

# **B-Plan Nr.: 09.W.189 und B-Plan Nr.: 24 Erarbeitung eines Fachbeitrages zum Wasserhaushalt**

## **- Erläuterungsbericht -**

<b>Auftraggeber:</b>	Ostsee Sparkasse Rostock Am Vögenteich 23 18057 Rostock	GERBA GmbH & Co. KG Landgut 9 18059 Groß Stove
----------------------	---	--

<b>Ingenieur:</b>	WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH Oll-Päsel-Weg 1 18069 Rostock M.Sc. K. Schuster M.Sc. M. Gottschling
-------------------	--

Projekt-Nr.: 38253

Rostock, 15.12.2023

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>5</b>
1.1	Veranlassung .....	5
1.2	Relevante fachliche, gesetzliche und normative Grundlagen .....	6
1.2.1	Starkregen.....	6
1.2.2	Wasserhaushalt.....	6
1.3	Aufgabenstellung .....	7
<b>2</b>	<b>Planungs- und Datengrundlagen .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Örtliche Verhältnisse / Untersuchungsgebiet.....</b>	<b>10</b>
3.1	Lage und Nutzung .....	10
3.2	Geologie .....	11
3.3	Höhenstruktur der Oberfläche.....	13
3.4	Klima .....	14
3.5	Oberirdische Gewässer und relevante hydrologische Einzugsgebiete .....	15
3.6	Beschreibung des Plangebietes .....	15
3.6.1	B-Plan Entwurf .....	15
3.6.2	Grundhochwasser in den Plangebieten .....	17
3.6.3	Gewässer .....	18
3.6.4	Wasserschutzgebiete .....	19
3.6.5	Niederschlag .....	19
3.6.6	Verdunstung.....	19
3.7	Untergrundverhältnisse und Hydrologie .....	20
3.8	Bestandssituation / vorhandene Leitungen und Anlagen .....	21
3.9	Abstimmungsergebnisse.....	21
<b>4</b>	<b>Gefährdung durch Hochwasser und Starkregen nach Datenlage .....</b>	<b>22</b>
4.1	Hochwasser der Zuflüsse.....	22
4.2	Gefahren durch Grundhochwasser .....	24
4.3	Zentrale Entwässerungsachsen .....	24
4.4	Senken und Abflussbahnen.....	25

<b>5</b>	<b>Analyse der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt .....</b>	<b>26</b>
5.1	Prinzipielle Lösungsansätze für eine wassersensible, innovative Quartiersentwicklung (Wasserhaushalt) .....	26
5.1.1	Vermeidung von Niederschlagswasseranfall .....	26
5.1.2	Rückhalt und Nutzung von Niederschlagswasser .....	27
5.1.3	Förderung von Versickerung .....	28
5.1.4	Verdunstungsförderung, Förderung von Kühlung .....	29
5.2	Grundlegende Daten zur Analyse des Wasserhaushaltes im Plangebiet .....	29
5.3	Lokale Wasserhaushaltsanalysen im Plangebiet.....	29
5.3.1	Lokaler Wasserhaushalt im IST-Zustand.....	29
5.3.2	Lokaler Wasserhaushalt für Planvariante I ohne spezifische Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen mit einer Versiegelung von 40 % .....	30
5.3.3	Lokaler Wasserhaushalt für Planvariante I mit Maßnahmen zur dezentralen Regenbewirtschaftung bei einer Versiegelung von 40 %.....	31
5.3.4	Lokaler Wasserhaushalt für Planvariante II ohne spezifische Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen mit einer Versiegelung von 60 % .....	32
5.3.5	Lokaler Wasserhaushalt für Planvariante II mit Maßnahmen zur dezentralen Regenbewirtschaftung bei einer Versiegelung von 60 %.....	33
5.3.6	Lokaler Wasserhaushalt für B-Planvariante mit Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung .....	34
5.4	Abschließender Vergleich der mittleren Wasserbilanzen .....	35
<b>6</b>	<b>Zusammenfassende Empfehlungen .....</b>	<b>36</b>
6.1	Beiträge im Sinne innovativer Lösungen der Stadtentwicklungen .....	36
6.2	Grundsätzliches Entwässerungskonzept „Schwammstadt“ .....	37
6.3	Schwammgebäude: Prinzipien und konkrete Vorschläge technischer Lösungen für Gebäude und zugehörige Anlagen .....	37
6.3.1	Grundansatz.....	37
6.3.2	Dachbegrünung .....	38
6.3.3	Materialien der Dacheindeckung und der Fassadenbeschichtung.....	39
6.3.4	Fassadenbegrünung .....	40
6.3.5	Regenwassernutzung für Bewässerung und für wassergebundene Anlagen .....	40
6.3.6	Regenwassernutzung für Toilettenspülung .....	41
6.3.7	Abflussermittlung für die Baufelder als Grundlage der Kanalnetzbemessung .....	41

6.4	Schwammstraßen: Prinzipien und Vorschläge technischer Lösungen für die Entwässerung der Verkehrsflächen .....	43
6.4.1	Grundansatz .....	43
6.4.2	Versickerungsfähige Befestigungsarten .....	43
6.4.3	Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen-Systeme .....	43
6.4.4	Vorgaben für die Bemessung von Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen-Systemen .....	45
6.5	Retentions-Grünflächen und Regenrückhaltebecken .....	46
6.6	Kostenschätzung .....	48
7	Ergebniszusammenfassung und Empfehlung .....	48
8	Literaturverzeichnis .....	50

# 1 Einleitung

## 1.1 Veranlassung

Die Ostsee Sparkasse Rostock beauftragte die WASTRA-PLAN Ing.-Ges. mbH im Juni 2023 mit der Erstellung der Niederschlags Abfluss Modelle und Erarbeitung eines Fachbeitrages zum Wasserhaushalt für den B-Plan Nr.: 09.W.189 "Wohngebiet Nobelstraße.

Der B-Plan enthält bereits mehrere Regelungen zum Umgang mit den Flächen hinsichtlich Regenwasserbewirtschaftung und Retentionsräumen und soll im Rahmen dieses Fachbeitrages auf Nutzung und Anwendbarkeit geprüft werden. Analog zum o.g. B-Plan aus der Hanse- und Universitätsstadt Rostock erstreckt sich dieser Fachbeitrag auch über den B-Plan Nr. 24 "Am Schwanen-Soll" aus der Gemeinde Papendorf des Auftraggebers GERBA GmbH & Co. KG. Beide B-Pläne entwässern zukünftig in den Rote Burg Graben in Richtung Rostock. Eine Bewertung kann somit nur gleichzeitig erfolgen.

Vorrangig für den Rostocker B-Plan gilt das Leitbild der „Schwammstadt“, welches einen nachhaltigeren Umgang mit dem Wasserhaushalt bedeutet. Aufgrund der Nähe und des gleichen Einzugsgebietes wurde sich darauf geeinigt, das Konzept für den Papendorfer B-Plan analog anzuwenden. Die Grundmaxime lautet hier, dass der B-Plan eine Resilienz gegenüber Starkniederschlagsereignissen und dessen Rückhalt im eigenen Areal aufweisen muss. Hinzu kommt der nachhaltige Umgang mit dem Niederschlagswasser. Das Wasser ist dem Gebiet nicht mehr auf dem schnellsten Wege zu entziehen, sondern vor Ort zu speichern, nutzbar (pflanzenverfügbar) zu machen und / oder der Versickerung zuzuführen. Dies wiederum kommt dem Bodenwasserhaushalt zugute und hat positive Effekte auf die Evaporation (Oberflächenverdunstung) und Evapotranspiration (Verdunstung durch Lebewesen / Pflanzen). Dies wiederum trägt einer deutlichen Verbesserung der Feuchte- und Temperaturregulation bei. Hier seien Stichwörter wie Hitzespots, mikroklimatische Kühlfunktion etc. genannt.

Bezogen auf das Schwammstadt-Konzept ist das Arbeitsblatt DWA-A 102 (Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer) in Kombination mit dem Arbeitsblatt DWA-A 100 (Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung) maßgeblich anzuwenden.



**Abb. 1: Lage der Bebauungsplangebiete Nr. 09.W.189 "Wohngebiet Nobelstraße" und Nr. 24 "Am Schwanen-Soll"**

Die ebenfalls fachverbandlichen Empfehlungen „Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“ (DWA, 2013) sowie DWA-Merkblatt „Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen“ (DWA-M 119) widmen sich darüber hinaus der Analyse starkregenindizierter Überflutungsgefährdung in urbanen Räumen.

Die Hanse- und Universitätsstadt Rostock sieht sich dabei, vor allem in der Bewältigung des starkniederschlagsverursachten „Sommer-Hochwassers 2011“ (s. hierzu (Miegel & al., 2014) und (Mehl & al., 2014)) in konzeptioneller, organisatorischer und fachlich-strategischer Hinsicht gut gerüstet. Hier sind insbesondere zu nennen:

- a) das „Integrierte Entwässerungskonzept“ (INTEK) der Hanse- und Universitätsstadt Rostock mit folgenden Phasen (vgl. auch MEHL et al. 2015):
  - Phase 1 „Grundlagenermittlung“ (BIOTA, 2012)
  - Phase 2 „Bewertung der hydrologischen Gefährdung“ (BIOTA, 2013)
  - Phase 3 „Einzugsgebietsbezogene Analysen der Hochwasserrisiken“ (BIOTA, 2014)
- b) ein Gutachten zu Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten der kommunalen Entwässerung in der Hansestadt Rostock (Mehl, 2015)
- c) der „Integraler Entwässerungsleitplan“ (IELP) für die Hansestadt Rostock mit einer Definition von Haupt- und Nebenentwässerungsachsen sowie einer Ableitung sachgerechter, flächennutzungsartenbezogener Bemessungsansätze für hydrologische und hydraulische Analysen im Sinne der anzuwendenden Wiederkehrintervalle und adäquater hydrologischer Sicherheit (BIOTA, 2016) vgl. auch (Tränckner & Mehl, 2017))

## **1.2 Relevante fachliche, gesetzliche und normative Grundlagen**

### **1.2.1 Starkregen**

Aus Niederschlagsprozessen stammender Abfluss ergibt sich im urbanen Raum im Sinne hydrologischer Abflusskomponenten in drei Formen:

- (1) Niederschlagswasser von bebauten und befestigten Flächen (oberirdischer Abfluss),
- (2) Niederschlagswasser von unbebauten und unbefestigten Flächen (oberirdischer Abfluss),
- (3) bodeninnerer/hypodermischer Abfluss sowie Grundwasserabfluss.

Grundsätzlich findet in der Dimensionierung von Entwässerungssystemen häufig nur der oberirdische Abfluss (1) Berücksichtigung. Das öffentliche Entwässerungssystem kann aber auch von den Abflüssen (2) und (3) bei Starkniederschlagsereignissen erreicht werden. Hierbei muss mindestens zeitweise die Niederschlagsintensität die Infiltrationskapazität des Bodens übersteigen, zusätzlich muss sich die ggf. vorhandene Speicherkapazität erschöpft haben (Interzeption, Muldenspeicherung etc.).

In Widerspruch stehen hier die Bemessungsansätze zur Dimensionierung von öffentlichen Entwässerungssystemen und die teilweise deutliche Überbeanspruchung der Systeme bei eintreten eines Starkniederschlagsereignisses. Zur fachlichen Beurteilung solcher Abwägungen für den Raum der Hanse- und Universitätsstadt Rostock sei auf die bereits o.g. Analysen und Bewertungen sowie allgemein auf die Regelwerke (DWA, 2013), DWA-A 100, DWA-M 119, DWA-A 102/BWK-A 3 verwiesen.

### **1.2.2 Wasserhaushalt**

Unter dem Begriff Wasserhaushalt wird einerseits der Wasserkreislauf, „ständige Zustands- und Ortsveränderung des Wassers“ (Dyck & al., 1980) und andererseits die quantitative Erfassung über die

Wasserbilanzkomponenten verstanden. Bei den Wasserbilanzberechnungen werden die Komponenten des Wasserkreislaufs (Niederschlag  $P$ , Abfluss  $R$ , Verdunstung  $ET$  und Speicheränderung  $\Delta S$ ) berücksichtigt. Werden kürzere Zeitabschnitte (Einzeljahre oder wenige Jahre) bei geschlossenen Gebieten betrachtet, kann die Gleichung der Wasserbilanz gemäß dem Satz der Erhaltung der Masse angewandt werden:

$$P - R - ET - \Delta S = 0 \text{ [mm/a]}$$

Die Speicheränderung  $\Delta S$  kann zwischen positiven und negativen Werten variieren. Werden längere Zeiträume (mehrere Jahre bis Jahrzehnte) betrachtet, kann die Speicheränderung vernachlässigt werden, sodass gilt:

$$\bar{P} - \bar{R} - \overline{ET} = 0 \text{ [mm/a]}$$

Aufgrund dieser Vereinfachung erfolgen Wasserhaushaltsberechnungen in der Regel für mehrere Jahrzehnte. So lässt sich bei bekannten Niederschlagshöhen und sachgerechter Abschätzung der Verdunstung auf die mittleren oberirdischen Abflussverhältnisse schließen:

$$\bar{R} = \bar{P} - \overline{ET} \text{ [mm/a]}$$

Im Rahmen der Niederschlagsbewirtschaftung wächst die Bedeutung an dezentralen Maßnahmen. Diese dienen der Abflussvermeidung, indem möglichst große Anteile des Wassers in die bewachsene Bodenzone versickern sollen (DWA-A 102-1/BWK-A 3-1).

Nach DWA-A- 100 ist die übergeordnete Zielsetzung der integralen Siedlungsentwässerung, „die Veränderungen des natürlichen Wasserhaushaltes durch Siedlungsaktivitäten in mengenmäßiger und stofflicher Hinsicht so gering zu halten, wie es technisch, ökologisch und wirtschaftlich vertretbar ist.“

### 1.3 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung ist durch die konkrete Leistungsbeschreibung ‚Erarbeitung eines Fachbeitrages zum Wasserhaushalt für den B-Plan Nr.: 09.W.189 „Wohngebiet Nobelstraße“‘ vorgegeben. Für den B-Plan Nr. 24 „Am Schwanen-Soll“ ist die Aufgabenstellung analog und gleichlautend.

#### Teil 1

1. Für die Untersuchung ist das Einzugsgebiet der betroffenen Vorfluter maßgeblich. Angrenzende Nutzung sowie Nutzungsänderungen sind in die Betrachtung ebenfalls mit einzubeziehen. Das Untersuchungsgebiet umfasst das gesamte Plangebiet, inklusive der dazugehörigen Erschließungsstraße. Die Zuflüsse von den geplanten angrenzenden B-Plangebiet Nr.24 „Am Schwanen-Soll“ von der Gemeinde Papendorf sind zu berücksichtigen.
2. Es ist ein hydrologisches Gutachten nach DWA-Praxisleitfaden T1/2013 „Starkregen und urbane Sturzfluten“ Abschnitt 2 „Ermittlung des Überflutungsrisikos“ zu erarbeiten.
3. Weiterhin sind Vorbehaltsflächen für das schadlose Abführen (Entwässerungsachsen nach IELP) sowie die Retention wild abfließenden Wassers (§37 WHG) durch Starkregen auszuweisen.
4. Unter Berücksichtigung des bisherigen Planungsstandes zur Bebauung des Gebietes „Wohngebiet Nobelstraße“ ist ein Prognosemodell zum Überflutungsrisiko zu erarbeiten.
  - a) Kritische für das EZG maßgebliche Regendauer  $D_{\text{kritisch}}$  nach Kostra 2010 für  $T = 100$  a, ggf. Teileinzugsgebiete betrachten

- b)  $D_{\text{kritisch}}, T = 20 \text{ a}$
  - c)  $D_{\text{kritisch}}, T = 30 \text{ a}$
  - d) Im Untersuchungsgebiet anzusetzender Lastfall nach IELP – Schutzniveauempfehlung, wenn von „a“ – „d“ abweichend
5. Ausgehend von der vorhandenen Regenentwässerung im Umfeld des Bebauungsplangebietes sind Möglichkeiten zur schadlosen Ableitung des anfallenden Regenwassers darzustellen. Dazu sind Einflüsse auf die hydraulischen Systeme stromunterhalb bis an die Nobelstraße auf ihre Leistungsfähigkeit zu prüfen. Das Gewässer 7/2/1 soll dabei als Vorzugsvariante im Plangebiet geöffnet werden und ist für eine Variantenbetrachtung als Gewässerverlauf entsprechend des vorliegenden Konzeptentwurfs für die angegebenen maßgeblichen Regendauern als Retentionsraum zu bewerten. Es ist zu prüfen, ob und wie die Gewässer in die Regenentwässerung integriert werden können.

## Teil 2

- 6. Entsprechend der Forderung des §55 WHG sind Lösungsansätze für natürlichen Rückhalt, baulichen Rückhalt (Dachbegrünung, Straßenraum, Mulden-Rigolen-Systeme...) und Nutzung (Regenwasser als Brauchwasser...) zu erarbeiten, die eine Ausbalanzierung des zusätzlich anfallenden Regenwasserabflusses so ermöglichen, dass nach der Bebauung kein zusätzliches Wasser in unterliegende Systeme eingeleitet wird (DWA-A 102).
- 7. Prüfung und Berücksichtigung der Wasserversorgung des Kleinbiotopes des Gewässersolls an westlicher Ecke des Plangebietes (außerhalb des B-Plan Gebiets). Dazu auch Darstellung der Abflussbahnen zum Kleinbiotop und Prüfung ob durch geplante Grabenöffnung Einschränkungen der Wasserversorgung des Solls entstehen, bzw. ob als Variante das Soll an das Gewässer als Teil des Entwässerungskonzeptes angeschlossen werden kann.
- 8. Analyse und Benennung eventuell notwendiger Maßnahmen auf Grundlage des DWA-A 102-2 zur Niederschlagswasserbehandlung.

## 2 Planungs- und Datengrundlagen

Für die Erarbeitung des Fachbeitrags wurden im Wesentlichen die folgend aufgeführten Daten verwendet:

**Tabelle 1: Planungsrelevante Daten und Unterlagen**

Daten	Datenquelle
Landnutzung, Versiegelungsgrad	Realnutzungskartierung in der Hanse- und Universitätsstadt Rostock; <a href="https://www.geoport-hro.de/desktop">https://www.geoport-hro.de/desktop</a>
Einzugsgebiete (EZG) der Gewässer	KOGGE- Kommunale Gewässer Gemeinschaftlich Entwickeln Ein Handlungskonzept für kleine urbane Gewässer am Beispiel der Hanse- und Universitätsstadt Rostock
Einzugsgebiete (EZG) für den Planbereich	Selbstgenerierte Einzugsgebiete (WASTRA 2023)
Entwässerungsachsen	WBV Gewässer 2. Ordnung (2023)



Hydrogeologische Verhältnisse, Grundwasserhöhen und -fließrichtung	Hydrogeologische Karte (HK50) 1:50.000, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 1987/2004 (LUNG)
Grundhochwasser Gefährdung	Geoportal der Hanse- und Universitätsstadt Rostock – Amt für Umwelt- und Klimaschutz (Stand 23.02.2021)
Gefährdungsbewertung der Abflussbahnen und der Senkenlagen	INTEK 2013: Integriertes Entwässerungskonzept der HRO - Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme IELP 2016: Integrieraler Entwässerungsleitplan der HRO - Definition von Hauptentwässerungsachsen
Mittlerer Grundwasserstand/mittlere Grundwasserdruckhöhe (Isohypsen)	Grundwasserhöhengleichen des obersten Grundwasserleiters in Mecklenburg-Vorpommern; Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 2016 (LUNG)
Boden (Petrographie)	Web Map Service (WMS) der BÜK200-Kartenblätter. Die Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK200) wird von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Zusammenarbeit mit dem Land M-V
Geologische Oberflächenkarte OK 100 (Genese)	Übersichtskarte der an der Oberfläche und am angrenzenden Ostseegrund anstehenden Bildungen im Maßstab 1:500.000; Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 2016 (LUNG)
Gesetzlich geschützte Biotope	Gesetzlich geschützte Biotope, 1. Durchgang, Gesamtdatensatz; Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 2016 (LUNG)
Luftbilder: DOP20/40	Geoportal der Hanse- und Universitätsstadt Rostock
Niederschlag (Mittelwerte im Zeitraum 1981-2010 sowie 1991-2020)	Stations-ID 4270 DWD-Wetterstation Rostock
Temperatur (Mittelwerte im Zeitraum 1981-2010 sowie 1991-2020)	Stations-ID 4271 DWD-Wetterstation Rostock-Warnemünde
Höhe, Lage, Hangneigung und Exposition, DGM 1, ggf. abgeleitet	Landesamt für innere Verwaltung Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen – Geodatenservice (12.2023)
B-Plan Nr.: 09.W.189 "Wohngebiet Nobelstraße"	Büro für Stadt- und Dorfplanung, Rostock, 08.06.2023
B-Plan Nr. 24 "Am Schwanen-Soll"	SRP, Stadt- und Regionalplanung Dipl. Geogr. Lars Fricke, Wismar; 07.06.2023
Baugrundgutachten	IBURO; 23 – 015/01; (08.09.2023)

### 3 Örtliche Verhältnisse / Untersuchungsgebiet

#### 3.1 Lage und Nutzung

Die Plangebiete Nr. 09.W.189 „Wohngebiet Nobelstraße“ und Nr. 24 „Am Schwanen-Soll“ befinden sich am südlichen Rand der Hanse- und Universitätsstadt Rostock. Am nordöstlichen Rand der Plangebiete befindet sich die Straßenbahnhaltestelle „Südblick“. Östlich verläuft die Landesstraße 132 und am nordwestlichen Rand schließt der Rostocker Stadtteil Biestow an.

Die Plangebiete befinden sich hauptsächlich auf Flächen mit landwirtschaftlicher Nutzung (IST-Zustand). Lediglich die Flächen im Osten des Papendorfer B-Plans weisen auch derzeit schon Verkehrsflächen aus, welche im Zuge der geplanten Erschließung ausgebaut werden.



**Abb. 2: Fläche mit landwirtschaftlicher Nutzung im Geltungsbereich der Gemeinde Papendorf**





**Abb. 3: Blickrichtung Westen, Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung, unbewirtschaftet im Geltungsbereich der Hanse- und Universitätsstadt Rostock**

### **3.2 Geologie**

Die Untersuchungsgebiete sind wie die Böden in ganz Mecklenburg-Vorpommern glazialmorphologisch geprägt. Bei den betrachteten Bereichen handelt es sich um eine jüngere Grundmoräne, welche infolge der Weichseleiszeit entstanden ist. Das vorkommende Ausgangsgestein sind Geschiebemergelablagerungen der spätglazialen Serie. Im Zuge der Verwitterungsprozesse hat sich oberflächlich Geschiebelehm gebildet, welcher sporadisch durch Bodenwassereinflüsse aufgeweicht ist (Abb. 4).

Oberhalb und innerhalb der bindigen Geschiebelehme und -mergel treten z. T. Einlagerungen von Schmelzwasser- und Beckensanden, sowie bereichsweise auch Beckenschluffe auf. Bei den aktuellen Bodenverhältnissen handelt es sich überwiegend um Parabraunerden (Abb. 5).



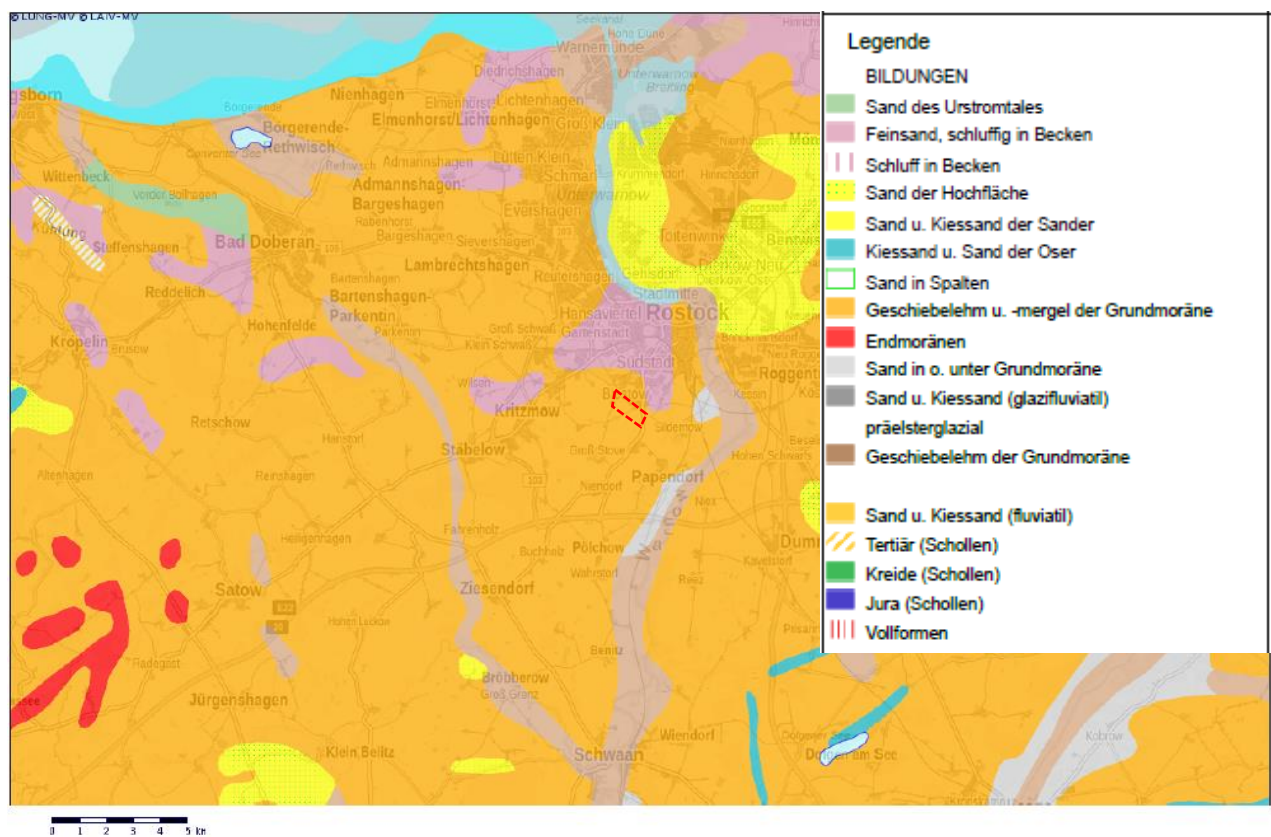


Abb. 4: Übersichtskarte der an der Oberfläche und am angrenzenden Ostseegrund anstehenden Bildungen (GAIA-MV, 2023)

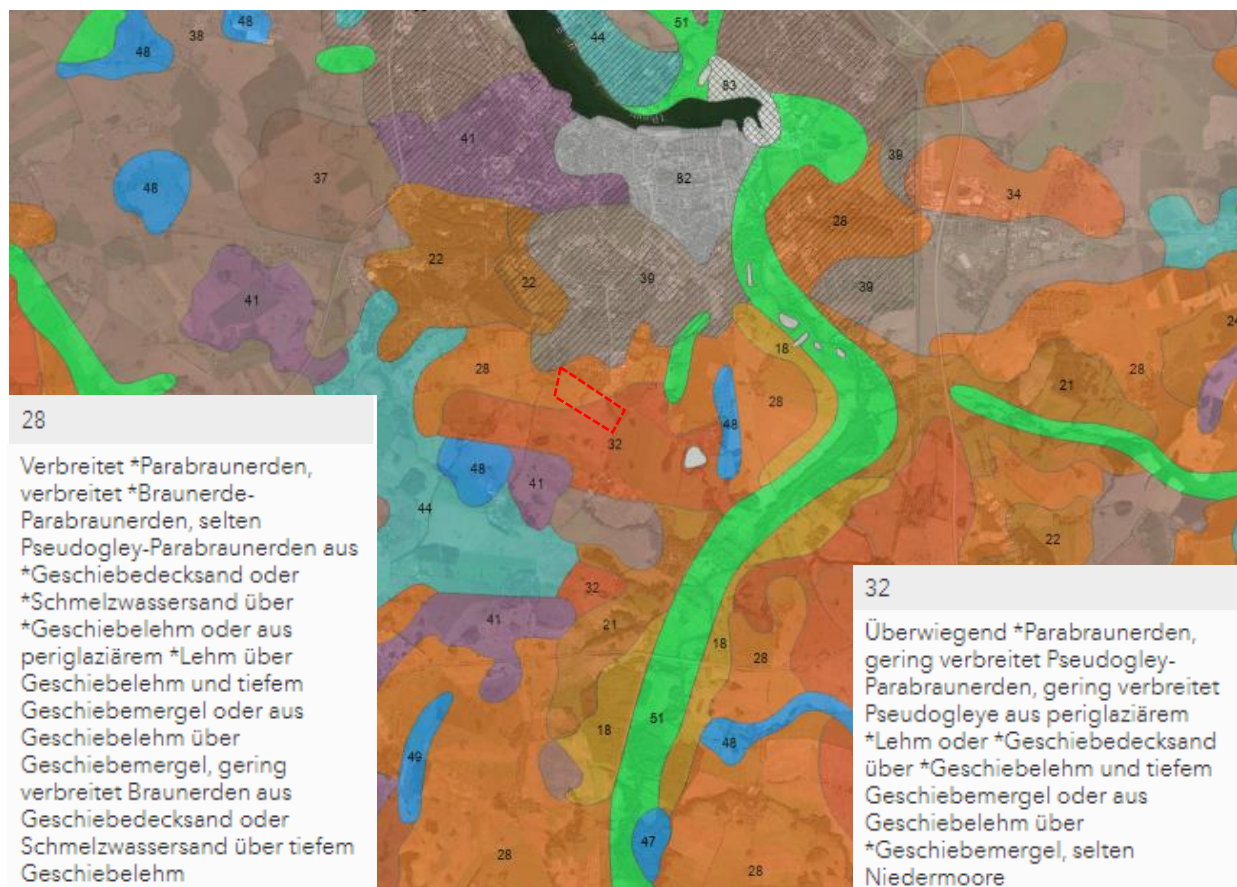


Abb. 5: Übersichtskarte der vorkommenden Bodenverhältnisse

### 3.3 Höhenstruktur der Oberfläche

Die Topographie der B-Plangebiete sowie im angrenzenden Umland weist Höhen zwischen 33,2 m und 40,1 m über NHN aus. Zur Untersuchung wurde entlang der breitesten diagonalen Ausdehnung der beiden B-Plangebiete eine Querprofilinie angelegt, um einen Querschnitt über die Höhenverhältnisse im Gebiet zu erhalten (Abb. 6). Die Höhenwerte wurden aus Daten eines digitalen Geländemodells (DGM) mit der horizontalen Auflösung von 1 m des Landesamtes für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern (LaiV M-V) entnommen. Der ermittelte Geländequerschnitt mit Angaben zu den Bereichen der B-Plangebiete ist (Abb. 7) zu entnehmen. Für die beiden B-Plangebiete wurden nur geringe Schwankungen in den Höhenlagen von ca. 7 m von Nordwesten nach Südosten ermittelt.

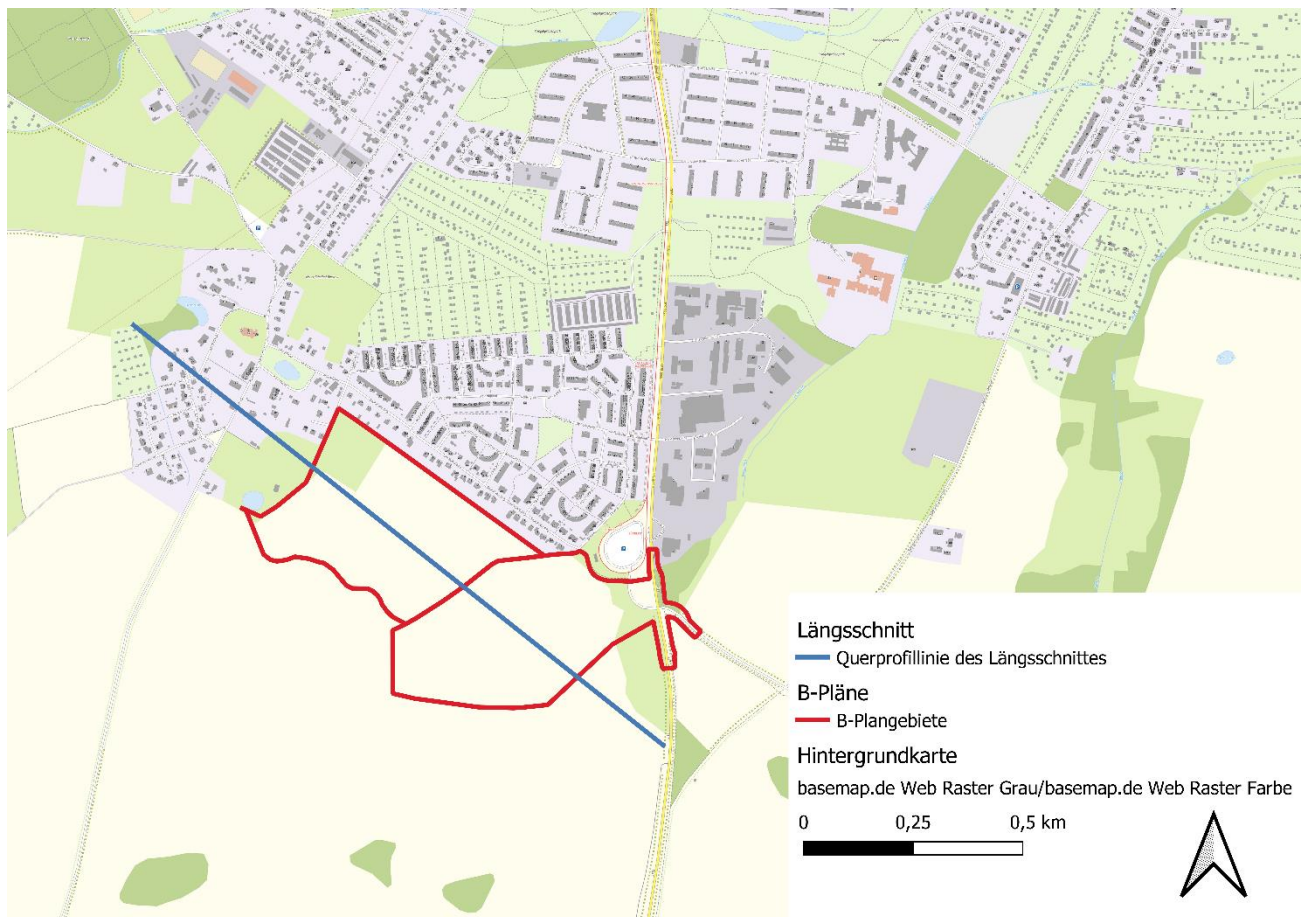
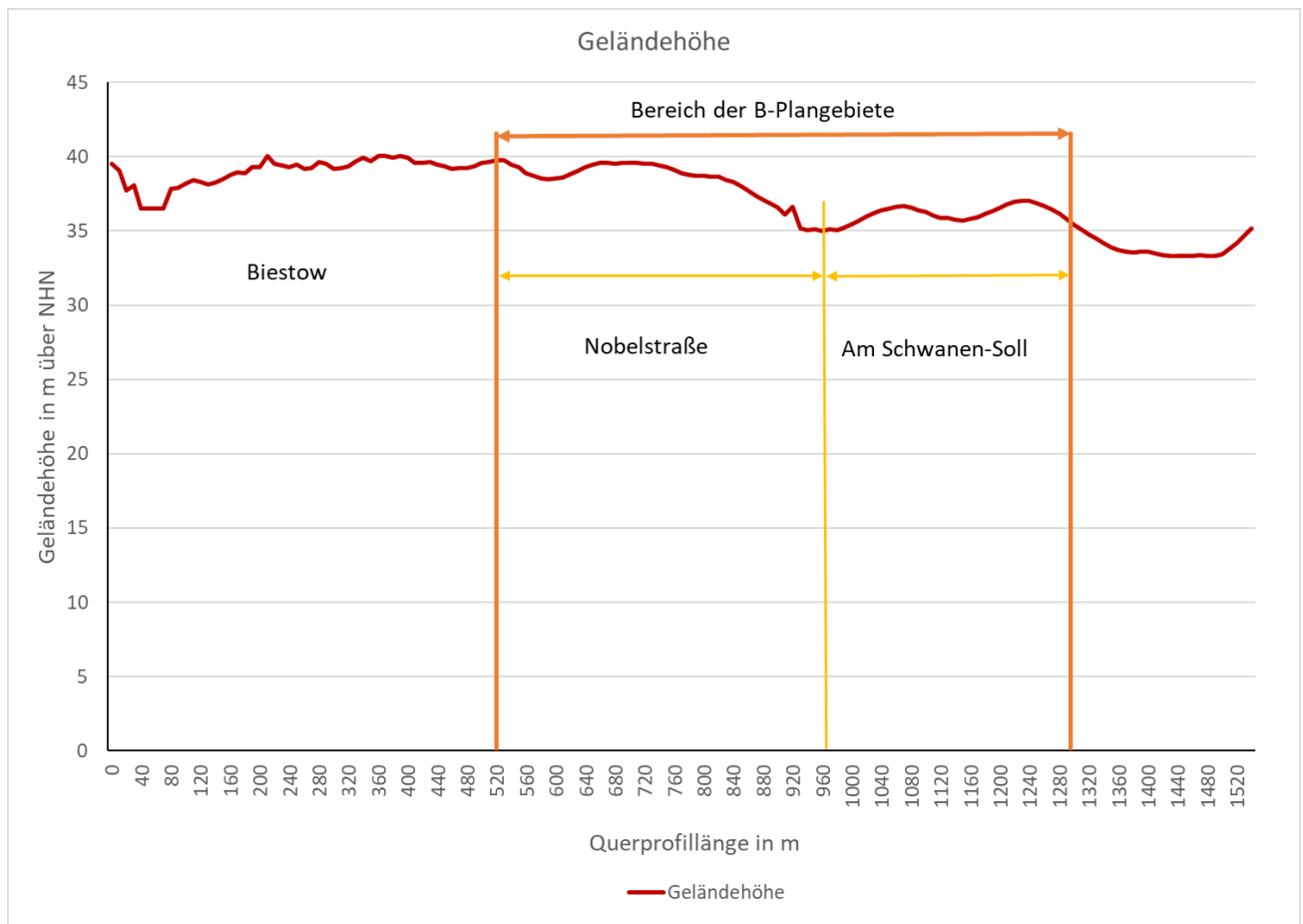


Abb. 6: Lageplan der Querprofilinie zur Analyse der Höhenverhältnisse



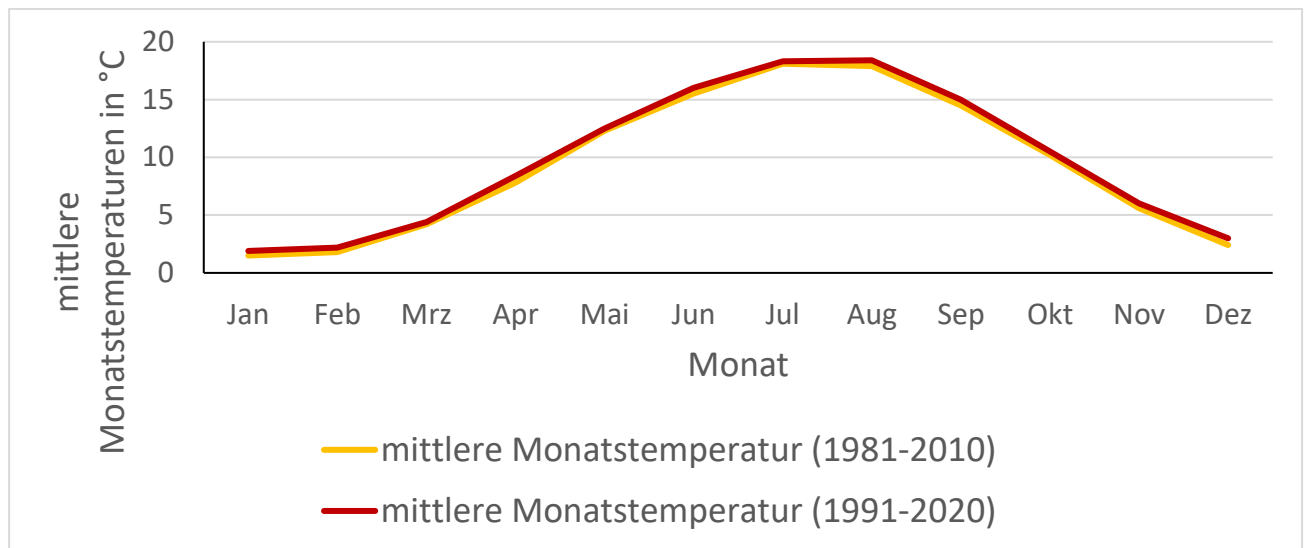
**Abb. 7: Geländehöhen entlang der Querprofilinie in m über NHN**

### 3.4 Klima

Das Küstenklima prägt die klimatischen Verhältnisse in Rostock. Von (Kopp & al., 1982) ist der Rostocker Raum dem Großklimabereich des sogenannten „westlichen Küstenklimas“ zugeordnet. Aus der unmittelbaren Nähe zur Ostsee resultiert ein hoher maritimer Einfluss. Insbesondere bei autochthonen Wetterlagen kommt stadtklimatischen Aspekten aufgrund der bedeutenden urbanen Veränderungen kleinräumig eine hohe Bedeutung zu.

In den vieljährigen Jahresmittelwerten der Zeitreihe 1981 bis 2010 liegt die Lufttemperatur bei 9,4 °C (Station Rostock-Warnemünde, DWD 2023). Aus der Zeitreihe von 1991-2020 wurde an der Station Rostock-Warnemünde (Stations-ID 4271) eine mittlere Jahrestemperatur von 9,7°C ermittelt. Dieser Temperaturanstieg bezogen auf die mittlere Jahrestemperatur kann als Einfluss des globalen Klimawandels auf der regionalen Ebene interpretiert werden. Ein ähnliches Bild zeigt auch die Betrachtung der mittleren Monatstemperaturen der Station Rostock-Warnemünde. Eine Analyse der Niederschlagsdaten ist in Abschnitt 3.6.5 ausführlich erläutert. Im Gegensatz zu den Temperaturdaten konnte auf die Niederschlagsmessdaten auf die Wetterstation Rostock eingegangen werden, die näher am Plangebiet liegt. Da an der Wetterstation Rostock keine Temperaturmessungen vorliegen, mussten in diesem Abschnitt auf die Temperaturmessergebnisse der DWD-Station Rostock-Warnemünde eingegangen werden. Hydroklimatische Aspekte auf die Wasserhaushaltskomponenten werden in Kapitel 5, im Hinblick auf Veränderungen im Zusammenhang mit verschiedenen Planvarianten behandelt.





**Abb. 8: Monatliche Temperaturmittelwerte an der Wetterstation Rostock-Warnemünde für die Zeiträume 1981-2010 und 1991-2020**

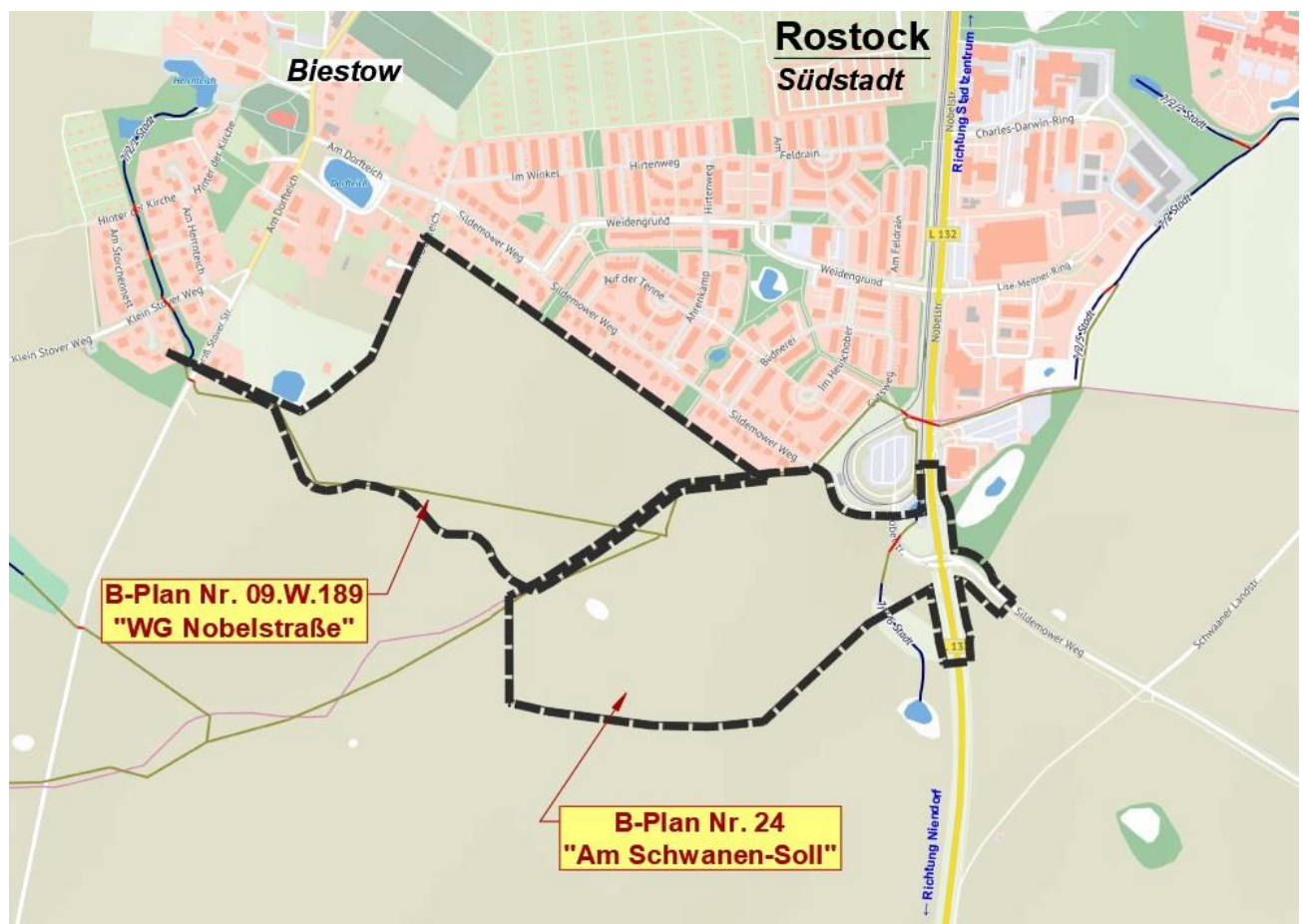
### 3.5 Oberirdische Gewässer und relevante hydrologische Einzugsgebiete

Innerhalb der Plangebiete befinden sich zwei Gewässer II. Ordnung. Diese sind der „Rote Burg Graben“ (7/2) sowie das Gewässer 7/2/1. Der „Rote Burg Graben“ entwässert über den Kringelgraben in die Oberwarnow. Die Gewässer sind aktuell noch verrohrt und sollen im Anschluss an die Baumaßnahmen oberirdisch verlaufen. Aktuell verläuft nur das Gewässer 7/2/6 partiell oberirdisch im östlichen Bereich des B-Plangebietes „Am Schwanen-Soll“. Dieses mündet nordöstlich des Plangebietes in verrohrter Form im Bereich der Rostocker Straßenbahnhaltestelle „Südblick“ in den „Rote-Burg-Graben“. Die Einzugsgebietsgröße des „Rote-Burg-Grabens“ beträgt in den Plangebieten 124.067 m<sup>2</sup>. In den Graben 7/2/6 entwässern 130.347 m<sup>2</sup> der Plangebiete.

### 3.6 Beschreibung des Plangebietes

#### 3.6.1 B-Plan Entwurf

Das Plangebiet des Bebauungsplanes Nr. 09.W.189 befindet sich im Süden der Hanse- und Universitätsstadt Rostock und grenzt nördlich an das Gemeindegebiet Papendorfs. Der Geltungsbereich umfasst eine ca. 15 ha große Fläche. Hier grenzt wiederum unmittelbar der B-Plan Nr. 24 der Gemeinde Papendorf südöstlich an den zuvor genannten B-Plan an. Dessen Geltungsbereich umfasst ca. 15,5 ha. In folgender Abb. 9 sind die Geltungsbereiche der beiden B-Pläne dargestellt.



**Abb. 9: Geltungsbereiche der B-Pläne**

Aus dem B-Plan Nr. 09.WA.189 der Hanse- und Universitätsstadt Rostock gehen die folgenden Abschnitte maßgeblich in die Betrachtungen zur hydrologischen Analyse ein.

*In den festgesetzten Baugebieten WA1 – 4, 11 – 13, 21 und 22 sind die Dachflächen zur Rückhaltung von Niederschlagswasser als Retentionsdächer mit einem Wasserspeichervermögen von mind. 25 l/m<sup>2</sup> der abflusswirksamen Gesamtdachfläche auszubilden sowie die Ableitung von Regenwasser aus den Baugebieten WA 5– 10, 14 –20 und 23 in das öffentliche Kanalnetz durch technische Einrichtungen zur Regenwasserrückhaltung und -versickerung zu verzögern. Dazu ist im Nebenschluss zum Oberflächenwasseranschluss des Grundstücks an die öffentliche Kanalisation je m<sup>2</sup> zulässiger Grundfläche dauerhaft ein Retentionsvolumen von mind. 25 l bereitzustellen und funktionsfähig zu unterhalten (Versickerungsrigole, Regenwasserzisterne, Retentionsdach).*

Damit sind insgesamt 14.843 m<sup>2</sup> der Bauflächen im Rostocker-B-Plangebiet mit einem Gründach auszuliegen. 28.644 m<sup>2</sup> der Bebauungsflächen können mit einem konventionellen Dach versehen werden.





**Abb. 10: Zusammengeführte Bebauungskonzepte für den Bereich der Hanse- und Universitätsstadt Rostock (Büro für Stadt- und Dorfplanung, Rostock, 04.04.2023) und für den Bereich der Gemeinde Papendorf (SRP, Stadt- und Regionalplanung Dipl. Geogr. Lars Fricke, Wismar, Bearbeitungsstand unklar)**

Da das Papendorfer Plangebiet direkt vor der Stadtgrenze Rostocks liegt, hat es Auswirkungen auf die Planung und die Erweiterung des Stadtgebietes. Auch aus dessen B-Plan-Entwurf gehen Planungsgrundsätze zum Umgang mit Regenwasser wie folgt hervor:

*In den festgesetzten Baugebieten sind nur Flachdächer (unter 6° Dachneigung) zulässig. Die Dächer der WA9, WA10, WA12 bis WA15 und der SO 1 und SO 2 sind zu mindestens 65% der Hauptdachfläche als Gründächer zu gestalten. Die Begrünung ist zu pflegen und dauerhaft zu erhalten. Die durchwurzelbare Vegetationsschicht muss mindestens 10 cm aufweisen. Dachbegrünungen haben wegen der Rückhaltung von Niederschlagswasser und als Nahrungsquelle für Insekten einen besonderen naturschutzfachlichen Wert. Dachbegrünungsflächen wirken sich positiv auf das örtliche Mikroklima aus.*

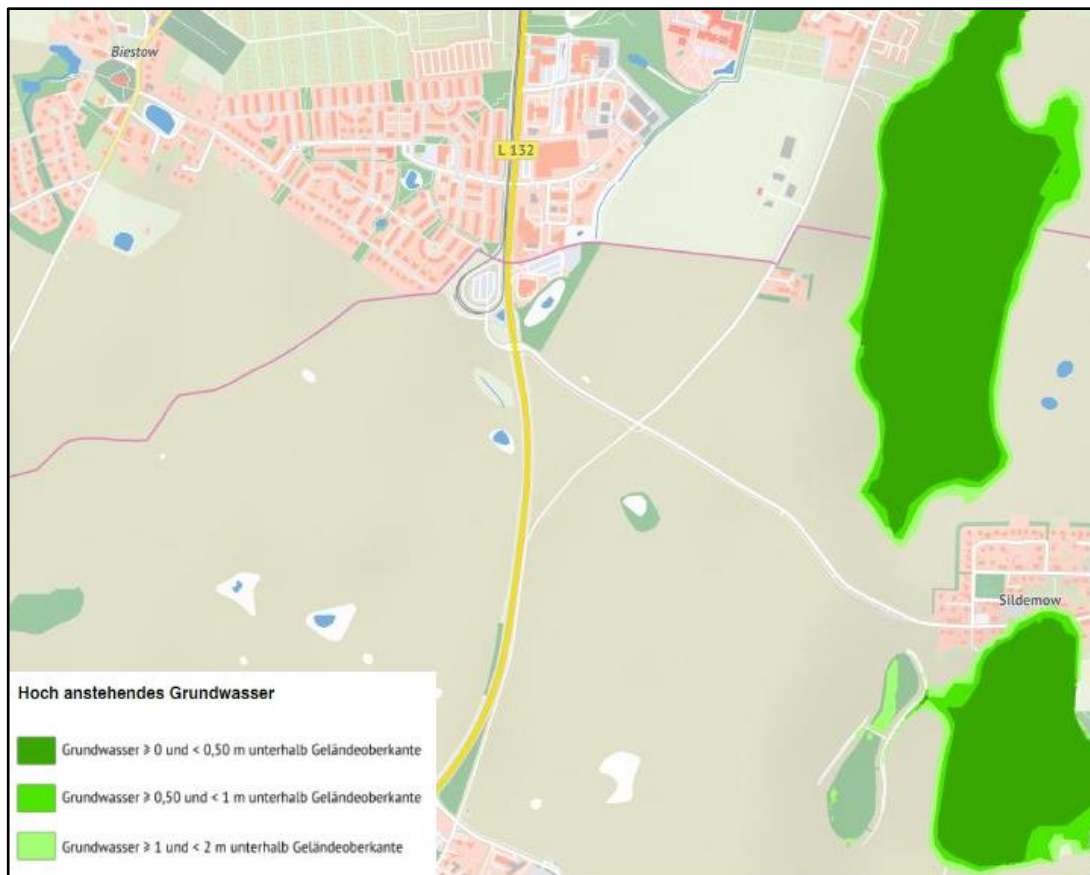
Bei dem Papendorfer B-Plangebiet sind somit 15.633 m<sup>2</sup> der Baufeldflächen mit einem Gründach zu versehen, während bei 24.241 m<sup>2</sup> konventionelle Dächer vorgesehen sind. Die o.g. Grundsätze wurden in den planerischen Unterlagen für die jeweiligen Regenereignisse mit unterschiedlichen Abflussbeiwerten berücksichtigt.

### 3.6.2 Grundhochwasser in den Plangebieten

Im Hinblick auf mögliche Schäden aufgrund zu hoch anstehender Grundwasserstände, wurden die Grundwasserflurabstände mit den Daten aus dem Geoportal der Hanse- und Universitätsstadt Rostock untersucht. Hierfür wurden die Grundwasserflurabstände, Überschwemmungsbereiche,

Wasserschutzgebiete, der Verlauf historischer Gewässerverläufe und bodenkundliche Merkmale für den Bereich der Hansestadt betrachtet.

Eine Übersicht über die Grundwasserflurabständen von weniger als 2 m unterhalb der Geländeoberkante ist in Abb. 11 visualisiert. Es wird deutlich, dass im Bereich des Untersuchungsgebietes kein hoch anstehendes Grundwasser vorkommt.



**Abb. 11: Grundwasserflurabstände zu hoch anstehendem Grundwasser nach Datenlage (Geoport Rostock 2023)**

### 3.6.3 Gewässer

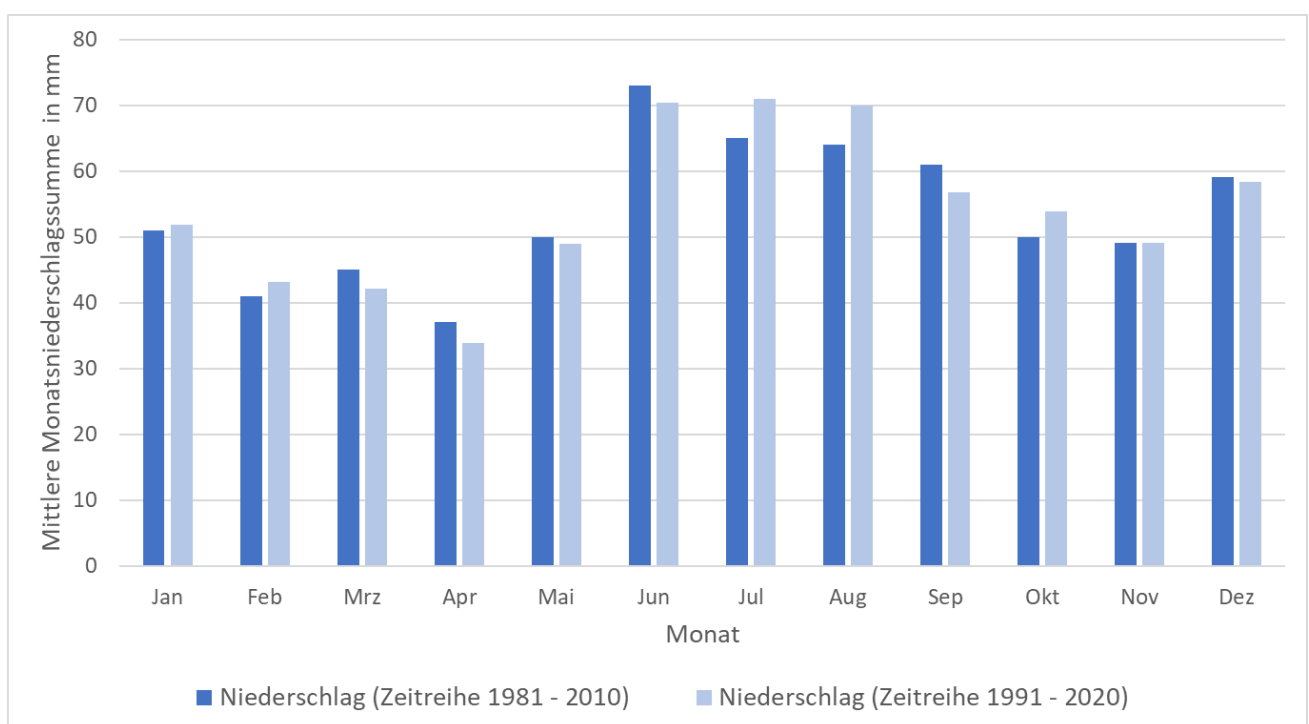
Die B-Plangebiete werden durch den Rote-Burg-Graben (7/2), einem Gewässer II. Ordnung durchflossen. Dieser ist in beiden Gebieten verrohrt. Im nordwestlichen Bereich des B-Plangebietes Nr. 24 mündet das Gewässer 7/2/1 in den „Rote-Burg-Graben“. Auch dieses Gewässer ist im gesamten Plangebiet als verrohrter Abschnitt verlegt. Im östlichen Bereich des B-Plangebietes Nr. 24 fließt das Gewässer 7/2/6. Dieses verläuft im Oberlauf als offener Abschnitt und ist in der nordöstlichen Ecke des Plangebietes ebenfalls verrohrt. Nordöstlich des betrachteten B-Plangebietes, im Bereich der Rostocker Straßenbahnhaltestelle „Südblick“ fließt das Gewässer 7/2/6 in den Rote-Burg-Graben. Die mittleren Jahresabflüsse im Rote-Burg-Graben liegen in den Ergebnissen der Langzeitsimulation von 1997 bis 2015 im Bereich zwischen 1,96 und 9,41 l/s. Im Gewässer 7/2/1 beträgt der mittlere Jahresabfluss 1,22 l/s. (Tränckner & al., 2018)

### 3.6.4 Wasserschutzgebiete

Wasserschutzgebiete i. S. von § 51 WHG sind ausweislich des Kartenportal Umwelt (LUNG M-V 2021) nicht relevant.

### 3.6.5 Niederschlag

Zur Analyse der Niederschlagsverhältnisse in Rostock wurde auf die vieljährigen Mittelwerte der Wetterstation Rostock (Stations-ID 4270) für die Zeiträume 1981 bis 2010 sowie 1991 bis 2020 zurückgegriffen. Im langjährigen Mittel von 1981 bis 2010 liegen diese im Bereich von 646 mm. Im langjährigen Mittel von 1991 bis 2020 sind diese auf einen Wert von 649,2 mm leicht angestiegen. Einen Überblick über die monatliche Niederschlagsverteilung ist Abb. 12 zu entnehmen. Die höchsten mittleren Monatsniederschlagssummen wurden im Monat Juni mit 73 mm für den Zeitraum 1981 bis 2010 bzw. 70,4 mm für das Intervall 1991 bis 2020 erfasst. Aus der Verteilung geht somit ein Niederschlagsmaximum in den Sommermonaten hervor, während die Niederschlagsmengen in den Monaten Februar bis April und November mit weniger als 50 mm geringer ausfallen. Dieser Niederschlagsverlauf mit einem Maximum in den Sommermonaten und einer weiteren, etwas geringer ausfallenden Niederschlagsspitze in den Wintermonaten ist für humide (gemäßigte) Klimate typisch. Für planerische Zwecke im Bebauungsplangebiet empfiehlt es sich aufgrund der Statistik der letzten Jahrzehnte mit einem mittleren Jahresniederschlag von rund 650 mm, Tendenz leicht steigend, auszugehen.



**Abb. 12: Mittlere monatliche Niederschlagshöhen für die Zeiträume 1981 bis 2010 sowie 1991 bis 2020 für die Wetterstation Rostock (DWD 2023)**

### 3.6.6 Verdunstung

Die Analyse der Verdunstung im Plangebiet wurde auf Grundlage des hydrologischen Steckbriefes des Plangebietes Nr. d09.W.189 „Nobelstraße“ von biota – Institut für ökologische Forschung und Planung

GmbH und der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH durchgeführt (BIOTA; Prof. Dr. Sieker, 2019). Aus den Untersuchungen des IST-Zustandes im hydrologischen Steckbrief geht ein Verdunstungsanteil von 58,9 % hervor. Die Infiltration beträgt 40,4 % und der Abfluss 0,7 %. Die aus den langjährigen Mittelwerten des DWD berechneten durchschnittlichen Jahresniederschlagshöhen betragen für Rostock knapp 650 mm (Abschnitt 3.6.5). Damit ergibt sich für die betrachteten B-Plangebiete eine mittlere jährliche Verdunstungshöhe von rund 383 mm für den aktuellen Zustand. Für das in der Gemeinde Papendorf gelegene B-Plangebiet Nr. 24 „Am Schwanen-Soll“ liegt kein einzelner hydrologischer Steckbrief vor. Da beide B-Plangebiete unmittelbar nebeneinander liegen und im IST-Zustand landwirtschaftlich genutzt werden, ist für die Verdunstungsrate im gesamten Plangebiet die gleiche Verdunstungsrate angenommen worden.

### 3.7 Untergrundverhältnisse und Hydrologie

Im Rahmen der Überprüfung zur Versickerungseignung sind in den Plangebieten insgesamt acht Rammkernsondierungen bis 6 m u. GOK abgeteuft worden (IBURO, 2023). Dabei wurde ermittelt, dass aufgrund der hochanstehenden schwerdurchlässigen bindigen Deckschichten aus Geschiebelehm nur Teilbereiche für die Versickerung von Niederschlagswasser geeignet sind. Drei der acht Sondierungen (BS 27-29) wurden im nördlichen Teil des B-Plans Nr. 24 „Am Schwanen-Soll“ abgeteuft. Die restlichen fünf Sondierungen (BS 30-34) wurden im Plangebiet Nr. 09.W.189 „Nobelstraße“ durchgeführt. Die Lage der Sondierungspunkte können dem B-Plan in Abb. 13 entnommen werden. Für die Sondierungspunkte BS 27, BS 28 und BS 29 ergeben sich aufgrund des oberflächennah anstehenden Geschiebelehmes schlechte Versickerungsverhältnisse. Die hydraulische Leitfähigkeit in der Schicht des Geschiebelehmes ( $k_f$ ) liegt bei  $1 \cdot 10^{-7} \frac{m}{s}$ . Für eine Versickerung ist in diesen Bereichen eine Rigole nach Durchteufen oder ein Austausch der undurchlässigen Lehmschicht (zw. 0,80 und 1,20 m u. GOK) erforderlich. Unter dem Geschiebelehm wurde eine Sandschicht mit einer Mächtigkeit von  $> 2$  m und einem  $k_f$  – Wert von  $4 \dots 5 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s}$  bzw.  $7 \dots 8 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s}$  ermittelt.

Im B-Plangebiet „Nobelstraße“ ist nur der Bereich um den Sondierungspunkt BS 32 aufgrund schwerdurchlässiger bindiger Mineralböden mit einem  $k_f$  – Wert von  $1 \cdot 10^{-7} \frac{m}{s}$  für die Versickerung ungeeignet. Alle anderen sondierten Bereiche bieten gute Eigenschaften für die Versickerung. In den Bereichen der Sondierungspunkte BS 30, BS 33 und BS 34 bietet sich die Umsetzung einer Flächen- oder Muldenversickerung an. In den Bereichen um die Sondierungspunkte BS 33 und BS 34 ist das Vorkommen oberflächlich eingelagerter geringmächtiger Schluff-Bänder zu beachten, sodass ein  $k_f$  – Wert von  $1 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s}$  angenommen werden sollte.

Die aus den hydrogeologischen Übersichtskarten ermittelten Grundwasserflurabstände betragen für das gesamte Gebiet  $> 5$  bis 10 m. Bei den Bohrungen wurden vermutlich keine echten Grundwasserspiegel gemessen. Alle gemessenen Wasserspiegel sind als Schichtenwasserspiegel benannt. Eine Unterscheidung der Wasserspiegel ist nur über längere Untersuchungszeiträume möglich. Die Tiefenlagen der Schichtenwasserstände lagen größtenteils oberhalb der undurchlässigen Schichten und deutlich oberhalb der Grundwasserisohypsen.



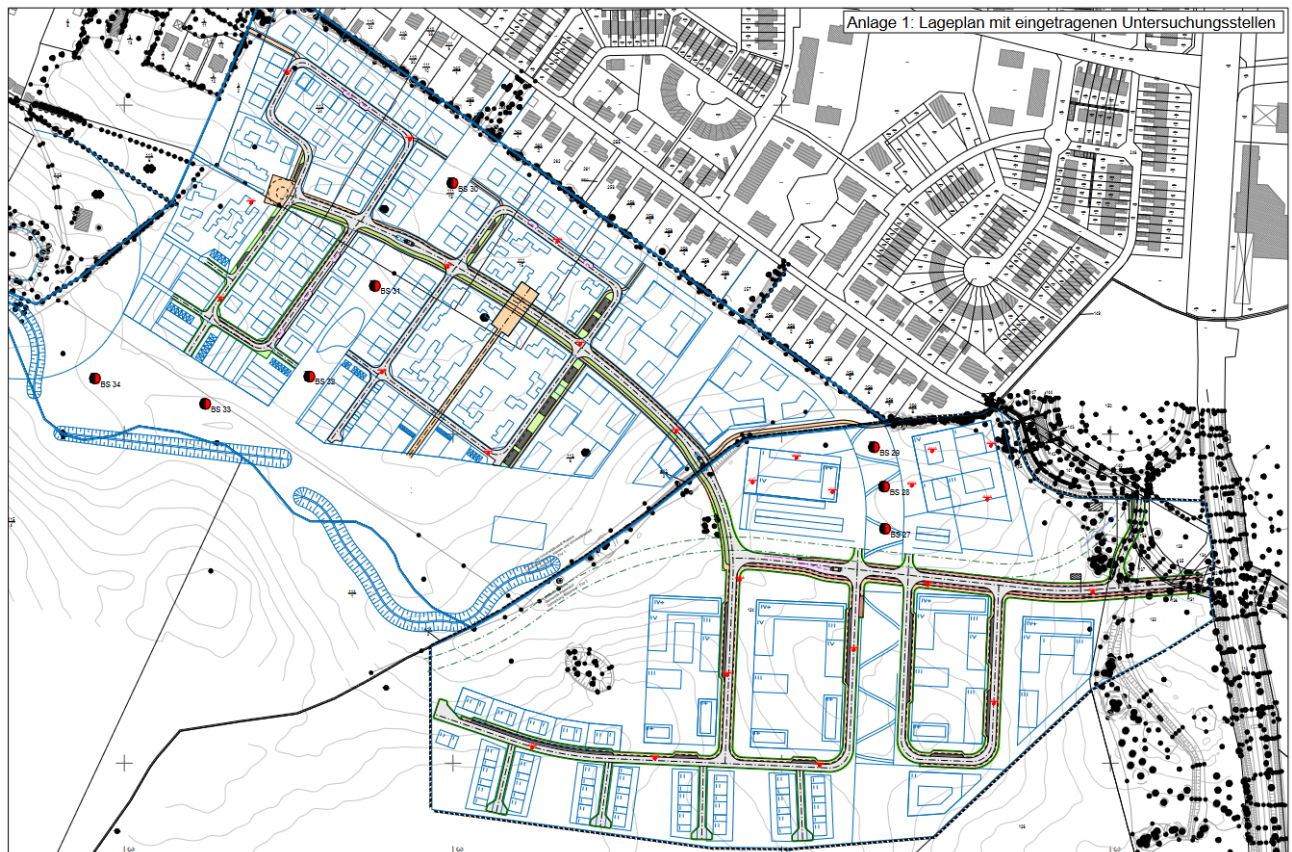


Abb. 13: Plangebiet mit eingetragenen Rammkernsondierungspunkten (IBURO-Gutachten 2023)

### 3.8 Bestandssituation / vorhandene Leitungen und Anlagen

Über beide B-Plangebiete verlaufen eine Gas-Leitung der Stadtwerke Rostock AG und eine Trinkwasserleitung der Nordwasser. Beide Leitungstrassen verlaufen mit Abständen zw. 18 bis 30 m zueinander und durchziehen das Plangebiet in Ost-West-Richtung. Die vorhandenen Leitungsrechte sind im B-Plan dargestellt und berücksichtigt. Daneben verlaufen die verrohrten Gewässer des Rote-Burg-Grabens (7/2), sowie 7/2/1 und 7/2/6 durch das Plangebiet (Abschnitt 3.6.3).

### 3.9 Abstimmungsergebnisse

Auf dem Termin am 31.08.2023 wurde einvernehmlich festgehalten, dass die ersten Bemessungsansätze für eine reduzierte Niederschlagsentwässerung mit  $1 \text{ l/(s*ha)}$  berücksichtigt werden sollen. Die maßgebliche Fläche zur Bemessung des maßgeblichen Abflusses ist die reduzierte Einzugsgebietsfläche.

Mit einer E-Mail vom 19.09.2023 an die UWB HRO und den Landkreis sowie den WBV konnte die o.g. Gebietsabflussspende durch den Bearbeiter dieses Gutachtens bestätigt werden und wurde durch die zuvor genannten Behörden jeweils bestätigt.

Auf einem weiteren Termin am 06.11.2023 wurden die Ergebnisse der hydrologischen Untersuchungen und Berechnungen vorgestellt und erläutert. Weiterhin wurden ein Ausblick auf das neu zu gestaltende Relief im Hinblick auf die geöffneten Gräben und Regenrückhaltebecken sowie deren oberflächliche

Verbindung gegeben. Die besprochenen Resultate sind durch die Bearbeiter der B-Pläne in diese einzupflegen.

## 4 Gefährdung durch Hochwasser und Starkregen nach Datenlage

### 4.1 Hochwasser der Zuflüsse

Die betrachteten B-Plangebiete grenzen weder an die Warnow, die Ostsee oder sonstige größere Warnowzuflüsse, sodass eine Gefahr von landeinwärts wirkenden Sturmflutereignissen von der Ostsee in die Warnow aufgrund der geodätischen Höhe von mehr als 33 m über NHN (Abschnitt 3.3) ausgeschlossen ist. Die größten Hochwassergefährdungen resultieren aus dem infolge von Starkniederschlagsereignissen gebildeten oberirdischen Abfluss im Plangebiet sowie den dort vorkommenden Gewässern II. Ordnung (Roter-Burg-Graben und Nebenvorfluter). Infolge der Gewässeröffnung des Rote-Burg-Grabens sowie der zufließenden Gewässer, müssen die Einzugsgebietsflächen der Gewässer oberhalb der Plangebiete berücksichtigt werden. Zur Ermittlung des für den Rote-Burg-Graben abflusswirksamen Anteil wurden die Plangebiete auf Grundlage der Geländehöhen in Teileinzugsgebiete unterteilt und die jeweiligen abflusswirksamen Flächen ermittelt (Abb. 14). Das Teileinzugsgebiet A1 im Norden des Plangebietes ist nicht abflusswirksam für den Rote-Burg-Graben, da dieses über RW-Kanäle in den Dorfteich von Biestow in nordwestliche Richtung entwässert.

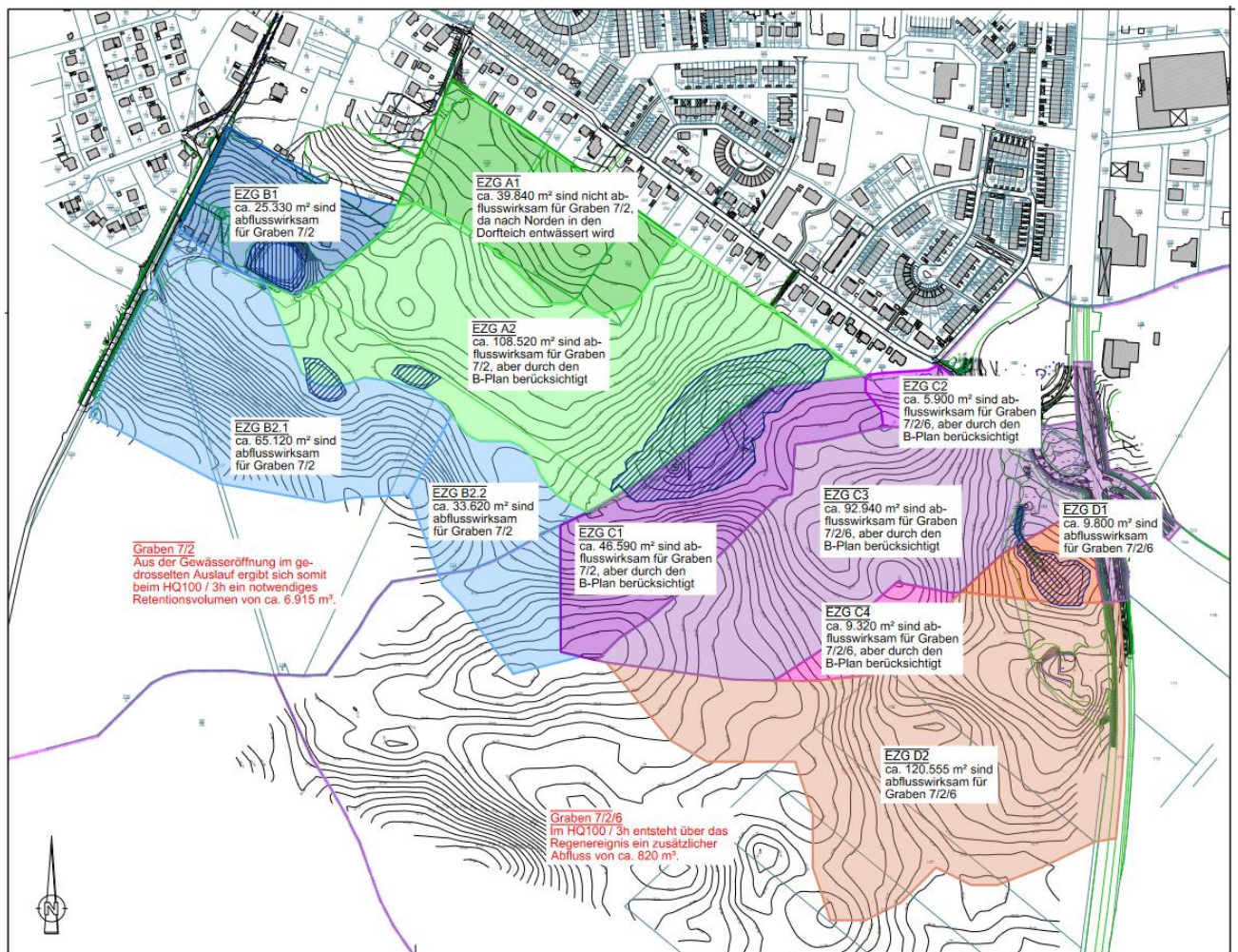
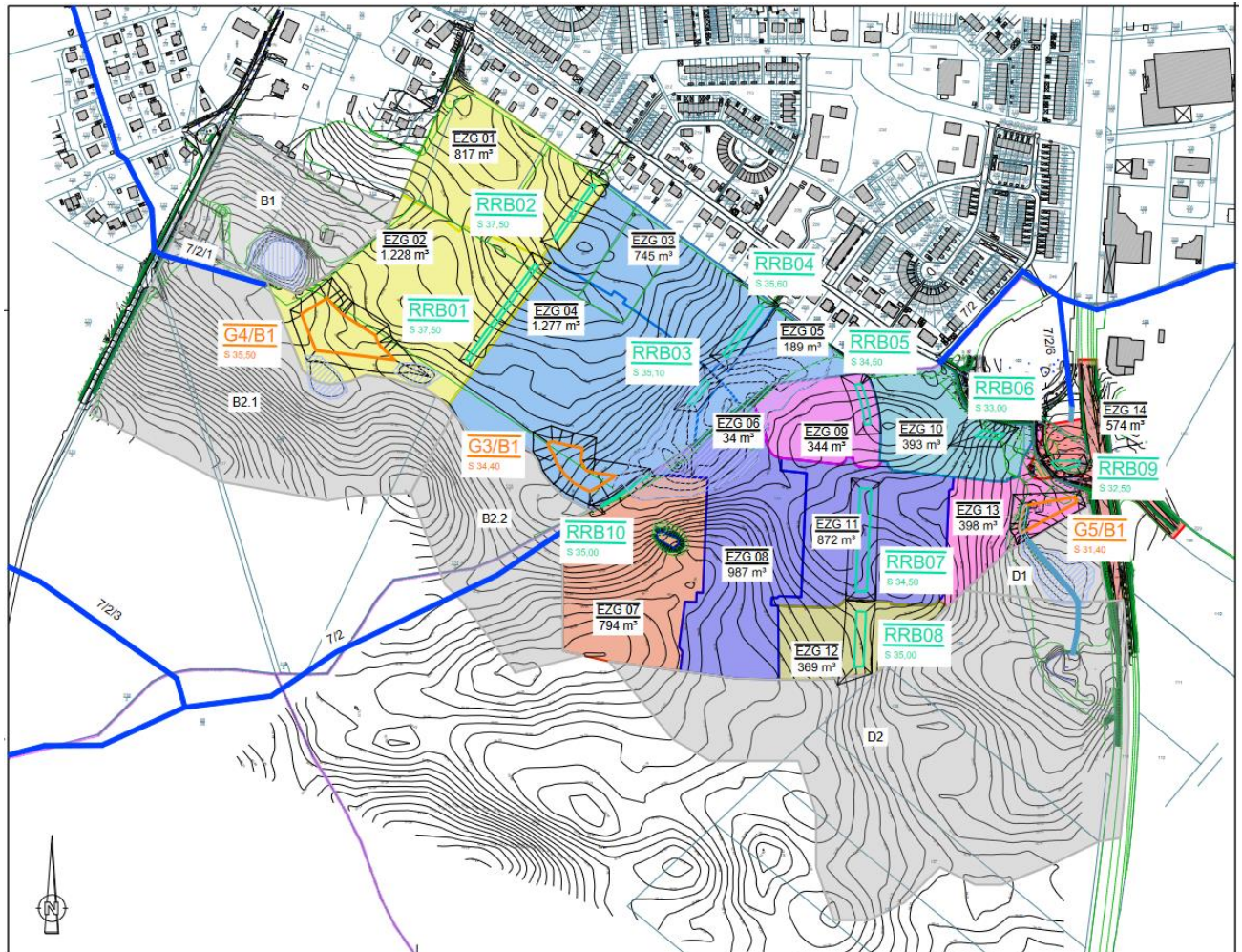


Abb. 14: Abflusswirksame Flächen im Plangebiet



Für die Ermittlung der Rückhaltevolumina wurden die B-Plangebiete in insgesamt 14 kleinere Teileinzugsgebiete untergliedert, bei denen die Höhenlinien, Hangneigungen und somit die Abflussrichtung betrachtet wurden. Im gesamten Gebiet wurde Senkenlagen untersucht, welche für potentielle Regenrückhaltebecken geeignet sind (Abb. 15). Mit der Software AutoCAD und dem Aufsatzprogramm VESTRA konnten die abflusswirksamen Volumina berechnet werden. Zur Ermittlung dieser wurden die Mengen eines Bemessungsregens, eines Überflutungsregens sowie für einen dreistündigen 100-jährlichen Hochwasserdurchfluss im Rote-Burg-Graben betrachtet. Zusätzlich wurde ein einhundertjähriger Hochwasserdurchfluss mit ungünstigster Dauer betrachtet.



**Abb. 15: Darstellung der 14 Teileinzugsgebiete mit Retentionsräumen und Regerückhaltebecken im Plangebiet**

Betrachtet man die ungünstigsten Dauern eines hundertjährigen Hochwasserdurchflusses im Rote-Burg-Graben (Gewässer 7/2), so wird für das Plangebiet Nobelstraße ein Retentionsvolumen von  $6.999 \text{ m}^3$  und für das Plangebiet „Am Schwanen-Soll“ von  $8.495 \text{ m}^3$  benötigt. Infolge der Öffnung der aktuell verrohrter Gewässerabschnitte wird ein zusätzliches Retentionsvolumen von  $8.423 \text{ m}^3$  benötigt, damit die Gebietsabflussspende nicht größer als  $1 \text{ l/(s*ha)}$  wird. Die gedrosselte Gebietsabflussspende ist erforderlich, um nachfolgende Bereiche nicht zu gefährden, hier die städtische Bebauung. Somit ergibt sich ein Gesamtretentionsvolumen von  $23.917 \text{ m}^3$  für beide B-Plangebiete. In Summe kann im gesamten B-Plangebiet ein mögliches Wasserretentionsvolumen von  $32.175 \text{ m}^3$  bei maximaler Wasserspiegelhöhe ermöglicht werden. Das Wasserretentionsvolumen für das gesamte Gebiet ist somit theoretisch gegeben. Eine Betrachtung der einzelnen Teileinzugsgebiete hat ergeben, dass das erforderliche Retentionsvolumen bei einem hundertjährigen Hochwasserdurchfluss ungünstigster Dauer für

die Teileinzugsgebiete 01 bis 06 (Nobelstraße) sowie 07, 10 und 14 (Am Schwanen-Soll) allein über die im Einzugsgebiet verorteten Rückhalteräume (RRBs) nicht ausreichend ist. Durch oberflächlichen Überstau und Ableitung in die Becken der Grabenöffnungen können die noch vorhandenen Stauraumreserven genutzt werden, sodass der vollständige Rückstau für die o.g. Teileinzugsgebiete realisiert werden kann.

## 4.2 Gefahren durch Grundhochwasser

Eine Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser ist für das gesamte Plangebiet nicht gegeben da die Grundwasserflurabstände für das gesamte Gebiet > 5 bis 10 m betragen (siehe Abschnitt 3.6.2 und 3.7). Wird im Rahmen der dezentralen Bewirtschaftungsmaßnahmen die Versickerung nicht als Hauptmaßnahme für den Umgang mit angefallenem Niederschlagswasser verwendet, ist die Gefahr von aufquellendem Boden in den oberen Schichten aufgrund der vorkommenden Geschiebemergelschichten gering (Abschnitt 3.7). Das Hauptaugenmerk der Regenwasserbewirtschaftung sollte deshalb in der Speicherung für die Grünflächenbewässerung sowie einer Retention in Regenrückhaltebecken und Mulden-Rigolen-Systemen zur zeitversetzten Einleitung in die Vorfluter liegen. Eine detaillierte Auflistung über diese Möglichkeiten ist im 6. Kapitel ausführlicher thematisiert.

## 4.3 Zentrale Entwässerungsachsen

Die wichtigsten Trassen der städtischen Entwässerung in der Hanse- und Universitätsstadt Rostock wurden im Rahmen des Integrierten Entwässerungsleitplanes (IELP) identifiziert (BIOTA, 2016). Diese Entwässerungsachsen haben neben der Abführung von Niederschlagswasser noch folgende Funktionen (BIOTA, 2016):

- Anpassung natürlicher und technischer Systeme an Starkregen- und Abflussereignisse im Zusammenhang mit dem Klimawandel
- Anpassungsmöglichkeiten zentraler Entwässerungsachsen behalten, indem diese Bereiche von der Bebauung freigehalten werden, d. h. offene Gewässertrassen, Raum für Querschnittserweiterungen von Regenwasserleitungen, Gestaltungsmöglichkeiten von Gewässern und Feuchtgebieten zur Erhaltung von Funktionen und zur Sicherung von Ökosystemleistungen
- Umweltrechtliche Anforderungen umsetzen (insbesondere Gewässer- und Meeresschutz, Hochwasserschutz, Natur- und Bodenschutz)
- Beitrag zur urbanen Biodiversität zum Biotop-, Arten- und Biotopverbundschutz
- Teilweise Etablierung oder Stabilisierung der Ökosystemfunktionen als Basis der Ökosystemleistungen urbaner Gewässer und Feuchtgebiete (u. a. Kühlfunktion)
- Optimale Integration von Gewässern und Feuchtgebieten in die Stadtbebauung, u. a. durch raumgliedernde Wirkung von Gewässerachsen

Die zentralen Entwässerungsachsen wurden in Haupt- und Nebenentwässerungsachsen untergliedert. Die **Hauptentwässerungsachsen** haben (BIOTA, 2016):

- Hohe urban-hydrologische und siedlungswasserwirtschaftliche Bedeutung aufgrund der Entwässerungsfunktion
- Eine hohe Synergie zu anderen Funktionen



- Orientierung primär an der Lage der oberirdischen Abflussbahnen (offene Gewässer), was dem Primat des „kommunalen“ Hochwasserschutzes entspricht
- Relativ kurze Verbindung zur Hauptvorflut (Warnow, Unterwarnow/Breitling, Ostsee)

Alle sonstigen Achsen werden als **Nebenentwässerungsachsen** zusammengefasst.

Das Plangebiet wird von einer Hauptentwässerungsachse (Rote-Burg-Graben bzw. Gewässer 7/2) durchzogen (Abb. 16). Oberhalb des Plangebietes ist dieses Gewässer einer Nebenentwässerungsachse zugeordnet (rechte Karte). Die Entwässerungs- und weitere Funktionen sind hierbei zu berücksichtigen. Hinsichtlich der hydraulischen Eigenschaften liegt in den verrohrten Abschnitten des „Rote-Burg-Grabens“ in den Plangebieten und oberhalb eine hydraulische Engstelle vor. Hintergrund für diese ist die Einmündung des Gewässers 7/2/6 (linke Karte). Nach den Vermessungsunterlagen fließt das Gewässer 7/2 in Rohnennweiten mit einem Durchmesser von DN 500 zu der Einmündung des Gewässers 7/2/6, welches eine Nennweite von DN 200 hat. Der Abfluss erfolgt in Rohren mit einer Nennweite von DN 150, was zu Rückstauwirkungen in den oberliegenden Gewässerabschnitten des Gewässers 7/2 führt.

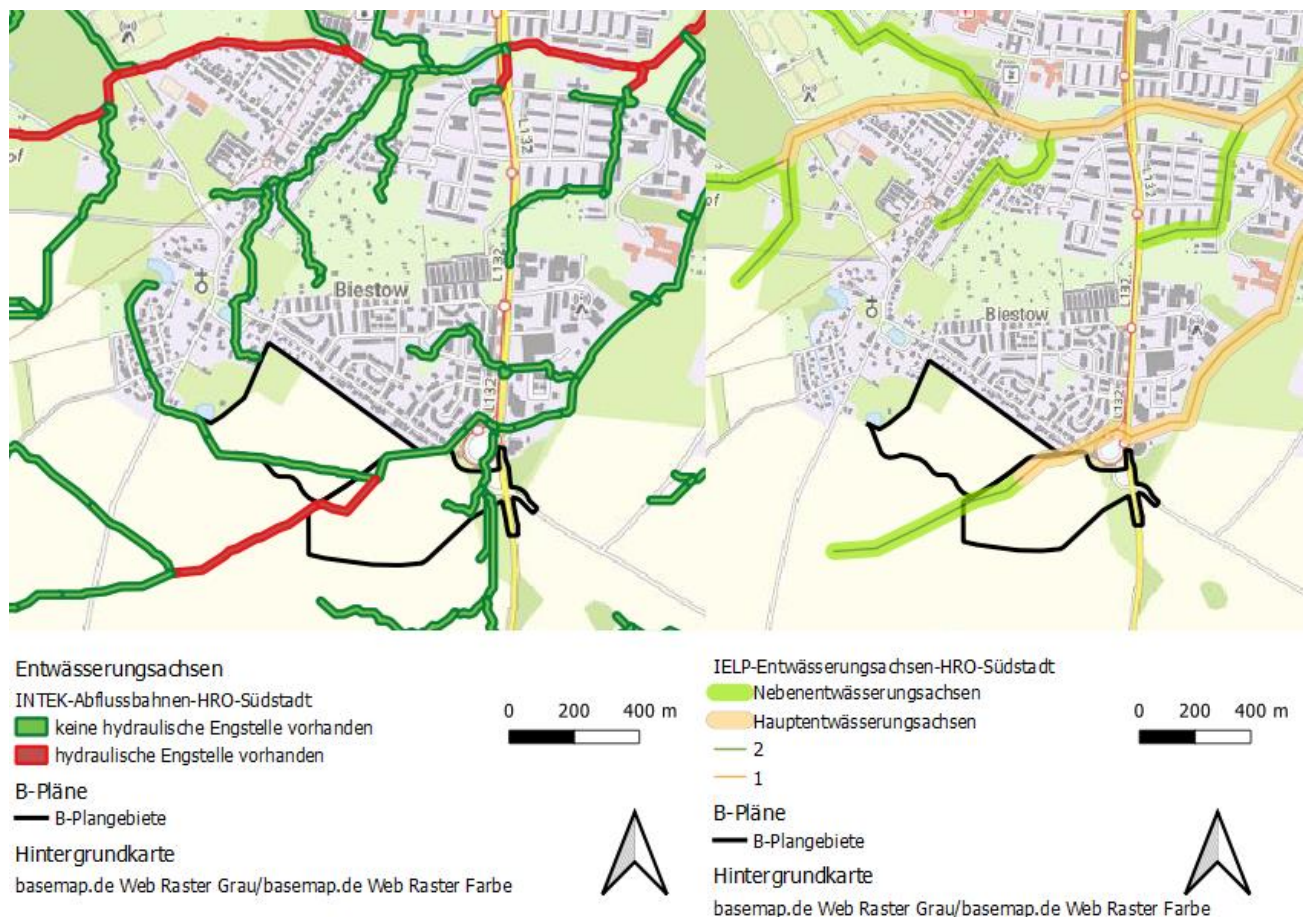


Abb. 16: Relevante Entwässerungsachsen südlich von Rostock aus dem IELP

#### 4.4 Senken und Abflussbahnen

Die Vermessung ist in einem Raster 5x5 m vorhanden. Eine detailliertere Datengrundlage lag bisher nicht vor, bzw. war nicht notwendig, da ein höherer Detaillierungsgrad keine signifikant besseren Resultate liefern würde. Die Senkenanalyse wurde anhand einer 3D-Modellierung und damit verbundenen Flächenfüllung mit einer Wasserspiegellinie durchgeführt. Die gefüllten Senken sind in Abb. 17

dargestellt. Sowohl die Senkenanalyse, als auch die Abflussbahnen sind nur auf Grundlage der Bestandsvermessung nachvollziehbar, da eine detaillierte Oberflächenplanung bisher nicht vorliegt. In Bezug auf die zukünftige Bebauung sind hierzu die Planunterlagen der Erschließung als digitales Geländemodell notwendig.

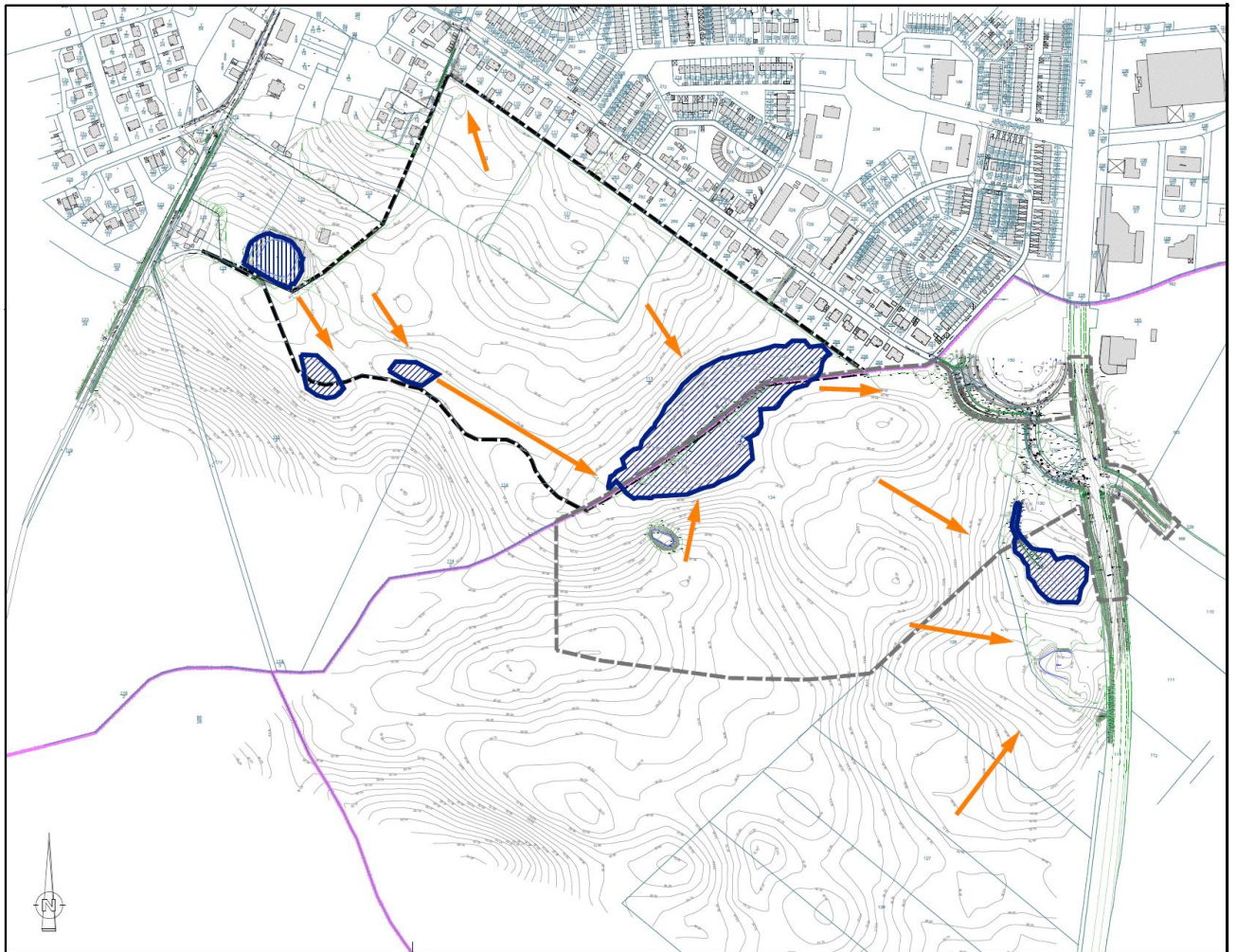


Abb. 17: Senken und Abflussbahnenanalyse

## 5 Analyse der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

### 5.1 Prinzipielle Lösungsansätze für eine wassersensible, innovative Quartiersentwicklung (Wasserhaushalt)

#### 5.1.1 Vermeidung von Niederschlagswasseranfall

In der DWA-A 100 ist die Zielsetzung festgelegt worden, anthropogene Eingriffe in den Wasserhaushalt sind aufgrund von Siedlungsaktivitäten so gering wie möglich zu halten, sofern es ökologisch, technisch und wirtschaftlich vertretbar ist. Im Arbeitsblatt DWA-A 102-3/BWK-A-3-3 sind die Ziele festgehalten, den Wasserhaushalt eines bebauten Areals den Gebietseigenschaften ohne Bebauung (Referenzzustand) anzunähern. Grundlage für dezentrale Regenbewirtschaftungsmaßnahmen und die Vermeidung des Niederschlagswassers ist §54 Absatz 1 Satz 2 des WHG: „Abwasser ist [...] das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser)“. Zu den Zielstellungen zählen:

- Die Veränderungen der Wasserhaushaltskomponenten infolge anthropogener Maßnahmen und Nutzungen so gering wie möglich zu halten und den damit verbundenen ökologischen Zustand und relevante Ökosystemleistungen, insbesondere für den Nutzen des Menschen, zu erhalten (TEEB DE 2015, 2016).
- Umgehen der rechtlichen Verpflichtung zur Abwasserbeseitigung (§ 56 WHG) und damit im Zusammenhang eine Verringerung des erforderlichen Einsatzes an technischen Systemen sowie der investierten und dauerhaften Kosten.

Im Bereich der B-Plangebiete „Wohngebiet Nobelstraße“ und „Am Schwanen-Soll“ kann dies über folgende, teilweise im B-Plan erhaltene Maßnahmen umgesetzt werden:

- Errichtung von Gebäuden mit Gründächern, welche Niederschlagswasser aufnehmen, um es zwischenzuspeichern, damit es zeitversetzt in das Kanalsystem eingeleitet wird oder vor Ort verdunsten kann,
- Die Errichtung von Regenrückhaltebecken, insbesondere in Senkenlagen für die einzelnen Teileinzugsgebiete im Plangebiet (Abschnitt 4.1),
- Einbau von Zisternen zur Bewässerung von Blumenrabatten und Bäumen in Dürreperioden,
- Nutzung des Spielplatzes/Sportplatzes zur Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser während eines Starkniederschlagsereignisses,
- Pflastern der Gehwege mit breiteren Versickerungsfugen und
- Pflastern des Parkplatzes vor der örtlichen Versorgungseinrichtung mit Rasengittersteinen und dem Anschluss an ein Mulden-Rigolen-System.

### **5.1.2 Rückhalt und Nutzung von Niederschlagswasser**

Niederschlagswasser, das sich dem Direktabfluss zuordnen lässt, kann grundsätzlich zurückgehalten und genutzt werden. Zu den Direktabflussbildungsflächen zählen Dachflächen, welche aufgrund ihrer geringen Verschmutzungsbelastung, die Möglichkeit einer Regenwasserbewirtschaftung des anfallenden Wassers ermöglichen. Daneben gibt es die Möglichkeit, Wasser bereits auf den Dachflächen zu speichern. Generelle Voraussetzung der Regenwassernutzung sind Speicherlösungen. Das von den Dächern abfließende Niederschlagswasser kann, sofern es keine Speichermöglichkeit auf dem Dach selbst gibt, von dort aus in (unterirdische) Zisternen abgeleitet und gespeichert werden. Die Umsetzung unterirdischer Speicheranlagen bietet u.a. die Vorteile der Frostsicherheit oder eines reduzierten Flächenbedarfs im Plangebiet. Das gesammelte Wasser eines Gebäudes kann von den Bewohnern für verschiedene Verwendungszwecke genutzt werden. Ein Filtersystem, um partikuläre Substanzen abzufiltrieren, ist je nach Nutzung des gesammelten Niederschlagswassers erforderlich. Zum Überlaufschutz der Zisternen sind diese mit Überläufen zu einer nachgeschalteten Versickerungsfläche oder einem Regenwasserkanal zu versehen.

Die Nutzung des anfallenden Niederschlagswassers kann helfen, dass 50 % der im Haushalt verwendeten Trinkwassermenge durch Regenwasser substituiert wird (fbr, 2020). Grundsätzlich müssen im Zusammenhang mit der Regenwassernutzung u.a. folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Zur umfassenden und unproblematischen Regenwassernutzung müssen Dachflächen chemisch möglichst neutral sein. Dieser Aspekt ist außerdem bei der Einleitung von Niederschlagswasser in Gewässer zu deren Schutz erforderlich.



- Bei einer kombinierten Lösung der Dachregenwassernutzung eines Gründaches ist zu beachten, dass nach Möglichkeit ein rein mineralisches Substrat verwendet wird. Dies hat den Hintergrund, dass andernfalls auf Grund von fehlenden Huminstoffen das Wasser bräunlich verfärbt werden würde, was gegen die Verwendung des Niederschlagswassers zum Wäsche waschen spricht. Ebenfalls wäre braunes Wasser aus ästhetischen Gründen zur Verwendung der Toilettenspülung ungeeignet. Zusätzlich geht ein relativ hoher Anteil des auf dem Gründach aufgefangenen Wassers über die Verdunstung verloren. Damit ist auch das Sammeln des Niederschlagswassers von Gründächern in Zisternen zur Bewässerung aus wirtschaftlichen Aspekten nicht sinnvoll.
- Die Blandachlösung hat den Vorteil, dass die Speicherung des Niederschlagswassers über den eingereichten Bauantrag baulich festgesetzt ist. Bei einer unterirdischen Zisterne fehlt aktuell noch die notwendige Kontrollinstanz. Diese ist unter den für die Belange der Wasserwirtschaft tätigen Fachämter und Behörden abzustimmen und festzulegen. Nicht zuletzt auch als Signalwirkung für zukünftige B-Planvorhaben.

Die optimale Größe des Speichervolumens sollte in einem ausgewogenen Verhältnis zwischen dem Nutzvolumen und quantitativen und wirtschaftlichen Aspekten ermittelt werden (DIN 1989-1:2002-04). Das Nutzvolumen kann aus den nachfolgend genannten theoretischen Abnahmemöglichkeiten berechnet werden:

1. Regenwassernutzung für Toilettenspülung und Waschmaschinen
2. Regenwassernutzung als Bewässerungswasser für Grünflächen, bepflanzte Rabatten, Kübel und vergleichbarem

Hinweise:

- Das Schwammstadtkonzept kann über die Regenwasserspeicherung in Zisternen oder auf Blandächern optimal umgesetzt werden, da so einerseits Retentionsraum für Starkniederschlagsereignisse bereitgestellt und andererseits der Trinkwasserverbrauch reduziert wird.
- Regenwasserbewirtschaftungsanlagen sind gemäß der Herstellerangaben regelmäßig zu warten. Dies betrifft insbesondere Filtersysteme und Pumpenanlagen.

### **5.1.3 Förderung von Versickerung**

Die Förderung der Versickerung ist eine wichtige Kompensationsmöglichkeit zur Erhaltung der naturnahen Gebietswasserhaushaltsverhältnisse. So kann die hydrologische Komponente des Grundwasserabflusses gestärkt werden, was sich auf die Oberflächengewässer und Feuchtgebiete auswirkt. Zusätzlich kommt die Versickerung dem Bodenwasserhaushalt zugute, was zur Grundwasserneubildung beiträgt und so der Vegetation insbesondere in Trockenzeiten hilft und somit die Kühlung und Verdunstung fördert. Aufgrund der Geschiebemergelschicht in den Plangebieten ist die Versickerung nicht überall möglich (Abschnitt 3.7) und sollte nur als eine Teilkomponente im Zusammenhang mit den anderen Optionen umgesetzt werden. Bei der Durchführung der Versickerung müssen Verunreinigungen insbesondere von abfließendem Wasser der Verkehrsflächen betrachtet werden. Deshalb wird das verunreinigte Niederschlagswasser direkt oder indirekt über rohrgebundene Systeme in begrünte Becken geleitet. Die Remobilisierung der Schadstoffe an Partikel mit einem Durchmesser von mehr als 63 µm (AFS 63) stellt bei dem Eintrag in Gewässer und das Grundwasser eine hohe Verunreinigung dar,

welche vermieden werden muss. Durch die Retention von Niederschlagswasser in Regenrückhaltebecken können sich diese Partikel absetzen, sodass der Anteil der AFS 63 reduziert wird.

#### **5.1.4 Verdunstungsförderung, Förderung von Kühlung**

Der Verdunstungsprozess bzw. Evapotranspiration setzt sich aus den Teilprozessen Transpiration der Pflanzen und Evaporation, der Verdunstung über nicht belebten Flächen zusammen. Zur Temperatur- und Feuchteregulierung ist die Verdunstung von großer Bedeutung, da der Übergang des Wassers von der flüssigen in die gasförmige Phase zusätzliche Energie (Verdunstungswärme) aufnimmt und so für einen Kühleffekt sorgt. Insbesondere bei einer guten Wasserversorgung hat die Vegetation einen hohen Kühleffekt, welcher auf das Verdunstungspotenzial zurückzuführen ist. Insbesondere in urbanen Arealen kann die Flächengestaltung auf diese Aspekte wesentlichen Einfluss nehmen (BBSR, 2015).

Die hier betrachteten B-Plangebiete „Nobelstraße“ und „Am Schwanen-Soll“ weisen im Hinblick auf die sommerliche Kühlung aufgrund der Lage am südlichen Stadtrand der Hanse- und Universitätsstadt Rostock einen Vorteil auf. Die Lage an der Grenze zum Umland zieht das Stadt-Umland-Windsystem nach sich, welches einen kühlenden Effekt begünstigt, da es sich bei Städten um „Wärmeinseln“ handelt, in denen die Luft nach oben strömt und so kühlere Luft aus dem Umland direkt in die geplanten Wohngebiete einströmen kann.

Die Umsetzung von Gründächern hat vermutlich einen geringeren Effekt auf die kühlenden Prozesse, ist aber in der Umsetzung essentiell, um das Einzugsgebiet des „Rote-Burg-Grabens“ sowie den unterliegenden Einzugsgebieten einschließlich der Warnow im Falle eines Starkniederschlagsereignisses zu entlasten. Daneben sind Fassadenbegrünungen und bewachsene Bodenflächen sinnvoll, um die Verdunstung zu fördern und mikroklimatische Kühleffekte in den Sommermonaten zu begünstigen. Die Kombination aus Zisternen und Blandächern zur Speicherung des Niederschlagswasser und Bewässerung der Grünflächen in warmen Trockenphasen fördert diesen positiven Effekt.

### **5.2 Grundlegende Daten zur Analyse des Wasserhaushaltes im Plangebiet**

Zur Analyse des Wasserhaushaltes im Plangebiet wurde schwerpunktmäßig auf Analyseergebnisse des hydrologischen Steckbriefs zum B-Plangebiet Nr. 09.W.189 „Wohngebiet Nobelstraße“, welche vom Institut biota und der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker erhoben wurden, zurückgegriffen (BIOTA; Prof. Dr. Sieker, 2019).

### **5.3 Lokale Wasserhaushaltsanalysen im Plangebiet**

#### **5.3.1 Lokaler Wasserhaushalt im IST-Zustand**

Auf Grundlage der im hydrologischen Steckbrief ermittelten Daten wurde mit den in Abschnitt 1.2.2 erläuterten Grundlagen zum Wasserhaushalt die Bilanz des Wasserhaushaltes im Plangebiet für die aktuelle landwirtschaftliche Flächennutzung aufgestellt. Bei Wasserhaushaltsbilanzen wird aufgrund des Niederschlagsmessfehlers empfohlen, mit Korrekturwerten zu rechnen. Somit wurde ein jährlicher Niederschlag von  $650 \text{ mm/a} \times 14\% + 650 \text{ mm/a} = 740 \text{ mm/a}$  angesetzt, was einem Korrekturfaktor von

14 % entspricht. Dieser Korrekturfaktor wurde aus dem Tabellenwert für leicht geschützte Niederschlagsmessstellen im Vorgehen nach (Richter, 1995) entnommen. Die betrachteten Flächen des Plangebietes sind aufgrund der aktuellen Nutzung nicht versiegelt. In den Angaben des hydrologischen Steckbriefes wurde daher ein Versiegelungsgrad von 1 % angesetzt. Die zugrundeliegenden Daten der Wasserhaushaltskomponenten betragen 58,9 % bei der Verdunstung, 40,4 % bei der Infiltration und 0,7 % für den oberirdischen Abfluss. Unter Verwendung der Wasserhaushaltsbilanz aus Abschnitt 1.2.2 konnte mit diesen Werten der Wasserhaushalt im Plangebiet für den aktuellen IST-Zustand aufgestellt werden (Abb. 18):

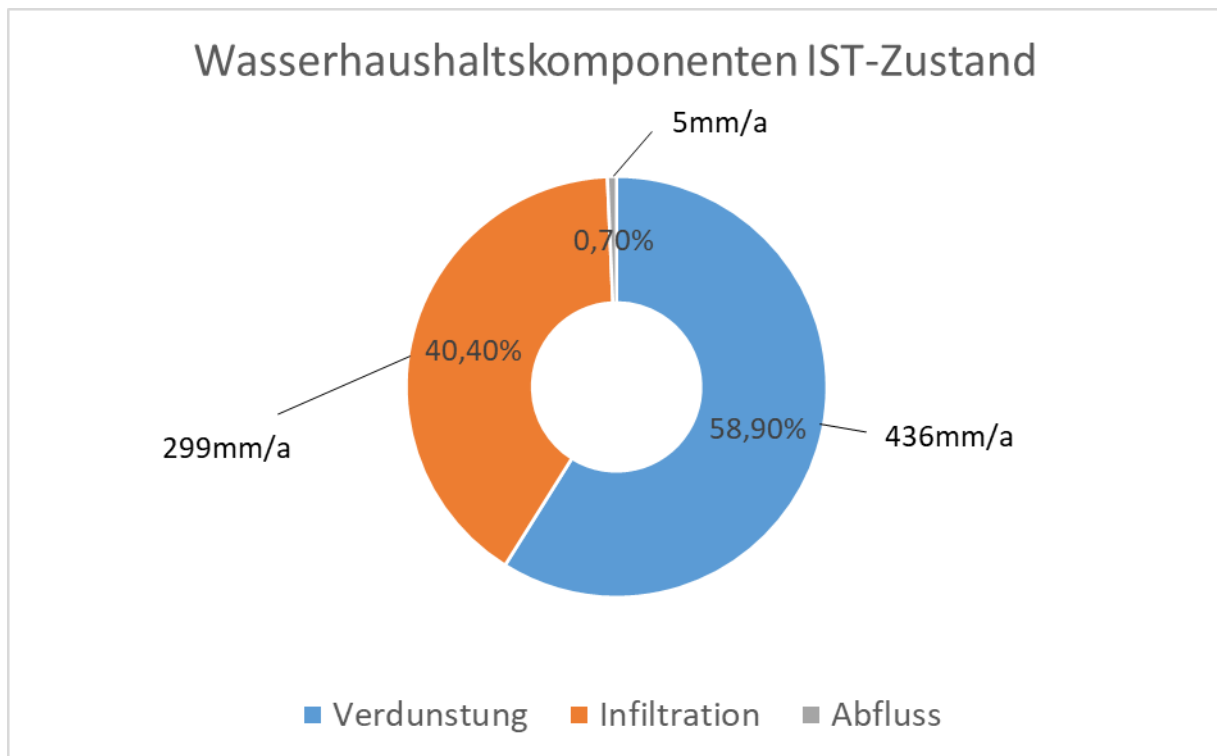
$$740 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (P_{\text{kor}}) = 436 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (ET) + 299 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (I) + 5 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (R)$$

$P_{\text{kor}}$  mittlerer korrigierter Jahresniederschlag

$ET$  mittlere jährliche Verdunstung

$I$  mittlere jährliche Infiltration

$R$  mittlerer jährlicher Oberflächenabfluss



**Abb. 18: Wasserhaushaltskomponenten für den IST-Zustand im Plangebiet**

Da es sich bei dem gegenwärtigen IST-Zustand um ein unbebautes, landwirtschaftlich genutztes Gebiet handelt, ist eine Analyse mit einem naturnahen Referenz-Zustand nicht erforderlich, da dieser dem IST-Zustand nahe kommt.

### 5.3.2 Lokaler Wasserhaushalt für Planvariante I ohne spezifische Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen mit einer Versiegelung von 40 %

Analog zur Analyse des IST-Zustands wurde auch bei dieser Analyse auf die Wasserhaushaltsverhältnisse des hydrologischen Steckbriefes zurückgegriffen. Dieser Untersuchung liegt eine

„konventionelle“ Siedlungsplanung ohne Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen zu Grunde. Der Flächenversiegelungsgrad liegt im Plangebiet bei 40 %. Die Wasserhaushaltskomponenten betragen bei dieser Planungsvariante 45,6 % für die Verdunstung, 24,4 % bei der Infiltration und 30 % für den oberirdischen Abfluss. Daraus ergibt sich eine Wasserhaushaltsbilanz von (Abb. 19):

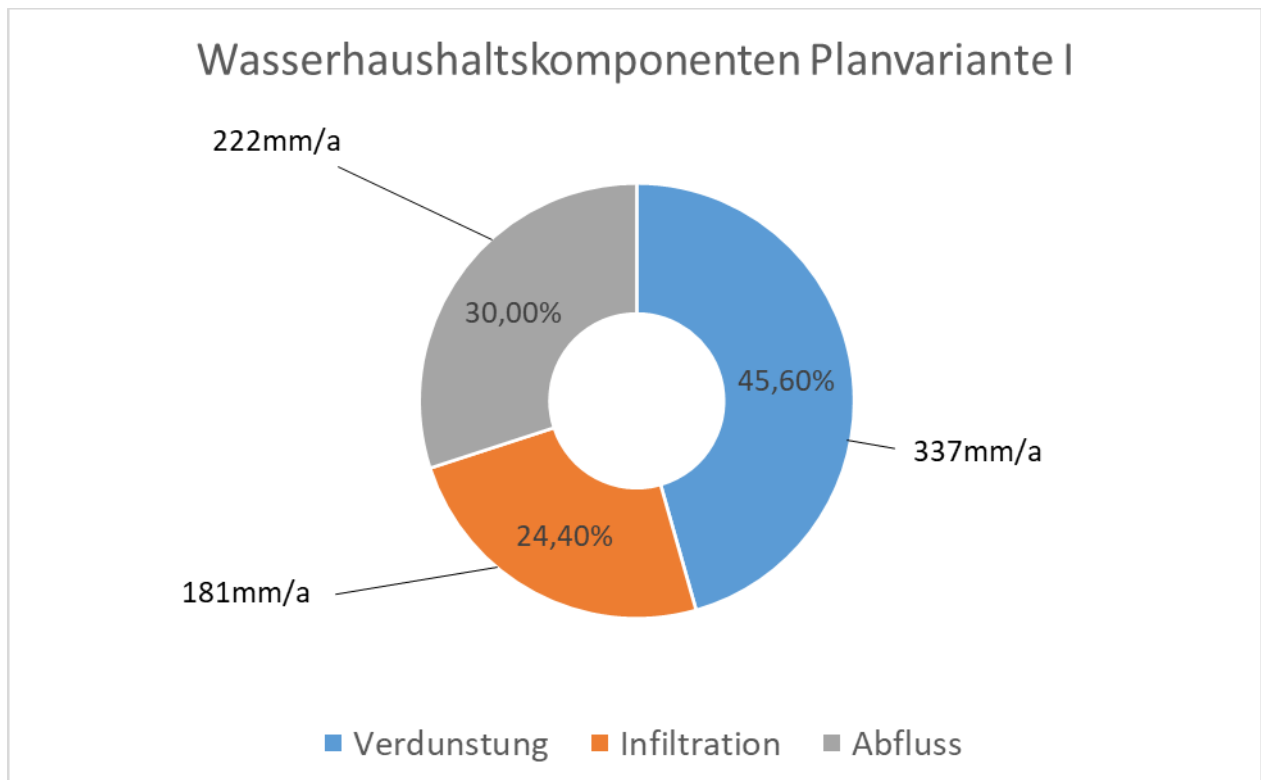
$$740 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (P_{\text{kor}}) = 337 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (ET) + 181 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (I) + 222 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (R)$$

$P_{\text{kor}}$  mittlerer korrigierter Jahresniederschlag

$ET$  mittlere jährliche Verdunstung

$I$  mittlere jährliche Infiltration

$R$  mittlerer jährlicher Oberflächenabfluss



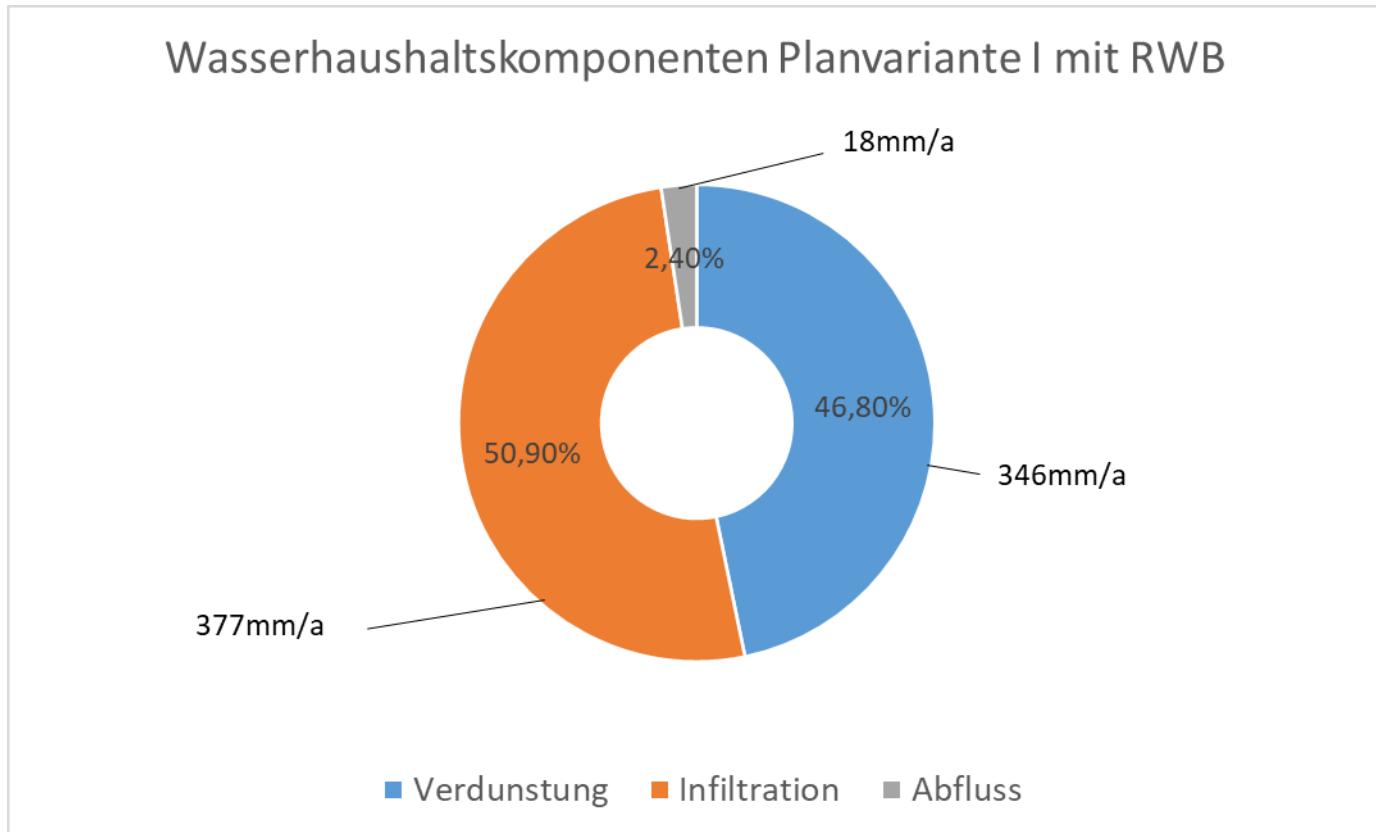
**Abb. 19: Wasserhaushaltskomponenten für den Plan-Zustand mit einem Versiegelungsgrad von 40 % ohne Kompensationsmaßnahmen**

### 5.3.3 Lokaler Wasserhaushalt für Planvariante I mit Maßnahmen zur dezentralen Regenbewirtschaftung bei einer Versiegelung von 40 %

Betrachtet man die Planvariante I mit dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen, so ergibt sich die Möglichkeit, den oberflächlichen Abflussanteil zu senken, indem die Infiltration und in geringem Maße die Verdunstung erhöht wird. Zur Durchführung der dezentralen Niederschlagsbewirtschaftung gibt es eine Vielzahl umsetzbarer Maßnahmen, welche in Abschnitt 5.1.1 ausführlich erläutert sind. Für das betrachtete Plangebiet ergibt sich für diese Planvariante ein Verdunstungsanteil von 46,8 %. Der Infiltrationsanteil beträgt 50,9 % und der oberirdische Abfluss 2,4 %. Damit gilt für diese Planvariante folgende Wasserhaushaltsbilanz (Abb. 20):

$$740 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (P_{\text{korrr}}) = 346 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (ET) + 377 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (I) + 18 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (R)$$

$P_{\text{korrr}}$	mittlerer korrigierter Jahresniederschlag
$ET$	mittlere jährliche Verdunstung
$I$	mittlere jährliche Infiltration
$R$	mittlerer jährlicher Oberflächenabfluss



**Abb. 20: Wasserhaushaltskomponenten für den Plan-Zustand mit einem Versiegelungsgrad von 40 % mit Kompensationsmaßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung**

#### **5.3.4 Lokaler Wasserhaushalt für Planvariante II ohne spezifische Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen mit einer Versiegelung von 60 %**

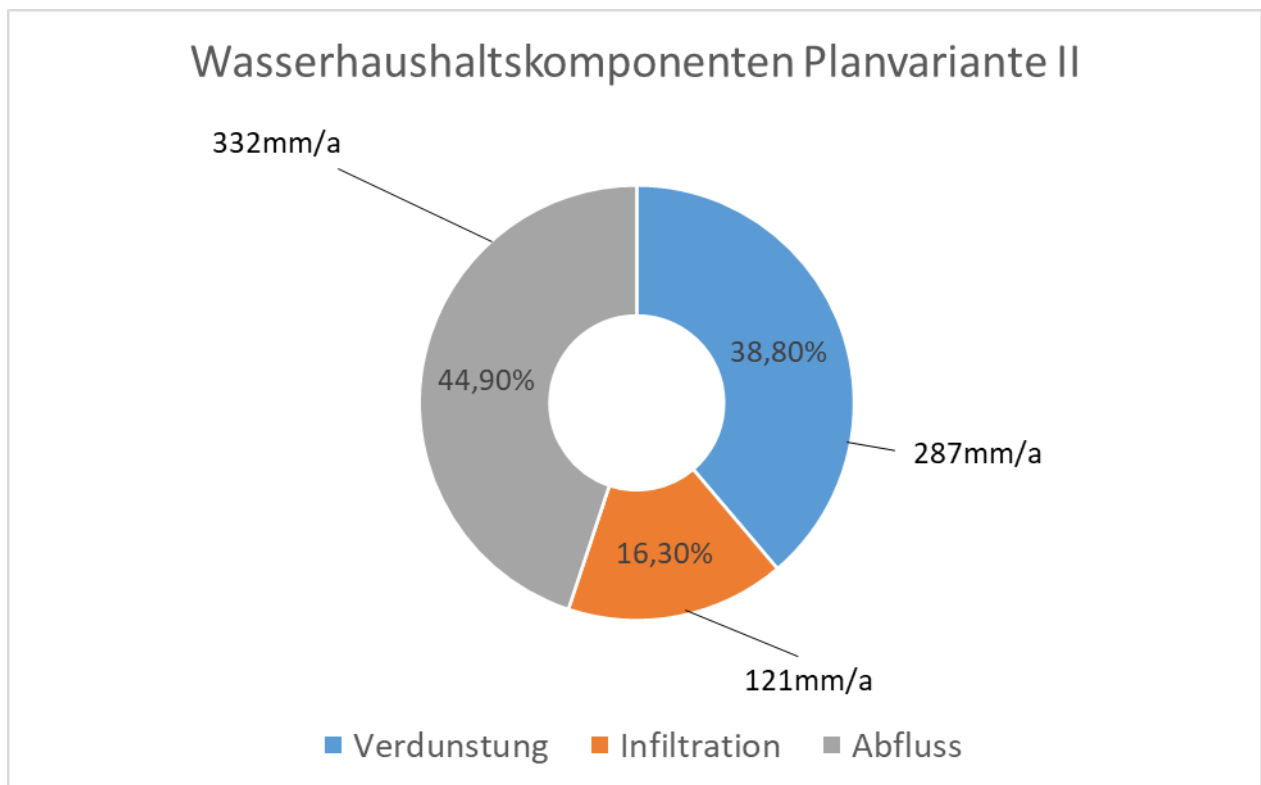
Analog wie auch bei allen zuvor erläuterten Wasserhaushaltsbilanzen der anderen Planzustände wurde die Wasserhaushaltsbilanz für eine Planungsvariante mit einem Versiegelungsgrad von 60 % erstellt. Bei der in diesem Abschnitt dargestellten Variante wird von einer konventionellen Planung ohne Elemente der Regenwasserbewirtschaftung ausgegangen. Somit ergibt sich ein erhöhter oberflächlicher Abfluss von 44,9 %. Die Infiltration fällt mit 16,3 % sehr gering aus und die Verdunstung beträgt 38,8 %. Damit ergibt sich folgende Wasserhaushaltsbilanz für diese Planvariante (Abb. 21):

$$740 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (P_{\text{korrr}}) = 287 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (ET) + 121 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (I) + 332 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (R)$$

$P_{\text{korrr}}$	mittlerer korrigierter Jahresniederschlag
--------------------	---



$ET$	mittlere jährliche Verdunstung
$I$	mittlere jährliche Infiltration
$R$	mittlerer jährlicher Oberflächenabfluss



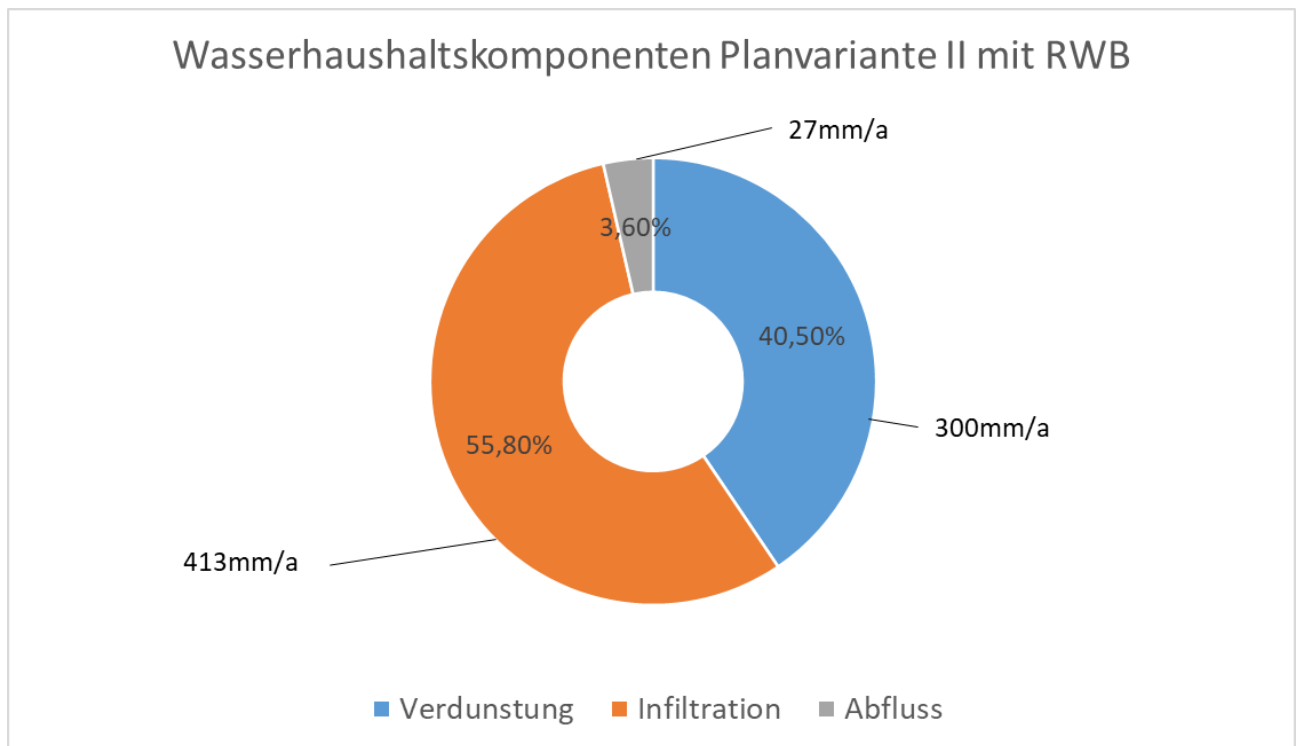
**Abb. 21: Wasserhaushaltskomponenten für den Plan-Zustand mit einem Versiegelungsgrad von 60 % ohne Kompensationsmaßnahmen**

### 5.3.5 Lokaler Wasserhaushalt für Planvariante II mit Maßnahmen zur dezentralen Regenbewirtschaftung bei einer Versiegelung von 60 %

Analog zur ersten Planvariante wurde auch für die zweite eine Untersuchung der Wasserhaushaltsbilanzen mit dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen durchgeführt. Hierbei kann der Anteil des oberirdischen Abflusses im Vergleich zur konventionellen Planung stark gesenkt und der Infiltrationsanteil deutlich erhöht werden. Die Verdunstungsanteile vergrößern sich auch leicht im Vergleich zur konventionellen Planungsvariante. Die einzelnen Anteile der Wasserhaushaltskomponenten betrachten bei dieser Variante 40,5 % für die Verdunstung, 55,8 % für die Infiltration sowie 3,6 % beim oberirdischen Abfluss. Daraus ergibt sich folgende Wasserhaushaltsbilanz (Abb. 22):

$$740 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (P_{\text{korrr}}) = 300 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (ET) + 413 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (I) + 27 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (R)$$

$P_{\text{korrr}}$	mittlerer korrigierter Jahresniederschlag
$ET$	mittlere jährliche Verdunstung
$I$	mittlere jährliche Infiltration
$R$	mittlerer jährlicher Oberflächenabfluss



**Abb. 22: Wasserhaushaltskomponenten für den Plan-Zustand mit einem Versiegelungsgrad von 60 % mit Kompensationsmaßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung**

### 5.3.6 Lokaler Wasserhaushalt für B-Planvariante mit Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung

Die Untersuchung der Wasserhaushaltskomponenten fand bereits vor der Erstellung eines B-Planes statt. Nach dem B-Plan Nr. 09.W.189 „Wohngebiet Nobelstraße“ ergibt sich ein Versiegelungsgrad von 46,1 %. Der B-Plan Nr. 24 „Am Schwanen-Soll“ weist einen Versiegelungsgrad von 48 % auf. Die hydrologischen Wasserhaushaltskomponenten sind nur für den Bereich des B-Plangebietes „Nobelstraße“ erstellt worden. In den vorliegenden B-Plänen sind Elemente zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, insbesondere Gründächer, enthalten. Um einen Puffer bei der Ermittlung der Wasserhaushaltskomponenten zu haben wurde ein Versiegelungsgrad von 50 % angesetzt und die Wasserhaushaltsgrößen zwischen den Planvarianten I mit 40 % Versiegelung und Planvariante II mit 60 % Versiegelung interpoliert. Damit ergibt sich ein Anteil von 43,65 % für die Verdunstung, 53,35 % für die Infiltration und 3 % für den oberirdischen Abfluss. Damit ergibt sich folgende Wasserhaushaltsbilanz (Abb. 23):

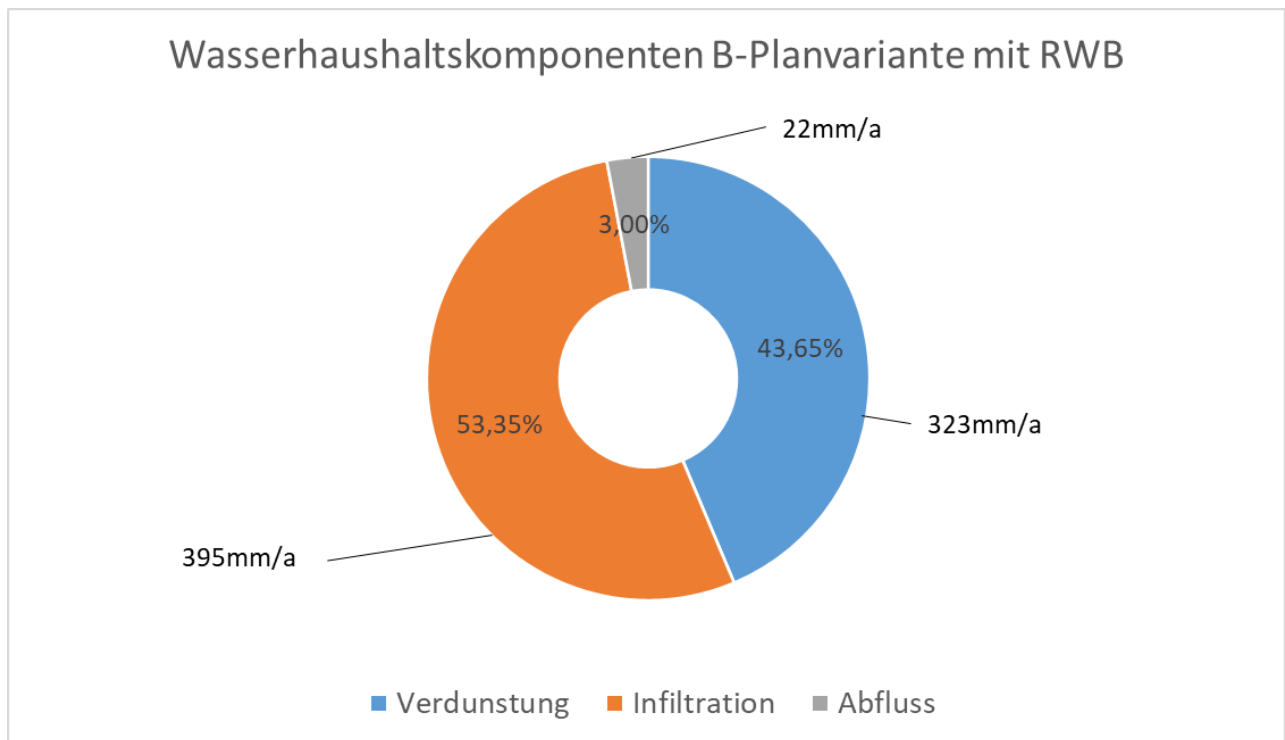
$$740 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (P_{\text{kor}}) = 323 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (ET) + 395 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (I) + 22 \frac{\text{mm}}{\text{a}} (R)$$

$P_{\text{kor}}$  mittlerer korrigierter Jahresniederschlag

$ET$  mittlere jährliche Verdunstung

$I$  mittlere jährliche Infiltration

$R$  mittlerer jährlicher Oberflächenabfluss



**Abb. 23: Wasserhaushaltskomponenten für den B-Planzustand mit einem Versiegelungsgrad von 50 % mit Kompensationsmaßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung**

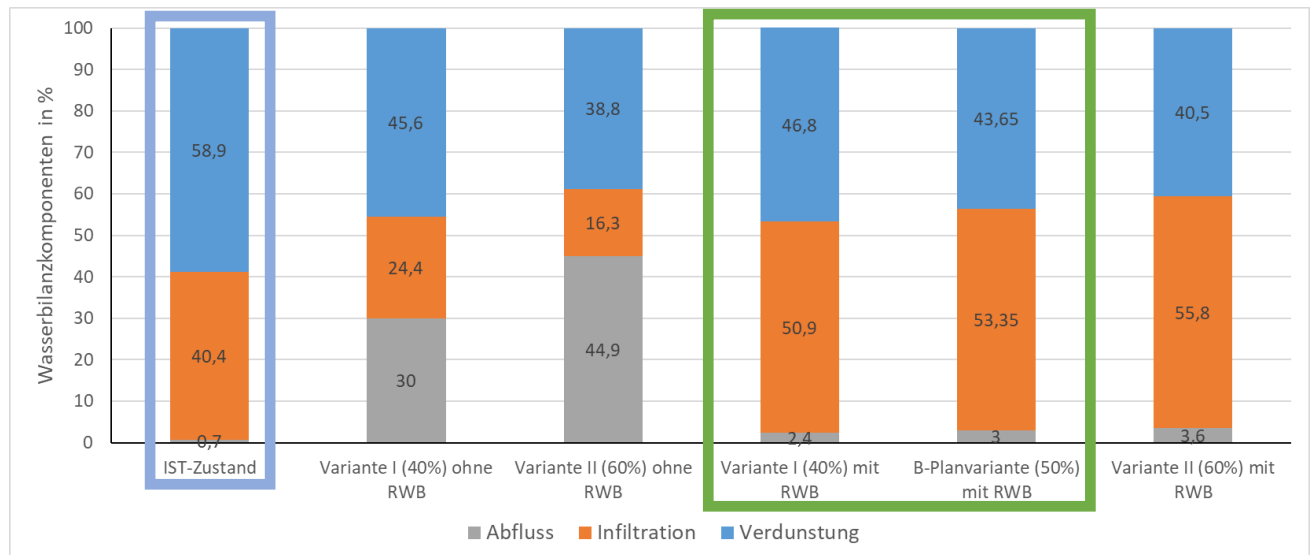
#### 5.4 Abschließender Vergleich der mittleren Wasserbilanzen

Ein Vergleich zwischen dem aktuellen landwirtschaftlich genutzten Zustand, den zwei Planungsvarianten mit 40 % bzw. 60 % Versiegelungsanteil mit Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen und ohne sowie der vorliegenden B-Planvariante mit Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zeigt, dass sich der oberirdische Abfluss in jeder bebauten Variante erhöhen wird. Dieser kann jedoch in den Varianten mit Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen im Vergleich zu den Varianten konventioneller Siedlungsplanung ohne dezentraler Regenwasserbewirtschaftung stark reduziert werden. Die bebauten Varianten ohne Bewirtschaftungsmaßnahmen bedingen eine stark verminderte Infiltration des Niederschlagswassers im Vergleich zum IST-Zustand und den dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Ein Vergleich zwischen dem IST-Zustand und den Varianten mit Regenwasserbewirtschaftung zeigen, dass der Infiltrationsanteil in Folge der Umsetzung erhöht werden kann. Es empfiehlt sich daher die Umsetzung möglichst weitreichender Kompensationsmaßnahmen in Form von

- Dachbegrünungen,
- den Rückhalt von Niederschlagswasser in Zisternen sowie
- die Verwendung von wasserdurchlässigem Pflaster in Bereich von Parkplätzen, z. B. durch Rasengittersteine in Kombination mit Mulden-Rigolen-Systemen.

Die Umsetzung von Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung können einen maßgeblichen Beitrag zur Umsetzung des Konzeptes „Schwammstadt Rostock“ leisten, welches im Jahr 2080 erreicht werden soll. In den aktuellen B-Planvarianten sind Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen vorgesehen. Da sich der Versiegelungsgrad in diesen Plänen für den Bereich Nobelstraße bei rund 46 % befindet, was zwischen den Planvarianten des hydrologischen Steckbriefes liegt, wurde den anderen Planvarianten im Gesamtvergleich die B-Planvariante mit einem Versiegelungsgrad von 50 % und

Regenbewirtschaftungsmaßnahmen gegenübergestellt. Eine detaillierte Übersicht der Varianten zum direkten Vergleich ist in Abb. 24 visualisiert.



**Abb. 24: Vergleich der Wasserhaushaltsbilanzen der zentralen Wasserhaushaltskomponenten zwischen IST-Zustand und den Plan-Zuständen ohne und mit Regenbewirtschaftungsmaßnahmen (RWB)**

## 6 Zusammenfassende Empfehlungen

### 6.1 Beiträge im Sinne innovativer Lösungen der Stadtentwicklungen

Die in diesem Fachbeitrag erläuterten Untersuchungen und die in diesem Kapitel dargestellten Lösungsvorschläge sind Ansätze für die zukunftsorientierte und nachhaltige Gestaltung der Plangebiete „Nobelstraße“ und „Am Schwanen-Soll“. Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung bieten eine Vielzahl an Synergieeffekten, wie z. B.:

- Versickerung von Niederschlagswasser im Entstehungsgebiet,
- Verringerung des Schadenspotenzials im Bereich der Unterlieger,
- Speicherung von Niederschlagswasser zur Grünflächenbewässerung und damit Vorsorge für Dürreperioden,
- Erholungsfunktion für Bewohner des Wohngebietes,
- Erhöhung der Verdunstung und
- Kühlungseffekt des Stadtgebietes im Zusammenhang mit der Verdunstungsenergie.

In erster Linie dienen die Maßnahmen den Bewohnern und Besuchern der neuen Wohngebiete und erhöhen somit die Wohn-, Aufenthalts- und Nutzungsqualität des neu errichteten Rostocker Wohngebietes sowie des angrenzenden Wohngebietes der Gemeinde Papendorf. Die Maßnahmen setzen einen partnerschaftlichen Umgang zwischen den Beteiligten voraus. Dazu zählen die kommunalen Verwaltungen, die Auftraggeber, Eigentümer, Mieter sowie die Träger öffentlicher Belange. Ohne das kooperative Handeln aller Beteiligten, kann die Umsetzung der Maßnahmen nicht gelingen.

## 6.2 Grundsätzliches Entwässerungskonzept „Schwammstadt“

Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass der Parameter der AFS 63 zurückgehalten wird. Dies kann teilweise über den Rückhalt in den Retentionsbecken gelöst werden (Abschnitt 5.1.3). Insofern ist die Umsetzung des Konzeptes „Schwammstadt“ für das hier beschriebene B-Plangebiet sinnvoll. Hinzu kommt, dass eine Überlastung der zentralen Entwässerungsachse des „Rote-Burg-Grabens“ im Zuge einer Freilegung im Zusammenhang mit dem Konzept Schwammstadt Rostock vermindert werden kann. Zur konzeptionellen Umsetzung sollte umfänglich

1. auf Prinzipien der Schwammgebäude gesetzt werden,
2. die Entwässerung der Hofflächen, Straßen und Wege sowie alle weitere Verkehrsflächen außerhalb der Gebäudekomplexe an den Prinzipien der Schwammstraßen orientiert werden,
3. der Parkplatz vor dem geplanten Einkaufszentrum im Plangebiet „Am Schwanen-Soll“ über Rasengittersteine mit einem Mulden-Rigolen-System gekoppelt werden und
4. Niederschlagswasser zur Stützung des Wasserhaushaltes in Feuchtgebieten genutzt werden.

Wichtige Punkte sind zudem:

- Das Vorhaben zur **Öffnung des Rote-Burg-Grabens** (Gewässer 7/2) sowie der zufließenden Gewässer 7/2/1 und 7/2/6 sollten umgesetzt werden, um eine möglichst naturnahe Gewässergestaltung zu erreichen, welche den Vorgaben der WRRL entspricht. Bei Einmündungen der Niederschlagsentwässerungskanäle ist auf eine sachgerechte Einbindung zu achten, um besonders hydraulisch unkritische Realisierung zu gewährleisten, d. h. Verhindern von Sohl- oder Böschungserosion.
- Ein Vorschlag zur Umsetzung für **Notwasserwege**, der die Entwässerungsrichtung und Neigungsverhältnisse der Plangebiete berücksichtigt, sollte erarbeitet werden. In diesem Zusammenhang bietet es sich an, den Parkplatz vor dem geplanten Nahversorgungszentrum im nördlichen Bereich des Plangebietes „Am Schwanen-Soll“ mit Rasengittersteinen auszulegen und über Dränrohre mit einem Mulden-Rigolen-System zu kombinieren.
- Eine Optimierung des Entwässerungsansatzes kann mittels Einbindung von **Zisternen** zum Wasserrückhalt für Nutzungszwecke umgesetzt werden. Aufgrund des begrenzten Speichervolumens bei Zisternen sind Überläufe in das Regenwassernetz vorzusehen.

## 6.3 Schwammgebäude: Prinzipien und konkrete Vorschläge technischer Lösungen für Gebäude und zugehörige Anlagen

### 6.3.1 Grundansatz

- Für eine effektive Kosten-Nutzen-Relation der unterschiedlichen Systeme zur Wassereinsparung und Abwasserreduktion muss in der **Gesamtbemessung** der Wasserbedarf und -anfall ermittelt werden. Dies ist erforderlich, um Fehldimensionierungen vorzubeugen.
- **Synergieeffekte** sind soweit wie möglich zu nutzen.
- Zur Festlegung der Fußbodenhöhe des Erdgeschosses sowie die der Eingänge, Tiefgaragenrampen usw. sind unter **Berücksichtigung potenzieller Fließwege und Abflusshöhen (Überstauhöhen) bei Starkregenereignissen** festzulegen.

### 6.3.2 Dachbegrünung

Blaudächer, die speziell für die Wasserretention auf dem Dach konzipiert wurden, können viel Niederschlagswasser zurückhalten. Diese haben aber andererseits hohe Anforderungen an die Statik, was höhere Kosten von Blaudächern im Vergleich zu Zisternen bedeutet. Daneben sind Blaudächer hinsichtlich der Kühlung von untergeordneter Bedeutung (Sieker & al., 2019). Ein Vorteil von Blaudächern gegenüber Zisternen ist die erleichterte Kontrolle, dass die Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen konkret umgesetzt werden, da bei Zisternen die Darlegung zum Nachweis der angeschlossenen Dachflächen aufwändiger ist. Einfache Gründächer können je nach Anwendungsfall mit einer entsprechenden Vegetationsbedeckung ausgelegt werden, besitzen aber keinen Retentionsspeicher, sondern nutzen nur das Porenvolumen des verwendeten Substrates. Diese Dächer können aber auch hohe Rückhalteleistungen aufweisen, indem bis zu 50 % eines Starkniederschlages zurückgehalten wird (BBSR, 2018). Werden Gründächer mit Zisternen gekoppelt würde aufgrund des Retentionsvolumens ein großer Anteil des Niederschlagswassers nicht für weitere Nutzungen erfasst werden können. Berücksichtigt man die Kosten pro m<sup>3</sup> Rückhalt bei einem Gründach mit der einer Zisterne, so liegen diese für das Gründach um das 3-fache höher (BBSR, 2018).

Die Kombination zwischen Gründach und Zisterne muss deshalb im Einzelfall betrachtet und entschieden werden. Auch bei der Art der Verwendung muss das verwendete Substrat berücksichtigt werden, insbesondere wenn eine Grauwassernutzung in Erwägung gezogen wird (siehe Abschnitt 5.1.3).

Aufgrund der Menge an unterschiedlichen Anwendungsfällen gibt es in der Industrie für jeden Fall spezifische Lösungsangebote. Im Folgenden sind exemplarisch die unterschiedlichen Systemlösungen der Firma Optigrün international AG aufgelistet (<https://www.optigruen.de/systemloesungen>):

- Spardach: Standardlösung für extensive Dachbegrünungen
- Leitdach: Gründachlösung für Dächer, die aus statischen Gründen nur geringe Auflast zulassen
- Naturdach: viel Spielraum bei Substrathöhe und somit Artenvielfalt möglich
- Retentionsdach: wirkungsvolle Retention durch Abflussverzögerung und Verdunstung
- Schrägdach: Umsetzung schräger Dächer mit Neigungswinkeln zwischen 5 und 45°
- Gartendach: Umsetzung von Rasenflächen, Sträuchern, Teichen, Terrassen, Gärten auf Dächern
- Landschaftsdach: Umsetzung von Dachlandschaften mit Bäumen, Sträuchern, Rasen- und Grünflächen, Teichen, Spielflächen, Terrassen
- Verkehrsdach: begeh- und befahrbare Dächer
- Solargründach: Gründächer mit Solar- oder Photovoltaikanlagen

Hinweise und Empfehlungen gibt es in den „Dachbegrünungsrichtlinien“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. (FLL, 2018a).

#### Empfehlungen/Auswirkungen:

- Gründächer sollten dort angelegt werden, wo diese möglich und sinnvoll sind. In den Plangebieten „Nobelstraße“ und „Am Schwanen-Soll“ ist auf einigen Gebäuden Dachbegrünung vorgesehen. Ein Überblick hierzu ist in Abb. 25 visualisiert
- Beitrag zur Reduktion von Niederschlagswasser und Verdunstungserhöhung
- Beitrag zur Gesamtwasserbilanz
- Beitrag zur Biodiversitätsförderung, mit Gründächern können Ausgleichsmaßnahmen verrechnet werden



- Eine Kombination zwischen Gründach und Solardach ist problemlos möglich und bietet Vorteile: Verdunstung des Gründaches kühlt die Photovoltaikelemente einerseits und gleichzeitig reduziert die Beschattung der Photovoltaikanlagen die Verdunstung
- Je nach Auswahl der Gründachvegetation ist bei paralleler Photovoltaik-Nutzung auf den Bewuchs zu achten, um unerwünschte Verschattung der Photovoltaik-Elemente zu verhindern.



Abb. 25: Geplante Objekte in den Plangebieten nach Nutzung und Dachart kategorisiert

### 6.3.3 Materialien der Dacheindeckung und der Fassadenbeschichtung

Um Regenwasser möglichst unproblematisch nutzen zu können, müssen die Dachflächen chemisch neutral sein. Flachdächer werden standardmäßig mit Kunststoffdichtungsbahnen ausgelegt. Weitere geeignete Materialien sind Beton, Steinplatten sowie Glas- und Kunststoffflächen anderer Art. Bei metallischen Abdeckungen besteht die Gefahr der Metallionenfreisetzung, wenn eine entsprechende Beschichtung fehlt. Diese sorgen so für eine Verunreinigung der Gewässer und sind abzulehnen. Ähnliche Problematik gilt für Bitumendächer wegen der Freisetzung teer- und ölhaltiger Verbindungen. Bei Kunststoffen bleibt die Problematik des Abriebs und dem damit verbundenen Austrag vom Mikroplastik. Hier ist, wenn möglich, auf Kunststoffmaterialien zu verzichten. Der Nachweis bezüglich AFS63 ist nach dem Arbeitsblatt DWA-A 102-1 und BWK-A 3-1 zu führen. Im Wesentlichen sind diese Nachweise unproblematisch, allerdings muss bedacht werden, dass der Parameter AFS63 auch einen Großteil der an den Feststoffen sorbierten Schadstoffen und Schwermetalle sowie organische Schadstoffe beinhaltet.

Gleiche Überlegungen müssen auch bei der Fassadenbeschichtung durchgeführt werden. Einträge von Bioziden und Transformationsprodukten können aus den Fassaden ausgewaschen werden und so den Boden, das Grundwasser oder Oberflächengewässer beeinträchtigen (Olsson, 2019).

#### **Empfehlungen/Auswirkungen:**

- Verhindern der Auswaschung von Metallionen und organischen Schadstoffen über das Niederschlagswasser, indem möglichst inerte Materialien zur Dacheindeckung verwendet werden
- Bei Fassadenanstrichen darauf achten, dass keine Biozide in den Anstrichen enthalten sind und diese stattdessen möglichst inert oder biologisch abbaubar sind
- Konkrete emissionsbezogene Schutzbeiträge für Böden, Grundwasser und Oberflächengewässer

#### **6.3.4 Fassadenbegrünung**

Eine weitere effektive Möglichkeit zur Verdunstungsförderung ist die Fassadenbegrünung. Damit diese das Maximum an Synergieeffekten hinsichtlich der Beschattung, Verdunstungs- und Kühlleistung bieten können, ist eine Bewässerung unter Umständen erforderlich, welche mithilfe von Zisternen umgesetzt werden kann. Generelle Hinweise können in den „Fassadenbegrünungsrichtlinien“ der Forschungsanstalt der Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. entnommen werden (FLL, 2018b).

#### **Empfehlungen/Auswirkungen:**

- Fassadenbegrünung ermöglichen, gebäudeweise prüfen und insbesondere an öffentlichen Gebäuden umsetzen
- Umsetzung der Bewässerung mittels Regenwasserzisternen
- Beitrag der Reduktion des Niederschlagsanfalls und der Verdunstungserhöhung
- Beitrag zur Gesamtwasserbilanz
- Beitrag um die Biodiversität zu erhöhen
- Beitrag zum Schutz von Fassaden und der Energieeffizienz

#### **6.3.5 Regenwassernutzung für Bewässerung und für wassergebundene Anlagen**

Für eine Regenwasserbewirtschaftung zur Bewässerung von Grünflächen können Zisternen an ausgewählten Gebäuden des Plangebietes angeschlossen werden. Um diese effektiv umzusetzen ist es empfehlenswert, Zisternen nur an Gebäuden anzuschließen, für die keine Gründächer vorgesehen sind. Ausgehend von der Zisterne kann das Wasser über ein System aus Filtern und Saugpumpen in das Verteilernetz eingespeist werden. In erster Linie sind die Zisternen für die Bewässerung von Grünflächen vorzusehen. Für eine konkrete Umsetzung zur Grauwasserbewirtschaftung (Toilettenspülung) muss im Einzelfall entschieden werden. Zu Forschungszwecken ist das Konzept der „intelligenten Zisternen“ interessant, bei dem die Zisterne über Niederschlagsvorhersagen automatisch gesteuert werden kann. So können vor erwarteten Starkregenereignissen die Zisternen entleert werden, um Puffervolumen für das Ereignis zu erhalten. Ein Test dieses automatischen Systems wäre bei einer Zisterne, welche im Bereich eines öffentlichen Gebäudes angeschlossen ist, z. B. dem Kindergarten, umzusetzen.

#### **Empfehlungen/Auswirkungen:**

- Zisternen so errichten, dass alle Gebäude ohne Gründach angeschlossen sind
- Regenwasser aus den Zisternen zur Bewässerung von öffentlichen und privaten Grünflächen sammeln
- Einbau einer „intelligenten“ Zisterne für Forschungszwecke auf einem öffentlichen Grundstück
- Beitrag für eine Reduktion des oberflächlichen Abflusses



### 6.3.6 Regenwassernutzung für Toilettenspülung

Bei der Nutzung von Regenwasser zur Grünflächenbewässerung, ist die zur Verfügung stehende Wassermenge für die Nutzung der Toilettenspülung begrenzt. Daher ist die Umsetzung nur testweise in bestimmten Gebäuden anwendbar. Denkbar wäre eine Installation einer Regenwassertoilette für den Kindergarten oder das Nahversorgungszentrum. Um eine Lösung für die begrenzte Wassermenge der Toilettenspülung zu haben, ist eine Kopplung mit einer Regenwasserzisterne empfehlenswert, welche im Bedarfsfall (lange Trockenzeiten) mit Trinkwasser gespeist wird.

#### Empfehlungen/Auswirkungen:

- Ein bis zwei Zisternen zur Regenwassernutzung für die Toilettenspülung in der Nahversorgungseinrichtung und im Kindergarten installieren
- Versuchsprojekt, um Erkenntnisse bezüglich der Umsetzbarkeit zu sammeln
- Kopplung der Regenwasserzisterne mit dem Trinkwassernetz, um diese in langen Trockenzeiten bei Unterschreitung eines Mindestwasserstandes auffüllen zu können
- Beitrag zur Reduktion des oberflächlichen Abflusses in niederschlagsreichen Phasen

### 6.3.7 Abflussermittlung für die Baufelder als Grundlage der Kanalnetzbemessung

Für Einzugsgebiete mit einer Fläche von weniger als 200 ha oder Fließzeiten bis 15 Minuten (kleine Einzugsgebiete) wird die Berechnung nach DIN EN 752 bzw. DWA-A 118 durchgeführt. Das anzuwendende Verfahren ist das Fließzeitverfahren auf Basis von Starkniederschlagsspenden nach KOSTRA-DWD. Die hier erwähnten Voraussetzungen liegen für das Plangebiet Nr. 09.W.189 „Wohngebiet Nobelstraße“ sowie Nr. 24 „Am Schwanen-Soll“ vor. Bei der Dimensionierung ist eine maximale Auslastung von 90 % des Abflussvolumens in den Haltungen zu berücksichtigen. Die maßgebliche Regendauer sollte der Fließzeit im Kanalnetz bis zur Entlastung in die Vorflut betragen. Die Häufigkeit  $n$  der anzusetzenden Starkniederschläge im Zusammenhang mit Überstauhäufigkeiten zur Neuplanung oder Sanierung richtet sich nach der Art des zu entwässernden Gebietes:

- |   |   |
|---|---|
| • Ländliche Gebiete:                          | 1-mal in 2 Jahr ( $n = 0,5a^{-1}$ )                 |
| • Wohngebiete:                                | 1-mal in 3 Jahren ( $n = 0,33a^{-1}$ )              |
| • Stadtzentren, Industrie und Gewerbegebiete: | seltener als 1-mal in 5 Jahren ( $n < 0,2a^{-1}$ )  |
| • Unterirdische Verkehrsanlagen:              | seltener als 1-mal in 10 Jahren ( $n < 0,1a^{-1}$ ) |

Für die Plangebiete wird ein Bemessungsregen mit einer Häufigkeit von 1-mal in 3 Jahren mit einer Dauer von 10 Minuten angesetzt. Damit ergibt sich nach KOSTRA-DWD 2020 eine Regenspende von 185 l/(s\*ha). Mit einem Toleranzwert von 13 % ergibt sich eine Regenspende von 209,1 l/(s\*ha).

Da bei der Kanalbemessung ein sicherheitsorientierter Ansatz verfolgt werden sollte, wurde ein Überflutungsereignis und ein ungünstiges Hochwasserereignis berechnet. Die Häufigkeiten  $n$  der anzusetzenden Starkniederschläge zur Berechnung von Überflutungsereignissen richten sich ebenfalls nach der Art des zu entwässernden Gebietes:

- |   |   |
|---|---|
| • Ländliche Gebiete:                          | 1-mal in 10 Jahren ( $n = 0,1a^{-1}$ )  |
| • Wohngebiete:                                | 1-mal in 20 Jahren ( $n = 0,05a^{-1}$ ) |
| • Stadtzentren, Industrie und Gewerbegebiete: | 1-mal in 30 Jahren ( $n < 0,03a^{-1}$ ) |
| • Unterirdische Verkehrsanlagen:              | 1-mal in 50 Jahren ( $n < 0,02a^{-1}$ ) |

Aufgrund der Nähe von Rostock und möglicher nachgelagerter Auswirkungen auf das Innenstadtgebiet der Hanse- und Universitätsstadt wurde eine Überflutungshäufigkeit von 1-mal in 30 Jahren und einer Dauer von 15 Minuten angesetzt. Damit ergibt sich nach KOSTRA-DWD 2020 eine Regenspende von 236,7 l/(s\*ha). Bei einem Toleranzwert von 19 % erhöht sich die Regenspende auf 281,7 l/(s\*ha).

Zusätzlich wurde zur Überprüfung der anfallenden Abflussmengen ein hundertjähriges Ereignis mit einer Dauer von 180 Minuten berechnet. Für dieses wurde aus den Daten von KOSTRA-DWD eine Regenspende von 48 l/(s\*ha) ermittelt. Mit einem Toleranzwert von 21 % ergibt sich eine Regenspende von 58,1 l/(s\*ha).

Eine Übersicht über die ermittelten Volumina für jedes Gebiet mit Abflussbeiwert und Fläche des Einzugsgebietes ist in Tabelle 2 aufgelistet.

**Tabelle 2: Einzugsgebiete mit Fläche, Abflussbeiwert und ermitteltes Volumen der durchgerechneten Niederschlagsspenden**

Einzugsgebiet	Fläche in m <sup>2</sup>	Mittlerer Abflussbeiwert	Volumen Bemessungsregen in m <sup>3</sup>	Volumen Überflutungsereignis in m <sup>3</sup>	Volumen hundertjähriges Ereignis in m <sup>3</sup>
1	25.542,6	0,52	166,2	335,8	831,0
2	43.520,6	0,46	249,9	505,1	1.249,7
3	23.635,5	0,51	151,6	306,3	758,0
4	48.133,0	0,43	259,7	524,9	1.298,8
5	8.429,8	0,36	38,5	77,7	192,4
6	1.663,9	0,33	6,9	13,9	34,4
7	29.250,1	0,44	161,6	326,5	808,0
8	31.562,6	0,51	200,9	406,0	1.004,7
9	12.175,1	0,46	70,1	141,6	350,5
10	15.981,6	0,40	79,9	161,5	399,6
11	25.754,7	0,55	177,3	358,4	886,9
12	12.517,1	0,48	75,0	151,7	375,3
13	13.492,3	0,48	81,0	163,8	405,2
14	13.966,7	0,67	116,7	235,9	583,6

## 6.4 Schwammstraßen: Prinzipien und Vorschläge technischer Lösungen für die Entwässerung der Verkehrsflächen

### 6.4.1 Grundansatz

- **Neigung der Verkehrsflächen nach außen** um eine Abflussmöglichkeit in Entwässerungsrinnen zu den Regenrückhaltebecken oder Mulden-Rigolen-Systemen zu gewährleisten insofern diese umsetzbar sind
- In Straßen, wo kein paralleles Mulden-Rigolen-System möglich ist, kann mit einer **Kehle in der Mitte** der Straße ein zusätzlicher Retentionsraum geschaffen werden
- **Längsgefälleorientierung** der Verkehrsachsen, sodass Niederschlagswasser mit dem Gefälle in die vorgesehenen Regenrückhaltebecken und Mulden-Rigolen-Systeme bzw. Zisternen fließt

### 6.4.2 Versickerungsfähige Befestigungsarten

Verkehrsflächen, welche stofflich nicht stark belastet sind, können mit versickerungsfähigen Befestigungsarten ausgelegt werden, um so den Oberflächenabfluss zu reduzieren. Die ermöglichte Versickerung leistet einen Beitrag, um die naturnahe Komponente der Grundwasserneubildung des Wasserhaushaltes zu fördern. Bei der Umsetzung versickerungsfähiger Befestigungsarten ist der Untergrundaufbau entscheidend. Hierbei müssen die Herstellerangaben berücksichtigt werden. Zur Umsetzung gibt es zwei Grundprinzipien, welche auch in kombinierter Form angewendet werden können:

1. Einsatz von direktversickerungsaktivem Material
  - a. Poren und Öffnungen, beispielsweise Dränpflaster aus Beton
  - b. Wassergebundene und -durchlässige Wegedecken und Dränbeläge aus Splitt, Gesteinsmischungen mit Bitumen oder vergleichbaren Bindemitteln
2. Verlegung von Materialien mit Versickerungsöffnungen, z. B. breite versickerungsfähige Fugen mit Splitt bzw. Sandfüllung, Rasengittersteinen oder ähnlichem

#### Empfehlungen/Auswirkungen:

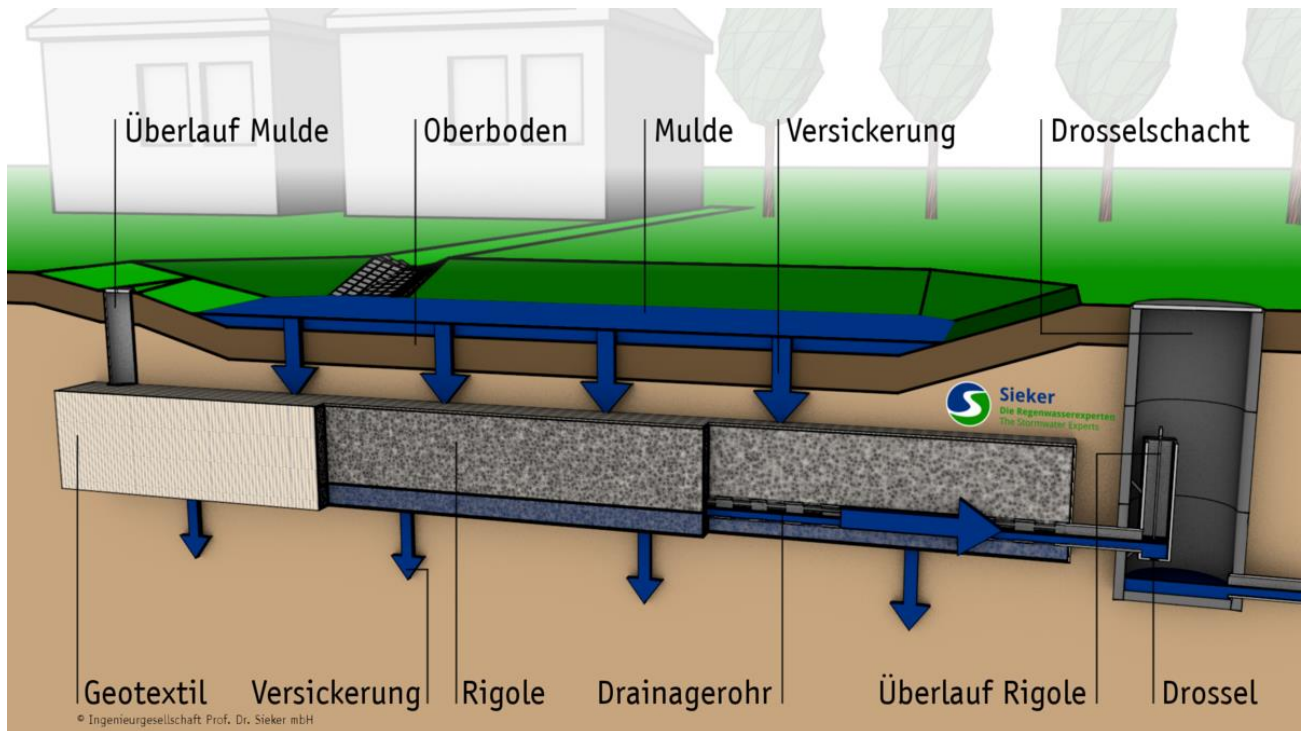
- Realisierung versickerungsfähiger Befestigungsarten, wo Verkehrsflächen stofflich nicht zu stark belastet sind und es möglich ist
- Parkplatz vor dem geplanten Einkaufszentrum im nördlichen Bereich des B-Plangebietes „Am Schwanen-Soll“ mit Rasengittersteinen und angeschlossenem Mulden-Rigolen-System versehen
- Beitrag zur Erhaltung des lokalen Wasserhaushaltes unter naturnahen Bedingungen hinsichtlich der Infiltration, Grundwasserneubildung und Verdunstung
- Beitrag zur Verringerung des Oberflächenabflusses
- Beitrag zur Verbesserung der Standortbedingungen für städtisches Grün, sowie eine bessere Wasserversorgung der Pflanzen im Wurzelraum

### 6.4.3 Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen-Systeme

Bei versickerungsfähigen Böden und in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge können Versickerungsmulden entlang der Verkehrsflächen ausreichen. Die Arbeitsblätter DWA-A 138 und DWA-A 138-1 (Gelbdruck) legen als geeignete Versickerungswerte einen  $k_f$ -Wert im Bereich zwischen  $1 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s}$  und  $1 \cdot 10^{-6} \frac{m}{s}$  fest. Bei geringen  $k_f$ -Werten besteht die Möglichkeit einer Teilversickerung. Bei der

Ausführung der Mulden ist darauf zu achten, dass diese mindestens einen halben Meter tiefer als die zu entwässernde Fläche liegen. Die zu entwässernden Flächen müssen eine Mindestneigung aufweisen, um den Transport des Niederschlagswassers in die Mulden zu gewährleisten. Bordsteine und Tiefborde müssen bodengleich eingelassen werden, um keine Abflusshemmnisse darzustellen.

Wenn die Versickerungsfähigkeit des Bodens nicht ausreicht, was im Plangebiet an einigen Stellen der Fall ist (Abschnitt 3.7), müssen ergänzend Rigolen eingesetzt werden. Bei diesen handelt es sich um unterirdische Pufferspeicher mit hoher Versickerungsleistung. Zur verbesserten Versickerung werden diese mit Kies oder anderen grobkörnigen Materialien gefüllt und erosionssicher (z. B. mit Geokunststoffen) umhüllt. Ein Querschnitt eines Mulden-Rigolen-Systems mit Überlaufmöglichkeit in die Regenwasserkanalisation ist in Abb. 26 visualisiert.



**Abb. 26: Querschnittszeichnung eines Mulden-Rigolen-Systems (<https://www.sieker.de/fachinformationen/article/mulden-rigolen-system-mrs-9.html>)**

Für das Plangebiet sollen die Niederschlagswässer über Retention vom Parameter AFS 63 befreit sein, da an diesen Partikeln Schadstoffen sorbieren, welche die Gewässer belasten können (Abschnitt 6.3.3 und 5.1.3). In Mulden-Rigolen-Systemen findet vor dem Überlaufen der Mulde in die Rigole eine mechanische Reinigung statt, indem Schwimmstoffe durch Sedimentation abgeschieden werden. Die Installation eines Mulden-Rigolen-Systems bietet sich im B-Plangebiet in Kombination des Parkplatzes vor dem dort vorgesehenen Nahversorgungsgeschäft nach Vorbild der EXPO-Parkplätze in Hannover (Abb. 27) an. Dies bedeutet die Auslegung des Parkplatzes mit versickerungsfähigem Material. Über unterirdische Dränrohre kann das Niederschlagswasser in Mulden-Rigolen-Systeme am Rande des Parkplatzes befördert werden und dort versickern.



**Abb. 27: EXPO-Parkplätze in Hannover (<https://wig-vdh.de/portfolio-item/1074/>)**

Von der Ausführungsoption einer Baumrigole ist abzuraten, da die Bepflanzung keine qualitative oder quantitative Leistungseinschränkung der Mulde darstellen darf. Bei „Baumrigolen“ steht die Sicherung der Wasserversorgung eines Baumes während langanhaltender Trockenzeiten anstatt die Entwässerungsfunktion im Vordergrund (Helmreich, 2023). Aufgrund der für Versickerung teilweise ungeeigneten Bodenschichten ist für das Plangebiet die Regenwasserbewirtschaftung und nicht die Wasserversorgung der Bäume das zentrale Anliegen.

#### **Empfehlungen/Auswirkungen:**

- Mulden-Rigolen-System im Bereich des Parkplatzes für den Nahversorger im B-Plangebiet Nr. 24 „Am Schwanen-Soll“ errichten und mit dem Parkplatz koppeln
- Parallele Nutzung der Mulden und Mulden-Rigolen-Systeme als Notwasserwege
- Nutzung des geöffneten „Rote-Burg-Grabens“ als Retentionsraum für das Plangebiet mit Versickerungsbereichen am Gewässerrand
- Beitrag zur Erhaltung der Wasserhaushaltskomponente der Versickerung sowie der Verdunstung
- Beitrag zur mechanischen Reinigung des Niederschlagswassers und damit Verringerung der AFS 63

#### **6.4.4 Vorgaben für die Bemessung von Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen-Systemen**

Die Vorgaben zur Bemessung von Versickerungssystemen sind in den Arbeitsblättern DWA-A 138-1 (Gelbdruck) sowie DWA-A 117 ausführlich erläutert. Zur Bemessung werden Angaben über die Einzugsgebietsgröße, die Fließzeit im betrachteten Gebiet, sowie Zuschlags- und Korrekturfaktoren, die Regenpende eines ausgewählten Bemessungsregens und die an das Entwässerungssystem



angeschlossenen Flächen benötigt. Die Bemessung selbst folgt als iteratives Verfahren (Abb. 28). Eine Übersicht bezüglich der Bemessungsniederschläge ist in Abschnitt 6.3.7 erläutert.

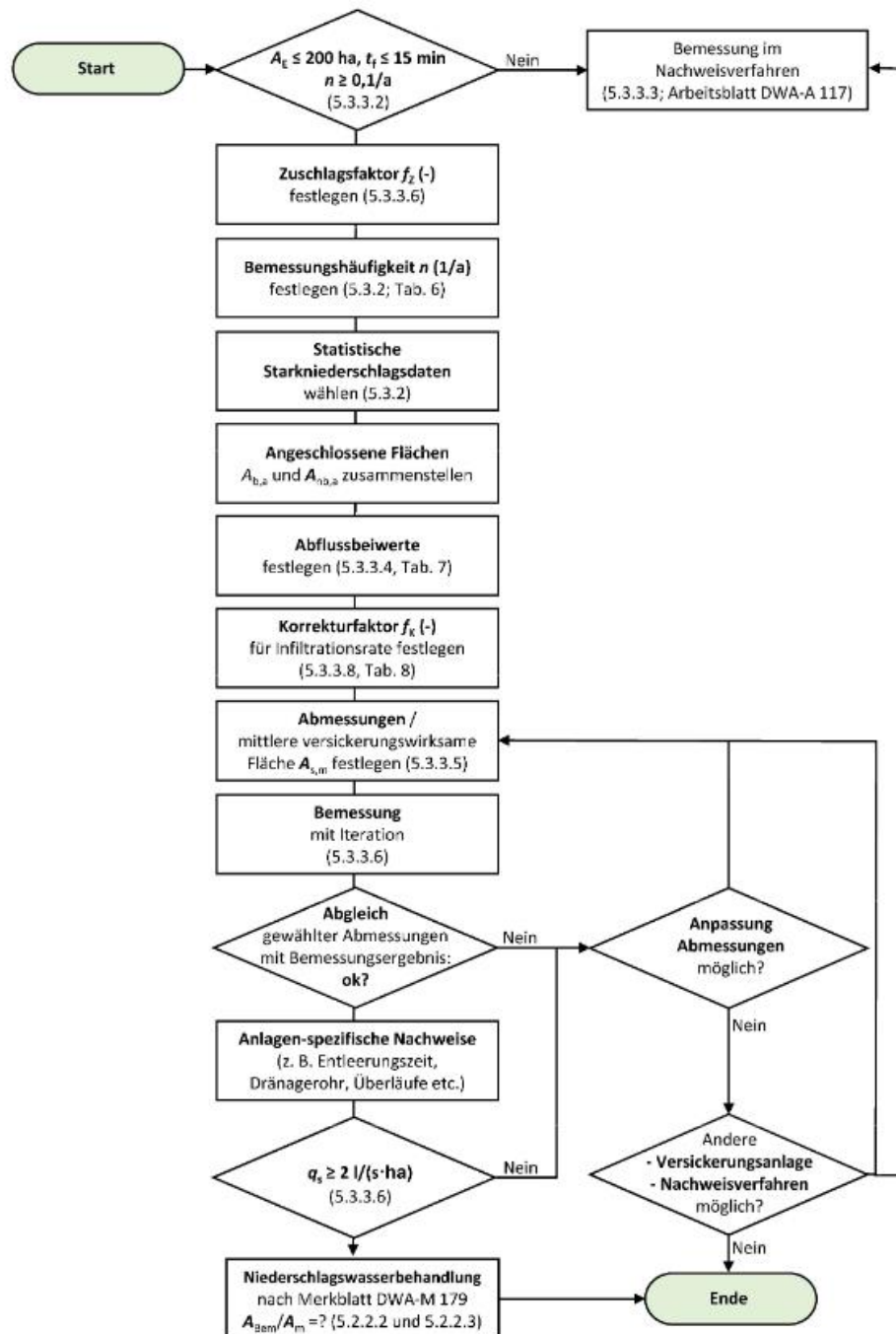


Abb. 28: Ablaufschema zur Bemessung von Versickerungsanlagen nach DWA-A 138-1 (Gelbdruck)

## 6.5 Retentions-Grünflächen und Regenrückhaltebecken

Für das Plangebiet sind 10 Regenrückhaltebecken zur Pufferung der Starkniederschlagsereignisse vorgesehen. Diese bieten sich für das Gebiet aufgrund der vorhandenen Senkenlage an. Insgesamt bieten diese 10 zu errichtenden Becken ein maximales Retentionsvolumen von  $14.325 \text{ m}^3$ . Bezieht man die Retentionsflächen in den natürlichen Senken und Gräben mit ein, so können maximal  $32.175 \text{ m}^3$  Wasser infolge eines Starkregenereignisses zurückgehalten werden. Ein Überblick über die einzelnen Retentionsräume mit Sohlhöhe sowie die zurückgehaltene Wassermenge kann Abb. 29 entnommen werden.



Bezeichnung Becken / Graben	Sohle des Beckens / Grabens bei	Retentionsvolumina			
		Wasser- spiegel- höhe*	Wasser- volumen	Wasser- spiegel- höhe maximal	Wasser- volumen
G3/B1	34,40 mNHN	34,43 mNHN	50,0 m³	36,60 mNHN	7.650,0 m³
G4/B1	35,50 mNHN	35,71 mNHN	795,0 m³	36,90 mNHN	7.160,0 m³
G5/B1	31,40 mNHN	33,50 mNHN	3.040,0 m³	33,50 mNHN	3.040,0 m³
RRB01	37,50 mNHN	38,20 mNHN	920,0 m³	38,20 mNHN	920,0 m³
RRB02	37,50 mNHN	38,20 mNHN	505,0 m³	39,00 mNHN	1.820,0 m³
RRB03	35,10 mNHN	36,70 mNHN	1.195,0 m³	36,70 mNHN	1.195,0 m³
RRB04	35,60 mNHN	36,70 mNHN	1.260,0 m³	36,80 mNHN	1.455,0 m³
RRB05	34,50 mNHN	36,00 mNHN	1.570,0 m³	36,00 mNHN	1.570,0 m³
RRB06	33,00 mNHN	34,00 mNHN	540,0 m³	34,00 mNHN	540,0 m³
RRB07	35,00 mNHN	36,40 mNHN	4.000,0 m³	36,40 mNHN	4.000,0 m³
RRB08	35,00 mNHN	36,20 mNHN	1.660,0 m³	36,20 mNHN	1.660,0 m³
RRB09	32,50 mNHN	33,70 mNHN	660,0 m³	33,70 mNHN	660,0 m³
RRB10	35,00 mNHN	36,00 mNHN	505,0 m³	36,00 mNHN	505,0 m³
<b>Summe möglicher Retentionsvolumina über das gesamte Plangebiet</b>			<b>16.700,0 m³</b>		<b>32.175,0 m³</b>

\*Die Wasserspiegelhöhe bezieht sich hier auf Zulaufhöhen, Beckenoberkanten oder Oberkanten parallelgeschalteter Becken.

Abb. 29: Mögliche Retentionsvolumina im Planbereich

#### Empfehlungen/Auswirkungen:

- nach Möglichkeit Regenrückhalteflächen in Objekte der neu entstehenden Wohngebiete integrieren (z. B. Spielplatz und Regenrückhaltebecken)
- Effektives Ausnutzen der vorhandenen Senken, Sölle und örtlichen Gegebenheiten zum Bau für Regenrückhaltebecken um möglichst viel Niederschlagswasser zurückzuhalten (Abb. 30)
- Beitrag zur Reduktion des Scheitelabflusses infolge von Starkniederschlagsereignissen

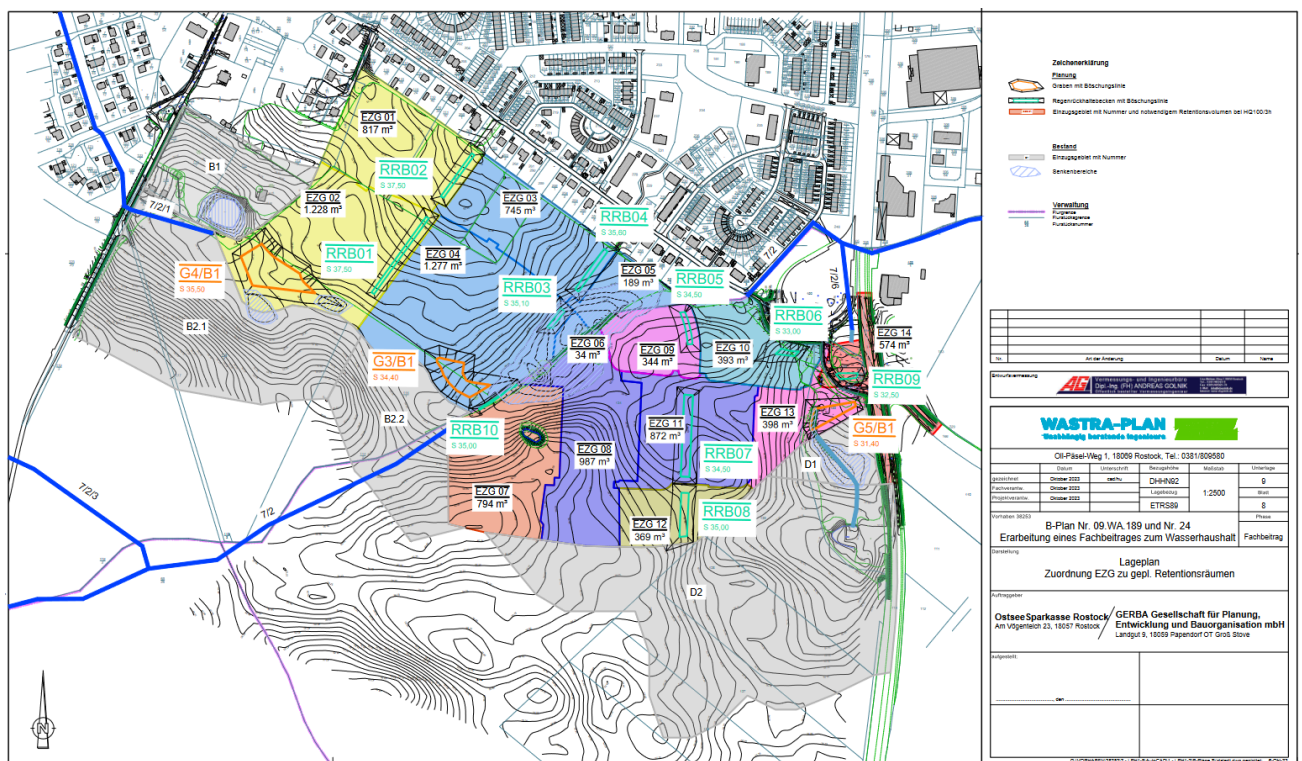


Abb. 30: Überblick über die Regenretentionsflächen im Plangebiet

## 6.6 Kostenschätzung

Die zuvor genannten Maßnahmen zur Realisierung einer dem IST-Zustand am nächsten kommenden Wasserhaushaltsbilanz werden in Tabelle 3 mit Kosten unterlegt. Die Einheitspreise bilden maximal einen tagesaktuellen Stand ab oder sind aus vergleichbaren Vorhaben aus der Vergangenheit abgeleitet. Die allgemeine und spezifische Baupreisentwicklung sollte beachtet werden.

**Tabelle 3: Kostenschätzungen zu den vorgenannten Maßnahmen pro m<sup>3</sup> Wasserrückhalt**

Maßnahme	Relativkosten pro Einheit	Quelle
Gründach	800 ... 1.000 €/m <sup>3</sup> Wasserrückhalt	(BBSR, 2022)
Blaudach	240 ... 260 €/m <sup>3</sup> Wasserrückhalt	(BBSR, 2022)
Fassadenbegrünung bodengebunden	100 ... 300 €/m <sup>2</sup>	(Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022)
Fassadenbegründung fassadengebunden	400 ... 1000 ... €/m <sup>2</sup>	(Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022)
Zisterne	280 ... 310 €/m <sup>3</sup> Wasserrückhalt	(BBSR, 2022)
Retentionsbecken	50 €/m <sup>3</sup> Wasserrückhalt	Vergleichsvorhaben WASTRA
Stauraumkanal DN 1200	850 €/m <sup>3</sup> Wasserrückhalt	Vergleichsvorhaben WASTRA

## 7 Ergebniszusammenfassung und Empfehlung

Für die Plangebiete wird entgegen der bisher in den Festsetzungen der B-Pläne empfohlen, auf sämtlichen Bauwerken eine Dachbegrünung umzusetzen. Durch diese kann einerseits der temporäre Rückhalt von Regenwasser umgesetzt und andererseits über die Evapotranspiration und Speicherung auf Blaudächern der Regenwasserabfluss insgesamt verringert werden. Zusätzlich ist die Errichtung von Regenrückhaltebecken in den einzelnen Teileinzugsgebieten (Abschnitt 6.5) sowie ein Mulden-Rigolen-System im Bereich des Parkplatzes im nördlichen Bereich des B-Plangebietes Nr. 24 „Am Schwanen-Soll“ empfehlenswert. Von der Auslegung einer Baumrigole ist aufgrund der verminderten qualitativen und quantitativen Leistung abzusehen. Die Retention sowohl auf den Gründächern, als auch in den anderen Regenretentionsflächen sorgt für eine Verringerung des stofflichen Frachtaustrages (AFS 63), sodass keine weiteren Behandlungsanlagen nach DWA-A 102 erforderlich sind. Die Dachbegrünungen sind bereits in den aktuellen B-Plänen berücksichtigt und lassen sich somit gut in die geplanten Wohngebiete integrieren. Des Weiteren sorgen Dachbegrünungen für ein verbessertes Klima in den neu geplanten Arealen.

Um einen problemlosen Abfluss zu ermöglichen, der die im weiteren Verlauf des Vorfluters den Plangebieten folgenden Bereiche in der Rostocker Süd- und Innenstadt nicht überlastet, ist ein Drosselabfluss von 1 l/(s\*ha) anzusetzen. Um diese Abflussmengen und den Retentionsraum optimal auszunutzen ist die Installation von Regenwasserzisternen insbesondere für die Grünflächenbewässerung bei allen Gebäuden ohne Gründächern zu empfehlen. Insgesamt sind auf 20 Gebäuden im Rostocker Plangebiet und auf 15 Gebäuden des Papendorfer Plangebietes keine Gründächer vorgesehen. Diese Gebäude sind an Zisternen anzuschließen.

Die folgenden maßgeblichen Abflüsse wurden für das betrachtete Plangebiet durch das Forschungsprojekt „KOGGE – Kommunale Gewässer Gemeinschaftlich Entwickeln“ ermittelt und sind durch die untere Wasserbehörde der HRO für den Teilbereich „Rote-Burg-Graben“ des Einzugsgebietes „Kringelgraben“ bereitgestellt worden.

Der mittlere Abfluss MQ beträgt 9,41 l/s.

Der mittlere Abfluss erzeugt keine hydraulische Überlastung im Entwässerungssystem „Rote-Burg-Graben“.

Der mittlere Hochwasserabfluss MHQ beträgt 27,89 l/s.

Der mittlere Hochwasserabfluss wird zukünftig über die max. Drosselabflussgröße von 26 l/s (1 l/(s\*ha) für die reduzierten Flächen der B-Pläne (11 und 14 l/s) und 1 l/s aus dem Graben 7/2) reduziert.

Alle weiteren simulierten Abflüsse (HQ2 bis HQ100) sind ebenfalls auf 26 l/s reduziert.

Somit ergibt sich eine Reduzierung der Abflussmenge im Rote-Burg-Graben um max. 100 l/s bezogen auf die hydraulische maximale Leistungsfähigkeit des verrohrten Gewässers.

## 8 Literaturverzeichnis

- BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. (Januar 2018). Starkregeneinflüsse auf die bauliche Infrastruktur. Bonn, Nordrhein-Westfalen, Deutschland.
- BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung). (April 2015). Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadteentwicklung. Bonn, Nordrhein-Westfalen, Deutschland.
- BBSR. (2022). Starkregeneinflüsse auf die bauliche Infrastruktur. Bonn, NRW, D.
- BIOTA. (2012). Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK). *Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an die Urbanisierung und den Klimawandel, Phase 1: Grundlagenermittlung*. Bützow, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland: biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.
- BIOTA. (2013). Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK). *Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an die Urbanisierung und den Klimawandel, Phase 2: Bewertung der hydrologischen Gefährdung*. Bützow, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland: Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.
- BIOTA. (2014). Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK). *Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an die Urbanisierung und den Klimawandel, Phase 3: Einzugsgebietsbezogene Analysen der Hochwasserrisiken*. Bützow, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland: Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.
- BIOTA. (2016). Integraler Entwässerungsleitplan (IELP) für die Hansestadt Rostock. *Definition von Hauptentwässerungsachsen (HEA)*. Bützow, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland: biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.
- BIOTA; Prof. Dr. Sieker. (22. Februar 2019). Städtebauliche Entwicklung in der Hansestadt Rostock, Raum Biestower Höhe (Anhang). Rostock, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland.
- Bundesverband GebäudeGrün e.V. (12. 2022). Grüne Innovation Fassadenbegrünung. Saarbrücken, Saarland, D.
- DIN 1989-1:2002-04. (kein Datum). Regenwassernutzungsanlagen - Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN).
- DIN EN 752:2008-04. (kein Datum). Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN).
- DWA. (Dezember 2006). Arbeitsblatt DWA-A 100. *Leitlinien der integralen*. Hennef, Nordrhein-Westfalen, Deutschland: Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK).
- DWA. (2013). DWA-Themen 1/2013. *Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge*. Hennef, Nordrhein-Westfalen, Deutschland.



- DWA. (Dezember 2020). Arbeitsblatt DWA-A 102-1/BWK-A 3-1. *Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen*. Hennef, Nordrhein-Westfalen, Deutschland: Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK).
- DWA-A 118. (März 2006). Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. Hennef, Nordrhein-Westfalen, Deutschland: Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK).
- DWA-M 119. (kein Datum). Merkblatt DWA-M 119. *Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge*. Hennef, Nordrhein-Westfalen, Hennef.
- Dyck, S., & al., e. (1980). *Angewandte Hydrologie. Teil 2*. Berlin: VEB Verlag für das Bauwesen.
- fbr. (2020). Energieeffiziente Gebäudeplanung mit Regenwasser. *Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e. V. (fbr)*, 16.
- FLL. (2018a). Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltungen von Dachbegrünungen. Bonn, Nordrhein-Westfalen, Deutschland: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V.
- FLL. (2018b). Fassadenbegrünungsrichtlinien - Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen. Bonn, Nordrhein-Westfalen, Deutschland: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V.
- Helmreich, B. (2023). Versickern von Niederschlagswasser nach dem neuen DWA-A 138-1. *Schriftenreihe Umweltingenieurwesen - 13. Rostocker Abwassertagung*, (S. 30-37). Rostock.
- IBURO. (8. September 2023). B-Plan 24 der Gemeinde Papendorf, WG „Am Schwanensoll“ und B-Plan 09.WA.189 der Hanse- und Universitätsstadt Rostock, WG „Nobelstraße“ Dokumentation und Bewertung ergänzender Erkundungen hinsichtlich Versickerungseignung. Rostock, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland.
- Kopp, D., & al., e. (1982). *Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung am Beispiel des Tieflandes der DDR*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Mehl, D. (2015). Gutachten als öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Gewässerschutz im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz. *Gutachten: Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten der kommunalen Entwässerung in der Hansestadt Rostock. Strategien für zukunftsfähige Lösungen*. Bützow, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland.
- Mehl, D., & al., e. (2014). Hintergrunddokument. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. *Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern-Verfahrensempfehlung*. Dresden, Sachsen, Deutschland: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft.
- Miegel, K., & al., e. (2014). Ungewöhnliche Niederschlagsereignisse im Sommer 2011 in Mecklenburg-Vorpommern und ihre hydrologischen Folgen - Teil 1: Hydrometeorologische Bewertung des Geschehens. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, S. 18-28.
- Olsson, O. (2019). Einträge von Bioziden und Transformationsprodukten aus Fassadenauswaschungen in urbane Oberflächengewässer und Grundwasser. *Schriftenreihe Umweltingenieurwesen der Universität Rostock*, (S. 152-158). Rostock.

Optigrün international AG. (13. 12 2023). *OPTIGRÜN*. Von <https://www.optigruen.de/systemloesungen> abgerufen

Richter, D. (1995). *Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194 - Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Meßfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers*. Offenbach am Main: Deutscher Wetterdienst (DWD).

Sieker, H., & al., e. (2019). *Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

TEEB DE. (2015). Naturkapital Deutschland. Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Berlin, Berlin, Deutschland: Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Berlin, Leipzig.

TEEB DE. (2016). Naturkapital Deutschland. Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Berlin, Berlin, Deutschland: Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Berlin, Leipzig.

Tränckner, J., & Mehl, D. (September 2017). Überflutungsvorsorge - kommunale Gemeinschaftsaufgabe und verteilte Zuständigkeiten. *Wasser und Abfall*, S. 34-38.

Tränckner, P. D.-I., & al., e. (2018). *KOGGE Kommunale Gewässer Gemeinschaftlich Entwickeln Ein Handlungskonzept für kleine urbane Gewässer am Beispiel der Hanse- und Universitätsstadt Rostock*. Rostock: Universität Rostock.

WHG. (31. Juli 2009). Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz).