpenanlage in Bornbach Filterüberlauf im Freigefälle |



Wirksamkeit der Anlage



Retention (nach DWA-A 117)

30 jährliches Regenereignis

Relevante Dauerstufe
60 min

Erforderliches Volumen V_{erf}
5.750 m³ (für alle o.g. EZG zusammen)

Geplantes Volumen V_{plan}
270 m³ (durch RBF)

Lösung
Retentionsraum außerhalb der Anlage in den EZG schaffen (z.B. RHB)



Weiterer Untersuchungsbedarf

- Abstimmung bzgl. der Planung mit Abteilung Stadtgrün (Bachbettverlegung, Ausgleichsflächen)
- Nachweisführung für die Bemessung des RBF nach DWA-A 178 mit Langzeitsimulation
- Gewässerbezogener Immissionsnachweis anhand des N-A Transportmodells (in Kombination mit andern Maßnahmenvorschlägen)
- Prüfung der Umleitung der Abflüsse aus EZG 0007 über den Bornbach
- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Überprüfung der Grundwasserverhältnisse und Auftriebssicherheit
- Höhe des zulässigen Rückstaus im Siel und Überprüfung der Möglichkeit, den Filterablauf im Freigefälle zu ermöglichen (z.B. durch Reduktion der Einstauhöhe)
- Schaffung von Retentionsraum am Standort G2 in Kombination mit Bachbettverlegung möglich?

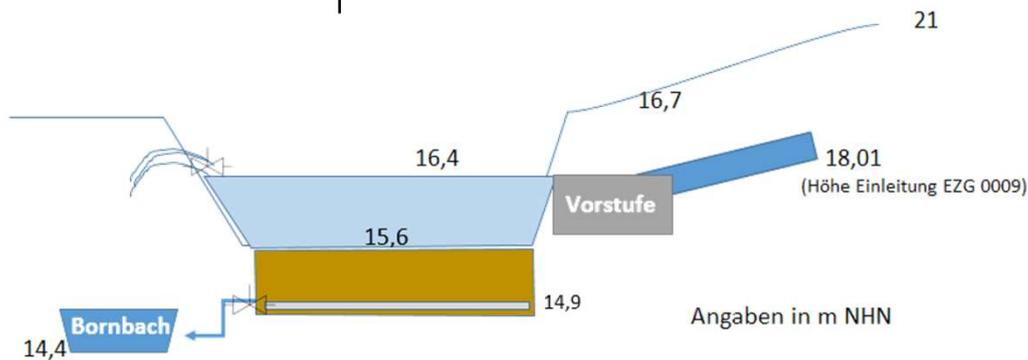
Steckbriefe für Maßnahmevorschläge zur Regenwasserbehandlung und Retention am Bornbach

| | | |
|--|--|---|
| <p>Bezeichnung des Standorts</p> <p style="text-align: center;">H</p> <p>Anlagentyp RBF – S- Anlage</p> | <p>Betroffene Einzugsgebiete</p> <p>0002, 0005, 0009, 0010, 0013 (optional 0007)</p> <p>Wichtiger Hinweis: Sämtliche in diesem Steckbrief aufgeführten Werte, Parameter und Kurzbeschreibungen sind ausschließlich unter Berücksichtigung der weiteren Ergänzungen im Fachbericht der Regenwasserstudie Bornbach inkl. entsprechender Anlagen zu betrachten.</p> | <p>Standort</p> <p>Eigentumsverhältnisse Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (In Verkaufsverhandlungen mit LIG)</p> <p>Flurstück 3327 (H1) /10754 (H2)</p> <p>Derzeitige Nutzung Grünfläche</p> |
| <p>i Kennwerte der an die Anlage angeschlossenen Fläche</p> <p>Befestigte angeschl. Fläche $A_{b,a}$ 3,72 ha</p> <p>Mittlere Jahresabtragsfracht $B_{r,a,AFS63}$ 2.024 kg/a</p> <p>Mindestens zu reduzierende Fracht B_{red} 980 kg/a</p> <p>Abflussbeiwert ψ_m 0,89 (Mittelwert der EZG)</p> |  | <p> Vorläufige Kostenannahme (gerundet) zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Maßnahmen mit Stand vom 12.2021</p> <p>Kostenäquivalent 80 €/kg AFS₆₃ (netto)</p> <p>Investition 2.300.000 € (netto)</p> <p>Laufende Kosten 1. Jahr 13.000 €</p> <p>Projektkostenbarwert 2.900.000 € (netto)</p> |
| <p>? Beschreibung der Maßnahme</p> <p>Die EZG 56620002, 56620005, 56620010 und 56620013 sind geprägt durch die mäßig belasteten Regenabflüsse des Straßenzuges Grellkamp – Heerwisch – Foorthkamp. EZG 56620009 leitet das Abwasser stark belasteten Langenhorner Chaussee in den Bornbach.</p> <p>Die Maßnahme sieht vor, diese mäßig und stark belasteten gemeinsam in einer zentralen Retentionsbodenfilteranlage zu reinigen. Lediglich der nördliche Teil des EZG 0009 (Kreuzung Foorthkamp-Langenhorner Chaussee bis zur derzeitigen Einleitstelle in den Bornbach) müsste separat erfasst und beispielsweise durch den Bau von Sedimentationsrohren gereinigt werden.</p> <p>Als Standort für den RBF kommen zwei Flächen in Frage (H1 oder H2). H1 liegt topografisch gesehen günstiger für den Bau eines RBF als H2, jedoch bietet sich das Landschaftsbild von H2 besser für einen RBF an. Außerdem besteht bei Standort H1 Flächenkonkurrenz zum Gewässerrenaturierungskonzept des PEP. Die Möglichkeit für hydraulischen Rückhalt an Standort H1 in Kombination mit Renaturierungsmaßnahmen ist denkbar.</p> <p>Sofern die Abflüsse der EZG 0009 und 0010 am Standort H gereinigt werden können, erübrigt sich aus stofflicher Sicht die Reinigung an anderen Standorten (s. Maßnahme G).</p> <p>Ebenso könnte die Möglichkeit überprüft werden, zusätzlich zu den o.g. EZG auch das EZG 0007 in der Anlage zu reinigen. Dementsprechend würde sich der Flächenbedarf in diesem Fall vergrößern. Allerdings könnten dadurch andere Anlagen entfallen.</p> |  | |
| | <p>Besonderheiten/ Anmerkungen</p> <p>Für die Reinigung der Abflüsse in konzentrierter Form müssten neue Straßenentwässerungsleitungen (SEL) in den betroffenen Straßen gebaut werden (insgesamt ca. 2 km Länge). Es wird empfohlen, dies mit Straßensanierungsmaßnahmen zu kombinieren.</p> <p>Die Flächen befinden sich nicht im Besitz der FHH. Der Erwerb der Flächen der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben müsste erfolgen. Derzeit laufen Verkaufsverhandlungen mit dem LIG.</p> | |



Vorbemessung (nach DWA-A 178)

| | |
|--|--|
| Benötigte Filterfläche A_F 140 m ² | Gewählte kritische Regenspende r_{krit} 15 l/(s*ha) Behandlungsanteil 90 % |
| Drosselabfluss des Filters $Q_{Dr,RBF}$ 7,0 l/s | Erforderliches Volumen des RBF (bei r_{krit}) $V_{S,U}$ 200 m ³ Dauerstufe 60 min |
| Volumen der Vorstufe $V_{Vorstufe}$ 1,7 m ³ | Vorhandenes Volumen der RBFA V_{RBFA} 200 m ³ |
| Einstauhöhe h_{RR} 0,8 m | Geschätzter Flächenbedarf der Anlage (inkl. Böschungen, Unterhaltungsweg, Vorstufe. Exkl. Retention) 600 m ² |
| Höhe der Filterschicht h_{FK} 0,5 m (+0,2 m Drainage) | Ablauf Drainageablauf und Filterüberlauf im Freigefälle in Bornbach |



Wirksamkeit der Anlage

Zulässige Drosselabflussspende/ kritische Regenspende:
10 l/(s*ha) / 15 l/(s*ha)

Behandlungsanteil der Jahresniederschlagsmenge:
90 %

Frachtreduktion in RBFA (Filter inkl. Überlauf, exkl. RHB):
~ 1.560 kg/a (77 % der mittleren Jahresabtragsfracht der an die Anlage angeschlossenen Fläche)



Retention (nach DWA-A 117)

30 jährliches Regenereignis

Relevante Dauerstufe
60 min

Erforderliches Volumen V_{erf}
7.170 m³ (für alle o.g. EZG zusammen)

Geplantes Volumen V_{plan}
200 m³ (durch RBF)

Lösung
Retentionsraum außerhalb der Anlage schaffen (z.B. in Kombination mit Renaturierungsmaßnahmen auf H1 und zusätzlich in den einzelnen EZG)



Weiterer Untersuchungsbedarf

- Prüfung der Flächenverfügbarkeit
- Nachweisführung für die Bemessung des RBF nach DWA-A 178 mit Langzeitsimulation
- Gewässerbezogener Immissionsnachweis anhand des N-A Transportmodells (in Kombination mit andern Maßnahmenvorschlägen)
- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Überprüfung der Grundwasserhältnisse und Auftriebssicherheit
- Prüfung einer möglichen Trasse für die geplanten SEL
- Prüfung der Anbindung des EZG 0007
- Prüfung des Ablaufes im Freigefälle bei Unterquerung des Fußgängerweges entlang des Bornbachs
- Schaffung von Retentionsraum am Standort möglich?
- Abstimmung mit Maßnahmen zur naturnahen Gewässerentwicklung (s. PEP)

Steckbriefe für Maßnahmevorschläge zur Regenwasserbehandlung und Retention am Bornbach

| | | |
|---|---|--|
| <p>Bezeichnung des Standorts</p> <p style="font-size: 2em; color: blue; text-align: center;">J</p> <p>Anlagentyp RBF – S-Anlage</p> | <p>Betroffene Einzugsgebiete</p> <p style="font-size: 1.5em; color: blue; text-align: center;">30003</p> <p>Wichtiger Hinweis: Sämtliche in diesem Steckbrief aufgeführten Werte, Parameter und Kurzbeschreibungen sind ausschließlich unter Berücksichtigung der weiteren Ergänzungen im Fachbericht der Regenwasserstudie Bornbach inkl. entsprechender Anlagen zu betrachten.</p> | <p>Standort</p> <p>Eigentumsverhältnisse Verwaltungsvermögen Sonstiges (Stadtgrün)</p> <p>Flurstück 10685</p> <p>Derzeitige Nutzung Kleingärten</p> |
| <p>i Kennwerte der an die Anlage angeschlossenen Fläche</p> <p>Befestigte angeschl. Fläche $A_{b,a}$ 1,88 ha</p> <p>Mittlere Jahresabtragsfracht $B_{R,a,AFS63}$ 1.280 kg/a</p> <p>Mindestens zu reduzierende Fracht B_{red} 760 kg/a</p> <p>Abflussbeiwert ψ_m 0,88 (gesamtes EZG)</p> |  | <p> Vorläufige Kostenannahme (gerundet) zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Maßnahmen mit Stand vom 12.2021</p> <p>Kostenäquivalent 110 €/kg AFS₆₃ (netto)</p> <p>Investition 1.600.000 € (netto)</p> <p>Laufende Kosten 1. Jahr 16.500 €</p> <p>Projektkostenbarwert 2.500.000 € (netto)</p> |



Beschreibung der Maßnahme

Das EZG 56630003 führt unter anderem das Regenwassers der stark belasteten Straße Krohnstieg in das RHB Krohnstieg, in welches auch der Bornbach mündet. Genau genommen ist das EZG 56630003 nicht Teil des Sieleinzugsgebiets des Bornbachs, wird jedoch aufgrund der Nähe und des gemeinsamen RHB in dieser Studie als Teil eines Gesamtkonzepts mit betrachtet. Es wird vorgeschlagen, die stark belasteten Abflüsse der Straße Krohnstieg über die östliche EZG-Grenze hinaus, bis zu dem topografischen Hochpunkt auf Höhe der Kreuzung Rittmerskamp in einer neu zu errichtenden Straßenentwässerungsleitung (SEL) zu sammeln und in einer zentralen Anlage in Form eines RBF zu reinigen. Der Bau einer SEL dient auch dazu, die Regenabflüsse der Straße von den vorhandenen Straßengräben und damit vom Wasserkörper zu trennen und ermöglicht einen kontinuierlichen Zulauf zum geplanten RBF.

Das Konzept sieht vor, das gereinigte Wasser nicht wie bisher in das RHB Krohnstieg zu leiten, sondern stattdessen unter der Straße Krohnstieg in das dort liegende NSG Rothsteinsmoor. Laut dem Untersuchungsbericht „Moore in Hamburg“ wird das NSG durch elektrische Pumpen aus der Tarpenbek bewässert. Die RWBA würde demnach dazu beitragen, diese Pumpen zu entlasten oder gänzlich abstellen zu können, da das Moor mit dem gereinigten Filtrat des RBF gespeist würde. Zudem wird durch die Maßnahme eine Entlastung des RHB Krohnstieg erreicht, in welches die Abflüsse der Straße derzeit eingeleitet werden. Lediglich der Notüberlauf des RBF würde über ein Trennbauwerk durch das vorhandene Sieel in das RHB Krohnstieg einleiten.



Besonderheiten/ Anmerkungen

Für die Reinigung der Abflüsse müsste eine neue Straßenentwässerungsleitung (SEL) mit einer Länge von ca. 1.100 m gebaut werden. Außerdem müsste die Straße Krohnstieg zur Ableitung des gereinigten Wassers in das Rothsteinsmoor unterquert werden.

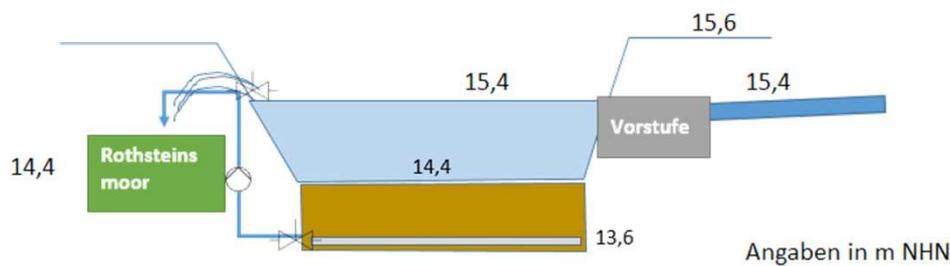
Zur Schaffung von Retentionsraum wird vorgeschlagen, das RHB Krohnstieg vom Bornbach durch eine Verwallung zu trennen (vgl. Maßnahme M3a des PEP).

(Weitere Ausführungen zur Maßnahme s. Bericht)



Vorbemessung (nach DWA-A 178)

| | |
|--|--|
| Benötigte Filterfläche A_F 108 m ² | Gewählte kritische Regenspende r_{krit} 15 l/(s*ha) Behandlungsanteil 90 % |
| Drosselabfluss des Filters $Q_{Dr,RBF}$ 5,4 l/s | Erforderliches Volumen des RBF (bei r_{krit}) $V_{S,U}$ 95 m ³ Dauerstufe 60 min |
| Volumen der Vorstufe $V_{Vorstufe}$ 0,84 m ³ | Vorhandenes Volumen der RBFA V_{RBFA} 190 m ³ |
| Einstauhöhe h_{RR} 1 m | Geschätzter Flächenbedarf der Anlage (inkl. Böschungen, Unterhaltungsweg, Vorstufe, Exkl. Retention) 600 m ² |
| Höhe der Filterschicht h_{FK} 0,6 m (+0,2 m Drainage) | Ablauf Drainageablauf über Pumpenanlage in Bornbach Filterüberlauf im Freigefälle |



Wirksamkeit der Anlage

Zulässige Drosselabflussspende/ kritische Regenspende:
10 l/(s*ha) / 15 l/(s*ha)

Behandlungsanteil der Jahresniederschlagsmenge:
90 %

Frachtreduktion in RBFA (Filter inkl. Überlauf, exkl. RHB):
~ 985 kg/a (77 % der mittleren Jahresabtragsfracht der an die Anlage angeschlossenen Fläche)



Retention (nach DWA-A 117)

30 jährliches Regenereignis

Relevante Dauerstufe
60 min

Erforderliches Volumen V_{erf}
3.150 m³ (für gesamtes EZG)

Vorhandenes/ Geplantes Volumen V_{vorh} / V_{plan}
22.800 m³ RHB Krohnstieg (IST-Zustand)
+ 190 m³ (durch RBF)

Lösung
Ausreichend Retentionsraum in RHB Krohnstieg vorhanden., vor allem bei Abtrennung des RHB vom Bornbach (Maßnahme M3a PEP)



Weiterer Untersuchungsbedarf

- Nachweisführung für die Bemessung des RBF nach DWA-A 178 mit Langzeitsimulation
- Gewässerbezogener Immissionsnachweis anhand des N-A Transportmodells (in Kombination mit andern Maßnahmenvorschlägen)
- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Überprüfung der Grundwasserverhältnisse und Auftriebssicherheit
- Prüfung einer möglichen Trasse für die geplante SEL
- Ermittlung der Höhenlagen im NSG Rothsteinsmoor und Überprüfung der Möglichkeit, die Anlage im Freigefälle zu betreiben.
- Überprüfung der Anforderungen des NSG Rothsteinsmoor und der Unterquerung der Straße Krohnstieg am Ablauf des RBF
- Berücksichtigung der im PEP vorgeschlagenen Maßnahme zur Abtrennung des RHB Krohnstieg

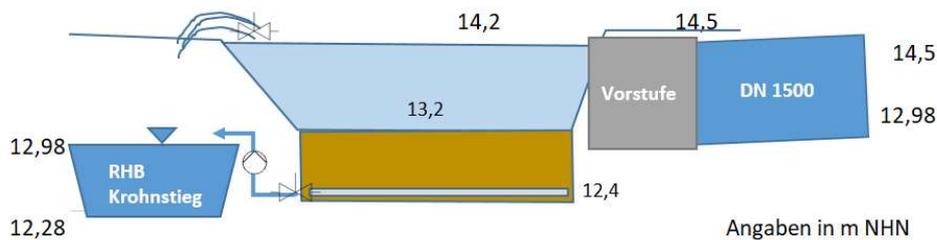
Steckbriefe für Maßnahmevorschläge zur Regenwasserbehandlung und Retention am Bornbach

| | | |
|--|---|--|
| <p>Bezeichnung des Standorts</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">K</p> <p>Anlagentyp RBF – EZG-Anlage</p> | <p>Betroffene Einzugsgebiete</p> <p style="font-size: 1.5em; text-align: center;">30003</p> <p>Wichtiger Hinweis: Sämtliche in diesem Steckbrief aufgeführten Werte, Parameter und Kurzbeschreibungen sind ausschließlich unter Berücksichtigung der weiteren Ergänzungen im Fachbericht der Regenwasserstudie Bornbach inkl. entsprechender Anlagen zu betrachten.</p> | <p>Standort</p> <p> Eigentumsverhältnisse Verwaltungsvermögen Sonstiges (Stadtgrün)</p> <p>Flurstück 10685</p> <p>Derzeitige Nutzung Grünfläche/ Park</p> |
| <p> Kennwerte des Siel- EZG</p> <p>Befestigte angeschl. Fläche $A_{b,a}$ 8,27 ha</p> <p>Mittlere Jahresabtragsfracht $B_{R,a,AFS63}$ 3.072 kg/a</p> <p>Mindestens zu reduzierende Fracht B_{red} 600 kg/a</p> <p>Abflussbeiwert ψ_m 0,88</p> |  | <p> Vorläufige Kostenannahme (gerundet) zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Maßnahmen mit Stand vom 12.2021</p> <p>Kostenäquivalent 35 €/kg AFS₆₃ (netto)</p> <p>Investition 750.000 € (netto)</p> <p>Laufende Kosten 1. Jahr 14.500 €</p> <p>Projektkostenbarwert 1.500.000 € (netto)</p> |
| <p> Beschreibung der Maßnahme</p> <p>Standort K wird als Alternative zu Standort J zur Reinigung der Abflüsse aus dem EZG 56630003 vorgeschlagen. Der Standort befindet sich vor der Einleitung des EZG 30003 in das RHB Krohnstieg. Somit könnte hier eine EZG-Anlage entstehen, die die Regenabflüsse aller Teilflächen des EZG behandelt, im Gegensatz zu Variante J, bei der nur das Abwasser des stark belasteten Krohnstiegs behandelt wird. Vorteil von Variante K ist, dass nicht zwingend eine separate SEL gebaut werden müsste, sondern das vorhandene Sielnetz als Zuleitung zur Anlage genutzt werden könnte. Allerdings empfiehlt sich auch hier der Bau von neuen Leitungen, da das derzeitige Straßengrabensystem im Bereich der Straße Krohnstieg eine Verbindung zum übrigen Wasserhaushalt schafft und die Zuleitfracht zur geplanten RWBA dadurch schwer kontrollierbar wird. Bei der Vorbemessung dieser Variante werden im Folgenden nur die Teilflächen des EZG 30003 mit einbezogen. Auch hier könnte über das EZG 30003 hinaus ein weiterer Bereich des Krohnstiegs an die Anlage mit angeschlossen werden, was demensprechend zu einer Vergrößerung der Anlage führen würde.</p> <p>(Weitere Ausführungen zur Maßnahme s. Bericht)</p> |  | <p>Besonderheiten/ Anmerkungen</p> <p>Nördlich der Fläche befindet sich ein Spielplatz, auf der Fläche selbst ist derzeit eine Wiese/ Parkfläche vorhanden. Aufgrund der Nähe zu dem Spielplatz sind entsprechende Sicherheitsvorkehrungen zur Gefahrenabwehr vorzusehen (z.B. Einfriedung der Anlage).</p> <p>Zur Schaffung von Retentionsraum wird vorgeschlagen, das RHB Krohnstieg vom Bornbach durch eine Verwallung zu trennen (vgl. Maßnahme M3a des PEP).</p> |

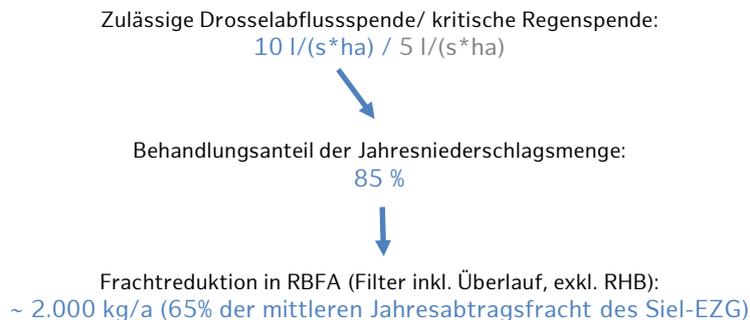


Vorbemessung (nach DWA-A 178)

| | |
|--|--|
| Benötigte Filterfläche A_F 86m ² | Gewählte kritische Regenspende r_{krit} 5 l/(s*ha) Behandlungsanteil 73 % |
| Drosselabfluss des Filters $Q_{Dr,RBF}$ 4,3 l/s | Erforderliches Volumen des RBF (bei r_{krit}) $V_{S,U}$ 160 m ³ Dauerstufe 60 min |
| Volumen der Vorstufe $V_{Vorstufe}$ 4,13 m ³ | Vorhandenes Volumen der RBFA V_{RBFA} 150 m ³ |
| Einstauhöhe h_{RR} 1 m | Geschätzter Flächenbedarf der Anlage (inkl. Böschungen, Unterhaltungsweg, Vorstufe. Exkl. Retention) 500 m ² |
| Höhe der Filterschicht h_{FK} 0,6 m (+0,2 m Drainage) | Ablauf Drainageablauf über Pumpenanlage in RHB Krohnstieg Filterüberlauf im Freigefälle |



Wirksamkeit der Anlage



Retention (nach DWA-A 117)

30 jährliches Regenereignis

Relevante Dauerstufe
60 min

Erforderliches Volumen V_{erf}
3.150 m³ (für gesamtes EZG)

Vorhandenes/ Geplantes Volumen V_{vorh}/V_{plan}
22.800 m³ RHB Krohnstieg (IST-Zustand)
+ 150 m³ (durch RBF)

Lösung
Ausreichend Retentionsraum in RHB Krohnstieg vorhanden, vor allem bei Abtrennung des RHB vom Bornbach (Maßnahme M3a PEP)



Weiterer Untersuchungsbedarf

- Nachweisführung für die Bemessung des RBF nach DWA-A 178 mit Langzeitsimulation
- Gewässerbezogener Immissionsnachweis anhand des N-A Transportmodells (in Kombination mit andern Maßnahmenvorschlägen)
- Prüfung auf Fremdwasserzuflüsse im Siel
- Überprüfung der Grundwasserverhältnisse und Auftriebssicherheit
- Berücksichtigung der im PEP vorgeschlagenen Maßnahme zur Abtrennung des RHB Krohnstieg

Gewässerbezogene Regenwasserstudie Bornbach

Anhang F: Maßnahmen - Kostentabelle

Maßnahmenvorschlag A

1. Basisangaben - Sedimentationsrohr mit Filtration

| | | |
|-------------------------------------|------|----------|
| Stofflicher Wirkungsgrad der Anlage | 85 | % |
| Hydraulischer Wirkungsgrad | 90 | % |
| Gesamtwirkungsgrad der Anlage | 76,5 | % |
| Anfallende Menge AFS63 pro Jahr | 460 | kg AFS63 |
| Jährliche entfernte Menge AFS63 | 352 | kg AFS63 |

| | | |
|--|-----------------|-----|
| Anzahl d. geplanten Sedimentationsrohre: | 2 | [-] |
| Durchschnittl. Anzahl Schächte je Sedimentationsrohr: | 2 | [-] |
| Durchschnittl. Anzahl Filtersysteme je Sedimentationsrohr: | 1 | [-] |
| Durchschnittl. Anzahl Schlammfänge je Sedimentationsrohr: | 1 | [-] |
| Länge Zu- und Ablaufsystem: | 270 | m |
| Zwillings- / Drillingsschächte: | Zwillingschacht | [-] |

| | | |
|--|-----------------------|---------------|
| Investitions- und Reinvestitionskosten: | | Nutzungsdauer |
| Investitionskosten je Sedimentationsrohr: | 48 000 €/Stück netto | 50a |
| Neuerlegung Rohrleitung | 135 000 €/Stück netto | 50a |
| Investitionskosten gesamt: | 379 995 € netto | |

Laufende Kosten:

| | |
|--|---------------|
| Reinigung d. Zu- & Ablaufsystems: | 540 € netto |
| Reinigung und Inspektion der Schachtbauwerke (einschl. Entsorgung) (Jahr 1): | 500 € netto |
| Wartung der Filtersysteme (alle 3 Jahre): | 550 € netto |
| Austausch Filtersystem, Reinigung und Inspektion (alle 5 Jahre): | 750 € netto |
| Entleerung Schlammfänge (alle 3 Jahre): | 250 € netto |
| Dokumentation und Rufbereitschaft (pauschal pro Jahr): | 600 € netto |
| Jährliche Betriebskosten (ohne Schlammfänge und Filter): | 2 740 € netto |

Kommentar: Quelle

| | |
|---|--|
| | |
| | |
| | |
| Jährliche Fracht von den Straßenflächen, die behandelt werden sollen. | |
| | |

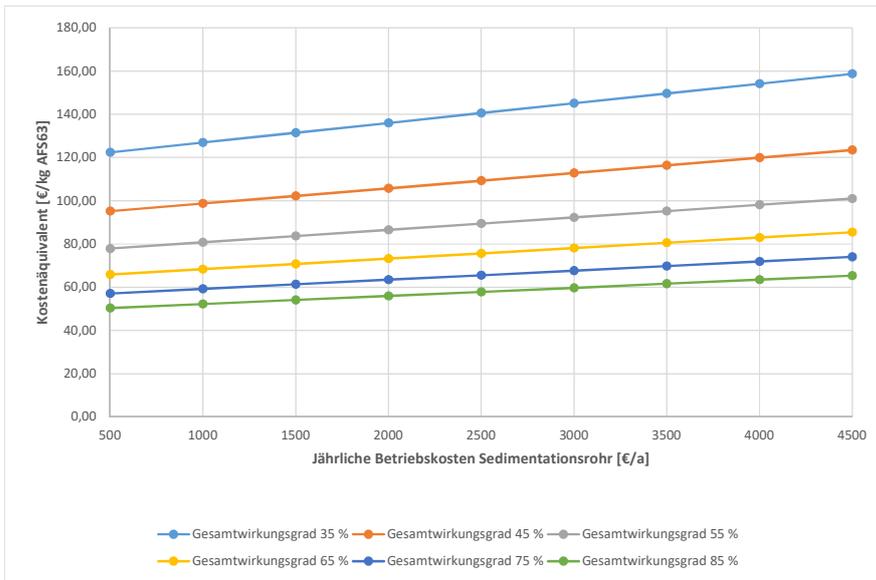
| | |
|---|--|
| Ergibt sich aus der anschließbaren Fläche pro Anlage durch die insgesamt zu behandelnde Straßenfläche | |
| Wenn eine Filtereinheit vorhanden ist (z.B. SediSubtrator) muss das hier entsprechend ergänzt werden. | |
| Länge Straße - Länge Sedimentationsrohre | |

| | |
|--|------|
| Preis bei Hersteller erfragen + 500 €/m für Verlegung (Länge Straße - Länge Sedimentationsrohre) x 500 €/m für Leitung (x 50 % wenn im Zuge von Grundinstandsetzung) | |
| Die Angabe beinhaltet 17,5 % Kostenvarianz gem. Dienstanweisung für die Aufstellung von Kostenunterlagen für Ingenieurbaumaßnahmen (LSBG 2014) sowie Baunebenkosten inkl. Honorar in Höhe von 40 % | LSBG |

| | |
|--|--|
| | |
| Kosten für Filtersysteme sind in der Kalkulation PKBW enthalten (muss bei Sedimentationsrohr ohne Filtersystem auf 0 gesetzt werden) | |
| Entleerung Schlammfänge ist in der Kalkulation PKBW enthalten | |

Sensitivitätsanalyse

| Jährliche Betriebskosten je Sedimentationsrohr [€/a] | Kostenäquivalent | Gesamtwirkungsgrad Sedimentationsrohr | | | | | | | | | | |
|--|------------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 65 €/kgAFS63 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 |
| 500 | | 122,40 | 107,10 | 95,20 | 85,68 | 77,89 | 71,40 | 65,91 | 61,20 | 57,12 | 53,55 | 50,40 |
| 1000 | | 126,94 | 111,07 | 98,73 | 88,86 | 80,78 | 74,05 | 68,35 | 63,47 | 59,24 | 55,54 | 52,27 |
| 1500 | | 131,48 | 115,04 | 102,26 | 92,03 | 83,67 | 76,70 | 70,80 | 65,74 | 61,36 | 57,52 | 54,14 |
| 2000 | | 136,02 | 119,02 | 105,79 | 95,21 | 86,56 | 79,34 | 73,24 | 68,01 | 63,47 | 59,51 | 56,01 |
| 2500 | | 140,56 | 122,99 | 109,32 | 98,39 | 89,45 | 81,99 | 75,69 | 70,28 | 65,59 | 61,49 | 57,88 |
| 3000 | | 145,10 | 126,96 | 112,85 | 101,57 | 92,34 | 84,64 | 78,13 | 72,55 | 67,71 | 63,48 | 59,75 |
| 3500 | | 149,64 | 130,93 | 116,39 | 104,75 | 95,22 | 87,29 | 80,57 | 74,82 | 69,83 | 65,47 | 61,62 |
| 4000 | | 154,18 | 134,91 | 119,92 | 107,92 | 98,11 | 89,94 | 83,02 | 77,09 | 71,95 | 67,45 | 63,49 |
| 4500 | | 158,72 | 138,88 | 123,45 | 111,10 | 101,00 | 92,59 | 85,46 | 79,36 | 74,07 | 69,44 | 65,35 |

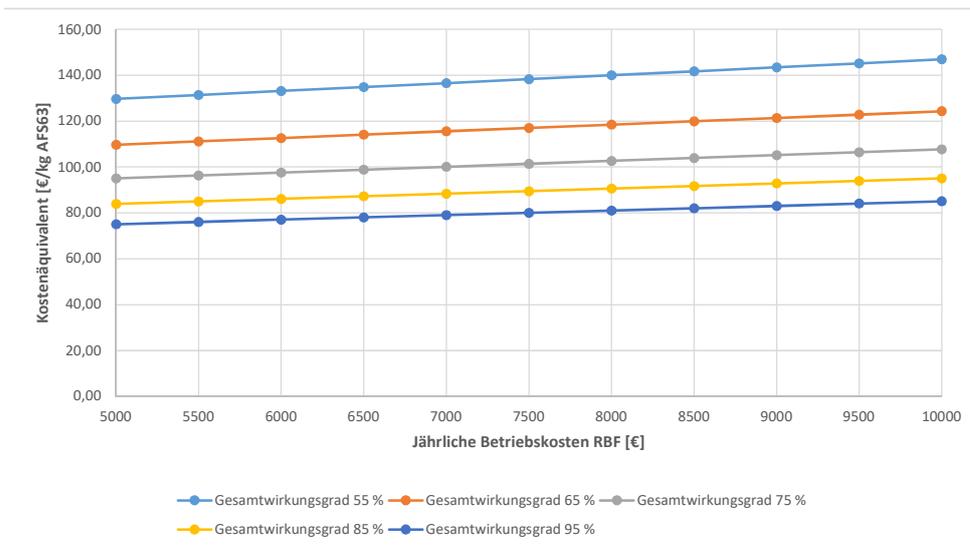


2. Kalkulation Projektkostenbarwert

| Jahr [-] | Investitionskosten [€] | Laufende Kosten [€/a] | Wartung Filter/Schlammfänge [€/a] | Laufende Kosten Barwert [€] | Projektkostenbarwert [€] | Jahreskosten Gesamt [€/a] |
|----------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 0 | 379 995 € | - | - | - | 379 995 € | - |
| 1 | 0 € | 2 795 € | 0 € | 2 681 € | 2 681 € | - |
| 2 | 0 € | 2 851 € | 0 € | 2 623 € | 2 623 € | - |
| 3 | 0 € | 2 908 € | 849 € | 3 316 € | 3 316 € | - |
| 4 | 0 € | 2 966 € | 0 € | 2 511 € | 2 511 € | - |
| 5 | 0 € | 3 025 € | 828 € | 3 129 € | 3 129 € | - |
| 6 | 0 € | 3 086 € | 901 € | 3 106 € | 3 106 € | - |
| 7 | 0 € | 3 147 € | 0 € | 2 352 € | 2 352 € | - |
| 8 | 0 € | 3 210 € | 0 € | 2 301 € | 2 301 € | - |
| 9 | 0 € | 3 275 € | 956 € | 2 909 € | 2 909 € | - |
| 10 | 0 € | 3 340 € | 914 € | 2 806 € | 2 806 € | - |
| 11 | 0 € | 3 407 € | 0 € | 2 155 € | 2 155 € | - |
| 12 | 0 € | 3 475 € | 1 015 € | 2 725 € | 2 725 € | - |
| 13 | 0 € | 3 544 € | 0 € | 2 063 € | 2 063 € | - |
| 14 | 0 € | 3 615 € | 0 € | 2 019 € | 2 019 € | - |
| 15 | 0 € | 3 688 € | 2 086 € | 3 093 € | 3 093 € | - |
| 16 | 0 € | 3 761 € | 0 € | 1 933 € | 1 933 € | - |
| 17 | 0 € | 3 837 € | 0 € | 1 891 € | 1 891 € | - |
| 18 | 0 € | 3 913 € | 1 143 € | 2 390 € | 2 390 € | - |
| 19 | 0 € | 3 992 € | 0 € | 1 810 € | 1 810 € | - |
| 20 | 0 € | 4 071 € | 1 114 € | 2 256 € | 2 256 € | - |
| 21 | 0 € | 4 153 € | 0 € | 1 733 € | 1 733 € | - |
| 22 | 0 € | 4 236 € | 0 € | 1 695 € | 1 695 € | - |
| 23 | 0 € | 4 321 € | 0 € | 1 659 € | 1 659 € | - |
| 24 | 0 € | 4 407 € | 1 287 € | 2 097 € | 2 097 € | - |
| 25 | 0 € | 4 495 € | 0 € | 1 588 € | 1 588 € | - |
| 26 | 0 € | 4 585 € | 0 € | 1 554 € | 1 554 € | - |
| 27 | 0 € | 4 677 € | 1 366 € | 1 964 € | 1 964 € | - |
| 28 | 0 € | 4 770 € | 0 € | 1 487 € | 1 487 € | - |
| 29 | 0 € | 4 866 € | 0 € | 1 455 € | 1 455 € | - |
| 30 | 0 € | 4 963 € | 2 808 € | 2 229 € | 2 229 € | - |
| 31 | 0 € | 5 062 € | 0 € | 1 393 € | 1 393 € | - |
| 32 | 0 € | 5 164 € | 0 € | 1 363 € | 1 363 € | - |
| 33 | 0 € | 5 267 € | 1 538 € | 1 723 € | 1 723 € | - |
| 34 | 0 € | 5 372 € | 0 € | 1 305 € | 1 305 € | - |
| 35 | 0 € | 5 480 € | 1 500 € | 1 626 € | 1 626 € | - |
| 36 | 0 € | 5 589 € | 1 632 € | 1 614 € | 1 614 € | - |
| 37 | 0 € | 5 701 € | 0 € | 1 222 € | 1 222 € | - |
| 38 | 0 € | 5 815 € | 0 € | 1 196 € | 1 196 € | - |
| 39 | 0 € | 5 931 € | 1 732 € | 1 512 € | 1 512 € | - |
| 40 | 0 € | 6 050 € | 1 656 € | 1 458 € | 1 458 € | - |
| 41 | 0 € | 6 171 € | 0 € | 1 120 € | 1 120 € | - |
| 42 | 0 € | 6 294 € | 1 838 € | 1 416 € | 1 416 € | - |
| 43 | 0 € | 6 420 € | 0 € | 1 072 € | 1 072 € | - |
| 44 | 0 € | 6 549 € | 0 € | 1 049 € | 1 049 € | - |
| 45 | 0 € | 6 680 € | 1 828 € | 1 307 € | 1 307 € | - |
| 46 | 0 € | 6 813 € | 0 € | 1 004 € | 1 004 € | - |
| 47 | 0 € | 6 950 € | 0 € | 983 € | 983 € | - |
| 48 | 0 € | 7 089 € | 2 070 € | 1 242 € | 1 242 € | - |
| 49 | 0 € | 7 230 € | 0 € | 941 € | 941 € | - |
| 50 | 0 € | 7 375 € | 2 019 € | 1 172 € | 1 172 € | - |
| | | | | Gesamt: | 473 243 € | 22 981 € |

Sensitivitätsanalyse

| Kostenäquivalent (netto) 83 €/kgAFS63 | Gesamtwirkungsgrad Retentionsbodenfilter | | | | | | | | | |
|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 |
| 5000 | 142,63 | 129,67 | 118,86 | 109,72 | 101,88 | 95,09 | 89,15 | 83,90 | 79,24 | 75,07 |
| 5500 | 144,53 | 131,39 | 120,44 | 111,18 | 103,24 | 96,36 | 90,33 | 85,02 | 80,30 | 76,07 |
| 6000 | 146,43 | 133,12 | 122,03 | 112,64 | 104,59 | 97,62 | 91,52 | 86,14 | 81,35 | 77,07 |
| 6500 | 148,33 | 134,85 | 123,61 | 114,10 | 105,95 | 98,89 | 92,71 | 87,25 | 82,41 | 78,07 |
| 7000 | 150,23 | 136,57 | 125,19 | 115,56 | 107,31 | 100,15 | 93,89 | 88,37 | 83,46 | 79,07 |
| 7500 | 152,13 | 138,30 | 126,77 | 117,02 | 108,66 | 101,42 | 95,08 | 89,49 | 84,52 | 80,07 |
| 8000 | 154,03 | 140,02 | 128,36 | 118,48 | 110,02 | 102,68 | 96,27 | 90,60 | 85,57 | 81,07 |
| 8500 | 155,92 | 141,75 | 129,94 | 119,94 | 111,37 | 103,95 | 97,45 | 91,72 | 86,62 | 82,07 |
| 9000 | 157,82 | 143,48 | 131,52 | 121,40 | 112,73 | 105,22 | 98,64 | 92,84 | 87,68 | 83,07 |
| 9500 | 159,72 | 145,20 | 133,10 | 122,86 | 114,09 | 106,48 | 99,83 | 93,95 | 88,73 | 84,06 |
| 10000 | 161,62 | 146,93 | 134,68 | 124,32 | 115,44 | 107,75 | 101,01 | 95,07 | 89,79 | 85,06 |

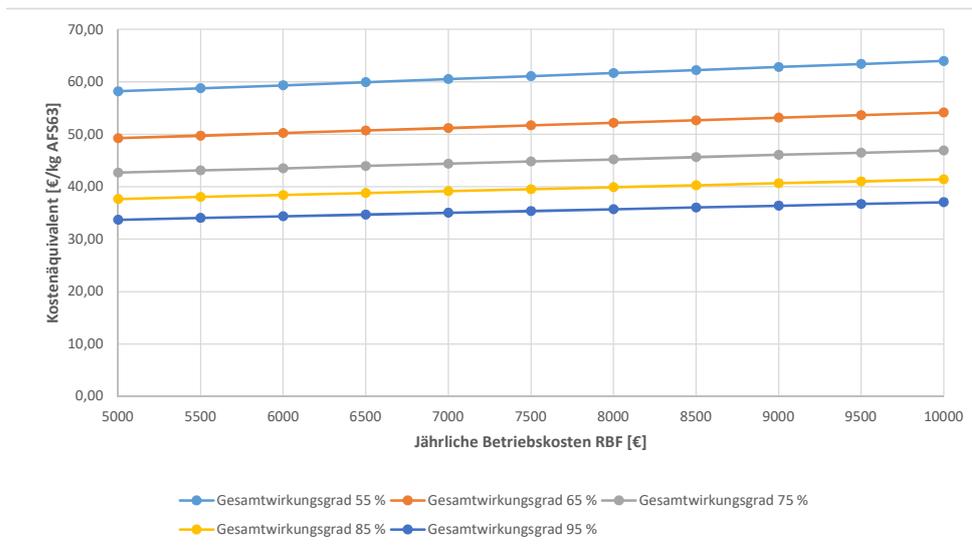


2. Kalkulation Projektkostenbarwert

| Jahr [-] | Investitionskosten [€] netto | Laufende Kosten [€/a] netto | Betriebskosten PW(e) [€/a] netto | Laufende Kosten Barwert [€] netto | Projektkostenbarwert [€] netto | Jahreskosten Gesamt [€/a] netto |
|----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 503 980 € | - | - | - | 503 980 € | - |
| 1 | 0 € | 9 078 € | 5 406 € | 13 894 € | 13 894 € | - |
| 2 | 0 € | 9 260 € | 5 514 € | 13 594 € | 13 594 € | - |
| 3 | 0 € | 9 445 € | 5 624 € | 13 300 € | 13 300 € | - |
| 4 | 0 € | 9 634 € | 5 737 € | 13 013 € | 13 013 € | - |
| 5 | 0 € | 9 826 € | 5 852 € | 12 732 € | 12 732 € | - |
| 6 | 0 € | 10 023 € | 5 969 € | 12 458 € | 12 458 € | - |
| 7 | 0 € | 10 223 € | 6 088 € | 12 189 € | 12 189 € | - |
| 8 | 0 € | 10 428 € | 6 210 € | 11 926 € | 11 926 € | - |
| 9 | 0 € | 10 636 € | 6 334 € | 11 668 € | 11 668 € | - |
| 10 | 0 € | 13 897 € | 6 461 € | 13 426 € | 13 426 € | - |
| 11 | 0 € | 11 066 € | 6 590 € | 11 170 € | 11 170 € | - |
| 12 | 0 € | 11 287 € | 6 722 € | 10 929 € | 10 929 € | - |
| 13 | 64 043 € | 11 513 € | 6 856 € | 10 693 € | 47 974 € | - |
| 14 | 0 € | 11 743 € | 6 993 € | 10 462 € | 10 462 € | - |
| 15 | 0 € | 11 978 € | 7 133 € | 10 236 € | 10 236 € | - |
| 16 | 0 € | 12 218 € | 7 276 € | 10 016 € | 10 016 € | - |
| 17 | 0 € | 12 462 € | 7 421 € | 9 799 € | 9 799 € | - |
| 18 | 0 € | 12 711 € | 7 570 € | 9 588 € | 9 588 € | - |
| 19 | 0 € | 12 966 € | 7 721 € | 9 381 € | 9 381 € | - |
| 20 | 371 487 € | 16 940 € | 7 876 € | 10 794 € | 172 387 € | - |
| 21 | 0 € | 13 489 € | 8 033 € | 8 980 € | 8 980 € | - |
| 22 | 0 € | 13 759 € | 8 194 € | 8 787 € | 8 787 € | - |
| 23 | 0 € | 14 034 € | 8 358 € | 8 597 € | 8 597 € | - |
| 24 | 0 € | 14 315 € | 8 525 € | 8 411 € | 8 411 € | - |
| 25 | 107 870 € | 14 601 € | 8 695 € | 8 230 € | 46 336 € | - |
| 26 | 0 € | 14 893 € | 8 869 € | 8 052 € | 8 052 € | - |
| 27 | 0 € | 15 191 € | 9 046 € | 7 878 € | 7 878 € | - |
| 28 | 0 € | 15 495 € | 9 227 € | 7 708 € | 7 708 € | - |
| 29 | 0 € | 15 805 € | 9 412 € | 7 542 € | 7 542 € | - |
| 30 | 0 € | 20 650 € | 9 600 € | 8 678 € | 8 678 € | - |
| 31 | 0 € | 16 444 € | 9 792 € | 7 220 € | 7 220 € | - |
| 32 | 0 € | 16 772 € | 9 988 € | 7 064 € | 7 064 € | - |
| 33 | 0 € | 17 108 € | 10 188 € | 6 912 € | 6 912 € | - |
| 34 | 0 € | 17 450 € | 10 392 € | 6 763 € | 6 763 € | - |
| 35 | 0 € | 17 799 € | 10 599 € | 6 617 € | 6 617 € | - |
| 36 | 0 € | 18 155 € | 10 811 € | 6 474 € | 6 474 € | - |
| 37 | 0 € | 18 518 € | 11 028 € | 6 334 € | 6 334 € | - |
| 38 | 105 069 € | 18 888 € | 11 248 € | 6 197 € | 27 804 € | - |
| 39 | 0 € | 19 266 € | 11 473 € | 6 064 € | 6 064 € | - |
| 40 | 276 005 € | 25 172 € | 11 703 € | 6 977 € | 59 202 € | - |
| 41 | 0 € | 20 045 € | 11 937 € | 5 805 € | 5 805 € | - |
| 42 | 0 € | 20 445 € | 12 175 € | 5 679 € | 5 679 € | - |
| 43 | 0 € | 20 854 € | 12 419 € | 5 557 € | 5 557 € | - |
| 44 | 0 € | 21 271 € | 12 667 € | 5 437 € | 5 437 € | - |
| 45 | 0 € | 21 697 € | 12 921 € | 5 320 € | 5 320 € | - |
| 46 | 0 € | 22 131 € | 13 179 € | 5 205 € | 5 205 € | - |
| 47 | 0 € | 22 573 € | 13 443 € | 5 092 € | 5 092 € | - |
| 48 | 0 € | 23 025 € | 13 711 € | 4 982 € | 4 982 € | - |
| 49 | 0 € | 23 485 € | 13 986 € | 4 875 € | 4 875 € | - |
| 50 | 0 € | 23 955 € | 14 265 € | 4 770 € | 4 770 € | - |
| Gesamt: | | | | | 1 248 266 € | 60 616 € |

Sensitivitätsanalyse

| Kostenäquivalent (netto) 50 €/kgAFS63 | Gesamtwirkungsgrad Retentionsbodenfilter | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | |
| Laufende Kosten (RBF) (netto) | 5000 | 64,01 | 58,19 | 53,34 | 49,24 | 45,72 | 42,67 | 40,01 | 37,65 | 35,56 | 33,69 |
| | 5500 | 64,64 | 58,77 | 53,87 | 49,73 | 46,17 | 43,10 | 40,40 | 38,03 | 35,91 | 34,02 |
| | 6000 | 65,28 | 59,35 | 54,40 | 50,22 | 46,63 | 43,52 | 40,80 | 38,40 | 36,27 | 34,36 |
| | 6500 | 65,92 | 59,92 | 54,93 | 50,70 | 47,08 | 43,94 | 41,20 | 38,77 | 36,62 | 34,69 |
| | 7000 | 66,55 | 60,50 | 55,46 | 51,19 | 47,54 | 44,37 | 41,59 | 39,15 | 36,97 | 35,03 |
| | 7500 | 67,19 | 61,08 | 55,99 | 51,68 | 47,99 | 44,79 | 41,99 | 39,52 | 37,33 | 35,36 |
| | 8000 | 67,82 | 61,66 | 56,52 | 52,17 | 48,44 | 45,22 | 42,39 | 39,90 | 37,68 | 35,70 |
| | 8500 | 68,46 | 62,23 | 57,05 | 52,66 | 48,90 | 45,64 | 42,79 | 40,27 | 38,03 | 36,03 |
| | 9000 | 69,09 | 62,81 | 57,58 | 53,15 | 49,35 | 46,06 | 43,18 | 40,64 | 38,39 | 36,37 |
| | 9500 | 69,73 | 63,39 | 58,11 | 53,64 | 49,81 | 46,49 | 43,58 | 41,02 | 38,74 | 36,70 |
| | 10000 | 70,37 | 63,97 | 58,64 | 54,13 | 50,26 | 46,91 | 43,98 | 41,39 | 39,09 | 37,03 |



2. Kalkulation Projektkostenbarwert

| Jahr [-] | Investitionskosten [€] netto | Laufende Kosten [€/a] netto | Betriebskosten PW(e) [€/a] netto | Laufende Kosten Barwert [€] netto | Projektkostenbarwert [€] netto | Jahreskosten Gesamt [€/a] netto |
|----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 876 408 € | - | - | - | 876 408 € | - |
| 1 | 0 € | 9 445 € | 5 406 € | 14 246 € | 14 246 € | - |
| 2 | 0 € | 9 634 € | 5 514 € | 13 938 € | 13 938 € | - |
| 3 | 0 € | 9 827 € | 5 624 € | 13 637 € | 13 637 € | - |
| 4 | 0 € | 10 023 € | 5 737 € | 13 343 € | 13 343 € | - |
| 5 | 0 € | 10 224 € | 5 852 € | 13 055 € | 13 055 € | - |
| 6 | 0 € | 10 428 € | 5 969 € | 12 773 € | 12 773 € | - |
| 7 | 0 € | 10 637 € | 6 088 € | 12 498 € | 12 498 € | - |
| 8 | 0 € | 10 850 € | 6 210 € | 12 228 € | 12 228 € | - |
| 9 | 0 € | 11 067 € | 6 334 € | 11 964 € | 11 964 € | - |
| 10 | 0 € | 14 335 € | 6 461 € | 13 716 € | 13 716 € | - |
| 11 | 0 € | 11 514 € | 6 590 € | 11 453 € | 11 453 € | - |
| 12 | 0 € | 11 744 € | 6 722 € | 11 206 € | 11 206 € | - |
| 13 | 64 043 € | 11 979 € | 6 856 € | 10 964 € | 48 245 € | - |
| 14 | 0 € | 12 218 € | 6 993 € | 10 728 € | 10 728 € | - |
| 15 | 0 € | 12 463 € | 7 133 € | 10 496 € | 10 496 € | - |
| 16 | 0 € | 12 712 € | 7 276 € | 10 269 € | 10 269 € | - |
| 17 | 0 € | 12 966 € | 7 421 € | 10 048 € | 10 048 € | - |
| 18 | 0 € | 13 226 € | 7 570 € | 9 831 € | 9 831 € | - |
| 19 | 0 € | 13 490 € | 7 721 € | 9 619 € | 9 619 € | - |
| 20 | 371 487 € | 17 475 € | 7 876 € | 11 027 € | 172 620 € | - |
| 21 | 0 € | 14 035 € | 8 033 € | 9 208 € | 9 208 € | - |
| 22 | 0 € | 14 316 € | 8 194 € | 9 009 € | 9 009 € | - |
| 23 | 0 € | 14 602 € | 8 358 € | 8 815 € | 8 815 € | - |
| 24 | 0 € | 14 894 € | 8 525 € | 8 625 € | 8 625 € | - |
| 25 | 143 471 € | 15 192 € | 8 695 € | 8 438 € | 59 122 € | - |
| 26 | 0 € | 15 496 € | 8 869 € | 8 256 € | 8 256 € | - |
| 27 | 0 € | 15 806 € | 9 046 € | 8 078 € | 8 078 € | - |
| 28 | 0 € | 16 122 € | 9 227 € | 7 904 € | 7 904 € | - |
| 29 | 0 € | 16 444 € | 9 412 € | 7 733 € | 7 733 € | - |
| 30 | 0 € | 21 302 € | 9 600 € | 8 865 € | 8 865 € | - |
| 31 | 0 € | 17 109 € | 9 792 € | 7 403 € | 7 403 € | - |
| 32 | 0 € | 17 451 € | 9 988 € | 7 243 € | 7 243 € | - |
| 33 | 0 € | 17 800 € | 10 188 € | 7 087 € | 7 087 € | - |
| 34 | 0 € | 18 156 € | 10 392 € | 6 934 € | 6 934 € | - |
| 35 | 0 € | 18 519 € | 10 599 € | 6 784 € | 6 784 € | - |
| 36 | 0 € | 18 889 € | 10 811 € | 6 638 € | 6 638 € | - |
| 37 | 0 € | 19 267 € | 11 028 € | 6 495 € | 6 495 € | - |
| 38 | 105 069 € | 19 652 € | 11 248 € | 6 354 € | 27 961 € | - |
| 39 | 0 € | 20 046 € | 11 473 € | 6 217 € | 6 217 € | - |
| 40 | 276 005 € | 25 967 € | 11 703 € | 7 128 € | 59 352 € | - |
| 41 | 0 € | 20 855 € | 11 937 € | 5 952 € | 5 952 € | - |
| 42 | 0 € | 21 272 € | 12 175 € | 5 823 € | 5 823 € | - |
| 43 | 0 € | 21 698 € | 12 419 € | 5 698 € | 5 698 € | - |
| 44 | 0 € | 22 132 € | 12 667 € | 5 575 € | 5 575 € | - |
| 45 | 0 € | 22 575 € | 12 921 € | 5 454 € | 5 454 € | - |
| 46 | 0 € | 23 026 € | 13 179 € | 5 337 € | 5 337 € | - |
| 47 | 0 € | 23 487 € | 13 443 € | 5 221 € | 5 221 € | - |
| 48 | 0 € | 23 956 € | 13 711 € | 5 109 € | 5 109 € | - |
| 49 | 0 € | 24 435 € | 13 986 € | 4 999 € | 4 999 € | - |
| 50 | 0 € | 24 924 € | 14 265 € | 4 891 € | 4 891 € | - |
| Gesamt: | | | | | 1 644 109 € | 79 838 € |

Maßnahmenvorschlag D

1. Basisangaben - Retentionsbodenfilter

| | | |
|-------------------------------------|--------|----------|
| Stofflicher Wirkungsgrad der Anlage | 95 | % |
| Hydraulischer Wirkungsgrad | 55 | % |
| Gesamtwirkungsgrad der Anlage | 52,25 | % |
| Anfallende Menge AFS63 pro Jahr | 16 317 | kg AFS63 |
| Jährliche entfernte Menge AFS63 | 8 526 | kg AFS63 |

| | | |
|-----------------------------|-----|----------------|
| Länge Zu- und Ablaufsystem: | 30 | m |
| Größe Filterfläche: | 370 | m ² |

Investitions- und Reinvestitionskosten:

| | | Nutzungsdauer |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------|
| Investitionskosten (Baukörper): | 1 363 705 € netto | 50a |
| Maschinenteile: | 250 000 € netto | 20a |
| Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik: | 50 000 € netto | 12,5a |
| Gesamt: | 1 663 705 € netto | |
| Erneuerung Schilf/Filterbett: | 129 500 € | 25 a |

Laufende Kosten:

| | | |
|--|------------------------------|------------|
| Vorstufe (Geschiebeschacht): Kontrolle und Wartung | 500 € netto | |
| Filterfläche (Kontrolle und Wartung): | 8 000 € netto | |
| Wartung Drainagesystem (alle 10 Jahre): | 2 500 € netto | |
| Reinigung Zu- und Abläufe: | 2,00 €/lfm | 60 € netto |
| Zusätzliche jährliche Wartungskosten: | 300 € netto | |
| Gesamt: | 8 860 € netto | |
| Laufende Kosten pro m² Filterfläche: | 23,95 €/m² | |
| Erneuerung des Schilfs: | 11 100 € netto | 25 a |

PW:

| Schachtpumpwerke | | | |
|--|--|------------|--------------------|
| Jahresförderleistung [in m ³] | €/(PW*a) einschl. Energiekosten (netto) | Anzahl-PW: | Kosten/a: netto |
| ≤ 10.000 | 3 700 € | 0 | - € |
| > 10.000 ≤ 50.000 | 5 300 € | 0 | - € |
| > 50.000 ≤ 150.000 | 10 100 € | 0 | - € |
| > 150.000 | 25 600 € | 1 | 25 600 € |
| Summe Kosten/a: | | | 25 600 € |

Kommentar:

Quelle

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Abschätzung Investitionskosten RBF:

| | |
|---|--------------------|
| Speichervolumen: | 560 m ³ |
| Geschätzte Investitionskosten ohne PW:* | 329 280 € |
| Kostenstand: 2015 | |

Grundlage für die Kostenberechnung sind Erfahrungswerte aus vergleichbaren Projekten. Die Angabe beinhaltet 17,5 % Kostenvarianz gem. Dienstanweisung für die Aufstellung von Kostenunterlagen für Ingenieurbaumaßnahmen (LSBG 2014) sowie Baunebenkosten inkl. Honorar in Höhe von 40 %

LSBG

Annahme: 350€/m2

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

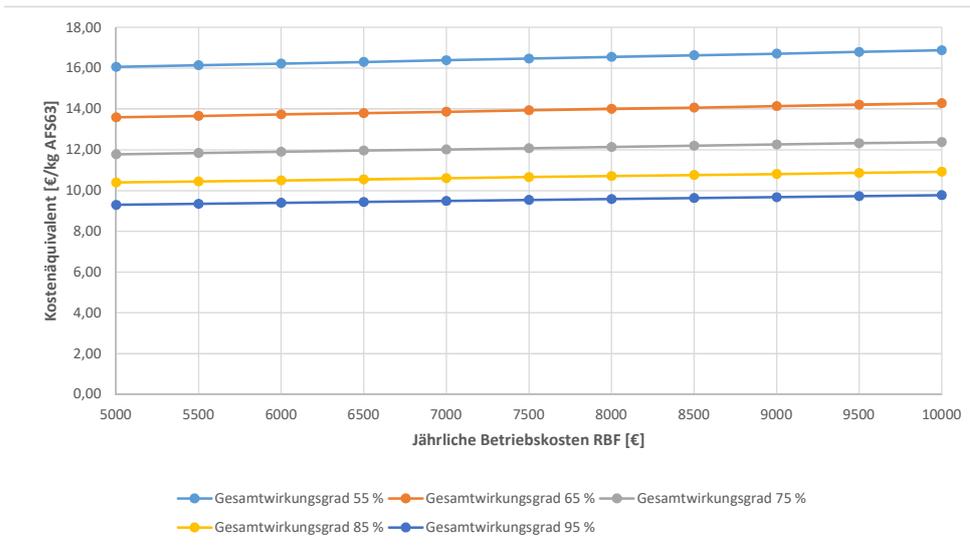
Annahme: 30€/m2

Grobe Abschätzung über Jahresniederschläge

LSBG

Sensitivitätsanalyse

| Kostenäquivalent (netto) 18 €/kgAFS63 | Gesamtwirkungsgrad Retentionsbodenfilter | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | |
| Laufende Kosten (RBF) (netto) | 5000 | 17,66 | 16,06 | 14,72 | 13,59 | 12,62 | 11,78 | 11,04 | 10,39 | 9,81 | 9,30 |
| | 5500 | 17,75 | 16,14 | 14,79 | 13,66 | 12,68 | 11,84 | 11,10 | 10,44 | 9,86 | 9,34 |
| | 6000 | 17,84 | 16,22 | 14,87 | 13,73 | 12,74 | 11,90 | 11,15 | 10,50 | 9,91 | 9,39 |
| | 6500 | 17,93 | 16,30 | 14,94 | 13,79 | 12,81 | 11,96 | 11,21 | 10,55 | 9,96 | 9,44 |
| | 7000 | 18,02 | 16,38 | 15,02 | 13,86 | 12,87 | 12,01 | 11,26 | 10,60 | 10,01 | 9,49 |
| | 7500 | 18,11 | 16,47 | 15,09 | 13,93 | 12,94 | 12,07 | 11,32 | 10,65 | 10,06 | 9,53 |
| | 8000 | 18,20 | 16,55 | 15,17 | 14,00 | 13,00 | 12,13 | 11,38 | 10,71 | 10,11 | 9,58 |
| | 8500 | 18,29 | 16,63 | 15,24 | 14,07 | 13,06 | 12,19 | 11,43 | 10,76 | 10,16 | 9,63 |
| | 9000 | 18,38 | 16,71 | 15,32 | 14,14 | 13,13 | 12,25 | 11,49 | 10,81 | 10,21 | 9,67 |
| | 9500 | 18,47 | 16,79 | 15,39 | 14,21 | 13,19 | 12,31 | 11,54 | 10,86 | 10,26 | 9,72 |
| | 10000 | 18,56 | 16,87 | 15,47 | 14,28 | 13,26 | 12,37 | 11,60 | 10,92 | 10,31 | 9,77 |



2. Kalkulation Projektkostenbarwert

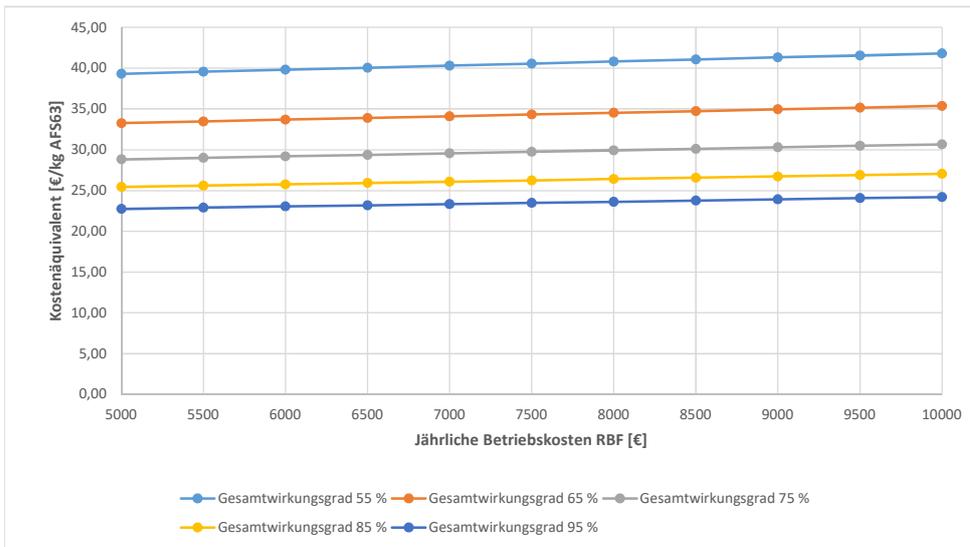
| Jahr [-] | Investitionskosten [€] netto | Laufende Kosten [€/a] netto | Betriebskosten PW(e) [€/a] netto | Laufende Kosten Barwert [€] netto | Projektkostenbarwert [€] netto | Jahreskosten Gesamt [€/a] netto |
|----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 1 663 705 € | - | - | - | 1 663 705 € | - |
| 1 | 0 € | 9 037 € | 26 112 € | 33 716 € | 33 716 € | - |
| 2 | 0 € | 9 218 € | 26 634 € | 32 989 € | 32 989 € | - |
| 3 | 0 € | 9 402 € | 27 167 € | 32 277 € | 32 277 € | - |
| 4 | 0 € | 9 590 € | 27 710 € | 31 580 € | 31 580 € | - |
| 5 | 0 € | 9 782 € | 28 264 € | 30 898 € | 30 898 € | - |
| 6 | 0 € | 9 978 € | 28 830 € | 30 232 € | 30 232 € | - |
| 7 | 0 € | 10 177 € | 29 406 € | 29 579 € | 29 579 € | - |
| 8 | 0 € | 10 381 € | 29 994 € | 28 941 € | 28 941 € | - |
| 9 | 0 € | 10 589 € | 30 594 € | 28 316 € | 28 316 € | - |
| 10 | 0 € | 13 848 € | 31 206 € | 29 715 € | 29 715 € | - |
| 11 | 0 € | 11 016 € | 31 830 € | 27 107 € | 27 107 € | - |
| 12 | 0 € | 11 237 € | 32 467 € | 26 522 € | 26 522 € | - |
| 13 | 64 043 € | 11 461 € | 33 116 € | 25 949 € | 63 230 € | - |
| 14 | 0 € | 11 691 € | 33 779 € | 25 389 € | 25 389 € | - |
| 15 | 0 € | 11 924 € | 34 454 € | 24 841 € | 24 841 € | - |
| 16 | 0 € | 12 163 € | 35 143 € | 24 305 € | 24 305 € | - |
| 17 | 0 € | 12 406 € | 35 846 € | 23 781 € | 23 781 € | - |
| 18 | 0 € | 12 654 € | 36 563 € | 23 267 € | 23 267 € | - |
| 19 | 0 € | 12 907 € | 37 294 € | 22 765 € | 22 765 € | - |
| 20 | 371 487 € | 16 880 € | 38 040 € | 23 890 € | 185 483 € | - |
| 21 | 0 € | 13 429 € | 38 801 € | 21 793 € | 21 793 € | - |
| 22 | 0 € | 13 697 € | 39 577 € | 21 323 € | 21 323 € | - |
| 23 | 0 € | 13 971 € | 40 369 € | 20 863 € | 20 863 € | - |
| 24 | 0 € | 14 251 € | 41 176 € | 20 412 € | 20 412 € | - |
| 25 | 294 489 € | 14 536 € | 42 000 € | 19 972 € | 124 004 € | - |
| 26 | 0 € | 14 826 € | 42 840 € | 19 541 € | 19 541 € | - |
| 27 | 0 € | 15 123 € | 43 696 € | 19 119 € | 19 119 € | - |
| 28 | 0 € | 15 425 € | 44 570 € | 18 706 € | 18 706 € | - |
| 29 | 0 € | 15 734 € | 45 462 € | 18 303 € | 18 303 € | - |
| 30 | 0 € | 20 577 € | 46 371 € | 19 207 € | 19 207 € | - |
| 31 | 0 € | 16 370 € | 47 298 € | 17 521 € | 17 521 € | - |
| 32 | 0 € | 16 697 € | 48 244 € | 17 143 € | 17 143 € | - |
| 33 | 0 € | 17 031 € | 49 209 € | 16 773 € | 16 773 € | - |
| 34 | 0 € | 17 372 € | 50 193 € | 16 411 € | 16 411 € | - |
| 35 | 0 € | 17 719 € | 51 197 € | 16 057 € | 16 057 € | - |
| 36 | 0 € | 18 073 € | 52 221 € | 15 710 € | 15 710 € | - |
| 37 | 0 € | 18 435 € | 53 266 € | 15 371 € | 15 371 € | - |
| 38 | 105 069 € | 18 804 € | 54 331 € | 15 039 € | 36 646 € | - |
| 39 | 0 € | 19 180 € | 55 417 € | 14 715 € | 14 715 € | - |
| 40 | 276 005 € | 25 083 € | 56 526 € | 15 442 € | 67 666 € | - |
| 41 | 0 € | 19 954 € | 57 656 € | 14 087 € | 14 087 € | - |
| 42 | 0 € | 20 354 € | 58 809 € | 13 782 € | 13 782 € | - |
| 43 | 0 € | 20 761 € | 59 986 € | 13 485 € | 13 485 € | - |
| 44 | 0 € | 21 176 € | 61 185 € | 13 194 € | 13 194 € | - |
| 45 | 0 € | 21 599 € | 62 409 € | 12 909 € | 12 909 € | - |
| 46 | 0 € | 22 031 € | 63 657 € | 12 631 € | 12 631 € | - |
| 47 | 0 € | 22 472 € | 64 930 € | 12 358 € | 12 358 € | - |
| 48 | 0 € | 22 921 € | 66 229 € | 12 091 € | 12 091 € | - |
| 49 | 0 € | 23 380 € | 67 554 € | 11 830 € | 11 830 € | - |
| 50 | 0 € | 23 847 € | 68 905 € | 11 575 € | 11 575 € | - |
| Gesamt: | | | | | 3 083 865 € | 149 753 € |

2. Kalkulation Projektkostenbarwert

| Jahr [-] | Investitions- kosten [€] netto | Laufende Kosten [€/a] netto | Entschlammung [€/a] netto | Laufende Kosten Barwert [€] netto | Projektkosten- barwert [€] netto | Jahreskosten Gesamt [€/a] netto |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| 0 | 2 900 000 € | - | - | - | 2 900 000 € | - |
| 1 | 0 € | 12 852 € | 0 € | 12 328 € | 12 328 € | - |
| 2 | 0 € | 13 109 € | 0 € | 12 062 € | 12 062 € | - |
| 3 | 0 € | 13 371 € | 0 € | 11 802 € | 11 802 € | - |
| 4 | 0 € | 13 639 € | 0 € | 11 547 € | 11 547 € | - |
| 5 | 0 € | 13 911 € | 0 € | 11 298 € | 11 298 € | - |
| 6 | 0 € | 14 190 € | 0 € | 11 054 € | 11 054 € | - |
| 7 | 0 € | 14 473 € | 0 € | 10 815 € | 10 815 € | - |
| 8 | 0 € | 14 763 € | 0 € | 10 582 € | 10 582 € | - |
| 9 | 0 € | 15 058 € | 0 € | 10 354 € | 10 354 € | - |
| 10 | 0 € | 15 359 € | 304 749 € | 211 123 € | 211 123 € | - |
| 11 | 0 € | 15 667 € | 0 € | 9 911 € | 9 911 € | - |
| 12 | 0 € | 15 980 € | 0 € | 9 698 € | 9 698 € | - |
| 13 | 0 € | 16 299 € | 0 € | 9 488 € | 9 488 € | - |
| 14 | 0 € | 16 625 € | 0 € | 9 283 € | 9 283 € | - |
| 15 | 0 € | 16 958 € | 0 € | 9 083 € | 9 083 € | - |
| 16 | 0 € | 17 297 € | 0 € | 8 887 € | 8 887 € | - |
| 17 | 0 € | 17 643 € | 0 € | 8 695 € | 8 695 € | - |
| 18 | 0 € | 17 996 € | 0 € | 8 508 € | 8 508 € | - |
| 19 | 0 € | 18 356 € | 0 € | 8 324 € | 8 324 € | - |
| 20 | 0 € | 18 723 € | 371 487 € | 169 737 € | 169 737 € | - |
| 21 | 0 € | 19 097 € | 0 € | 7 969 € | 7 969 € | - |
| 22 | 0 € | 19 479 € | 0 € | 7 797 € | 7 797 € | - |
| 23 | 0 € | 19 869 € | 0 € | 7 628 € | 7 628 € | - |
| 24 | 0 € | 20 266 € | 0 € | 7 464 € | 7 464 € | - |
| 25 | 0 € | 20 672 € | 0 € | 7 303 € | 7 303 € | - |
| 26 | 0 € | 21 085 € | 0 € | 7 145 € | 7 145 € | - |
| 27 | 0 € | 21 507 € | 0 € | 6 991 € | 6 991 € | - |
| 28 | 0 € | 21 937 € | 0 € | 6 840 € | 6 840 € | - |
| 29 | 0 € | 22 376 € | 0 € | 6 692 € | 6 692 € | - |
| 30 | 0 € | 22 823 € | 452 840 € | 136 464 € | 136 464 € | - |
| 31 | 0 € | 23 280 € | 0 € | 6 406 € | 6 406 € | - |
| 32 | 0 € | 23 745 € | 0 € | 6 268 € | 6 268 € | - |
| 33 | 0 € | 24 220 € | 0 € | 6 133 € | 6 133 € | - |
| 34 | 0 € | 24 705 € | 0 € | 6 001 € | 6 001 € | - |
| 35 | 0 € | 25 199 € | 0 € | 5 871 € | 5 871 € | - |
| 36 | 0 € | 25 703 € | 0 € | 5 744 € | 5 744 € | - |
| 37 | 0 € | 26 217 € | 0 € | 5 620 € | 5 620 € | - |
| 38 | 0 € | 26 741 € | 0 € | 5 499 € | 5 499 € | - |
| 39 | 0 € | 27 276 € | 0 € | 5 380 € | 5 380 € | - |
| 40 | 0 € | 27 821 € | 552 010 € | 109 713 € | 109 713 € | - |
| 41 | 0 € | 28 378 € | 0 € | 5 151 € | 5 151 € | - |
| 42 | 0 € | 28 945 € | 0 € | 5 039 € | 5 039 € | - |
| 43 | 0 € | 29 524 € | 0 € | 4 931 € | 4 931 € | - |
| 44 | 0 € | 30 115 € | 0 € | 4 824 € | 4 824 € | - |
| 45 | 0 € | 30 717 € | 0 € | 4 720 € | 4 720 € | - |
| 46 | 0 € | 31 331 € | 0 € | 4 618 € | 4 618 € | - |
| 47 | 0 € | 31 958 € | 0 € | 4 519 € | 4 519 € | - |
| 48 | 0 € | 32 597 € | 0 € | 4 421 € | 4 421 € | - |
| 49 | 0 € | 33 249 € | 0 € | 4 326 € | 4 326 € | - |
| 50 | 0 € | 33 914 € | 0 € | 4 232 € | 4 232 € | - |
| Gesamt: | | | | | 3 876 287 € | 188 233 € |

Sensitivitätsanalyse

| Kostenäquivalent (netto) 30 €/kgAFS63 | Gesamtwirkungsgrad Retentionsbodenfilter | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | |
| Laufende Kosten (RBF) (netto) | 5000 | 43,24 | 39,31 | 36,03 | 33,26 | 30,88 | 28,83 | 27,02 | 25,43 | 24,02 | 22,76 |
| | 5500 | 43,51 | 39,56 | 36,26 | 33,47 | 31,08 | 29,01 | 27,20 | 25,60 | 24,17 | 22,90 |
| | 6000 | 43,79 | 39,81 | 36,49 | 33,68 | 31,28 | 29,19 | 27,37 | 25,76 | 24,33 | 23,05 |
| | 6500 | 44,06 | 40,06 | 36,72 | 33,90 | 31,47 | 29,38 | 27,54 | 25,92 | 24,48 | 23,19 |
| | 7000 | 44,34 | 40,31 | 36,95 | 34,11 | 31,67 | 29,56 | 27,71 | 26,08 | 24,63 | 23,34 |
| | 7500 | 44,62 | 40,56 | 37,18 | 34,32 | 31,87 | 29,74 | 27,88 | 26,24 | 24,79 | 23,48 |
| | 8000 | 44,89 | 40,81 | 37,41 | 34,53 | 32,06 | 29,93 | 28,06 | 26,41 | 24,94 | 23,63 |
| | 8500 | 45,17 | 41,06 | 37,64 | 34,74 | 32,26 | 30,11 | 28,23 | 26,57 | 25,09 | 23,77 |
| | 9000 | 45,44 | 41,31 | 37,87 | 34,96 | 32,46 | 30,29 | 28,40 | 26,73 | 25,25 | 23,92 |
| | 9500 | 45,72 | 41,56 | 38,10 | 35,17 | 32,66 | 30,48 | 28,57 | 26,89 | 25,40 | 24,06 |
| | 10000 | 45,99 | 41,81 | 38,33 | 35,38 | 32,85 | 30,66 | 28,75 | 27,05 | 25,55 | 24,21 |



2. Kalkulation Projektkostenbarwert

| Jahr [-] | Investitionskosten [€] netto | Laufende Kosten [€/a] netto | Betriebskosten PW(e) [€/a] netto | Laufende Kosten Barwert [€] netto | Projektkostenbarwert [€] netto | Jahreskosten Gesamt [€/a] netto |
|----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 1 543 620 € | - | - | - | 1 543 620 € | - |
| 1 | 0 € | 9 547 € | 10 302 € | 19 040 € | 19 040 € | - |
| 2 | 0 € | 9 738 € | 10 508 € | 18 629 € | 18 629 € | - |
| 3 | 0 € | 9 933 € | 10 718 € | 18 227 € | 18 227 € | - |
| 4 | 0 € | 10 132 € | 10 933 € | 17 834 € | 17 834 € | - |
| 5 | 0 € | 10 334 € | 11 151 € | 17 449 € | 17 449 € | - |
| 6 | 0 € | 10 541 € | 11 374 € | 17 072 € | 17 072 € | - |
| 7 | 0 € | 10 752 € | 11 602 € | 16 704 € | 16 704 € | - |
| 8 | 0 € | 10 967 € | 11 834 € | 16 343 € | 16 343 € | - |
| 9 | 0 € | 11 186 € | 12 070 € | 15 990 € | 15 990 € | - |
| 10 | 0 € | 14 457 € | 12 312 € | 17 655 € | 17 655 € | - |
| 11 | 0 € | 11 638 € | 12 558 € | 15 308 € | 15 308 € | - |
| 12 | 0 € | 11 871 € | 12 809 € | 14 977 € | 14 977 € | - |
| 13 | 64 043 € | 12 108 € | 13 065 € | 14 654 € | 51 935 € | - |
| 14 | 0 € | 12 350 € | 13 327 € | 14 338 € | 14 338 € | - |
| 15 | 0 € | 12 597 € | 13 593 € | 14 028 € | 14 028 € | - |
| 16 | 0 € | 12 849 € | 13 865 € | 13 726 € | 13 726 € | - |
| 17 | 0 € | 13 106 € | 14 142 € | 13 429 € | 13 429 € | - |
| 18 | 0 € | 13 368 € | 14 425 € | 13 139 € | 13 139 € | - |
| 19 | 0 € | 13 636 € | 14 714 € | 12 856 € | 12 856 € | - |
| 20 | 371 487 € | 17 623 € | 15 008 € | 14 194 € | 175 787 € | - |
| 21 | 0 € | 14 187 € | 15 308 € | 12 307 € | 12 307 € | - |
| 22 | 0 € | 14 470 € | 15 614 € | 12 041 € | 12 041 € | - |
| 23 | 0 € | 14 760 € | 15 927 € | 11 781 € | 11 781 € | - |
| 24 | 0 € | 15 055 € | 16 245 € | 11 527 € | 11 527 € | - |
| 25 | 242 810 € | 15 356 € | 16 570 € | 11 278 € | 97 054 € | - |
| 26 | 0 € | 15 663 € | 16 902 € | 11 035 € | 11 035 € | - |
| 27 | 0 € | 15 976 € | 17 240 € | 10 797 € | 10 797 € | - |
| 28 | 0 € | 16 296 € | 17 584 € | 10 564 € | 10 564 € | - |
| 29 | 0 € | 16 622 € | 17 936 € | 10 336 € | 10 336 € | - |
| 30 | 0 € | 21 483 € | 18 295 € | 11 412 € | 11 412 € | - |
| 31 | 0 € | 17 293 € | 18 661 € | 9 894 € | 9 894 € | - |
| 32 | 0 € | 17 639 € | 19 034 € | 9 681 € | 9 681 € | - |
| 33 | 0 € | 17 992 € | 19 415 € | 9 472 € | 9 472 € | - |
| 34 | 0 € | 18 352 € | 19 803 € | 9 267 € | 9 267 € | - |
| 35 | 0 € | 18 719 € | 20 199 € | 9 067 € | 9 067 € | - |
| 36 | 0 € | 19 093 € | 20 603 € | 8 872 € | 8 872 € | - |
| 37 | 0 € | 19 475 € | 21 015 € | 8 680 € | 8 680 € | - |
| 38 | 105 069 € | 19 865 € | 21 435 € | 8 493 € | 30 100 € | - |
| 39 | 0 € | 20 262 € | 21 864 € | 8 310 € | 8 310 € | - |
| 40 | 276 005 € | 26 187 € | 22 301 € | 9 175 € | 61 399 € | - |
| 41 | 0 € | 21 081 € | 22 747 € | 7 955 € | 7 955 € | - |
| 42 | 0 € | 21 502 € | 23 202 € | 7 783 € | 7 783 € | - |
| 43 | 0 € | 21 932 € | 23 666 € | 7 615 € | 7 615 € | - |
| 44 | 0 € | 22 371 € | 24 140 € | 7 451 € | 7 451 € | - |
| 45 | 0 € | 22 818 € | 24 622 € | 7 290 € | 7 290 € | - |
| 46 | 0 € | 23 275 € | 25 115 € | 7 133 € | 7 133 € | - |
| 47 | 0 € | 23 740 € | 25 617 € | 6 979 € | 6 979 € | - |
| 48 | 0 € | 24 215 € | 26 129 € | 6 828 € | 6 828 € | - |
| 49 | 0 € | 24 699 € | 26 652 € | 6 681 € | 6 681 € | - |
| 50 | 0 € | 25 193 € | 27 185 € | 6 537 € | 6 537 € | - |
| Gesamt: | | | | | 2 493 933 € | 121 106 € |

Maßnahmenvorschlag F

1. Basisangaben - Sedimentationsrohr mit Filtration

| | | |
|-------------------------------------|-----|----------|
| Stofflicher Wirkungsgrad der Anlage | 50 | % |
| Hydraulischer Wirkungsgrad | 90 | % |
| Gesamtwirkungsgrad der Anlage | 45 | % |
| Anfallende Menge AFS63 pro Jahr | 460 | kg AFS63 |
| Jährliche entfernte Menge AFS63 | 207 | kg AFS63 |

| | | |
|--|-----------------|-----|
| Anzahl d. geplanten Sedimentationsrohre: | 3 | [-] |
| Durchschnittl. Anzahl Schächte je Sedimentationsrohr: | 2 | [-] |
| Durchschnittl. Anzahl Filtersysteme je Sedimentationsrohr: | 0 | [-] |
| Durchschnittl. Anzahl Schlammfänge je Sedimentationsrohr: | 1 | [-] |
| Länge Zu- und Ablaufsystem: | 30 | m |
| Zwillings- / Drillingschächte: | Zwillingschacht | [-] |

| | | |
|--|----------------------|---------------|
| Investitions- und Reinvestitionskosten: | | Nutzungsdauer |
| Investitionskosten je Sedimentationsrohr: | 29 000 €/Stück netto | 50a |
| Neuerlegung Rohrleitung | 15 000 €/Stück netto | 50a |
| Investitionskosten gesamt: | 167 790 € netto | |

| | |
|--|---------------|
| Laufende Kosten: | |
| Reinigung d. Zu- & Ablaufsystems: | 60 € netto |
| Reinigung und Inspektion der Schachtbauwerke (einschl. Entsorgung) (Jahr 1): | 500 € netto |
| Wartung der Filtersysteme (alle 3 Jahre): | 0 € netto |
| Austausch Filtersystem, Reinigung und Inspektion (alle 5 Jahre): | 0 € netto |
| Entleerung Schlammfänge (alle 3 Jahre): | 250 € netto |
| Dokumentation und Rufbereitschaft (pauschal pro Jahr): | 600 € netto |
| Jährliche Betriebskosten (ohne Schlammfänge und Filter): | 3 360 € netto |

| | |
|---|--------|
| Kommentar: | Quelle |
| | |
| Jährliche Fracht von den Straßenflächen, die behandelt werden sollen. | |

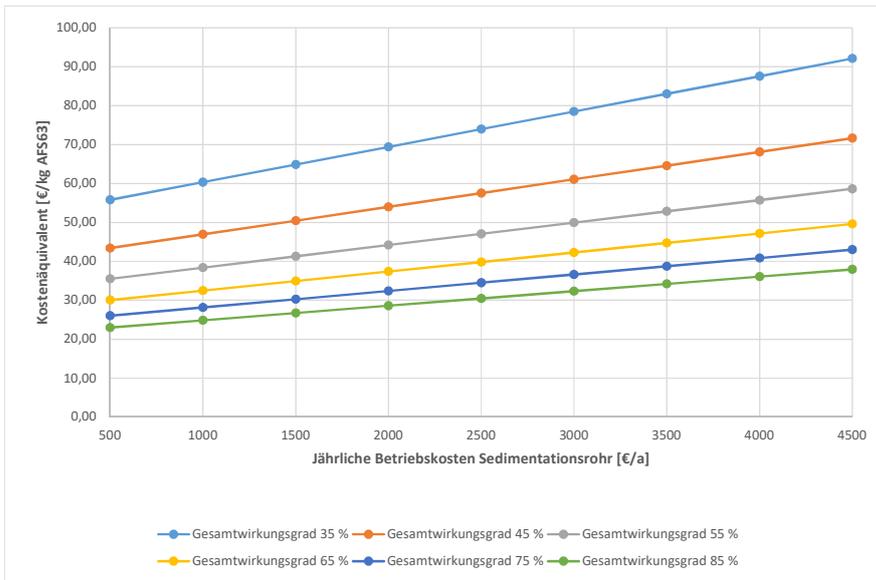
| | |
|---|--|
| Ergibt sich aus der anschließbaren Fläche pro Anlage durch die insgesamt zu behandelnde Straßenfläche | |
| Wenn eine Filtereinheit vorhanden ist (z.B. SediSubtrator) muss das hier entsprechend ergänzt werden. | |
| Länge Straße - Länge Sedimentationsrohre | |

| | |
|--|------|
| Preis bei Hersteller erfragen + 500 €/m für Verlegung (Länge Straße - Länge Sedimentationsrohre) x 500 €/m für Leitung (x 50 % wenn im Zuge von Grundinstandsetzung) | |
| Die Angabe beinhaltet 17,5 % Kostenvarianz gem. Dienstanweisung für die Aufstellung von Kostenunterlagen für Ingenieurbaumaßnahmen (LSBG 2014) sowie Baunebenkosten inkl. Honorar in Höhe von 40 % | LSBG |

| | |
|--|--|
| Kosten für Filtersysteme sind in der Kalkulation PKBW enthalten (muss bei Sedimentationsrohr ohne Filtersystem auf 0 gesetzt werden) | |
| Entleerung Schlammfänge ist in der Kalkulation PKBW enthalten | |

Sensitivitätsanalyse

| Kostenäquivalent 64 €/kgAFS63 | Gesamtwirkungsgrad Sedimentationsrohr | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | |
| Jährliche Betriebskosten je Sedimentationsrohr [€/a] | 500 | 55,80 | 48,82 | 43,40 | 39,06 | 35,51 | 32,55 | 30,04 | 27,90 | 26,04 | 24,41 | 22,97 |
| | 1000 | 60,34 | 52,79 | 46,93 | 42,24 | 38,40 | 35,20 | 32,49 | 30,17 | 28,16 | 26,40 | 24,84 |
| | 1500 | 64,88 | 56,77 | 50,46 | 45,41 | 41,28 | 37,84 | 34,93 | 32,44 | 30,28 | 28,38 | 26,71 |
| | 2000 | 69,42 | 60,74 | 53,99 | 48,59 | 44,17 | 40,49 | 37,38 | 34,71 | 32,39 | 30,37 | 28,58 |
| | 2500 | 73,96 | 64,71 | 57,52 | 51,77 | 47,06 | 43,14 | 39,82 | 36,98 | 34,51 | 32,36 | 30,45 |
| | 3000 | 78,50 | 68,68 | 61,05 | 54,95 | 49,95 | 45,79 | 42,27 | 39,25 | 36,63 | 34,34 | 32,32 |
| | 3500 | 83,04 | 72,66 | 64,58 | 58,13 | 52,84 | 48,44 | 44,71 | 41,52 | 38,75 | 36,33 | 34,19 |
| | 4000 | 87,58 | 76,63 | 68,12 | 61,30 | 55,73 | 51,09 | 47,16 | 43,79 | 40,87 | 38,32 | 36,06 |
| | 4500 | 92,12 | 80,60 | 71,65 | 64,48 | 58,62 | 53,74 | 49,60 | 46,06 | 42,99 | 40,30 | 37,93 |

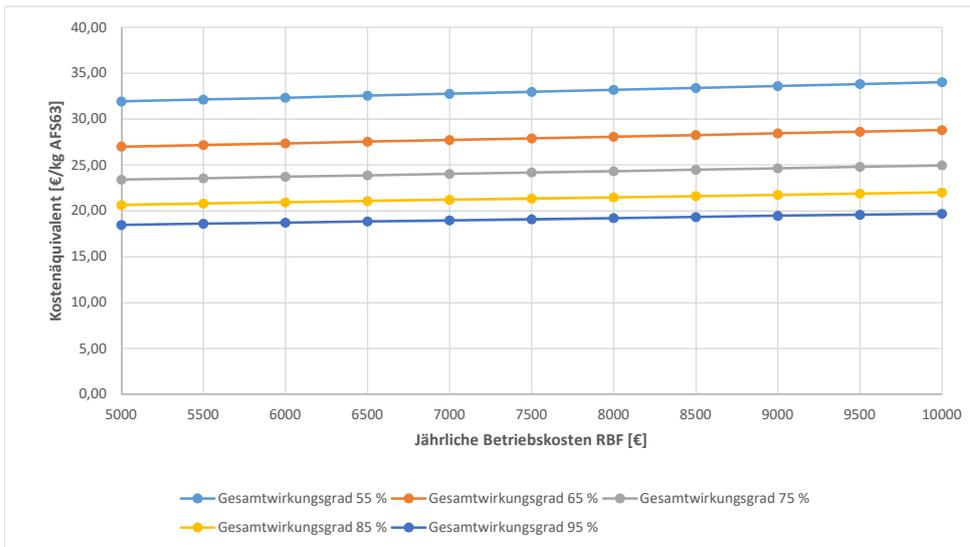


2. Kalkulation Projektkostenbarwert

| Jahr [-] | Investitions-kosten [€] | Laufende Kosten [€/a] | Wartung Filter/ Schlammfänge [€/a] | Laufende Kosten Barwert [€] | Projektkosten-barwert [€] | Jahreskosten Gesamt [€/a] |
|----------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0 | 167 790 € | - | - | - | 167 790 € | - |
| 1 | 0 € | 3 427 € | 0 € | 3 287 € | 3 287 € | - |
| 2 | 0 € | 3 496 € | 0 € | 3 217 € | 3 217 € | - |
| 3 | 0 € | 3 566 € | 265 € | 3 381 € | 3 381 € | - |
| 4 | 0 € | 3 637 € | 0 € | 3 079 € | 3 079 € | - |
| 5 | 0 € | 3 710 € | 0 € | 3 013 € | 3 013 € | - |
| 6 | 0 € | 3 784 € | 282 € | 3 167 € | 3 167 € | - |
| 7 | 0 € | 3 860 € | 0 € | 2 884 € | 2 884 € | - |
| 8 | 0 € | 3 937 € | 0 € | 2 822 € | 2 822 € | - |
| 9 | 0 € | 4 016 € | 299 € | 2 966 € | 2 966 € | - |
| 10 | 0 € | 4 096 € | 0 € | 2 701 € | 2 701 € | - |
| 11 | 0 € | 4 178 € | 0 € | 2 643 € | 2 643 € | - |
| 12 | 0 € | 4 261 € | 317 € | 2 778 € | 2 778 € | - |
| 13 | 0 € | 4 347 € | 0 € | 2 530 € | 2 530 € | - |
| 14 | 0 € | 4 433 € | 0 € | 2 476 € | 2 476 € | - |
| 15 | 0 € | 4 522 € | 336 € | 2 602 € | 2 602 € | - |
| 16 | 0 € | 4 613 € | 0 € | 2 370 € | 2 370 € | - |
| 17 | 0 € | 4 705 € | 0 € | 2 319 € | 2 319 € | - |
| 18 | 0 € | 4 799 € | 357 € | 2 437 € | 2 437 € | - |
| 19 | 0 € | 4 895 € | 0 € | 2 220 € | 2 220 € | - |
| 20 | 0 € | 4 993 € | 0 € | 2 172 € | 2 172 € | - |
| 21 | 0 € | 5 093 € | 0 € | 2 125 € | 2 125 € | - |
| 22 | 0 € | 5 194 € | 0 € | 2 079 € | 2 079 € | - |
| 23 | 0 € | 5 298 € | 0 € | 2 034 € | 2 034 € | - |
| 24 | 0 € | 5 404 € | 402 € | 2 138 € | 2 138 € | - |
| 25 | 0 € | 5 512 € | 0 € | 1 947 € | 1 947 € | - |
| 26 | 0 € | 5 623 € | 0 € | 1 905 € | 1 905 € | - |
| 27 | 0 € | 5 735 € | 427 € | 2 003 € | 2 003 € | - |
| 28 | 0 € | 5 850 € | 0 € | 1 824 € | 1 824 € | - |
| 29 | 0 € | 5 967 € | 0 € | 1 785 € | 1 785 € | - |
| 30 | 0 € | 6 086 € | 453 € | 1 876 € | 1 876 € | - |
| 31 | 0 € | 6 208 € | 0 € | 1 708 € | 1 708 € | - |
| 32 | 0 € | 6 332 € | 0 € | 1 672 € | 1 672 € | - |
| 33 | 0 € | 6 459 € | 481 € | 1 757 € | 1 757 € | - |
| 34 | 0 € | 6 588 € | 0 € | 1 600 € | 1 600 € | - |
| 35 | 0 € | 6 720 € | 0 € | 1 566 € | 1 566 € | - |
| 36 | 0 € | 6 854 € | 510 € | 1 646 € | 1 646 € | - |
| 37 | 0 € | 6 991 € | 0 € | 1 499 € | 1 499 € | - |
| 38 | 0 € | 7 131 € | 0 € | 1 466 € | 1 466 € | - |
| 39 | 0 € | 7 274 € | 541 € | 1 542 € | 1 542 € | - |
| 40 | 0 € | 7 419 € | 0 € | 1 404 € | 1 404 € | - |
| 41 | 0 € | 7 567 € | 0 € | 1 373 € | 1 373 € | - |
| 42 | 0 € | 7 719 € | 574 € | 1 444 € | 1 444 € | - |
| 43 | 0 € | 7 873 € | 0 € | 1 315 € | 1 315 € | - |
| 44 | 0 € | 8 031 € | 0 € | 1 286 € | 1 286 € | - |
| 45 | 0 € | 8 191 € | 0 € | 1 259 € | 1 259 € | - |
| 46 | 0 € | 8 355 € | 0 € | 1 232 € | 1 232 € | - |
| 47 | 0 € | 8 522 € | 0 € | 1 205 € | 1 205 € | - |
| 48 | 0 € | 8 693 € | 647 € | 1 267 € | 1 267 € | - |
| 49 | 0 € | 8 866 € | 0 € | 1 154 € | 1 154 € | - |
| 50 | 0 € | 9 044 € | 0 € | 1 129 € | 1 129 € | - |
| Gesamt: | | | | | 271 093 € | 13 164 € |

Sensitivitätsanalyse

| Kostenäquivalent (netto) 27 €/kgAFS63 | Gesamtwirkungsgrad Retentionsbodenfilter | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | |
| Laufende Kosten (RBF) (netto) | 5000 | 35,12 | 31,93 | 29,26 | 27,01 | 25,08 | 23,41 | 21,95 | 20,66 | 19,51 | 18,48 |
| | 5500 | 35,35 | 32,14 | 29,46 | 27,19 | 25,25 | 23,57 | 22,09 | 20,79 | 19,64 | 18,61 |
| | 6000 | 35,58 | 32,35 | 29,65 | 27,37 | 25,42 | 23,72 | 22,24 | 20,93 | 19,77 | 18,73 |
| | 6500 | 35,81 | 32,56 | 29,84 | 27,55 | 25,58 | 23,88 | 22,38 | 21,07 | 19,90 | 18,85 |
| | 7000 | 36,05 | 32,77 | 30,04 | 27,73 | 25,75 | 24,03 | 22,53 | 21,20 | 20,03 | 18,97 |
| | 7500 | 36,28 | 32,98 | 30,23 | 27,91 | 25,91 | 24,19 | 22,67 | 21,34 | 20,15 | 19,09 |
| | 8000 | 36,51 | 33,19 | 30,42 | 28,08 | 26,08 | 24,34 | 22,82 | 21,48 | 20,28 | 19,22 |
| | 8500 | 36,74 | 33,40 | 30,62 | 28,26 | 26,24 | 24,49 | 22,96 | 21,61 | 20,41 | 19,34 |
| | 9000 | 36,97 | 33,61 | 30,81 | 28,44 | 26,41 | 24,65 | 23,11 | 21,75 | 20,54 | 19,46 |
| | 9500 | 37,21 | 33,82 | 31,01 | 28,62 | 26,58 | 24,80 | 23,25 | 21,89 | 20,67 | 19,58 |
| | 10000 | 37,44 | 34,03 | 31,20 | 28,80 | 26,74 | 24,96 | 23,40 | 22,02 | 20,80 | 19,70 |



2. Kalkulation Projektkostenbarwert

| Jahr [-] | Investitionskosten [€] netto | Laufende Kosten [€/a] netto | Betriebskosten PW(e) [€/a] netto | Laufende Kosten Barwert [€] netto | Projektkostenbarwert [€] netto | Jahreskosten Gesamt [€/a] netto |
|----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 1 463 015 € | - | - | - | 1 463 015 € | - |
| 1 | 0 € | 9 527 € | 10 302 € | 19 020 € | 19 020 € | - |
| 2 | 0 € | 9 717 € | 10 508 € | 18 610 € | 18 610 € | - |
| 3 | 0 € | 9 912 € | 10 718 € | 18 208 € | 18 208 € | - |
| 4 | 0 € | 10 110 € | 10 933 € | 17 815 € | 17 815 € | - |
| 5 | 0 € | 10 312 € | 11 151 € | 17 431 € | 17 431 € | - |
| 6 | 0 € | 10 518 € | 11 374 € | 17 055 € | 17 055 € | - |
| 7 | 0 € | 10 729 € | 11 602 € | 16 686 € | 16 686 € | - |
| 8 | 0 € | 10 943 € | 11 834 € | 16 326 € | 16 326 € | - |
| 9 | 0 € | 11 162 € | 12 070 € | 15 974 € | 15 974 € | - |
| 10 | 0 € | 14 433 € | 12 312 € | 17 639 € | 17 639 € | - |
| 11 | 0 € | 11 613 € | 12 558 € | 15 292 € | 15 292 € | - |
| 12 | 0 € | 11 845 € | 12 809 € | 14 962 € | 14 962 € | - |
| 13 | 64 043 € | 12 082 € | 13 065 € | 14 639 € | 51 920 € | - |
| 14 | 0 € | 12 324 € | 13 327 € | 14 323 € | 14 323 € | - |
| 15 | 0 € | 12 570 € | 13 593 € | 14 014 € | 14 014 € | - |
| 16 | 0 € | 12 822 € | 13 865 € | 13 711 € | 13 711 € | - |
| 17 | 0 € | 13 078 € | 14 142 € | 13 415 € | 13 415 € | - |
| 18 | 0 € | 13 340 € | 14 425 € | 13 126 € | 13 126 € | - |
| 19 | 0 € | 13 607 € | 14 714 € | 12 843 € | 12 843 € | - |
| 20 | 371 487 € | 17 594 € | 15 008 € | 14 181 € | 175 774 € | - |
| 21 | 0 € | 14 156 € | 15 308 € | 12 294 € | 12 294 € | - |
| 22 | 0 € | 14 439 € | 15 614 € | 12 029 € | 12 029 € | - |
| 23 | 0 € | 14 728 € | 15 927 € | 11 769 € | 11 769 € | - |
| 24 | 0 € | 15 023 € | 16 245 € | 11 515 € | 11 515 € | - |
| 25 | 231 325 € | 15 323 € | 16 570 € | 11 267 € | 92 986 € | - |
| 26 | 0 € | 15 630 € | 16 902 € | 11 024 € | 11 024 € | - |
| 27 | 0 € | 15 942 € | 17 240 € | 10 786 € | 10 786 € | - |
| 28 | 0 € | 16 261 € | 17 584 € | 10 553 € | 10 553 € | - |
| 29 | 0 € | 16 586 € | 17 936 € | 10 325 € | 10 325 € | - |
| 30 | 0 € | 21 447 € | 18 295 € | 11 401 € | 11 401 € | - |
| 31 | 0 € | 17 256 € | 18 661 € | 9 884 € | 9 884 € | - |
| 32 | 0 € | 17 602 € | 19 034 € | 9 671 € | 9 671 € | - |
| 33 | 0 € | 17 954 € | 19 415 € | 9 462 € | 9 462 € | - |
| 34 | 0 € | 18 313 € | 19 803 € | 9 258 € | 9 258 € | - |
| 35 | 0 € | 18 679 € | 20 199 € | 9 058 € | 9 058 € | - |
| 36 | 0 € | 19 053 € | 20 603 € | 8 863 € | 8 863 € | - |
| 37 | 0 € | 19 434 € | 21 015 € | 8 671 € | 8 671 € | - |
| 38 | 105 069 € | 19 822 € | 21 435 € | 8 484 € | 30 091 € | - |
| 39 | 0 € | 20 219 € | 21 864 € | 8 301 € | 8 301 € | - |
| 40 | 276 005 € | 26 143 € | 22 301 € | 9 166 € | 61 391 € | - |
| 41 | 0 € | 21 036 € | 22 747 € | 7 947 € | 7 947 € | - |
| 42 | 0 € | 21 456 € | 23 202 € | 7 775 € | 7 775 € | - |
| 43 | 0 € | 21 885 € | 23 666 € | 7 607 € | 7 607 € | - |
| 44 | 0 € | 22 323 € | 24 140 € | 7 443 € | 7 443 € | - |
| 45 | 0 € | 22 770 € | 24 622 € | 7 283 € | 7 283 € | - |
| 46 | 0 € | 23 225 € | 25 115 € | 7 125 € | 7 125 € | - |
| 47 | 0 € | 23 689 € | 25 617 € | 6 972 € | 6 972 € | - |
| 48 | 0 € | 24 163 € | 26 129 € | 6 821 € | 6 821 € | - |
| 49 | 0 € | 24 647 € | 26 652 € | 6 674 € | 6 674 € | - |
| 50 | 0 € | 25 139 € | 27 185 € | 6 530 € | 6 530 € | - |
| Gesamt: | | | | | 2 408 669 € | 116 965 € |

Maßnahmenvorschlag H

1. Basisangaben - Retentionsbodenfilter

| | | |
|-------------------------------------|-------|----------|
| Stofflicher Wirkungsgrad der Anlage | 95 | % |
| Hydraulischer Wirkungsgrad | 90 | % |
| Gesamtwirkungsgrad der Anlage | 85,5 | % |
| Anfallende Menge AFS63 pro Jahr | 2 024 | kg AFS63 |
| Jährliche entfernte Menge AFS63 | 1 731 | kg AFS63 |

| | | |
|-----------------------------|------|----------------|
| Länge Zu- und Ablaufsystem: | 2000 | m |
| Größe Filterfläche: | 140 | m ² |

Investitions- und Reinvestitionskosten:

| | | Nutzungsdauer |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------|
| Investitionskosten (Baukörper): | 2 151 660 € netto | 50a |
| Maschinenteile: | 100 000 € netto | 20a |
| Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik: | 50 000 € netto | 12,5a |
| Erneuerung Schilf/Filterbett: | 49 000 € | 25 a |
| Gesamt: | 2 301 660 € netto | |

Laufende Kosten:

| | | |
|--|------------------------------|---------------|
| Vorstufe (Geschiebeschacht): Kontrolle und Wartung | 500 € netto | |
| Filterfläche (Kontrolle und Wartung): | 8 000 € netto | |
| Wartung Drainagesystem (alle 10 Jahre): | 2 500 € netto | |
| Reinigung Zu- und Abläufe: | 2,00 €/lfm | 4 000 € netto |
| Zusätzliche jährliche Wartungskosten: | 300 € netto | |
| Gesamt: | 12 800 € netto | |
| Laufende Kosten pro m ² Filterfläche: | 91,43 €/m² | |
| Erneuerung des Schilfs: | 4 200 € netto | 25 a |

PW:

| Schachtpumpwerke | | | |
|--|--|------------|--------------------|
| Jahresförderleistung [in m ³] | €/(PW*a) einschl. Energiekosten (netto) | Anzahl-PW: | Kosten/a: netto |
| ≤ 10.000 | 3 700 € | 0 | - € |
| > 10.000 ≤ 50.000 | 5 300 € | 0 | - € |
| > 50.000 ≤ 150.000 | 10 100 € | 0 | - € |
| > 150.000 | 25 600 € | 0 | - € |
| Summe Kosten/a: | | | 0 € |

Kommentar: Quelle

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Abschätzung Investitionskosten RBF:

| | | |
|---|---------|----------------|
| Speichervolumen: | 200 | m ³ |
| Geschätzte Investitionskosten ohne PW:* | 226 800 | € |
| Kostenstand: 2015 | | |

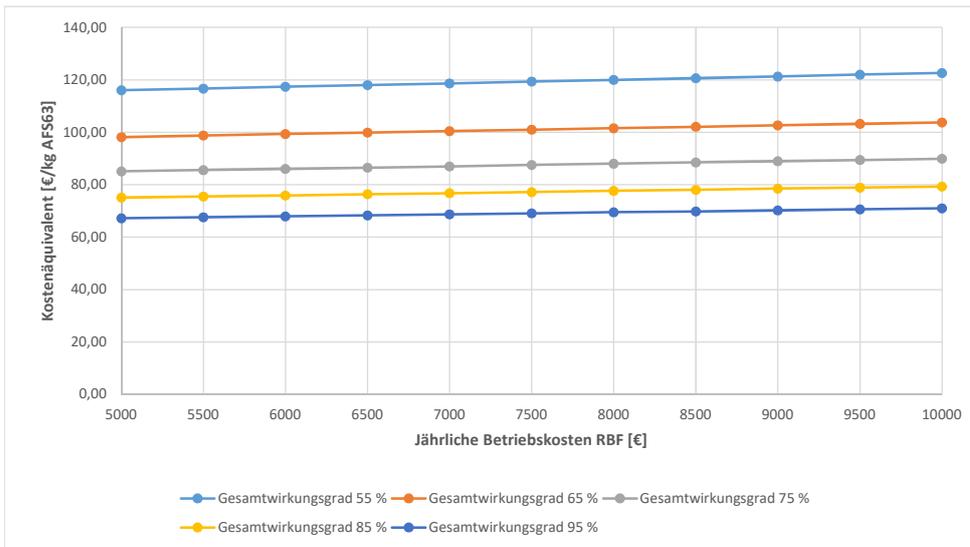
| | |
|--|------|
| Grundlage für die Kostenberechnung sind Erfahrungswerte aus vergleichbaren Projekten. Die Angabe beinhaltet 17,5 % Kostenvarianz gem. Dienstanweisung für die Aufstellung von Kostenunterlagen für Ingenieurbaumaßnahmen (LSBG 2014) sowie Baunebenkosten inkl. Honorar in Höhe von 40 % | LSBG |
| Annahme: 350€/m ² | |

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| | |
|--|------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| Grobe Abschätzung über Jahresniederschläge | LSBG |

Sensitivitätsanalyse

| Kostenäquivalent (netto) 81 €/kgAFS63 | Gesamtwirkungsgrad Retentionsbodenfilter | | | | | | | | | |
|--|--|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 |
| 5000 | 127,64 | 116,03 | 106,36 | 98,18 | 91,17 | 85,09 | 79,77 | 75,08 | 70,91 | 67,18 |
| 5500 | 128,36 | 116,69 | 106,97 | 98,74 | 91,68 | 85,57 | 80,22 | 75,50 | 71,31 | 67,56 |
| 6000 | 129,08 | 117,35 | 107,57 | 99,29 | 92,20 | 86,05 | 80,68 | 75,93 | 71,71 | 67,94 |
| 6500 | 129,80 | 118,00 | 108,17 | 99,85 | 92,72 | 86,54 | 81,13 | 76,35 | 72,11 | 68,32 |
| 7000 | 130,52 | 118,66 | 108,77 | 100,40 | 93,23 | 87,02 | 81,58 | 76,78 | 72,51 | 68,70 |
| 7500 | 131,25 | 119,32 | 109,37 | 100,96 | 93,75 | 87,50 | 82,03 | 77,20 | 72,92 | 69,08 |
| 8000 | 131,97 | 119,97 | 109,97 | 101,52 | 94,26 | 87,98 | 82,48 | 77,63 | 73,32 | 69,46 |
| 8500 | 132,69 | 120,63 | 110,58 | 102,07 | 94,78 | 88,46 | 82,93 | 78,05 | 73,72 | 69,84 |
| 9000 | 133,41 | 121,29 | 111,18 | 102,63 | 95,30 | 88,94 | 83,38 | 78,48 | 74,12 | 70,22 |
| 9500 | 134,14 | 121,94 | 111,78 | 103,18 | 95,81 | 89,42 | 83,84 | 78,90 | 74,52 | 70,60 |
| 10000 | 134,86 | 122,60 | 112,38 | 103,74 | 96,33 | 89,91 | 84,29 | 79,33 | 74,92 | 70,98 |

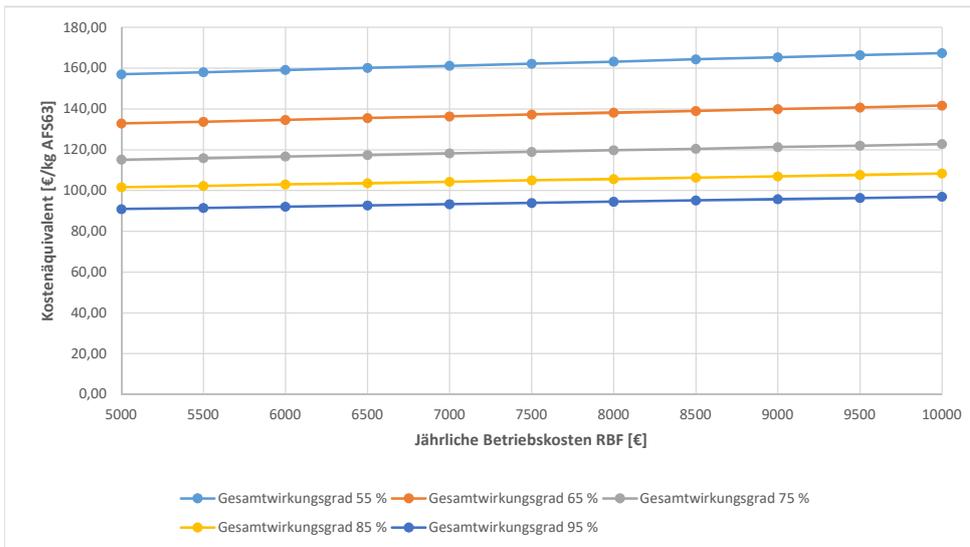


2. Kalkulation Projektkostenbarwert

| Jahr [-] | Investitionskosten [€] netto | Laufende Kosten [€/a] netto | Betriebskosten PW(e) [€/a] netto | Laufende Kosten Barwert [€] netto | Projektkostenbarwert [€] netto | Jahreskosten Gesamt [€/a] netto |
|----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 2 301 660 € | - | - | - | 2 301 660 € | - |
| 1 | 0 € | 13 056 € | 0 € | 12 524 € | 12 524 € | - |
| 2 | 0 € | 13 317 € | 0 € | 12 253 € | 12 253 € | - |
| 3 | 0 € | 13 583 € | 0 € | 11 989 € | 11 989 € | - |
| 4 | 0 € | 13 855 € | 0 € | 11 730 € | 11 730 € | - |
| 5 | 0 € | 14 132 € | 0 € | 11 477 € | 11 477 € | - |
| 6 | 0 € | 14 415 € | 0 € | 11 229 € | 11 229 € | - |
| 7 | 0 € | 14 703 € | 0 € | 10 987 € | 10 987 € | - |
| 8 | 0 € | 14 997 € | 0 € | 10 750 € | 10 750 € | - |
| 9 | 0 € | 15 297 € | 0 € | 10 518 € | 10 518 € | - |
| 10 | 0 € | 18 651 € | 0 € | 12 301 € | 12 301 € | - |
| 11 | 0 € | 15 915 € | 0 € | 10 069 € | 10 069 € | - |
| 12 | 0 € | 16 233 € | 0 € | 9 851 € | 9 851 € | - |
| 13 | 64 043 € | 16 558 € | 0 € | 9 639 € | 46 919 € | - |
| 14 | 0 € | 16 889 € | 0 € | 9 431 € | 9 431 € | - |
| 15 | 0 € | 17 227 € | 0 € | 9 227 € | 9 227 € | - |
| 16 | 0 € | 17 572 € | 0 € | 9 028 € | 9 028 € | - |
| 17 | 0 € | 17 923 € | 0 € | 8 833 € | 8 833 € | - |
| 18 | 0 € | 18 282 € | 0 € | 8 643 € | 8 643 € | - |
| 19 | 0 € | 18 647 € | 0 € | 8 456 € | 8 456 € | - |
| 20 | 148 595 € | 22 735 € | 0 € | 9 889 € | 74 527 € | - |
| 21 | 0 € | 19 401 € | 0 € | 8 095 € | 8 095 € | - |
| 22 | 0 € | 19 789 € | 0 € | 7 920 € | 7 920 € | - |
| 23 | 0 € | 20 184 € | 0 € | 7 749 € | 7 749 € | - |
| 24 | 0 € | 20 588 € | 0 € | 7 582 € | 7 582 € | - |
| 25 | 162 420 € | 21 000 € | 0 € | 7 418 € | 64 795 € | - |
| 26 | 0 € | 21 420 € | 0 € | 7 258 € | 7 258 € | - |
| 27 | 0 € | 21 848 € | 0 € | 7 102 € | 7 102 € | - |
| 28 | 0 € | 22 285 € | 0 € | 6 948 € | 6 948 € | - |
| 29 | 0 € | 22 731 € | 0 € | 6 798 € | 6 798 € | - |
| 30 | 0 € | 27 714 € | 0 € | 7 951 € | 7 951 € | - |
| 31 | 0 € | 23 649 € | 0 € | 6 508 € | 6 508 € | - |
| 32 | 0 € | 24 122 € | 0 € | 6 368 € | 6 368 € | - |
| 33 | 0 € | 24 605 € | 0 € | 6 230 € | 6 230 € | - |
| 34 | 0 € | 25 097 € | 0 € | 6 096 € | 6 096 € | - |
| 35 | 0 € | 25 599 € | 0 € | 5 964 € | 5 964 € | - |
| 36 | 0 € | 26 111 € | 0 € | 5 835 € | 5 835 € | - |
| 37 | 0 € | 26 633 € | 0 € | 5 710 € | 5 710 € | - |
| 38 | 105 069 € | 27 165 € | 0 € | 5 586 € | 27 193 € | - |
| 39 | 0 € | 27 709 € | 0 € | 5 466 € | 5 466 € | - |
| 40 | 110 402 € | 33 783 € | 0 € | 6 392 € | 27 282 € | - |
| 41 | 0 € | 28 828 € | 0 € | 5 232 € | 5 232 € | - |
| 42 | 0 € | 29 405 € | 0 € | 5 119 € | 5 119 € | - |
| 43 | 0 € | 29 993 € | 0 € | 5 009 € | 5 009 € | - |
| 44 | 0 € | 30 593 € | 0 € | 4 901 € | 4 901 € | - |
| 45 | 0 € | 31 205 € | 0 € | 4 795 € | 4 795 € | - |
| 46 | 0 € | 31 829 € | 0 € | 4 692 € | 4 692 € | - |
| 47 | 0 € | 32 465 € | 0 € | 4 590 € | 4 590 € | - |
| 48 | 0 € | 33 115 € | 0 € | 4 491 € | 4 491 € | - |
| 49 | 0 € | 33 777 € | 0 € | 4 394 € | 4 394 € | - |
| 50 | 0 € | 34 452 € | 0 € | 4 299 € | 4 299 € | - |
| Gesamt: | | | | | 2 894 778 € | 140 571 € |

Sensitivitätsanalyse

| Kostenäquivalent (netto) 109 €/kgAFS63 | Gesamtwirkungsgrad Retentionsbodenfilter | | | | | | | | | |
|---|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 |
| 5000 | 172,72 | 157,02 | 143,93 | 132,86 | 123,37 | 115,15 | 107,95 | 101,60 | 95,96 | 90,91 |
| 5500 | 173,86 | 158,06 | 144,89 | 133,74 | 124,19 | 115,91 | 108,66 | 102,27 | 96,59 | 91,51 |
| 6000 | 175,00 | 159,10 | 145,84 | 134,62 | 125,00 | 116,67 | 109,38 | 102,94 | 97,22 | 92,11 |
| 6500 | 176,15 | 160,13 | 146,79 | 135,50 | 125,82 | 117,43 | 110,09 | 103,62 | 97,86 | 92,71 |
| 7000 | 177,29 | 161,17 | 147,74 | 136,38 | 126,64 | 118,19 | 110,81 | 104,29 | 98,49 | 93,31 |
| 7500 | 178,43 | 162,21 | 148,69 | 137,25 | 127,45 | 118,95 | 111,52 | 104,96 | 99,13 | 93,91 |
| 8000 | 179,57 | 163,25 | 149,64 | 138,13 | 128,27 | 119,72 | 112,23 | 105,63 | 99,76 | 94,51 |
| 8500 | 180,72 | 164,29 | 150,60 | 139,01 | 129,08 | 120,48 | 112,95 | 106,30 | 100,40 | 95,11 |
| 9000 | 181,86 | 165,33 | 151,55 | 139,89 | 129,90 | 121,24 | 113,66 | 106,98 | 101,03 | 95,71 |
| 9500 | 183,00 | 166,36 | 152,50 | 140,77 | 130,71 | 122,00 | 114,37 | 107,65 | 101,67 | 96,32 |
| 10000 | 184,14 | 167,40 | 153,45 | 141,65 | 131,53 | 122,76 | 115,09 | 108,32 | 102,30 | 96,92 |



2. Kalkulation Projektkostenbarwert

| Jahr [-] | Investitionskosten [€] netto | Laufende Kosten [€/a] netto | Betriebskosten PW(e) [€/a] netto | Laufende Kosten Barwert [€] netto | Projektkostenbarwert [€] netto | Jahreskosten Gesamt [€/a] netto |
|----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 1 636 727 € | - | - | - | 1 636 727 € | - |
| 1 | 0 € | 11 322 € | 5 406 € | 16 046 € | 16 046 € | - |
| 2 | 0 € | 11 548 € | 5 514 € | 15 700 € | 15 700 € | - |
| 3 | 0 € | 11 779 € | 5 624 € | 15 361 € | 15 361 € | - |
| 4 | 0 € | 12 015 € | 5 737 € | 15 029 € | 15 029 € | - |
| 5 | 0 € | 12 255 € | 5 852 € | 14 705 € | 14 705 € | - |
| 6 | 0 € | 12 500 € | 5 969 € | 14 388 € | 14 388 € | - |
| 7 | 0 € | 12 750 € | 6 088 € | 14 077 € | 14 077 € | - |
| 8 | 0 € | 13 005 € | 6 210 € | 13 773 € | 13 773 € | - |
| 9 | 0 € | 13 266 € | 6 334 € | 13 476 € | 13 476 € | - |
| 10 | 0 € | 16 578 € | 6 461 € | 15 195 € | 15 195 € | - |
| 11 | 0 € | 13 801 € | 6 590 € | 12 901 € | 12 901 € | - |
| 12 | 0 € | 14 077 € | 6 722 € | 12 622 € | 12 622 € | - |
| 13 | 64 043 € | 14 359 € | 6 856 € | 12 350 € | 49 630 € | - |
| 14 | 0 € | 14 646 € | 6 993 € | 12 083 € | 12 083 € | - |
| 15 | 0 € | 14 939 € | 7 133 € | 11 822 € | 11 822 € | - |
| 16 | 0 € | 15 238 € | 7 276 € | 11 567 € | 11 567 € | - |
| 17 | 0 € | 15 543 € | 7 421 € | 11 318 € | 11 318 € | - |
| 18 | 0 € | 15 854 € | 7 570 € | 11 073 € | 11 073 € | - |
| 19 | 0 € | 16 171 € | 7 721 € | 10 834 € | 10 834 € | - |
| 20 | 371 487 € | 20 209 € | 7 876 € | 12 216 € | 173 809 € | - |
| 21 | 0 € | 16 824 € | 8 033 € | 10 372 € | 10 372 € | - |
| 22 | 0 € | 17 160 € | 8 194 € | 10 148 € | 10 148 € | - |
| 23 | 0 € | 17 504 € | 8 358 € | 9 929 € | 9 929 € | - |
| 24 | 0 € | 17 854 € | 8 525 € | 9 715 € | 9 715 € | - |
| 25 | 144 045 € | 18 211 € | 8 695 € | 9 505 € | 60 391 € | - |
| 26 | 0 € | 18 575 € | 8 869 € | 9 300 € | 9 300 € | - |
| 27 | 0 € | 18 946 € | 9 046 € | 9 099 € | 9 099 € | - |
| 28 | 0 € | 19 325 € | 9 227 € | 8 903 € | 8 903 € | - |
| 29 | 0 € | 19 712 € | 9 412 € | 8 710 € | 8 710 € | - |
| 30 | 0 € | 24 635 € | 9 600 € | 9 822 € | 9 822 € | - |
| 31 | 0 € | 20 508 € | 9 792 € | 8 339 € | 8 339 € | - |
| 32 | 0 € | 20 918 € | 9 988 € | 8 159 € | 8 159 € | - |
| 33 | 0 € | 21 337 € | 10 188 € | 7 983 € | 7 983 € | - |
| 34 | 0 € | 21 764 € | 10 392 € | 7 810 € | 7 810 € | - |
| 35 | 0 € | 22 199 € | 10 599 € | 7 642 € | 7 642 € | - |
| 36 | 0 € | 22 643 € | 10 811 € | 7 477 € | 7 477 € | - |
| 37 | 0 € | 23 096 € | 11 028 € | 7 315 € | 7 315 € | - |
| 38 | 105 069 € | 23 558 € | 11 248 € | 7 157 € | 28 764 € | - |
| 39 | 0 € | 24 029 € | 11 473 € | 7 003 € | 7 003 € | - |
| 40 | 276 005 € | 30 029 € | 11 703 € | 7 896 € | 60 121 € | - |
| 41 | 0 € | 24 999 € | 11 937 € | 6 704 € | 6 704 € | - |
| 42 | 0 € | 25 499 € | 12 175 € | 6 559 € | 6 559 € | - |
| 43 | 0 € | 26 009 € | 12 419 € | 6 418 € | 6 418 € | - |
| 44 | 0 € | 26 530 € | 12 667 € | 6 279 € | 6 279 € | - |
| 45 | 0 € | 27 060 € | 12 921 € | 6 144 € | 6 144 € | - |
| 46 | 0 € | 27 601 € | 13 179 € | 6 011 € | 6 011 € | - |
| 47 | 0 € | 28 153 € | 13 443 € | 5 881 € | 5 881 € | - |
| 48 | 0 € | 28 716 € | 13 711 € | 5 754 € | 5 754 € | - |
| 49 | 0 € | 29 291 € | 13 986 € | 5 630 € | 5 630 € | - |
| 50 | 0 € | 29 877 € | 14 265 € | 5 509 € | 5 509 € | - |
| Gesamt: | | | | | 2 460 026 € | 119 459 € |

Maßnahmenvorschlag K

1. Basisangaben - Retentionsbodenfilter

| | | |
|-------------------------------------|-------|----------|
| Stofflicher Wirkungsgrad der Anlage | 95 | % |
| Hydraulischer Wirkungsgrad | 73 | % |
| Gesamtwirkungsgrad der Anlage | 69,35 | % |
| Anfallende Menge AFS63 pro Jahr | 3 072 | kg AFS63 |
| Jährliche entfernte Menge AFS63 | 2 130 | kg AFS63 |

| | | |
|-----------------------------|-----|----------------|
| Länge Zu- und Ablaufsystem: | 160 | m |
| Größe Filterfläche: | 86 | m ² |

Investitions- und Reinvestitionskosten:

| | | Nutzungsdauer |
|--------------------------------------|-----------------|---------------|
| Investitionskosten (Baukörper): | 442 834 € netto | 50a |
| Maschinenteile: | 250 000 € netto | 20a |
| Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik: | 50 000 € netto | 12,5a |
| Gesamt: | 742 834 € netto | |
| Erneuerung Schilf/Filterbett: | 30 100 € | 25 a |

Laufende Kosten:

| | | |
|--|-------------------------|-------------|
| Vorstufe (Geschiebeschacht): Kontrolle und Wartung | 500 € netto | |
| Filterfläche (Kontrolle und Wartung): | 8 000 € netto | |
| Wartung Drainagesystem (alle 10 Jahre): | 2 500 € netto | |
| Reinigung Zu- und Abläufe: | 2,00 €/lfm | 320 € netto |
| Zusätzliche jährliche Wartungskosten: | 300 € netto | |
| Gesamt: | 9 120 € netto | |
| Laufende Kosten pro m ² Filterfläche: | 106,05 €/m ² | |
| Erneuerung des Schilfs: | 2 580 € netto | 25 a |

PW:

| Schachtpumpwerke | | | |
|--|--|------------|--------------------|
| Jahresförderleistung [in m ³] | €/(PW*a) einschl. Energiekosten (netto) | Anzahl-PW: | Kosten/a: netto |
| ≤ 10.000 | 3 700 € | 0 | - € |
| > 10.000 ≤ 50.000 | 5 300 € | 1 | 5 300 € |
| > 50.000 ≤ 150.000 | 10 100 € | 0 | - € |
| > 150.000 | 25 600 € | 0 | - € |
| Summe Kosten/a: | | | 5 300 € |

| | |
|------------|--------|
| Kommentar: | Quelle |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| | |
|--|--------------------|
| <u>Abschätzung Investitionskosten RBF:</u> | |
| Speichervolumen: | 150 m ³ |
| Geschätzte Investitionskosten ohne PW:* | 203 175 € |
| Kostenstand: 2015 | |

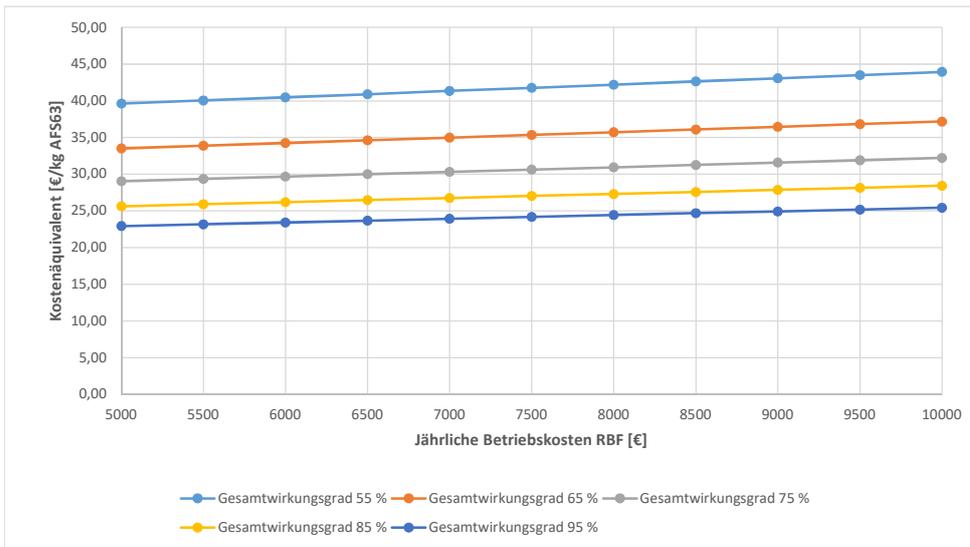
| | |
|--|------|
| Grundlage für die Kostenberechnung sind Erfahrungswerte aus vergleichbaren Projekten. Die Angabe beinhaltet 17,5 % Kostenvarianz gem. Dienstanweisung für die Aufstellung von Kostenunterlagen für Ingenieurbaumaßnahmen (LSBG 2014) sowie Baunebenkosten inkl. Honorar in Höhe von 40 % | LSBG |
| Annahme: 350€/m2 | |

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| | |
|--|------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| Grobe Abschätzung über Jahresniederschläge | LSBG |
| | |

Sensitivitätsanalyse

| Kostenäquivalent (netto) 34 €/kgAFS63 | Gesamtwirkungsgrad Retentionsbodenfilter | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | |
| Laufende Kosten (RBF) (netto) | 5000 | 43,57 | 39,61 | 36,30 | 33,51 | 31,12 | 29,04 | 27,23 | 25,63 | 24,20 | 22,93 |
| | 5500 | 44,04 | 40,04 | 36,70 | 33,88 | 31,46 | 29,36 | 27,53 | 25,91 | 24,47 | 23,18 |
| | 6000 | 44,52 | 40,47 | 37,10 | 34,24 | 31,80 | 29,68 | 27,82 | 26,19 | 24,73 | 23,43 |
| | 6500 | 44,99 | 40,90 | 37,49 | 34,61 | 32,14 | 30,00 | 28,12 | 26,47 | 25,00 | 23,68 |
| | 7000 | 45,47 | 41,34 | 37,89 | 34,98 | 32,48 | 30,31 | 28,42 | 26,75 | 25,26 | 23,93 |
| | 7500 | 45,95 | 41,77 | 38,29 | 35,34 | 32,82 | 30,63 | 28,72 | 27,03 | 25,53 | 24,18 |
| | 8000 | 46,42 | 42,20 | 38,68 | 35,71 | 33,16 | 30,95 | 29,01 | 27,31 | 25,79 | 24,43 |
| | 8500 | 46,90 | 42,63 | 39,08 | 36,07 | 33,50 | 31,26 | 29,31 | 27,59 | 26,05 | 24,68 |
| | 9000 | 47,37 | 43,07 | 39,48 | 36,44 | 33,84 | 31,58 | 29,61 | 27,87 | 26,32 | 24,93 |
| | 9500 | 47,85 | 43,50 | 39,87 | 36,81 | 34,18 | 31,90 | 29,91 | 28,15 | 26,58 | 25,18 |
| | 10000 | 48,32 | 43,93 | 40,27 | 37,17 | 34,52 | 32,22 | 30,20 | 28,43 | 26,85 | 25,43 |



2. Kalkulation Projektkostenbarwert

| Jahr [-] | Investitionskosten [€] netto | Laufende Kosten [€/a] netto | Betriebskosten PW(e) [€/a] netto | Laufende Kosten Barwert [€] netto | Projektkostenbarwert [€] netto | Jahreskosten Gesamt [€/a] netto |
|----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 742 834 € | - | - | - | 742 834 € | - |
| 1 | 0 € | 9 302 € | 5 406 € | 14 109 € | 14 109 € | - |
| 2 | 0 € | 9 488 € | 5 514 € | 13 804 € | 13 804 € | - |
| 3 | 0 € | 9 678 € | 5 624 € | 13 506 € | 13 506 € | - |
| 4 | 0 € | 9 872 € | 5 737 € | 13 215 € | 13 215 € | - |
| 5 | 0 € | 10 069 € | 5 852 € | 12 930 € | 12 930 € | - |
| 6 | 0 € | 10 271 € | 5 969 € | 12 651 € | 12 651 € | - |
| 7 | 0 € | 10 476 € | 6 088 € | 12 378 € | 12 378 € | - |
| 8 | 0 € | 10 686 € | 6 210 € | 12 110 € | 12 110 € | - |
| 9 | 0 € | 10 899 € | 6 334 € | 11 849 € | 11 849 € | - |
| 10 | 0 € | 14 165 € | 6 461 € | 13 603 € | 13 603 € | - |
| 11 | 0 € | 11 340 € | 6 590 € | 11 343 € | 11 343 € | - |
| 12 | 0 € | 11 566 € | 6 722 € | 11 098 € | 11 098 € | - |
| 13 | 64 043 € | 11 798 € | 6 856 € | 10 859 € | 48 139 € | - |
| 14 | 0 € | 12 034 € | 6 993 € | 10 624 € | 10 624 € | - |
| 15 | 0 € | 12 274 € | 7 133 € | 10 395 € | 10 395 € | - |
| 16 | 0 € | 12 520 € | 7 276 € | 10 171 € | 10 171 € | - |
| 17 | 0 € | 12 770 € | 7 421 € | 9 951 € | 9 951 € | - |
| 18 | 0 € | 13 026 € | 7 570 € | 9 736 € | 9 736 € | - |
| 19 | 0 € | 13 286 € | 7 721 € | 9 526 € | 9 526 € | - |
| 20 | 371 487 € | 17 267 € | 7 876 € | 10 937 € | 172 529 € | - |
| 21 | 0 € | 13 823 € | 8 033 € | 9 120 € | 9 120 € | - |
| 22 | 0 € | 14 099 € | 8 194 € | 8 923 € | 8 923 € | - |
| 23 | 0 € | 14 381 € | 8 358 € | 8 730 € | 8 730 € | - |
| 24 | 0 € | 14 669 € | 8 525 € | 8 542 € | 8 542 € | - |
| 25 | 131 413 € | 14 962 € | 8 695 € | 8 357 € | 54 781 € | - |
| 26 | 0 € | 15 262 € | 8 869 € | 8 177 € | 8 177 € | - |
| 27 | 0 € | 15 567 € | 9 046 € | 8 000 € | 8 000 € | - |
| 28 | 0 € | 15 878 € | 9 227 € | 7 828 € | 7 828 € | - |
| 29 | 0 € | 16 196 € | 9 412 € | 7 659 € | 7 659 € | - |
| 30 | 0 € | 21 048 € | 9 600 € | 8 793 € | 8 793 € | - |
| 31 | 0 € | 16 850 € | 9 792 € | 7 332 € | 7 332 € | - |
| 32 | 0 € | 17 187 € | 9 988 € | 7 174 € | 7 174 € | - |
| 33 | 0 € | 17 531 € | 10 188 € | 7 019 € | 7 019 € | - |
| 34 | 0 € | 17 881 € | 10 392 € | 6 867 € | 6 867 € | - |
| 35 | 0 € | 18 239 € | 10 599 € | 6 719 € | 6 719 € | - |
| 36 | 0 € | 18 604 € | 10 811 € | 6 574 € | 6 574 € | - |
| 37 | 0 € | 18 976 € | 11 028 € | 6 432 € | 6 432 € | - |
| 38 | 105 069 € | 19 355 € | 11 248 € | 6 293 € | 27 900 € | - |
| 39 | 0 € | 19 742 € | 11 473 € | 6 158 € | 6 158 € | - |
| 40 | 276 005 € | 25 657 € | 11 703 € | 7 069 € | 59 294 € | - |
| 41 | 0 € | 20 540 € | 11 937 € | 5 895 € | 5 895 € | - |
| 42 | 0 € | 20 951 € | 12 175 € | 5 767 € | 5 767 € | - |
| 43 | 0 € | 21 370 € | 12 419 € | 5 643 € | 5 643 € | - |
| 44 | 0 € | 21 797 € | 12 667 € | 5 521 € | 5 521 € | - |
| 45 | 0 € | 22 233 € | 12 921 € | 5 402 € | 5 402 € | - |
| 46 | 0 € | 22 678 € | 13 179 € | 5 285 € | 5 285 € | - |
| 47 | 0 € | 23 131 € | 13 443 € | 5 171 € | 5 171 € | - |
| 48 | 0 € | 23 594 € | 13 711 € | 5 060 € | 5 060 € | - |
| 49 | 0 € | 24 066 € | 13 986 € | 4 950 € | 4 950 € | - |
| 50 | 0 € | 24 547 € | 14 265 € | 4 844 € | 4 844 € | - |
| Gesamt: | | | | | 1 502 060 € | 72 940 € |

Hamburg, 18.02.2022

N 12, [REDACTED]

☎: 7888 – 82211

An

E 1 [REDACTED]

Weg Nr. 396, RWBA Diekmoor

Stellungnahme zur Hydraulik E-2022-69

Anfrage

Vor dem Auslass des RW-Einzugsgebietes 56620016 in das RHB 6512 Diekmoor des Bornbachs soll eine Regenwasserbehandlungsanlage (RWBA) angeordnet werden. Der zulässige Aufstau der Anlage ist zu bestimmen.

Hydraulische Situation

Über den Auslass wird im Wesentlichen die Fritz-Schumacher-Siedlung entwässert. Trotz des vergleichsweise geringen Versiegelungsgrades der Siedlung sind insbesondere das Hauptvorflutziel des Einzugsgebietes im Verlauf Hohe Liedt / Laukamp aber auch die Siele in der Tangstedter Landstraße und die Verbindungen Wattkorn und Timmerloh hydraulisch überlastet. Rechnerischer Schachtüberstau tritt vor allem in der Tangstedter Landstraße zwischen Hoher Liedt und Immenhöven sowie in der Hohen Liedt zwischen Tangstedter Landstraße und Laukamp auf. Die Überlaufhäufigkeiten bleiben aber überall im Bereich des Zulässigen. Rund um die rechnerisch überstauten Schächte sind allerdings zahlreiche überflutungsbedingte Feuerwehreinsätze gemeldet worden.

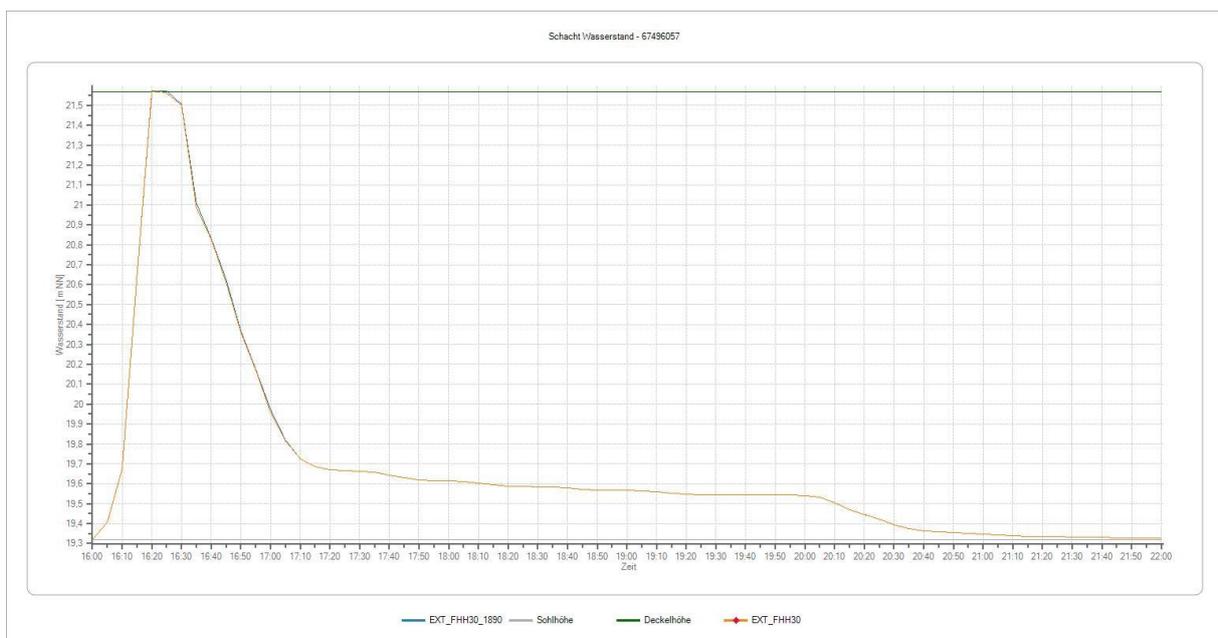
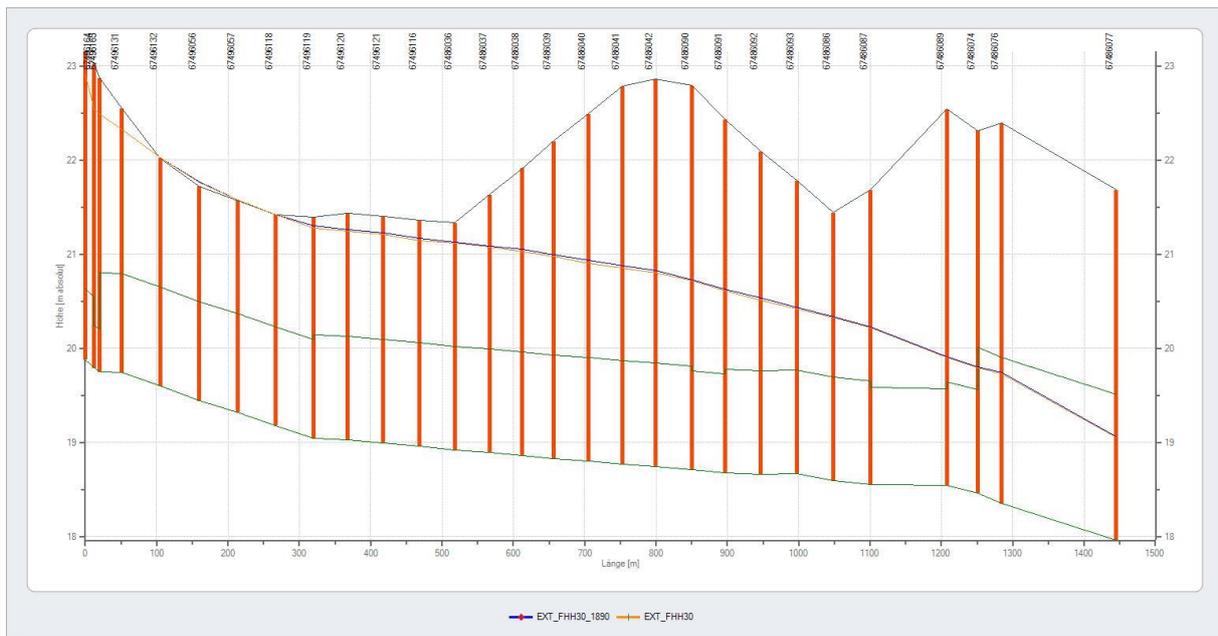
Südlich der Straße Immenhöven ist die hydraulische Situation in der Fritz-Schumacher-Siedlung entspannt. Gleiches gilt für das außerhalb der Siedlung liegende Teileinzugsgebiet Diekmoor. Im äußersten Norden des Einzugsgebietes entlang der Tangstedter Landstraße nördlich Hohe Liedt tritt wiederum rechnerischer Schachtüberstau auf und es sind einige Feuerwehreinsätze gemeldet worden.

Auswirkungen des Aufstaus der geplanten RWBA

In der Regel wird die Auswirkung des Aufstaus bewertet, indem die RWBA im Modell abgebildet wird. Da die Dimensionierung zum derzeitigen Stand der Planung noch nicht bekannt ist, wurde mit einem festen Außenwasserstand am Auslass gerechnet. Damit ist der Aufstau während der gesamten Simulationsdauer vorhanden und nicht erst wenn der Speicher der RWBA gefüllt ist und die Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet in der Regel schon deutlich zurückgegangen sind. Damit wird sozusagen das Worst-Case-Szenario abgebildet.

Die Simulationen haben gezeigt, dass sich die hydraulische Situation im Einzugsgebiet verschlechtern wird – aber nur marginal. Die Schachtüberstauvolumina in der Hohen Liedt steigen z. B. beim dreißigjährigen Modellregen um maximal 10 % an. Ursache ist also nicht der Rückstau aus der RWBA sondern die zu geringe Ableitungskapazität einzelner Haltungen, wie der Längsschnitt in Abb.1 verdeutlicht. Hier liegen die Kurven für den Istzustand und die Simulation mit einem Außenwasserstand am Auslass fast deckungsgleich übereinander. Gleiches gilt für die Wasserstände im Schacht 67496057 in der Hohen Liedt. Damit spricht aus hydraulischer Sicht nichts gegen die geplante RWBA.

Abb 1.: Belastungslängsschnitt FHH30 von Tangstedter Landstraße / Hohel Liedt bis zum Auslass



Ausblick

Für die Erstellung dieser Stellungnahme ist das Modell im RW-Einzugsgebiet 56620016 überarbeitet worden. Dabei ist festgestellt worden, dass die einzelnen, flächenmäßig großen Flurstücke in der Regel über jeweils einen RW Hausanschluss DN 200 bis DN 400 an häufig nicht unwesentlich größere Siele angeschlossen sind. Über das nicht zu vernachlässigende Volumen in den vorgeschalteten Grundstücksentwässerungsleitungen ist nichts bekannt. Daher sollte im Rahmen der weiteren Planung auf die Genossenschaft der Fritz-Schumacher-Siedlung Langenhorn eG zugegangen werden, mit den Zielen

1. Pläne der Grundleitungen zur Verfügung gestellt bekommen
2. zu eruieren, ob Bereitschaft besteht Teilflächen abzukoppeln

Nachrichtlich für [REDACTED]

Auf Höhe Wattkorn gibt es keinen Auslass. Die Fließpfeile Beschriftungen der zu dem Schacht zuführenden Haltungen sind gedoppelt, das gilt auch für das Regensiel DN 1100 sowie die zum danebenliegenden Schmutzwasserschacht führenden Siele DN 200 und DN 250. Das hat vermutlich etwas damit zu tun, dass der Schacht aus mehreren Kammern besteht.

Mit freundlichen Grüßen

([REDACTED])

Gewässerbezogene Regenwasserstudie Bornbach

Anhang H: Abkürzungen und Definitionen

Tab. 1: Abkürzungen und Definitionen

| Begriff | Definition |
|------------------|---|
| AD | Advektion-Diffusion |
| AFS63 | Abfiltrierbare Stoff < 63 Mikrometer |
| BSB ₅ | Biologischer Sauerstoffbedarf über fünf Tage |
| BUKEA | Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft |
| BWK | Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau |
| DTV | Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken |
| DWA | Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. |
| EG-WRRL | Europäische Wasserrahmenrichtlinie |
| EPK | Emissionspotenzialkarte |
| EZG | Einzugsgebiet |
| FHH | Freie und Hansestadt Hamburg |
| FHH00001-Gebiete | Befestigte Teilflächen, welche nicht an ein Sielsystem angeschlossen sind |
| HDR | Hydrodynamischer Rechenkern |
| HQ ₁ | Einjähriger Hochwasserabfluss im langjährigen, statistischen Mittel |
| HQ ₂ | Zweijährlicher Hochwasserabfluss im langjährigen, statistischen Mittel |
| HRB | Hochwasserrückhaltebecken |
| HSE | Hamburger Stadtentwässerung |
| KOSTRA | Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung |
| LHO | Landeshaushaltsordnung |
| LIG | Landesbetrieb Immobilienmanagement und Grundvermögen |
| LSBG | Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer |
| MNQ | Mittlerer Niedrigwasserabfluss |
| N-A Modell | Niederschlag-Abfluss Modell |
| O ₂ | Sauerstoff |
| OGewV | Oberflächengewässerverordnung |
| PEP | Pflege- und Entwicklungsplan |
| pnat | Potenziell naturnaher Zustand |
| RBF | Retentionsbodenfilter |
| RHB | Rückhaltebecken |
| RRB | Regenrückhaltebecken |
| RWBA | Regenwasserbehandlungsanlage |
| SEZG | Sieleinzugsgebiete |
| SH | Schleswig-Holstein |
| WHG | Wasserhaushaltsgesetz |
| ψ | Abflussbeiwert |