

ARGE LuneDelta-suc

SWECO 

urbanegestalt
PartGmbH



cityförster
architecture + urbanism

Entwurfsplanung

Erschließung des Gewerbegebietes Lune Delta, Green Economy Bremerhaven

Auftraggeber:
BIS Bremerhavener Gesellschaft für
Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH
Im Namen der BEAN - Bremerhavener
Entwicklungsgesellschaft Alter/ Neuer Hafen

Erläuterungsbericht

Teil C, Planung der Wasserwirtschaft

März 2023

ARGE Lunedelta-suc

c/o Sweco GmbH
Karl-Ferdinand-Braun Str. 9
28359 Bremen

T +49 421 2032-6
F +49 421 2032-747
E info@sweco-gmbh.de
W www.sweco-gmbh.de

Impressum

Auftraggeber: BIS Bremerhavener Gesellschaft für
Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH

Im Namen der BEAN mbH

Auftragnehmer: **ARGE LuneDelta-suc**
(Sweco GmbH, urbanegestalt PartGmbH,
CITYFÖRSTER architecture + urbanism)

Karl-Ferdinand-Braun- Str. 9
28359 Bremen

Bearbeitung:



Bearbeitungszeitraum: Juli 2019 – März 2023

Inhaltsverzeichnis

Literaturverzeichnis	4
C. Planung der Wasserwirtschaft	1
C.1 Grundlagen	1
C.1.1 Örtliche Verhältnisse	1
C.1.1.1 Lage und Abgrenzung des Planungsraumes	1
C.1.1.2 Wasserwirtschaftliche Verhältnisse	3
C.1.1.3 Boden- und Grundwasser	5
C.1.2 Anforderungen für eine nachhaltige wasserwirtschaftliche Planung gemäß DGNB	6
C.1.3 Anforderungen des Landes Bremen hinsichtlich Klimaanpassungsstrategien und Regenwasserbewirtschaftung	7
C.2 Bewertung des Vorfluters gemäß Wasserrahmenrichtlinie	8
C.3 Wasserwirtschaftliche Planung	10
C.3.1 Vorhergegangene Planungen und Abstimmungen	10
C.3.2 Planung des Regenrückhaltebeckens	11
C.3.2.1 Bemessungsgrundlagen Regenrückhaltebecken	13
C.3.2.2 Bemessung und Nachweis des Regenrückhaltebeckens, B-Plan I	13
C.3.2.3 Bemessung und Nachweis des Regenrückhaltebeckens, B-Plan I und II	19
C.3.2.4 Bemessung und Nachweis des Regenrückhaltebeckens, B-Plan I, II und III	21
C.3.3 Nachweis der Sicherheit gegen Überflutung von Grundstücken	23
C.3.4 Konzeption der Zuwässerung	24
C.3.5 Ermittlung des erforderlichen Zuwässerungsbedarfs	24
C.3.6 Herstellung einer Fischdurchgängigkeit	25
C.3.7 Gesetzliche Grundlagen	25
C.4 Niederschlagsentwässerung der Verkehrsflächen	27
C.4.1 Planungsgrundsätze und Berechnungsgrundlagen	27
C.4.2 Behandlung des Regenwassers	27
C.4.3 Bemessung der Versickerungsanlagen	30
C.5 Zusammenfassung	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage und Abgrenzung des Bearbeitungsgebietes [2], bearb. Sweco GmbH	2
Abbildung 2: Darstellung - wasserwirtschaftliches Gesamtsystem [3], bearb. Sweco GmbH	3
Abbildung 3: Darstellung - wasserwirtschaftliches System Luneplate [3], bearb. Sweco GmbH	4
Abbildung 4: Piktogramm – Regenrückhaltebecken	18
Abbildung 5: Piktogramm – Straßenentwässerung	34
Abbildung 6: Piktogramm – Regenwassermanagement	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Größe der Einzugsflächen – Regenrückhaltebecken, B-Plan I	14
Tabelle 2: Übersicht Regenabflussparameter nach Einzugsflächen - Regenrückhaltebecken	14
Tabelle 3: Übersicht Größe der Einzugsflächen – Regenrückhaltebecken, B-Plan I und II	19
Tabelle 4: Übersicht Größe der Einzugsflächen – Regenrückhaltebecken, B-Plan I, II und III	21
Tabelle 5: Abflussbelastung – Verkehrsflächen	28
Tabelle 6: Flächenbelastung für Muldenversickerung	29
Tabelle 7: Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse - Mulden	31
Tabelle 8: Übersicht erforderlicher Notüberläufe für die Straßenmulden	32

Anhangsverzeichnis

- Anhang W-1.1 Bemessung Regenrückhaltebecken, Umsetzung B-Plan I
- Anhang W-1.2 Bemessung Regenrückhaltebecken, Umsetzung B-Plan I und II
- Anhang W-1.3 Bemessung Regenrückhaltebecken, Umsetzung B-Plan I, II und III
- Anhang W-2.1 Bemessung Mulden – Verkehrsanlagen
- Anhang W-2.2 Bemessung Mulden - M-Warften
- Anhang W-2.3 Bemessung Mulden - S-Warften
- Anhang W-3 Variantenbetrachtung - Ermittlung Dauerwasserstand
- Anhang W-4 Auszug aus KOSTRA-DWD-2020 Bremerhaven

Planverzeichnis

- VFA-3-W-LP-01_01 Lageplan, Regenrückhaltebecken - Umsetzung B-Plan I
- VFA-3-W-LP-01_02 Lageplan, Regenrückhaltebecken - Umsetzung B-Plan I und II
- VFA-3-W-LP-01_03 Lageplan, Regenrückhaltebecken - Umsetzung B-Plan I, II und III
- VFA-3-W-LP-02_01 Lageplan, Einzugsflächen Regenrückhaltebecken - Umsetzung B-Plan I
- VFA-3-W-LP-02_02 Lageplan, Einzugsflächen Regenrückhaltebecken - Umsetzung B-Plan I u. II
- VFA-3-W-LP-02_03 Lageplan, Einzugsflächen Regenrückhaltebecken - Umsetzung B-Plan I, II u. III

Literaturverzeichnis

- [1] Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, „www.gis.umwelt.bremen.de,“ [Online]. [Zugriff am 26.04.2019].
- [2] „www.openstreetmap.de,“ [Online]. [Zugriff am 20.05.2019].
- [3] Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, „www.umweltkarten-niedersachsen.de,“ Januar 2020. [Online].
- [4] Grontmij GmbH, „Geplantes Gewerbegebiet Luneplate- Schutzstreifen; Entwurfsplanung mit landschaftspflegerischem Begleitplan als Grundlage für ein wasserrechtliches Verfahren, Teil 1: Wasserrechtliche Entwurfsplanung,“ 2013.
- [5] Umweltschutzamt Bremerhaven, Wasserbehörde 58/47, „Hydrologie, hydraulische Grundlage und historische Entwicklung der Lune,“ 2014.
- [6] BPR Beraten / Planen / Realisieren im Auftrag der BIS Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung, „Entwässerungskonzept, Erschließung Luneplate; Erschließung zur Nutzung durch Offshore Windenergieanlagenbauer,“ 2014.
- [7] Umtec, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, „Baumaßnahme: Gewerbegebiet Lunedelta - Green Economy, Geotechnischer Bericht zur Baugrunderkundung und Gründungsbeurteilung,“ März 2020.
- [8] Planungsbüro TESCH und KÜFOG GmbH, „Integrierter Pflege- und Managementplan (IPMP) Luneplate 2014“.
- [9] Herausgeber: Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr und das Umweltschutzamt, Klimastadtbüro Bremerhaven, „Klimaanpassungsstrategie Bremen und Bremerhaven,“ Bremen, Januar 2018.
- [10] Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Freie Hansestadt Bremen, „Merkblatt für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung; Empfehlungen und Hinweise für eine zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung und eine Überflutungsvorsorge bei extremen Regenereignissen in Bremen,“ Veröffentlichungsdatum nicht bekannt.
- [11] Der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Freie Hansestadt Bremen, „Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie im Land Bremen, detaillierte Beschreibung der Gewässer mit Einzugsgebieten > 10 km²,“ März 2014.
- [12] ARGE LuneDelta-suc, „Erschließung des Gewerbegebietes Lune Delta, Green Economy Bremerhaven; Erläuterungsbericht, Teil C, Planung der Wasserwirtschaft - Vorplanung,“ 16.08.2019.
- [13] CITYFÖRSTER architecture + urbanism und urbanegestalt Part GmbH im Auftrag der BIS Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung, „Lune Delta, Entwicklungsprinzipien,“ 2018.
- [14] ARGE LuneDelta-suc, „Erschließung des Gewerbegebietes Lune Delta, Green Economy Bremerhaven; Erläuterungsbericht, Teil C, Planung der Wasserwirtschaft - Ergänzung der Vorplanung,“ 13.11.2020.

C. Planung der Wasserwirtschaft

C.1 Grundlagen

C.1.1 Örtliche Verhältnisse

C.1.1.1 Lage und Abgrenzung des Planungsraumes

Der Planungsraum liegt in Bremerhaven im Bereich des Weserästuars auf der „Großen Luneplate“, einer ehemaligen Weserinsel im Stadtteil Fischereihafen. Das Gebiet ist Teil des Bundeslandes Bremen.

Die „Luneplate“ wird im Westen und Nordwesten von der „Weser“ bzw. dem Weserdeich und im Süden und Südosten von einem Altarm der „Weser“, der „Alten Weser“ begrenzt. Im Nordosten bildet die „Alte Lune“ die natürliche Grenze (siehe Abbildung 1). Die „Alte Lune“ ist ein Seitenarm der „Lune“. Die Weserinsel „Große Luneplate“ bestand bis in das 19. Jahrhundert. Die „Alte Weser“ war Teil des Weserarms, der die „Große Luneplate“ östlich umschließt.

Der Planungsraum wird derzeit landwirtschaftlich genutzt. Die wasserwirtschaftlichen Anlagen und Funktionen sind darauf abgestimmt. Die Geländehöhen im Planungsgebiet weisen eine nur geringe Reliefausbildung auf und liegen im Mittel bei etwa +1,60 m. ü. NHN.

Der westliche Teil der „Luneplate“ wurde in den letzten Jahren durch Umsetzung von landschaftspflegerischen Maßnahmen, mit der Funktion einer naturschutzfachlichen Kompensation für unterschiedliche Bauvorhaben ausgebaut und naturnah entwickelt. Das Gebiet hat eine herausragende Bedeutung als Rastgebiet für nordische Gänse und als Brutgebiet für Wiesenvögel und Röhrichtbrüter. Die Flächen bilden das Naturschutzgebiet Luneplate. Außendeichs grenzt das FFH-Gebiet „Weser bei Bremerhaven“ an das Planungsgebiet [1].

Wie in Abbildung 2 dargestellt gliedern sich die Kompensationsmaßnahmen in drei Abschnitte. Östlich, unmittelbar angrenzend an das Planungsgebiet, wurde eine im Mittel ca. 500 m breite Freifläche als „Schutzstreifen“ oder auch „östliche Erweiterung des Kompensationsraumes Luneplate“ genannt, hergerichtet. Daran schließen die Kompensationsflächen „Grünland“ und schließlich „Tidepolder“ an. Träger der Kompensationsmaßnahmen waren die Fischereihafen-Betriebsgesellschaft mbH, die Stadt Bremerhaven und bremenports. Die Zuständigkeit und die Unterhaltung liegen teilweise auch heute noch bei bremenports.



Abbildung 1: Lage und Abgrenzung des Bearbeitungsgebietes [2], bearb. Sweco GmbH

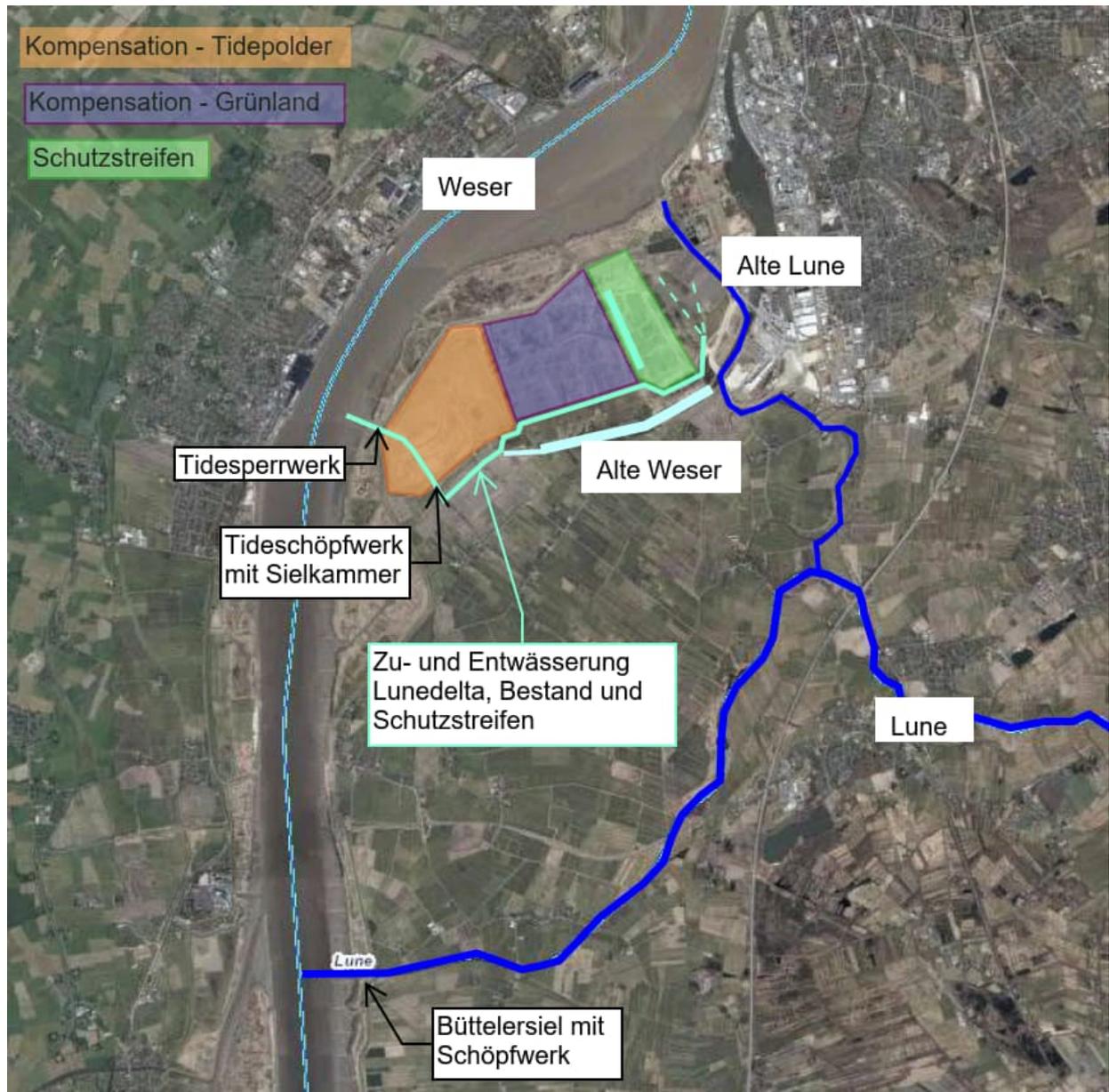


Abbildung 2: Darstellung - wasserwirtschaftliches Gesamtsystem [3], bearb. Sweco GmbH

C.1.1.2 Wasserwirtschaftliche Verhältnisse

Die Grünlandflächen sind marschentypisch von einem Netz aus Haupt- und Nebengräben durchzogen, welche die Zu- und Entwässerung der Flächen gewährleisten und zudem teilweise eine viehkehrende Funktion für die Weidewirtschaft erfüllen.

Die Entwässerung der „Luneplate“ erfolgt generell über den als Kompensationsmaßnahme angelegten Tidepolder (siehe Abbildung 2). Dieser ist mit einem Tidesperrwerk zur „Weser“ hin gegen Hochwasser gesichert. Ein Tideschöpfwerk mit Sielkammer erlaubt die Steuerung der Wasserstände in den Flächen oberhalb des Tidepolders. Durch die Sielkammer kann bei Tidehochwasser eine Zuwässerung aus der „Weser“ in die „Luneplate“ durchgeführt werden. Die Zu- und Entwässerung erfolgt im Bestand für die gesamte „Luneplate“ über den, in Abbildung 3 dargestellten, Verbindungsgraben.



Abbildung 3: Darstellung - wasserwirtschaftliches System Luneplate [3], bearb. Sweco GmbH

Im Zuge der östlichen Erweiterung des Kompensationsraumes „Luneplate“, um den „Schutzstreifen“, hat eine Anpassung des Wassermanagements auf der „Großen Luneplate“ durch bauliche Maßnahmen am Grabensystem sowohl im Bereich des „Schutzstreifens“ als auch im angrenzenden Kompensationsraum, stattgefunden [4]. In Verbindung mit der naturnahen Entwicklung der Freifläche sind für den „Schutzstreifen“ Mindestwasserstände, die über den Jahresverlauf leicht variieren festgelegt worden. Der Winterwasserstand wurde zu $WS_{\text{Winter}} = +1,4 \text{ m. ü. NHN}$ und der Sommerwasserstand zu $WS_{\text{Sommer}} = +1,2 \text{ m. Ü. NHN}$ festgelegt. Zur Realisierung dieser Wasserstände ist eine Zuwässerung in das Gebiet des „Schutzstreifens“ mittels Windschöpfanlagen erforderlich. Das benötigte Wasser wird über den Verbindungsgraben in den Speichergaben innerhalb der Kompensationsfläche geleitet und von hier in den „Schutzstreifen“ gehoben. Nach Angaben von bremenports (Abstimmungstermin vom 10.03.2020) soll die Zuwässerung durchschnittlich ca. 8-mal pro Jahr für ca. 5 -14 Tage erfolgen. Die maximale Zuwässerungshöhe beträgt dabei $+1,1 \text{ m. ü. NHN}$, da bei größeren Zuwässerungshöhen u.a. Keller und Kläranlagen in der Siedlung „Auf der Jührde“ volllaufen würden. Durch das Wasserspiegelgefälle kann der Wasserstand im Bereich des Stau 3 noch ungefähr eine Höhe von $+0,9 \text{ m. ü. NHN}$ erreichen. Ist der Speichergaben gefüllt, schließt sich der Stau 2, so dass das Wasser im Speichergaben aufgestaut bleibt. Wie der Abbildung 3 zu entnehmen ist, befindet sich im Übergangsbereich zum zukünftigen Lune Delta ebenfalls ein Staubauwerk. Dieses dient dazu nach der Zuwässerung, für die Landwirtschaft, ein Absinken des Wasserstandes im oberhalb liegenden Gebiet zu verhindern.

Der Verbindungsgraben ist nicht aufgestaut und läuft nach der Zuwässerung wieder leer. Die Grabensohle liegt bei ca. $0,00 \text{ m. ü. NHN}$ mit einer Wasserstandshöhe im Graben von rd. 10 cm . Die „Alte Weser“ wird ebenfalls über das Siel am Tidepolder reguliert. Mittels eines Staubauwerks wird ihr Wasserstand ungefähr bei $+0,8 \text{ m. ü. NHN}$ gehalten.

Nach Angaben von bremenports (Abstimmungstermin vom 10.03.2020) ergaben sich in den letzten

Jahren Schwierigkeiten bei der Zuwässerung. Dies lag zum einen an den sehr trockenen Sommern und zum anderen daran, dass das Gebiet der Bullenplatte, welches in unmittelbarer Nähe zum Schöpfwerk und Siel am Tidepolder liegt, sehr geringe Geländehöhen aufweist. Wird der Wasserstand in den Gräben bei der Zuwässerung zu stark angehoben drohen auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen der Bullenplatte Schäden durch Überschwemmungen.

Die dargestellte Anbindung des Verbindungsgrabens an das Gebiet des zukünftigen Lune Deltas wurde erst im Zuge der Herstellung des „Schutzstreifen“ realisiert. Zuvor waren die Grabensysteme des „Schutzstreifens“ und des aktuellen Plangebietes miteinander verbunden. Durch die Herstellung einer Verwallung zwischen den Kompensationsflächen und dem geplanten Gewerbegebiet wurden die Gräben, die beide verbunden haben, hydraulisch getrennt.

Um die Be- und Entwässerung der Flächen des geplanten Gewerbegebietes Lune Delta zu gewährleisten, wurde um das südliche Ende des „Schutzstreifens“ herum ein neuer Graben erstellt bzw. vorhandene Gräben ertüchtigt (siehe Anlage VFA-3-W-LP-01, „neu geschaffener Zu- und Entwässerungsgraben“). Weiterhin wurden in drei Teilbereichen der Fläche des zukünftigen Lune Deltas neue Grabenverbindungen geschaffen. Vorhandene Grabenanbindungen an die „Alte Weser“ wurden getrennt.

Über die beschriebene Zu- und Entwässerungssituation hinaus grenzt mit der „Alten Lune“ ein leistungsstarker Vorfluter an das Planungsgebiet.

Die „Alte Lune“ stellt einen Abschnitt im Unterlauf der „Lune“, einem rechtsseitigen Zulauf der „Weser“ mit einem Einzugsgebiet von ca. 380 km², dar [5]. Bereits in den 1920er Jahren fand eine erste Verlegung der „Lune“ von ihrer Mündung in die „Weser“ zum „Neuen Lunesiel“ statt, welches unmittelbar nordöstlich am Planungsgebiet liegt. In den 80er Jahren wurde der Unterlauf der „Lune“ erneut verlegt und an der Mündung der „Neuen Lune“ in die „Weser“ das Lunesiel bei Büttel, ein Schöpfwerk mit kombiniertem Siel, errichtet [5]. Das „Neue Lunesiel“ wurde daraufhin zurückgebaut, der Weserdeich geschlossen und die Fließrichtung in der sogenannten „Alten Lune“ in Richtung des Lunesiels bei Büttel umgekehrt [5]. Über das Lunesiel bei Büttel erfolgt die Zu- und Entwässerung der „Alten Lune“. Im Anschlussbereich der „Alten Lune“ an die „Lune“ besteht eine Sohlschwelle, die eine Durchgängigkeit des Gewässers stark beeinträchtigt.

Die Wasserstände in der „Alten Lune“ werden nach [5] bzw. [6] wie folgt angegeben:

Höchster Wasserstand: HHW= -0,5 m. ü. NHN

Mittlerer Wasserstand: MW= -1,2 m. ü. NHN

Niedrigster Wasserstand: NNW= -1,5 m. ü. NHN

C.1.1.3 Boden- und Grundwasser

Gemäß der Baugrunduntersuchung „Baumaßnahme: Gewerbegebiet Lunedelta – Green Economy“ [7] steht im Planungsgebiet oberflächennah Mutterboden in einer Mächtigkeit von 0,1 bis 0,7 m an. Im östlichen Bereich des Planungsgebietes wurde Oberboden aus einer nahegelegenen Baumaßnahme mit einer Mächtigkeit von 0,3 bis 1,0 m aufgebracht. Unterlagert wird die oberste Schicht gemäß Baugrunduntersuchung von Kleiböden als überwiegend humose, tonige bis feinsandige Schluffe, deren Tonanteil mit zunehmender Tiefe abnimmt. Lokal liegen Feinsandbänder in den Kleischichten vor. Die Kleimächtigkeit variiert im Planungsraum von 2,0 bis 15,0 m. Gefolgt wird diese von holozänen Wattsanden, die teilweise mit Schluffbändern und dünnen Torfstreifen durchzogen sind. Im südlichen Untersuchungsgebiet werden die Wattsande von Kleiböden und Torfschichten unterlagert. Ab ca. 13,0 bis 23,0 m unter GOK stehen gemäß Baugrunduntersuchung pleistozäne Sande an.

Die unterlagernden Sande bilden den Hauptgrundwasserleiter, der einen gespannten Grundwasserhorizont aufweist. Die gering durchlässigen oberflächennahen Schichten wirken als Grundwasserstauer. Im Bereich von sandigen Zwischenschichten oder Auffüllungen ist mit stauendem Schichtenwasser zu rechnen. In Abhängigkeit von der Entwässerungssituation kann davon ausgegangen werden, dass sich das Schichtenwasser bis zur Geländeoberkante aufstaut.

Im Zuge der Baugrunduntersuchung wurden insgesamt 5 Grundwassermessstellen mit einer Tiefe von 25,0 bis 27,50 m eingerichtet. Bei Stichtagsmessungen zwischen November 2019 und März 2020 wurden Grundwasserstände zwischen +0,27 und +0,60 m ü. NHN festgestellt [7].

Dem integrierten Pflege- und Managementplan Luneplate 2014 [8] kann entnommen werden, dass im Rahmen der Ausführungsplanung für die CT III-Kompensation der Durchlässigkeitsbeiwert an zwei ungestörten Proben in den obersten 2,0 m des anstehenden Bodens ermittelt wurde. Der Durchlässigkeitsbeiwert wurde zu $k_f \leq 1,0 \times 10^{-10}$ m/s bestimmt. Entsprechend ist die Wasserleitfähigkeit des Bodens sehr gering.

C.1.2 Anforderungen für eine nachhaltige wasserwirtschaftliche Planung gemäß DGNB

Das Bauvorhaben Lune Delta strebt eine Zertifizierung nach dem Nutzungsprofil „DGNB Gewerbequartier GQ16“ an. Für die Zertifizierung werden Nachhaltigkeitsanforderungen durch die DGNB definiert, die in der Planung Berücksichtigung finden müssen. Das grundsätzliche System ist im Erläuterungsbericht der Entwurfsplanung, Teil A - Darstellung des Vorhabens in Kapitel A.2 erläutert.

Durch die DGNB wurde ein Pflichtenheft mit der Definition der Kriterien, welche die Planung erfüllen muss, erstellt.

Für die Planung der Wasserwirtschaft und insbesondere das Regenwassermanagements ist in dem Pflichtenheft der Abschnitt Wasserkreislaufsystem zu betrachten. Folgende Anforderungen an das Wasserkreislaufsystem werden definiert:

1. Das Wassermanagementsystem ist in die Planung zu integrieren und für die Nutzer des Quartiers sichtbar zu machen.
2. Es sind Verdunstungsflächen, Wasserspeicher und Retentionsräume zu schaffen.
3. Rückhaltebecken, Überflutungs- und Retentionsflächen sind als Teil des Grabensystems zu planen.
4. Die Bewässerung der Freiflächen soll aus den Gräben und Brauchwasserspeichern erfolgen können.
5. Nutzung von Regenwasser in den Gebäuden.

Weiterhin wird im Pflichtenheft darauf hingewiesen, dass der Gewässer- und Bodenschutz durch Maßnahmen auch im Havarie- oder Störfall gegeben sein soll.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein oberirdisches System für die Ableitung, Sammlung und Retention des Niederschlagswassers besser bewertet wird. Weiterhin sollte möglichst viel Niederschlagswasser zurückgehalten und dabei dezentral im Plangebiet verteilt werden, um die Verfügbarkeit des Niederschlagswassers für die Bewässerung oder die Nutzung in den Gebäuden zu ermöglichen.

C.1.3 Anforderungen des Landes Bremen hinsichtlich Klimaanpassungsstrategien und Regenwasserbewirtschaftung

Die Klimaanpassungsstrategie des Landes Bremen [9] ist ein Strategiepapier aus dem Jahr 2018 welches mit dem Klimaschutz- und Energiegesetz durch den Senat der Hansestadt Bremen beauftragt worden ist.

Das Strategiepapier gliedert sich in zwei Abschnitte, Teil A die Klimaanpassungsstrategie für die Stadtgemeinden Bremen und Bremerhaven sowie für das Land Bremen als Gesamtheit. Der Teil B hat den Titel „Detailergebnisse der Strategieentwicklung“.

Für die hier vorliegende Betrachtung der Planung für die Wasserwirtschaft lässt sich aus diesem Strategiepapier die Schlüsselmaßnahme BHV 2 heranziehen, diese befasst sich mit der Regenwasserbewirtschaftung für die Stadtgemeinde Bremerhaven. Konkrete Anforderungen lassen sich aus dieser Maßnahme aber noch nicht ableiten, da in dieser zwar Ziele formuliert werden, aber hierfür eine Arbeitsgruppe, unter Federführung des Umweltschutzamtes und der Wasserbehörde, mit der konkreten Ausarbeitung beauftragt ist. Besonders zu beachten ist dabei, dass das hier zu erschließende Gewerbegebiet Lune Delta als ein Modellprojekt für diese Schlüsselmaßnahme aufgeführt wird.

Die Ziele des Schlüsselprojekts lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Identifizierung ungenutzter Retentionspotentiale, sowohl im Entwässerungsnetz als auch in öffentlichen Freiräumen und Gewässern,
- Verbesserung der Steuerung und Ausnutzung freier Kapazitäten im Kanalnetz,
- Naturnahe Umgestaltung von Gewässern und Reaktivierung von Gräbern zur Retention von Starkregenereignissen unter Beachtung ökologischer Standards,
- Identifizierung von Verkehrs- und Freiflächen als temporäre Rückhalteräume bei Starkregenereignissen, unter Berücksichtigung der Anforderungen der Verkehrssicherheit und
- Prüfung der Möglichkeiten und Grenzen für Hinweise und ggf. verbindliche Festsetzungen für den Umgang mit Regenwasser im Rahmen der Bauleitplanung.

In der vorliegenden Planung werden die im Strategiepapier formulierten Ziele, sofern diese mit dem Projektinhalt übereinstimmen, berücksichtigt.

Weiterhin verweist die Ausarbeitung zur Klimaanpassungsstrategie des Landes Bremen [9] auf das Projekt KLAS (KLimaAnpassungsStrategie – Extreme Regenereignisse), welches die Grundlage für mehrere Schlüsselmaßnahmen bildet.

Das Merkblatt für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung, Empfehlungen und Hinweise für eine zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung und eine Überflutungsvorsorge bei extremen Regenereignissen in Bremen [10] wurde durch den Senator für Umwelt, Bau und Verkehr (SUBV) veröffentlicht. Das Merkblatt entstand im Rahmen des Projektes KLAS (KLimaAnpassungsStrategie – Extreme Regenereignisse) unter Beteiligung des Umweltschutzamtes, der Entsorgungsgesellschaft und der Entsorgungsbetriebe der Stadt Bremerhaven. Als Anlass für das Projekt wurden die heftigen Regenfälle des Sommers 2011 benannt, die in der Stadt Bremen zu überfluteten Kellern, erheblichen Sachschäden und zeitweiligen Überschwemmungen von Unterführungen und Straßen führten.

Das benannte Ziel ist eine Klimaanpassungsstrategie bezüglich extremer Regenereignisse, die helfen soll das Bundesland Bremen gegen das Risiko solcher Regenfälle zu wappnen. Das Merkblatt [10] soll als Arbeits- und Orientierungshilfe für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung dienen und durch praxisorientierte Hinweise zur Berücksichtigung von Belangen des urbanen Überflutungsschutzes führen. Konkrete Vorgaben für die Bemessung von wasserwirtschaftlichen Anlagen beinhaltet das Merkblatt nicht.

Das Merkblatt [10] beinhaltet eine umfangreiche Auflistung von Maßnahmenpotenzialen. An erster Stelle ist hier eine wassersensible Gestaltung öffentlicher Verkehrs- und Freiflächen zu erwähnen, die das Ziel hat, durch dezentrale Regenwasserbewirtschaftung Abflussspitzen in Gewässern zu vermeiden und dem Ziel eines naturnahen hydrologischen Kreislaufs möglichst nahe zu kommen. Innerhalb der möglichen Maßnahmen ist prioritär die Vermeidung oder Abminderung von Abflüssen durch eine möglichst geringe Flächenversiegelung zu sehen. Die verbleibenden Abflüsse sollten möglichst dezentral, oberirdisch gesammelt, gespeichert und abgeleitet werden. Hierbei ist eine Versickerung vor Ort gegenüber anderen Maßnahmen immer zu bevorzugen, wenn es die Bodenverhältnisse erlauben und der Grundwasserabstand ausreichend groß ist. Weiterhin sollte der Einsatz eines Regenwasserkanals möglichst vermieden werden, da eine offene Ableitung, aus Sicht der Starkregenvorsorge, sinnvoll ist.

Die Sicherung und Schaffung von Retentionsflächen gelten als besonders wirkungsvolle Maßnahme, insbesondere wenn die Bodenverhältnisse eine vollständige Versickerung nicht zulassen. Regenabflüsse aus dem Einzugsgebiet werden zwischengespeichert, teilweise versickert oder verdunstet und anschließend gedrosselt in ein Gewässer eingeleitet. Auf diesem Wege wird eine hydraulische Überlastung des Gewässers vermieden und das Kleinklima im Gebiet günstig beeinflusst. Ein kontrollierter Überlauf bei Vollfüllung ist hierbei die Regel.

Bei beengten Verhältnissen, wie sie in Innenstädten vorkommen, lässt sich die Überflutungsvorsorge auch durch eine gezielte Mehrfachnutzung von Flächen realisieren. Verkehrs- und Freiflächen können so umgestaltet werden, dass sie bei Extremereignissen als Fließwege oder als temporäre Zwischen-Stau-Räume genutzt werden können.

Vertieft auseinandersetzt hat sich das Merkblatt [10] mit der Problematik, dass Regenwasserkanäle nur für fünf- bis zehn-jährliche Ereignisse ausgelegt werden und es bei selteneren Ereignissen zu einem Überstau in den Straßen kommt. Für diesen Überstau muss oberirdisch eine Lösung gefunden werden, beispielsweise durch das temporäre Einstauen von Straßen, Plätzen oder Freianlagen. Es wird zwar nicht explizit festgelegt, aber eine Auslegung dieses Einstaus für ein 30-jährliches Ereignis erscheint sinnvoll und wird ggf. im konkreten Fall von den Behörden entsprechend eingefordert.

Für die Planung der Entwässerung des Lune Deltas werden die Inhalte des Merkblattes [10] berücksichtigt.

C.2 Bewertung des Vorfluters gemäß Wasserrahmenrichtlinie

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23.10.2000 (WRRL)) legt die Umweltziele für alle europäischen Oberflächengewässer sowie das Grundwasser fest. Ziel ist der Schutz der Gewässer und der direkt von den Gewässern abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt.

Zur Umsetzung der WRRL wird ein typspezifisches Gewässer gewählt, welches als Referenz des angestrebten Zustandes dient. Dazu wird nach LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) ein Gewässertyp festgelegt, der mit dem veränderten Fließgewässer am ehesten vergleichbar ist. Für die „Alte Lune“ wurde der Referenztyp „Gewässer der Marsch“ gewählt [11]. Es handelt sich um ein anthropogen

überprägtes nicht tideoffenes Gewässer mit reduzierten Fließgeschwindigkeiten. Durch den Siel- oder Schöpfwerksbetrieb können starke Wasserstandsschwankungen und hohe Fließgeschwindigkeiten auftreten.

Hinsichtlich der biologischen Gewässergüte wurde die „Lune“ in die Güteklasse II-III „kritisch belastet“ eingestuft [5]. Dem Bericht der Wasserbehörde Bremerhaven zur „Lune“ [5] kann entnommen werden, dass der chemische Zustand nach den Umweltqualitätsnormen der Richtlinie 2008/105/EG als gut eingeschätzt wurde. Die Unterlage bezieht sich hinsichtlich des chemischen Zustandes auf eine Angabe des Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) aus dem Jahr 2009. Weiterhin wird angegeben, dass der Wasserkörper stark getrübt ist. Als mögliche Ursache wird der Eintrag von Huminstoffen aus den Moorbereichen, in Verbindung mit Nährstoffeinträgen stehende Phytoplanktonblüten sowie durch Wind und Wellenschlag aufgewirbelte Partikel genannt.

Es wird angenommen, dass das ökologische Potenzial für die „Lune“ eher als gering einzustufen ist.

Im Abstimmungstermin am 10.03.2020 wurde durch die BIS erläutert, dass mit [REDACTED] oberen Naturschutzbehörde (SKUMS) bereits im Vorfeld abgestimmt wurde, dass das neu geplante „Lune Wasser“ nicht dem Fließgewässer (Alte) Lune zuzuordnen ist und somit nicht im Fachbeitrag WRRL bewertet werden muss. Ebenso besteht entsprechend keine Verpflichtung eine Fischdurchgängigkeit zwischen den beiden Gewässern zu realisieren. Weiterhin wird keine Betroffenheit für das Gewässer „Lune“ gesehen, zumal durch die Freianlagenplanung eine Uferrenaturierung an der „Alten Lune“ vorgesehen ist.

C.3 Wasserwirtschaftliche Planung

C.3.1 Vorhergegangene Planungen und Abstimmungen

Bereits 2014 wurde durch das Ingenieurbüro BPR im Auftrag der Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung ein Entwässerungskonzept für die Erschließung der „Luneplate, Erschließung zur Nutzung durch Offshore Windenergieanlagenbauer“ erstellt [6]. Das Entwässerungskonzept wurde damals für die 150 ha große Fläche, auf der inzwischen der Gewerbe- und Industriepark Lune Delta - Green Economy geplant wird, ausgearbeitet. Ziel war es eine erste konzeptionelle Betrachtung der gegebenen und zukünftigen Entwässerungsverhältnisse auf der Basis der damaligen Erschließungsvariante vorzunehmen. Das Konzept beinhaltete schließlich eine Aufstellung der erforderlichen Rahmenbedingungen und der daraus resultierenden Maßnahmen im Umgang mit Regenwasser im Kontext der Neuerschließung von Grundstücken. Berücksichtigt wurden dabei wasserwirtschaftliche, hydraulische und ökologische Aspekte. Das Konzept diente bereits für die Aufstellung der Vorplanung [12], die diesem Bericht zugrunde liegt, als Grundlage.

Die konkreten Randbedingungen für die wasserwirtschaftliche Konzeptionierung ergaben sich aus der Berücksichtigung des Schutzgutes Wasser, dem wasserrechtlicher Vorgaben und durch gegebene Einleitungsbedingungen.

Im Zuge der Ausarbeitung fand bereits eine erste Abstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde statt. Als deren Ergebnis wurde im Konzept benannt, dass die Vorflut generell über die vorhandenen Gewässer „Alte Lune“ oder „Weser“ unter Berücksichtigung der Einleitungsbedingungen entsprechend § 10 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) bzw. Bremischen Wassergesetz (BrWG) erfolgen kann.

Weiterhin erfolgte die Abwägung, dass bei Einleitung in die „Weser“ den genehmigungsrechtlichen Anforderungen an den Deichschutz sowie den besonderen Auflagen aus dem Naturschutz, da die Erschließungsfläche innerhalb eines FFH-Gebietes im Bereich der „Weser“ liegt, genüge getan werden muss. Auf Grund der genannten Faktoren wurde schließlich eine Einleitung in die „Weser“ verworfen und die „Alte Lune“ als Vorfluter für das Planungsgebiet gewählt.

Im Zuge der laufenden Planung haben weitere Abstimmungsgespräche mit der zuständigen Wasserbehörde stattgefunden, in denen die geplante Nutzung der „Alten Lune“ als Vorfluter für das Lune Delta bestätigt wurde. Ergänzend wird darauf hingewiesen, dass in einem Abstimmungstermin mit der oberen Naturschutzbehörde (SKUMS) am 10.03.2020 auch eine Ableitung von Niederschlagswasser aus dem geplanten Lune Delta in das angrenzende Naturschutzgebiet ausgeschlossen wurde.

Für den Vorfluter „Alte Lune“ gilt nach Vorgabe der Wasserbehörde Bremerhaven eine generelle Drosselabflussspende von $1,5 \text{ l/(s*ha)}$. Für die Niederschlagswassermengen, die über den Drosselabfluss hinaus in dem Erschließungsgebiet anfallen, muss ein Rückhalt in Form eines Regenrückhaltebeckens geschaffen werden. Die Drosselabflussspende kann mit dem natürlichen Abfluss aus einem Einzugsgebiet ohne Versiegelung gleichgesetzt werden. Hintergrund für diese Auflage ist u.a., dass die „Alte Lune“ mit über die „Lune“ und damit das Schöpfwerk bei Büttel entwässert wird (siehe Abschnitt C.1.1.2). Durch die Vorgabe für den Drosselabfluss kann der Zufluss zum Schöpfwerk und die dort vorzuhaltende Pumpleistung gesteuert werden bzw. ermöglicht die Realisierung eines Rückhalts von Niederschlagswasser in den Flächen einen relativ konstanten Pumpenbetrieb und spart somit Energie ein. Zusätzlich bietet der Rückhalt in den Flächen allgemein weitere Vorteile beispielsweise hinsichtlich der Ökologie, der Versorgung von Pflanzen während Trockenphasen und der Grundwasserneubildung. Weiterhin ist Rückhaltung von Niederschlagswasser eines der Bewertungskriterien der DGNB und trägt somit zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsaspekte im Lune Delta bei.

In der Praxis wird dieser Rückhalt in der Regel für ein 10-jährliches Bemessungsereignis geschaffen. Dies deckt sich auch mit der empfohlenen Überstauhäufigkeit bei Neuplanung in Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebieten von seltener als 1 in 5 Jahren nach Arbeitsblatt DWA-A 118, Tabelle 3. Generell ist die bauliche Nutzung (ländliche Gebiete, Stadtzentren oder Gewerbegebiete), das Niederschlagsgeschehen, die örtlich unterschiedliche Gefährdung bei auftretender Überlastung, das Schadenspotential, die topografische Lage, die Vorflutsituation usw. bei der Wahl der Überstauhäufigkeit zu beachten.

C.3.2 Planung des Regenrückhaltebeckens

Wie zuvor erläutert, muss für das Lune Delta ein Regenrückhaltebecken (RRB) geschaffen werden, um Niederschlagswasser zwischenzuspeichern.

Für das Erschließungsgebiet Lune Delta wurden Entwicklungsprinzipien [13] ausgearbeitet, die im Rahmen der Vorplanung und nun auch in der aktuellen Entwurfsplanung aufgegriffen und weiterentwickelt werden. Die Entwicklungsprinzipien sahen bereits ein innerhalb des Planungsgebietes verzweigtes Grabennetz, zwischen den Grundstücken (Zuleitungs- und Sammelgräben), welches schließlich in einen größeren Gewässerarm, das sogenannte „Lune Delta Wasser“, mündet, vor (siehe VFA-3-W-LP-01). Das Gewässersystem wird innerhalb einer Parkanlage oder einem flankierenden Grünzug eingebettet, welche gegenüber den Grundstücks- und Verkehrsflächen rund 2,0 m tiefer liegen (siehe hierzu auch Freianlagen, Entwurfsplanung). Hintergrund ist hier, dass das bestehende Landschaftsbild und das Ökosystem der Marsch aufgegriffen und durch die Gewässer ein Mehrwert für die Aufenthaltsqualität sowie die Naherholung geschaffen wird. Ökologische Belange werden beispielsweise durch einen Wechsel von tiefen zu flachen Wasserbereichen sowie weiteren naturnahen Elementen berücksichtigt. Gleichzeitig bietet das Gewässernetz eine optimale Grundlage für die Planung der Entwässerung des Erschließungsgebietes. Es wird vorgesehen, das erforderliche Rückhaltevolumen in dem Gewässernetz vorzuhalten.

Das beschriebene Vorgehen entspricht sehr gut den Kriterien, die durch die DGNB formuliert wurden (siehe Abschnitt C.1.2), da somit das (Regen-)Wassermanagement von Anfang an Bestandteil der Planung ist, der Rückhalt innerhalb des Grabensystems stattfindet und damit auch für die Nutzer des Quartiers direkt sichtbar und erlebbar ist. Das weit verzweigte Gewässersystem mit den umliegenden Grünflächen bietet in allen Teilbereichen des Lune Deltas sowohl Schutz vor Überflutungen, da das Wasser von den höher liegenden Flächen auf denen sich die Bebauung und Infrastrukturanlagen befinden ablaufen kann, als auch eine Verfügbarkeit von Wasser für Bewässerungszwecke. Weiterhin ermöglicht das verzweigte Gewässernetz kurze Fließwege, so dass auf einen öffentlichen Regenwasserkanal verzichtet werden kann und das Niederschlagswasser über die Oberfläche abläuft. Somit können neben den Kriterien der DGNB auch die Zielvorgaben aus der Klimaanpassungsstrategien für das Land Bremen und dem „Merkblatt für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung, Empfehlungen und Hinweise für eine zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung und eine Überflutungsvorsorge bei extremen Regenereignissen in Bremen“ (siehe C.1.3) erfüllt werden.

Die Drosselung des Abflusses aus dem Lune Delta in die „Alte Lune“ wird für Niederschlagsereignisse, die ein 10-jährliches Ereignis übersteigen, aufgehoben. Entsprechend darf das Wasser ungedrosselt ablaufen, sobald das Bemessungsereignis überschritten wird. Im Rahmen dieser Planung wird vorgesehen, dass das Niederschlagswasser in diesem Fall, über zwei Überlaufschwellen direkt, d.h. ohne weiteren Rückhalt, der Alten Lune zufließt. Diese Situation kann in etwa mit dem natürlichen Abfluss aus einem Einzugsgebiet ohne Versiegelung gleichgesetzt werden, da der natürliche Rückhalt in Geländemulden, Gräben und durch Versickerung bei großen Ereignissen ebenfalls an seine Grenzen stößt und das Wasser direkt über die Oberfläche dem Vorfluter zufließt.

Eine Überflutung des umliegenden Geländes oder sogar von Grundstücken ist durch eine ausreichende Dimensionierung der Überlaufschwelle zu verhindern. Die Planung der Überlaufschwelle ist nicht Bestandteil der vorliegenden Planung.

Der höchste Hochwasserstand in der „Alten Lune“ wurde zu -0,5 m ü. NHN angegeben (siehe C.1.1.2), während das Bestands Gelände im Planungsgebiet im Mittel bei ca. +1,6 m ü. NHN liegt. Entsprechend bestehen keine Bedenken hinsichtlich einer Hochwassersituationen in der „Alten Lune“, die sich auf die Entwässerung des Lune Deltas auswirken würde. Selbst bei defekten Pumpen bieten die „Alte Lune“ und die „Lune“ ein sehr großes Stauvolumen, bevor es zu Geländeüberflutungen kommt.

Weiterhin wurde im Zuge der Vorplanung über die Variantenbetrachtung der Aufsandung eine Vorzugsvariante mit einem durchgehenden Dauerwasserstand von +1,0 m. ü. NHN im Planungsgebiet ermittelt. Im Zuge der Entwurfsplanung wurde dieser Dauerwasserstand durch eine weitere Variantenbetrachtung bestätigt. Diese ist diesem Bericht als Anhang 3 beigefügt. Entsprechend liegt die Einstaulamelle des Regenrückhaltebeckens oberhalb des Dauerwasserstandes von +1,0 m. ü. NHN.

In das Rückhaltesystem ist ausschließlich die Einleitung von sauberem und damit unbelastetem Niederschlagswasser vorgesehen. Belastetes Niederschlagswasser wie von Verkehrsflächen, privaten Parkplätzen oder sonstigen Flächen, deren Nutzung eine Belastung verursacht, wird vor der Einleitung gereinigt. Die vorgesehene Reinigung des Niederschlagswassers aus dem Bereich der öffentlichen Verkehrsflächen wird in Kapitel C.5 erläutert. Für die Behandlung des verunreinigten Niederschlagswassers von den privaten Grundstücken sind die Grundstücksbesitzer verantwortlich.

Um die Nutzung von Regenwasser in den Gebäuden zu fördern, wird angestrebt das Wasser, welches auf den privaten Grundstücken anfällt, dort zumindest teilweise zurück zu halten. In dem die Grundstücksbesitzer in die Pflicht genommen werden den Rückhalt selbst sicherzustellen, wird ein großer Anreiz geschaffen das Regenwasser auch in den Gebäuden zu nutzen. Hiermit wird ein weiteres Kriterium der DGNB, wie unter C.1.2 beschrieben, in der Planung berücksichtigt.

Im Rahmen einer Ergänzung der Vorplanung [14] wurden mehrere Varianten hinsichtlich der Aufteilung der Gesamteinzugsfläche des Lune Deltas von 150 ha auf den privaten und den öffentlichen Rückhalt untersucht. Als Vorzugsvariante wurde die Variante II.1.b ermittelt, welche in der hier vorliegenden Entwurfsplanung berücksichtigt wird. Im Weiteren wird diese Variante somit als Entwurfsvariante bezeichnet.

In der Entwurfsvariante umfasst der private Rückhalt das Niederschlagswasser von den Dachflächen der Gebäude. Das Niederschlagswasser von den Nebenanlagen und den nicht überbaubaren Grundstücksflächen wird dem öffentlichen Regenrückhaltebecken (entspricht dem „Lune Delta Wasser“ und dem Grabensystem) zugeschlagen. Die Aufteilung der Einzugsflächen kann dem Einzugsflächenplan VFA-3-W-LP-02 entnommen werden. Der besondere Vorteil dieser Variante liegt darin, dass Niederschlagswasser auf Dachflächen besonders einfach gesammelt werden kann und durch eine Speicherung im Bereich des Daches für die Nutzung bereitsteht ohne, dass das Wasser mit einem hohen Energieaufwand zunächst ins Gebäude gepumpt werden muss. Weiterhin erlaubt die Berücksichtigung der Nebenanlagen und der Kreislaufzone im öffentlichen Regenrückhaltebecken eine hohe Flexibilität für die weitere Beplanung der Flächen. Wird beispielsweise auf diesen Flächen sehr viel mehr Wasser versickert als angenommen, gelangt das Wasser schließlich auch verzögert ins öffentliche Regenrückhaltebecken und ist somit bereits durch die Planung berücksichtigt. Auch eine aufwändige Teilung von Fließrichtungen, die Anlage von zusätzlichen Gräben und weitere technische Maßnahmen innerhalb der Grundstücke können mit dieser Variante umgangen werden.

Gemäß der Entwicklungsprinzipien [13] für das Lune Delta wird davon ausgegangen, dass mind. die Hälfte der Dachflächen als Gründächer und die verbleibenden Dachflächen als klassische Flachdächer ausgeführt werden. Bei den verbleibenden Grundstücksflächen handelt es sich zum einen um befestigte

Nebenanlagen (Parkplätze, Lagerflächen, etc.) und zum anderen um die Kreislaufzonen, die jedes Grundstück umrahmen. In der Variante 2.b wird davon ausgegangen, dass die Kreislaufzone den nicht überbaubaren Teil des Grundstücks darstellt und die verbleibende Grundstücksfläche durchschnittlich je zur Hälfte asphaltiert und gepflastert wird. Wie bereits zuvor erläutert darf das unbelastete Niederschlagswasser dem öffentlichen Regenrückhaltebecken über die Oberfläche zufließen, während das belastete Niederschlagswasser von Parkplätzen etc. erst nach einer ausreichenden Reinigung eingeleitet werden darf.

Für den privaten Rückhalt gilt ebenfalls die Abflussbeschränkung von $1,5 \text{ l/(s*ha)}$ und wird für Niederschlagsereignisse, die ein 10-jährliches Ereignis übersteigen, aufgehoben. Die Planung sieht vor, dass der Drosselabfluss und auch die Überlaufmengen aus der privaten Rückhaltung dem öffentlichen Regenrückhaltebecken zufließen. Das System entspricht zwei hintereinander geschalteten Regenrückhaltebecken.

Der private Regenrückhalt wird in dieser Planung nur vereinfacht und im erforderlichen Maße zur Auslegung des öffentlichen Regenrückhaltebeckens betrachtet.

C.3.2.1 Bemessungsgrundlagen Regenrückhaltebecken

Die Bemessung des öffentlichen Regenrückhaltebeckens erfolgt nach einem Nachweis der Leistungsfähigkeit mittels Niederschlag-Abfluss-Langzeitsimulation mit der Simulationssoftware KOSIM 7.5 der itwh GmbH. Die Langzeitsimulation basiert auf gemessenen Regenereignissen, die nicht statistisch aufbereitet werden. Für die hier durchgeführte Berechnung wurden Niederschlagsdaten der Station Bremerhaven bei www.regen.itwh.de für die Jahre 1998 bis 2020 erworben. Eine Auswertung der erworbenen Regendaten hat ergeben, dass diese auch ein signifikantes Extremereignis am 08.08.2002 umfassen. An diesem Tag fielen innerhalb von 6 Stunden 70,5 mm Niederschlag an der Messstation Bremerhaven. Statistisch betrachtet handelt es sich hier um ein Niederschlagsereignis mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit von etwas seltener als 1-mal in 100 Jahren. Entsprechend bieten die Ergebnisse der Berechnungen mit diesen Regendaten eine gute Sicherheit.

Durch die Langzeitsimulation kann die Abfolge von Niederschlagsereignissen und die Überlagerung von Füll- und Entleerungsvorgängen im Rückhalteraum rechnerisch abgebildet werden.

KOSIM berechnet für alle abgeschlossenen Niederschlag-Abfluss-Ereignisse die maximalen Speichervolumen und sofern es zu einem Überlauf kam, auch die Überlaufvolumen. Durch eine statistische Auswertung wird schließlich eine Beziehung zwischen Rückhaltevolumina und Häufigkeit ermittelt.

C.3.2.2 Bemessung und Nachweis des Regenrückhaltebeckens, B-Plan I

Die Gesamtfläche des B-Plan I beträgt rund. 96 ha und ist für die Berechnung in die geplanten privaten und öffentlichen Einzugsgebiete aufzuteilen. Für die Ermittlung der Dachflächen wird die vorgesehene Grundflächenzahl, GRZ I [13] berücksichtigt. Weiterhin erfolgt eine Definition von Teilflächen in Abhängigkeit der Nutzung und damit verbundenen Versiegelung der Flächen, um ein möglichst realistisches Abflussgeschehen darzustellen. In Tabelle 1 ist eine Übersicht über die Aufteilung der Einzugsflächen gegeben. Die Einzugsflächenpläne sind als Anlagen VFA-3-W-LP-02 beigelegt.

Tabelle 1: Übersicht Größe der Einzugsflächen – Regenrückhaltebecken, B-Plan I

Flächennutzung	Flächenangabe
Privates Regenrückhaltebecken	[m ²]
Flachdach	150.000
Gründach	150.000
Summe, privat	300.000
Öffentliches Regenrückhaltebecken	[m ²]
Straßen und Warfthöfe	87.172
Sport- und Spielflächen	19.500
Grünflächen	311.729
Wasserfläche (wird als Grünfläche angesetzt, um somit einen geringen Sicherheitszuschlag zu berücksichtigen, Simulation berücksichtigt zusätzlich die Beregnung des Beckens)	78.400
Nebenanlage, Asphalt	81.600
Nebenanlage, Pflaster - Fugenanteil < 15%	81.600
Summe, öffentlich	660.000
Grünland (außerhalb des B-Plans)	540.000
Gesamtsumme	1.500.000

Die aufgeführten Flächen werden in KOSIM als befestigt oder unbefestigt berücksichtigt und ihnen wird ein Regenabflussparameter zugeordnet. Weiterhin ist für jede Fläche die Fließzeit an der Oberfläche vorzugeben. Die gewählte Zuordnung ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Übersicht Regenabflussparameter nach Einzugsflächen - Regenrückhaltebecken

Flächennutzung	Regenabflussparameter	Fließzeit, Oberfläche
Privates Regenrückhaltebecken	-	Minuten
Flachdach	befestigt, flache Dachfläche	5
Gründach	befestigt, Gründach < 10 cm Aufbau	10
Öffentliches Regenrückhaltebecken		
Straßen und Warfthöfe	befestigt, Standard	5
Sport- und Spielflächen	befestigt, Standard	5
Grünflächen	unbefestigt, Rasen	10
Wasserfläche als Grünfläche	unbefestigt, Rasen	10
Nebenanlage, Asphalt	befestigt, Standard	5
Nebenanlage, Pflaster - Fugenanteil < 15%	befestigt, Pflaster - Fugenanteil < 15%	10
Grünland	unbefestigt, Rasen	10

Im Zuge der parallellaufenden Freianlagenplanung wurde das Gewässersystem, bestehend aus „Lune Delta Wasser“ und dem Grabensystem, bezüglich seiner Ausdehnung, den Böschungsneigungen sowie den Sohl- und Geländehöhen geplant. Eine CAD-gestützte Ermittlung hat ergeben, dass im Gewässersystem in der Lamelle zwischen dem Dauerwasserstand von +1,0 m. ü. NHN und dem Höhenniveau von +1,2 m. ü. NHN ein Speichervolumen von ca. $V_{\text{vorh,RRB,öffentl.B-Plan I}} = 17.282 \text{ m}^3$ vorhanden ist.

Um das Regenrückhaltebecken in dem Programm KOSIM abbilden zu können, wird aus den angegebenen Volumina ein geometrisches Ersatzsystem abgeleitet. Ziel ist es durch die Berechnung nachzuweisen, dass das vorhandene Volumen für den Rückhalt ausreichend ist. Kann der Rückhalt nicht innerhalb der Lamelle zwischen +1,0 m. ü. NHN und +1,2 m. ü. NHN ($h_{\text{RRB}} = 0,2 \text{ m}$) realisiert werden, muss eine höhere Lamelle gewählt werden.

Zur Abbildung des privaten Rückhalteraumes wird ein beliebiges Volumen, welches größer als das erforderliche Volumen ist, definiert. Durch die Definition von Verbindungen zwischen dem abgebildeten privaten- und öffentlichen Rückhalteraum wird der Zufluss des Drossel- und Überlaufabflusses aus dem privaten in den öffentlichen Raum berücksichtigt. Entsprechend wird der Drosselabfluss für das öffentliche Becken in der Berechnung für das gesamte Einzugsgebiet als konstant mit $Q_{\text{Drossel, öffentl.}} = 150 \text{ ha} \cdot 1,5 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} = 225,00 \text{ l/s}$ berücksichtigt. Für das private Becken wird der Drosselabfluss zu $Q_{\text{Drossel, priv.}} = 30,00 \text{ ha} \cdot 1,5 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} = 45,00 \text{ l/s}$ berücksichtigt.

Für die Überlaufschwelle kann in KOSIM lediglich ein System berücksichtigt werden. Die Länge der Überlaufschwelle des öffentlichen Regenrückhaltebeckens wird zu 10 m angenommen und der ungünstigste Überfallbeiwert von 0,5 (Überfallberechnung nach Poleni) berücksichtigt. Die Werte wurden so gewählt, dass bei der separaten Planung der Überlaufschwellen keine Einschränkungen berücksichtigt werden muss und auch anschließend keine Korrektur des Nachweises des Regenrückhaltebeckens vorgenommen werden muss. Für den privaten Rückhalteraum wird die Länge der Überlaufschwelle zu 0,5 m und der Überfallbeiwert zu 0,5 angenommen.

Zur Berücksichtigung des geplanten, konstanten Wasserstandes im öffentlichen Gewässersystem wird für die Berechnung ein Regenrückhaltebecken ohne Dauerstau angesetzt. Bei Berücksichtigung des Dauerstaus in der Berechnung würde das Programm auch ein Absinken des Wasserstandes unter +1,0 m ü. NHN durch Verdunstung und Versickerung zulassen, was eine Unterschätzung des erforderlichen Volumens zur Folge haben könnte, da eine Zuwässerung vorgesehen wird.

Zur Abbildung der Versickerung des Wassers im Regenrückhaltebecken wird der Durchlässigkeitsbeiwert zu k_f -Wert = $1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ (Klei) gewählt. Eine geringere Durchlässigkeit lässt sich in KOSIM nicht abbilden. Allerdings berücksichtigt das Programm nur während der Einstauereignisse eine Versickerung, da ohne Dauerstau gerechnet wird.

Der Nachweis der Leistungsfähigkeit des Regenrückhaltebeckens wurde mittels einer Niederschlag-Abfluss-Langzeitsimulation mit dem Programm KOSIM erbracht. Die Grundlage für die Bemessung von Regenrückhalteräumen bildet das Arbeitsblatt DWA-A 117.

Die Berechnungsergebnisse wurden diesem Bericht als Anhang W-1.1 „Bemessung Regenrückhaltebecken – Umsetzung B-Plan I“ beigefügt.

Folgende Ergebnisse wurden errechnet:

Bemessung und Nachweis des öffentlichen Regenrückhaltebeckens:

Fläche des befestigten Einzugsgebietes:	$A_{E,b,\text{öffentl.}} = 48,83 \text{ ha}^{**}$
Fläche des unbefestigten Einzugsgebietes:	$A_{E,nb,\text{öffentl.}} = 101,17 \text{ ha}^{**}$
Fläche des Einzugsgebietes:	$A_{\text{ges,öffentl.}} = 150,00 \text{ ha}^{**}$
Simulationszeitraum:	Januar 1998 bis Februar 2020
Drosselabflussspende:	$q_{dr,k} = 1,5 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$
Drosselabfluss:	$Q_{dr,max,\text{öffentl.}} = 150 \text{ ha} \cdot 1,5 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} = \mathbf{225,00 \text{ l/s}}$
Gewählte Jährlichkeit (DWA-A 118):	$T = 10 \text{ a} / n = 0,1$
Erforderliches öffentl. Rückhaltevolumen:	$V_{\text{erf,RRB,öffentl.}} = 17.282,00 \text{ m}^3$

Das erforderliche öffentliche Rückhaltevolumen wurde zu $V_{\text{erf,öffentl.}} = 17.282,00 \text{ m}^3$ errechnet.

$$V_{\text{vorh,RRB,öffentl.}} = 17.282 \text{ m}^3 > V_{\text{erf, RRB,öffentl.}} = 17.245 \text{ m}^3$$

Daraus ergibt sich, dass eine Höhe der Speicherlamelle von $h_{\text{RRB}} = 0,2 \text{ m}$ ausreicht und somit die Speicherlamelle des Regenrückhaltebeckens zwischen +1.0 bis +1,2 m ü. NHN liegt.

Die weiteren Ergebnisse der Simulation lauten wie folgt:

Vorh. Wiederkehrzeit für $V_{\text{vorh,RRB}}$:	$T_{\text{öffentl.}} = 10,07 \text{ a}$ ($n_{\text{vorh}} = 0,01 \text{ 1/a}$)
Drosselabflussmenge im Simulationszeitraum:	$VQ_{\text{Dr,öffentl.}} = 6.220.944,00 \text{ m}^3$
Anzahl der Einstauereignisse:	3.489 Stk
Kalendertage mit Einstau:	1.729 Tage
Einstaudauer, gesamt:	2.722 Stunden
Überlaufabflussmenge im Simulationszeitraum:	$VQ_{\text{Üe,öffentl.}} = 13.067,00 \text{ m}^3$
Maximaler Überlauf:	$Q_{\text{Üe,max,öffentl.}} = 1.054,77 \text{ l/s m}^3$
Anzahl der Tage mit Überlaufereignis:	3 Tage
Anzahl der Überlaufereignisse:	2 Stk

*** Durch die Verknüpfung der zwei Regenrückhaltebecken gibt das Programm KOSIM für das öffentliche Regenrückhaltebecken an, dass das gesamte Einzugsgebiet berücksichtigt wird.*

Bemessung und Nachweis des privaten Regenrückhaltebeckens:

Fläche des befestigten Einzugsgebietes:	$A_{\text{E,b,priv.}} = 30,0 \text{ ha}$
Fläche des unbefestigten Einzugsgebietes:	$A_{\text{E,nb,priv.}} = 0,00 \text{ ha}$
Fläche des Einzugsgebietes:	$A_{\text{ges,priv.}} = 30,0 \text{ ha}$
Simulationszeitraum:	Januar 1998 bis Februar 2020
Drosselabflussspende:	$q_{\text{dr,k}} = 1,5 \text{ l/(s * ha)}$
Drosselabfluss:	$Q_{\text{dr,max,priv.}} = 30,0 \text{ ha} * 1,5 \text{ l/(s * ha)} = 45,00 \text{ l/s}$
Gewählte Jährlichkeit (DWA-A 118):	$T = 10 \text{ a} / n = 0,1$
Erforderliches priv. Rückhaltevolumen:	$V_{\text{erf,RRB,priv.}} = 15.319 \text{ m}^3$

Das erforderliche private Rückhaltevolumen wurde zu $V_{\text{erf,priv.}} = 15.319 \text{ m}^3$ errechnet. Berechnet wurde hier vereinfacht das Gesamtvolumen, welches sich in der Realität auf alle Grundstücke verteilt. Pro Hektar Dachfläche ergibt sich das zurückzuhaltende Volumen abschätzungsweise wie folgt:

$$15.319 \text{ m}^3 / 30,0 \text{ ha} = \text{rd.}511 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Weiteren Ergebnisse der Simulation sind nachfolgend aufgeführt.

Vorh. Wiederkehrzeit für $V_{\text{vorh,RRB,priv.}}$:	$T_{\text{priv.}} = 12,66 \text{ a}$ ($n_{\text{vorh}} = 0,08 \text{ 1/a}$)
Drosselabflussmenge im Simulationszeitraum:	$VQ_{\text{Dr,priv.}} = 3.217.840 \text{ m}^3$
Überlaufabflussmenge im Simulationszeitraum:	$VQ_{\text{Üe,priv.}} = 7.485 \text{ m}^3$
Maximaler Überlauf:	$Q_{\text{Üe,max,priv.}} = 70,22 \text{ l/s m}^3$

Die Lage des öffentlichen Regenrückhaltebeckens kann dem Lageplan Regenrückhaltebecken VFA-2-W-LP-01-01 entnommen werden. Hier ist zum einen die Wasserfläche bei dem Dauerwasserstand +1,0 m ü. NHN dargestellt, als auch die Ausdehnung des Wasserstandes bei dem Stauwasserstand von +1,2 m ü. NHN.

Aus den hier vorliegenden Ergebnissen ergibt sich eine erforderliche Höhe für die zwei geplanten Überlaufschwelen von +1,2 m ü. NHN. Die geplante Lage der Überlaufschwelen kann ebenfalls dem Plan VFA-3-W-LP-01 entnommen werden.

Die Abbildung 4 zeigt eine Übersicht der Funktionsweise und Bemessungsgrundlage des Regenrückhaltebeckens.

Die Planung der zwei Überlaufschwelen und des Drosselschachtes erfolgt parallel durch die Sweco GmbH im Rahmen der Beauftragung zur Planung der Ingenieurbauwerke und befindet sich derzeit in der Leistungsphase 2, Vorplanung. Im Zuge dieser Planung wurde die höchste Überfallhöhe zu +1,5 m ü. NHN berechnet. Für diesen Bemessungsfall wird wie dargestellt davon ausgegangen, dass das RRB bereits gefüllt ist und zusätzlich ein Niederschlagsereignis mit einer mittleren Jährlichkeit von 100 Jahren und 6 Std. Dauer auftritt. Der erforderliche Freibord wurde mit dem Auftraggeber zu 0,35 m oberhalb des höchsten Bemessungswasserstandes abgestimmt. Somit ergibt sich die erforderliche umlaufende Geländehöhe für das Regenrückhaltebecken zu +1,5 m ü. NHN + 0,35 m = +1,85 m ü. NHN. Da das Regenrückhaltebecken als Gewässernetz über das ganze Lune Delta verteilt ist, muss die Geländehöhe umlaufend um das Lune Delta sichergestellt werden. Nach aktuellem Planungsstand liegt jedoch die Geländehöhe zwischen dem Lune Delta und dem westlich anschließenden Naturschutzgebiet teilweise lediglich auf +1,8 m ü. NHN. Im Bereich der Grabenstrukturen zwischen den S-Warften wird dies als unkritisch gesehen, da der Fließweg zu den Überlaufschwelen sehr lang ist und somit kaum ein Rückstau von den Überlaufschwelen bis in diesen Bereich zu erwarten ist. Die Infrastruktureinrichtungen und die Bebauung der Grundstücke ist auf einem Geländeniveau von über +3,0 m ü. NHN geplant und ist somit nicht durch hohe Wasserstände bedroht. Lediglich im „Lune Delta Park“ verlaufen Radwege auf einem geringeren Höhenniveau von +1,5 bis +2,0 m ü. NHN. Wie in der Abbildung 4 dargestellt ist, liegt die Wahrscheinlichkeit, dass die niedriggelegenen Radwege überflutet werden, bei weit seltener als im Mittel alle 100 Jahre.

Zur Sicherstellung des Drosselabflusses ist der Einbau eines schwimmergesteuerten Drosselschiebers zu empfehlen. Dieser lässt auch bei steigendem Stauwasserstand im RRB stets nur die eingestellte Abflussmenge passieren. Wie dargestellt, läuft das Wasser erst bei Überschreitung des Dauerwasserstandes von +1,0 m ü. NHN ab.

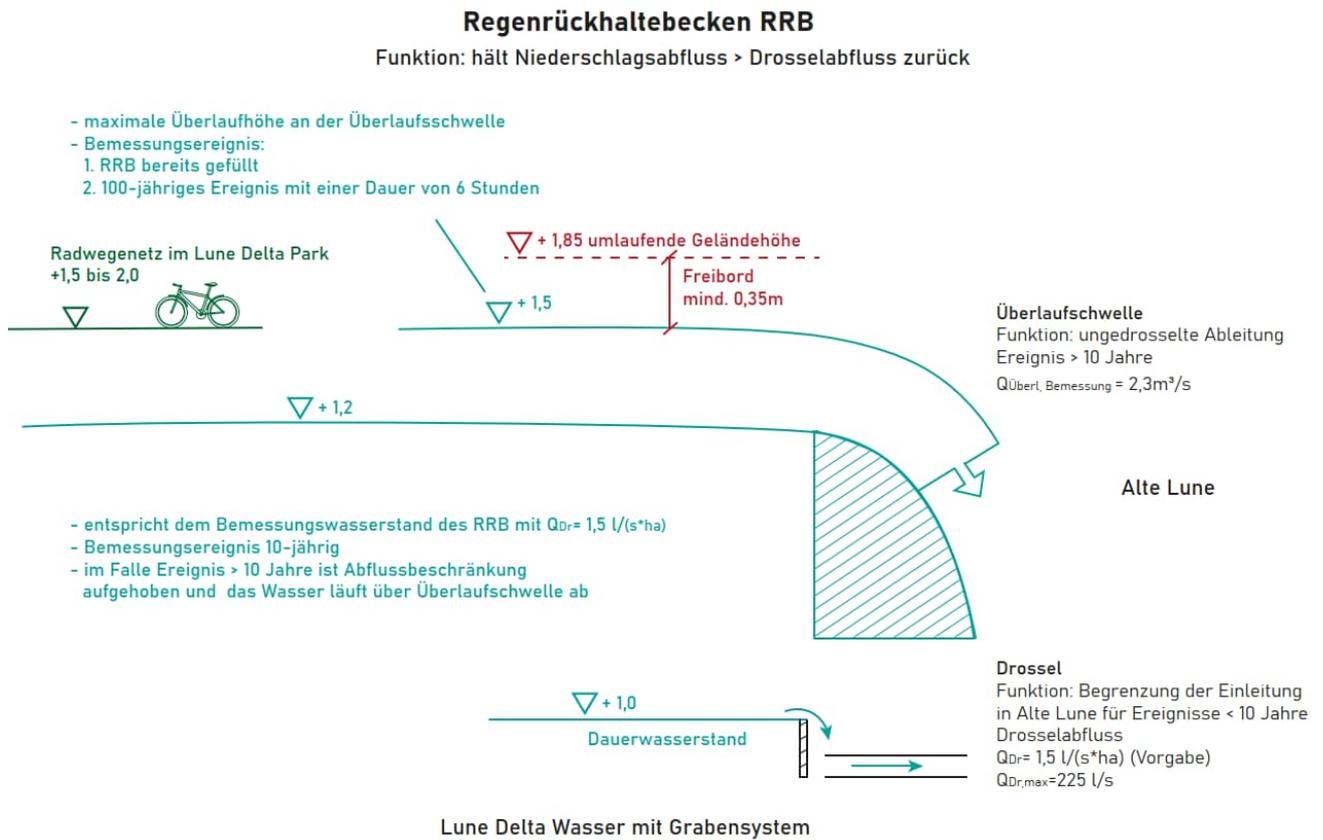


Abbildung 4: Piktogramm – Regenrückhaltebecken

C.3.2.3 Bemessung und Nachweis des Regenrückhaltebeckens, B-Plan I und II

Im nächsten Schritt erfolgte die Bemessung des Regenrückhaltebeckens für den Fall „Umsetzung von B-Plan I und P-Plan II“. Das Vorgehen entspricht dem in Abschnitt C.3.2.2.

Die Einzugsflächen sind als Anlage VFA-3-W-LP-02 beigefügt. In Tabelle 3 ist eine Übersicht über die Aufteilung der Einzugsflächen gegeben.

Tabelle 3: Übersicht Größe der Einzugsflächen – Regenrückhaltebecken, B-Plan I und II

Flächennutzung	Flächenangabe
Privates Regenrückhaltebecken	[m ²]
Flachdach	160.000
Gründach	160.000
Summe, privat	320.000
Öffentliches Regenrückhaltebecken	[m ²]
Straßen und Warfthöfe	102.572
Sport- und Spielflächen	19.500
Grünflächen	388.639
Wasserfläche (wird als Grünfläche angesetzt, um somit einen geringen Sicherheitszuschlag zu berücksichtigen, Simulation berücksichtigt zusätzlich die Beregnung des Beckens)	88.639
Nebenanlage, Asphalt	105.325
Nebenanlage, Pflaster - Fugenanteil < 15%	105.325
Summe, öffentlich	810.000
Grünland (außerhalb des B-Plans)	370.000
Gesamtsumme	1.500.000

Der Nachweis der Leistungsfähigkeit des Regenrückhaltebeckens wurde mittels einer Niederschlag-Abfluss-Langzeitsimulation mit dem Programm KOSIM erbracht. Die Grundlage für die Bemessung von Regenrückhalteräumen bildet das Arbeitsblatt DWA-A 117.

Die Berechnungsergebnisse wurden diesem Bericht als Anhang W-1.2 „Bemessung Regenrückhaltebecken – Umsetzung B-Plan I und II“ beigefügt.

Folgende Ergebnisse wurden errechnet:

Bemessung und Nachweis des öffentlichen Regenrückhaltebeckens:

Fläche des befestigten Einzugsgebietes:	$A_{E,b,öffentl.} = 54,74 \text{ ha}^{**}$
Fläche des unbefestigten Einzugsgebietes:	$A_{E,nb,öffentl.} = 95,26 \text{ ha}^{**}$
Fläche des Einzugsgebietes:	$A_{ges,öffentl.} = 150,00 \text{ ha}^{**}$
Simulationszeitraum:	Januar 1998 bis Februar 2020
Drosselabflussspende:	$q_{dr,k} = 1,5 \text{ l/(s * ha)}$
Drosselabfluss:	$Q_{dr,max,öffentl.} = 150 \text{ ha} * 1,5 \text{ l/(s * ha)} = \mathbf{225,00 \text{ l/s}}$
Gewählte Jährlichkeit (DWA-A 118):	$T = 10 \text{ a} / n = 0,1$
Erforderliches öffentl. Rückhaltevolumen:	$V_{erf,RRB,öffentl.} = 19.314,00 \text{ m}^3$

Das erforderliche öffentliche Rückhaltevolumen wurde zu $V_{\text{erf,öffentl.}} = 19.314,00 \text{ m}^3$ errechnet.

$$V_{\text{vorh,RRB,öffentl.}} = 19.704 \text{ m}^3 > V_{\text{erf,RRB,öffentl.}} = 19.314 \text{ m}^3$$

Daraus ergibt sich, dass eine Höhe der Speicherlamelle von $h_{\text{RRB}} = 0,2 \text{ m}$ ausreicht und somit die Speicherlamelle des Regenrückhaltebeckens zwischen +1.0 bis +1,2 m ü. NHN liegt.

Die weiteren Ergebnisse der Simulation lauten wie folgt:

Vorh. Wiederkehrzeit für $V_{\text{vorh,RRB}}$:	$T_{\text{,öffentl.}} = 10,69 \text{ a}$ ($n_{\text{vorh}} = 0,09 \text{ 1/a}$)
Drosselabflussmenge im Simulationszeitraum:	$V_{\text{QDr,öffentl.}} = 6.956.335,00 \text{ m}^3$
Anzahl der Einstauereignisse:	3.993 Stk
Kalendertage mit Einstau:	1.896 Tage
Einstaudauer, gesamt:	3.576 Stunden
Überlaufabflussmenge im Simulationszeitraum:	$V_{\text{QÜe,öffentl.}} = 13.119,00 \text{ m}^3$
Maximaler Überlauf:	$Q_{\text{Üe,max,öffentl.}} = 930,27 \text{ l/s m}^3$
Anzahl der Tage mit Überlaufereignis:	3 Tage
Anzahl der Überlaufereignisse:	2 Stk

*** Durch die Verknüpfung der zwei Regenrückhaltebecken gibt das Programm KOSIM für das öffentliche Regenrückhaltebecken an, dass das gesamte Einzugsgebiet berücksichtigt wird.*

Bemessung und Nachweis des privaten Regenrückhaltebeckens:

Fläche des befestigten Einzugsgebietes:	$A_{\text{E,b,priv.}} = 32,0 \text{ ha}$
Fläche des unbefestigten Einzugsgebietes:	$A_{\text{E,nb,priv.}} = 0,00 \text{ ha}$
Fläche des Einzugsgebietes:	$A_{\text{ges,priv.}} = 32,0 \text{ ha}$
Simulationszeitraum:	Januar 1998 bis Februar 2020
Drosselabflussspende:	$q_{\text{dr.,k}} = 1,5 \text{ l/(s * ha)}$
Drosselabfluss:	$Q_{\text{dr,max,priv.}} = 32,0 \text{ ha} * 1,5 \text{ l/(s * ha)} = 48,00 \text{ l/s}$
Gewählte Jährlichkeit (DWA-A 118):	$T = 10 \text{ a} / n = 0,1$
Erforderliches priv. Rückhaltevolumen:	$V_{\text{erf,RRB,priv.}} = 16.373 \text{ m}^3$

Das erforderliche private Rückhaltevolumen wurde zu $V_{\text{erf,priv.}} = 16.373 \text{ m}^3$ errechnet. Berechnet wurde hier vereinfacht das Gesamtvolumen, welches sich in der Realität auf alle Grundstücke verteilt. Pro Hektar Dachfläche ergibt sich das zurückzuhaltende Volumen abschätzungsweise wie folgt:

$$16.373 \text{ m}^3 / 32,0 \text{ ha} = \text{rd.}512 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Weiteren Ergebnisse der Simulation sind nachfolgend aufgeführt.

Vorh. Wiederkehrzeit für $V_{\text{vorh,RRB,priv.}}$:	$T_{\text{priv.}} = 11,13 \text{ a}$ ($n_{\text{vorh}} = 0,09 \text{ 1/a}$)
Drosselabflussmenge im Simulationszeitraum:	$VQ_{\text{Dr,priv.}} = 3.431.927 \text{ m}^3$
Überlaufabflussmenge im Simulationszeitraum:	$VQ_{\text{Üe,priv.}} = 8.707 \text{ m}^3$
Maximaler Überlauf:	$Q_{\text{Üe,max,priv.}} = 78,00 \text{ l/s m}^3$

Die Lage des öffentlichen Regenrückhaltebeckens kann dem Lageplan Regenrückhaltebecken VFA-2-W-LP-01-02 entnommen werden. Hier ist zum einen die Wasserfläche bei dem Dauerwasserstand +1,0 m ü. NHN dargestellt, als auch die Ausdehnung des Wasserstandes bei dem Stauwasserstand von +1,2 m ü. NHN.

C.3.2.4 Bemessung und Nachweis des Regenrückhaltebeckens, B-Plan I, II und III

Im nächsten Schritt erfolgte die Bemessung des Regenrückhaltebeckens für den Fall „Umsetzung von B-Plan I, II und III“. Das Vorgehen entspricht dem in Abschnitt C.3.2.2.

Die Einzugsflächen sind als Anlage VFA-3-W-LP-02 beigefügt. In Tabelle 4 ist eine Übersicht über die Aufteilung der Einzugsflächen gegeben.

Tabelle 4: Übersicht Größe der Einzugsflächen – Regenrückhaltebecken, B-Plan I, II und III

Flächennutzung	Flächenangabe
Privates Regenrückhaltebecken	[m ²]
Flachdach	205.000
Gründach	205.000
Summe, privat	410.000
Öffentliches Regenrückhaltebecken	[m ²]
Straßen und Warfthöfe	121.162
Sport- und Spielflächen	37.000
Grünflächen	531.175
Wasserfläche (wird als Grünfläche angesetzt, um somit einen geringen Sicherheitszuschlag zu berücksichtigen, Simulation berücksichtigt zusätzlich die Beregnung des Beckens)	116.300
Nebenanlage, Asphalt	142.182
Nebenanlage, Pflaster - Fugenanteil < 15%	142.182
Summe, öffentlich	1.090.000
Grünland (außerhalb des B-Plans)	-
Gesamtsumme	1.500.000

Der Nachweis der Leistungsfähigkeit des Regenrückhaltebeckens wurde mittels einer Niederschlag-Abfluss-Langzeitsimulation mit dem Programm KOSIM erbracht. Die Grundlage für die Bemessung von Regenrückhalteräumen bildet das Arbeitsblatt DWA-A 117.

Die Berechnungsergebnisse wurden diesem Bericht als Anhang W-1.3 „Bemessung Regenrückhaltebecken – Umsetzung B-Plan I, II und III“ beigefügt.

Folgende Ergebnisse wurden errechnet:

Bemessung und Nachweis des öffentlichen Regenrückhaltebeckens:

Fläche des befestigten Einzugsgebietes:	$A_{E,b,öffentl.} = 71,16 \text{ ha}^{**}$
Fläche des unbefestigten Einzugsgebietes:	$A_{E,nb,öffentl.} = 78,97 \text{ ha}^{**}$
Fläche des Einzugsgebietes:	$A_{ges,öffentl.} = 150,00 \text{ ha}^{**}$
Simulationszeitraum:	Januar 1998 bis Februar 2020
Drosselabflusspende:	$q_{dr.,k} = 1,5 \text{ l/(s * ha)}$
Drosselabfluss:	$Q_{dr,max,öffentl.} = 150 \text{ ha} * 1,5 \text{ l/(s * ha)} = \mathbf{225,00 \text{ l/s}}$
Gewählte Jährlichkeit (DWA-A 118):	$T = 10 \text{ a} / n = 0,1$
Erforderliches öffentl. Rückhaltevolumen:	$V_{erf,RRB,öffentl.} = 22.632,00 \text{ m}^3$

Das erforderliche öffentliche Rückhaltevolumen wurde zu $V_{erf,öffentl.} = 22.632,00 \text{ m}^3$ errechnet.

$$V_{vorh,RRB,öffentl.} = 24.093 \text{ m}^3 > V_{erf,RRB,öffentl.} = 22.632 \text{ m}^3$$

Daraus ergibt sich, dass eine Höhe der Speicherlamelle von $h_{RRB} = 0,2 \text{ m}$ ausreicht und somit die Speicherlamelle des Regenrückhaltebeckens zwischen +1.0 bis +1,2 m ü. NHN liegt.

Die weiteren Ergebnisse der Simulation lauten wie folgt:

Vorh. Wiederkehrzeit für $V_{vorh,RRB}$:	$T_{öffentl.} = 12,53 \text{ a}$ ($n_{vorh} = 0,08 \text{ 1/a}$)
Drosselabflussmenge im Simulationszeitraum:	$VQ_{Dr,öffentl.} = 8.882.212,00 \text{ m}^3$
Anzahl der Einstauereignisse:	5.078 Stk
Kalendertage mit Einstau:	2.192 Tage
Einstaudauer, gesamt:	5.732 Stunden
Überlaufabflussmenge im Simulationszeitraum:	$VQ_{Üe,öffentl.} = 11.960,00 \text{ m}^3$
Maximaler Überlauf:	$Q_{Üe,max,öffentl.} = 725,29 \text{ l/s m}^3$
Anzahl der Tage mit Überlaufereignis:	3 Tage
Anzahl der Überlaufereignisse:	2 Stk

*** Durch die Verknüpfung der zwei Regenrückhaltebecken gibt das Programm KOSIM für das öffentliche Regenrückhaltebecken an, dass das gesamte Einzugsgebiet berücksichtigt wird.*

Bemessung und Nachweis des privaten Regenrückhaltebeckens:

Fläche des befestigten Einzugsgebietes:	$A_{E,b,priv.} = 41,13 \text{ ha}$
Fläche des unbefestigten Einzugsgebietes:	$A_{E,nb,priv.} = 0,00 \text{ ha}$
Fläche des Einzugsgebietes:	$A_{ges,priv.} = 20,57 \text{ ha}$
Simulationszeitraum:	Januar 1998 bis Februar 2020
Drosselabflusspende:	$q_{dr.,k} = 1,5 \text{ l/(s * ha)}$

Drosselabfluss:	$Q_{dr,max,priv.} = 32,0 \text{ ha} * 1,5 \text{ l/(s * ha)} = \mathbf{61,50 \text{ l/s}}$
Gewählte Jährlichkeit (DWA-A 118):	$T = 10 \text{ a} / n = 0,1$
Erforderliches priv. Rückhaltevolumen:	$V_{erf,RRB,priv.} = 20.970 \text{ m}^3$

Das erforderliche private Rückhaltevolumen wurde zu $V_{erf,priv.} = 20.970 \text{ m}^3$ errechnet. Berechnet wurde hier vereinfacht das Gesamtvolumen, welches sich in der Realität auf alle Grundstücke verteilt. Pro Hektar Dachfläche ergibt sich das zurückzuhaltende Volumen abschätzungsweise wie folgt:

$$20.970 \text{ m}^3 / 41,13 \text{ ha} = \text{rd.}510 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Weiteren Ergebnisse der Simulation sind nachfolgend aufgeführt.

Vorh. Wiederkehrzeit für $V_{vorh,RRB,priv.}$:	$T_{,priv.} = 14,00 \text{ a}$ ($n_{vorh} = 0,07 \text{ 1/a}$)
Drosselabflussmenge im Simulationszeitraum:	$VQ_{Dr,priv.} = 4.413.378 \text{ m}^3$
Überlaufabflussmenge im Simulationszeitraum:	$VQ_{Üe,priv.} = 8.214 \text{ m}^3$
Maximaler Überlauf:	$Q_{Üe,max,priv.} = 76,00 \text{ l/s m}^3$

Die Lage des öffentlichen Regenrückhaltebeckens kann dem Lageplan Regenrückhaltebecken VFA-2-W-LP-01-03 entnommen werden. Hier ist zum einen die Wasserfläche bei dem Dauerwasserstand +1,0 m ü. NHN dargestellt, als auch die Ausdehnung des Wasserstandes bei dem Stauwasserstand von +1,2 m ü. NHN.

C.3.3 Nachweis der Sicherheit gegen Überflutung von Grundstücken

Nach DIN 1986-100: 2016 – Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - ist rechnerisch der Nachweis der Sicherheit gegen Überflutung bzw. einer kontrollierten schadlosen Überflutung von Grundstücken zu erbringen.

Für den Überflutungsnachweis muss die schadlose Überflutung von Grundstücken für die Differenz, der auf der befestigten Fläche des jeweiligen Grundstücks anfallenden Regenwassermenge $V_{Rück}$ zwischen dem mind. 30-jährlichen Regenereignis und dem 2-jährlichen Berechnungsregen, erbracht werden. Die schadlose Überflutung kann durch Hochborde, Mulden oder Rückhaltebecken sichergestellt werden.

Nachfolgend wird vereinfacht für die Gesamtfläche der Grundstücke des Planungsgebietes von 69,3 ha der Überflutungsnachweis nach Gleichung 20 der DIN 1986-100: 2016 geführt. Es wird darauf verzichtet die abmindernden Abflussbeiwerte anzusetzen. Die zurückzuhaltende Regenwassermenge $V_{Rück}$ berechnet sich wie folgt:

$$V_{Rück} = r_{(D,30)} - r_{(D,2)} * A_{ges} * D * 60 / 1000$$

kürzeste maßgebende Regendauer: $D = 5 \text{ min}$

Niederschlagsspende, 30- jährlich: $r_{(D,30)} = 493,3 \text{ l/(s*ha)}$ (KOSTRA-DWD, vgl. Anhang W-4)

Niederschlagsspende, 2- jährlich: $r_{(D,2)} = 276,7 \text{ l/(s*ha)}$ (KOSTRA-DWD, vgl. Anhang W-4)

Gesamte Einzugsfläche: $A_{ges} = 69,3 \text{ ha}$

$$\rightarrow V_{Rück} = \mathbf{4.503 \text{ m}^3}$$

Auf den Grundstücksflächen muss insgesamt ein Volumen von 4.503 m³, mit Hilfe von Hochborden etc. für den Niederschlagsanfall, vorgehalten werden.

Gemäß der DIN 1986-100: 2016 ist für den Fall der Begrenzung der Einleitung zusätzlich zum Überflutungsnachweis die Berechnung des erforderlichen Rückhaltevolumens nach DWA-A 117 durchzuführen und das errechnete Volumen vorzuhalten.

C.3.4 Konzeption der Zuwässerung

Die Planung sieht vor im Gewässersystem innerhalb des Gewerbegebietes einen Dauerwasserstand von +1,0 m. ü. NHN zu halten. Eine direkte Anbindung an bestehende Gräben oder Gewässer ist nicht vorgesehen, daher wird das Gewässersystem aus Niederschlägen gespeist. Durch Versickerung und Verdunstung wird der Wasserstand beispielsweise in den Sommermonaten, wenn nicht genug Niederschlagswasser zufließt, absinken.

Für den angestrebten Dauerwasserstand von +1,0 m. ü. NHN im Gewerbegebiet Lune Delta ist eine Zuwässerung im Freigefälle aus den umliegenden Gewässern wie der „Alten Lune“ nicht möglich, weshalb für die Zuwässerung der Einsatz von Hebeanlagen erforderlich ist. Die „Alte Lune“ bietet ein ausreichendes Wasserdargebot, so dass die Hebeanlage im Bereich der Überlaufschwelle an der „Alten Lune“ vorgesehen werden kann. Für den Betrieb der Hebeanlage ist zu beachten, dass die Förderung des Wassers eingestellt werden muss, sobald der Wasserstand im Regenrückhaltebecken ansteigt, da ansonsten nicht das errechnete Volumen innerhalb der Speicherlamelle zur Verfügung steht. Die Planung der Zuwässerungsanlagen erfolgt durch die Sweco GmbH im Rahmen der Beauftragung zur Planung der Ingenieurbauwerke und befindet sich derzeit in der Leistungsphase 2, Vorplanung.

Im Zuge der vorliegenden Entwurfsplanung haben Abstimmungsgespräche mit der oberen Naturschutzbehörde (SKUMS), der unteren Naturschutzbehörde und bremenports als Träger der Kompensationsmaßnahmen auf der „Luneplate“ stattgefunden, um eine mögliche Nutzung des wasserwirtschaftlichen Systems der „Luneplate“ zu besprechen. Im Bestand erfolgt die Zuwässerung in das Plangebiet ebenfalls über die „Luneplate“. Nach Angaben von bremenports wird davon ausgegangen, dass die maximale Zuwässerungsmenge bei 260 m³/Tag liegt (Abstimmungstermin vom 10.03.2020). Da es in den letzten Jahren Schwierigkeiten bei der Bereitstellung einer ausreichenden Zuwässerungsmenge für die „Luneplate“ gab, wurde im Zuge der Abstimmung signalisiert, dass eine größere Menge nicht realisiert werden kann. Ein Ausbau des Gewässersystems innerhalb des Naturschutzgebietes wurde von beiden Gesprächsparteien als zu aufwändig ausgeschlossen. Weiterhin ist für das Lune Delta ein Dauerwasserstand von +1,0 m ü. NHN geplant im Bereich des Stau 3 (siehe Abbildung 3) wird der Wasserstand jedoch bei der Zuwässerung nicht über +0,8 m ü. NHN steigen. Entsprechend wäre auch hier das Wasser auf ein höheres Niveau zu fördern. Siehe hierzu auch die Variantenbetrachtung zur Ermittlung einer Vorzugsvariante für den Dauerwasserstand, Anhang 3. Wie in Abschnitt C.1.1.2 erläutert läuft der Verbindungsgraben jedoch außerhalb der Zuwässerungszeiten nahezu leer, weshalb die Herstellung eines Speicherraums (Mahlbusen) erforderlich würde.

C.3.5 Ermittlung des erforderlichen Zuwässerungsbedarfs

Die Rahmen der Planung des Regenrückhaltebeckens findet die überschlägige Ermittlung des erforderlichen Zuwässerungsbedarfs analog zu der Ermittlung in der „Wasserwirtschaftlichen Entwurfsplanung“ für den „Schutzstreifen Luneplate“ [4] statt.

Generell kann ein geringes Absinken des Stauwasserpegels in Trockenjahren nicht ausgeschlossen werden. Eine Toleranz von bis zu 10 cm sollte über die Jahreszeiten hinweg toleriert werden.

Zur Absicherung der Mindestwasserstände wird von einem Zuwässerungsbedarf in den Sommermonaten ausgegangen. In der Planung für den Schutzstreifen [4] wurden für die Ermittlung des Zuwässerungsbedarfs die Verdunstungsverluste zugrunde gelegt, die Grundlage bildete die seit 1997 durchgeführten 14-tägigen Wasserstandsmessungen der KÜFOG in den Gräben der CT III Kompensationsfläche (Teilfläche 1). Für die Sommermonate ergab sich ein maximales Absinken des Wasserspiegels in den Gewässern von etwa 2 cm pro Tag. Dieser Wert dient auch als Grundlage für die Ermittlung des erforderlichen Zuwässerungsbedarfs im Lune Delta.

Die Wasserfläche des geplanten Gewässernetzes im Lune Delta wurde für den Dauerwasserstand von +1,0 m. ü. NHN zu $A_{Wfl.} = \text{rd. } 100.000 \text{ m}^2$ ermittelt. Somit ergibt sich der tägliche Zuwässerungsbedarf in den Sommermonaten wie folgt:

$$V_{Zuw.} = A_{Wfl.} \cdot \text{Absunk} = \text{rd. } 100.000 \text{ m}^2 \cdot 0,02 \text{ m / Tag} = 2.000 \text{ m}^3 / \text{Tag}$$

Der Wasserbedarf $V_{Zuw.}$ ist durch eine tägliche Zuwässerung zu kompensieren.

C.3.6 Herstellung einer Fischdurchgängigkeit

Wie unter Abschnitt C.2 erläutert besteht keine Verpflichtung eine Fischdurchgängigkeit zur „Alten Lune“ herzustellen. Jedoch wird für das große Gewässersystem des Lune Deltas ein funktionierendes Ökosystem angestrebt. Hierzu kann auch eine funktionierende Fischpopulation beitragen.

Von EcoSURV durchgeführte faunistische Untersuchungen des bestehenden Grabensystems im Planungsgebiet haben ergeben, dass diese von großen Mengen Dreistachliger Stichlinge besiedelt werden. Diese können nur durch die Verbindungsgräben aus der „Weser“ in das Planungsgebiet gelangt sein. Nach Aussage von EcoSURV (Abstimmungstermin vom 18.02.2020) sind im Gegensatz dazu keine nennenswerten Fischpopulationen in der „Alten Lune“ vorhanden, für die eine Wanderbewegung in Richtung des „Lune Delta Wassers“ sinnvoll anzustreben oder umzusetzen wäre.

Im Zuge der Entwurfsplanung haben Abstimmungsgespräche mit der oberen Naturschutzbehörde (SKUMS), der unteren Naturschutzbehörde und bremenports als Träger der Kompensationsmaßnahmen auf der „Luneplate“ stattgefunden, um eine mögliche Durchgängigkeit zwischen dem Naturschutzgebiet und dem geplanten Lune Delta zu besprechen. Generell bestehen keine Einwände gegen die Realisierung einer Fischdurchgängigkeit, jedoch weist die obere Naturschutzbehörde darauf hin, dass grundsätzlich kein Wasser aus dem Lune Delta in das Naturschutzgebiet gelangen darf (Abstimmungstermin vom 10.03.2020).

Im Zuge der Variantenbetrachtung zur Ermittlung der Vorzugsvariante für den Dauerwasserstand im Lune Delta wurden ebenfalls unterschiedliche Varianten für die Realisierung einer Fischdurchgängigkeit in Abhängigkeit der Wasserstände betrachtet (siehe hierzu auch Anhang W-3).

Als Vorzugsvariante hat sich in Abstimmung mit dem Auftraggeber die Variante 3 „Technische Fischhebeanlage (Aufzug, Schnecke etc.)“ ergeben.

C.3.7 Gesetzliche Grundlagen

Es ist vorgesehen die wasserrechtliche Antragsstellung parallel zum B-Planverfahren durchzuführen. Die Wasserbehörde, Umweltamt Bremerhaven hat mitgeteilt, dass ein Plangenehmigungsverfahren nach § 68 Wasserhaushaltsgesetz durchzuführen ist.

Die gesamten wasserwirtschaftlichen Themen einschließlich der Zwischenphasen für die Aufsandung sowie alle Anlagen, Ingenieurbauwerke etc., die das Wasser berühren, sind für das Verfahren in einer Unterlage zusammen zu fassen.

C.4 Niederschlagsentwässerung der Verkehrsflächen

Der nachfolgende Abschnitt umfasst die Entwurfsplanung für die Niederschlagsentwässerung der öffentlichen Verkehrsflächen im Planungsgebiet sowie der Höfe der S- und M-Warften.

Der Rückhalt des gesamten im Planungsgebiet anfallenden Niederschlagswassers ist, wie unter Kapitel C.3.2 erläutert, in einem verzweigten Regenrückhaltebecken geplant. Es erfolgt eine gedrosselte Einleitung in die „Alte Lune“. Der nachfolgende Abschnitt befasst sich entsprechend ausschließlich mit der Behandlung des Niederschlagsabflusses von Verkehrsflächen.

Es wird darauf hingewiesen, dass im Zuge dieser Planung keine Aussagen zu der Behandlungsbedürftigkeit des Niederschlagswassers, welches auf den Grundstücken anfällt, getroffen werden kann. Eine Einleitung des Niederschlagswassers in das Regenrückhaltebecken ist jedoch nur für nicht behandlungsbedürftiges oder bereits behandeltes Wasser vorgesehen.

C.4.1 Planungsgrundsätze und Berechnungsgrundlagen

Generell erfolgt die Abführung des Niederschlagswassers bevorzugt ungefasst und ungesammelt über die begrünte Böschung zur Versickerung im Untergrund. Ist eine Versickerung im Untergrund nicht möglich, erfolgt die Abführung über oberirdische Gewässer.

In der vorliegenden Planung wird die Bemessung der Entwässerungsanlagen nach den folgenden Regelwerken durchgeführt:

- Merkblatt DWA-M 153 – „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“, August 2007
- Arbeitsblatt DWA-A 102 „Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer“ (bisher nicht eingeführte Richtlinie, befindet sich im Gelbdruck)
- Arbeitsblatt DWA-A 138 – „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, April 2005
- Arbeitsblatt DWA-A 117 – „Bemessung von Regenrückhalteräumen“, Dezember 2013

C.4.2 Behandlung des Regenwassers

Die Bewertung des Regenabflusses von den Verkehrsflächen erfolgt nach aktuellem Stand nach DWA-Merkblatt M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“. Derzeit befindet sich jedoch das Arbeitsblatt DWA-A 102 „Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer“ vor der Einführung, welches das DWA-Merkblatt M 153 in Teilen ablösen bzw. konkretisieren wird.

Das Arbeitsblatt DWA-A 102 bezieht sich auf das aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen in Siedlungsgebieten abfließende und gesammelte Niederschlagswasser, soweit es den Abwasserbegriff nach Wasserhaushaltsgesetz (WHG, 2009) erfüllt. Gemäß WHG, 2009, § 54 (1) ist Niederschlagswasser, welches nicht gesammelt wird, beispielsweise bei Straßenentwässerung über die Schulter abfließendes Wasser, kein Abwasser. Entsprechend kann davon ausgegangen werden, dass es bei

Muldenversickerung von ungefasstem Wasser nicht der Anwendung des Arbeitsblattes DWA-A 102 bedarf.

Die Bewertung der Behandlungsbedürftigkeit des Niederschlagsabflusses erfolgt entsprechend nach DWA-Merkblatt M153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“.

Für die Festlegung des Schutzbedürfnisses wird nach Tabelle A.1a, DWA-M 153 als Gewässertyp „stehende und gestaute Gewässer, Marschgewässer“ (Typ 8) gewählt (siehe C.2). Da im Planungsgebiet oberflächennah eine als wasserundurchlässig anzunehmende Kleischicht vorliegt (siehe C.1.1.3), kann davon ausgegangen werden, dass auch zunächst versickertes Wasser schlussendlich nicht in den Hauptgrundwasserleiter gelangt, sondern als Schichtenwasser auf dem Kleihorizont dem geplanten Regenrückhaltebecken im Planungsgebiet zufließt. Die anzusetzenden Gewässerpunkte für Marschgewässer ergeben sich nach Tabelle A.1a, DWA-M 153 zu $G = 16$.

Im nächsten Schritt erfolgt die Bewertung der Belastung der Flächen. Hierfür wird zum einen die Belastung aus der Luft (DWA-M 153, Tabelle A.2) und zum anderen aus den Regenabflüssen in Abhängigkeit von der Herkunftsfläche (DWA-M 153, Tabelle A.3) angesetzt. Für alle versiegelten (befestigten) Verkehrsflächen im Lune Delta wird die Belastung entsprechend Hauptverkehrsstraßen - Straße mit 5.000 bis 15.000 Kfz/24h - angesetzt, somit ist die Gesamt-Abflussbelastung unabhängig von der Flächengröße. Lediglich Geh- und Radwege, die einen Abstand von 3 m oder mehr zu den Fahrbahnen haben (beispielsweise zwischen den Grundstücken und im „Lune Delta Park“), sind von dieser Betrachtung ausgenommen.

Die Bewertungspunkte sind der Tabelle 5 zu entnehmen. Als Ergebnis dieser Bewertung ergibt sich die Gesamt-Abflussbelastung zu $B = 31$.

Tabelle 5: Abflussbelastung – Verkehrsflächen

Bezeichnung	Flächenanteil f_i		Luft L_i		Fläche F_i		Abflussbelastung B_i
	$A_{U,i} [m^2]$	f_i	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i * (L_i + F_i)$
-	-	1,0	L3	4	F5	27	31,0
Summe:	-	1,00				ΣB_i :	31,0

$$G = 16 \text{ Punkte} < B = 31 \text{ Punkte}$$

Daraus ergibt sich eine Behandlungsbedürftigkeit des Oberflächenwassers.

Im nächsten Schritt wird der maximal zulässige Durchgangswert wie folgt ermittelt:

$$D_{\max} = G/B = 16 / 31 = \text{rd. } 0,52$$

Nach DWA-M 153, Tabellen A.4a bis A.4c, kommen für den ermittelten Durchgangswert folgende Verfahren zur Regenwasserbehandlung in Betracht:

1. Bodenpassage / Versickerung durch bewachsenen Oberboden
 - Muldenversickerung
2. Filterbecken mit Vorreinigung und Retentionsraum
 - Retentionsbodenfilteranlage

3. Sedimentationsanlagen

- beispielsweise SediPipe XL von FRÄNKISCHE

Im Rahmen der Vorplanung [12] wurden für die drei Behandlungsverfahren eine Variantenbetrachtung durchgeführt.

Die Variante 1 - Bodenpassage / Versickerung durch bewachsenen Oberboden – wurde als Vorzugsvariante ermittelt. Besonders hervorzuheben hat sich das Verfahren dadurch, dass es sich um ein wirkungsvolles, naturnahes und kostengünstiges System handelt.

Die Variante 2 - Filterbecken mit Vorreinigung und Retentionsraum - kann aufgrund der erforderlichen großen Einbauhöhe im Planungsgebiet nicht zum Einsatz kommen.

Die Betrachtung der Variante 3 – Sedimentationsanlage – hat ergeben, dass es sich um eine platzsparende Alternative für das Plangebiet handelt.

In der Entwurfsplanung konnte die Behandlung des Regenwasserabflusses von den Verkehrsflächen vollständig über Versickerungsmulden umgesetzt werden. Im Straßenraum wird kein Regenwasserkanal vorgesehen.

Für die Versickerung durch bewachsenen Oberboden ist die Stärke des bewachsenen Oberbodens nach Tabelle A.4a, DWA-M 153 zu ermitteln.

Die Flächenbelastung errechnet sich aus dem Verhältnis der undurchlässigen Fläche A_u zur Sickerfläche A_s . Hier wird das ungünstigste Verhältnis innerhalb der Mulden des Lune Deltas angesetzt. Dieses liegt bei der Mulde 23 vor. Die Bemessung der Mulden wird im nachfolgenden Abschnitt erläutert. Dargestellt sind die Mulden in den Lageplänen der Verkehrsanlage (siehe Lagepläne VFA-3-V-LP-01 bis -16) sowie in den Lageplänen der Straßenentwässerung (siehe Lagepläne VFA-3-V-LPE-01 bis -15). Den Lageplänen der Straßenentwässerung können die Flächengrößen der befestigten und unbefestigten Einzugsflächen der Mulden entnommen werden.

Tabelle 6: Flächenbelastung für Muldenversickerung

Muldenbezeichnung	Befestigte Fläche	Muldenfläche	A_u / A_s
30	$353 \text{ m}^2 + 401 \text{ m}^2 = 754,00 \text{ m}^2$	$12 \text{ m} \times 2,25 \text{ m} = 26,71 \text{ m}^2$	$754,00 / 26,71 = \mathbf{28,23}$

$A_u / A_s = 20 > 15:1$ und $< 50:1$ entspricht der Flächenbelastung C

Für die Flächenbelastung C muss bei einem Durchgangswert $D_{\max} = \text{rd. } 0,52$ der Typ D1 mit einem Durchgangswert von $D = 0,45$ gewählt werden. Dies entspricht der Versickerung durch einen bewachsenen Oberboden von 30 cm Mächtigkeit.

Der Emissionswert berechnet sich daraus wie folgt:

$$E = B \times D = 31 \times 0,45 = \text{rd. } 14$$

Der Nachweis ist erfüllt, da der Emissionswert geringer ist als die Anzahl der Gewässerpunkte.

$$G = 16 \text{ Punkte} > E = 14 \text{ Punkte}$$

C.4.3 Bemessung der Versickerungsanlagen

Es wird vorgesehen das Niederschlagswasser von den öffentlichen Verkehrsflächen (siehe Lagepläne VFA-3-V-LP-01 bis -16) im Planungsgebiet über Versickermulden (kurz Mulden) abzuleiten. Die Behandlung des Niederschlagswassers erfolgt, wie zuvor erläutert, durch die Passage des bewachsenen Oberbodens. Die Darstellung der Lage der Mulden und der zugehörigen Einzugsflächen kann den Lageplänen der Straßenentwässerung (siehe Lagepläne VFA-3-V-LPE-01 bis -15) entnommen werden. Unterschieden werden befestigte (bezeichnet mit **b**) und unbefestigte (bezeichnet mit **u**) Einzugsflächen. Die jeweilige Flächengröße kann ebenfalls den Plänen entnommen werden.

Für die Geh- und Radwege, die einen Abstand von $\geq 3,0$ m zur Fahrbahn haben, erfolgen keine gezielten Planungen zur Behandlung des Niederschlagswassers. Die Wege werden mit einer Neigung in Richtung der angrenzenden Gewässer geplant, damit das anfallende Niederschlagswasser über die Grünflächen und begrünten Böschungen den Oberflächengewässern zulaufen kann.

Die Bemessung der Mulden erfolgt nach einem Nachweis der Leistungsfähigkeit mittels Niederschlag-Abfluss-Langzeitsimulation mit der Simulationssoftware KOSIM der itwh GmbH. Wie bereits für das Regenrückhaltebecken erläutert, basiert die Langzeitsimulation auf gemessenen Regenereignissen, die nicht statistisch aufbereitet werden. Für die hier durchgeführte Berechnung wurden Niederschlagsdaten der Station Bremerhaven bei www.regen.itwh.de für die Jahre 1998 bis 2020 erworben. Eine Auswertung der erworbenen Regendaten hat ergeben, dass diese auch ein signifikantes Extremereignis am 08.08.2002 umfassen. An diesem Tag fielen innerhalb von 6 Stunden 70,5 mm Niederschlag an der Messstation Bremerhaven. Statistisch betrachtet handelt es sich hier um ein Niederschlagsereignis mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit von etwas seltener als 1-mal in 100 Jahren. Entsprechend bieten die Ergebnisse der Berechnungen mit diesen Regendaten eine gute Sicherheit.

Es wird vorausgesetzt, dass im Bereich der geplanten Mulden ein ca. 1,5 m mächtige Sandauffüllung vorgenommen wird. Der Durchlässigkeitsbeiwert wird zu k_f -Wert = 5×10^{-5} m/s (Mittelsand) gewählt.

Für die Bemessung aller Mulden wird eine jährliche Überlaufhäufigkeit von $n = 1 \text{ 1/a}$ angesetzt. Auf eine größere Überlaufsicherheit kann verzichtet werden, da der Regenrückhalt bereits im gesamten Planungsraum durch ein verzweigtes Regenrückhaltebecken mit Drosselablauf sichergestellt wird. Die Funktion der Mulden bezieht sich entsprechend ausschließlich auf die Aufnahme und Reinigung des Niederschlagswassers.

Alle Mulden werden generell mit einer Tiefe von 0,3 m und einer Böschungsneigung von 1 : 1,5 geplant.

Die Einzugsflächen der Mulden werden im Simulationsprogramm KOSIM in befestigt und unbefestigt unterschieden. Als befestigte Flächen wurden alle Straßen, Geh- und Radwege sowie die befestigten Hofflächen der Warften definiert. Die Grünflächen innerhalb derer die Mulden liegen, sowie die Mulden selbst, wurden als unbefestigte Flächen mit Rasenbewuchs erfasst.

Der Berechnung der Mulden wurde der Übersichtlichkeit halber getrennt nach Verkehrsflächen, M- und S- Warften durchgeführt. Die durchgeführten Nachweise zur Bemessung der einzelnen Mulden wurde diesem Bericht als Anhang W-2.1 bis 2.3 beigefügt. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse - Mulden

Zuordnung der Mulden	befestigte Einzugsfläche, ges	unbefestigte Einzugsfläche, ges	vorhandenes Muldenvolumen	erforderliches Muldenvolumen
	$A_{E,b}$ [ha]	$A_{E,nb}$ [ha]	V_{vorh} [m ³]	V_{erf} [m ³]
Verkehrsanlagen	4,05	0,75	846,28	392,2
M-Warften*	0,11	0,01	18,25	10,75
S-Warften	3,06	0,26	490,98	310,16

* Die Mulden auf allen M-Warften sind identischen. Entsprechend wurde lediglich eine Mulde bemessen. Es handelt sich jedoch um insgesamt 10 Mulden, für welche die Berechnungsergebnisse gültig sind.

Der Nachweis gilt als erfüllt, wenn das vorhandene Muldenvolumen größer oder gleich dem erforderlichen Muldenvolumen ist.

$$V_{vorh} \geq V_{erf}$$

Der Nachweise konnte für alle Mulden erbracht werden.

Die Mulden wurden entsprechend ihrer Bemessung in den Lageplänen der Verkehrsanlage dargestellt, wobei berücksichtigt wurde, dass aus landschaftsplanerischen Gründen die Mulden durch Bäume unterbrochen werden.

Zur Ableitung von größeren Niederschlagsereignissen werden in allen Mulden Notüberläufe vorgesehen, die das Wasser über Rohrleitungen in das Regenrückhaltebecken ableiten. Kommt es zu einem Überlaufereignis hat bereits eine sehr starke Verdünnung stattgefunden, so dass die Schadstoffbelastung für das aufnehmende Gewässer sehr gering ist. Die Notüberläufe werden alle mit einem Absperrschieber ausgestattet, welche im Havariefall von den Einsatzkräften geschlossen werden können, um eine Ausbreitung von Schadstoffen wie Leichtflüssigkeiten zu vermeiden. Die Höhenlage des Einlaufrosts der Ablaufschächte wird 2 cm unterhalb der Oberkante der Mulden vorgesehen. Nach Herstellerangaben kann für das Einlaufrost, bei einem Überstau von 2 cm, von einer Abflussleistung von 12 l/s ausgegangen werden. Diese Angaben bilden die Grundlage der Bemessung der Notabläufe, die mehrstufig durchgeführt wurde. Im ersten Bemessungsschritt werden den Berechnungsergebnissen von KO-SIM (siehe Anhang W-2.1 und W-2.2) der maximale Überlauf $Q_{ue,max}$ für jede Mulden entnommen und daraus die erforderliche Anzahl von Notabläufen bei einer Abflussleistung von 12 l/s berechnet. Im zweiten Schritt wurden die erforderlichen Notüberläufe der Mulden in den Lageplänen angeordnet und durch weitere Notüberläufe ergänzt, um räumlich eine gute Abdeckung der Mulden herzustellen und um zu berücksichtigen, dass teilweise Bäume die Mulden unterbrechen und somit ein Abflusshindernis darstellen.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 8 aufgeführt. In der Summe wurden insgesamt 130 Notüberläufe in den Mulden angeordnet.

Für die Mulden auf den S-Warften wurden keine Notüberläufe in Form von Überlaufschächten vorgesehen, da der Notüberlauf in die angrenzenden Gräben über die Oberfläche erfolgen kann.

Tabelle 8: Übersicht erforderlicher Notüberläufe für die Straßenmulden

Mulde	maximaler Überlauf $Q_{ue,max}$	errechnete Anzahl Notüberläufe $Q_{ue,max} / 12 \text{ l/s}$	gewählte Anzahl Notüberläufe
	l/s	Stk	Stk
Mulden Verkehrsanlagen			
0	22,49	2	3
1	17,54	2	2
2	33,24	3	6
3	18,02	2	2
4	60,78	6	6
5	54,11	5	8
6	3,51	1	1
7	25,09	3	4
8	26,48	3	5
9	14,80	2	3
10	6,67	1	2
11	15,00	2	2
12	40,68	4	4
13	7,58	1	1
14	15,10	2	2
15	10,64	1	2
16	24,59	3	3
17	9,48	1	2
18	40,78	4	4
19	8,65	1	1
20	13,20	2	2
21	21,43	2	3
22	8,96	1	2
23	41,62	4	4
24	12,84	2	2
25	17,52	2	3
26	11,13	1	3
27	3,41	1	1
28	42,36	4	4
29	14,77	2	2
30	14,23	2	2
31	10,82	1	2
32	12,31	2	2
33	20,72	2	3
35	4,04	1	1
37	16,94	2	2
Summe, Verkehrsanlagen		80	101

Mulde	maximaler Überlauf $Q_{ue,max}$	errechnete Anzahl Notüberläufe $Q_{ue,max} / 12 \text{ l/s}$	gewählte Anzahl Notüberläufe
	l/s	Stk	Stk
Mulden M-Warften (10 identische Mulden)			
M-Warft	21,35	10 Mulden x 2	10 Mulden x 3
Summe, M-Warften		20	30
Gesamtsumme		100	130

Im nächsten Schritt wird überprüft, ob die geplanten Notüberläufe den Niederschlag eines 30-jährlichen Ereignisses von 15 Minuten Dauer ableiten können ohne, dass es zu einer Überflutung des angrenzenden Verkehrsraumes kommt. Das gewählte Bemessungsereignis bezieht sich auf die Erläuterungen unter Kapitel C.1.3, wonach Regenereignisse im Straßenraum von einer Auftretenswahrscheinlichkeit von 30 Jahren berücksichtigt werden sollten. Der Nachweis wird je für die Verkehrsanlagen und die M-Warften geführt.

Nachweis der Notüberläufe für die Mulden der Verkehrsanlagen:

Niederschlagsspende, 30-jährlich: $r_{(D,15)} = 232,2 \text{ l/(s*ha)}$ (KOSTRA-DWD, siehe Anhang W-4)

Dauer des Bemessungsereignisses: $T = 15 \text{ Minuten} = 900 \text{ Sekunden}$

Summe der Einzugsflächen: $A_E = 4,05 \text{ ha}$

Anzahl Notüberläufe: 101 Stk

Abflussleistung Notüberläufe: 12,00 l/s

Für den Nachweis wird zunächst der Wasserabfluss, von den Einzugsflächen beim Auftreten des Bemessungsereignisses, ermittelt:

$$Q_{\text{Bemessung}} = 232,2 \text{ l/(s*ha)} * 4,05 \text{ ha} = \mathbf{940,00 \text{ l/s}}$$

Im nächsten Schritt wird überprüft, ob die Leistungsfähigkeit der gewählten Anzahl Notüberläufe ausreicht, um den anfallenden Bemessungsabfluss abzuführen:

$$\mathbf{940,00 \text{ l/s} < 101 \text{ Stk} * 12,00 \text{ l/s} = \mathbf{1.212,00 \text{ l/s}}}$$

Die Anzahl der Notüberläufe der Verkehrsanlagen ist ausreichend gewählt, um den Bemessungsabfluss für ein 30-jährliches Ereignissen von 15 Minuten Dauer abzuleiten.

Nachweis der Notüberläufe für die Mulden der M-Warften:

Niederschlagsspende, 30- jährlich: $r_{(D,15)} = 232,2 \text{ l/(s*ha)}$ (KOSTRA-DWD, siehe Anhang W-1)

Dauer des Bemessungsereignisses: $T = 15 \text{ Minuten} = 900 \text{ Sekunden}$

Summe der Einzugsflächen: $A_E = 1,20 \text{ ha}$

Anzahl Notüberläufe: 30 Stk

Abflussleistung Notüberläufe: 12,00 l/s

Für den Nachweis wird zunächst der Wasserabfluss, von den Einzugsflächen beim Auftreten des Bemessungsereignisses, ermittelt:

$$Q_{\text{Bemessung}} = 232,2 \text{ l/(s*ha)} * 1,2 \text{ ha} = 279,00 \text{ l/s}$$

Im nächsten Schritt wird überprüft, ob die Leistungsfähigkeit der gewählten Anzahl Notüberläufe ausreicht, um den anfallenden Bemessungsabfluss abzuführen:

$$279,00 \text{ l/s} < 30 \text{ Stk} * 12 \text{ l/s} = 360,00 \text{ l/s}$$

Die Anzahl der Notüberläufe auf dem Werkhof der M-Warften ist ausreichend gewählt, um den Bemessungsabfluss für ein 30-jährliches Ereignissen von 15 Minuten Dauer abzuleiten.

Die Ableitung des Wassers erfolgt über Anschlussrohre, DN 200 in den nächstgelegenen Grabenabschnitt. Bei größeren Entfernungen werden mehrere Notüberläufe an eine Sammelleitung angeschlossen (DN 300), die das Wasser schließlich in das Gewässersystem ableitet.

Die Abbildung 5 zeigt eine schematische Darstellung der geplanten Straßenentwässerung.

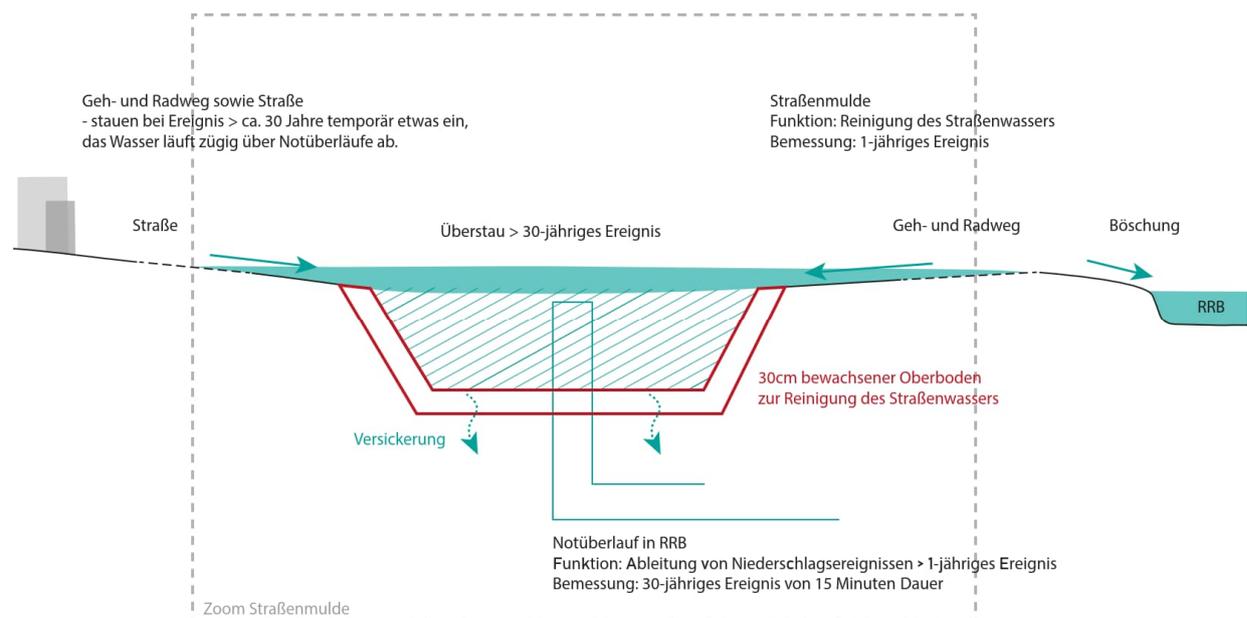


Abbildung 5: Piktogramm – Straßenentwässerung

C.5 Zusammenfassung

Die Abbildung 6 zeigt eine Übersicht des geplanten Regenwassermanagements im Lune Delta. Zusammenfassend wird für die Entwässerung des Erschließungsgebietes eine gedrosselte Ableitung des anfallenden Niederschlagswassers in die „Alte Lune“ und somit weiter über das Schöpfwerk Büttel in die „Weser“ vorgesehen. Für die Niederschlagswassermengen, die über den Drosselabfluss hinaus in dem Erschließungsgebiet anfallen, wird ein öffentliches Rückhaltebecken in Form einer Speicherlamelle im geplanten „Lune Delta Wasser“ und Grabensystem geschaffen. Die Bemessung des Regenrückhaltebeckens wurde für ein Niederschlagsereignis mit einer mittleren Auftretenswahrscheinlichkeit von 10 Jahren durchgeführt. Wie in der Abbildung dargestellt, kann der erforderliche Rückhalt in der Speicherlamelle zwischen dem Dauerwasserstand von +1,0 m ü. NHN und einem Höhenniveau von +1,2 m ü. NHN realisiert werden. Steigt der Wasserstand über das Höhenniveau von +1,2 m ü. NHN läuft das Wasser ungedrosselt über zwei Überlaufschwellen der „Alten Lune“ zu. Für das Regenrückhaltebecken ist ein ausreichender Freibord vorzusehen, entsprechend muss das umlaufende Gelände ein Höhenniveau von mind. +1,85 m ü. NHN aufweisen.

Auf den privaten Grundstücken ist ein privater Teilrückhalt für das Niederschlagswasser, welches auf den Dachflächen anfällt, vorzuhalten. Für diese privaten Rückhaltebecken gelten die gleichen Bemessungsanforderungen wie für das öffentliche Becken. Die Ableitung des Drossel- und des Überlaufabflusses erfolgen in das öffentliche Regenrückhaltebecken.

Das verunreinigte Niederschlagswasser von den Verkehrsflächen wird, wie in der Abbildung dargestellt, über Straßenmulden versickert. Da der Planungsraum von einer weitestgehend undurchlässigen Kleischicht unterlagert ist, fließt auch das versickerte Wasser verzögert durch den Boden dem Regenrückhaltebecken zu. Die Ableitung des Niederschlagswassers von seltenen Ereignissen erfolgt über Notüberläufe direkt in das Regenrückhaltebecken.

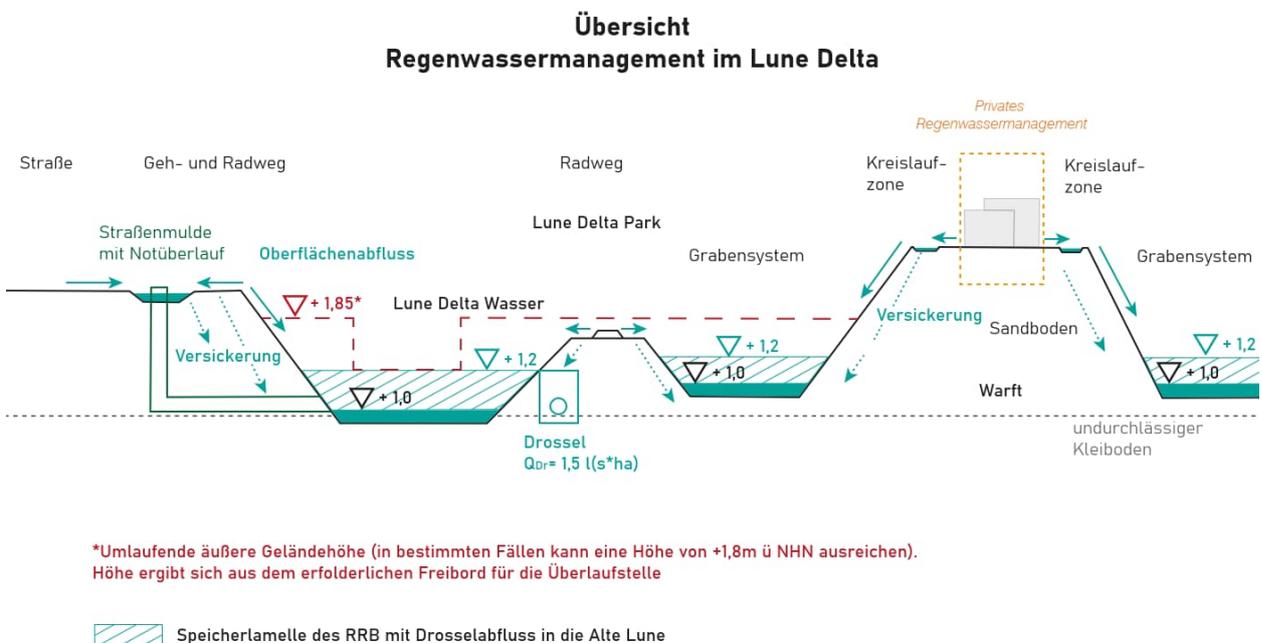


Abbildung 6: Piktogramm – Regenwassermanagement