

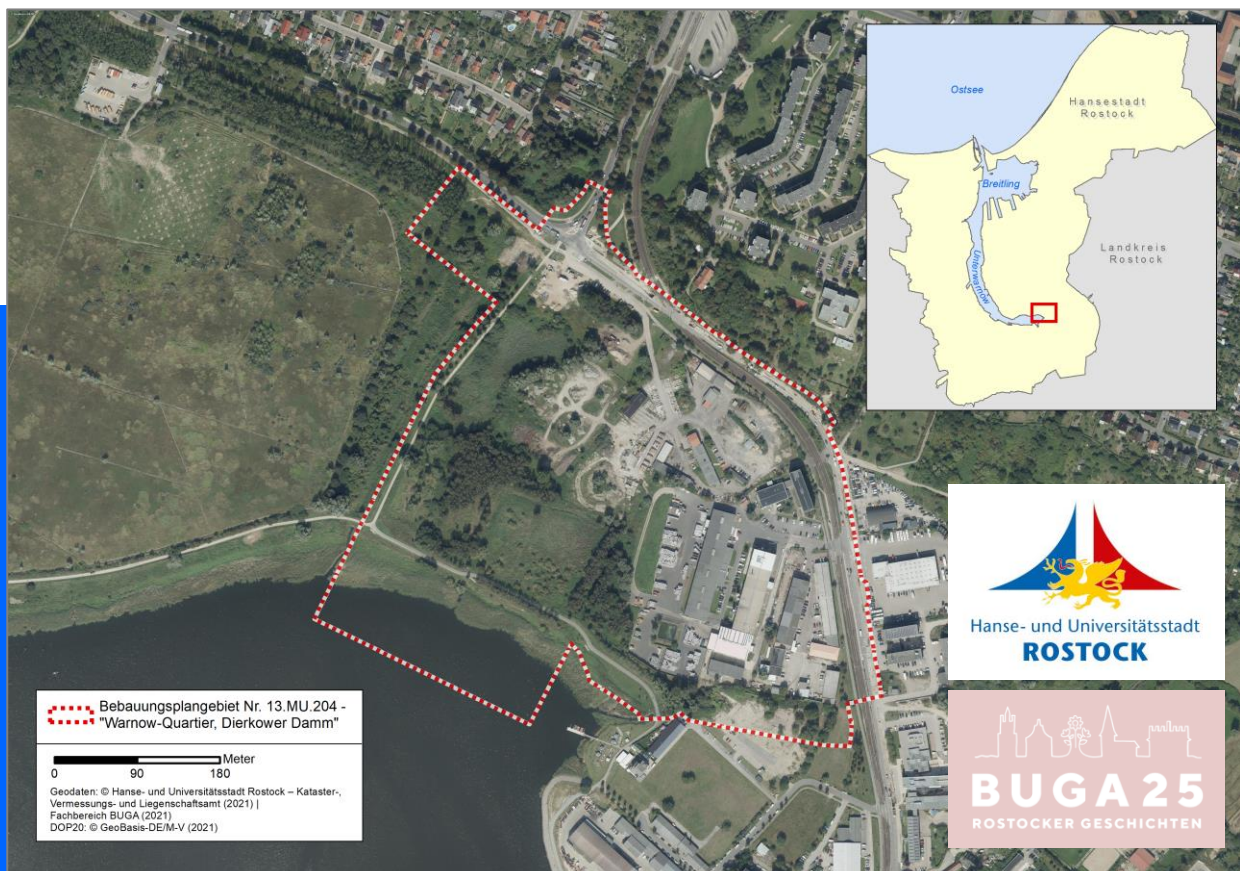


Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Im Auftrag der Hanse- und Universitätsstadt Rostock | 2021

Fachbeitrag zum **Wasserhaushalt**, zum **Hochwasserschutz** und zum nachhaltigen Umgang mit **Niederschlagswasser** für das Bebauungsplangebiet Nr. 13.MU.204 "Warnow-Quartier, Dierkower Damm"

STUDIE IM RAHMEN DER PLANUNG DER BUNDESGARTENSCHAU (BUGA) 2025





biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Kontakt:
Nebelring 15
D-18246 Bützow
Tel.: 038461/9167-0
Fax: 038461/9167-55

Internet:
www.institut-biota.de
postmaster@institut-biota.de

Geschäftsführer:
Dr. Dr. Dietmar Mehl
Dr. Volker Thiele
Handelsregister:
Amtsgericht Rostock | HRB 5562

AUFTRAGNEHMER & BEARBEITUNG:

Dr. rer. nat. Dr. agr. Dietmar Mehl
M.Sc. Matthias Knüppel
B.Sc. Janette Iwanowski
M.Sc. Xuan Uoc Ho
M.Sc. Alexander Kost
Dr. agr. Klaus Koepke

biota – Institut für ökologische Forschung
und Planung GmbH

Nebelring 15
18246 Bützow
Telefon: 038461/9167-0
Telefax: 038461/9167-50
E-Mail: postmaster@institut-biota.de
Internet: www.institut-biota.de

AUFTRAGGEBER:

Lisa Tiedemann, Jörn Krasemann
(Ansprechpartner)

Hanse- und Universitätsstadt Rostock
Fachbereich BUGA

Warnowufer 65
18057 Rostock
Telefon: 0381/381-2920
Telefax: 038/381-1902
E-Mail: buga@rostock.de
Internet: <https://rathaus.rostock.de>

Vertragliche Grundlage: Angebot vom 29.01.2021/Auftrag vom 16.02.2021

Bützow, den 05.10.2021

Dr. rer. nat. Dr. agr. Dietmar Mehl
Geschäftsführer

INHALT

1	Einleitung.....	7
1.1	Veranlassung.....	7
1.2	Relevante fachliche, gesetzliche und normative Grundlagen	12
1.2.1	Hochwasser	12
1.2.2	Starkregen (Sturzfluten).....	13
1.2.3	Wasserhaushalt	15
1.3	Aufgabenstellung	16
2	Planungs- und Datengrundlagen.....	18
3	Untersuchungsgebiet	20
3.1	Lage und Struktur	20
3.2	Landnutzung	21
3.3	Geologie und Boden	23
3.4	Orographie.....	25
3.5	Klima.....	27
3.6	Oberirdische Gewässer und relevante hydrologische Einzugsgebiete	28
3.7	Grundwasser	31
3.8	Wasserschutzgebiete.....	32
3.9	Geplante städtebauliche Entwicklung und wassersensible Kenngrößen	32
4	Gefährdung durch Hochwasser und Starkregen nach Datenlage	34
4.1	Hochwasser der Unterwarnow	34
4.2	Hochwasser der Zuflüsse.....	35
4.3	Grundhochwasser.....	36
4.4	Zentrale Entwässerungsachsen	37
4.5	Senken und Abflussbahnen	39
5	Analyse der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt	41
5.1	Methodik	41
5.2	Modellierung des lokalen Wasserhaushalts (Szenario: Ist-Zustand).....	43
5.3	Modellierung des lokalen Wasserhaushalts mit einer gebietscharakteristischen Kulturlandschaftsnutzung ohne Siedlungs-/Gewerbe-/Verkehrsflächen (Szenario: Referenz-Zustand)	45
5.4	Modellierung des lokalen Wasserhaushalts ohne spezifische Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen (Szenario: „konventioneller“ Plan-Zustand I)	46

5.5	Vergleich und Bewertung der mittleren Wasserbilanzen, Gegen- und Anpassungsmaßnahmen.....	47
5.6	Prinzipielle Lösungsansätze für eine wassersensible, innovative Quartiersentwicklung (Wasserhaushalt)	48
5.6.1	Vermeidung von Niederschlagswasseranfall.....	48
5.6.2	Rückhalt und Nutzung von Niederschlagswasser	48
5.6.3	Förderung von Versickerung	59
5.6.4	Verdunstungsförderung, Förderung von Kühlung	59
5.7	Modellierung des lokalen Wasserhaushalts mit spezifischen Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen („wassersensibler“ Plan-Zustand II)	60
5.8	Abschließender Vergleich der mittleren Wasserbilanzen	61
6	Starkregen- und Überflutungsanalyse durch Niederschlags-Abfluss- und hydrodynamische Modellierung.....	63
6.1	Methodik.....	63
6.1.1	Modellansatz.....	63
6.1.2	Modellgebiet und -geometrien	63
6.1.3	Wahl des Bemessungsniederschlags.....	64
6.1.4	Weitere Eingangsdaten	66
6.1.5	Randbedingungen	68
6.2	Modellierung der Überflutungssituation in Folge von Starkregen (Szenario: Ist-Zustand)	69
6.3	Modellierung der Überflutungssituation in Folge von Starkregen (Szenario: „konventioneller“ Plan-Zustand I).....	70
6.4	Modellierung der Überflutungssituation in Folge von Starkregen mit spezifischen Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen (Szenario: „wassersensibler“ Plan-Zustand II).....	72
6.5	Vergleich und Bewertung der Überflutungsanalysen	73
7	Zusammenfassende Empfehlungen.....	75
7.1	Beiträge im Sinne innovativer Lösungen der Stadtentwicklung	75
7.2	Grundsätzliches Entwässerungskonzept „Schwammstadt“	76
7.3	Schwammgebäude: Prinzipien und konkrete Vorschläge technischer Lösungen für Gebäude und zugehörige Anlagen	79
7.3.1	Grundansatz	79
7.3.2	Dachbegrünung	79
7.3.3	Materialien der Dacheindeckung und der Fassadenbeschichtung	82
7.3.4	Fassadenbegrünung.....	82
7.3.5	Regenwassernutzung für Bewässerung und für wassergebundene Anlagen.....	83
7.3.6	Regenwassernutzung für Toilettenspülung	84

7.3.7	Grauwassernutzung (Abwasser-Recycling).....	84
7.3.8	Abflussermittlung für die Quartiere/Baufelder als Grundlage der Kanalnetzbemessung	85
7.4	Schwammstraßen: Prinzipien und Vorschläge technischer Lösungen für die Entwässerung der Verkehrsflächen.....	86
7.4.1	Grundansatz	86
7.4.2	Versickerungsfähige Befestigungsarten	86
7.4.3	Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen-Systeme.....	87
7.4.4	Vorgaben für die Bemessung von Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen- Systemen	94
7.5	Retentions-Grünflächen und Feuchtgebiete	95
7.5.1	Retentions-Grünflächen	95
7.5.2	Unterstützung des Wasserhaushalts von Feuchtgebieten	97
7.6	Kostenschätzungen	98
8	Vorschläge zur Berücksichtigung/Festsetzung im B-Plan nach BauGB.....	99
8.1	Festsetzungsmöglichkeiten	99
8.2	Konkrete Vorschläge für B-Plan-Festsetzungen.....	100
8.2.1	Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung von Schäden infolge gewässerinduziertem Hochwasser oder Starkregen durch Festlegung von Höhenlagen (§ 9 Abs. 3 BauGB)	100
8.2.2	Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung von Schäden infolge Starkregen (§ 9 Abs. 1 Nr. 16 Buchstabe c BauGB)	100
8.2.3	Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft einschließlich Maßnahmen zur Erhaltung des lokalen Wasserhaushalts in Verbindung mit dem Anpflanzen und dem Erhalt von Bäumen und Sträuchern (§ 9 Abs. 1 Nr. 15, 20, 25 BauGB)	100
8.2.4	Maßnahmen für die Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser (§ 9 (1) Nr. 14 BauGB)	101
9	Vorschläge zur Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen Anforderungen bei Grundstücksausschreibungen und vertraglichen Regelungen (z. B. Kaufverträge).....	102
9.1	Vorschlag: Absicherung über dingliche Rechte (Privatrecht)	102
9.2	Alternativer Vorschlag: Absicherung über eine öffentlich-rechtliche Verpflichtung (Baulast)	103
10	Quellenverzeichnis	104
11	Anhang	111

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Die Hanse- und Universitätsstadt Rostock hat die Ausrichtung der Bundesgartenschau (BUGA) für das Jahr 2025 übernommen. Einen wichtigen Teilbereich der baulichen und gestalterischen Aktivitäten stellt das zu entwickelnde Bebauungsplangebiet „Warnow-Quartier, Dierkower Damm“ dar (Abbildung 1-1), das ein hochwertiges, gemischtes Quartier im Hinblick auf die Nutzungen werden soll. Dabei sollen vor allem funktionale und auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Synergien zwischen Wohnen, Arbeiten und Erholung genutzt werden.

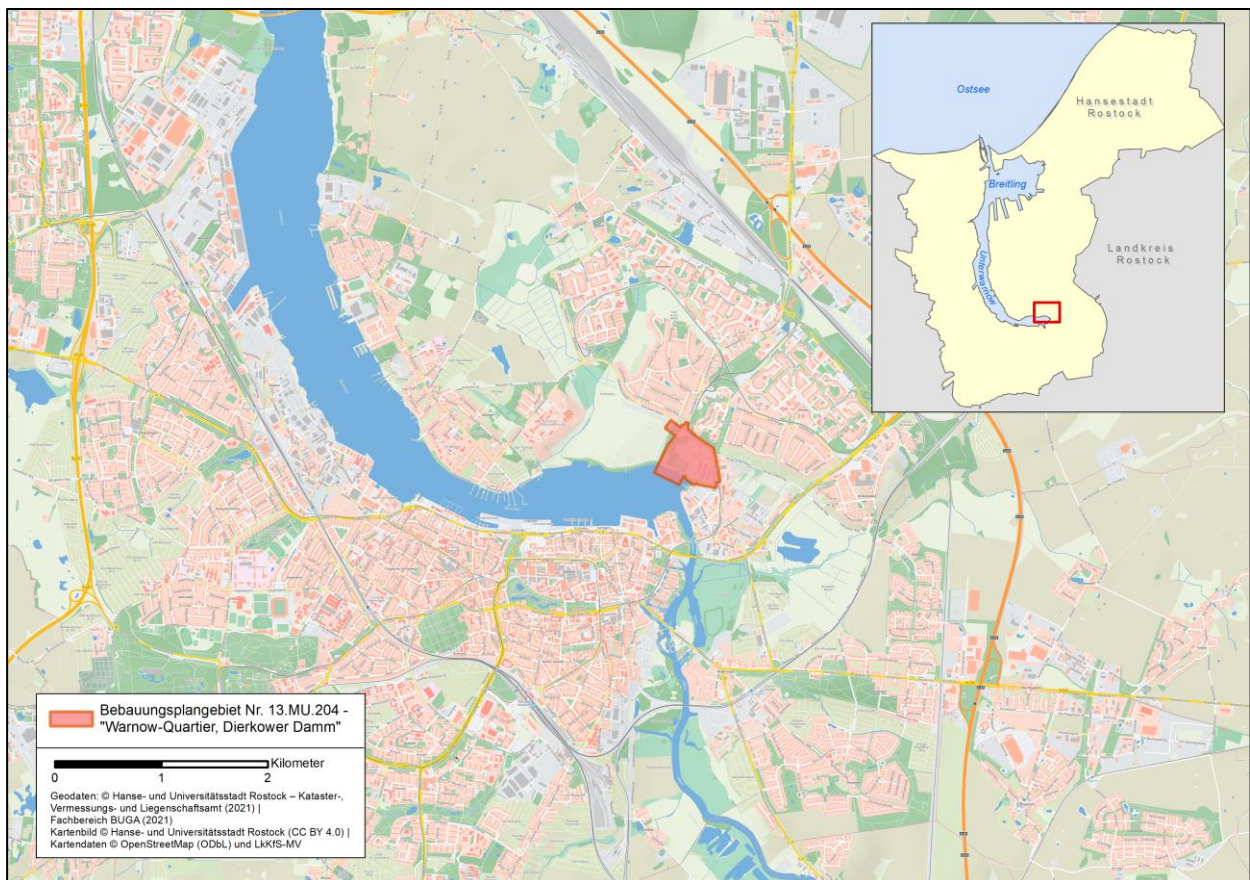


Abbildung 1-1: Übersichtslageplan zum Bebauungsplangebiet Nr. 13.MU.204 "Warnow-Quartier, Dierkower Damm"

Im „Rahmenplan WarnowQuartier“ heißt es dazu: „Die Entwicklung des WarnowQuartiers stellt einen wichtigen Baustein in der gesamtstädtischen Entwicklung der Hanse- und Universitätsstadt Rostock dar und leistet einen wesentlichen Beitrag für die Entwicklung des sogenannten „Warnow-Runds“ zur BUGA 2025.“ (Fachbereich BUGA, MACHLEIDT & SINAI 2021). Dieses „Warnow-Rund“ (nach der Form eher „Warnow-Oval“) umschließt den östlichen Teil der Unterwarnow und gliedert sich in eine Reihe von räumlichen Teil- bzw. vorgesehenen Funktionsbereichen (Abbildung 1-2).

Der sich in Aufstellung befindliche Bebauungsplan (B-Plan) Nr. 13.MU.204 "Warnow-Quartier, Dierkower Damm" gründet sich auf die §§ 1 bis 4c sowie 8 ff. BauGB. Dieser soll als besonderer inhaltlicher Schwerpunkt auf die Entwicklung eines modellhaften Quartiers im Hinblick auf den Umgang mit anfallendem Re-

genwasser ausgerichtet werden. Als Leitbild für das Quartier wird das Ziel einer „Schwammstadt“ angestrebt. Außerdem soll das im Gebiet anfallende Regenwasser unter Berücksichtigung von Maßnahmen der Überflutungsvorsorge möglichst erlebbar und nachhaltig genutzt werden (s. konkrete Aufgabenstellung in Kapitel 1.3).

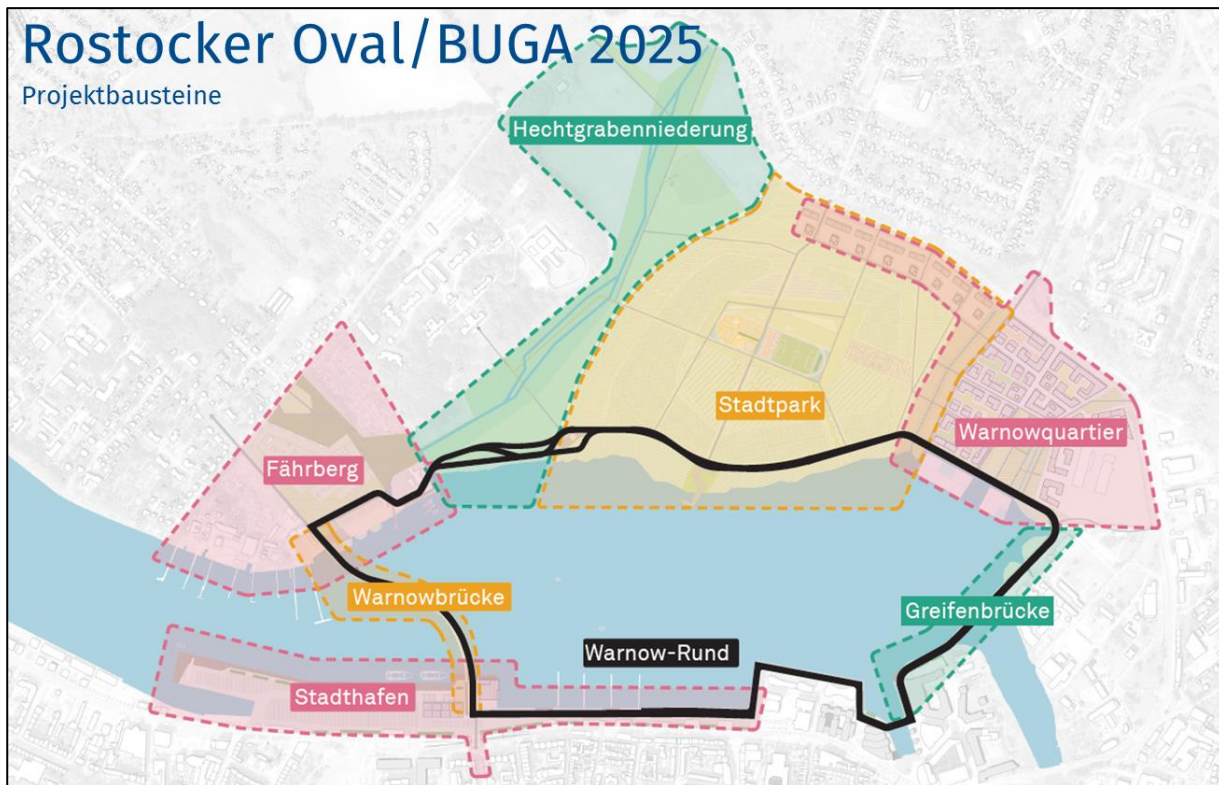


Abbildung 1-2: Lage und räumliche Teil- bzw. Funktionsbereiche des "Warnow-Ovals"

Zudem wurde die Hanse- und Universitätsstadt Rostock im Jahr 2019 vom Deutschen Bundestag als eine von vier Modellkommunen im Hinblick auf beispielhafte Strategien und Ansätze für zukünftige Themen der Städtebauförderung ausgewählt. Folgerichtig wurde als konkreter Untersuchungs- und Betrachtungsraum für das Modellvorhaben das Gebiet des zukünftigen „Warnowquartiers“ ausgewählt (RGSSW 2020). Hier ergeben sich deshalb „gewollte“ Überschneidungen zu den BUGA-Aktivitäten und-Planungen.

Der o. g. Begriff „Schwammstadt“ bildet ein modernes Konzept der Stadtplanung für einen „nachhaltigen Umgang mit Niederschlagswasser in der Stadt“ (BBSR 2018). Angestrebt wird dabei, das anfallende Niederschlagswasser nicht mehr auf dem kürzesten Wege an Vorfluter abzugeben, sondern es zu speichern, zu nutzen und es vor allem dem lokalen Wasserhaushalt nicht durch reine Translation (schnelle Weitergabe) zu entziehen. Das gilt insbesondere für die Wasserhaushaltsgröße Versickerung, was zunächst immense Bedeutung für den Bodenwasserhaushalt und damit für die Evaporation (Verdunstung von boden- und von Wasserflächen sowie sonstigen Oberflächen) und die Evapotranspiration (Verdunstung der Lebewesen, insbesondere der Pflanzen) hat. Städtische Vegetation benötigt auch angesichts der zum Teil extremen Wetterfolgen des Klimawandels in Form von Trockenheit und Dürre eine ausreichende Wasserversorgung. Hydromorphe (vernässte) Böden, wie insbesondere organische Böden und solche mit hohem Humusanteil bedürfen einer hohen hydrologischen Prägung, weil sie ansonsten ihre Bodenfunktionen verlieren und Nährstoffe sowie klimaschädliche Treibhausgase freisetzen. Ausreichend mit Wasser versorgte Böden und intakte Vegetation, in Form naturnaher Strukturen, aber auch als städtische Grünflächen, tragen maßgeblich zur Klimaregulation bei, indem sie eine Temperatur- und Feuchteregulierung des städtischen

Umfeldes bewirken. Tagsüber ist gerade in Hitzeperioden die mikroklimatisch relevante Kühlfunktion (Verdunstungskälte) relevant; eine nächtliche Dämpfung der ausstrahlungsbedingten Abnahme der Lufttemperatur realisiert sich über den entgegengesetzten Effekt, die Kondensationswärme.

Angesichts des Klimawandels und seiner Folgen ist insbesondere die latente Verdunstungswärme (notwendige Energie zur Umwandlung von Wasser in Wasserdampf) in diesem Zusammenhang von hohem Belang. MEHL et al. (2018) berechneten mit Hilfe der mittleren realen Verdunstungshöhe (Abbildung 1-3) für das gesamte Gebiet der Hanse- und Universitätsstadt Rostock eine enorme Kühlleistung in den wärmeren Monaten April bis September nur der Feuchtgebiete und kleineren Gewässer (also ohne Unterwarnow und Ostsee) in Höhe von rund 6,92 TWh.

Zum anderen erhält möglichst viel Versickerung, ansonsten von versiegelten Flächen schnell abfließenden Wassers, auch die lokale Grundwasserneubildung, was über die Grundwasserentlastung positive hydrologische und ökologische Wirkungen für lokale Gewässer und Feuchtgebiete entfaltet.

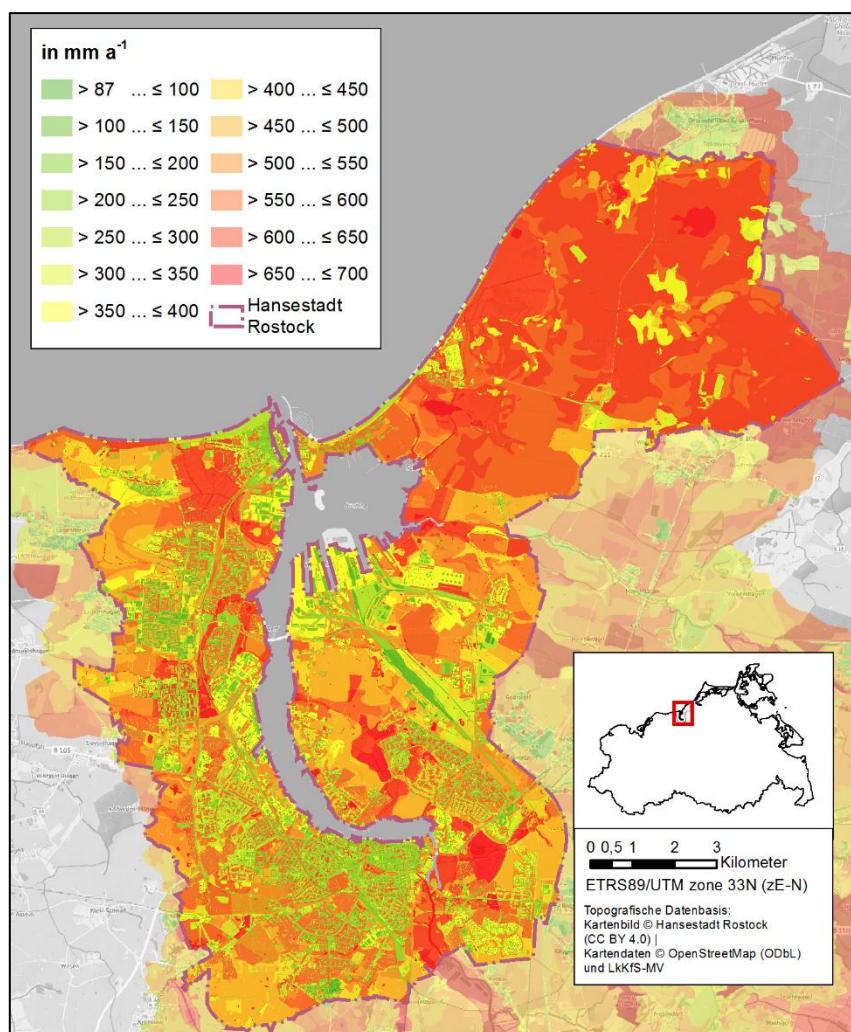


Abbildung 1-3: Mittlere jährliche reale Verdunstung (ETR) in der Hansestadt Rostock nach dem BAGLUVA-Verfahren (Zeitreihe 1981-2010), aus MEHL et al. (2018)

Im Hinblick auf das Schwammstadt-Konzept ist das neue fachverbandliche Arbeitsblatt DWA-A 102/BWK-A 3 (Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer) in Verbindung mit dem Arbeitsblatt DWA-A 100 (Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung) von hohem Belang und fachlichem Wert (Abbildung 1-4). Insgesamt soll das Arbeitsblatt in folgenden Teilen erscheinen (hervorgehoben sind die bereits erschienenen):

Teil 1: Allgemeines (DWA-A 102-1/BWK-A 3-1)

Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen (DWA-A 102-2/BWK-A 3-2)

Teil 3: Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen

Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers

Teil 5: Hydromorphologische und biologische Verfahren zur immissionsbezogenen Bewertung

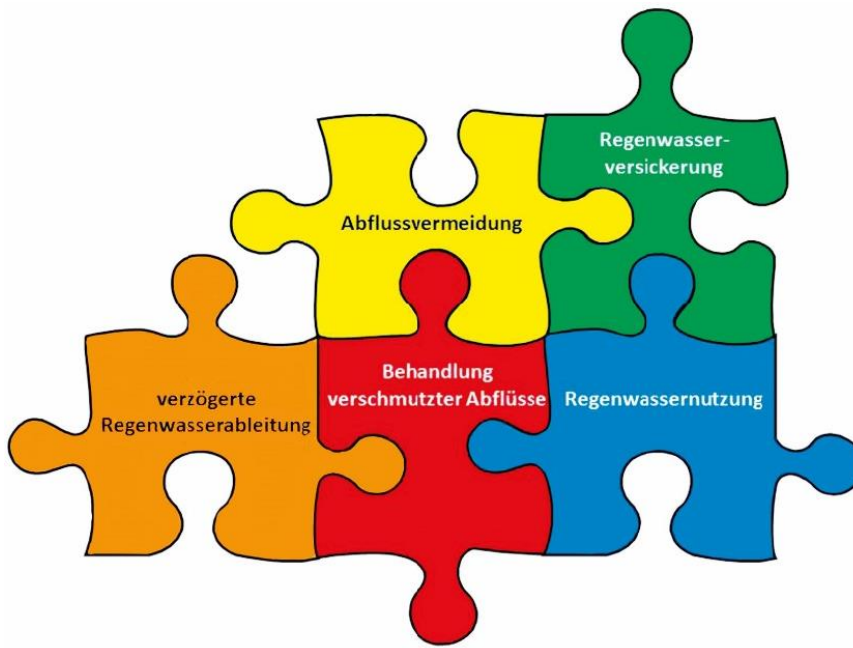


Abbildung 1-4: Elemente und Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten, Grafik aus: DWA-A 102-1/BWK-A 3-1

Im Vordergrund des 5-teiligen Arbeitsblattes DWA-A 102-1/BWK-A 3-1 stehen die beiden Schutzgüter:

- (1) „Entsorgungssicherheit“, d. h. eine sichere und (weitestgehend) überflutungsfreie Entwässerung für Schmutz-, Misch- und Niederschlagswasser
- (2) „Gewässerschutz“, d. h. die Vermeidung bzw. vertretbare Begrenzung niederschlagsbedingter Gewässerbelastungen

Die vorliegenden Regelungen zielen dabei vorrangig auf eine Anwendung bei folgenden Veranlassungen:

- entwässerungstechnische Neuerschließung von Siedlungsflächen
- städtebauliche und/oder entwässerungstechnische Überplanung von Siedlungsgebieten
- Überprüfung und Nachweis bestehender Anlagen der Behandlung von Niederschlagswasser und Mischwasser (z. B. zur Erlangung einer wasserrechtlichen Zulassung)
- Identifikation geeigneter Maßnahmen im Rahmen von Maßnahmenprogrammen nach WRRL zur Behebung ggf. festgestellter Defizite des Gewässerzustands, soweit dies durch Niederschlagsabflüsse verursacht wird.

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 Bewältigung des starkniederschlagsverursachten „Sommer-Hochwassers 2011“ (s. hierzu MIEGEL et al. 2014 und MEHL et al. 2014b) 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)

Für eine „wasserbewusste Entwicklung unserer Städte“ und „einen aktiven und konsequenten Wandel im Umgang mit Wasser in der Stadtentwicklung“ wirbt das aktuelle Positionspapier des DWA (2021) und nennt folgende Ziele:

- eine gesicherte Versorgung mit Wasser hoher Qualität und ausreichender Menge
- intensivierte Begrünung (Verkehrsräume, Parks, Fassaden, Dächer) zur Förderung der Biodiversität und als Hitze- und Klimavorsorge, mit ausreichender Wasserversorgung durch Speicherung
- eine zuverlässige und den Ökosystemen förderliche Bewirtschaftung von Abwasser, die den Emissions- und Immissionskriterien des Gewässerschutzes entspricht
- eine, am natürlichen Wasserhaushalt orientierte Bewirtschaftung des Niederschlagswassers mit blau-grüner Infrastruktur und multifunktionaler Flächennutzung
- ein guter mengenmäßiger und chemischer Zustand des Grundwassers durch einen integrierten Schutz und eine Ausrichtung an einem naturnahen Wasserhaushalt
- ein guter chemischer und ökologischer Zustand oder gutes Potenzial der Oberflächengewässer
- ökologisch aufgewertete Gewässer, Ufer und Auen als ein Teil der Stadtlandschaft
- eine effiziente und regenerative Nutzung der Ressourcen Wasser, Fläche, Rohstoffe, Energie und Kapital
- eine hohe Resilienz gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels auch bei wechselndem Wasserdargebot und veränderten gesellschaftlichen Strukturen
- einen effektiven Schutz und Vorsorge zur Begrenzung von Überflutungs- und Hochwasserrisiken
- eine höhere Lebensqualität für die Bevölkerung, die in Planungsprozesse einer blau-grünen Infrastruktur von Beginn an einbezogen wird

1.2 Relevante fachliche, gesetzliche und normative Grundlagen

1.2.1 Hochwasser

„Hochwasser ist eine zeitlich beschränkte Überschwemmung von normalerweise nicht mit Wasser bedecktem Land, insbesondere durch oberirdische Gewässer oder durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser.“ (§ 72 WHG).

Die im Jahr 2007 erlassene HWRM-RL verpflichtet die EU-Mitgliedstaaten, Hochwasserrisikomanagementpläne vorzunehmen und an die EU zu berichten. Die Richtlinie zielt dabei auf eine Reduzierung des Hochwasserrisikos in Europa sowie ein verbessertes Hochwasserrisikomanagement ab. Das „Hochwasserrisiko“ nach Artikel 2 HWRM-RL ist die „Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses und der hochwasserbedingten potenziellen nachteiligen Folgen auf

- (1) die menschliche Gesundheit,
- (2) die Umwelt,
- (3) das Kulturerbe und
- (4) die wirtschaftlichen Tätigkeiten und erhebliche Sachwerte“ (vgl. § 73 Absatz 1 WHG).

Die Hochwassergefahr wird nach Stärke (kritischer Wasserstand, kritischer Durchfluss) und Eintrittswahrscheinlichkeit (Wiederkehrintervall T in Jahren), dabei im Regelfall mit hydrologischen und/oder hydrodynamischen Modellen ermittelt und in Form von Hochwassergefahrenkarten entsprechend § 74 WHG (Ausmaß der Überflutung, Wassertiefe) dargestellt.

In Mecklenburg-Vorpommern wurde die anschließende Risikomanagementplanung (§ 75 WHG) entsprechend der vorher ermittelten Hochwasserrisikogebiete (§ 73 WHG) nach Bearbeitungsgebieten organisiert. Die Hanse- und Universitätsstadt Rostock fällt dabei in das Bearbeitungsgebiet 1: Küste Westmecklenburg (Abbildung 1-5). Die „Oberziele“ des Hochwasserrisikomanagements und damit auch der Managementplanung sind (MEHL et al. 2014):

1. Vermeidung neuer Risiken (im Vorfeld eines Hochwassers),
2. Reduktion bestehender Risiken (im Vorfeld eines Hochwassers),
3. Reduktion nachteiliger Folgen während eines Hochwassers,
4. Reduktion nachteiliger Folgen nach einem Hochwasser.

Für alle Bearbeitungsgebiete liegen entsprechende Planungen vor (online einsehbar: LM 2021). Die aktuellen Gefahrenkarten und Risikokarten können gleichfalls online eingesehen werden (LM 2021). Auf die für das Untersuchungsgebiet relevante Gefahrenkarte bzw. entsprechende fachtechnische Grundlagen wird wegen hoher Bedeutung explizit im Kapitel 4.2 eingegangen.

Starkregenereignisse (vor allem Sturzfluten), wie auch die für den Rostocker Raum bedeutsamen des Sommers 2011, werden dagegen durch die Rechtsprechung angesichts der Außergewöhnlichkeit regelmäßig als „Fälle höherer Gewalt“ eingestuft, vgl. GRÜNEWALD (2009). Solche Überflutungen, auch dann indirekt aus der Kanalisation, fallen insofern nicht unter die Legaldefinition des Wasserhaushaltsgesetzes: „... Davon ausgenommen sind Überschwemmungen aus Abwasseranlagen.“ (§ 72 WHG). Von daher ist das getrennt zu betrachten (s. im Folgenden).

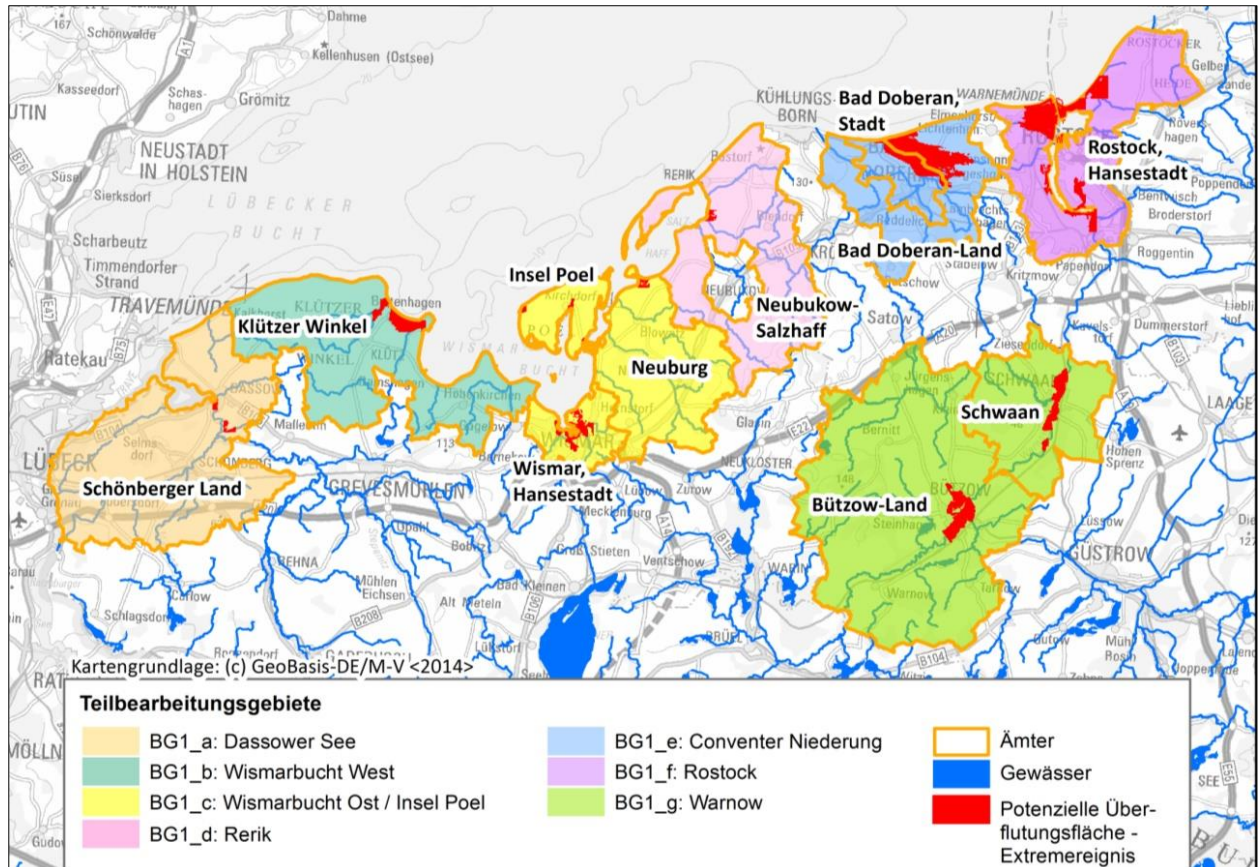


Abbildung 1-5: Zugschnitt des Bearbeitungsgebietes 1 „Küste Westmecklenburg“ bei der HWRM-Planung in Mecklenburg-Vorpommern (aus MEHL et al. 2014a)

1.2.2 Starkregen (Sturzfluten)

Aus Niederschlagsprozessen stammender Abfluss generiert 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.

Die Abflüsse unter (2) und (3) können in das öffentliche Entwässerungssystem gelangen. Das Niederschlagswasser von unbebauten und unbefestigten Flächen entsteht erst bei Starkregen bzw. Sturzfluten, wenn mindestens zeitweise die Niederschlagsintensität die Infiltrationskapazität des Bodens übersteigt und sich ggf. vorhandene Speicherkapazitäten erschöpft haben (Interzeption, Muldenspeicherung etc.).

Eine hydraulische Bemessung von kommunalen Entwässerungssystemen und -teilen kann jedoch vor allem nicht einfach nach (urban)hydrologischen Maßstäben der Abflussbildung (und ggf. Abflusskonzentration) erfolgen, da die hydraulische Leistungsfähigkeit der technischen Regenkanalnetze und -anlagen vor allem aus Gründen der Herstellungskosten, aber auch wegen möglicher betrieblicher Störungen (vor allem potenzielle Geruchsbelästigungen infolge von Ablagerungen in zu großen Kanälen) auf kritische, aber statistisch häufigere Regenereignisse bemessen wird. Normengrundlage ist hier die DIN EN 752:2008-04 (Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden). Den Bemessungsansatz bilden damit nach Kosten-Nutzen- bzw. Kosten-Risiko-Maßstäben vergleichsweise hohe Überflutungshäufigkeiten (Tabelle 1-1).

Tabelle 1-1: Empfohlene Häufigkeiten bei komplexen Bemessungsverfahren, aus: DIN EN 752:2008-04

Ort	Überflutungshäufigkeiten	
	Jährlichkeit (1-mal in „n“ Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in 1 Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 10	10 %
Wohngebiete	1 in 20	5 %
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 30	3 %
Unterirdische Bahnanlagen, Unterführungen	1 in 50	2 %

Dies eingedenk wird der über eine sachgerechte Bemessung hinausgehende Teil bzw. Aufwand fachlich einschlägig als Teil der „kommunalen Gesamtverantwortung“ angesehen (vgl. auch MEHL 2015), z. B.:

- „Die vorsorgende Schadensbegrenzung für Schäden, die aus innerörtlichen Niederschlagswasserabflüssen resultieren können, ist Teil der kommunalen Gesamtverantwortung. Dazu bedarf es grundsätzlicher Kenntnisse über in Vorflutern abzuführenden Wassermengen in Abhängigkeit von Wiederkehrwahrscheinlichkeiten. Dabei geht es nicht nur um in Kanälen abzuleitende Niederschlagswassermengen, sondern auch um Kenntnisse über wild abfließendes Wasser von befestigten Oberflächen oder wassergesättigten Böden und die hydraulische Leistungsfähigkeit der Vorfluter.

Um hier sachgerechte Entscheidungen zu Gewässerausbau und -entwicklung treffen zu können, bedarf es fachtechnischer Grundlagen, die in Risikogebieten ein Oberflächenwassermanagement ermöglichen, das auch die Ausweisung von potentiellen Überflutungsflächen einschließt...“ (LUNG M-V 2012)

- "Es wird allgemein anerkannt, dass zur Erreichung der Zielvorgabe „angemessener Überflutungsschutz“ die alleinige Vergrößerung unterirdischer Ableitungskapazitäten und zentraler Rückhalteanlagen aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht zielführend und auch nicht Intention der DIN EN 752 ist. Deshalb kommt – in Ergänzung zu (dezentralen) Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung – der Nutzung der baulichen Gegebenheiten an der Oberfläche zum (temporären) Rückhalt und zur schadensfreien Ableitung von Regenwasser sowie dem gezielten Objektschutz durch baulich konstruktive Maßnahmen für den Überflutungsschutz zunehmende Bedeutung zu [...] Damit wird eine verantwortungsvolle Überflutungsvorsorge zur Gemeinschaftsaufgabe der beteiligten kommunalen Akteure. Vorrangig zu nennen sind Entwässerungsbetrieb, Tiefbauamt, Grünflächenamt sowie Orts- und Stadtplanungsamt und Straßenbaulastträger. Zur „vorsorgenden“ Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Starkregen sind die Grundstückseigentümer verstärkt einzubeziehen.“ (DWA-M 119)

Neben den bereits vorliegenden diesbezüglichen Analysen und Bewertungen in der Hanse- und Universitätsstadt Rostock (s. Kapitel 1.1) stellen insofern vor allem folgende fachverbandlichen Empfehlungen eine geeignete konzeptionelle und methodische Grundlage dar: DWA (2013), DWA-A 100, DWA-M 119, DWA-A 102/BWK-A 3.

1.2.3 Wasserhaushalt

Der Begriff Wasserhaushalt steht gemeinhin sowohl für den Wasserkreislauf als „ständige Zustands- und Ortsveränderung des Wassers“ (DYCK et al. 1980), als auch für seine quantitative Erfassung mittels Wasserhaushaltsberechnungen bzw. raum- und zeitbezogenen Wasserbilanzen. Eine Wasserbilanz erfasst mengenmäßig das komplexe Zusammenwirken von Niederschlag P , Abfluss R , Verdunstung ET sowie Speicheränderung ΔS (Rücklage und Aufbrauch) in einem bestimmten „Betrachtungsgebiet während einer Betrachtungszeitspanne“ (DIN 4049 Teil 1). Bei Zeitabschnitten von wenigen Jahren oder Einzeljahren gilt entsprechend dem Satz von der Erhaltung der Masse die Gleichung der Wasserbilanz:

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

Diese Bilanzgleichung ist aber nur gültig bei geschlossenen Flussgebieten. Ggf. müssen unterirdischer Zu- und Abstrom oder bei anthropogener Beeinflussung entsprechende Wasserüberleitungen berücksichtigt werden. Die Gebietsspeicherung wirkt ausgleichend (Retention) und kann in Abhängigkeit von den klimatischen, hydrogeologischen und geomorphologischen Bedingungen in Form von unterirdischem Wasser (Grundwasser, Bodenwasser), Oberflächenwasser, Eis oder Schnee auftreten. Die Speicheränderung ΔS kann folglich sowohl positive als auch negative Werte annehmen. Wird die Bilanzgleichung für längere Zeiträume (mehrere Jahre bis Jahrzehnte) und damit für mittlere langjährige Zustände angewandt, so kann wegen des längerfristigen Ausgleichs von Speichergewinn und -verlust gemeinhin die Gebietsspeicherung vernachlässigt werden. Damit gilt für das langjährige Mittel die Gleichung:

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

Deshalb werden Wasserhaushaltsberechnungen regelmäßig für längere Bezugsperioden (im Regelfall mehrere Jahrzehnte) durchgeführt. Bei bekannten Gebietsmitteln des Niederschlages und bei sachgerechter Abschätzung/Berechnung der realen Verdunstung kann somit auf den mittleren Abfluss $\overline{R}$ geschlossen werden, der bei Vernachlässigung des unterirdischen Abflusses dem oberirdischen Gewässerabfluss entspricht (vereinfachte Annahme):

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

Der Wasserhaushalt hat im Gewässerschutz eine fundamentale Bedeutung, da er den physikalischen Rahmen für ober- und unterirdische Gewässer setzt. „Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) verfolgt für die Oberflächengewässer das Ziel eines guten chemischen und ökologischen Zustands. Der ökologische Zustand wird anhand biologischer Qualitätskomponenten bewertet, wobei hydromorphologische Komponenten unterstützend beteiligt sind. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Hydromorphologie eine geringe Rolle bei der Umsetzung der WRRL spielt. Der Zustand der Morphologie und die hydrologischen Verhältnisse in Gewässern beeinflussen die Habitatvielfalt aquatischer Lebensräume in hohem Maße und stellen somit eine Schlüsselfunktion für den Zustand der Biozönosen dar. Weitgehend intakte variable Gewässerstrukturen sowie möglichst natürliche hydrologische Verhältnisse sind eine Grundvoraussetzung für das Erreichen des guten ökologischen Zustands.“ (MEHL et al. 2014a)

Der Wasserhaushalt ist folglich auch eine Qualitätskomponentengruppe der hydromorphologischen Qualitätskomponenten für Flüsse und Seen nach Anhang V WRRL bzw. OGewV; zudem wird bei Grundwasserkörpern der mengenmäßige Zustand entsprechend Anhang V WRRL bzw. GrwV bewertet. Die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser hat zur „Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern“ eine spezifische Verfahrensempfehlung erarbeiten lassen (MEHL et al. 2014a, b).

Diese fachlichen und rechtlichen Hintergründe werden auch fachverbandlich für die Niederschlagswasserbewirtschaftung aufgegriffen: „Die konsequente Verfolgung der Zielvorgabe „Erhalt des lokalen Wasserhaushalts“ bedeutet für zukünftige Entwässerungskonzepte vor allem den möglichst weitgehenden Erhalt der Flächendurchlässigkeit (→ Verdunstung, Versickerung, Grundwasserneubildung) sowie die Stärkung der städtischen Vegetation (→ Verdunstung) als Bestandteil der Infrastruktur. Damit kann der oberflächige

Abfluss gegenüber ableitungsbetonten Entwässerungskonzepten reduziert und an den unbebauten Zustand angenähert werden

[...]

Für die Bewirtschaftung von Niederschlagswasser erlangen dezentrale Maßnahmen zunehmende Bedeutung. Dies gilt in besonderem Maße bezüglich der Abflussvermeidung und bei der Versickerung mit der Präferenz einer möglichst breitflächigen Versickerung über die bewachsene Bodenzone.“ (DWA-A 102-1/BWK-A 3-1)

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

1.3 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung ist durch eine konkrete Leistungsbeschreibung „Erarbeitung eines Fachbeitrages zum Wasserhaushalt für das Bebauungsplangebiet Nr. 13.MU.204 "Warnow-Quartier, Dierkower Damm" vorgegeben (Amt für Umwelt- und Klimaschutz Rostock 2020):

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.
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 13.MU.204 "Warnow-Quartier, Dierkower Damm" ist ein Prognosemodell zum Überflutungsrisiko zu erarbeiten:
 - a) Kritische für das Einzugsgebiet maßgebliche Regendauer D_{kritisch} nach KOSTRA-DWD (2010) für $T = 100$ a, ggf. Teileinzugsgebiete betrachten
 - b) D_{kritisch} , $T = 20$ a
 - c) D_{kritisch} , $T = 30$ 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. Es ist zu prüfen, ob und wie die Gewässer in die dezentrale Regenentwässerung integriert werden können.
6. Sämtliche notwendigen Abstimmungen erfolgen mit dem Auftraggeber (Fachbereich BUGA), dem zuständigen Fachamt (Amt für Umwelt- und Klimaschutz als fachlicher Betreuer) und den Planern zur Erstellung des B-Plans und der weiterführenden Planungen

Teil 2

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/BWK-A 3).

Beispielhaft sind nachfolgend Lösungsmöglichkeiten bzw. Ansätze für eine modellhafte, innovative Quartierentwicklung nach wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten benannt:

- "Schwammgebäude": Dach- und Fassadenbegrünung, Bau von Regengärten, begrünte Teiche, Regenwassernutzung in den Gebäuden und Außenanlagen
- "Schwammstraßen" und Plätze: Bau von Geh- und Fahrradwegen, Parkplätze und Plätze mit durchlässigen Materialien und (falls erforderlich) mit Rückhalteeinrichtungen
- "Schwamm Parks" und Grünflächen: Regengärten, Mulden in Grünflächen oder Spielplätzen, künstliche Feuchtgebiete, begrünte Rückhaltebecken/-senken
- Berücksichtigung bestehender Potentiale des Gebietes (Gewässer, Senken, Niederungen, ...) zur Regenrückhaltung
- Verknüpfung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen mit anderen Maßnahmen zum Umweltschutz, z. B. durch ein multifunktionales Zusammenwirken mit Lösungen und Zielstellungen zum Biotop- und Klimaschutz sowie zur Energieeffizienz.

Hierzu sind Möglichkeiten der Festsetzung in B-Plänen zu erarbeiten. Die Anforderungen für die Flächen im öffentlichen Raum und Privatflächen sind separat zu erarbeiten und darzustellen. Insbesondere falls zur Umsetzung der Lösungsansätze Privatflächen benötigt werden, sind die Anforderungen für diese Flächen als separate Festsetzungen für den B-Plan herauszuarbeiten sowie Lösungs-/Formulierungsvorschläge zur Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen Anforderungen bei Grundstücksausschreibungen und vertraglichen Regelungen (z. B. Kaufverträge) darzustellen.

Teil 3

Zur Ermittlung der Lösungsansätze für das Bauleitverfahren zum Umgang mit Regenwasser für den Regenrückhalt und Ausbalanzierung des zusätzlich anfallenden Regenwassers (Teil 2) sind die nachfolgenden bzw. zeitlich parallelaufenden Planungen zu den öffentlichen Flächen ebenfalls zu berücksichtigen. In den übergreifenden Planungsabläufen ist ein iterativer Abstimmungsprozess mit den jeweiligen Fachplanern (u. a. Erschließungsplanung, Verkehrs-/Freiraumplanung) zur Integration der Lösungsansätze aus dem wasserwirtschaftlichen Fachbeitrag durchzuführen.

D. h. die „modellhaften“ Lösungsansätze aus dem wasserwirtschaftlichen Konzept sind z. B. in die detaillierte Planungsebene der Erschließungsplanung einzubringen und ggf. nach Erfordernis fortzuschreiben sowie gemeinsam mit den jeweiligen Fachplanern an einer durchführbaren Umsetzung mitzuwirken. Für die einzelnen Fachthemen sollen hierbei innovative und realisierbare Lösungsansätze für die einzelnen Fachgebiete in Abstimmung und Rücksprache mit den Fachplanern ermittelt werden. Der „wasserwirtschaftliche Gutachter“ soll hier als Berater für die jeweiligen Fachplanungen dienen.

2 Planungs- und Datengrundlagen

Für den Fachbeitrag wurden im Wesentlichen die in Tabelle 2-1 aufgeführten Daten verwendet.

Tabelle 2-1: Planungsrelevante Daten und Unterlagen

Daten	Datentyp	Datenquelle
Nutzungs- und Eigentumsverhältnisse		
Landnutzung, Versiegelungsgrad	Polygon	Realnutzungskartierung (STG 2021), PfaU GmbH (2019)
Gewässerdaten		
Einzugsgebiete (EZG)	Polygon	Generierte Einzugsgebiete (BIOTA 2020)
Standgewässer	Polygon	DLM 25W (LUNG M-V 2021)
Fließgewässer	Linie	DLM 25W (LUNG M-V 2021), WBV Untere Warnow-Küste (2021)
Niederschlags-/Regenwasserkanalnetz	Linie	Nordwasser GmbH (2021)
Entwässerungsachsen	Linie	BIOTA (2016)
Hydrologie und Grundwasser		
Hydrogeologische Verhältnisse, Grundwasserhöhen und -fließrichtung	Linie	LUNG M-V (2021), BSI (2019, 2021)
Grundhochwasser Gefährdung	Polygon	BIOTA (2013)
Gefährdungsbewertung der Abflussbahnen und der Senkenlagen	Linie/Polygon	BIOTA (2013)
Grundwasserbeschaffenheit	PDF	BSI (2021)
Mittlerer Grundwasserstand/mittlere Grundwasserdruckhöhe (Isohypsen)	Linie/Polygon	HYDOR (2010)
Boden- und Nährstoffinformationen		
Boden (Petrographie)	Polygon	Konzeptbodenkarte (Hanse- und Universitätsstadt Rostock 2021a)
Bodenmosaike	Polygon	Forstliche Naturraumkarte, Maßstab 1 : 25.000, GeoBasis-DE/M-V 2021
Geologische Oberflächenkarte OK 100 (Genese)	Polygon	LUNG M-V (2021)
Schutzgebiete		
Gesetzlich geschützte Biotope	Polygon	LUNG M-V (2021)
Topographische Karten/Luftbilder		
GDI-MV (TK10 bis 50)	Raster	http://www.geoportal-mv.de , GeoBasisDE/M-V 2021
Luftbilder: DOP20/40	Raster	http://www.geoportal-mv.de , GeoBasisDE/M-V 2021

Daten	Datentyp	Datenquelle
Klima- und Wetterdaten		
Niederschlag, Temperatur, Sonnenscheindauer, Einstrahlung, Wind		DWD (2021)
Meteorologische Daten: Niederschlag, Sonnenscheindauer, Temperatur (Mittelwerte im Zeitraum 1981-2010)		Deutscher Wetterdienst (DWD) – Climate Data Center (CDC), http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html
Digitale Geländemodelle (DGM)		
Höhe, Lage, Hangneigung und Exposition, DGM 1, ggf. abgeleitet	Raster	LaiV M-V (2021)
Weitere Planungsgrundlagen		
Warnowquartier - Quartiersexposé	PDF	Fachbereich BUGA, MACHLEIDT & SINAI (2021)
B-Plan	DWG	Vorentwurf vom 16. August 2021; Hanse- und Universitätsstadt Rostock (2021b)
Wegeführung, Gefälle	DWG	Machleidt & SINAI (2021)
Abtrags- und Auftragsflächen, Zielhöhen	DWG	Machleidt & SINAI (2021)
Baugrundgutachten	PDF	BSI (2019)
Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag „Warnow Quartier“	DOC	BIOTA (2021)
Fachliteratur und spezifische Informationen		Entsprechend Quellenverzeichnis

3 Untersuchungsgebiet

3.1 Lage und Struktur

Das Untersuchungs- bzw. B-Plan-Gebiet Nr. 13.MU.204 "Warnow-Quartier, Dierkower Damm" liegt wie bereits in Kapitel 1 beschrieben im östlichen Teil der Unterwarnow und erstreckt sich hier nordöstlichen Ufer (Abbildung 3-1). Es soll entsprechend des Planungsstandes nach Realisierung insgesamt vier funktionale Teilbereiche umfassen (Abbildung 3-2):

- (1) „Wohnen am Stadtpark“
- (2) ein modernes Quartier mit modellhafter Bebauung (Teilbereich 2)
- (3) Entwicklung und Umgestaltung von den Gewerbeflächen (Teilbereich 3)
- (4) „Leben auf dem Wasser“ (Teilbereich 4)

Für die Erarbeitung dieses Fachbeitrags und die dafür erforderlichen Analysen und Auswertungen wurden jedoch entsprechend erfolgter Abstimmung mit dem Auftraggeber die B-Plan-Grenzen sowie konzipierten Strukturen und Flächenfestsetzungen des Standes vom 23. März 2021 verwendet (Erfordernis auf Grund der parallelen Planungsprozesse). Die zwischenzeitliche Änderung des Geltungsbereiches hat aber praktisch keine Auswirkungen auf die nachfolgenden hydrologischen Betrachtungen, da in dem nicht mehr berücksichtigten Teilgebiet ohnehin keine Bebauung geplant wurde.

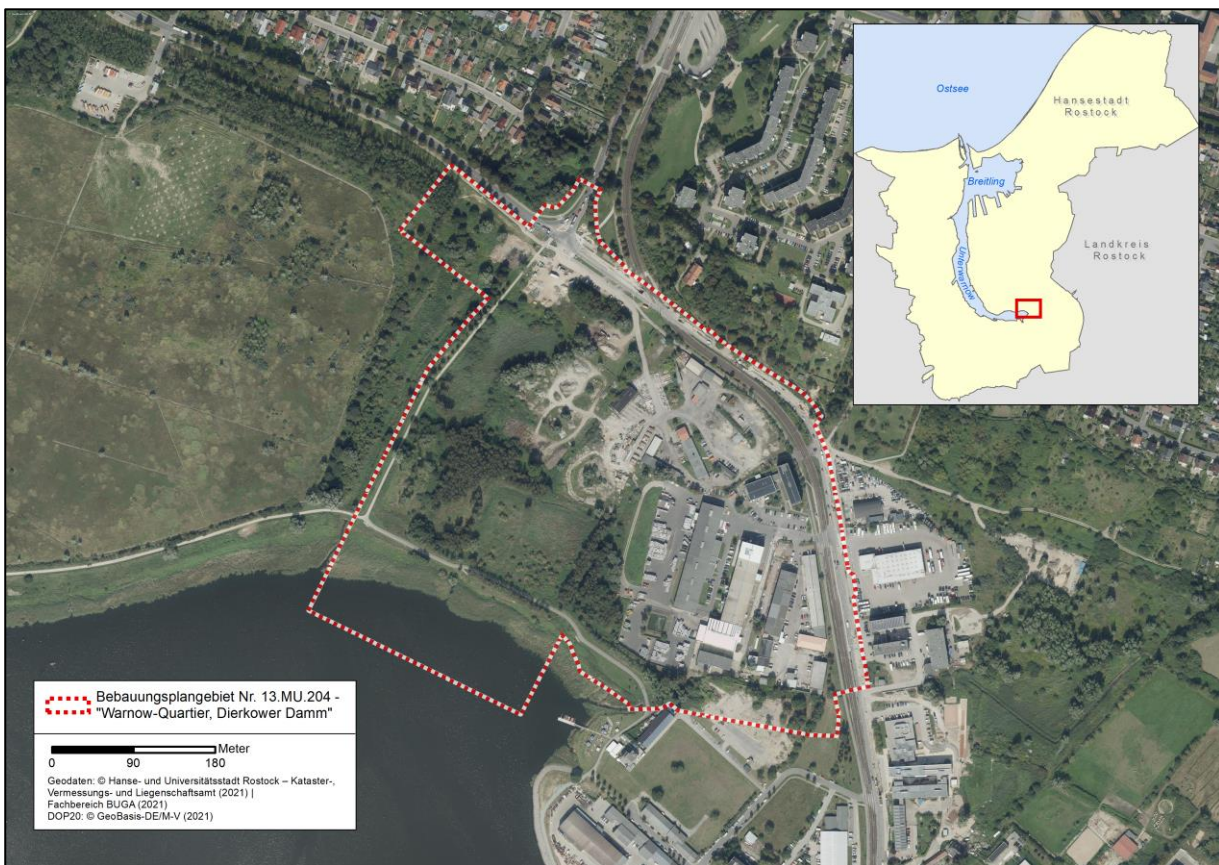


Abbildung 3-1: Lage des Bebauungsplangebiets Nr. 13.MU.204 – „Warnow-Quartier, Dierkower Damm“ an der Unterwarnow; kleine Abbildung: Lage in der Hanse- und Universitätsstadt Rostock



Abbildung 3-2: Lageplan des Geltungsbereiches für das Bebauungsplangebiet Nr. 13.MU.204 "Warnow-Quartier, Dierkower Damm" mit 4 Teilbereichen, aus: Amt für Umwelt- und Klimaschutz Rostock (2020)

3.2 Landnutzung

Die aktuelle Landnutzung (Ist-Zustand) kann unter Bezug auf Abbildung 3-3 (s. auch Abbildung 3-1 mit Luftbildinformationen) kurz wie folgt charakterisiert werden (eine genaue und flächendifferenzierte Berücksichtigung auch für den Ist-Zustand erfolgt bei den Analysen in den Kapiteln 4 und 5):

- Hohe Prägung durch vorhandene Industrie- und Gewerbeflächen, vor allem im östlichen Teil (Abbildung 3-6)
- Relativ großer Flächenanteil aufgelassener Flächen/Brachflächen (Wald-, Strauch und Übergangsstadien mit krautiger Vegetation, Abbildung 3-4, Abbildung 3-5)
- Gehölzflächen entlang des Grabens Nr. 12 (Realnutzungskategorie „Städtische Grünflächen“ in Abbildung 3-3, s. a. Abbildung 3-7)
- Im südlichen Teil umfasst das Gebiet auch Teile der offenen Wasserfläche der Warnow sowie angrenzende (naturnahe) Uferbereiche; hieran nördlich angrenzende Feuchtgebietsfläche (Realnutzungskategorie „Sumpf“ in Abbildung 3-3, s. a. Abbildung 3-7)



Abbildung 3-3: Aktuelle Landnutzung innerhalb des Bebauungsplangebietes auf Basis der Realnutzungskartierung und der Biotoptypenkartierung (STG 2021, PfaU GmbH 2019)



Abbildung 3-4: Gehölz-/Waldbereiche



Abbildung 3-5: Gehölzbereiche und Übergangsstadien



Abbildung 3-6: Recyclinganlage



Abbildung 3-7: Naturnaher Uferbereich im Übergang zur Unterwarnow

3.3 Geologie und Boden

Das Untersuchungsgebiet ist bezüglich der geologischen Genese ursprünglich durch Grundmoränenbildungen bestimmt, wird aber durch die Warnow morphologisch und geologisch schon seit dem späten Pleistozän geprägt. Die große Ausdehnung der heutigen Unterwarnow ist Folge der frühholozän erheblich tiefer liegenden Erosionsbasis Ostsee und der bis hier wirksamen hohen Erosivität der frühen Warnow. Erst der nacheiszeitliche Meeresspiegelanstieg führte nach und nach zum Abklingen der fluvialen, primär linearen Erosion und zum „Ertrinken“ des untersten Abschnittes des Warnowtales, dem heutigen Ästuar „Unterwarnow“. An den Talrändern kam es zur Vermoorung (Abbildung 3-8).

Deshalb wurden auch die geschiebeführenden Schichten der Grundmoräne bis 12 m unter Flur im Rahmen der Baugrunderkundung von BSI (2019) nicht erbohrt. Als geologische Substrate wurden im Tiefenbereich von 12 m dagegen holozäne organische Bildungen gefunden, die von holozänen bzw. spätpleistozänen Sanden unterlagert werden. Diese, durch natürliche Prozesse gebildeten Schichten werden durch bis zu 9 m mächtige anthropogene Auffüllungen überlagert (BSI 2019).

Die aktuellen Bodenverhältnisse nach Bodengesellschaften an der Oberfläche zeigt Abbildung 3-9. Hier-nach dominieren Gleye und Pseudogleye, Regosole und Niedermoorböden; die Böden auf den überwiegend versiegelten Flächen sind hier nicht erfasst.

Aus verschiedenen Gründen sehen die aktuellen Planungen Bodenaufhöhungen und Bodenaustauschmaßnahmen vor (s. im Weiteren). Die aktuellen Bodenverhältnisse werden für die Modellierung des Ist-Zustandes im Hinblick auf den Wasserhaushalt herangezogen.



Abbildung 3-8: Geologische Oberflächenbildungen – Genese (LUNG M-V 2021)



Abbildung 3-9: Bodengesellschaften der Konzeptbodenkarte (Hanse- und Universitätsstadt Rostock 2021a) innerhalb des Bebauungsplangebietes

3.4 Orographie

Die orographischen Verhältnisse werden grundlegend von der Lage des Gebietes an der Talflanke und am Talboden des Warnowtales bestimmt. Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Mittel ca. 4 m über NHN, weist aber eine deutliche Heterogenität und damit Schwankungsbreite in den Höhenlagen auf. Die Verhältnisse repräsentiert ein Höhenschnitt entsprechend Abbildung 3-10, der in Abbildung 3-11 als Querprofilinie der Geländehöhe aufgetragen ist. Eine detaillierte Berücksichtigung der Lage- und Höheninformationen des gesamten Untersuchungsgebietes erfolgt im Weiteren durch Nutzung digitaler Geländemodelldaten (DGM) in der horizontalen Auflösung von 1 m x 1 m (DGM 1, LaiV M-V 2021).

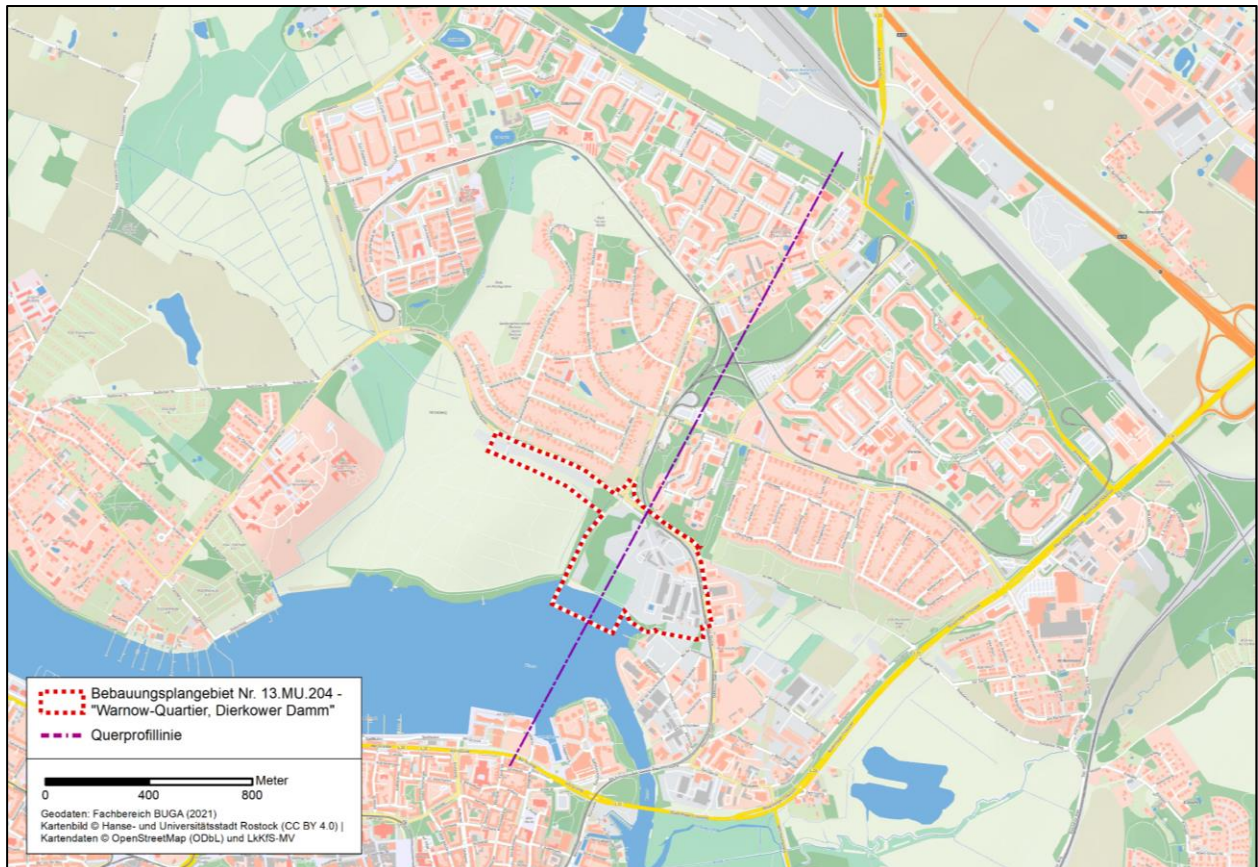


Abbildung 3-10: Lage einer für die Höhenverhältnisse repräsentativen Querprofilinie

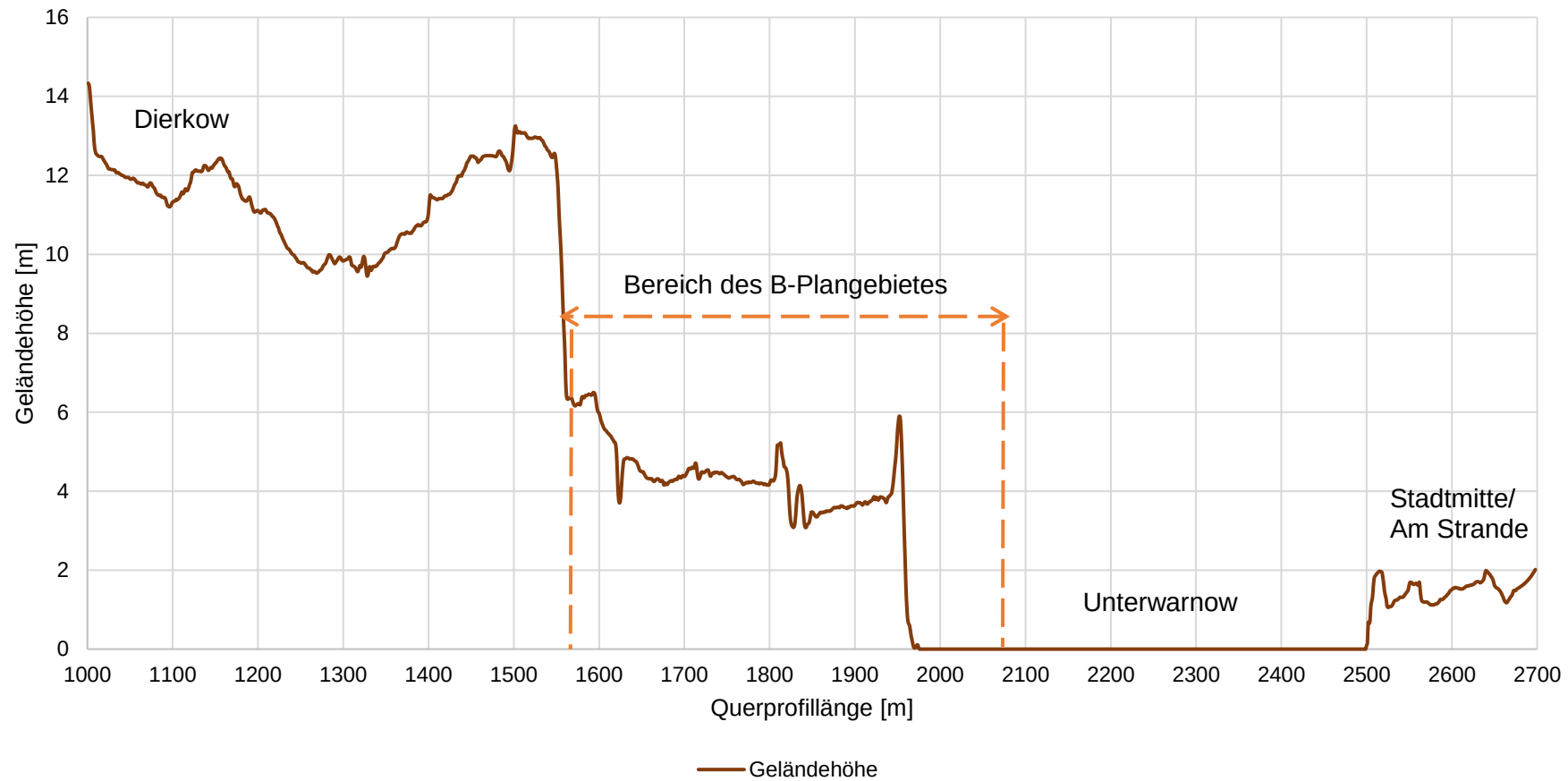


Abbildung 3-11: Geländehöhen entlang der Querprofilstationierung nach Abbildung 3-10 (Querprofil ab Querprofilstationierung „1000 m“ dargestellt)

3.5 Klima

Die klimatischen Verhältnisse in Rostock sind durch Küstenklima geprägt. KOPP et al. (1982) ordneten den Rostocker Raum hinsichtlich des Großklimabereichs dem sogenannten „westlichen Küstenklima“ zu. Der maritime Einfluss ist auf Grund der unmittelbaren Lage an der Ostsee hoch. Stadtklimatische Aspekte spielen aber aufgrund der bedeutenden urbanen Veränderungen kleinräumig eine hohe Rolle, vor allem bei autochthonen Wetterlagen.

Die vieljährigen Jahresmittelwerte der Zeitreihe 1981 bis 2010 liegen bei der Lufttemperatur bei 9,2 °C, beim Niederschlag bei 616 mm (Station Rostock-Warnemünde, DWD 2021). In der kurzen Zeitreihe 2015 bis 2020 liegt die Lufttemperatur an der Station Rostock-Warnemünde in den Monatsmitteln durchgängig ca. 1...2 °K über dem langjährigen Mittel der gegenübergestellten Zeitreihe 1981 bis 2010 (Abbildung 3-12). Hier zeigen sich augenscheinlich die Einflüsse des globalen Klimawandels auf der regionalen Ebene. Hydroklimatische Aspekte werden im Hinblick auf den langjährigen mittleren Wasserhaushalt in Kapitel 5, im Hinblick auf Starkregen (extremwertstatistische Daten) in Kapitel 6 fachspezifisch behandelt.

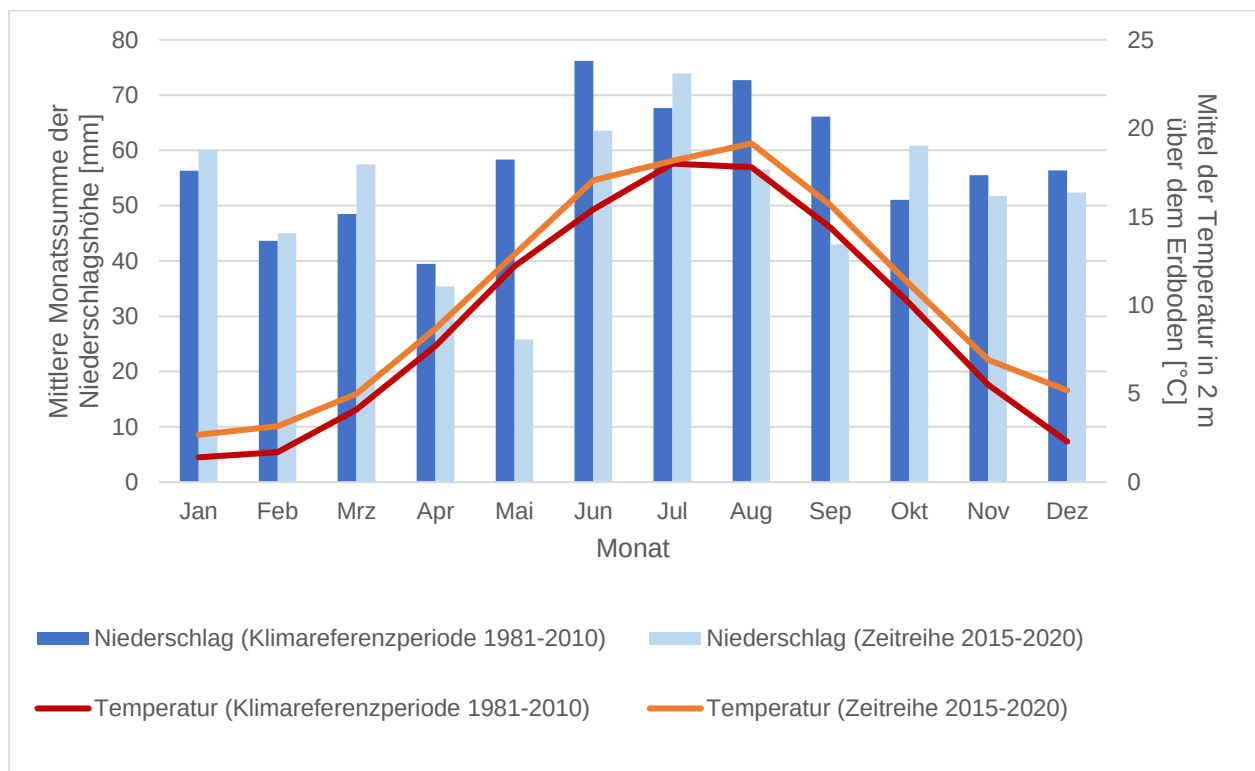


Abbildung 3-12: Niederschlag und Temperatur für die Klimareferenzperiode 1981 bis 2010 und die aktuelle Zeitreihe 2015 bis 2020 für die Wetterstation Rostock-Warnemünde (DWD 2021)

3.6 Oberirdische Gewässer und relevante hydrologische Einzugsgebiete

Das zentrale Gewässer des Raumes bildet die 12,6 km² große Unterwarnow. Dabei teilt das Mühlendammwehr im Süden Rostocks die Warnow in Oberwarnow und Unterwarnow (Abbildung 3-13 zeigt die Unterwarnow als WRRL-Küstenwasserkörper gemäß OGewV). Nördlich des Mühlendammwehres befindet sich die Unterwarnow und südlich davon dementsprechend die Oberwarnow. Im Süden des Mühlendammwehres schließt sich das Trinkwasserschutzgebiet für die Trinkwasserversorgung der Hansestadt Rostock an. Das Wehr hat den Zweck, den Brackwassereinstrom aus der Unter- in die Oberwarnow zu verhindern, um die Trinkwasserentnahme zu schützen.

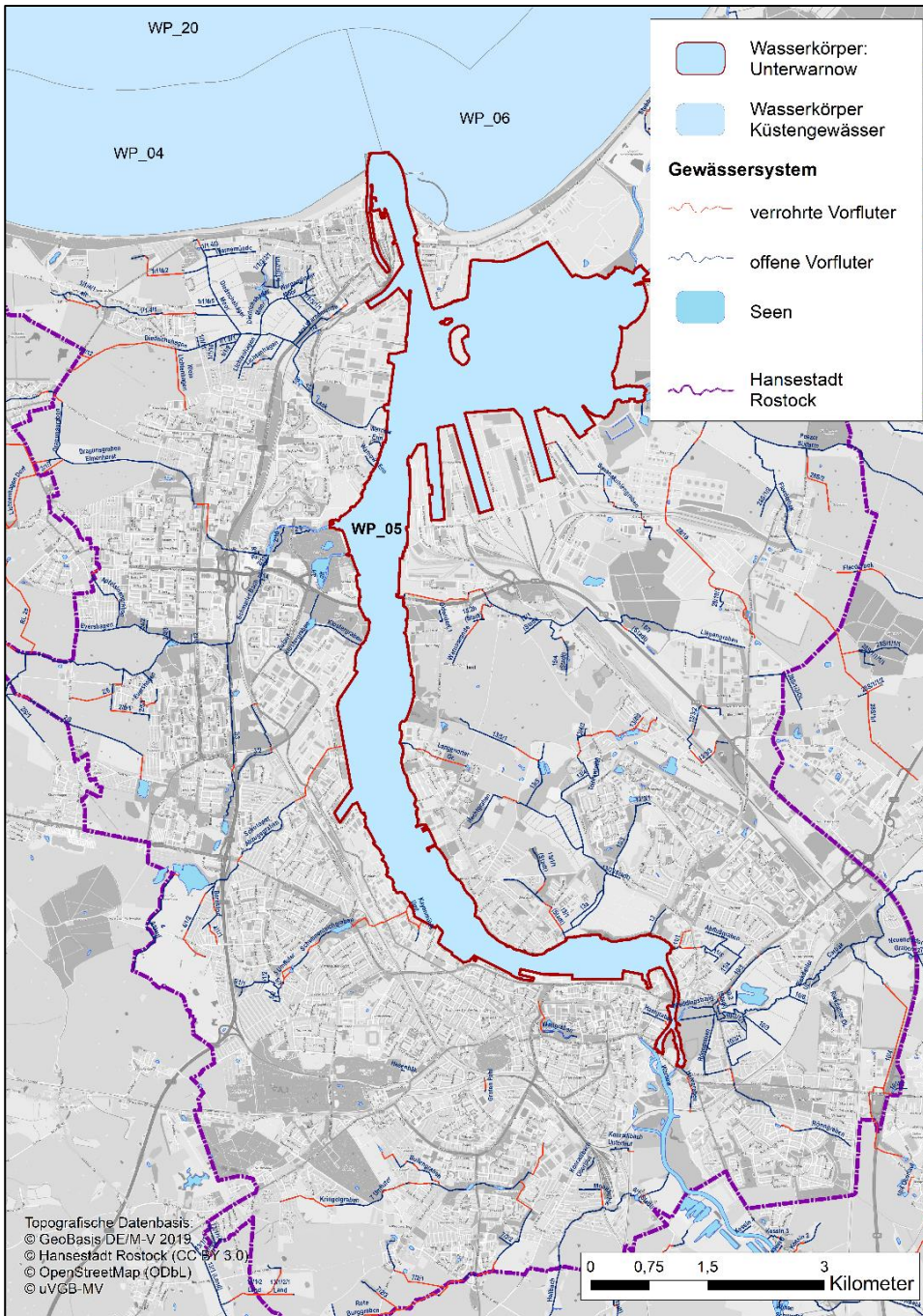


Abbildung 3-13: Küstenwasserkörper Unterwarnow (amtliche Kennung: DE_CW_DEMV_WP_05) im Bereich der Hanse- und Universitätsstadt Rostock (LUNG M-V 2021)

Die Unterwarnow bildet eine Bundeswasserstraße entsprechend Anlage 1 WaStrG und dient der Schifffahrt u. a. als Zufahrt für den Seehafen Rostock. Zur Anpassung der Schiffbarkeit an entsprechende Schiffgrößen wurde die Fahrrinne mehrfach vertieft. Des Weiteren erfolgen bedarfsweise Unterhaltungsarbeiten, wie insbesondere Baggerungen der Hafenbecken und Fahrrinnen oder die Erneuerung von Uferbefestigungen.

Die Unterwarnow ist ein sogenanntes „inneres Küstengewässer“. Amtlich ist die Unterwarnow entsprechend OGewV als mesohalines inneres Küstengewässer (Ostsee) (LAWA-Typcode: B2) eingestuft, vgl. hierzu BfG (2021). Charakteristisch für solch einen Ästuar-Gewässertyp ist die Vermischung von Salz- und Süßwasser. Die Salzgehaltsverteilung in der Unterwarnow ist in Abbildung 3-14 dargestellt. Auf der y-Achse ist die Wassertiefe aufgetragen und auf der x-Achse sind Örtlichkeiten entlang der Unterwarnow von Warnemünde in Richtung des Mühlendammwehres dargestellt. Anhand einer Farbskala (blau = 0 Practical Salinity Units (PSU) bis rot = 20 PSU) ist der Salzgehalt ablesbar; dieser ist in PSU (Zahlenwert entspricht ‰) angegeben. Es ist zu erkennen, dass der Salzgehalt in Richtung des Mühlendammwehres kontinuierlich abnimmt. Außerdem liegt eine horizontale Schichtung des Salzgehaltes vor. Salzreicheres Wasser befindet sich aufgrund seiner größeren Dichte bodennah und unterhalb des Süßwassers. Dies führt zu relativ stabilen Schichtungen, so dass eine atmosphärische oder biogene Belüftung (Photosynthese) ausgeschlossen ist. Dadurch werden auch Nährstofffreisetzungen aus den Sedimenten ermöglicht (BIOTA 2008).

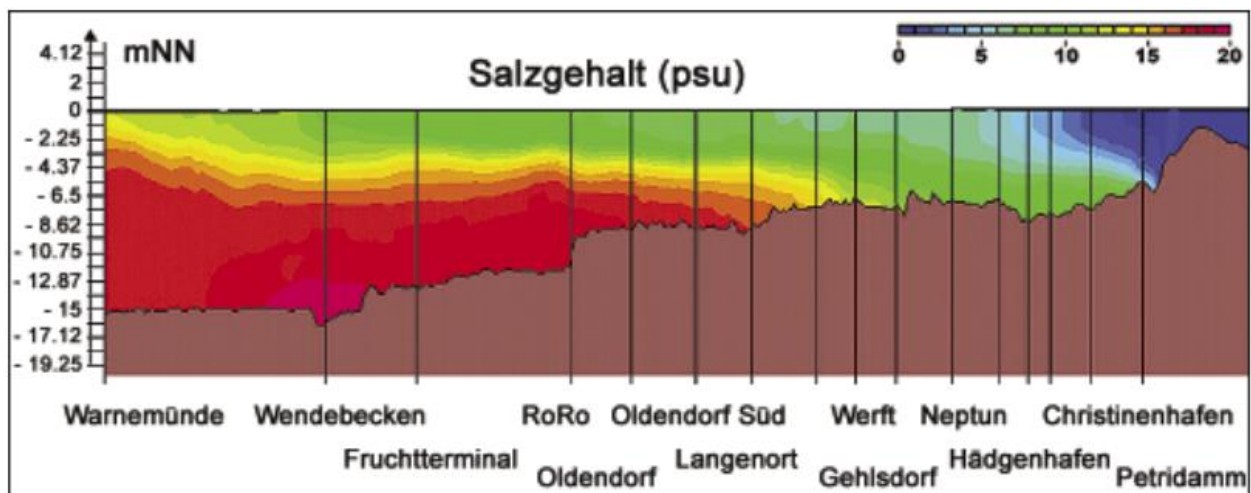


Abbildung 3-14: Salzgehaltsverteilung im Längsschnitt durch die Unterwarnow, Grafik aus: WEILHEIM (2003)

Für die im Fachbeitrag durchzuführenden Analysen spielen aber vor allem die relevanten hydrologischen Verhältnisse „an Land“ eine Rolle. Hierfür sind die vorhandenen Gewässer und deren Systeme, insbesondere im Hinblick auf das (oberirdische) hydrologische Einzugsgebiet von hohem Belang.

Oberflächlich ablaufendes Wasser (Landoberflächen- und Gewässerabfluss), aber auch der bodeninnere (hypodermische) Abfluss folgen der Schwerkraft. Folglich manifestieren sich räumlich Abflussprozesse und lassen sich systemhaft und in ihren arealen Strukturen fassen. Systemgrenzen werden hiernach durch die orographische Situation bestimmt. Die oberirdischen Wasserscheiden bzw. Einzugsgebietsgrenzen sind dementsprechend kammartige Erhebungen der Geländeoberfläche. Das Einzugsgebiet kann somit definiert werden als in der Horizontalprojektion gemessenes Gebiet, aus dem Wasser einem bestimmten Ort zufließt (DIN 4049 Teil 1).

Für das Untersuchungsgebiet spielen mithin folgende Zuflüsse der Unterwarnow eine Rolle (nach der Nomenklatur/Systematik des Wasser- und Bodenverbandes Untere Warnow-Küste, Abbildung 3-15):

- Graben 11 mit Zuflüssen (Zingelgraben mit Zuflüssen)
- Graben 12 (Speckgraben)

Für die folgenden hydrologischen Analysen zum Untersuchungs-/B-Plan-Gebiet wurden das Gesamteinzugsgebiet und die Teileinzugsgebiete entsprechend der orographischen Situation mittels Analyse der Höhendaten des DGM 1 ermittelt (Abbildung 3-16).

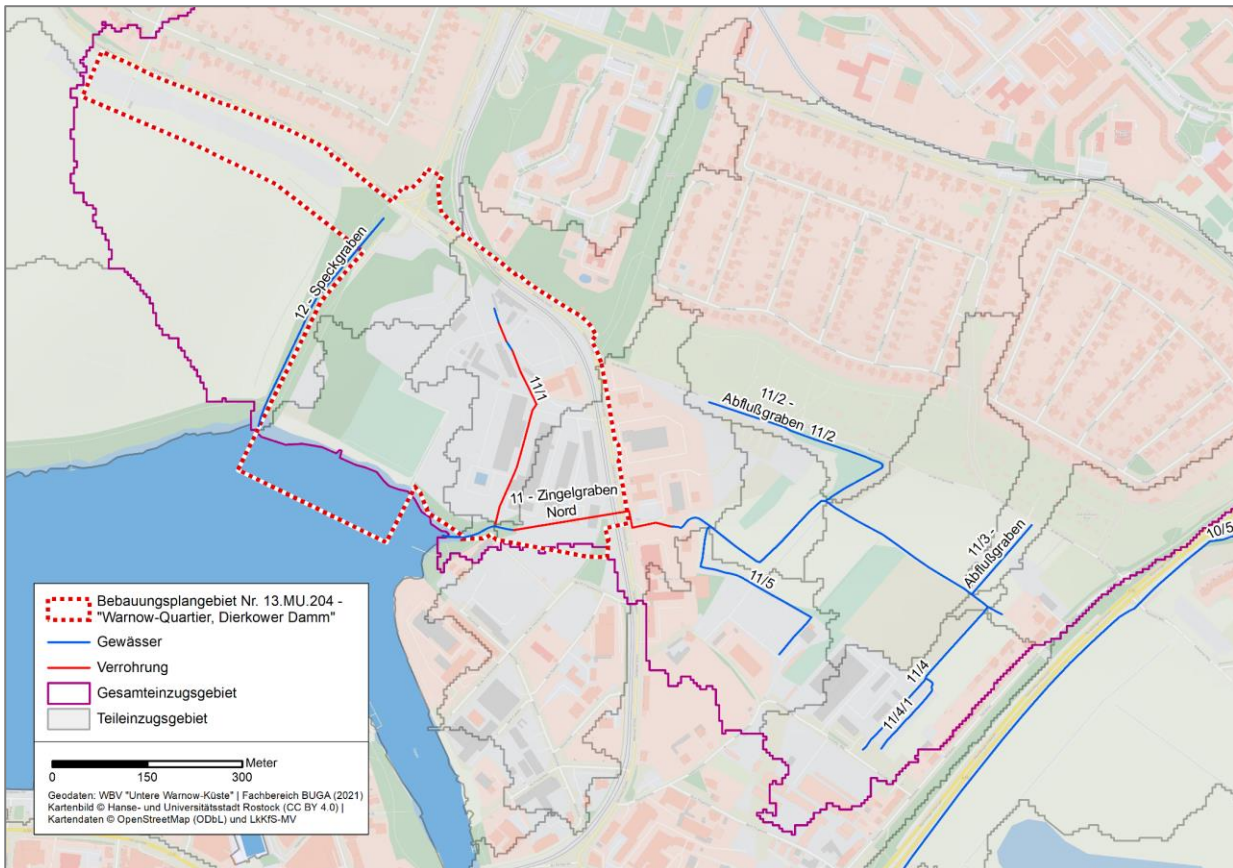


Abbildung 3-15: Relevante Oberflächengewässer

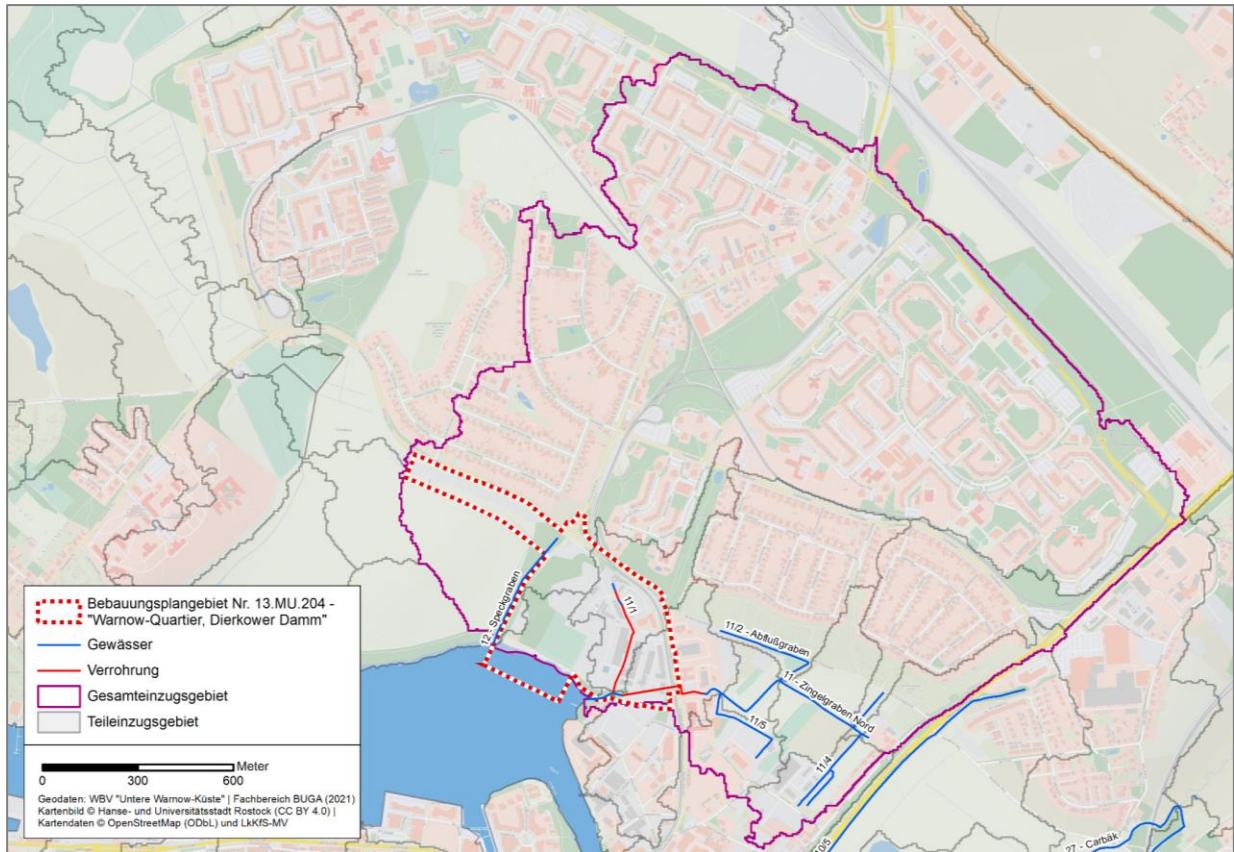


Abbildung 3-16: Relevante Oberflächengewässer und oberirdische hydrologische Einzugsgebiete (Gesamtgebiet und Teilgebiete)

3.7 Grundwasser

Besondere Bedeutung haben außerdem die lokalen Grundwasserverhältnisse, die an dieser Stelle nur kurz im Hinblick auf die Fließrichtung und die Grundwasserhöhe betrachtet werden. Danach ist die Fließrichtung talraumtypisch auf die Unterwarnow hin ausgerichtet.

Im Untersuchungsgebiet beträgt der Gradient der mittleren Grundwasserstände 3 m NHN bis 0 m HNH (Abbildung 3-17). BSI (2021) hat bei einer Stichtagsmessung am 11.01.2021 einen durch die hohe winterliche Grundwasserneubildung bedingten (und damit normalen) höheren Gradienten gefunden: höheres Grundwassergefälle, bei insgesamt gegen mittleren Verhältnissen höheren Grundwasserständen.

Im Untersuchungsgebiet hängen der Grundwasserstand und damit auch das -gefälle stark von der Grundwasservorflut und damit von den Wasserständen der Unterwarnow ab. So werden sich bei Hochwasserständen in der Unterwarnow ggf. sogar Umkehrungen der Grundwasserfließrichtung einstellen; auf jeden Fall führt das zeitversetzt und abhängig von der Hochwasserdauer und -dynamik sowie von der Entfernung zur Unterwarnow zum Steigen der Grundwasserstände. Es kommt zu Grundhochwasser (s. Kapitel 4.3).

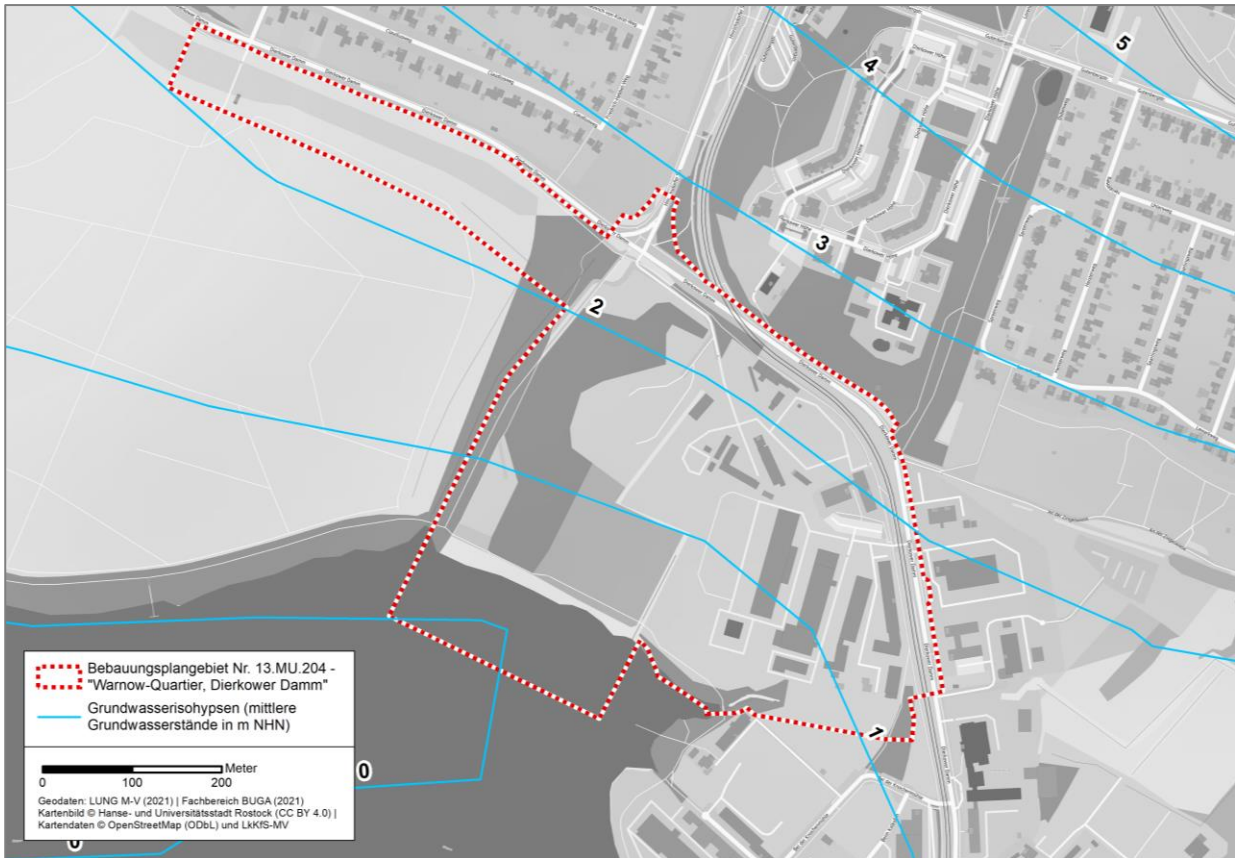


Abbildung 3-17: Mittlere Grundwasserstände innerhalb des Bebauungsplangebietes nach Datenlage (LUNG M-V 2021)

3.8 Wasserschutzgebiete

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

3.9 Geplante städtebauliche Entwicklung und wassersensible Kenngrößen

Für die nachfolgenden Vergleiche zum Ist-Zustand und die erforderlichen Prognosen muss auf die Geplante städtebauliche Entwicklung abgestellt werden, insbesondere im Hinblick auf relevante wassersensible Kenngrößen (Versiegelung, Änderung von Fließrichtungen, Funktionsbereiche, wasserabhängige Maßnahmen usw.). Hierfür wird (entsprechend erfolgter Abstimmung mit dem Auftraggeber) zunächst auf den Vorentwurf des B-Planes mit Stand 23. März 2021 zurückgegriffen (Abbildung 3-18). Zudem wird der geplante Auf- und Abtrag auf den Bauflächen bestmöglich in seinen hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Folgen berücksichtigt (Abbildung 3-19). Die aus den genannten Datengrundlagen spezifisch abgeleiteten Kenngrößen und Parameter werden in den Kapiteln 4 bis 6 verwendet und damit bei den Prognosen als bestmögliche Schätzung abgebildet.



Abbildung 3-18: Vorentwurf des Bebauungsplans; Stand 23. März 2021 (Hanse- und Universitätsstadt Rostock 2021b)



Abbildung 3-19: Geplanter Auf- und Abtrag (vereinfachte Darstellung der Zielhöhen)

4 Gefährdung durch Hochwasser und Starkregen nach Datenlage

4.1 Hochwasser der Unterwarnow

Bei Hochwasserereignissen der Unterwarnow handelt es sich aus hydrologischer Perspektive ausschließlich um mögliche Sturmflutereignisse der Ostsee und damit um Küstenhochwasser. Für den relevanten Küstenbereich (Küstengewässer Unterwarnow - Stadtmitte) ist das vom Land vorgegebene Bemessungshochwasser ($BHW_{Küste}$) mit +3,00 m NHN anzusetzen; das ist ein 200-jährliches Hochwasser (HW_{200}) + 0,50 m Klimazuschlag (Sicherheitszuschlag) + Versagen ggf. vorhandener Hochwasserschutzanlagen. Damit sind bereits vor allem östliche und zentrale Flächen des Untersuchungsgebietes (Ist-Zustand) überflutungsgefährdet (Abbildung 4-1).

Vom zuständigen Staatlichen Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg wird angesichts des sich beschleunigenden Klimawandels und der Folgen des Meeresspiegelanstieges mittlerweile empfohlen, den Klimazuschlag sicherheitsorientiert nochmals 50 cm höher anzusetzen. Deshalb soll ein $BHW_{Küste, neu}$ in Höhe von +3,50 m NHN für die BUGA-Planungen beachtet werden (Amt für Umwelt- und Klimaschutz Rostock 2020).

Bei dem höheren $BHW_{Küste, neu}$ von +3,50 m NHN sind flächenhaft umfassende Bereiche entsprechend potentiell überflutungsgefährdet durch Sturmfluten (Abbildung 4-2), insbesondere der größte Teil des östlichen Untersuchungsgebietes. Die resultierende unmittelbare Gefährdung und deren Folgen sind im Weiteren ebenso zu beachten, wie auch indirekte Folgen für die Funktionsfähigkeit technischer Entwässerungssysteme (z. B. Rückstau) und daraus ggf. entstehende Risiken.

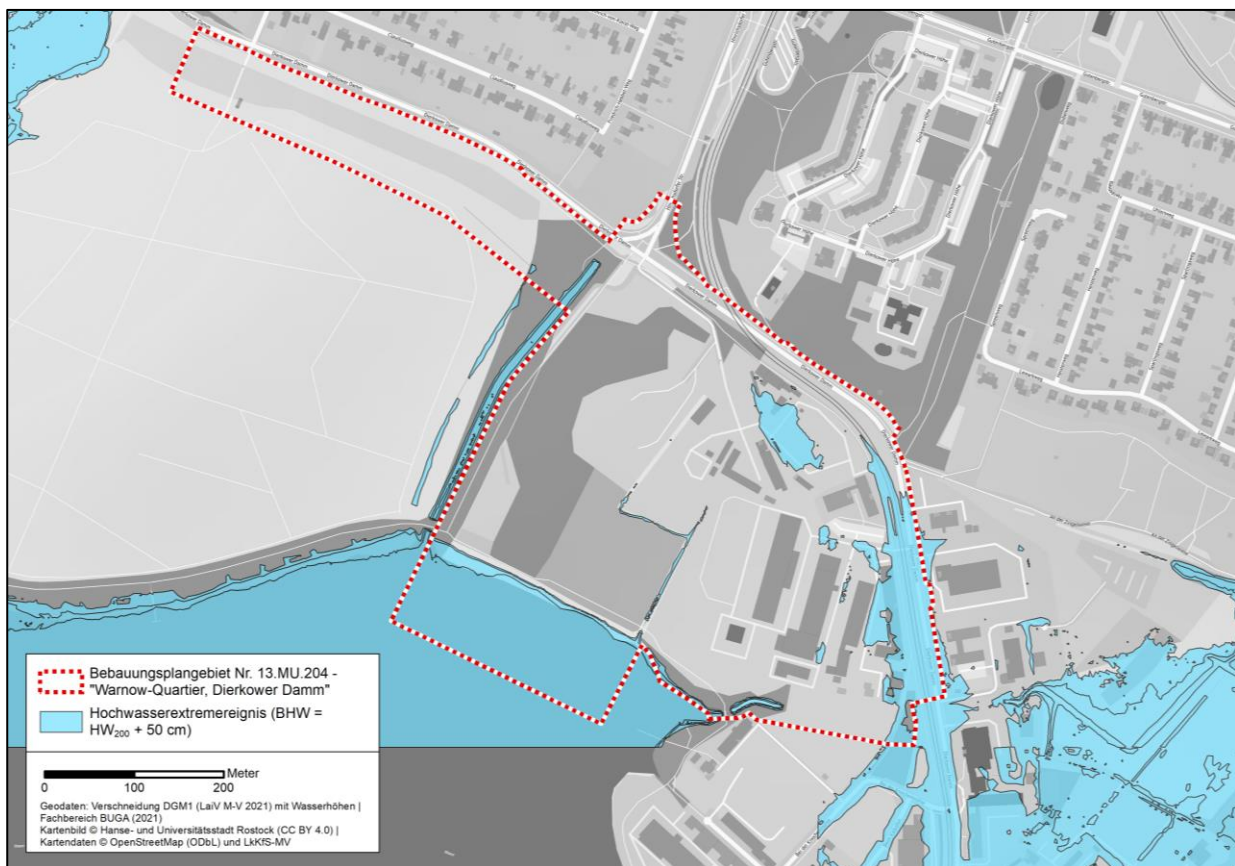


Abbildung 4-1: Auswirkungen/betroffene Flächen im Ist-Zustand des Untersuchungsgebietes für ein Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit bzw. Extremereignis ($BHW_{Küste} = HW_{200} + 0,50$ m Klimazuschlag + Versagen ggf. vorhandener Hochwasserschutzanlagen)

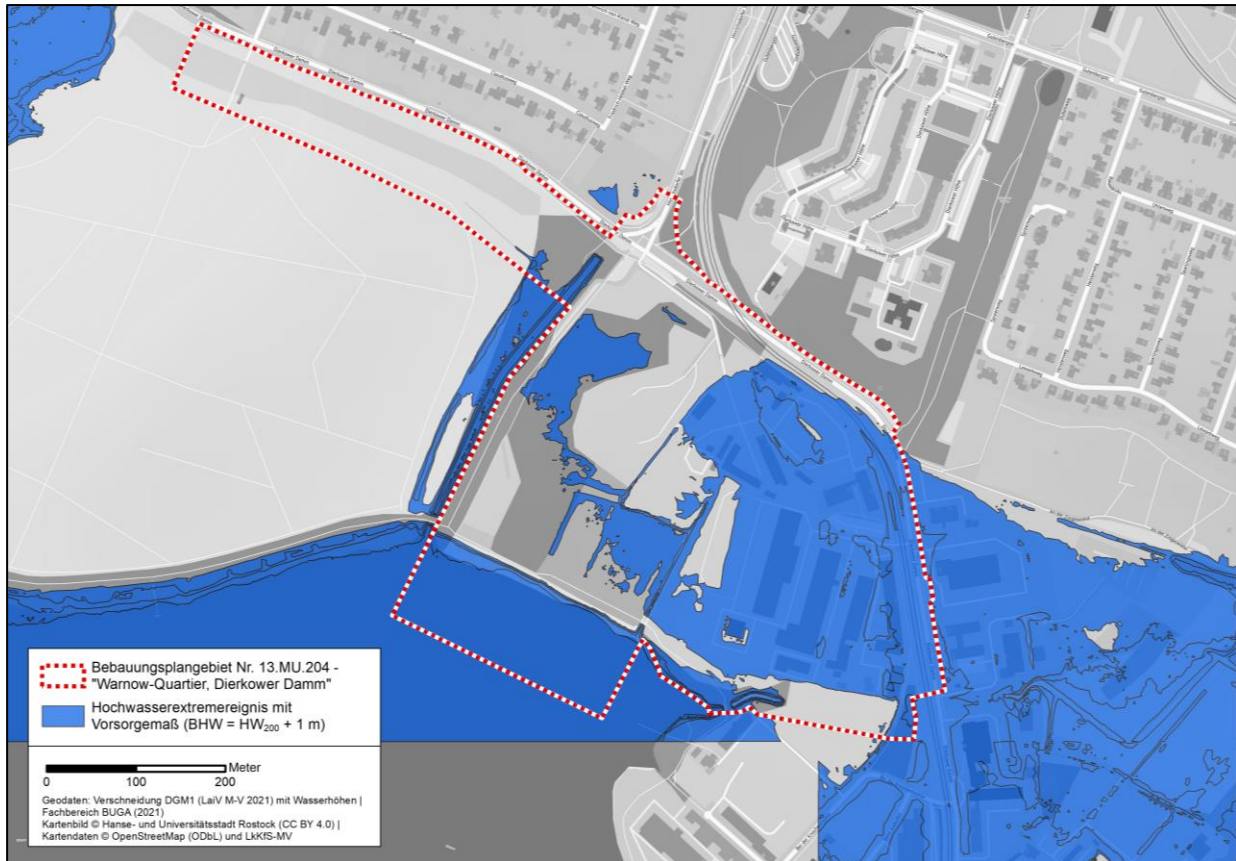


Abbildung 4-2: Auswirkungen/betroffene Flächen im Ist-Zustand des Untersuchungsgebietes für ein Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit bzw. Extremereignis ($BHW_{Küste, neu} = HW_{200} + 1,0$ m Klimazuschlag + Versagen ggf. vorhandener Hochwasserschutzanlagen)

4.2 Hochwasser der Zuflüsse

Im „Integrierten Entwässerungskonzept“ (INTEK, BIOTA (2013)) wurde eine überschlägliche Gefährdungsanalyse im Hinblick auf Hochwasser in den Rostocker Fließgewässern und oberirdischen Abflussbahnen vorgenommen. Einheitlicher Ausgangspunkt war ein durch ein 100-jährliches Niederschlagsereignis der Dauerstufe 24 Stunden modelltechnisch erzeugtes Abflussereignis.

Geprüft wurde ein mögliches hydraulisches Versagen in den Achsen (Rohrleitungen, Durchlässe, andere Engstellen) sowie die Gefährdung von Senkenlagen bezüglich der Füllstandshöhe. Die für die Arbeiten bei BIOTA (2013) verwendeten DGM-Daten hatten noch nicht eine so hohe Genauigkeit, wie sie die heutigen Daten haben; die Verzeichnung von Achsen kann daher datentechnisch bedingt im Detail von neueren Auswertungen abweichen.

Für das Untersuchungsgebiet weisen die damaligen kartographischen Auswertungen (Abbildung 4-3) auf keine hydraulischen Probleme bei der angesetzten Niederschlagsintensität und Dauer hin. Entlang des Grabens 12 (Speckgraben) zieht sich die für den Wasserrückhalt vorgesehene Senkenlage hin, die demnach auch vom Hochwasserrisiko her als unkritisch einzuordnen ist. Am östlichen Rand des Untersuchungsgebietes ist eine weitere Senkenlage relevant (s. auch bereits Gefährdung durch Küstenhochwasser, vgl. Darstellungen in Kapitel 4.1); dem ist nachfolgend Rechnung zu tragen.

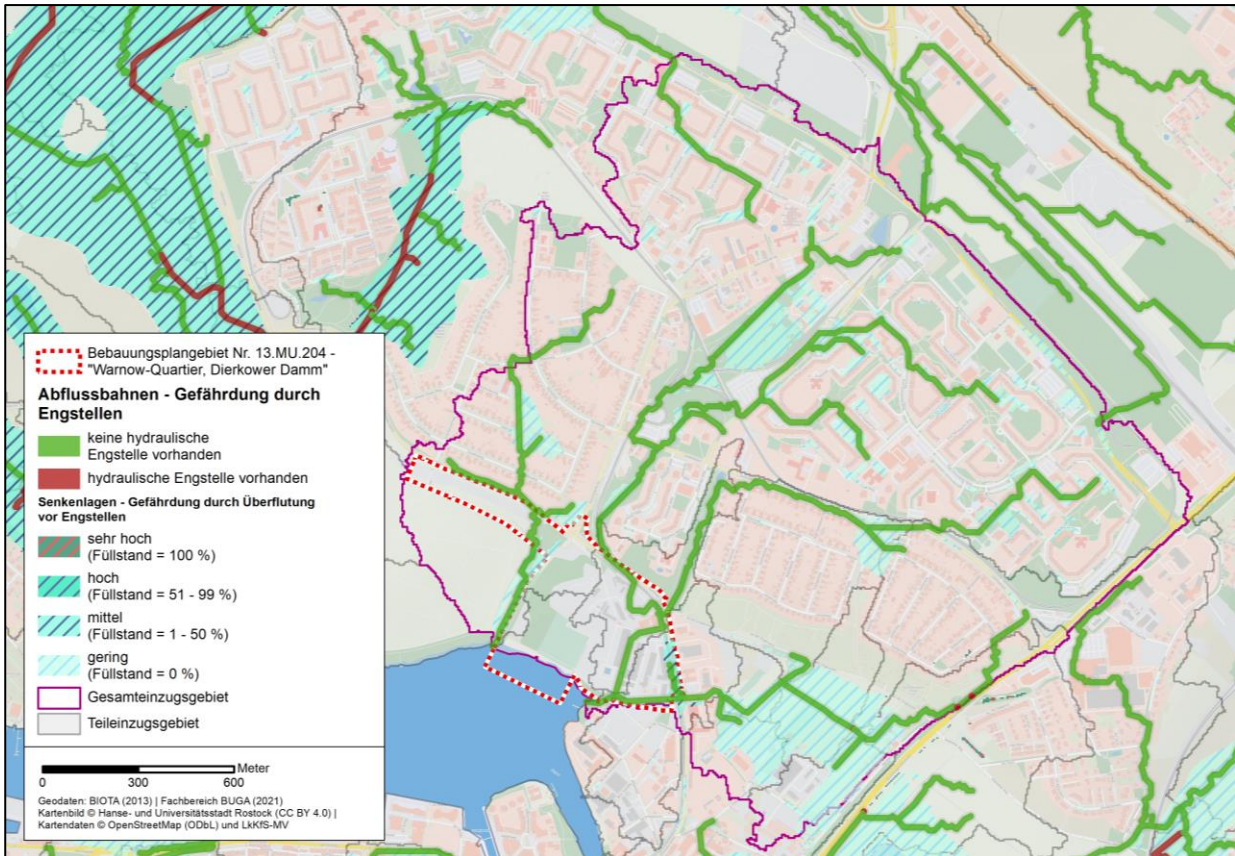


Abbildung 4-3: Gefährdungsbewertung der Abflussbahnen und Senkenlagen, aus BIOTA (2013)

4.3 Grundhochwasser

Ebenfalls im „Integrierten Entwässerungskonzept“ (INTEK, BIOTA (2013)) wurde eine überschlägliche Gefährdungsanalyse im Hinblick auf Grundhochwasser vorgenommen, wofür als Indizien Daten zu Grundwasserflurabständen, bodenkundliche bzw. weitere hydrogeologische Informationen, Dränflächenkarten und Lageinformationen zu historischen Gewässerverläufen genutzt wurden.

Die Bewertungen zum Grundhochwasser für das Untersuchungsgebiet (Abbildung 4-4) zeigen, dass das Gebiet praktisch nur eine geringe Gefährdung aufweist. Für den Fall eines Hochwassers der Unterwarnow würde ein Grundhochwasser zeitversetzt nachziehen; Stärke und Andauer werden dann maßgeblich von der Wasserstandsdynamik der Unterwarnow bestimmt. Außerdem sind die Wirkungen am schnellsten und am stärksten am Warnowufer mit dann raum-zeitlich abnehmender Tendenz bei wachsender Entfernung zur Unterwarnow.

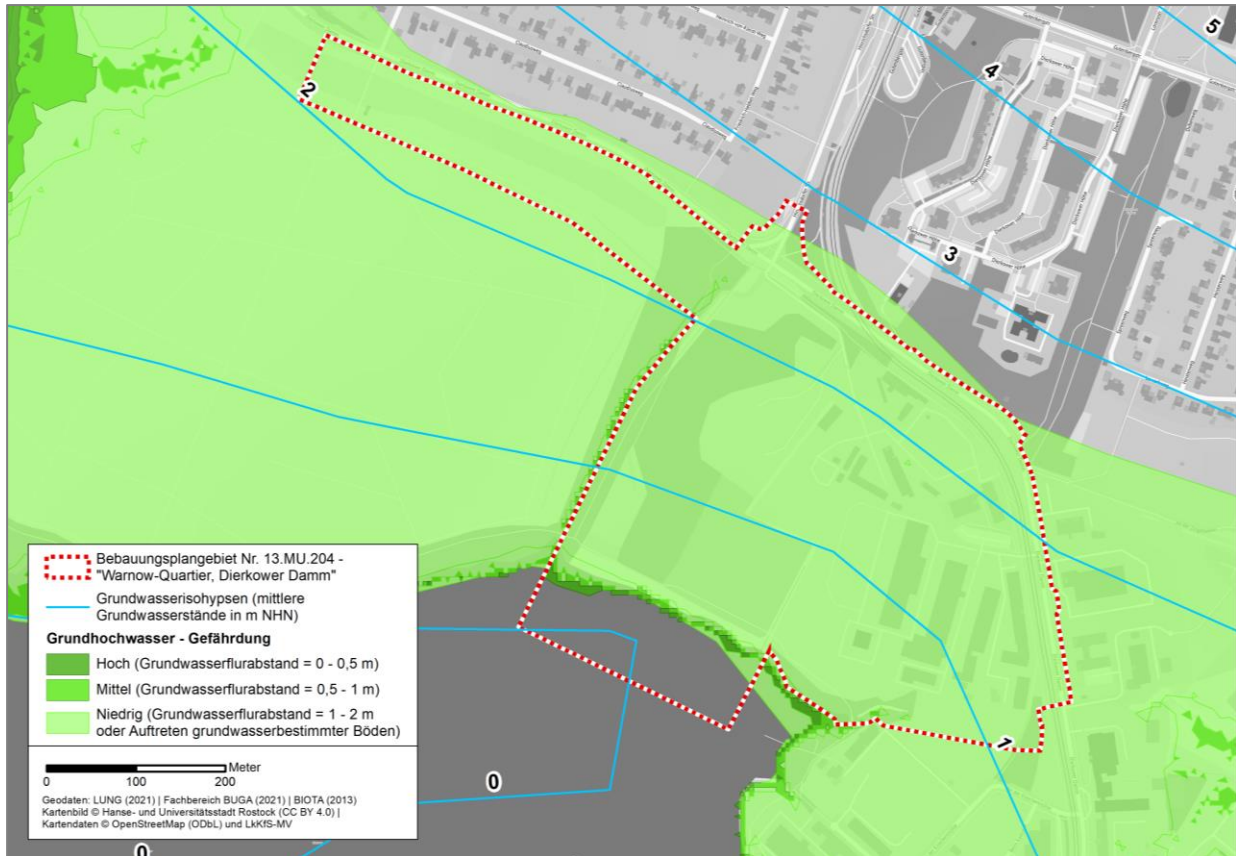


Abbildung 4-4: Bewertung der Grundhochwassergefährdung im Untersuchungsgebiet, aus BIOTA (2013)

4.4 Zentrale Entwässerungsachsen

In der Hanse- und Universitätsstadt Rostock wurden im Rahmen des Integrierten Entwässerungsleitplanes (IELP) die wichtigsten Trassen der städtischen Entwässerung identifiziert (BIOTA 2016). Entsprechende „Entwässerungsachsen“ sollten im Allgemeinen nicht nur eine aktuell hohe Bedeutung für die Abführung von Niederschlagswasser aufweisen, sondern stehen vielmehr auch folgende Funktionen im Fokus (BIOTA 2016):

- Anpassung von natürlichen und technischen Systemen an klimawandelbedingte Starkregen- und Abflussereignisse
- Freihalten von Achsen von Bebauung zur Erhaltung von Anpassungsmöglichkeiten zentraler Entwässerung, d. h. beispielsweise offene Gewässertrassen, Raum für Querschnittserweiterungen von Regenwasserleitungen, Gestaltungsmöglichkeiten von Gewässern und Feuchtgebieten zur Erhaltung von Funktionen und zur Sicherung von Ökosystemleistungen
- Umsetzung umweltrechtlicher Anforderungen (insbesondere Gewässerschutz und Meeresschutz, Hochwasserschutz, Naturschutz, Bodenschutz)
- Beitrag zur urbanen Biodiversität, zum Biotop- und Artenschutz sowie zum Biotopverbund
- (ggf. Re-)Etablierung bzw. Stabilisierung der Ökosystemfunktionen als Basis entsprechender Ökosystemleistungen urbaner Gewässer und Feuchtgebiete (z. B. Kühlfunktion)
- Optimale städtebauliche Integration von Gewässern und Feuchtgebieten, u. a. auch durch die raumgliedernde Wirkung von Gewässerachsen

Die Achsen wurden priorisiert. **Hauptentwässerungsachsen** weisen demnach auf:

- Eine hohe urban-hydrologische und siedlungswasserwirtschaftliche Bedeutung („Entwässerungsfunktion“)
- Eine Hohe Synergie zu anderen Funktionen
- Ihre Lage ist primär an den oberirdischen Abflussbahnen (offenen Gewässern) orientiert: das ist das Primat des „kommunalen“ Hochwasserschutzes
- Sie haben grundsätzlich eine relativ kurze Verbindung zur Hauptvorflut (Warnow, Unterwarnow/Breitling, Ostsee)

Nebenentwässerungsachsen umfassen alle sonstigen ausgewiesenen Achsen.

Im Untersuchungsgebiet (Abbildung 4-5) sind in dieser Hinsicht eine Hauptentwässerungsachse (Graben 12 – Speckgraben) sowie eine Nebenentwässerungsachse (Graben 11 – Zingelgraben) von Belang. Ihre Entwässerungs- und weiteren Funktionen sind zu beachten.

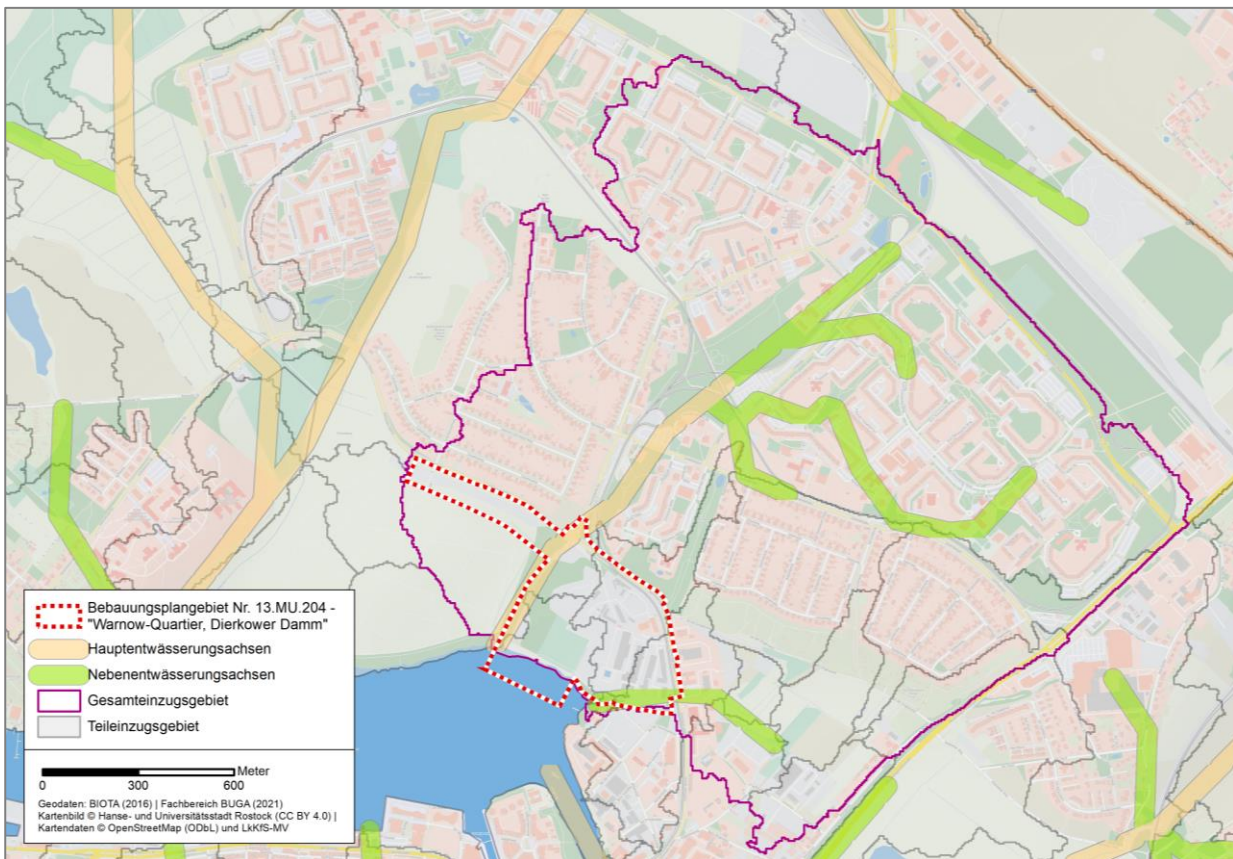


Abbildung 4-5: Relevante Entwässerungsachsen innerhalb des Untersuchungsgebietes, aus: BIOTA (2016)

4.5 Senken und Abflussbahnen

Bei intensiven und/oder langanhaltenden Niederschlägen kann Oberflächenabfluss auftreten. Dieser bildet sich, wenn die Niederschlags- die Infiltrationsintensität übersteigt (es fällt mehr Regen als zeitgleich versickern kann). Landoberflächenabfluss unterliegt allgemein einer schnellen Abflusskonzentrationswirkung und füllt in kurzer Zeit Senken und Mulden. Für Beurteilungen des oberirdischen Abflussgeschehens spielen daher oberirdische Abflussbahnen und Senken (einschließlich Mulden) eine große Rolle.

Eine **Abflussbahn** ist ein temporäres, sich im Regelfall bei Landoberflächenabfluss bildendes, oder permanentes Fließgewässer. Temporäre Abflussbahnen verstärken den Abflussprozess, indem sie die Gewässernetzdichte bei einem Abflussereignis erhöhen und somit zu schneller Translation (Volumenverschiebung) beitragen. Das abfließende Wasser wird nach unterhalb abgegeben und kann zu einer Beschickung von Senken führen. Zu einer Aktivierung der Abflussbahn kommt es, wenn die Niederschlags- die Infiltrationsintensität übersteigt, der gebildete Abfluss die Tiefenlinien des Reliefs füllt und dem Gefälle nach der Fließprozess einsetzt. **Senken** erscheinen im digitalen Höhenmodell (DGM) als Rasterzellen, die von höher gelegenen Zellen umgeben sind, und demnach keine natürliche oberflächliche Entwässerungsrichtung aufweisen.

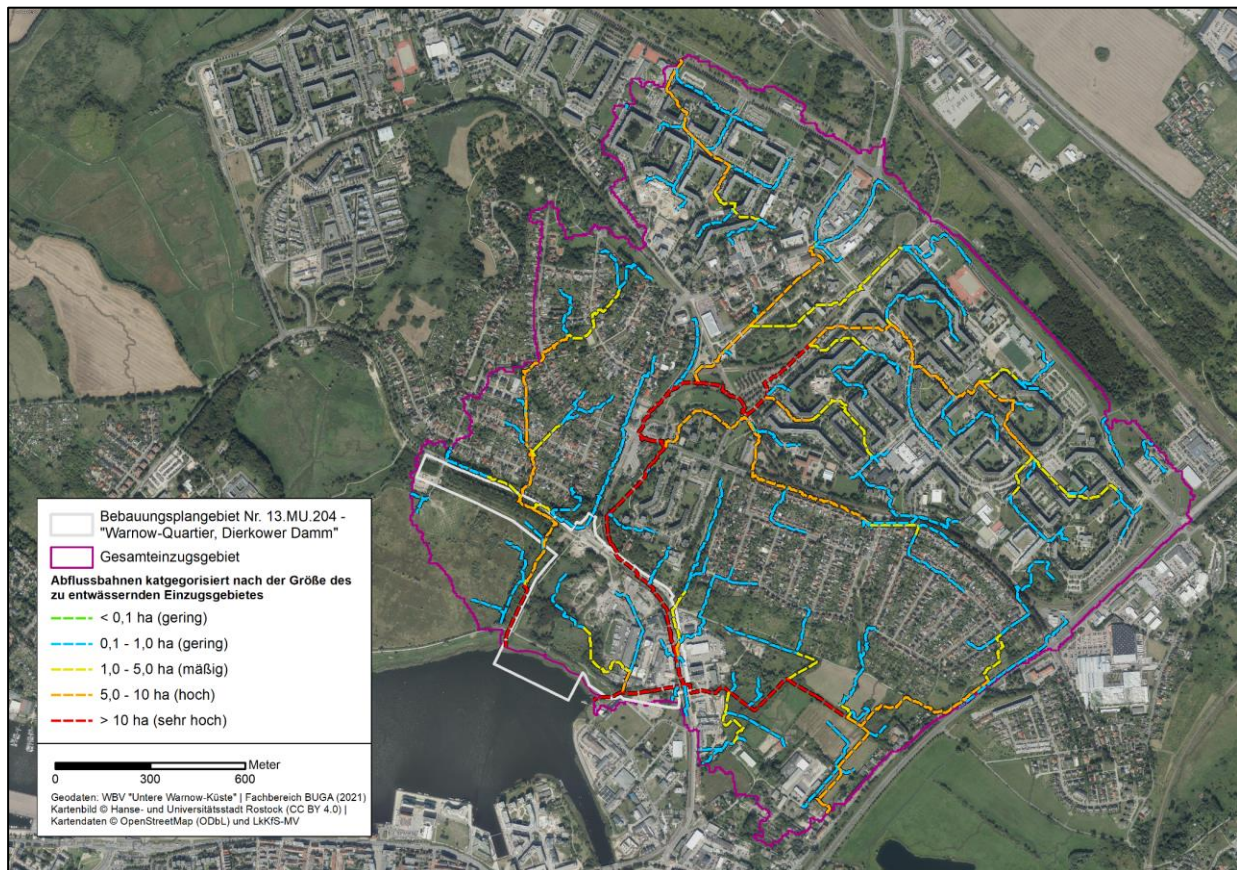


Abbildung 4-6: Abflussbahnen innerhalb des Einzugsgebietes und innerhalb des Untersuchungsgebietes (bei Versagen der technischen Niederschlagsentwässerung)

Von daher kann sich eine künftige Hochwasserbetroffenheit bereits dort ergeben, wo z. B. Gebäude ohne entsprechende bauliche Vorkehrungen in größeren temporären Abflussbahnen oder Senkenlagen errichtet werden. Eine Senkenanalyse in Kombination mit einer Abflussbahnenanalyse hilft, solche potentiellen Problembereiche zu erkennen. Die Abflussbahnen lassen sich nach der Größe ihrer Einzugsgebiete klassifizieren, die Senken nach ihrem Volumen (vgl. auch BIOTA 2013). Für die Analyse der Abflussbahnen wurde sicherheitsorientiert unterstellt, dass die technischen Entwässerungssysteme (Regenwasserkanalnetz) hier keine Funktion übernehmen („Versagensfall“).

Für den Ist-Zustand im Untersuchungsgebiet wurde eine solche Analyse auf Basis des DGM 1 durchgeführt (Abbildung 4-6, Abbildung 4-7). Folgende Schlüsse können daraus für den Ist-Zustand gezogen werden:

- a) Das Untersuchungsgebiet wird von zwei großen Abflussbahnen gequert, die somit im Starkregenfall Wasser aus anderen Einzugsgebietsteilen konzentriert heranführen könn(t)en.
- b) Im Untersuchungsgebiet kommen mehrere Senken vor, die entsprechend gefährdet wären, vgl. hierzu auch Kapitel 4.1 und 4.2.

Dem ist nachfolgend Rechnung zu tragen; allerdings haben gerade der beabsichtige Auf- und der Abtrag von Boden im Plangebiet eine stark modifizierende Bedeutung.

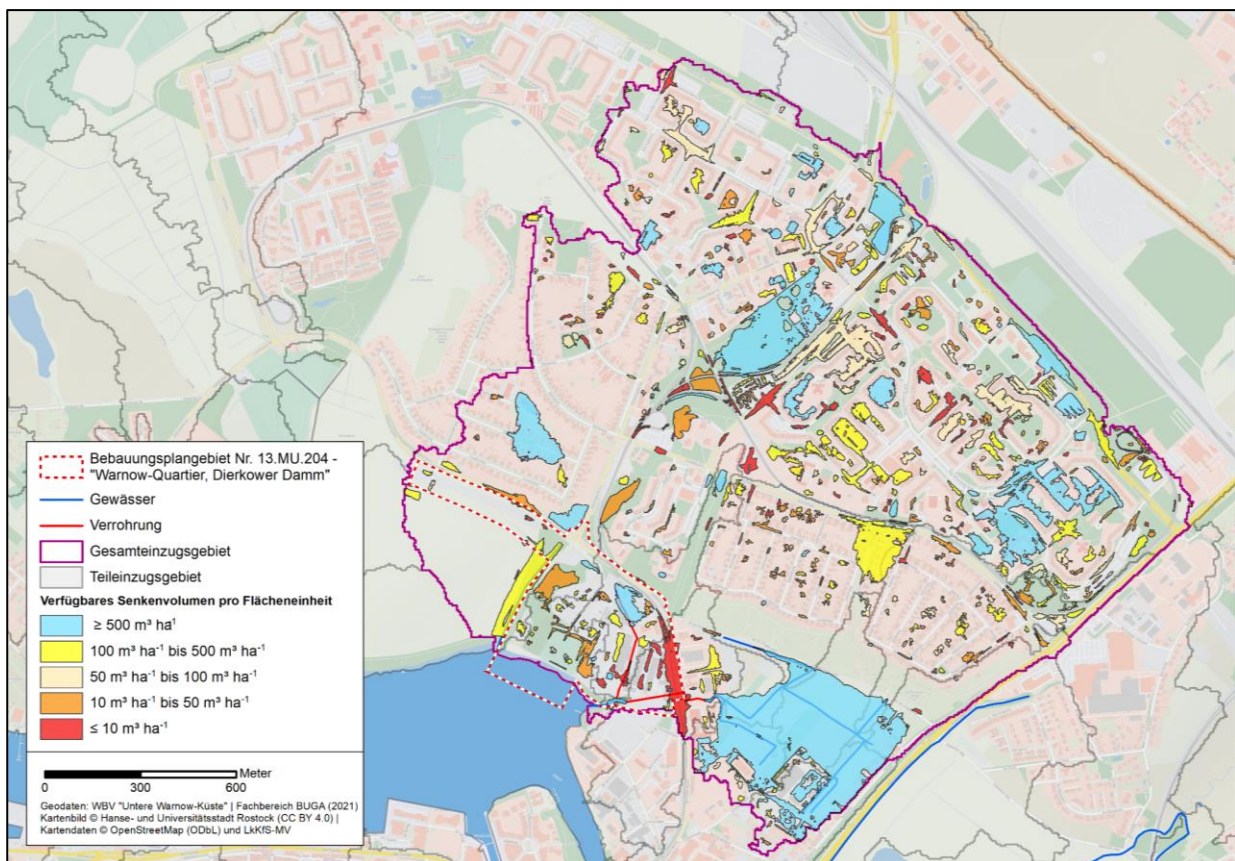


Abbildung 4-7: Berechnete Senken innerhalb des Einzugsgebietes und innerhalb des Untersuchungsgebietes

5 Analyse der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

5.1 Methodik

Zur Ermittlung der Wasserhaushaltskomponenten im Sinne vieljähriger Mittelwerte wird auf das in Kapitel 1.2.3 beschriebene Prinzip der Wasserhaushaltsberechnung zurückgegriffen. Der Ansatz wird nachfolgend umgesetzt, indem das sogenannte „BAGLUVA-Verfahren“ angewandt wird (GLUGLA et al. 1977, DYCK & PESCHKE 1983, GLUGLA & FÜRTIG 1997, GLUGLA et al. 1999, HAD 2000, 2001, 2003). „Grundlage des Verfahrens ist die von BAGROV (1953) entwickelte und von GLUGLA et al. (BfG 2003) modifizierte BAGROV-Beziehung, die basierend auf vieljährigen Mittelwerten wesentliche Zusammenhänge zwischen Wasser- und Wärmehaushalt beschreibt. Die tatsächliche (reale) Verdunstung ist abhängig von der Wasserverfügbarkeit aus korrigiertem Niederschlag (angewandt: Korrekturverfahren nach RICHTER 1995), Berechnung sowie Kapillaraufstieg aus flurnahem Grundwasser, der Energieverfügbarkeit in Form der maximalen (potenziellen) Verdunstung sowie den Standortbedingungen, die durch den Effektivitätsparameter n gekennzeichnet werden.“ (BGR 2010)

Die kleinste Einheit der Wasserhaushaltsbilanzierung durch das BAGLUVA-Verfahren bilden die Hydrotöpfe, die als Areale mit weitgehend einheitlichen hydrologisch maßgeblichen Eigenschaften und damit einer ähnlichen (vertikalen) hydrologischen Prozessstruktur gelten. Da der Hydrotopf maßgeblich vor allem durch räumlich manifestierte Eigenschaften des Bodens, der Vegetation, der Exposition, der Nutzung usw. bestimmt wird, entzieht er sich im Regelfall einer Abgrenzungsmöglichkeit durch Wasserscheiden. Seine Grenzen lassen sich im konkreten Verfahren dementsprechend durch flächenhafte Kombination der folgenden, hydrologisch maßgebenden Eigenschaftsmerkmale bestimmen:

- Landnutzung (s. Abbildung 5-1 für den „konventionellen“ Plan-Zustand I)
- Bodenmerkmale
- Gefälle und Exposition
- Grad der Versiegelung
- Grundwasserflurabstand
- Gebiete gleicher Niederschlags- und potenzieller Verdunstungshöhen (näherungsweise repräsentiert durch die Gebietsabdeckung meteorologischer Stationen, Tabelle 5-1, Tabelle 5-2)
- anthropogene Eingriffsmaßnahmen, vor allem Flächenentwässerungsmaßnahmen

Die Hydrotöpfe erhält man zweckmäßigerweise durch Verschneidung geeigneter Geodaten (insbesondere geowissenschaftlicher und wasserwirtschaftlicher Daten) in einem Geographischen Informationssystem (GIS).

Die verwendeten Niederschlagsdaten wurden korrigiert, weil Niederschlagsmessungen grundsätzlich fehlerbehaftet sind und daher für Wasserhaushaltsbetrachtungen und Wasserbilanzen auf ein geländegleiches Niveau bezogen werden müssen. Die wichtigsten Fehlerarten der Niederschlagsmessung ergeben sich durch Windfelddeformation, Verlust durch Benetzungsverdunstung am Niederschlagsmesser sowie Verdunstungsverlust aus dem Sammelgefäß. Eine wesentliche Rolle spielt die Windfelddeformation, so dass mit zunehmender Höhe einer Niederschlagsmessung über dem Erdboden sowie bei abnehmender Windabschirmung einer Messstelle die registrierte Niederschlagsmenge abnimmt.

Die Flächenmittel des Niederschlages wurden nach der Thiessen-Methode, einem Polygonverfahren, zugewiesen (vgl. DYCK et al. 1980) und ermöglichen so eine räumlich adäquate Auflösung des Niederschlages.

Tabelle 5-1: Im Untersuchungsgebiet relevante Niederschlagsstation mit Angabe zum korrigierten Jahresniederschlag (nach RICHTER 1995)

Stationsname	Korrigierter Niederschlag [mm·a ⁻¹]	Bezugszeit
Rostock	723	1981-2010

Tabelle 5-2: Im Untersuchungsgebiet relevante Klimastation mit Angabe zur Grasreferenzverdunstung nach TURC-WENDLING (WENDLING et al. 1991)

Stationsname	Grasreferenzverdunstung [mm·a ⁻¹]	Bezugszeit
Rostock-Warnemünde	600	1981-2010



Abbildung 5-1: Vorentwurf des Bebauungsplans inklusive Gebäude-Planung; Stand 23. März 2021 (Hanse- und Universitätsstadt Rostock 2021b)

Der mit Hilfe des BAGLUVA-Verfahrens ermittelte Gesamtabfluss für jedes Hydrotop kann in einem weiteren Schritt herangezogen werden, um die mittlere Grundwasserneubildungshöhe abzuschätzen. Dafür kam das Verfahren zur Bestimmung des Direktabflusses (Summe aus Oberflächen- und Zwischenabfluss) nach MEßER (1997) zur Anwendung. Im Vergleich zu früheren vereinfachten Ansätzen berücksichtigt es den Versiegelungsgrad und nimmt weiter eine Differenzierung von Bodenart und Grundwasserflurabständen vor. Das Verfahren wurde in den Jahren 2008 und 2013 verfeinert und auf eine größere Anzahl an Landnutzungsklassen ausgeweitet (MEßER 2013).

Die Zuweisung des prozentualen Anteils des Direktabflusses am Gesamtabfluss (p-Wert) zu den jeweiligen Hydrotopen erfolgt tabellarisch anhand der Eingangsparameter Reliefenergie bzw. Hangneigung, Landnutzung, Bodenart und Grundwasserflurabstand. Der mittlere jährliche Gesamtabfluss, reduziert um den so bestimmten jährlichen Direktabfluss, ergibt die mittlere jährliche Grundwasserneubildungshöhe.

5.2 Modellierung des lokalen Wasserhaushalts (Szenario: Ist-Zustand)

Nach der oben beschriebenen Methodik wurden für das Untersuchungsgebiet (abgestellt auf die Grenze des Bebauungsplangebietes) flächendeckend Hydrotepe für den Ist-Zustand ausdifferenziert (Abbildung 5-2).



Abbildung 5-2: Für das Untersuchungsgebiet abgeleitete Hydrotepe für den Ist-Zustand

Basierend auf den Vorauswertungen wurde zunächst die mittlere reale Verdunstung für das Untersuchungsgebiet berechnet (Abbildung 5-3). Unter Berücksichtigung der mittleren Direktabflüsse wurde damit letztlich der mittlere Gesamtabfluss berechnet (alle Größen in mm a^{-1}). Die Wasserhaushaltsbilanz für das Untersuchungsgebiet für die 30-jährige Zeitreihe 1981-2010 ergibt sich damit wie folgt (Abbildung 5-4):

$$723 \text{ mm a}^{-1} (\mathbf{P_{\text{korr}}}) = 437 \text{ mm a}^{-1} (\mathbf{ETa}) + 286 \text{ mm a}^{-1} (\mathbf{R_{\text{Direkt}} + R_{\text{GW}}})$$

P_{korr} mittlerer korrigierter Niederschlag

ETa mittlere tatsächliche (reale) Verdunstung

R_{Direkt} mittlerer Direktabfluss

R_{GW} mittlerer Grundwasserabfluss = mittlere Grundwasserneubildung

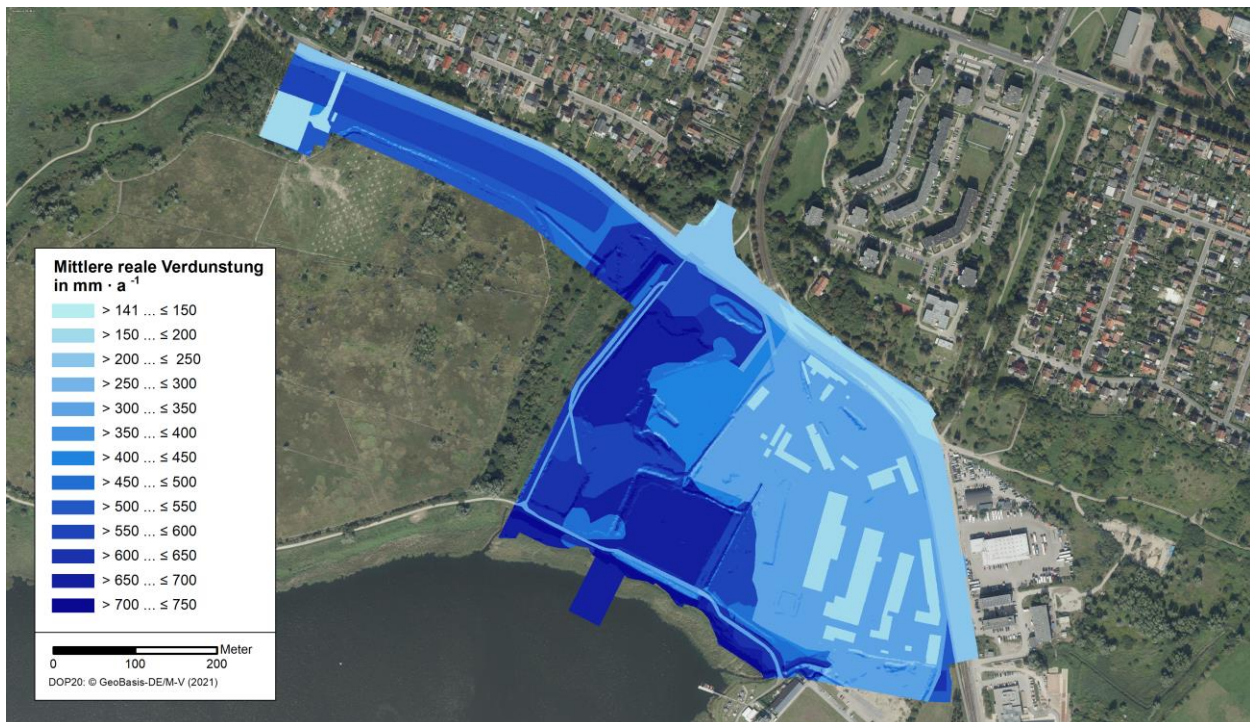


Abbildung 5-3: Für das Untersuchungsgebiet berechnete mittlere reale Verdunstung nach Hydrotopen für den Ist-Zustand

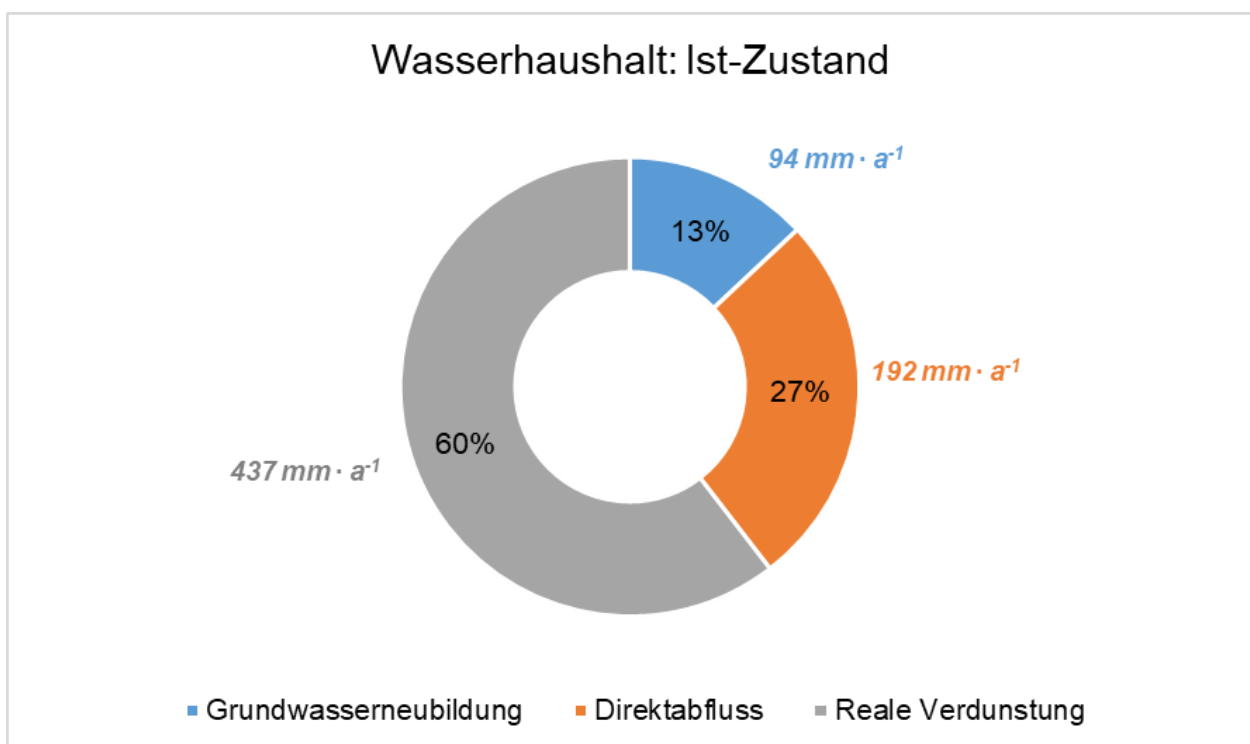


Abbildung 5-4: Wesentliche Wasserhaushaltskomponenten entsprechend DWA-A 102-1/BWK-A 3-1 für den Ist-Zustand im Untersuchungsgebiet

5.3 Modellierung des lokalen Wasserhaushalts mit einer gebietscharakteristischen Kulturlandschaftsnutzung ohne Siedlungs-/Gewerbe-/Verkehrsflächen (Szenario: Referenz-Zustand)

Entsprechend DWA-A 100 besteht die übergeordnete Zielsetzung, die Veränderung des Wasserhaushalts durch Siedlungsaktivitäten so gering zu halten, wie es ökologisch, technisch und wirtschaftlich vertretbar ist. Nach Arbeitsblatt DWA-A 102-3/BWK-A 3-3 wird als Ziel angesetzt, im langjährigen Mittel den lokalen Wasserhaushalt des bebauten Zustands im Vergleich zu einer gebietscharakteristischen Kulturlandnutzung ohne Siedlungs- und Verkehrsflächen als Referenzzustand möglichst zu erhalten oder weitestgehend anzunähern.

Für das konkrete Untersuchungsgebiet wurde das modelltechnisch so umgesetzt, dass alle naturfernen und -fremden Flächen mit Prägung durch vorhandene Industrie- und Gewerbeflächen, Verkehrsflächen, Baustellen, Deponien und Abraumhalden (vgl. Kapitel 3.2) komplett durch Wald-, Strauch und Übergangsstadien mit krautiger Vegetation ersetzt wurden. Dies sollte für diesen Raum am ehesten einer gebietscharakteristischen Kulturlandnutzung entsprechen, zumal die vorhandenen Wald- und Feuchtgebietsareale weiterhin so berücksichtigt bleiben.

Die Wasserhaushaltsbilanz für das Untersuchungsgebiet für die 30-jährige Zeitreihe 1981-2010 ergibt sich damit wie folgt (Abbildung 5-5):

$$723 \text{ mm a}^{-1} (P_{\text{kor}}) = 513 \text{ mm a}^{-1} (ETa) + 209 \text{ mm a}^{-1} (R_{\text{Direkt}} + R_{\text{GW}})$$

P_{kor} mittlerer korrigierter Niederschlag

ETa mittlere tatsächliche (reale) Verdunstung

R_{Direkt} mittlerer Direktabfluss

R_{GW} mittlerer Grundwasserabfluss = mittlere Grundwasserneubildung

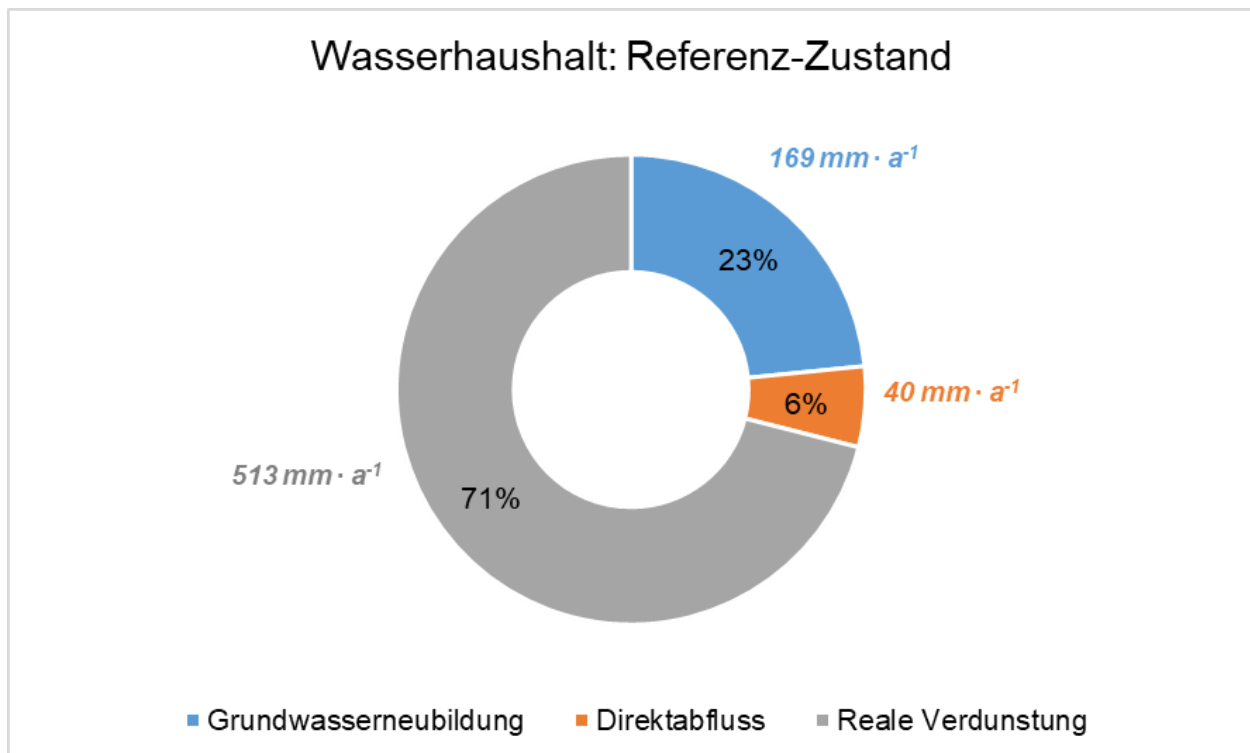


Abbildung 5-5: Wesentliche Wasserhaushaltskomponenten entsprechend DWA-A 102-1/BWK-A 3-1 für den Referenz-Zustand im Untersuchungsgebiet

5.4 Modellierung des lokalen Wasserhaushalts ohne spezifische Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen (Szenario: „konventioneller“ Plan-Zustand I)

Mit der gleichen Methodik wurden für das Untersuchungsgebiet (abgestellt auf die Grenze des Bebauungsplangebietes) Wasserhaushaltsberechnungen für den „konventionellen“ Plan-Zustand I vorgenommen, um die flächennutzungsbedingten Unterschiede (ohne Gegenmaßnahmen) in den Wasserhaushaltskomponenten zu analysieren (zum Vergleich und zur Auswertung s. Kapitel 5.5).

Die Wasserhaushaltsbilanz für das Untersuchungsgebiet für die 30-jährige Zeitreihe 1981-2010 ergibt sich damit wie folgt (Abbildung 5-6):

$$723 \text{ mm a}^{-1} (P_{\text{korr}}) = 392 \text{ mm a}^{-1} (ETa) + 331 \text{ mm a}^{-1} (R_{\text{Direkt}} + R_{\text{GW}})$$

P_{korr} mittlerer korrigierter Niederschlag

ETa mittlere tatsächliche (reale) Verdunstung

R_{Direkt} mittlerer Direktabfluss

R_{GW} mittlerer Grundwasserabfluss = mittlere Grundwasserneubildung

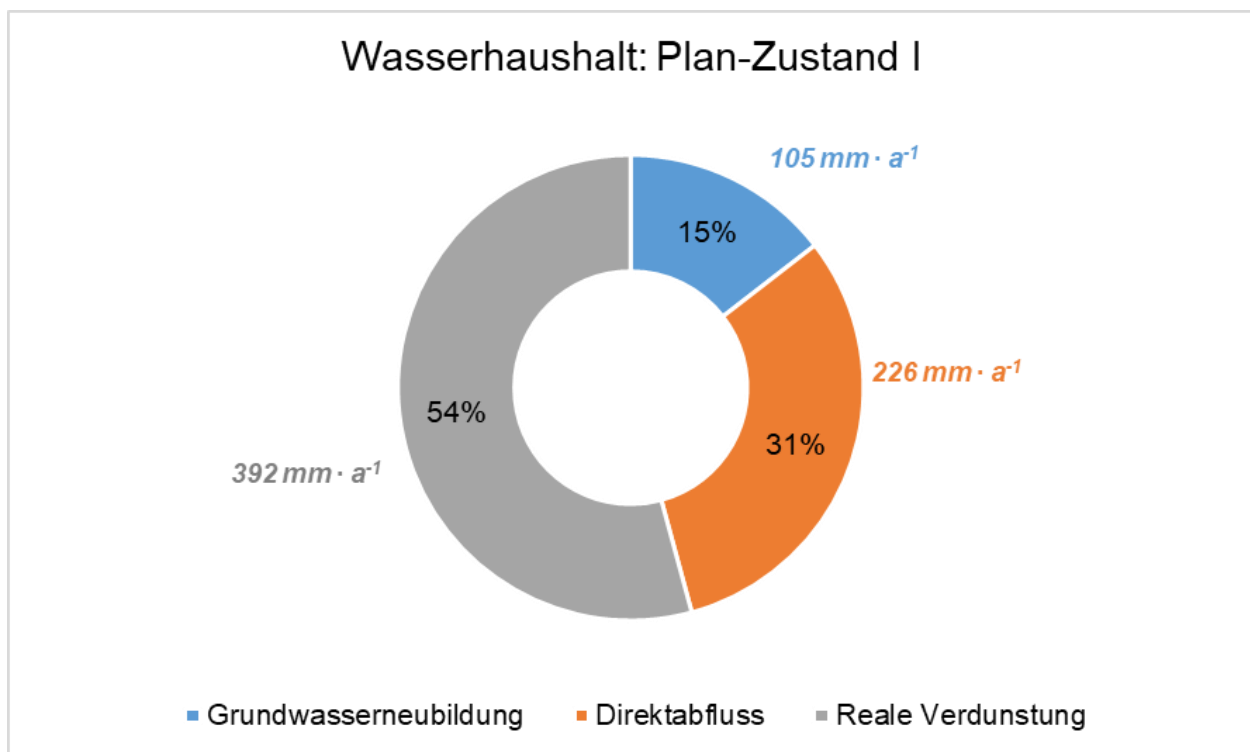


Abbildung 5-6: Wesentliche Wasserhaushaltskomponenten entsprechend DWA-M 102/BWK-M 3 für den Plan-Zustand I („konventionell“) im Untersuchungsgebiet

5.5 Vergleich und Bewertung der mittleren Wasserbilanzen, Gegen- und Anpassungsmaßnahmen

Der Vergleich der beiden mittleren Wasserbilanzen (1) Ist-Zustand mit (2) konventionellem Planzustand I (ohne spezifische „ausgleichende“ Maßnahmen) zeigt, dass Verschiebungen in der Bilanzhöhe (mm a^{-1}) bei den zentralen Wasserhaushaltskomponenten Grundwasserneubildung, Direktabfluss und reale Verdunstung zu konstatieren sind (Abbildung 5-4, Abbildung 5-6). Diese sind aber sogar als noch vergleichsweise moderat zu bewerten (Abbildung 5-7). Ursachen dafür ist zum einen die bereits vorhandene Nutzungsvorprägung der relevanten Flächen (umfangreich bestehende Industrie-/Gewerbeflächen), zum anderen ist dies auch Folge bzw. Wirkung der geplanten und auf starke Nachhaltigkeit ausgerichteten Nutzungsstruktur im Bebauungsplangebiet.

So erhöht sich im Plan-Zustand I bilanziell die Grundwasserneubildung sogar leicht ($+9 \text{ mm a}^{-1}$ bzw. $+12 \%$ im Vergleich zur Verdunstung im Ist-Zustand, $+2 \%$ im Verhältnis zur Gesamtbilanz nach Abbildung 5-7). Der Direktabfluss nimmt deutlicher zu ($+34 \text{ mm a}^{-1}$ bzw. $+18 \%$ im Vergleich zum Direktabfluss im Ist-Zustand, Abbildung 5-4, Abbildung 5-6), im Spiegel der Gesamtbilanz liegt das Plus beim Direktabfluss bei $+4 \%$ (Abbildung 5-7). Die reale Verdunstung verringert sich gegenüber dem Ist-Zustand um 45 mm a^{-1} bzw. 11% (-6% im Verhältnis zur Gesamtbilanz, vgl. Abbildung 5-7).

Noch deutlicher sind die Abweichungen zwischen dem Plan-Zustand I und dem Referenz-Zustand (Abbildung 5-7). In diesem Vergleich bzw. der daraus resultierenden Abweichung liegt das eigentliche Ziel der Wasserhaushaltsbetrachtung bzw. Vermeidungsstrategie nach DWA-A 102-2/BWK-A 3-2. Der Referenzzustand ist vor allem durch deutlich mehr reale Verdunstung und deutlich größere Grundwasserneubildung gekennzeichnet; hier liegt der Direktabfluss auf Grund fehlender Versiegelung nur bei 6% der Gesamtwasserbilanz.

Generell sind daher Gegen- und Anpassungsmaßnahmen mit der Zielstellung einer Erhaltung des gegebenen Wasserhaushalts angeraten (vgl. Kapitel 1). Grundsätzlich geeignete Maßnahmen werden im Kapitel 5.6 vorgestellt und im Hinblick auf die konkrete Situation im Untersuchungsgebiet diskutiert. Letztlich erfolgen fachliche Empfehlungen. Darauf basierende und bereits auf die Situation abgestellte Lösungen werden schließlich im Kapitel 5.7 modelltechnisch abgebildet und im Hinblick auf die mittleren Wasserbilanzen ausgewertet. Kapitel 5.8 schließt die Analyse der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und damit auch die Bewertung der ausgewählten Maßnahmen vergleichend ab.

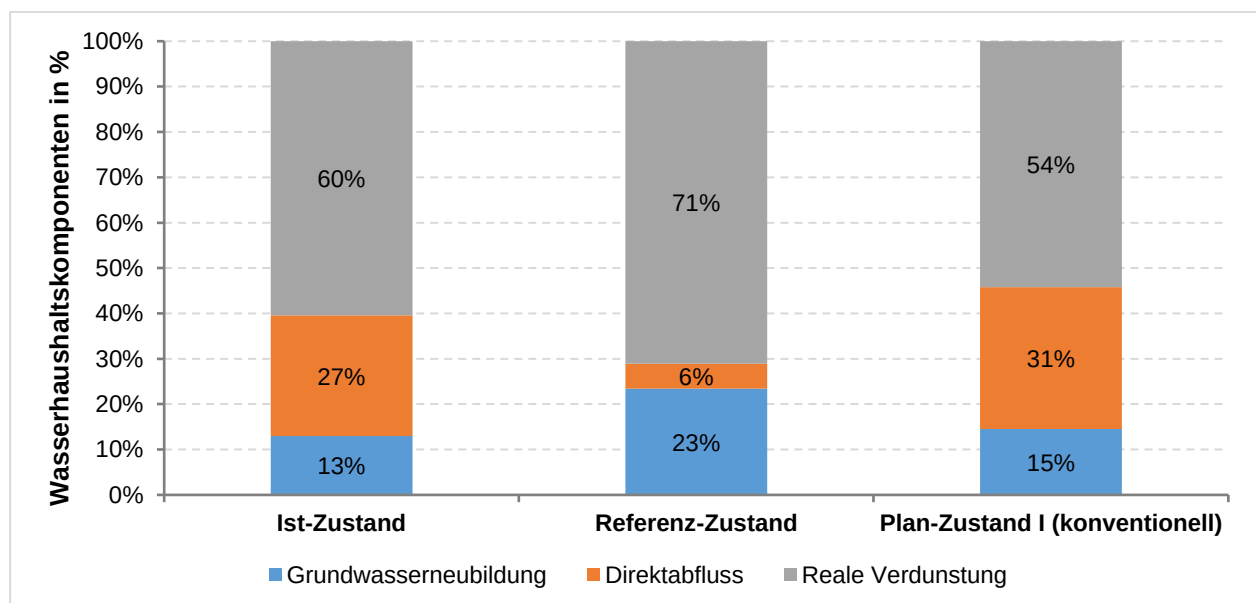


Abbildung 5-7: Vergleich der Wasserbilanzen nach den zentralen Wasserhaushaltskomponenten (in %): Vergleich des Ist-Zustands mit dem Referenz-Zustand und dem Plan-Zustand I („konventionell“)

5.6 Prinzipielle Lösungsansätze für eine wassersensible, innovative Quartiersentwicklung (Wasserhaushalt)

5.6.1 Vermeidung von Niederschlagswasseranfall

Eine Vermeidung des Niederschlagswasseranfalls i. S. des § 54 Absatz 1 Satz 2 WHG („Abwasser ist [...] 2. das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser)“) bildet gerade im urbanen Raum einen ganz grundsätzlichen Lösungsansatz.

Hierbei bestehen die Zielstellungen

- Möglichst geringe hydrologische Veränderungen infolge anthropogener Maßnahmen und Nutzungen und damit möglichst geringe Wirkungen auf den lokalen Wasserhaushalt sowie damit den verbundenen ökologischen Zustand und relevante Ökosystemleistungen i. S. des Nutzens für den Menschen (TEEB DE 2015, 2016)
- Umgehung der rechtlichen Verpflichtung zur Abwasserbeseitigung (§ 56 WHG) und damit Minimierung des erforderlichen Einsatzes technischer Systeme und damit verbundener investiver und dauerhafter Kosten

Erreicht werden kann dies mit folgenden Maßnahmen (bereits oder weitestgehend im Entwurf des Bebauungsplans, Stand 16.08.2021, vorgesehen):

- Rückbau bestehender Industrie- und Gewerbeanlagen mit signifikanter Reduktion der Flächen-/Bodenversiegelung, damit Reetablierung natürlicher Bodenversickerung
- Flächensparende Bebauung durch Anordnen von unversiegelten, begrünten Innenhöfen u. a. und dafür Ansetzen einer vergleichsweise niedrigen Grundflächenzahl entsprechend § 9a BauGB in Höhe von zum Teil nur 0,5 bis 0,6 (entsprechend § 19 BauNVO wäre für urbane Gebiet eine Obergrenze von 0,8 erlaubt)
- Geringe Versiegelung von Verkehrsflächen, Wegen und Aufenthaltsbereichen durch Minimierung des Flächenbedarfes (u. a. große, grundsätzlich autofreie Bereiche) sowie vorgesehene Verwendung wasserdurchlässiger oder teilweise wasserdurchlässiger Befestigungsarten (breite Pflasterfugen/Sickerfugen, wasserdurchlässige Pflastersysteme, begrünbare Pflasterdecken, wassergebundene Decken, Dränasphaltschichten, Dränbetonschichten...).

5.6.2 Rückhalt und Nutzung von Niederschlagswasser

Niederschlagswasser, welches dem Direktabfluss zugeordnet ist, kann zurückgehalten und grundsätzlich genutzt werden. Direktabflussbildungsflächen sind grundsätzlich Dachflächen, deren abfließendes Niederschlagswasser sich auf Grund allgemein geringer Verschmutzung gut für eine Nutzung eignet. Auf die Möglichkeit, Wasser ggf. bereits auf den Dachflächen zu speichern, wird ebenfalls eingegangen.

Voraussetzung für eine Nutzung sind Speicherlösungen. Das vom Dach fließende Niederschlagswasser wird über ein Filtersystem zu einem Speicher geleitet. Aus vielerlei Gründen (Platz, Frostfreiheit) wären hier unterirdische Lösungen in Form von Zisternen zu bevorzugen. Das in einer Zisterne gesammelte Wasser kann dann über ein System Filter – Saugpumpe – Verteilernetz zu Verbrauchern geleitet werden. Um ein Überlaufen der Zisterne zu verhindern, muss ein Überlauf in eine Versickerungslösung und/oder in einen Regenwasserkanal mit anschließender Einleitung in ein Oberflächengewässer oder in ein Feuchtgebiet vorgesehen werden.

Eine Niederschlagswassernutzung hilft, Trinkwasser zu sparen. Durch eine Regenwassernutzung können im häuslichen Bereiche im Idealfall rund 50 % der Trinkwassermenge durch Regenwasser ersetzt werden

(fbr 2020). Ca. 30 % des häuslichen Trinkwasserverbrauchs werden normalerweise für die Toilettenspülung und rund 13 % für die Waschmaschinennutzung verbraucht und können (bei entsprechenden Voraussetzungen) in hohem Maße durch Regenwasser ersetzt werden. Weiches, praktisch kalkfreies Regenwasser trägt bei einer Nutzung auch noch dazu bei, die Waschmaschinenverkalkung zu verhindern und spart zusätzlich noch ca. 20 % bis 50 % Waschmittel.

Dachflächen müssen möglichst chemisch neutral sein, damit Regenwasser umfassend und unproblematisch genutzt werden kann. Zudem ist das auch von großem Vorteil für den Gewässerschutz (vgl. hierzu Kapitel 7.3.7).

Zu diskutieren ist bei einer beabsichtigten Dachregenwassernutzung eine theoretisch mögliche parallele Nutzung des Daches als Gründach. Wird kein rein mineralisches Substrat verwendet, würde sich das Dachablaufwasser auf Grund der Huminstoffe auf jeden Fall bräunlich verfärben, was hygienisch unbedenklich ist, aber gegen eine Nutzung in der Waschmaschine spricht und auch bei der Toilettennutzung sicher nicht gerade als sehr ästhetisch wahrgenommen wird. Zum anderen geht bei der Gründachnutzung ein relativ hoher Anteil als Verdunstungsanteil „verloren“, was die Zisternenfunktion einschränkt. Die Kombination Gründach und Zisterne macht daher unter wirtschaftlichem, unter nutzungsbezogenem und auch unter hydroökologischem Blickwinkel wenig oder keinen Sinn. Das muss einzelbezogen abgewogen werden.

Wird auf Zisternen gesetzt, ist auch eine Blaudachlösung, also eine gezielte Speicherung auf dem Dach, aus Kosten-Nutzen-Erwägungen heraus eher abzulehnen, weil das Speichervolumen auf dem Dach hohe bauliche Anforderungen, u. a. an die Statik, auslöst. Dies kann preiswerter in Form von Zisternenvolumen abgebildet werden. Für die Kühlung spielen Blaudächer hingegen nur eine untergeordnete Rolle (SIEKER et al. 2019).

Die optimale Größe des Nutzvolumens von Regenwasserspeichern sollte in einem ausgewogenen Verhältnis zwischen Regenwasserertrag und Betriebswasserbedarf stehen. Eine Optimierung des Nutzvolumens ist unter quantitativen und wirtschaftlichen Aspekten durchzuführen (DIN 1989-1). Für das Nutzvolumen bestehen folgende (theoretische) Abnahmemöglichkeiten:

- a) Regenwassernutzung für Toilettenspülung und Waschmaschinen
- b) Regenwassernutzung als Bewässerungswasser für Grünflächen, bepflanzte Rabatten, Kübel und dergleichen
- c) „strategische“ und zusätzliche Löschwasserreserve

Im Folgenden wird analysiert, ob bei der eher ungünstigen Konstellation von Dachfläche zu Nutzfläche (bei im Regelfall vorgesehenen 4- bis 5-geschossigen Gebäuden überhaupt genug Niederschlagswasser für die o. g. Abnahmemöglichkeiten zusammenkommen kann; ggf. ist bezüglich der Nutzung zu priorisieren).

Zu a): Bezüglich der Regenwassernutzung für Toilettenspülung und Waschmaschinen können folgende Berechnungsgrundlagen je Person und Jahr herangezogen werden (vgl. <https://www.oekologisch-bauen.info>):

- Mittlere Wassermenge für Toilettenspülung mit Spar-/Stopptaste: $8,8 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$
- Mittlere Wassermenge für die Waschmaschinennutzung (bei angesetzter Haushaltsgröße 2 bis 3 Personen): $4,4 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$

Mit Hilfe der Kenngrößen zu vorgesehenen Baufelder in Bezug auf die Einwohner (Abbildung 5-8) kann je Baufeld die benötigte Regenwassermenge für die Waschmaschinennutzung abgeschätzt werden. Für die Toilettenspülung geht das analog; allerdings muss hier auch ein Ansatz für die Gewerbe- und Sonderflä-

chen zusätzlich gefunden werden (hier sind statt Einwohnerangaben Beschäftigte und Besucher abzuschätzen). Es wird angesichts fehlender Daten und kaum möglicher Prognosen zur realen Nutzung pragmatisch von folgenden Ansätzen ausgegangen.

- Gewerbe für Produktion: je 25 m² Fläche ein Beschäftigter
- Gewerbe für Publikumsverkehr: je 50 m² ein Beschäftigter sowie je 50 m² ein Besucher (nicht jeder Besucher geht auf die Toilette, außerdem 24-h-Effekt...), d. h. summarisch je 25 m² ein Beschäftigter oder Besucher
- Sondernutzung (Mehrgenerationenhaus, Kindergarten): je 25 m² ein Beschäftigter oder Besucher

So ergibt sich letztlich, dass einheitlich immer als Bezugsgröße (flächenspezifischer Ansatz) eine Person je 25 m² für alle Nutzungsformen ohne direkten Wohnungsbezug angesetzt werden kann. Die gewählten Gesamtansätze sind für alle Baufelder in Tabelle 5-3 dargestellt.

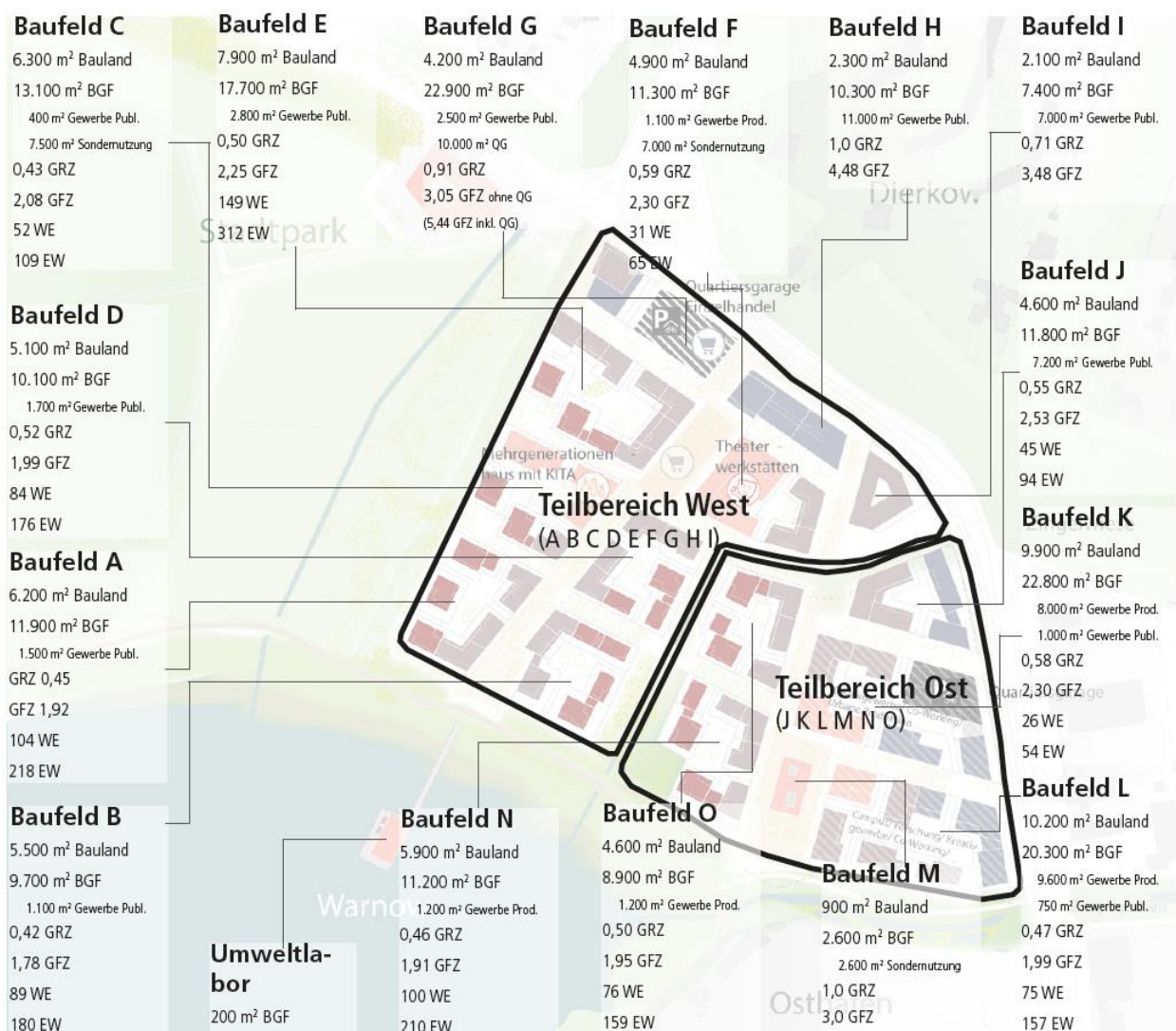


Abbildung 5-8: Übersicht über die vorgesehenen Baufelder und Kennzahlen, aus: Quartiersexposé (Fachbereich BUGA, MACHLEIDT & SINAI 2021)

Tabelle 5-3: Ermittelte mittlere Wassermengen der Waschmaschinennutzung sowie der Toilettenspülung je Baufeld (gewählte Eingangsgrößen der Berechnung unterstrichen)

Baufeld	Brutto- grund- fläche (BGF) in m ²	Gewer- befläche in m ²	Son- dernut- zung in m ²	Einwoh- ner (EW)	Mittlere Wasser- menge für die Toilet- tenspülung in m ³ a ⁻¹	Mittlere Wasser- menge der Waschma- schinennut- zung in m ³ a ⁻¹	Summe der mittleren Was- sermenge der Toilettenspü- lung und Waschmaschi- nennutzung in m ³ a ⁻¹ je Baufeld
A	11.900	<u>1.500</u>	-	<u>218</u>	2.446	959	3.406
B	9.700	<u>1.100</u>	-	<u>180</u>	1.971	792	2.763
C	13.100	<u>400</u>	<u>7.500</u>	<u>109</u>	3.740	480	4.220
D	10.100	<u>1.700</u>	-	<u>176</u>	2.147	774	2.922
E	17.700	<u>2.800</u>	-	<u>312</u>	3.731	1.373	5.104
F	11.300	<u>1.100</u>	<u>7.000</u>	<u>65</u>	3.423	286	3.709
G	<u>22.900*</u>	2.500	-	-	4.541	-	4.541
H	10.300	<u>11.000</u>	-	-	3.872	-	3.872
I	7.400	<u>7.000</u>	-	-	2.464	-	2.464
J	11.800	<u>7.200</u>	-	<u>94</u>	3.362	414	3.775
K	22.800	<u>9.000</u>	-	<u>54</u>	3.643	238	3.881
L	20.300	<u>10.350</u>	-	<u>157</u>	5.025	691	5.716
SO M	2.600	<u>2.600</u>	-	-	915	-	915
N	11.200	<u>1.200</u>	-	<u>210</u>	2.270	924	3.194
O	8.900	<u>1.200</u>	-	<u>159</u>	1.822	700	2.521
Summe	192.000	60.650	14.500	1.734	45.373	7.630	53.002

* für die Berechnung wurde die Fläche der Quartiersgaragen (10.000 m²) herausgerechnet, somit liegt die herangezogene BGF bei 12.900 m²

Zu b): Für die Regenwassernutzung als Bewässerungswasser für Grünflächen, bepflanzte Rabatten, Kübel und dergleichen wird für die Ermittlung notwendiger Mengen auf das Wasserhaushaltsmodell, die bereits beschriebene Methodik und die entsprechenden Grundlagendaten zurückgegriffen, indem bewusst (auf Grund der Zielgröße bestmöglicher Kühlung) vom Defizit aus monatlichem Niederschlag P_{korr} (korrigiert) und maximaler Verdunstung ET_{max} ausgegangen wird (Differenz P_{korr} und ET_{max}).

Das Defizit ergibt den Beregnungsbedarf für städtische Grünflächen (angesetzt: Bodenart Lehm), der sicherheitsorientiert und im Sinne eines Klimazuschlages pauschal um 20 % erhöht wurde. Dabei ergibt sich der Beregnungsbedarf nur für die Monate April bis August mit dem Maximum von 60 mm im Monat Mai (Tabelle 5-4).

Über die Grundflächenzahlen der einzelnen Baufelder kann die Flächengröße der städtischen Grünflächen pauschal abgeschätzt werden. Durch Umrechnen ($\text{mm} = \text{l m}^{-2}$) konnte daraus eine absolute Wassermenge als Beregnungsbedarf ermittelt werden (s. u.). Sondergebiete (SO1, SO2), die keine klassischen Gebäudestrukturen aufweisen bzw. auf dem Wasser liegen, wurden dabei von den Betrachtungen ausgeschlossen.

Zu c): Wegen der großen Nähe zur Unterwarnow wird hier keine Abschätzung erforderlicher Löschwasserreserven vorgenommen. Der Aspekt bleibt ohne Ansatz. Je nach Situation wären hier aber ggf. operative Reserven für eine Brandbekämpfung verfügbar.

Tabelle 5-4: Wasserhaushaltsberechnung (mm) für die 30-jährige Zeitreihe 1981-2010 zur Ermittlung des Defizits/Beregnungsbedarfes für die Bodenart Lehm und angesetzte Nutzung als städtische Grünfläche

Zeitraum	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Pkorr - Niederschlag, korrigiert	723	60	48	52	42	55	79	71	69	67	56	56	68
ET0 - Grasreferenzverdunstung (ständig feuchte, mit 12 cm hohem Gras bewachsene Fläche)	600	8	16	33	63	92	100	104	86	54	27	11	6
ETreal/ETa - Reale Verdunstung	540	9	18	38	48	65	89	83	78	61	31	13	7
ETmax - Maximale Verdunstung (landnutzungsabhängige, maximale Evapotranspirationshöhe)	684	9	18	38	71	105	114	119	98	61	31	13	7
Differenz ETmax und ETa	145	0	0	0	23	40	25	36	20	0	0	0	0
Differenz Pkorr und ETmax					-30	-50	-35	-48	-29	6	25		
Beregnungsbedarf					30	50	35	48	29				
Beregnungsbedarf mit Klimazuschlag (+ 20 %)					36	60	42	57	35				
Rges - Gesamtabfluss	183	49	27	11	0	0	0	0	0	0	0	38	59
Direktabfluss	41	11	6	2	0	0	0	0	0	0	0	8	13
GWN - Grundwasserneubildung	142	38	21	9	0	0	0	0	0	0	0	29	46
Bagrov n (korrigiert)	2,1												
Versiegelung [%]	4,6												
CLC-Code	141	Städtische Grünflächen											
Bodenart	Lehm												

Für die Berechnung der notwendigen Zisternengrößen bzw. auch die Vorbewertung, welche Abnahmemöglichkeiten überhaupt im Bereich des Niederschlagswasserdargebots liegen, wurde folgender Algorithmus angewandt:

- Berechnung des monatlichen Niederschlagswasserdargebotes je Baufeld:
 - Multiplikation des korrigierten Niederschlages (in mm = l m⁻²) mit den Dachflächengrößen des jeweiligen Baufeldes (Tabelle 5-4), bei einem angesetzten mittleren Abflussbeiwert ψ_m für Flachdächer in Höhe von $\psi_m = 0,90$ (z. B. DWA-A 138); etwaige Dachflächenverluste, wie z. B. durch Dachrandabschlüsse, Flachdachausstieg usw., oder auch Photovoltaikelemente spielen bei dieser Betrachtung keine Rolle, weil der Niederschlag am Ende wieder auf dem Dach auftrifft und hier im Wesentlichen zum Abfluss kommt; Benetzungsverdunstungsverluste sind bereits bei der Wahl von ψ_m berücksichtigt
- Berechnung des monatlichen Wasserbedarfs in mehreren abgestuften Varianten je Baufeld:
 - a. Summe des gesamten Wasserbedarfs i. S. von Toilettenspülung, Waschmaschinennutzung (Tabelle 5-3, Spalte 7) sowie auf Grund von Bewässerungsbedarf für Grünflächen (Flächenermittlung über die Grundflächenzahl der nicht bebauten Flächen innerhalb des Baufeldes, Ermittlung des Beregnungsbedarfs über den Ausgleich des Niederschlagdefizites, um höchstmögliche Verdunstung i. S. des Kühleffektes anzustreben), bezogen auf einen Monat

- b. Summe des Wasserbedarfs i. S. (nur) von Toilettenspülung und Waschmaschinennutzung (Tabelle 5-3, Spalte 7), bezogen auf einen Monat
- c. Summe des Wasserbedarfs i. S. (nur) von Toilettenspülung (Tabelle 5-3, Spalte 5), bezogen auf einen Monat
- d. Summe des Wasserbedarfs i. S. (nur) von Bewässerung von Grünflächen (Flächenermittlung über die Grundflächenzahl der nicht bebauten Flächen innerhalb des Baufeldes, Ermittlung des Beregnungsbedarfs über den Ausgleich des Niederschlagsdefizites, um höchstmögliche Verdunstung i. S. des Kühleffektes anzustreben), bezogen auf einen Monat
- Berechnung der monatlichen Differenzen des Niederschlagswasserdargebotes zum jeweiligen Wasserbedarf (einzelne Betrachtung der Varianten a bis d) je Baufeld, siehe Anhang (Kapitel 11)

Die negativen Differenzen i. S. „nicht vorhandenen Dargebots bzw. zu hohen Nutzungsanspruches“ (Abbildung 5-10, Tabelle 11-6 bis Tabelle 11-8 im Anhang) in den Varianten a bis c zeigen auf, dass umfangreichere Nutzungen nicht möglich sind; hierfür fehlt das Dargebot.

So bleibt eigentlich nur die Variante, Zisternen lediglich für den Rückhalt von Beregnungswasser zu konzipieren bzw. zu dimensionieren. Auf dieser Grundlage werden Dimensionen für baufeldbezogene Zisternen nach Variante d empfohlen, die den Wasserbedarf der Bewässerung von städtischen Grünflächen (Flächengrößen abgeschätzt über die Grundflächenzahlen) abdecken (Abbildung 5-11, Anhang Tabelle 11-9).

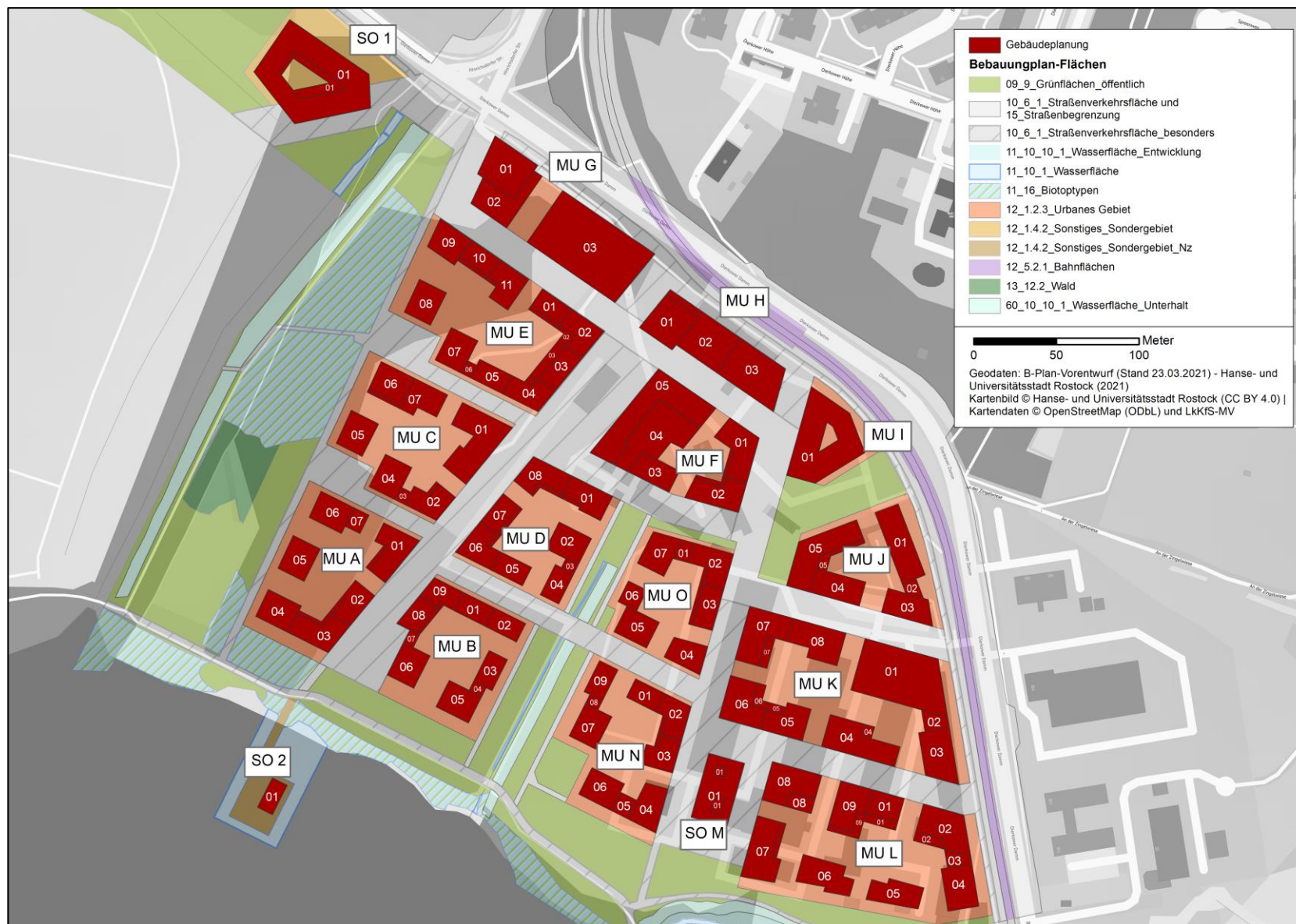


Abbildung 5-9: Baufelder entsprechend Quartiersexposé (Fachbereich BUGA, MACHLEIDT & SINAI 2021) und vorgenommene Gebäudenummerierung

Tabelle 5-5: Zuordnung der Gebäude zu den Baufeldern und Angaben zu den zugehörigen Dachflächen

Baufeld	Gebäudenummer	Gesamtdachfläche (GDF) in m ²
A	1	567
	2	370
	3	524
	4	401
	5	398
	6	390
	7	125
B	1	263
	2	262
	3	262
	4	51
	5	396
	6	396
	7	56
	8	311
	9	302
C	1	945
	2	393
	3	51
	4	396
	5	398
	6	400
	7	445
D	1	441
	2	396
	3	51
	4	256
	5	268
	6	425
	7	330
	8	490
E	1	315
	2	455
	3	474
	4	400
	5	275
	6	51
	7	396

Baufeld	Gebäudenummer	Gesamtdachfläche (GDF) in m²
	8	398
	9	399
	10	315
	11	420
F	1	600
	2	537
	3	379
	4	1.000
	5	1.274
G	1	733
	2	597
	3	2.515
H	1	614
	2	835
	3	944
I	1	1.514
J	1	691
	2	85
	3	433
	4	460
	5	905
K	1	1.737
	2	148
	3	581
	4	785
	5	487
	6	664
	7	779
	8	593
L	1	400
	2	707
	3	119
	4	494
	5	434
	6	531
	7	714
	8	744
	9	620
SO M	1	996

Baufeld	Gebäudenummer	Gesamtdachfläche (GDF) in m ²
N	1	250
	2	385
	3	370
	4	428
	5	140
	6	396
	7	396
	8	51
	9	263
O	1	106
	2	463
	3	385
	4	354
	5	385
	6	175
	7	418
Summe		45.272

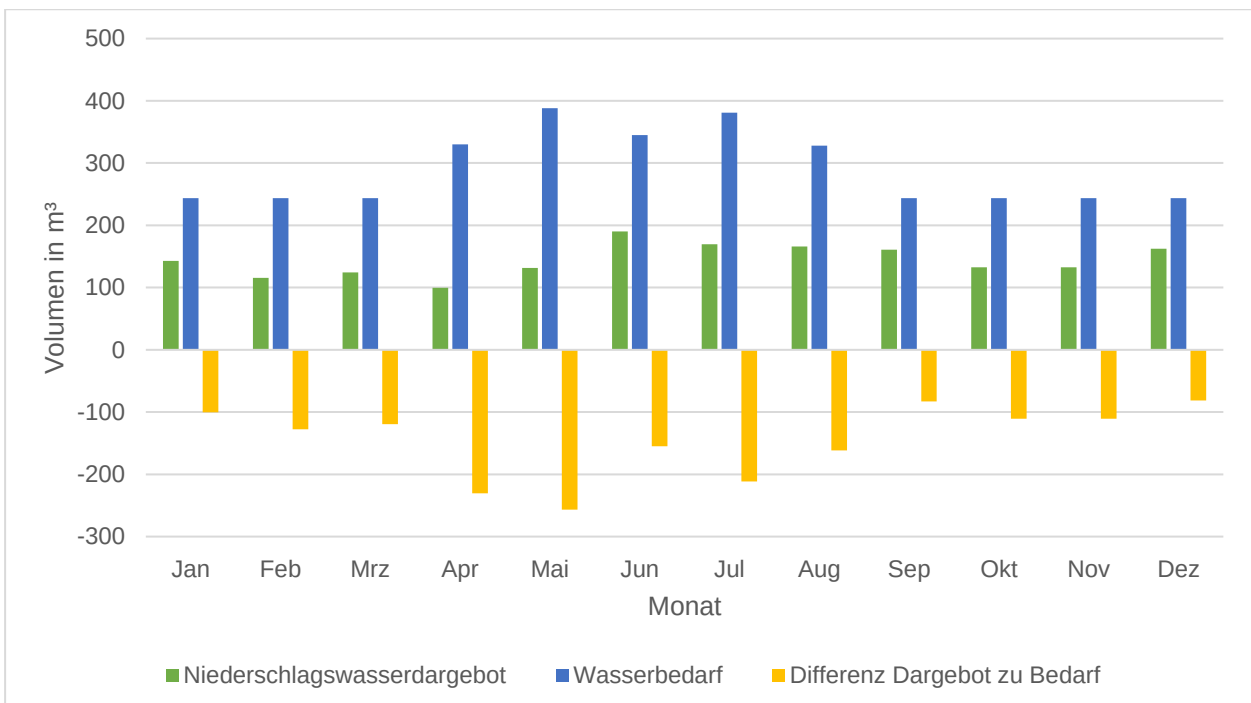


Abbildung 5-10: Gegenüberstellung von Niederschlagswasserdargebot und Wasserbedarf sowie Differenzbildung (positiv: Wasserüberschuss; negativ: Wasserdefizit), exemplarisch für das Baufeld D in der Variante a: Summe des gesamten Wasserbedarfs: Toilettenspülung, Waschmaschinennutzung sowie Bewässerungsbedarf für Grünflächen

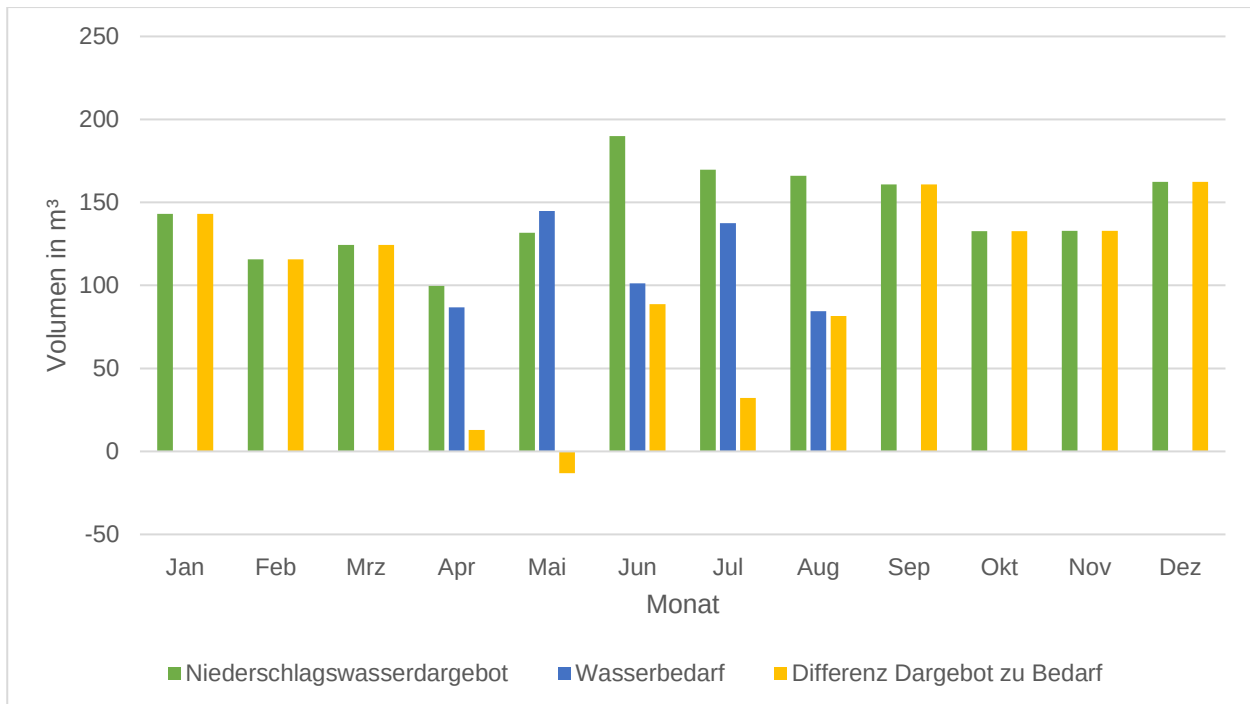


Abbildung 5-11: Gegenüberstellung von Niederschlagswasserdargebot und Wasserbedarf sowie Differenzbildung (positiv: Wasserüberschuss; negativ: Wasserdefizit), exemplarisch für das Baufeld D in der Variante d: **nur Bewässerungsbedarf für Grünflächen**

Grundlage der Vordimensionierung der Zisternen (je Baufeld) bildet der maximale Bewässerungsbedarf je Baufeld innerhalb des Jahres. Dieser fällt, einheitlich für alle Baufelder, auf den Monat Mai. Üblicherweise setzen Zisternenanbieter eine Versorgungssicherheit in Höhe von 22 Tagen an (ca. 70 % der Zahl der Monatstage), so dass auch hier 70 % des ermittelten maximalen Bewässerungsbedarfs (Volumen) als Größe für die Zisterne veranschlagt wird (Tabelle 5-6). Für die Baufelder H und SO M ist keine Grünflächenbewässerung vorgesehen; dementsprechend entfällt die Notwendigkeit einer Zisterne.

Tabelle 5-6: Dimensionierung der Zisternen zur Grünflächenbewässerung je Baufeld

Baufeld	Maximaler Bewässerungsbedarf in m³	Zisternenvolumen in m³
A	174	122
B	155	109
C	193	135
D	145	101
E	242	170
F	66	46
G	29	20
H	0	0
I	28	20
J	94	66
K	244	171
L	318	222

Baufeld	Maximaler Bewässerungsbedarf in m³	Zisternenvolumen in m³
SO M	0	0
N	183	128
O	136	95

Weitere Hinweise:

- Die Regenwasserspeicherung über Zisternen setzt das Schwammstadtkonzept optimal um, da sowohl Retentionsraum geschaffen wird, der Trinkwasserverbrauch reduziert wird und zudem Wasser für die Verdunstungsförderung in Trockenzeiten bereitgestellt wird.
- Regenwassernutzungsanlagen müssen regelmäßig entsprechend der Herstellerangaben (ggf. nach Teilsystemen) gewartet werden, insbesondere betrifft dies Filtersysteme und Pumpenanlagen.

5.6.3 Förderung von Versickerung

Grundsätzlich ist die Förderung von Versickerung (künstliche Versickerung oder Verstärkung) eine sehr wichtige Kompensationsmöglichkeit zur Erhaltung des Gebietswasserhaushalts. Hierdurch wird der Grundwasserabfluss als hydrologische Komponente gestärkt, was regelmäßig auch den Oberflächengewässern und Feuchtgebieten in der hydrologischen Prägung hilft (ausgleichende Wirkung). Andererseits kommt die Versickerung meistens auch unmittelbar dem Bodenwasserhaushalt zugute, hilft so der Vegetation gerade in Trockenzeiten und führt damit indirekt auch zur Begünstigung von Verdunstung und Kühlung (s. u.).

Eine explizite Förderung der Versickerung ist im Untersuchungsgebiet aber nicht angezeigt und sollte unterbleiben. Maßgebend ist hier die nachgewiesene Belastung des Bodens und des Grundwassers durch Altlasten (Überschreitungen des Prüfwertes von $0,2 \mu\text{g l}^{-1}$ der BBodSchV für den Pfad Boden-Grundwasser im Hinblick auf den Parameter Σ PAK – Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe, vgl. BSI 2021).

Versickerungsverstärkungen oder künstliche Versickerungen bergen die Gefahr in sich, dass damit eine hydrologische Aktivierung des PAK-Austrages bewirkt werden könnte. Dies sollte ausgeschlossen werden. Damit sind Lösungen für die Niederschlagswasserbehandlung von Dachflächen, wie beispielsweise dafür ansonsten mögliche Rigolen, Mulden-Rigolen oder Sickerschächte, nicht möglich.

5.6.4 Verdunstungsförderung, Förderung von Kühlung

Der Prozess der Evapotranspiration (Summe der Verdunstung aus der Tier- und Pflanzenwelt sowie von Boden- und Wasseroberflächen) ist zur Temperatur- und Feuchteregulierung im urbanen Raum besonders wertvoll. Die zusätzliche Energieaufnahme während des Prozesses des Überganges der flüssigen Wasser in die gasförmige Wasserdampfphase (latente Verdunstungswärme) führt physikalisch zu einem enormen Kühleffekt. Einen besonders hohen Kühleffekt hat die Vegetation, besonders bei ausreichender bzw. guter Wasserversorgung, weshalb gerade Feuchtgebietsvegetation einen besonders hohen Verdunstungs- und damit Kühlbeitrag leisten kann. Insofern kann die Flächengestaltung in urbanen Räumen hierauf wesentlichen Einfluss nehmen (BBSR 2015).

Das Warnowquartier weist hydroklimatisch, im Hinblick auf die sommerliche Kühlung, eine natürliche Gunstlage auf, da es

- mesoklimatisch von den Bedingungen des Küstenklimas geprägt ist (eher ausgeglichener Tages- und Jahresgang der Temperatur (maritimes Klima), Kühlung im Sommer, Ausbildung von See-Land und Land-See-Windsystemen mit kühlendem Effekt) und

- mikroklimatisch von der sehr nahen Unterwarnow und integrierten sowie benachbarten Feuchtgebieten mit hoher (kühlenden) Verdunstungsleistung profitiert.

Gesundheitsfördernd sind zudem ein grundsätzlich geringer Staubgehalt und vergleichsweise hohe Konzentrationen an Kochsalz und Jod in der Atemluft.

Ein möglicher (und spürbarer) Kühleffekt durch Dachbegrünung ist vor dem Hintergrund der mesoklimatischen Überprägung vermutlich als vergleichsweise gering einzuschätzen (s. hierzu auch SIEKER et al. 2019: Dachbegrünung zeigt kaum Wirkung bis in Bodenhöhe, deutliche geringere Wirkung im Vergleich mit einer Bodenbegrünung durch Bäume oder Fassadenbegrünung), zumal einhergehend mit den oben genannten Nachteilen für eine Regenwassernutzung. Es erscheint stattdessen eher sinnvoll, sich auf die Verdunstung auf den bewachsenen Bodenflächen zu konzentrieren und ggf. auch eine Fassadenbegrünung als effektive Möglichkeit einer Verdunstungsförderung zu prüfen, um mikroklimatisch relevante Kühleffekte zu erreichen. Die Kühleffekte gehen dabei von

- der Schattenwirkung sowie von der
- Transpiration der Pflanzen aus.

Zur Absicherung eines optimalen Pflanzenwachstums und optimaler Wasserversorgung als Grundlage der Beschattung und hoher Verdunstungs- und damit Kühlleistung dient die vorgeschlagene Regenwasserspeicherung in den Zisternen, die explizit benötigte Bewässerungsmengen auf der Ebene der Baufelder ausweist und berücksichtigt. Der Bodenwasserhaushalt kann damit auch in Trockenzeiten gezielt in Richtung hoher Wasserverfügbarkeit beeinflusst werden. Wie Wirkungen horizontaler und vertikaler Begrünung bezüglich der Kühlleistung fachlich einzuschätzen sind, hierzu siehe beispielsweise SIEKER et al. (2019), STANGL et al. (2019).

5.7 Modellierung des lokalen Wasserhaushalts mit spezifischen Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen („wassersensibler“ Plan-Zustand II)

Mit der gleichen Methodik (Kapitel 5.1) wurden für das Untersuchungsgebiet (abgestellt auf die Grenze des Bebauungsplangebietes) Wasserhaushaltsberechnungen unter Berücksichtigung der methodischen Konventionen aus Kapitel 5.6 für den „wassersensiblen“ Plan-Zustand II vorgenommen, um die flächennutzungsbedingten Unterschiede (mit Gegenmaßnahmen) in den Wasserhaushaltskomponenten zu analysieren (zum Vergleich und zur Auswertung s. Kapitel 5.8).

Die Wasserhaushaltsbilanz für das Untersuchungsgebiet für die 30-jährige Zeitreihe 1981-2010 ergibt sich damit wie folgt (Abbildung 5-12):

$$723 \text{ mm a}^{-1} (\mathbf{P_{\text{korr}}}) = 402 \text{ mm a}^{-1} (\mathbf{ETa}) + 321 \text{ mm a}^{-1} ((\mathbf{R_{\text{Direkt}}} - \mathbf{B}) + \mathbf{R_{\text{GW}}})$$

P_{korr}	mittlerer korrigierter Niederschlag
ETa	mittlere tatsächliche (reale) Verdunstung
R_{Direkt}	mittlerer Direktabfluss
B	Beregnungsbedarf entsprechend Kapitel 5.6.2
R_{GW}	mittlerer Grundwasserabfluss = mittlere Grundwasserneubildung

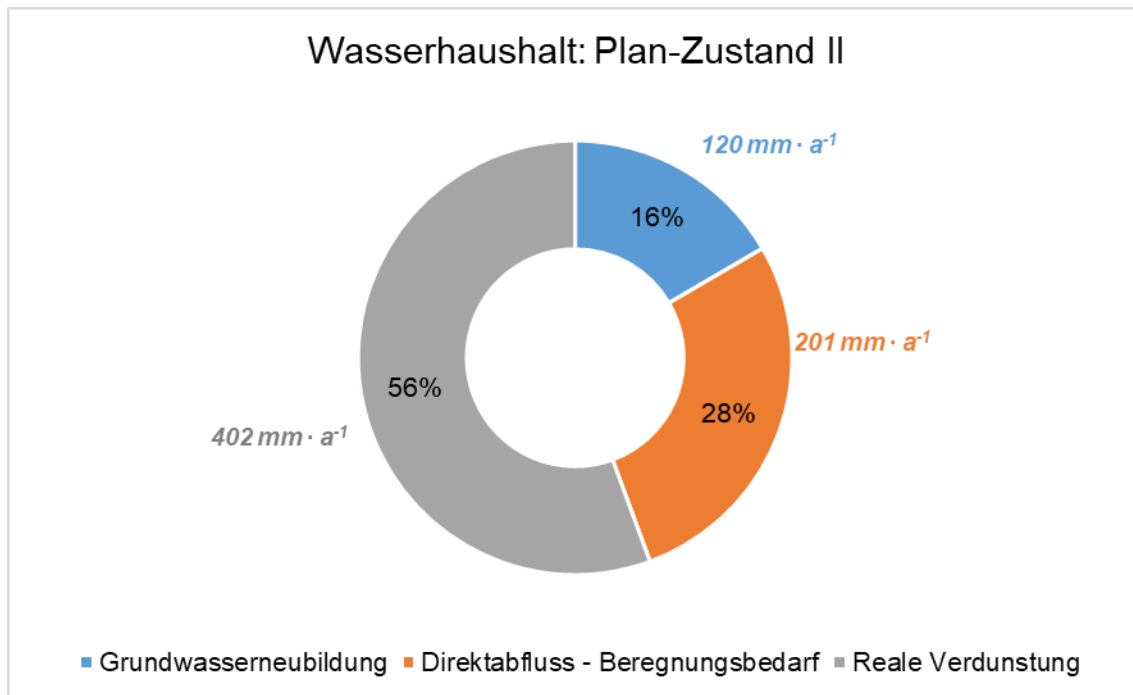


Abbildung 5-12: Wesentliche Wasserhaushaltskomponenten entsprechend DWA-A 102-1/BWK-A 3-1 für den Plan-Zustand II („wassersensibel“) im Untersuchungsgebiet

5.8 Abschließender Vergleich der mittleren Wasserbilanzen

Der abschließende Vergleich aller Wasserbilanzen zeigt noch mal die wesentlichen Unterschiede auf (Abbildung 5-13). Der Referenz-Zustand als Vergleichsgröße nach Wasserhaushaltskomponenten kann, vor allem auf Grund der durch die Gebäude und Straßen/Wege verursachten Versiegelung und der nicht gegebenen Möglichkeiten zur Verstärkung von Versickerung bzw. künstlicher Versickerung (vgl. Kapitel 5.6.3), mit dem Plan-Zustand II (wassersensibler Planzustand) nicht erreicht werden.

Eine möglichst weitreichende Kompensation kann und sollte insofern vordringlich über

- den Rückhalt durch Gründächer und/oder den Rückhalt durch Zisternen,
- durch die Bereitstellung von Bewässerungswasser aus den Zisternen (Verbrauch in Gebäuden im Einzelfall) sowie die damit generell mögliche Erhöhung der realen Verdunstung auf den Grünflächen (infolge der möglichen Bereitstellung von Bewässerungswasser aus den Zisternen),
- durch eine Versickerung der auf den Verkehrsflächen auftretenden Abflüssen bei normalen, gewöhnlichen Niederschlagsverhältnissen (nach Intensität und Dauer) sowie
- durch eine Verringerung der hydrologischen Versiegelungswirkung befestigter Flächen (Straßen, Wege) erreicht werden.

Grundsätzlich erscheint der Vergleich mit dem Plan-Zustand I zum Nachweis der Maßnahmenwirkung besser geeignet. Hier erhöhen sich im Plan-Zustand II (wassersensibler Planzustand) immerhin die Verdunstung (+2 % im Verhältnis zur Gesamtbilanz nach Abbildung 5-13) und die Grundwasserneubildung (+1 % im Verhältnis zur Gesamtbilanz nach Abbildung 5-13), während der Direktabfluss demgegenüber leicht reduziert wird (-3 % im Verhältnis zur Gesamtbilanz nach Abbildung 5-13). Diese, wenn auch leichten Effekte sind im Sinne der Nachhaltigkeit auf jeden Fall als positiv zu bewerten und können durch die o. g. Maßnahmen im Sinne weiteren Potenzials weiter verbessert werden

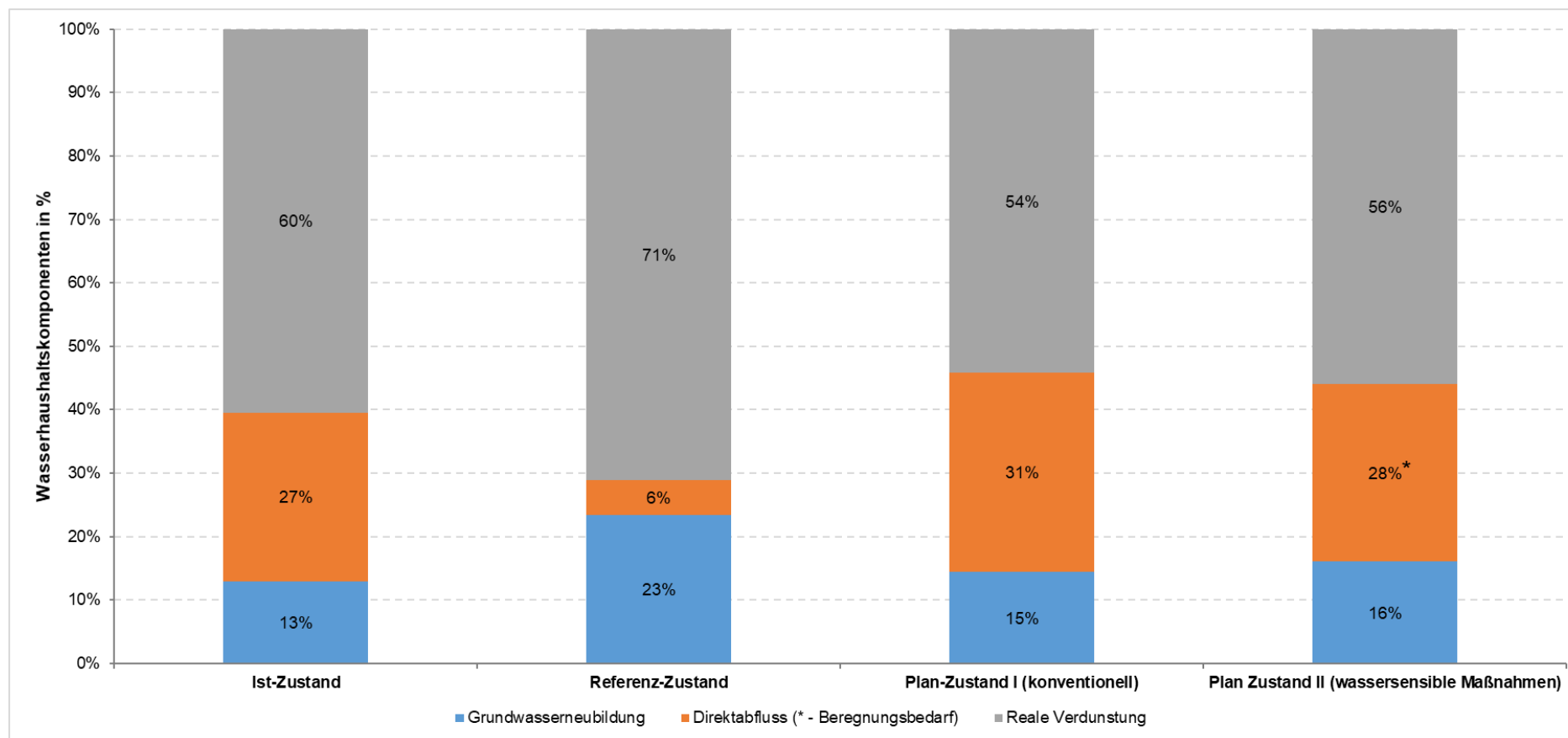


Abbildung 5-13: Vergleich der Wasserbilanzen nach den zentralen Wasserhaushaltskomponenten (in %): Vergleich des Ist-Zustands, Referenz-Zustandes, Plan-Zustandes I und des Plan-Zustandes II

6 Starkregen- und Überflutungsanalyse durch Niederschlags-Abfluss- und hydrodynamische Modellierung

6.1 Methodik

6.1.1 Modellansatz

Niederschlags-Abfluss-Modellen (N-A-Modelle) werden als Eingangssignal tatsächlich aufgetretene oder theoretische Niederschläge zugrunde gelegt. Hier werden Bemessungsniederschläge nach statistischen Wiederkehrintervallen verwendet. Als solcher Bemessungsniederschlag wird gemäß DIN 4049 Teil 3 die Niederschlagshöhe eines bestimmten Niederschlagsereignisses definiert, das der wasserwirtschaftlichen und baulichen Planung zugrunde gelegt wird. Das Vorgehen, Modellregen einzusetzen, stellt im Wahrscheinlichkeitstheoretischen Sinne eine Vereinfachung dar, weil ein bestimmtes Wiederkehrintervall eines Niederschlages nicht unbedingt das gleiche Wiederkehrintervall eines Abflussereignisses hervorruft. Dieses Manko ist aber bei konzeptionellen Ansätzen ohnehin verschmerzbar und ist häufig auf Grund mangelnder Abflussdaten nur durch Modellierungen auf Basis von Langzeitsimulationen ausgleichbar.

Die nachfolgende Starkregen- und Überflutungsanalyse durch gekoppelte Niederschlags-Abfluss- und hydrodynamische Modellierung basiert auf folgenden Arbeitsschritten/Systemteilen

- a) Instationäre Niederschlags-Abfluss-Modellierung zur Berechnung von oberirdischem Abfluss (Abflusswellen) aus Bemessungsniederschlag: Berechnung des Abflusses aus Starkregen (als Bemessungsregen mit kritischem Niederschlagsintensitätsverlauf) unter Vernachlässigung der Verdunstung (nicht relevant bei der Prozessdominanz eines Starkregen-Abfluss-Ereignisses)
- b) Hydrodynamische/hydraulische Berechnung der Abflussvorgänge auf der Erdoberfläche und in den Gerinnen mit einem instationären, 2-dimensionalen Berechnungsansatz; zudem Berechnung von integrierten Speichern und relevanten Kanalnetzabflüssen

Dabei kam folgende Modellsoftware zum Einsatz (jeweils mit integriertem N-A-Modell):

- Hydrologische und hydrodynamische Modellierungssoftware SWMM (Storm Water Management Model, Version 5.1) der United States Environmental Protection Agency für die Modellierung der Zuflüsse von außen als Randbedingungen, insbesondere Wohngebiete in Rostock-Dierkow und relevante Kanalnetzbereiche
- Hydrologische und hydrodynamische Modellierungssoftware HEC-RAS, Version 6.0 Beta 2, des US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, für stationär und instationär ungleichförmigen Abfluss (1D/2D) für Landoberflächenabfluss und Gerinnehydraulik

6.1.2 Modellgebiet und -geometrien

Abbildung 6-1 stellt das relevante Modellgebiet mit den gebildeten Teilräumen und Systemkomponenten dar. Das Kerngebiet (gelb) umfasst Teile der Einzugsgebiete des Zingelgrabens (Graben 11) und des Speckgrabens (Graben 12). Es wurde im HEC-RAS-Modell als 2-D-Strömungsbereich mit 5 m x 5 m aufgelöstem Gitter abgebildet. Daneben wurde das Teileinzugsgebiet (TEZG) der Zingelwiese (grün) im Modell als Speicherraum aufgebaut. Der Speicher ist mit dem 2-D-Strömungsbereich „Warnow Quartier“ durch den Zingelgraben verbunden. Die weiteren TEZG (rot) „verursachen“ zufließende Abflussganglinien (Ergebnis des N-A-Modells SWMM) und bilden modelltechnisch betrachtet Randbedingungen.

Im hydrodynamischen Modell wurden auch das vorhandene technische Entwässerungssystem im Kerngebiet sowie ein konzeptionell für den Planzustand entwickeltes Kanalnetz betrachtet. Grundlage für den Aufbau des Kanalnetzes im Ist-Zustand waren dabei folgende Daten:

- Oberirdische Gewässer mit verbundenen Rohrleitungen bzw. Durchlässen (GIS-Daten des Wasser- und Bodenverbandes „Untere Warnow – Küste“)
- Technische Daten des Straßen-/Niederschlagsentwässerungssystems (GIS-Daten der Nordwasser GmbH)

Im Modell wurden die offenen Gewässer als trapezförmige Kanäle durch Modifikation des digitalen Geländemodells DGM1 abgebildet. Rohrleitungen bzw. Durchlässe wurden als Haltungen (Kreisdurchmesser) zwischen Schächten bzw. Gewässern innerhalb des 2-D-Strömungsbereiches aufgebaut. Die Länge bzw. die Durchmesser der Haltungen wurden aus GIS-Daten (Nordwasser GmbH) bestimmt. Den GIS-Daten war jedoch keine Information zur Rohr- bzw. Schachtsohlenhöhe zu entnehmen. Daher wurden die Sohlenhöhen pragmatisch entsprechend Lage und Flurabstand angesetzt.

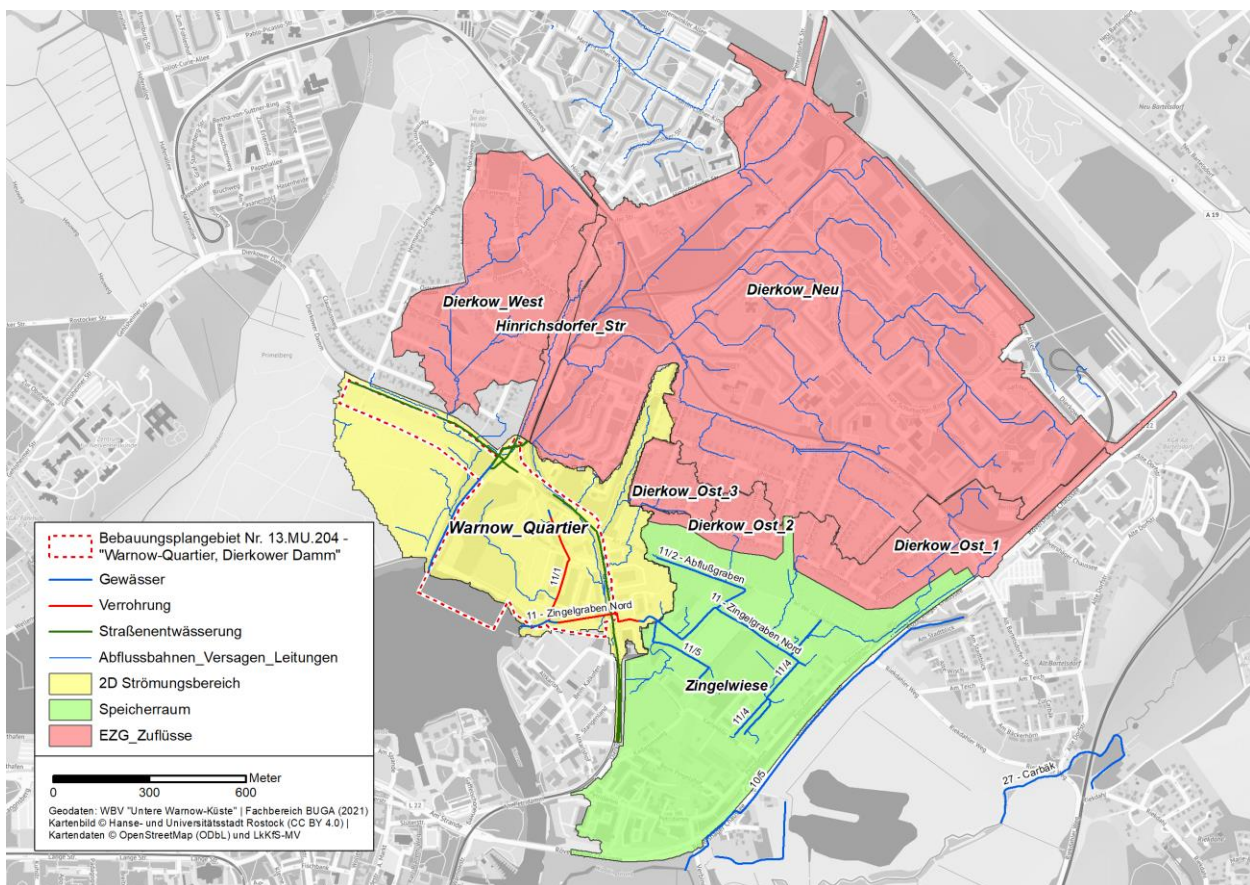


Abbildung 6-1: Modellgebiet mit Struktur/Einzugsgebieten bzw. relevanten hydrologischen/technischen Komponenten

6.1.3 Wahl des Bemessungsniederschlags

In dieser Untersuchung kommen Bemessungsniederschläge des Deutschen Wetterdienstes (DWD) aus dem KOSTRA-Atlas-2010 (Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung, KOSTRA-DWD 2010R) zum Einsatz. KOSTRA beinhaltet eine umfassende statistische Auswertung von Starkregenereignissen auf Basis von etwa 50 km² großen Rasterzellen deutschlandweit. Jeder Rasterzelle sind dabei Bemessungsregen mit bestimmten Dauern und Wiederkehrintervallen zugeordnet. Für die vorliegende Studie wird die Rasterzelle Rostock (Spalte 52, Zeile 14) verwendet (Tabelle 6-1). Gemäß Aufgabenstellung wurden Wiederkehrintervalle T von 20 a, 30 a und 100 a bei verschiedenen Dauerstufen des Niederschlags D zwischen

30 min und 24 h gewählt. Niederschläge mit einer Dauer von mehr als 6 Stunden gelten als lange; solche mit weniger als 6 Stunden demgemäß als kurze Ereignisse.

Tabelle 6-1: Starkniederschläge (mm) aus KOSTRA-DWD (2010R) nach Dauerstufen und Wiederkehrintervall T für Rasterzelle: Spalte 52, Zeile 14 (hellgrüne Zellen: ausgewählte Niederschlagsereignisse für die Modellierung)

Dauerstufe (D)	Wiederkehrintervall (T)								
	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a
5 min	4,3	5,4	6,0	6,8	7,9	9,0	9,6	10,4	11,5
10 min	6,9	8,6	9,5	10,7	12,3	13,9	14,8	16,0	17,6
15 min	8,7	10,7	11,9	13,4	15,5	17,5	18,7	20,2	22,2
20 min	10,0	12,4	13,8	15,5	17,9	20,3	21,7	23,5	25,9
30 min	11,6	14,7	16,4	18,7	21,7	24,8	26,5	28,8	31,8
45 min	13,1	16,9	19,2	22,0	25,9	29,7	31,9	34,8	38,6
60 min	14,0	18,5	21,2	24,5	29,1	33,6	36,2	39,6	44,1
90 min	15,5	20,3	23,0	26,5	31,2	35,9	38,7	42,2	46,9
2 h	16,7	21,6	24,4	28,0	32,9	37,7	40,6	44,1	49,0
3 h	18,6	23,6	26,6	30,3	35,4	40,4	43,4	47,1	52,2
4 h	20,0	25,2	28,2	32,1	37,3	42,5	45,5	49,4	54,6
6 h	22,2	27,6	30,8	34,8	40,2	45,6	48,8	52,8	58,2
9 h	24,6	30,2	33,5	37,7	43,4	49,0	52,3	56,5	62,2
12 h	26,5	32,3	35,7	40,0	45,8	51,6	55,0	59,3	65,2
18 h	29,4	35,4	39,0	43,4	49,5	55,6	59,1	63,6	69,7
24 h	31,6	37,8	41,5	46,1	52,4	58,6	62,3	66,9	73,1
48 h	37,5	44,2	48,1	53,0	59,6	66,2	70,1	75,0	81,7
72 h	41,5	48,4	52,4	57,5	64,4	71,2	75,3	80,3	87,2

Entsprechend KOSTRA-DWD (2010R) wird die Nutzung von Toleranzbeträgen in Abhängigkeit vom Wiederkehrintervall empfohlen:

- Bei $1 \text{ a} \leq T \leq 5 \text{ a}$: Toleranzbetrag von $\pm 10 \%$;
- Bei $5 \text{ a} < T \leq 50 \text{ a}$: Toleranzbetrag von $\pm 15 \%$;
- Bei $50 \text{ a} < T \leq 100 \text{ a}$: Toleranzbetrag von $\pm 20 \%$.

Im Sinne der Vorsorge, vor allem als Art Klimazuschlag, werden im N-A Modell daher die positiven Toleranzbeträge in Höhe von $+ 15 \%$ bei $T = 20 \text{ a}$ und $T = 30 \text{ a}$ bzw. von $+ 20 \%$ bei $T = 100 \text{ a}$ angesetzt. Die letztlich verwendeten Niederschläge sind in Tabelle 6-2 zusammengestellt.

Natürliche Starkregenereignisse sind grundsätzlich räumlich heterogen und zeitlich variabel. Hinsichtlich der zeitlichen Verteilung der Niederschläge können verschiedene Typen des Intensitätsverlaufs unterschieden werden. Für ein kurzes Regenereignis wird eine Euler II Regenverteilung (intensive mittenbetonte Verteilung; Spitzenintervall bei einem Drittel der Gesamtdauer) empfohlen. Für längere Ereignisse ist die Euler II Regenverteilung nicht geeignet, da eine extreme 5-Minuten-Spitze bei längeren Niederschlagsereignissen meteorologisch unsinnig ist. Für entsprechend längere Regen ist die sogenannte DVWK-Niederschlagsverteilung „gutmütiger, realistischer“ (WEGNER 2008, vgl. Abbildung 6-2).

Tabelle 6-2: Verwendete Niederschläge (mm) im Modell

Dauerstufe (D)	Wiederkehrintervall		
	T = 20 a	T = 30 a	T = 100 a
30 min	28,5	30,5	38,2
1 h	38,6	41,6	52,9
3 h	46,5	49,9	62,6
6 h	52,4	56,1	69,8
12 h	59,3	63,3	78,2
18 h	63,9	68,0	83,6
24 h	67,4	71,6	86,5

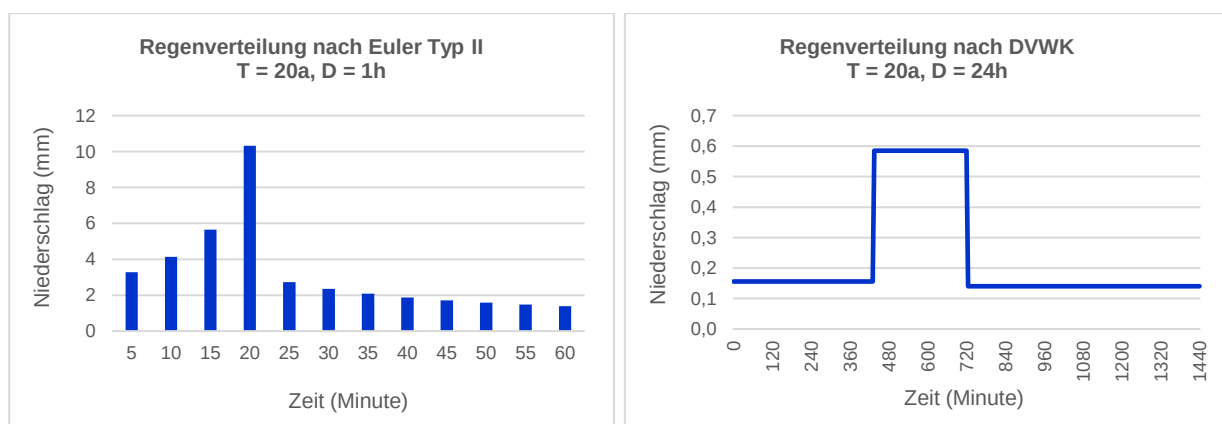


Abbildung 6-2: Beispieldarstellung einer Regenverteilung nach Euler Typ II und DVWK (entsprechend WEGNER 2008)

6.1.4 Weitere Eingangsdaten

Für die Niederschlag-Abfluss Modellierung wurde das SCS-Infiltrationsverfahren verwendet. Diese in der Praxis häufig angewandte Methode der Ermittlung der Verluste durch Infiltration und der Abschätzung des oberirdischen Abflusses wurde vom US-SCS (United States Soil Conservation Services) entwickelt (SCS 1972). Die Flächen im Einzugsgebiet werden hinsichtlich der Bodensystematik (Tabelle 6-3) und der Landnutzung (Tabelle 6-4) klassifiziert. Das SCS-Verfahren wird bei dieser N-A-Modellierung aufgrund seiner gut nachvollziehbaren Parametrisierung (auf Basis der Landnutzungs- und Bodenklassen) zur Berechnung des Direktabflusses verwendet.

Tabelle 6-3: Bodenklassen nach der SCS-Systematik (SCS 1972)

Bodenklasse	Beschreibung
A	Böden mit großem Versickerungsvermögen, auch nach starker Vorbefeuchtung, z. B. tiefe Sand- und Kiesböden
B	Böden mit mittlerem Versickerungsvermögen, z. B. mitteltiefe Sandböden, Löß, schwach lehmiger Sand
C	Böden mit geringem Versickerungsvermögen, z. B. flache Sandböden, sandiger Lehm
D	Böden mit sehr geringem Versickerungsvermögen, z. B. Tonböden

Tabelle 6-4: Werte für CN nach Landnutzung und Bodenart aus DVWK (1990), ergänzt mit HEC (2010) für die Bodenfeuchtekategorie 2

Landnutzung	CN für Bodentyp			
	A	B	C	D
Ödland (ohne nennenswerten Bewuchs)	77	86	91	94
Hackfrüchte, Wein	70	80	87	90
Getreide, Futterpflanzen	64	76	84	88
Weide (normal)	49	69	79	84
Weide (karg)	68	79	86	89
Wald (stark aufgelockert)	45	66	77	83
Wald (mittel)	36	60	73	79
Wald (dicht)	25	55	70	77
Park, offene Flächen in gutem Zustand*	39	61	74	80
Landwirtschaftlich genutztes Ackerland*	62	71	78	81

*aus HEC (2010)

Je größer der CN-Wert, desto größer ist der Anteil der abflusswirksamen Fläche und desto kleiner ist die Infiltration in den Bodenspeicher. Für die Anwendung sind die folgenden Parameter erforderlich:

- Versiegelungsgrad
- CN-Wert
- Mulden- und Benetzungsverlust, Mindestinfiltrationsrate
- Oberflächenrauheit

Das Modellkerngebiet wurde daher anhand des Luftbildes räumlich differenziert (Abbildung 6-3). Die Parameter wurden basierend auf der Landnutzung und den Bodenarten/-klassen bestimmt bzw. angesetzt (grundsätzlich für Bodenfeuchtekategorie 2, s. Tabelle 6-5; zu Umrechnungen in andere Bodenfeuchtekategorien s. MANIAK 2010). Für Plan-Zustände wurden hingegen Eigenschaften entsprechend der Informationen des B-Planes parametrisiert.

Tabelle 6-5: Bodenfeuchtekategorie/Ausgangsbodenfeuchte für das SCS-Verfahren (MANIAK 2010)

Bodenfeuchtekategorie	Niederschlag der vorangegangenen 5 Tage [mm]	
	Vegetationsperiode	Vegetationslose Periode
1	< 30	< 15
2	30 bis 50	15 bis 30
3	> 50	> 30

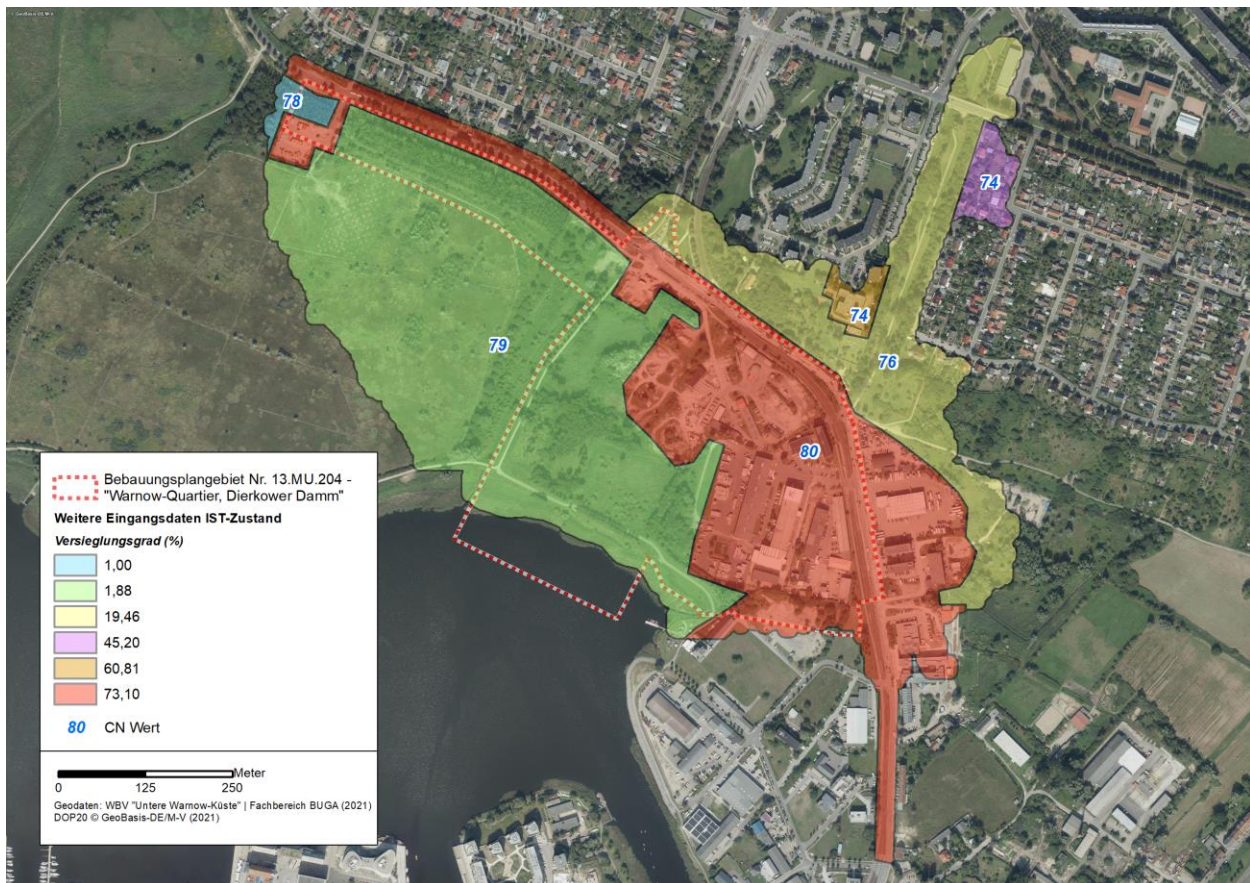


Abbildung 6-3: Eingangsdaten für den Ist-Zustand: CN-Werte und Versiegelungsgrade im Untersuchungsgebiet

6.1.5 Randbedingungen

Für entwässerungstechnische Fragestellungen im Untersuchungsgebiet bildet die Warnow die zentrale Vorflut. Da diese dort in die Ostsee mündet, sind deren Wasserstände nahezu ausschließlich vom Ostseewasserstand abhängig. Daher wurde pragmatisch der mittlere Außerwasserstand mit +0,09 m NHN als Randbedingung für alle Modellszenarien angesetzt (Quelle: Pegel Warnemünde, <http://pegelonline.wsv.de>).

Im nördlich angrenzenden Stadtteil Dierkow wurde auf die vorhandenen Entwässerungssysteme abgestellt. Relevant ist das lediglich das im Ortsteil Dierkow-Neu Regenentwässerungssystem als Teil des Trennsystems, das direkt in den Graben 12 mündet. Der gesamte Niederschlagsabfluss aus dem hydrologischen TEZG Dierkow-Neu wurde deshalb modelltechnisch berücksichtigt. In den Ortsteilen Dierkow-Ost und Dierkow-West besteht hingegen ein Mischwassersystem, das Niederschlagswasser und Schmutzwasser zusammen erfasst und führt. Das Mischwasser wird über das Pumpwerk in der Gehlsheimer Straße 22 in nordwestlicher Richtung zur Kläranlage Rostock gefördert.

Bei Starkniederschlagsereignisse mit seltenen Wiederkehrintervallen (ab $T = 20$ a) ist eine Überlastung der Kanäle relevant. Das Auftrettswasser aus dem Entwässerungssystem kann auf der Oberfläche in das Untersuchungsgebiet strömen. Daher ist die hydraulische Kapazität der Rohrleitungen entsprechend des TEZG zu ermitteln und der Überlastungsanteil für jedes Niederschlagsereignis abzuziehen. Die TEZG wurden anhand der analysierten Oberflächenabflussbahnen (Kap. 4.5, S. 39) abgestimmt und in Abbildung 6-1 (S. 64) dargestellt. Die Ganglinien der überlasteten Abflüsse wurden als Randbedingungen im Modell berücksichtigt.

Tabelle 6-6: Zuflüsse aus dem N-A-Modell als Randbedingungen (RB) für das hydraulische Modell

TEZG	RB-Typ	Entwässerungsrichtung	Bemerkung
Dierkow_Neu	Abflussganglinie	Warnow Quartier	gesamter Abfluss
Dierkow_Ost_1	Abflussganglinie	Zingelwiese	nur Überlastungsanteil
Dierkow_Ost_2	Abflussganglinie	Zingelwiese	nur Überlastungsanteil
Dierkow_Ost_3	Abflussganglinie	Warnow Quartier	nur Überlastungsanteil
Hinrichsdorfer Straße	Abflussganglinie	Warnow Quartier	nur Überlastungsanteil
Dierkow_West	Abflussganglinie	Warnow Quartier	nur Überlastungsanteil

6.2 Modellierung der Überflutungssituation in Folge von Starkregen (Szenario: Ist-Zustand)

Nach der oben beschriebenen Methodik wurde die Überflutungssituation für das Untersuchungsgebiet im Ist-Zustand ermittelt. Dabei wurden drei Wiederkehrintervalle $T = 20$ a, 30 a und 100 a betrachtet. Um die kritische Regendauer zu ermitteln, wurden 7 verschiedene Starkniederschlagsdauerstufe ausgewählt und modelliert (vgl. Kap. 6.1.3). Eine Ergebnisbewertung wurde zudem an Kontrollpunkten (KP) durchgeführt, an denen die Überflutung signifikant bzw. repräsentativ ist (zur Lage der KP s. Abbildung 6-5).

Abbildung 6-4 veranschaulicht die berechneten Überflutungstiefe bei verschiedenen Modellszenarien im Bereich der Straßenbahnschienen am Dierkower Damm (KP5). In Abbildung 6-5 ist deutlich zu erkennen, dass bei einer Regendauer von 6 h die Überflutungssituation kritisch ist.

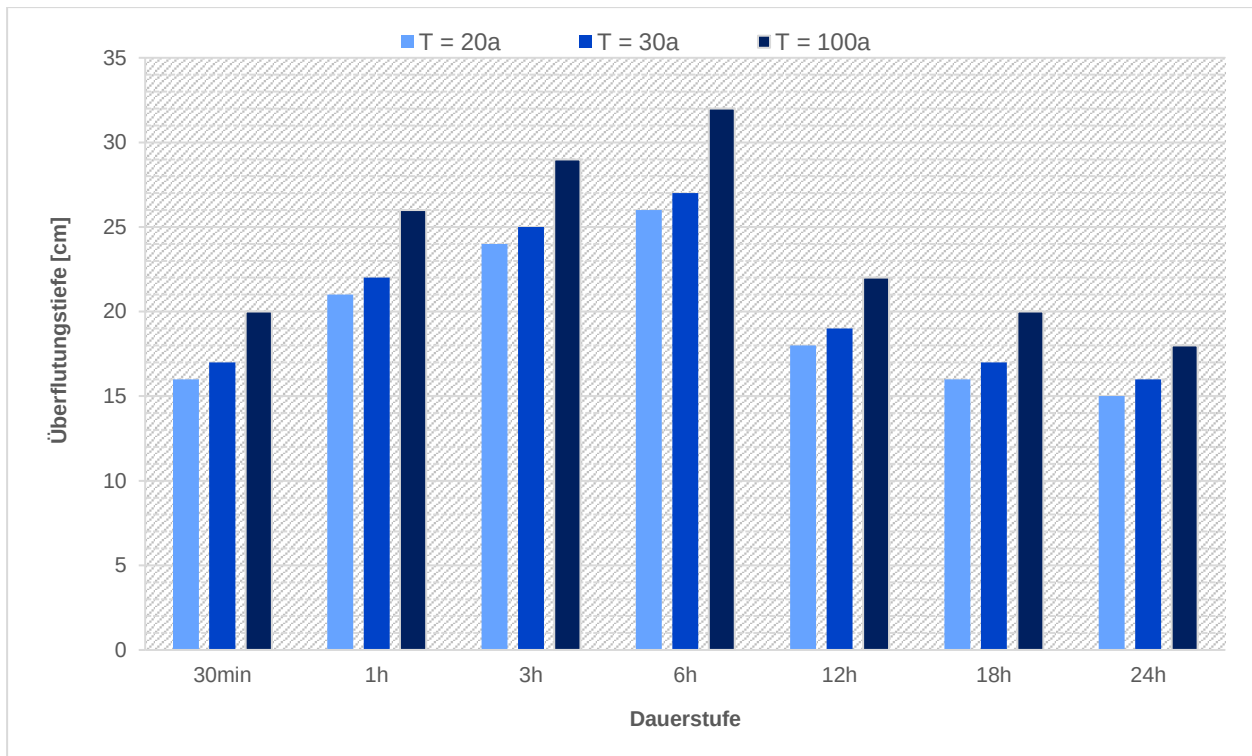


Abbildung 6-4: Überflutungstiefen bei verschiedenen Starkniederschlagswiederkehrintervallen und -dauern am Kontrollpunkt 5 (KP5) im Ist-Zustand



Abbildung 6-5: Überflutungsflächen im Untersuchungsgebiet im Ist-Zustand für zwei statistische Niederschlagsereignisse (Niederschlagsdauer 6 h)

6.3 Modellierung der Überflutungssituation in Folge von Starkregen (Szenario: „konventioneller“ Plan-Zustand I)

Das Modell wurde für den konventionellen Plan-Zustand I mit folgenden Änderungen angepasst:

- Das DGM1 wurde mit dem vorgesehenen Geländeab- und -auftrag (abschätzend) modifiziert. Die Gebäude im B-Plan wurden in das DGM 1 als Dachflächen ausgebildet.
- Die Versiegelungsgrade und die Oberflächenrauheit wurden entsprechend veränderter Landnutzung angepasst (vgl. Abbildung 6-6).
- Ein Kanalnetz für das Bebauungsgebiet im Plan-Zustand wurde zunächst nicht betrachtet. Daher wurde der Graben 11/1 (als Rohrleitung) im Modell zurückgebaut.
- Das bestehende Straßenentwässerungssystem entlang des Dierkower Damms und seine Vorfluter Graben 11 (Zingelgraben) wurden weiter im Modell entsprechend berücksichtigt.

Nach den oben stehenden Vorerkenntnissen wurde nur die Niederschlagsdauer von 6 h betrachtet, da sie der kritischen Dauer entspricht. Die Ergebnisse zeigt Abbildung 6-7 für die Wiederkehrintervalle $T = 30$ a und 100 a.

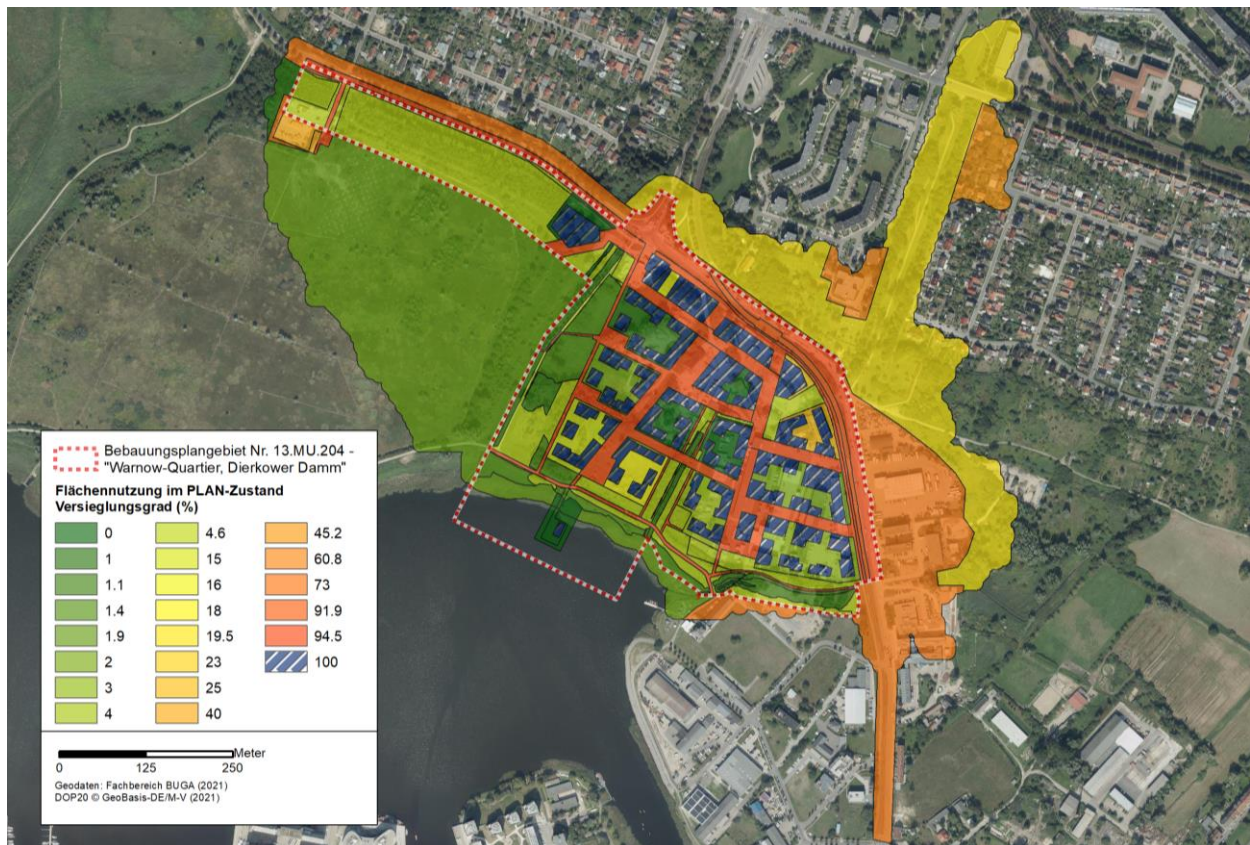


Abbildung 6-6: Eingangsdaten für den Plan-Zustand I: Versiegelungsgrad (%)

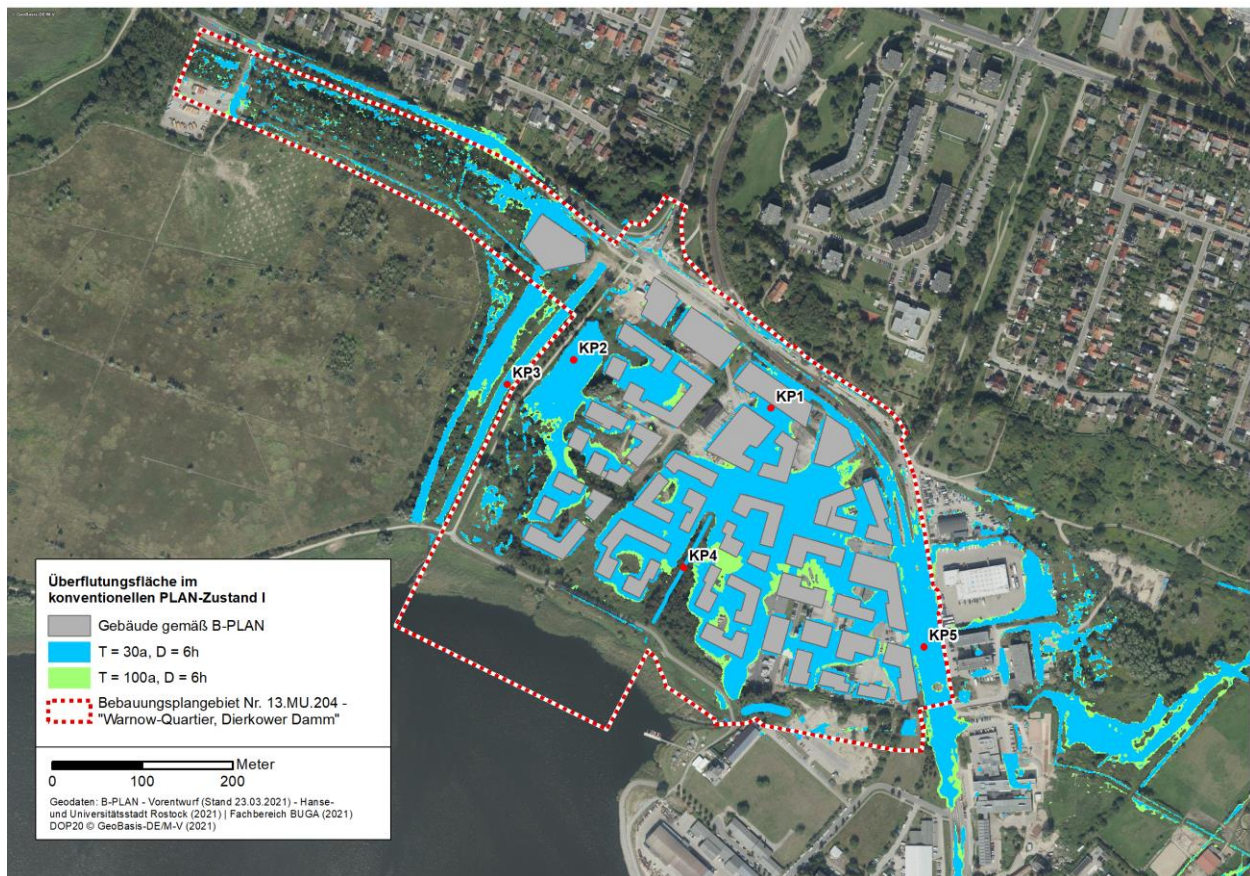


Abbildung 6-7: Überflutungsflächen im Untersuchungsgebiet, konventioneller Plan-Zustand I (Niederschlagsdauer 6 h)

6.4 Modellierung der Überflutungssituation in Folge von Starkregen mit spezifischen Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen (Szenario: „wassersensibler“ Plan-Zustand II)

In Hinsicht auf Lösungsansätze für eine wassersensible, innovative Quartiersentwicklung wurden die Nutzung der Zisternen empfohlen (s. o.). Die Zisternen können auch zur Minderung der Folgen von Überflutung bei Starkniederschlägen beitragen. Daher wurde das hydraulische Modell dahingehend mit den Angaben aus Kapitel 5.6 modifiziert.

Im Plan-Zustand II wird das Regenwasser aus den Dächern über Zisternen gesammelt. Die Wassermenge, die das Fassungsvermögen der Zisternen überschreitet, wird entsprechend abflusswirksam. Modelltechnisch wurden die Dachflächen aus dem hydraulischen Modell herausgenommen. Stattdessen wurden die Dächer bzw. die entsprechenden Zisternen je Baufeld mit SWMM modelliert. Pragmatisch wurde eine 20-prozentige Vorfüllung vor einem Starkniederschlag für alle Zisternen angesetzt. Im Ergebnis wurden Abflussganglinien erhalten, die als Randbedingungen im hydraulischen Gesamtmodell dienen.

Wie im Plan-Zustand I wurde die Modellierung bzw. Betrachtung nur für die kritische Regendauer von 6 h durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6-8 für die Wiederkehrintervalle $T = 30$ a und 100 a dargestellt. Die erreichten maximalen Überflutungstiefen sind im Bereich der vorgesehenen Baufelder eher gering, können aber stellenweise größer 0,5 m erreichen (Abbildung 6-9).

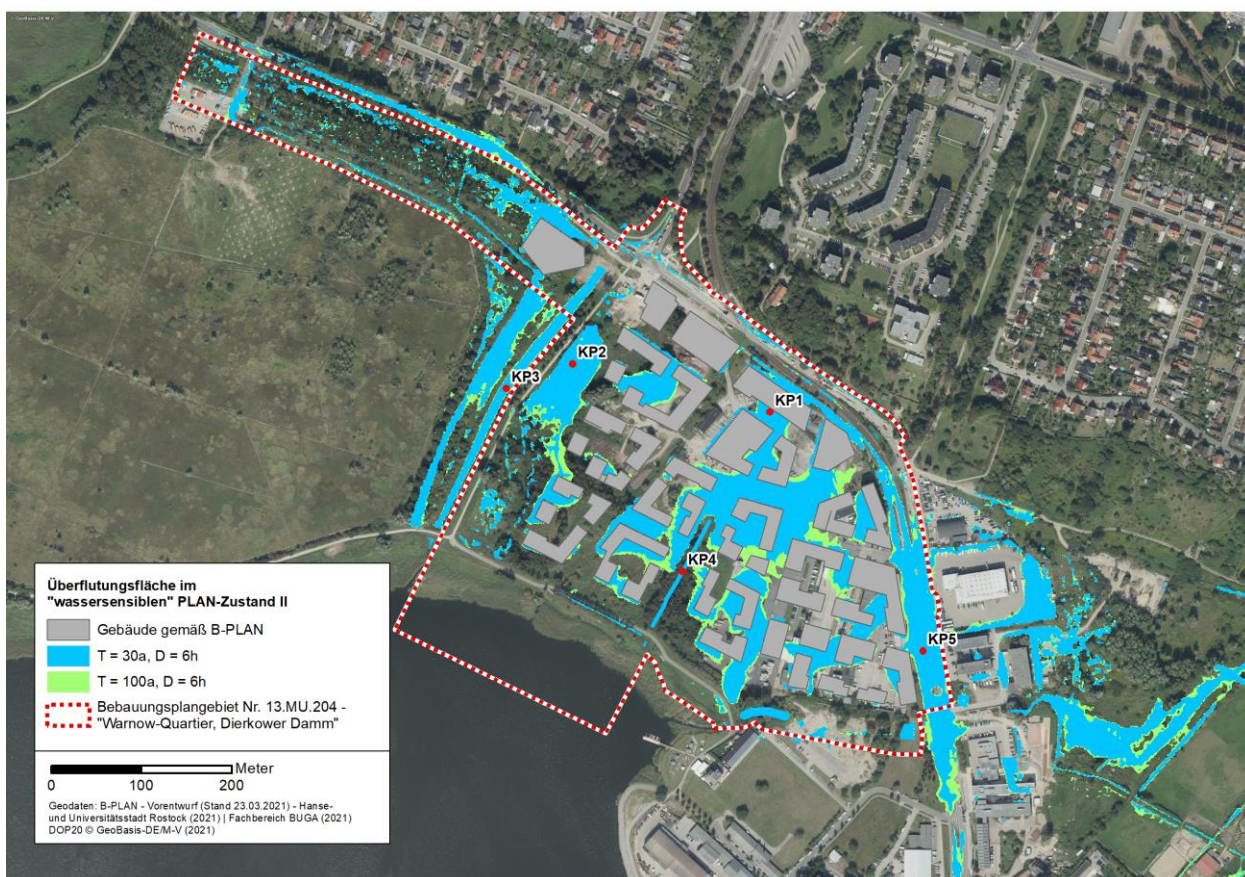


Abbildung 6-8: Überflutungsflächen im Untersuchungsgebiet, „wassersensibler“ Plan-Zustand II (Niederschlagsdauer 6 h)

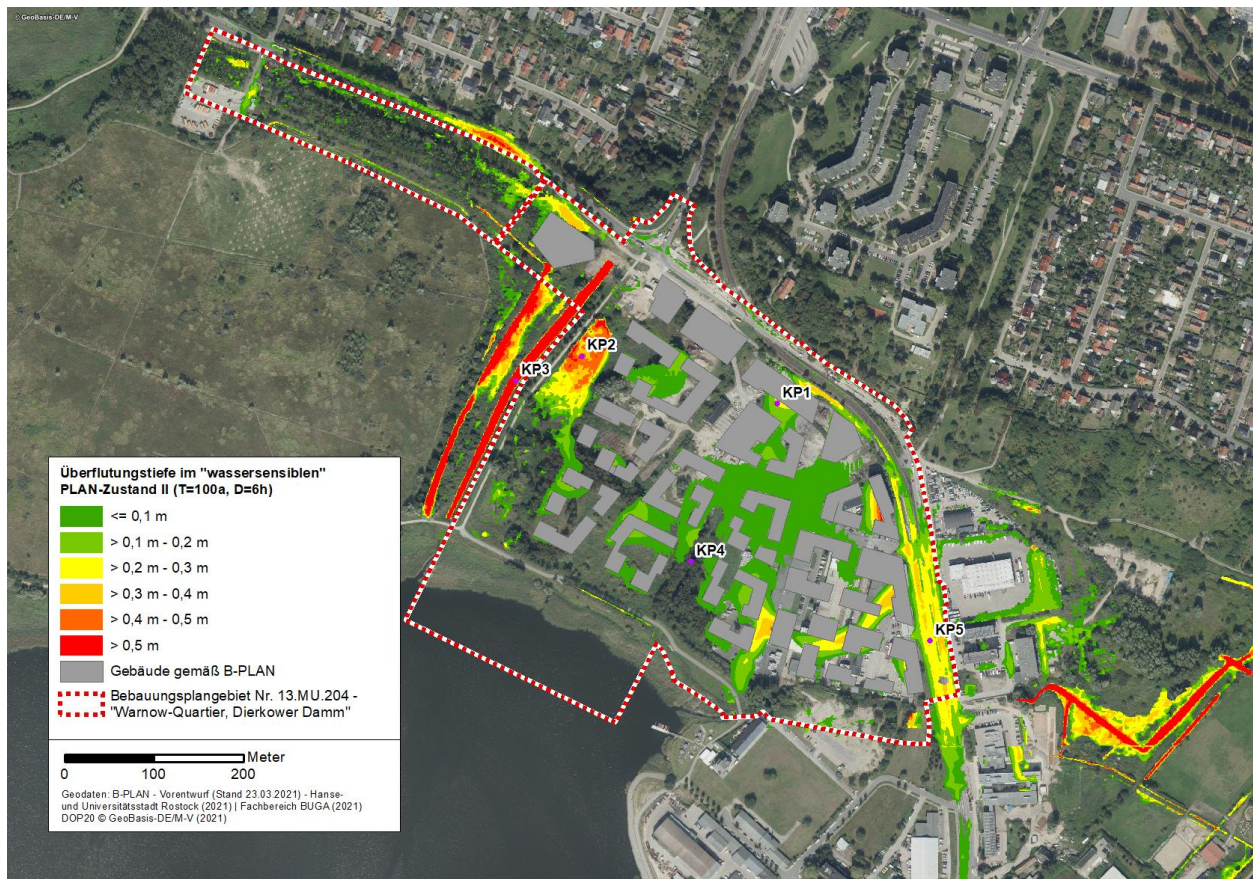


Abbildung 6-9: Maximale Überflutungstiefen im Untersuchungsgebiet, „wassersensibler“ Plan-Zustand II (Niederschlagsdauer 6 h)

6.5 Vergleich und Bewertung der Überflutungsanalysen

Der Vergleich der Überflutungsanalysen zeigt, dass sich bei einem „konventionellen“ Planszenario die Situation bei Starkregen im Hinblick auf die Überflutung verschärfen würde, sich aber mit spezifischen Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen (Szenario: „wassersensibler“ Plan-Zustand II) bereits eine deutliche Verbesserung einstellen würde. Dies zeigt auch der Vergleich der Wassertiefen an den im Modell gesetzten Kontrollpunkten in den verschiedenen Zuständen und Niederschlags-Abfluss-Szenarien (Abbildung 6-10 für 100-jährliches Niederschlagsereignis der Dauerstufe 6 h).

Weitere Maßnahmen folgen und werden nachfolgend dargestellt, insbesondere Empfehlungen zur Ausbildung des Kanalnetzes sowie die Festlegung von Notwasserwegen und entsprechenden Entwässerungsrichtungen in Abhängigkeit von den Modellierungsergebnissen (räumliche Schwerpunkte).

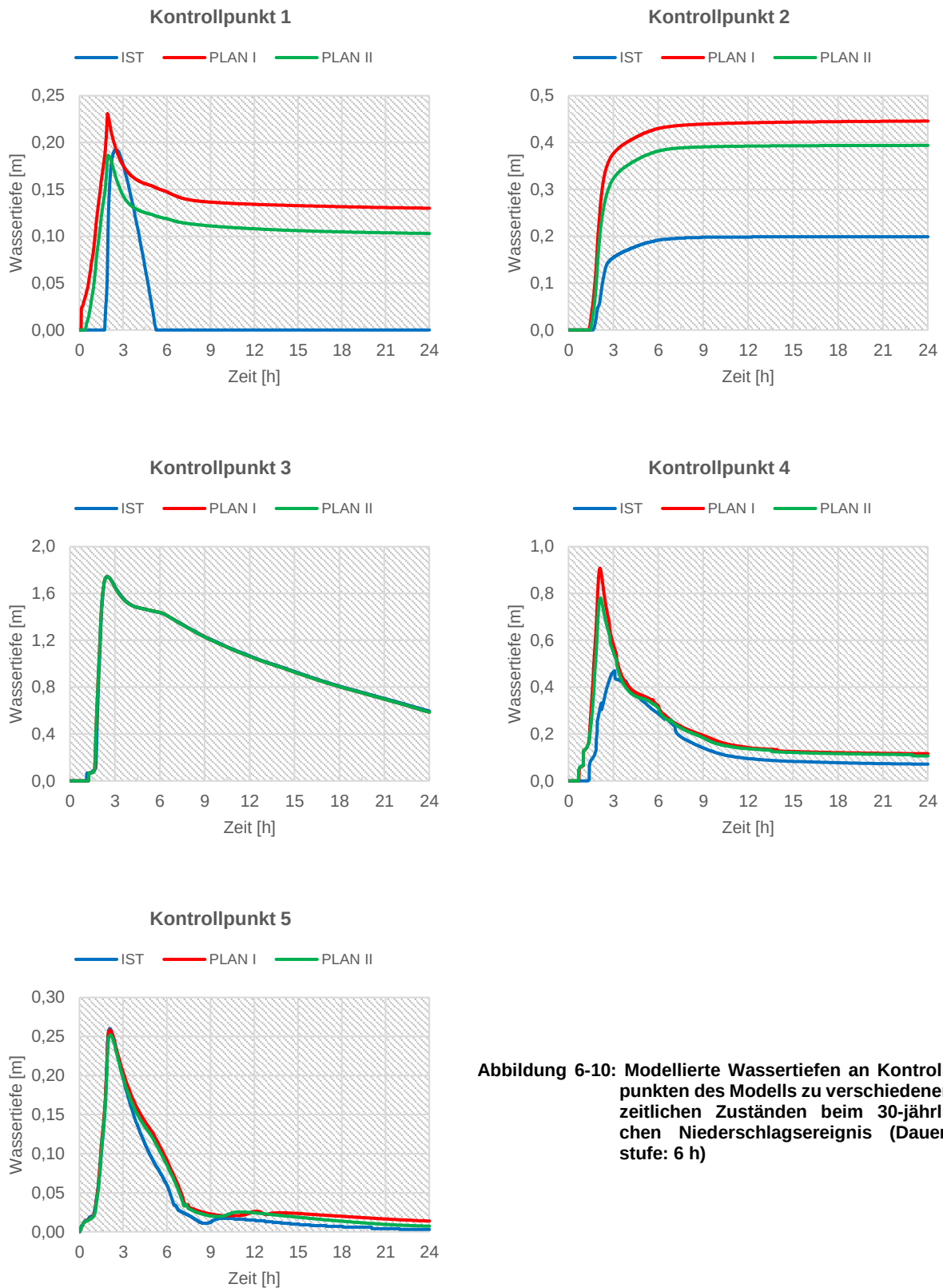


Abbildung 6-10: Modellerte Wassertiefen an Kontrollpunkten des Modells zu verschiedenen zeitlichen Zuständen beim 30-jährlichen Niederschlagsereignis (Dauerstufe: 6 h)

7 Zusammenfassende Empfehlungen

7.1 Beiträge im Sinne innovativer Lösungen der Stadtentwicklung

Sowohl die vorstehend vorgenommenen Analysen als auch die nachfolgenden konzeptionellen und planerischen Lösungen stellen Beiträge im Sinne innovativer Lösungen einer zukunftsorientierten Stadtentwicklung dar. Für die Hanse- und Universitätsstadt Rostock sind sie ebenso modellhaft wie für andere urbane Räume; sie sind grundsätzlich räumlich übertragbar.

Das Themenfeld „Wasser“ bildet ein zentrales Element nachhaltiger Stadtentwicklung (vgl. Kapitel 1). Die in diesem Fachbeitrag konzipierten Lösungen stellen insofern Beiträge dar

- für integrierte und ganzheitliche (siedlungs-)wasserwirtschaftliche Ansätze,
- für eine bestmögliche Verknüpfung der Fachbereiche und Fachpolitiken Bauen, Wohnen, Wirtschaft, Erholung, Natur- und Umweltschutz,
- für multifunktionale Lösungen, insbesondere auch auf der Grundlage naturbasierter Lösungen im Sinne der direkten Nutzung oder der technischen Nachbildung von Ökosystemleistungen, und
- für nachhaltige Lösungen, die vorsorgend Gefahren und Risiken begegnen, die sich aus Hochwasser und nach Menge, Intensität und Dauer kritischen Niederschlagsereignissen ergeben können; hier ist die wahrscheinliche Verstärkung auf Grund des globalen Klimawandels zusätzlich relevant.

Die Lösungsansätze ordnen sich ein in die bereits vorliegenden städtischen Konzeptionen und Programme

- für einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen und Schutzgütern,
- für einen vorsorgenden Hochwasserschutz und einen solchen vor Starkregen und Sturzfluten sowie
- in die regionalen und lokalen Bemühungen um Klimaschutz und Klimaanpassung.

Letztlich dienen die Lösungen aber zuallererst den Bewohnern, Besuchern und Nutzern des neuen Stadtquartiers zur Erhöhung von Wohn-, Aufenthalts und Nutzungsqualität und damit der Lebensqualität in einem urbanen Raum. Die Attraktivität der Hanse- und Universitätsstadt Rostock wird in dieser Hinsicht weiter steigen.

Außerdem setzt die weitere Umsetzung partnerschaftliche Zusammenarbeit vieler Beteiligter voraus. Kooperatives Handeln ist ohnehin eine Grundbedingung der Planung und Umsetzung von Großprojekten wie einer Bundesgartenschau; hier wird aber bereits die Perspektive für die Zeit danach geöffnet. Konstruktive und effektive Kooperationsstrukturen, insbesondere beteiligter Verwaltungen und Träger öffentlicher Belange, müssen gerade für das komplexe Wasserthema verstetigt werden. Hierfür bietet der Fachbeitrag gute Anknüpfungspunkte.

7.2 Grundsätzliches Entwässerungskonzept „Schwammstadt“

Es muss gewährleistet werden, dass nicht durch (räumlich begrenzte) Versickerungsverstärkungen oder künstliche Versickerungen mit hoher hydraulischer Belastung eine hydrologische Aktivierung des PAK-Austrages bewirkt wird (s. Kapitel 5.6.3). Insofern muss und sollte die Niederschlagsentwässerung der Gebäude (Dachflächen) zunächst prinzipiell als Ableitung des Überschusswassers erfolgen (technische Entwässerung in Form eines Kanalnetzes). Dies schließt eine grundsätzliche Vorflutlösung mit ein (Einleitungsgewässer).

Insgesamt sollte möglichst umfänglich

- a) auf Prinzipien der **Schwammgebäude** gesetzt werden (Kapitel 7.3),
- b) bei der Entwässerung der Innenhöfe, insbesondere bei hier verlaufenden Wegen und Straßen, und natürlich bei allen Verkehrsflächen außerhalb der Gebäudekomplexe (Straßen, Wegen, Parkplätze) auf die Prinzipien der **Schwammstraßen** orientiert werden (Kapitel 7.4) sowie
- c) Niederschlagswasser zur **Stützung des Wasserhaushalts der Feuchtgebiete** genutzt werden (Kapitel 7.5).

Das grundsätzliche Entwässerungskonzept im Sinne einer „**Schwammstadt**“ zeigt Abbildung 7-1. Der Ansatz wird nachstehend bzw. in den folgenden Kapiteln näher erläutert.



Abbildung 7-1: Grundsätzliches Entwässerungskonzept „Schwammstadt“ für das Bebauungsplangebiet Nr. 13.MU.204 "Warnow-Quartier, Dierkower Damm" – schematische Darstellung

Wichtige Punkte der Lösung sind weiterhin:

- ➔ Unbedingte (zwingende) **Berücksichtigung des höheren BHW_{Küste}**, neu von +3,50 m NHN bei allen Entwässerungslösungen, um Außenhochwasserschutz und Klimaadaptation zu gewährleisten. Die resultierende unmittelbare hydrologische Gefährdung und deren Folgen sind dabei ebenso zu beachten, wie auch indirekte Folgen für die Funktionsfähigkeit technischer Entwässerungssysteme (z. B. Rückstau) und daraus ggf. entstehende Risiken.
- ➔ Der bestehende (fast vollständig verrohrte) **Graben 11/1** sollte rückgebaut werden; er ist fachlich ohnehin als „Niederschlagswasserkanal“ anzusprechen, da er keine oder nur eine sehr geringe Gewässerfunktion innehat. Das Niederschlagswassernetz wiederum ist ohnehin neu zu konzipieren.
- ➔ Die zentral **vorhandene Binnengrabenstruktur** soll entsprechend aktueller B-Plan-Konzeption als Gewässer erhalten bleiben. Dies wird aufgegriffen und eine hydrologische „Betonung“ vorgeschlagen: größerer Retentionsraum, Funktion als wichtiger und zentraler Notwasserweg (s. u.).
- ➔ Ein Vorschlag für **Notwasserwege** nach Lage und Entwässerungsrichtung, der sich aus den Modellierungsergebnissen in Kapitel 6 sowie den Gefälleverhältnissen ableitet, ist in Abbildung 7-1 dargestellt. Gestaltung und Funktion der Notwasserwege werden im Zusammenhang mit den **Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen-Systemen** in Kapitel 7.4.3 näher erläutert.
- ➔ Auf der westlichen Seite des Plangebietes sollte die **Entwässerung Richtung des Feuchtgebietes am Speckgraben** erfolgen. Es muss im Rahmen der Erschließungsplanung geprüft werden, wie umfassend dies erfolgen kann. So müssten sowohl Regenkanal als auch Notwasserweg im südwestlichen Teil erst nach Norden, zum Feuchtgebiet, geführt werden. Sollte das nicht praktikabel möglich sein, muss eine direkte Entwässerung Richtung Unterwarnow konzipiert werden (vgl. Abbildung 7-1).
- ➔ Der Entwässerungsansatz setzt auf eine Einbindung von **Zisternenlösungen** zum Wasserrückhalt für Nutzungszwecke, aber auch zur Abflusssdämpfung. Da das Speichervolumen begrenzt ist, benötigen alle Zisternen einen Überlauf und eine Einbindung in das Kanalnetz oder die vorhandenen/zu schaffenden **Grabenlösungen als offene Niederschlagswasserableitungen** (vgl. Abbildung 7-1). In Abbildung 7-1 ist der Zingelgraben hier auch vereinfacht als Graben dargestellt, obschon er als offenes Gewässer mit hoher ökologischer Funktionalität gestaltet werden soll (s. im Folgenden).
- ➔ Das Vorhaben der **Öffnung und Gestaltung des Zingelgrabens** sollte umgesetzt werden, um gewässerökologische und grünordnerische Verbesserungen zu erreichen (HENSCHEL 2016). Bei Einmündung von Regenkanaleinmündungen in den Zingelgraben ist auf eine sachgerechte Einbindung zu achten, insbesondere auf eine möglichst hydraulisch unkritische Realisierung (Verhinderung des Auftretens einer Sohl- oder Böschungserosion)

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

7.3.1 Grundansatz

- ➔ Bei Einsatz unterschiedlicher Systeme zur Einsparung von Wasser bzw. zur Abwasserreduktion, die nachfolgend aufgeführt ist, muss eine **Gesamtbemessung** im Hinblick auf den Wasserbedarf und den -anfall bzw. den Abwasseranfall erfolgen, um Fehldimensionierungen und damit ungünstige Kosten-Nutzen-Relationen sowie einen überflüssigen Energieeinsatz zu vermeiden.
- ➔ **Synergieeffekte** sollten so weit möglich genutzt werden.
- ➔ Die geodätische Höhe der Fußbodenhöhe des Erdgeschosses und insbesondere von Eingängen, Tiefgaragenrampen etc. der Gebäude sollte stets unter **Beachtung möglicher Fließwege und Abflusshöhen (Überstauhöhen) bei Starkregenereignissen** festgelegt werden.

7.3.2 Dachbegrünung

Extra konzipierte Retentionsdächer (Blaudächer) können prinzipiell hohe Rückhaltewerte des Niederschlagswassers erreichen. Wird allerdings auch auf Zisternen gesetzt (s. o. und im Folgenden), ist eine gezielte Speicherung auf dem Dach aus Kosten-Nutzen-Erwägungen heraus eher nicht zu empfehlen, weil das Speichervolumen auf dem Dach hohe bauliche Anforderungen, u. a. an die Statik, auslöst. Dies kann folglich preiswerter in Form von Zisternenvolumen abgebildet werden. Für die Kühlung, bezogen auf das Geländeniveau, spielen Blaudächer gemeinhin nur eine untergeordnete Rolle (SIEKER et al. 2019).

Gründächer (mit einer je nach Anwendungsfall entsprechenden Vegetationsbedeckung) besitzen meistens keinen zusätzlichen Speicher, sondern nutzen das Porenvolumen des Substrats (Abbildung 7-2). Diese Dächer können aber auch hohe Rückhalteleistungen haben (BBSR 2018).



Abbildung 7-2: Extensives Gründach mit Überlauf (eigene Aufnahme)

Andererseits geht bei der Gründachnutzung ein relativ hoher Anteil als Verdunstungsanteil „verloren“, was eine Zisternenfunktion (s. u.) einschränkt. Man rechnet je nach Ausführung eines Gründaches nur noch mit 10...50 % der ursprünglich auftretenden Regenmenge, die dann im Speicher ankommt (fbr 2020). Die Kosten pro m³ Rückhalt von Niederschlagswasser liegen nach Angaben von BBSR (2018) beim Gründach ca. aber beim 3-fachen im Vergleich zu Zisternenlösungen. Die Kombination Gründach und Zisterne muss einzelbezogen abgewogen werden (vgl. Kapitel 5.6.2), zudem auch unter Einbeziehung einer möglicherweise angedachten Grauwassernutzung.

In der Industrie werden für praktisch jeden Anwendungsfall spezifische Lösungen parat gehalten, z. B. unterscheidet die renommierte Firma Optigrün international AG folgende Systemlösungen (<https://www.optigruen.de/>):

- Spardach: Standard für Extensivbegrünungen
- Leichtdach: Dachbegrünungslösungen, wenn die Gebäudestatik nur geringe Auflast zulässt
- Naturdach: Dachbegrünung mit hoher ökologischer Komponente
- Retentionsdach: begrüntes Dach mit hoher Wasserrückhaltungsleistung
- Schrägdach: Lösungen für Dächer zwischen 5° und 45° Neigung
- Gartendach: Lösungen für Dachlandschaften mit Rasen, Sträuchern, Bäumen und Teichen sowie Geh- Sitz und Aufenthaltsbereichen
- Landschaftsdach: Dachlandschaften, je nach Wunsch mit identischer Ausstattung zu ebenerdigen Gartenlandschaften
- Verkehrsdach: begeh- und befahrbare Lösungen
- Solargründach: Kombinationslösungen aus Gründach und Photovoltaiklösungen

Übergreifende fachliche Hinweise finden sich in den „Dachbegrünungsrichtlinien“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. (FLL 2018a).

Empfehlungen/Auswirkungen:

- ➔ Gründächer anlegen, wo möglich und sinnvoll, auf jeden Fall auf allen Nebengebäuden und -anlagen sowie modellhaft und zu Schauzwecken auf einigen öffentlichen Gebäuden (Abbildung 7-3); ansonsten immer Abwägung und Gesamtbetrachtung im Zusammenhang mit Zisternen und Grauwassernutzung
- ➔ Beitrag zur Reduktion des Niederschlagswasseranfalls und zur Verdunstungserhöhung
- ➔ Beitrag zur Gesamtwasserbilanz
- ➔ Beitrag zur Förderung der Biodiversität; es besteht die grundsätzliche Möglichkeit einer Anrechnung von Gründächern im Zusammenhang mit der naturschutzfachlichen Eingriffs-/Ausgleichsregelung als Ausgleichsmaßnahme
- ➔ Eine Kombination Gründach und Solardach (Photovoltaik – PV) ist unkritisch und ggf. sogar vorteilhaft, weil durch die Verdunstung des Gründaches die PV-Elemente gekühlt werden; andererseits führt die Verschattung durch die PV-Elemente zu geringerer Verdunstung
- ➔ Je nach Wahl der Gründachvegetation sollte der Aufwuchs gerade bei paralleler PV-Nutzung in Abständen bzw. regelmäßig kontrolliert werden, um ggf. unerwünschte Verschattungen der PV-Elemente zu verhindern.

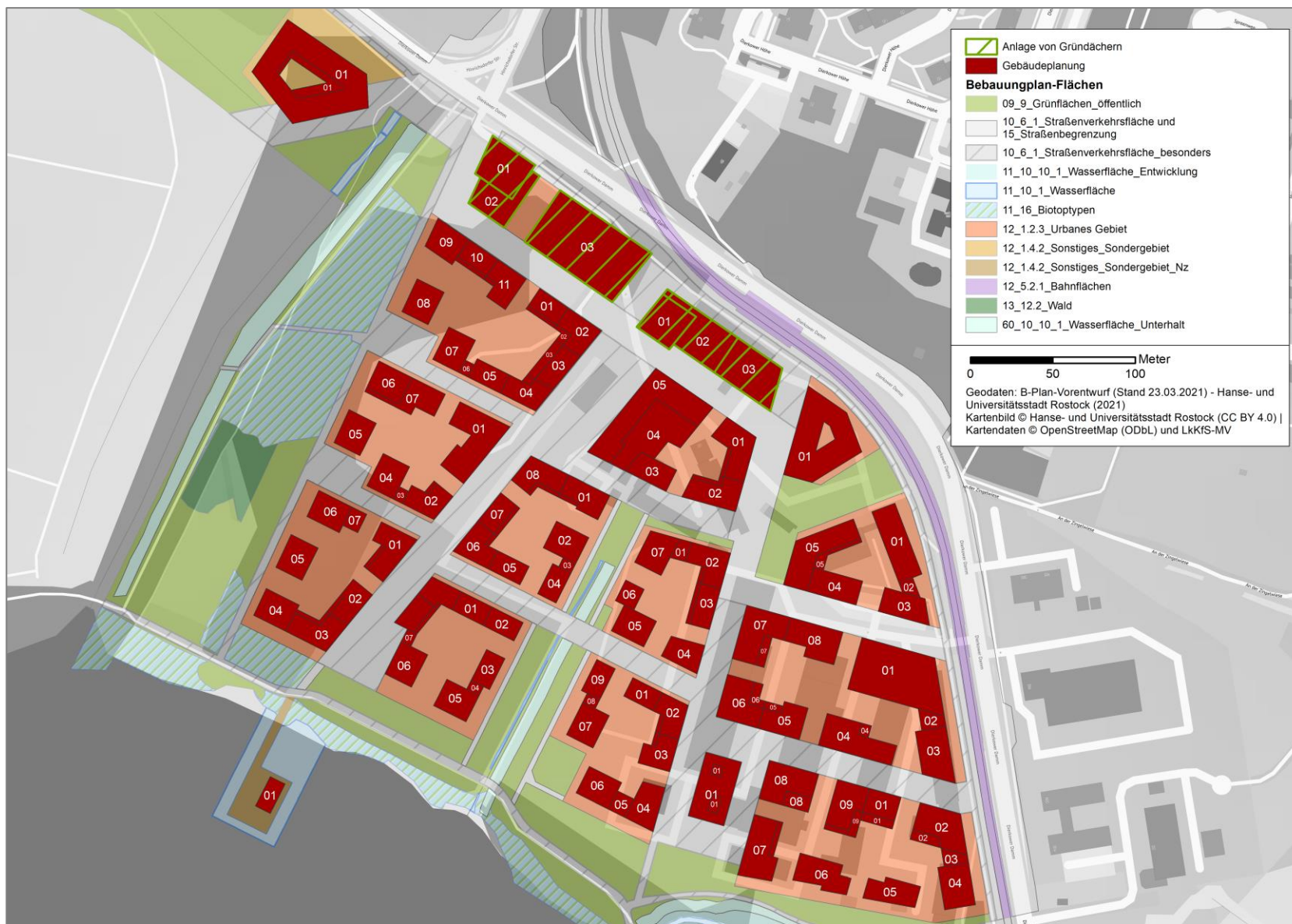


Abbildung 7-3: Empfehlung zur Anlage von Gründächern (grüne Schraffur) auf Gebäuden des Bebauungsplangebiets

7.3.3 Materialien der Dacheindeckung und der Fassadenbeschichtung

Dachflächen müssen möglichst chemisch neutral sein, damit Regenwasser umfassend und unproblematisch genutzt werden kann. Bei Flachdächern sind heute dichtende Kunststoffbahnen das Mittel der Wahl. Auch geeignet wären Beton, Steinplatten, Glas- und Kunststoffflächen anderer Art. Metallische Abdeckungen ohne entsprechende Beschichtung setzen Metallionen frei, die aus Boden- und Gewässerschutzgründen abzulehnen sind. Bitumendächer sind auf Grund der Freisetzung teer-/öhlhaltiger Verbindungen ebenfalls abzulehnen. Werden diese Vorgaben eingehalten, sind auch diesbezügliche Nachweise zur stofflichen Belastung von Niederschlagswasser über die Art und Nutzung der Herkunftsflächen nach DWA-A 102-1/BWK-A 3-1 über den Parameter „Abfiltrierbare Stoffe“ (AFS), im Speziellen AFS63 grundsätzlich unproblematisch (dies betrifft den Feinanteil der Feststoffe in der Partikelgröße von 0,45 µm bis 63 µm). Der Parameter AFS63 fasst auch einen Großteil der an die Feststoffe sorbierten Schadstoffe wie Schwermetalle und organische Schadstoffe.

Ebenso sollten Materialien der Fassadenbeschichtung mit Bedacht ausgewählt werden. Einträge von Bioziden und Transformationsprodukten aus Fassadenauswaschungen können zu Beeinträchtigungen des Bodens, des Grundwassers und der Oberflächengewässer führen (z. B. OLSSON 2019).

Empfehlungen/Auswirkungen:

- ➔ Verwendung von möglichst inerten Materialien der Dacheindeckung zur Verhinderung der Freisetzung von Metallionen und organischen Schadstoffen bei Mobilisierung über das Niederschlagswasser
- ➔ Kein Einsatz von Bioziden in Fassadenanstrichen/Fassadenelementen; stattdessen konstruktiver Bautenschutz und soweit möglich Einsatz inerter oder biologischer/biologisch abbaubarer Materialien (vgl. auch „Entscheidungshilfen: Verringerung des Biozideinsatzes an Fassaden“ des Umweltbundesamtes, <https://www.umweltbundesamt.de/entscheidungshilfen-verringerung-des>)
- ➔ Konkreter (emissionsbezogener) Beitrag zum Boden, Grundwasser- und Oberflächengewässerschutz

7.3.4 Fassadenbegrünung

Fassadenbegrünung gilt als effektive Möglichkeit einer Verdunstungsförderung (vgl. Ausführungen in Kapitel 5.6.4). Zur optimalen Wasserversorgung als Grundlage der Beschattung sowie hoher Verdunstungs- bzw. Kühlleistung wurde bereits oben eine Regenwasserspeicherung durch Zisternen geprüft und favorisiert; diese wird im Anschluss explizit vorgeschlagen. Übergreifende fachliche Hinweise finden sich in den „Fassadenbegrünungsrichtlinien“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. (FLL 2018b).

Empfehlungen/Auswirkungen:

- ➔ Möglichkeiten der Fassadenbegrünung einräumen und gebäudeweise prüfen, ggf. mindestens modellhaft an öffentlichen Gebäuden
- ➔ Nutzung von Zisternen zur Regenwasserspeicherung und entsprechender Möglichkeiten künstlicher Bewässerung (s. u.)
- ➔ Beitrag zur Reduktion des Niederschlagswasseranfalls und zur Verdunstungserhöhung
- ➔ Beitrag zur Gesamtwasserbilanz
- ➔ Beitrag zur Erhöhung urbaner Biodiversität
- ➔ Beitrag zum Fassadenschutz und zur Energieeffizienz

7.3.5 Regenwassernutzung für Bewässerung und für wassergebundene Anlagen

Für eine Regenwassernutzung für Bewässerung und ggf. für wassergebundene Anlagen sollten baufeldweise Zisternen (s. bereits Kapitel 5.6.2 und 7.2) etabliert werden. Das in der jeweiligen Zisterne gesammelte Wasser kann dann über ein System Filter – Saugpumpe – Verteilernetz zu den entsprechenden Verbrauchern geleitet werden (Abbildung 7-4). Zur Dimensionierung der Zisternen erfolgten in Kapitel 5.6.2 umfangreiche Vorbetrachtungen; eine sachgerechte Dimensionierung muss durch die Objektplaner nachgeführt werden. Dabei sind insbesondere Fragen der Versorgungssicherheit und der Zielnutzungen zu klären, z. B. alternativ oder neben der Bewässerung und wassergebundenen Anlagen auch Toilettenspülung und ggf. Kombination mit einer Grauwassernutzung (s. u.).

Interessant ist auch das Prinzip der „intelligenten Zisterne“. Diese wird auf der Basis von Niederschlagsvorhersagen (insbesondere RegenradarDaten als Grundlage) rechtzeitig entleert, so dass Starkregenabflüsse besser gepuffert werden können. Dadurch können die Regenwassermengen gezielt bewirtschaftet und Abflussspitzen im Vorfluter oder Kanal reduziert werden. Dieses Prinzip sollte modellhaft mindestens in einem öffentlichen Gebäude ausprobiert werden.

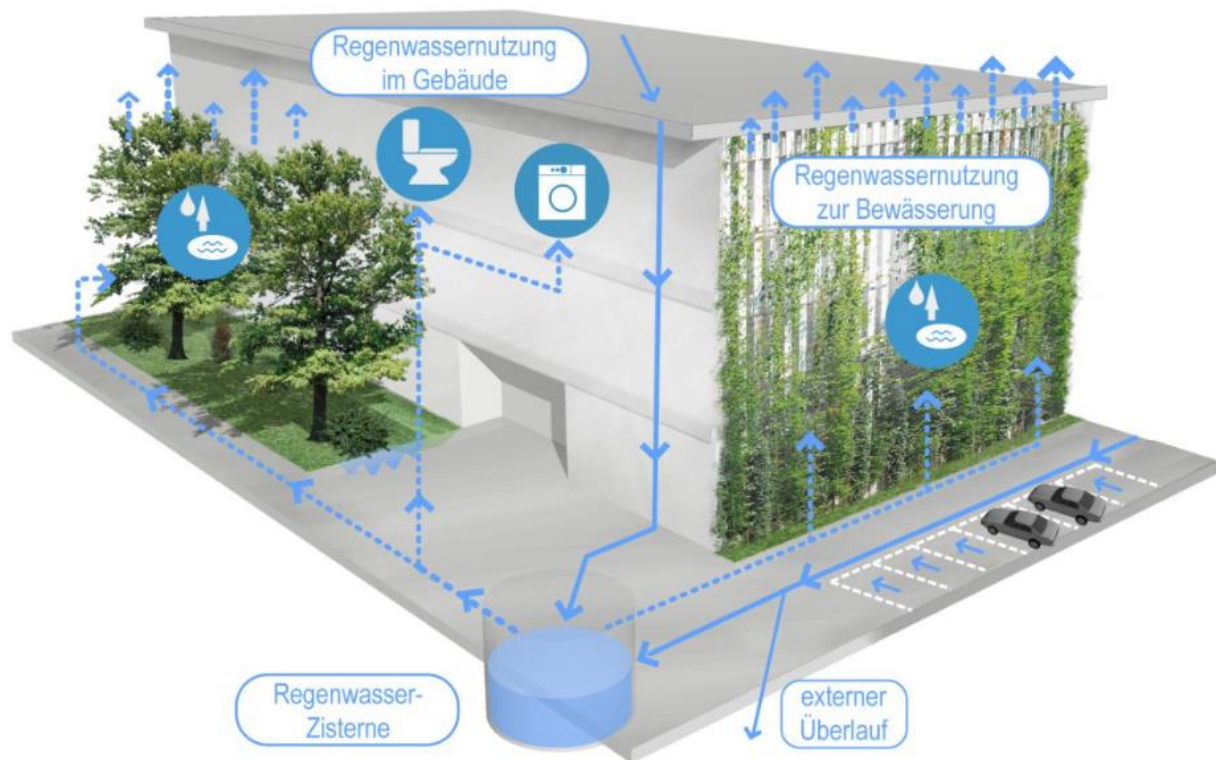


Abbildung 7-4: Prinzip der Regenwassernutzung für Gebäude aus Zisternen, Grafik: Ramboll Studio Dreiseitl, aus RIECHEL et al. (2017)

Empfehlungen/Auswirkungen:

- ➔ Zisternenlösungen baufeldweise etablieren und sachgerecht dimensionieren
- ➔ Regenwassernutzung aus den Zisternen für Bewässerung der Grünflächen in den Bau-feldern nutzen; ggf. können weitere Verbraucher profitieren (Wasserspiele, begrünte Tei-che oder dergleichen)

- ➔ Modellhaft intelligente Zisternen etablieren (Erfahrungen sammeln), ggf. insbesondere in einem öffentlichen Gebäude-/Baufeldkomplex
- ➔ Beitrag zur Reduktion des Niederschlagswasseranfalls und zur Verdunstungserhöhung
- ➔ Beitrag zur Gesamtwasserbilanz

7.3.6 Regenwassernutzung für Toilettenspülung

Eine Regenwassernutzung für Toilettenspülungen ist auf Grund der Menge anfallenden Niederschlagswassers bei gleichzeitiger Regenwassernutzung für Bewässerung und für wassergebundene Anlagen limitiert (s. o.). Ggf. sollte sie aber alternativ oder in bestimmten Gebäuden genutzt werden; das ist zu prüfen, möglicherweise auch in Kombination mit einer Grauwassernutzung (Kapitel 7.3.7).

Empfehlungen/Auswirkungen:

- ➔ Zisternenlösungen baufeldweise etablieren und sachgerecht dimensionieren
- ➔ Modellhaft Regenwassernutzung aus den Zisternen für Toilettenspülungen in den Bau-
feldern nutzen; ggf. in einem öffentlichen Gebäude-/Baufeldkomplex, z. B. in den Thea-
terwerkstätten, im Umweltbildungszentrum oder im Mehrgenerationenhaus
- ➔ Modellhaft intelligente Zisternen etablieren (Erfahrungen sammeln), ggf. insbesondere in
einem öffentlichen Gebäude-/Baufeldkomplex
- ➔ Beitrag zur Reduktion des Niederschlagswasseranfalls und zur Verdunstungserhöhung
- ➔ Beitrag zur Gesamtwasserbilanz

7.3.7 Grauwassernutzung (Abwasser-Recycling)

„Grauwasser“ steht als Begriff für Abwasser, das nur vergleichsweise gering verschmutzt und auf jeden Fall frei von Fäkalien ist. Hierzu zählt das Abwasser aus der Körperhygiene (Dusche, Wanne, Waschtisch) oder auch der Waschmaschine. Grauwasser muss separat gesammelt, mit spezieller Technologie aufbe-
reitet, zwischengespeichert und auch getrennt (separate Leitungsstreng, vollständig entkoppelt von den
Trinkwasserleitungen) wieder zum Einsatz gebracht werden. Mögliche Einsatzfelder sind Toilettenspülung,
Waschmaschineneinsatz und Bewässerung.

Empfehlungen/Auswirkungen:

- ➔ Grauwassernutzung (als Recycling), wo möglich und sinnvoll
- ➔ Prüfung auf gemeinsame Speicherung (nach Reinigung/Aufbereitung) mit dem Regen-
wasser in Zisternen (Dimensionierungsaufgabe!)
- ➔ Modellhaft Grauwassernutzung in einem öffentlichen Gebäude-/Baufeldkomplex, z. B. in
den Theaterwerkstätten, im Umweltbildungszentrum oder im Mehrgenerationenhaus
- ➔ Beitrag zur Reduktion des Wasserverbrauches (Trinkwasser) und des Abwasseranfalls
- ➔ Beitrag zur Gesamtwasserbilanz („sekundäre Quelle“) und zur Entlastung anderer „Quel-
len“, u. a. Verringerung des Nutzungsdruckes auf anfallendes/gesammeltes Nieder-
schlagswasser

7.3.8 Abflussermittlung für die Quartiere/Baufelder als Grundlage der Kanalnetzbe- messung

Soweit nicht anders vorgegeben, werden für Einzugsgebiete ≤ 200 ha oder Fließzeiten bis 15 min („kleine Einzugsgebiete“) nach DIN EN 752:2008-04 einfache empirische Methoden (Fließzeitverfahren) auf der Basis von Starkniederschlagsspenden nach KOSTRA-DWD (2010R) empfohlen (DWA-A 118). Die entsprechenden Voraussetzungen liegen auch für das B-Plan-Gebiet Nr. 13.MU.204 "Warnow-Quartier, Dierkower Damm" vor.

Die Dimensionierung bzw. Bemessung der Haltungen ist nach DWA-A 118 so vorzunehmen, dass die maximale Auslastung bei 90 % des Abflussvermögens der jeweiligen Haltung liegt ($Q_{\text{ges}}/Q_{\text{voll}}$). Die maßgebliche Regendauer sollte gleich der Fließzeit bis zur Entlastung in die Vorflut liegen (zeitlicher Bezug auf das gesamte Einzugsgebiet und die dafür relevante Fließzeit). Die anzusetzende Häufigkeit n für die Starkniederschläge richtet sich nach der Art des Entwässerungsgebietes (DIN EN 752:2008-04):

- Ländliche Gebiete: 1-mal in 1 Jahr ($n = 1 \text{ a}^{-1}$)
- Wohngebiete: 1-mal in 2 Jahren ($n = 0,5 \text{ a}^{-1}$)
- Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete: 1-mal in 5 Jahren ($n = 0,2 \text{ a}^{-1}$)
- Unterirdische Verkehrsanlagen: 1-mal in 10 Jahren ($n = 0,1 \text{ a}^{-1}$)

Es wird empfohlen, wegen der hochwertigen Bebauung und dem Mischcharakter des Gebietes, die Häufigkeit n bei 1-mal in 5 Jahren ($n = 0,2 \text{ a}^{-1}$) anzusetzen; dies entspricht einem Wiederkehrintervall $T (= 1/n)$ von 5 a.

Die Kanalbemessung ist allein für die Dachflächenentwässerung notwendig und sollte sicherheitsorientiert und damit ohne Berücksichtigung (der verzögernden/ausgleichenden) Wirkung von Gründächern sowie Zisternen erfolgen, weil der Lastfall angesetzt werden sollte, dass die ausgleichenden Teilsysteme „Vollfüllung“ aufweisen und somit nicht maßgeblich abflusssäufend wirken können.

Für die einzelnen Baufelder lassen sich damit unter Berücksichtigung eines angesetzten mittleren Abflussbeiwertes ψ_m für Flachdächer in Höhe von $\psi_m = 0,90$ (s. o.) entsprechende Spitzenabflüsse berechnen (Tabelle 7-1).

Tabelle 7-1: Baufelder entsprechend Abbildung 5-8 und zugehörige Dachflächen, relevante Spitzenabflüsse nach Dauerstufe D, 5-jährliche Starkniederschlagshöhen für Rasterfeld Spalte 52, Zeile 14 nach KOSTRA-DWD (2010R) sowie Abflussbeiwert $\psi_m = 0,90$

Bau- feld	Gesamtdach- fläche (GDF) in m ²	Spitzenabfluss Q_s in l s ⁻¹ für T = 5 a und D = 5 min	Spitzenabfluss Q_s in l s ⁻¹ für T = 5 a und D = 10 min	Spitzenabfluss Q_s in l s ⁻¹ für T = 5 a und D = 15 min
A	2.774	56,8	44,4	37,2
B	2.299	47,1	36,8	30,9
C	3.029	62,0	48,5	40,6
D	2.658	54,4	42,6	35,7
E	3.897	79,8	62,4	52,3
F	3.789	77,6	60,7	50,8

Bau- feld	Gesamtdach- fläche (GDF) in m ²	Spitzenabfluss Q_S in l s ⁻¹ für T = 5 a und D = 5 min	Spitzenabfluss Q_S in l s ⁻¹ für T = 5 a und D = 10 min	Spitzenabfluss Q_S in l s ⁻¹ für T = 5 a und D = 15 min
G	3.845	78,8	61,6	51,6
H	2.394	49,0	38,3	32,1
I	1.514	31,0	24,3	20,3
J	2.573	52,7	41,2	34,5
K	5.774	118,3	92,5	77,5
L	4.764	97,6	76,3	63,9
SO M	996	20,4	16,0	13,4
N	2.679	54,9	42,9	35,9
O	2.287	46,8	36,6	30,7

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

7.4.1 Grundansatz

- ➔ Grundsätzliche Umsetzung des Warnow-Quartiers als „verkehrs-/autoarmes“ Quartier aus Sicht des Gewässerschutzes, um den Eintrag von Schad- und Nährstoffen in die Gewässer und insbesondere die Unterwarnow über die Niederschlagsentwässerung zu minimieren; dies erleichtert zudem notwendige Nachweise nach DWA-A 102-1/BWK-A 3-1
- ➔ **Neigung der Verkehrsflächen nach außen** (ein- oder beidseitig) mit Abflussmöglichkeit in die straßen-/wegebegleitenden Mulden-Systeme und/oder Mulden-Rigolen-System oder adäquate technische Lösung
- ➔ **Längsgefälleorientierung** der zentralen Verkehrsachsen in Richtung der Vorflut, insbesondere entsprechend des Gefälles der auszubildenden, parallelen Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen-Systeme (Kapitel 7.4.3); Gegengefälleausbildung nur bei nachgewiesener nicht gegebener Überflutungsgefährdung bei Starkregenereignissen

7.4.2 Versickerungsfähige Befestigungsarten

Wo dies auf Grund der Art und Belastung des Verkehrs möglich ist, auch unter dem Aspekt potenzieller stofflicher Belastung des Niederschlagswassers, können versickerungsfähige Befestigungsarten helfen, den Regenwasseranfall von Verkehrs- und Aufenthaltsflächen direkt zu mindern, und leisten damit auch einen Teilbeitrag zur Erhaltung des lokalen Wasserhaushalts in Bezug auf die Versickerung (Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung).

Generell setzen versickerungsfähige Befestigungsarten entscheidend auch auf spezifischen Untergrundaufbau; hier sollten vor allem Herstellerangaben Beachtung finden. Zu unterscheiden sind zwei Grundprinzipien, die fallweise auch kombiniert angewendet werden können:

- (1) Das eingesetzte Material ist direkt versickerungsaktiv:
 - Öffnungen und Poren, z. B. in Dränpflaster aus Beton
 - wassergebundene und -durchlässige Wegedecken und Dränbeläge aus Splitt, Gesteinsmischungen mit Bitumen oder anderen Bindemitteln
- (2) Realisiert werden Verlegarten und -muster (ggf. auch mit Hilfe von Abstandshaltern), die gezielt Versickerungsöffnungen erzeugen (breite, versickerungsaktive Fugen, gefüllt mit Splitt, Sand/Kies o. ä.)

Empfehlungen/Auswirkungen:

- ➔ Realisierung versickerungsfähiger Befestigungsarten, wo möglich und sinnvoll (Beachtung von Verkehrsfunktion, Verkehrsbelastung und potenzieller stofflicher Belastung des Niederschlagswassers)
- ➔ Beitrag zur Erhaltung des lokalen Wasserhaushalts in Bezug auf die Versickerung (Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung) sowie die Verdunstung (bei horizontalem Austausch)
- ➔ Beitrag zur Verbesserung der Standortbedingungen für städtisches Grün: verbesserte Bedingungen im Wurzelraum von Bäumen (Belüftung, Wasserversorgung)

7.4.3 Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen-Systeme

In Abhängigkeit vom Niederschlagswasseranfall und von der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes können ggf. bereits reine Versickerungsmulden für eine Niederschlagswasserversickerung entlang der Straßen, Wege und Plätze, Parkplätze ausreichend sein (Abbildung 7-5). Nach DWA-A 138 und DWA-A 138-1 (Gelbdruck) ist auf jeden Fall der Bereich mit einem k_f -Wert zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s für eine vollständige technische Versickerung geeignet. Bei geringeren k_f -Werten ist nur noch eine Teilversickerung möglich.

Mulden müssen geodätisch tiefer als das Niveau der zu entwässernden Fläche liegen (mindestens 0,50 m tiefer); auch sollte die zu entwässernde Fläche eine (Quer-)Mindestneigung erhalten, damit das Wasser hinreichend gut ablaufen und in die Mulden gelangen kann. Bordsteine und Tiefborde müssen bodengleich eingelassen werden, um den Abfluss nicht zu unterbrechen, oder in geschlitzter Form Verwendung finden (integrierte Zulaufbereiche zur Mulde).

Reicht die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes nicht aus (was vermutet werden kann), müssen ergänzend Rigolen eingesetzt werden. Rigolen sind künstliche und im Regelfall unterirdisch ausgebildete Pufferspeicher mit hoher Versickerungsleistung. Daher werden sie regelmäßig mit Kies oder anderem relativ grobkörnigem Material gefüllt und erosionssicher eingepackt (in vorgefertigte Elemente oder ggf. auch in Geotextilien (Abbildung 7-6, Abbildung 7-7).

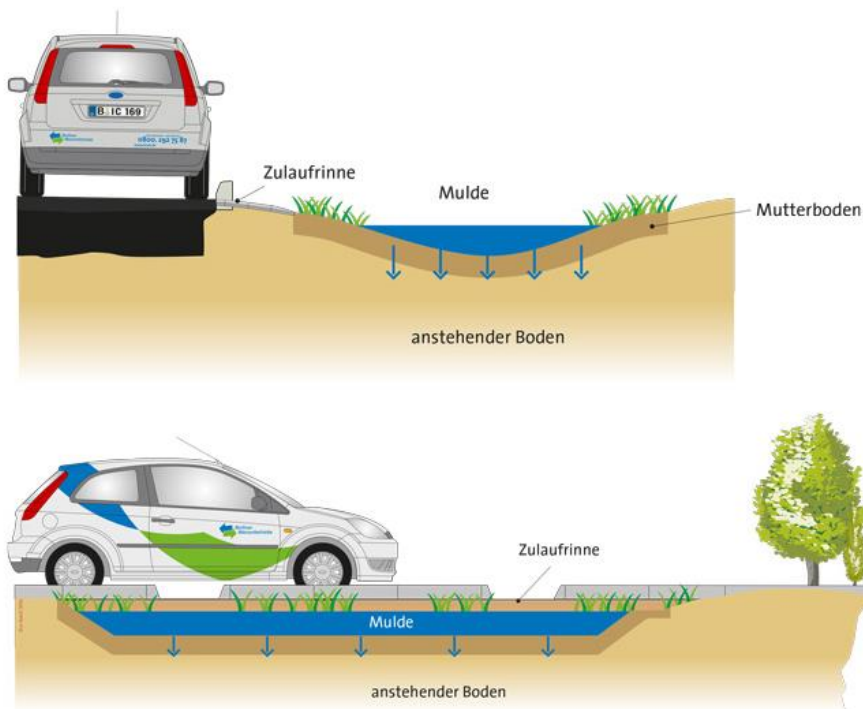


Abbildung 7-5: Schema einer Mulden-Versickerung neben Verkehrsflächen, Abbildung: Berliner Wasserbetriebe (<https://www.bwb.de/de/20803.php>)

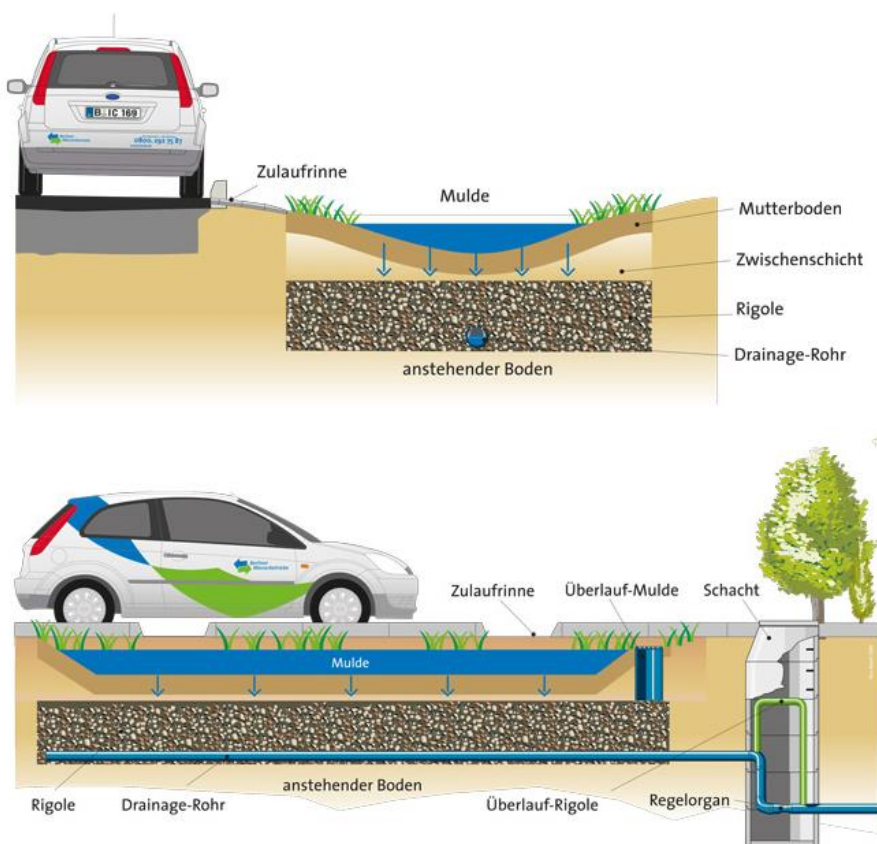


Abbildung 7-6: Schema einer Mulden-Rigolen-Versickerung neben Verkehrsflächen, Abbildung: Berliner Wasserbetriebe (<https://www.bwb.de/de/20803.php>)

Neben den Straßen und Wegen des Plangebietes sollten solche Rigolen unter den Mulden etabliert werden; durch die leichte oder auch deutliche Geländemulde (bewachsener Bodenhorizont) oberhalb kann eine separate Vorreinigung des Niederschlagswassers im Regelfall entfallen (das muss aber geprüft werden). In Mulden-Rigolen-Elemente bzw. Mulden-Rigolen-Systemen sollten zudem Überläufe zwischen Mulden und Rigolen angeordnet werden, um den Flächenbedarf der Anlagen zu verringern und um die hydraulische Sicherheit insbesondere auch im Winter zu erhöhen (Abbildung 7-6, Abbildung 7-7). Das technische Regelwerk empfiehlt Überläufe: „Eine Entlastungsmöglichkeit der Mulden durch einen Überlauf zwischen Mulde und Rigole wird empfohlen“ (DWA-A 138).

Vor dem Überlaufen der Mulde in die Rigole findet eine mechanische Reinigung statt. Schmutzstoffe werden durch Sedimentation abgeschieden, Schwimmstoffe durch eine geeignete Ausbildung des Überlaufes (Tauchwand) zurückgehalten. Die mechanische Reinigungswirkung ist aufgrund der geringen Oberflächenbeschickung erheblich höher als z. B. bei Regenklärbecken oder anderen Sedimentationsanlagen. In DWA-A 138 wird daher die Schlussfolgerung gezogen, dass „der Wegfall der Reinigungswirkung einer Bodenpassage zwischen Mulde und Rigole für die geringen Überlaufwassermengen in der Regel unbedenklich ist. Allerdings sollte der Überlauf von der Mulde in die Rigole möglichst entfernt von der Zulaufstelle in die Mulde ausgeführt werden, damit ein Eintrag von Verschmutzungen in die Rigole bestmöglich vermieden wird“.

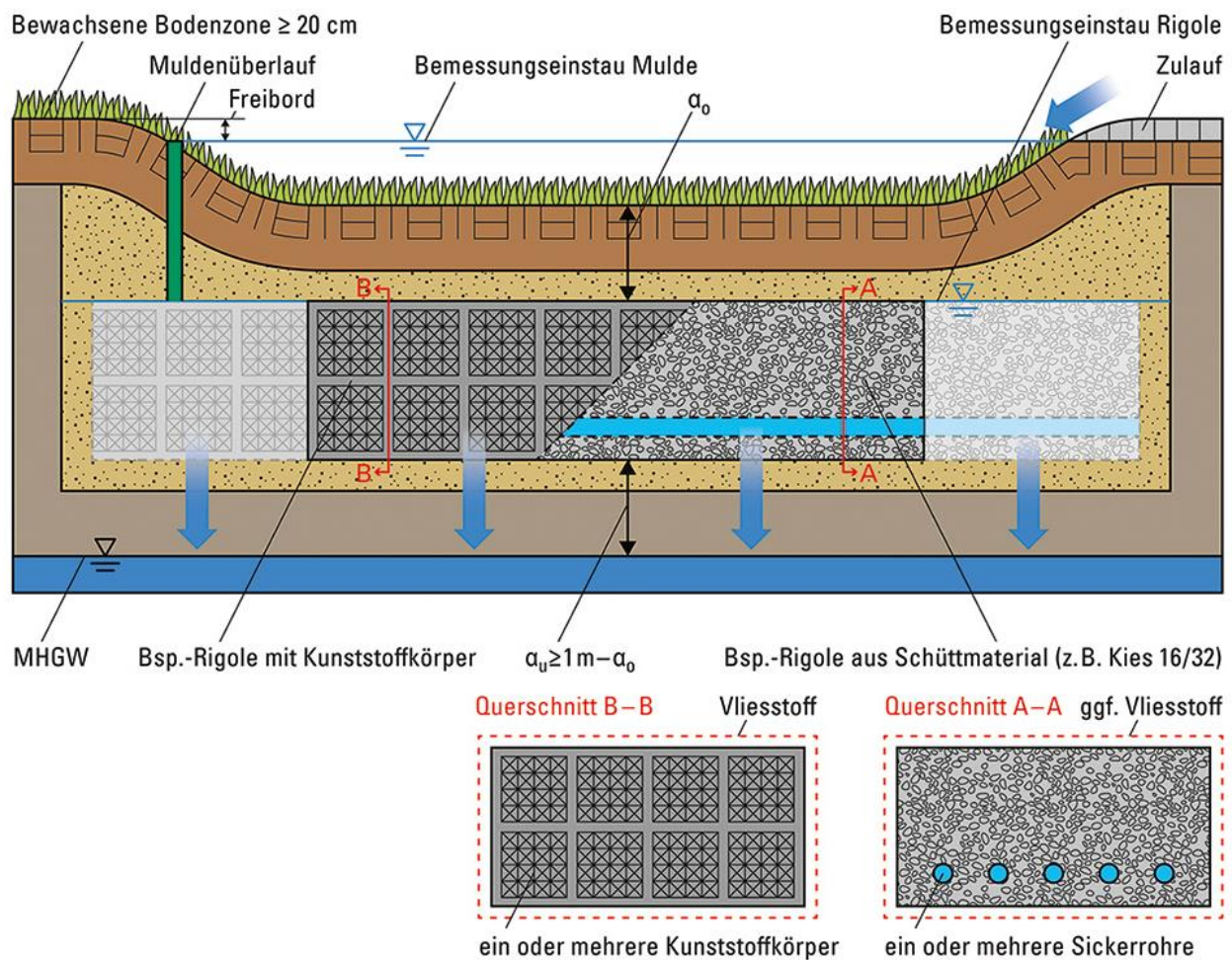


Abbildung 7-7: Prinzip einer linienförmigen Versickerung über Mulden-Rigolen bzw. Rigolen; eine Niederschlagswasserbehandlung erfolgt über die Reinigungswirkung der bewachsenen Bodenzone oder kann ggf. über eine vorgeschaltete Anlage erfolgen (links in der Darstellung), Abbildung: Landesamt für Umweltschutz Bayern (https://www.lfu.bayern.de/wasser/umgang_mit_niederschlagswasser/versickerung/index.htm)

Wird ein Mulden-Rigolen-System mit Bäumen kombiniert, spricht man auch von „Baum-Rigolen“. Baumstandorte in Versickerungsanlagen zu integrieren, hat mehrere Vorteile:

- Knappe Flächenressourcen werden effektiv genutzt. Würden Bäume separat gepflanzt, wären noch breitere Straßenquerschnitte erforderlich, was wiederum die Versiegelung (Einfahrten, Kreuzungsbereiche) erhöhen würde.
- Bäume bekommen in den Mulden-Rigolen-Systemen mehr Raum für ihr Wurzelwachstum und werden besser mit Wasser versorgt (gerade in Trockenzeiten). Zudem führt das verzweigte Wurzelwerk zur einer verbesserten Infiltrationsleistung im Boden.
- Durch Bäume in Versickerungsanlagen erhöht sich der Verdunstungsanteil (gegenüber einfachen Rasenmulden), was stadtklimatisch positiv zu bewerten ist.
- Bäume nehmen zudem auch im Niederschlagswasser enthaltene Nähr- und Schadstoffe in nennenswerten Größenordnungen und in hohem Maße dauerhaft auf.

Die Baumrigolen können auch teilweise gegen das umstehende Erdreich gedichtet werden, um unterhalb des durchwurzelten Raumes eine Art Speicherraum zu schaffen (ggf. auch separat). Aus diesem Raum kann entweder über Steuerungstechnik eine gezielte Bewässerung der Bäume erfolgen (z. B. gesteuert über Saugspannungssensoren) oder aber es wird eine (selbstregulierende) Lösung mit Kapillaraufstieg (sogenannte Dochte etabliert), vgl. Abbildung 7-8.

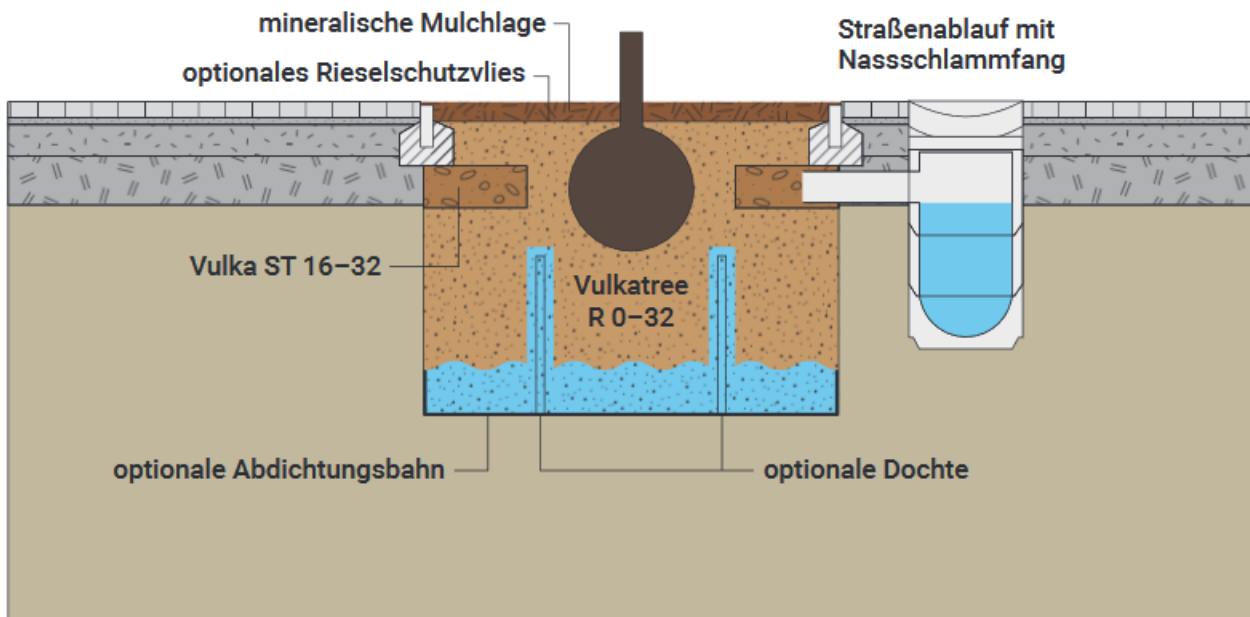


Abbildung 7-8: Baumrigole mit Abdichtung nach unten und Dochten zum selbsttätigen Kapillaraufstieg, Grafik:
<https://vulkatec.de/media/pdf/b8/e8/cb/Baumrigolen.pdf>

Geländegleiche Ausführungsformen von Baumrigolen wie in Abbildung 7-8 dargestellt, sollten aber im Quartier nicht zum Einsatz kommen, um bewusst das Retentionsvolumen von Mulden zu nutzen. Zudem sollen die Mulden auch die Funktion von Notwasserwegen übernehmen, also im Starkniederschlagsfall als extra vorgesehene Abflussbahnen überschüssiges Niederschlagswasser gezielt in Richtung der Vorflut transportieren. Solche Notwasserwege sollten hydraulisch günstig ausgebildet werden (Abbildung 7-9).

Der zentrale Binnenentwässerungsgraben (Abbildung 7-1 in Kapitel 7.2) sollte gleich mehrere Funktionen übernehmen. Er sollte Überlaufwasser der Zisternen aufnehmen können sowie im Starkregenfall Oberflächenwasser der Notwasserwege in die Warnow abführen. Zudem kann er als bedeutsamer Retentionsraum

dienen. Die Querschnittsgestaltung sollte demgemäß möglichst breit und flach erfolgen (vgl. Abbildung 7-10). Im Zentrum sollte eine kleine Abflussrinne angeordnet sein. Deren Tiefe (Sohltiefe) und Geometrie muss sich an hydraulischen Erfordernissen orientieren: Regenwasserableitung der vorgesehenen Baufelder/Gebäude, bemessen nach DWA-A 118. Es wird empfohlen, die Rinne zu befestigen, um Erosionsschäden vorzubeugen, z. B. in Form einer Abpflasterung. Zudem wäre solche Lösung ästhetisch ansprechender. Bei zu hohem Gefälle sollte ein Einbau von Schwellen/Stufen geprüft werden; ggf. wäre damit sogar ein Schau-/Erlebniseffekt im Abflussfall verbunden.

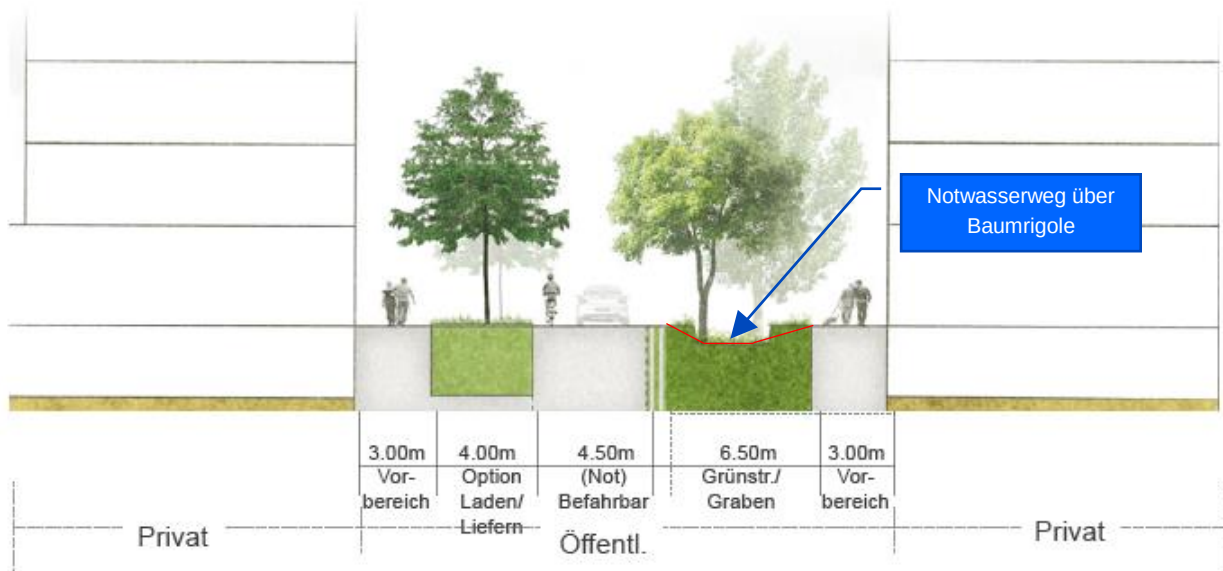


Abbildung 7-9: Baumrigole mit Notwasserweg, Grafik ergänzt nach Fachbereich BUGA, MACHLEIDT & SINAI (2021))

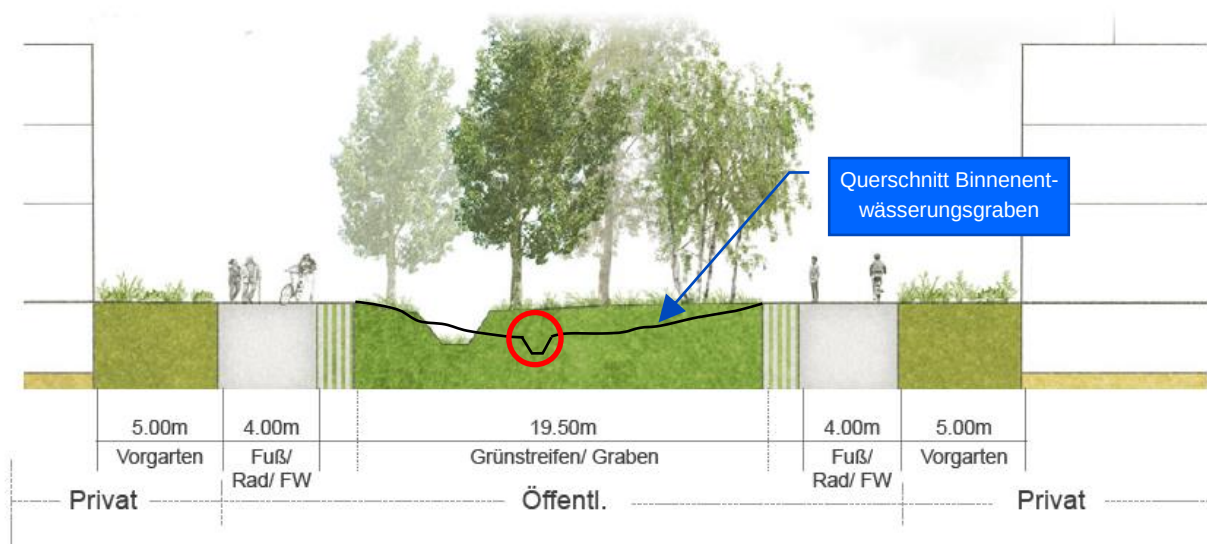


Abbildung 7-10: Gestaltung des Binnenentwässerungsgrabens im Querprofil, roter Kreis: Niederschlagswasser-rinne, Grafik ergänzt nach Fachbereich BUGA, MACHLEIDT & SINAI (2021))

Empfehlungen/Auswirkungen:

- ➔ Ausbildung von Mulden- und/oder Mulden-Rigolen-Systemen je nach Dimensionierung entlang der Wege, Straße und Verkehrsflächen zur Aufnahme des von diesen Flächen abfließenden Niederschlagswassers, möglichst kombiniert mit Bäumen als Baumrigolen entlang der Hauptachsen des B-Plangebietes; entlang der anderen Straßen sollten Muldensysteme mit Sträuchern/Bewuchs etabliert werden (Abbildung 7-11)
- ➔ Modellhafte Etablierung von Steuerungstechnik oder anderen Lösungen zur automatischen Bewässerung in den Baumrigolen entlang der Verkehrshauptachsen im Quartier
- ➔ Möglichst parallele Nutzung der Mulden- und/oder Mulden-Rigolen-Systemen als Notwasserwege; Ausbildung von Notwasserwegen orientiert am Konzept in Kapitel 7.2
- ➔ Nutzung des zentralen Binnengrabens als „offener Regenwasserkanal“, großer Retentionsraum und bedeutender Notwasserweg Richtung Unterwarnow; hierfür Querprofiloptimierung, Erzeugung einer zentralen, befestigten Abflusssrinne für normale Niederschlagswasserereignisse (Baufeld-/Gebäudeentwässerung entsprechend Kapitel 7.2)
- ➔ Sachgerechte hydraulische Dimensionierung der Notwasserwege; ggf. (tlw.) Abtrennung/feste Schwellen in Längsrichtung (Optimierung einer Retentionswirkung) und Kontrolle der Fließgeschwindigkeiten zur Vermeidung von Erosion und unerwünschter Abflussbeschleunigung; dabei aber hydraulisch ausreichende Überläufe bzw. Erhaltung der zentralen Rinne
- ➔ Einbeziehungsmöglichkeit
- ➔ Beitrag zur Erhaltung des lokalen Wasserhaushalts in Bezug auf die Versickerung (Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung) sowie die Verdunstung (bei horizontalem Austausch)
- ➔ Weitgehend neutrale Wirkung im Hinblick auf die örtliche Versickerungsmenge: vorher auch Versickerung auf unversiegelten Flächen, zudem nahezu örtlich unverändert, d. h. keine Aktivierung von PAK zu erwarten (bei vermuteter/angesetzter flächenhafter PAK-Belastung des Untergrundes)
- ➔ Beitrag zur Verbesserung der Standortbedingungen für städtisches Grün: verbesserte Bedingungen im Wurzelraum von Bäumen (Belüftung, Wasserversorgung)

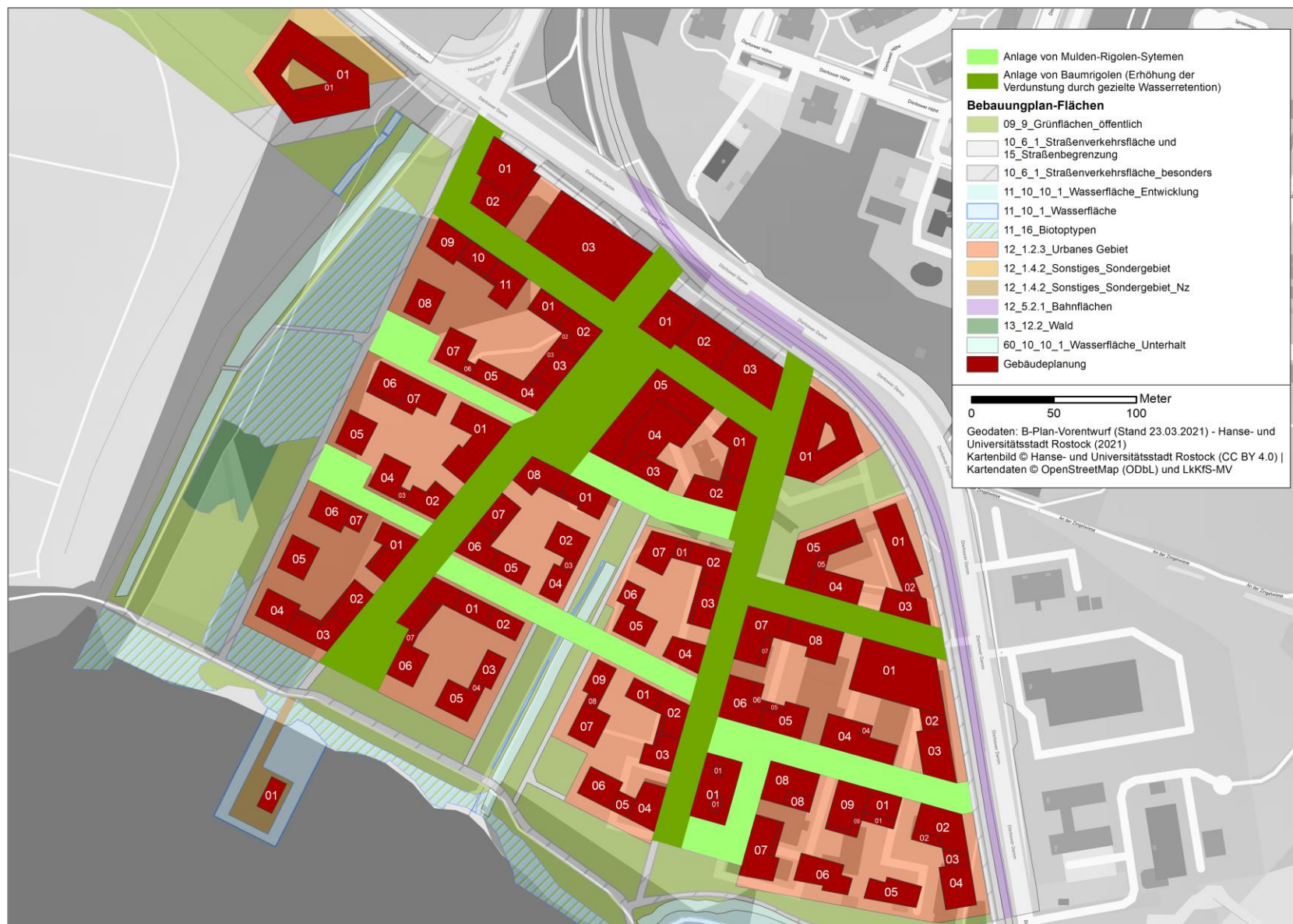


Abbildung 7-11: Empfohlene Anlage von Mulden-Rigolen-Systemen und Baumrigolen für Straßen des Bebauungsplangebiets

7.4.4 Vorgaben für die Bemessung von Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen-Systemen

Für die Bemessung von Versickerungsanlagen wie Mulden-, Rigolen- sowie Mulden-Rigolen-Systeme gibt DWA-A 138-1 (Gelbdruck), z. T. in Entsprechung von DWA-A 117, entsprechende Empfehlungen. Grundsätzlich sollte das Vorgehen nach Abbildung 7-12 gewählt werden, wenn wie hier vorliegend, analog zu DIN EN 752:2008-04 ein einfaches Bemessungsverfahren gewählt werden kann.

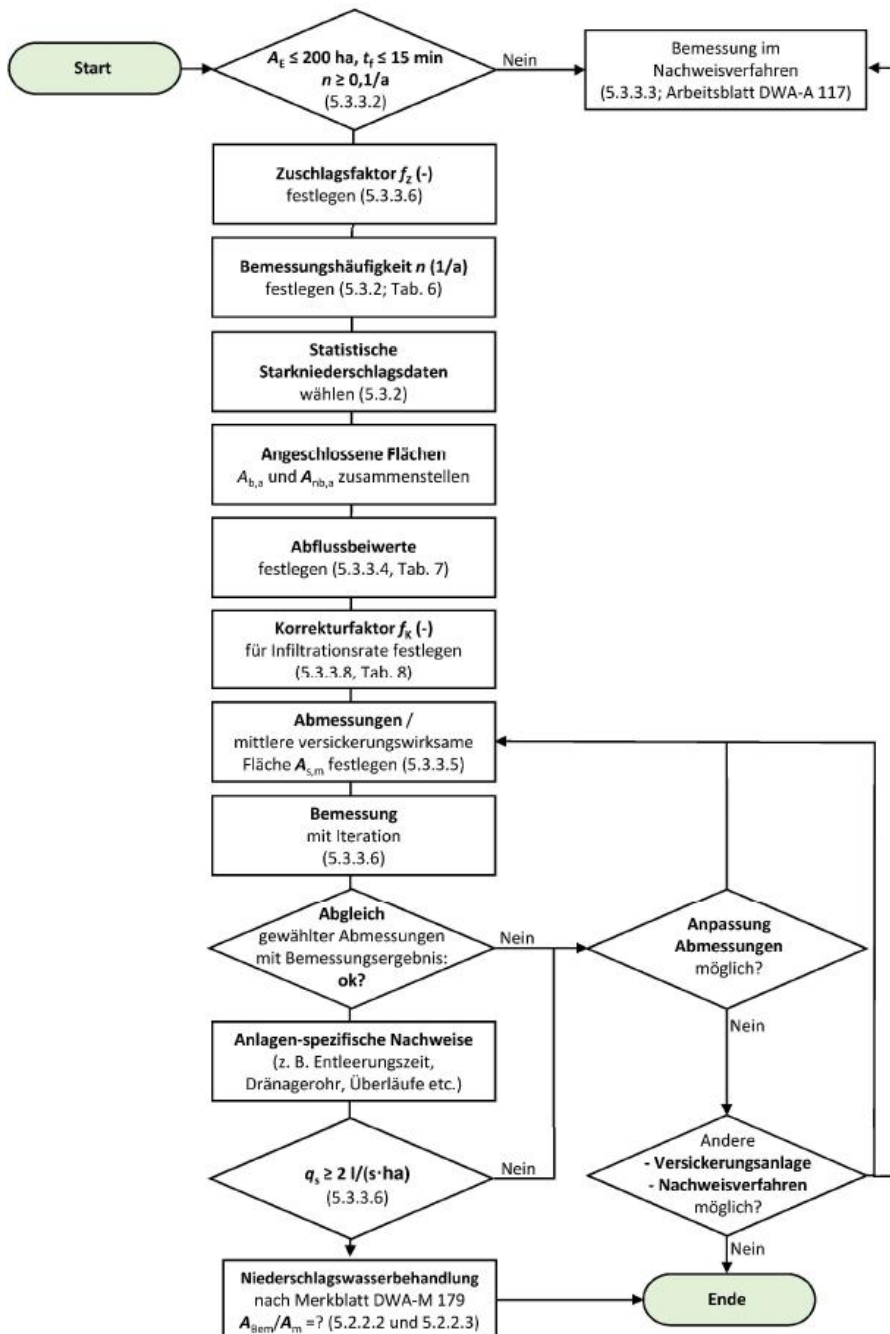


Abbildung 7-12: Ablaufschema für das einfache Berechnungsverfahren für Anlagen zur Versickerung nach DWA-A 138-1 (Gelbdruck)

Die einzelnen Schritte und notwendigen Festlegungen für die Bemessung werden anschaulich in DWA-A 138-1 erläutert. Für die Bemessungshäufigkeit n (s. Kapitel 7.3.8) sollte Tabelle 6 in DWA-A 138-1 herangezogen werden. Zu empfehlen ist für das Warnow-Quartier, potenziell starke Auswirkungen auf Gesundheit, wirtschaftliche Schäden und Nutzung anzusetzen. Dann beträgt die empfohlene Bemessungshäufigkeit je nach Verhältnis von Entwässerungsfläche zu Versickerungsfläche zwischen $n \leq 0,2$ und $n \leq 0,1$; deshalb ist ein Wiederkehrintervall von mindestens 5 a oder von 10 a zu empfehlen, was sich unmittelbar auf den Ansatz der Starkniederschlagsdaten nach KOSTRA-DWD (2010R) auswirkt.

Besonders wichtig sind sachgerechte Ansätze zur Versickerungsleistung, die zusätzlich auch noch über eine entsprechenden Korrekturfaktor Eingang finden. Die Empfehlung in DWA-A 138-1, die Infiltrationsrate optimalerweise durch dezidierte Vor-Ort-Versuche (Infiltrationsversuche) zu bestimmen, kann aus Gründen der Sorgfalt und fachlichen Belastbarkeit nur unterstützt werden.

Die Bemessung der Versickerungsanlagen ist letztlich ein iteratives Problem, da „Zufluss- und Versickerungsvolumina über eine Kontinuitätsbedingung miteinander“ (DWA-A 138-1: 46) verknüpft werden müssen. Die Berechnung ist demnach zeitabhängig, auch die relevante Dauerstufe wird schrittweise bzw. iterativ bestimmt.

7.5 Retentions-Grünflächen und Feuchtgebiete

7.5.1 Retentions-Grünflächen

Entlang der Notwasserwegeachsen, insbesondere entlang des zentralen Binnenentwässerungsgrabens, könnten danebenliegende Grünflächen, Spielplatzflächen und weitere Flächen multifunktional als (temporäre) Retentionsräume mit angebunden werden, soweit dies erforderlich und praktikabel ist; dies ist im Rahmen der Erschließungs-/Entwässerungsplanung hydraulisch zu prüfen. Abbildung 7-13 stellt hierfür geeignete Räume dar. Die entsprechende Bewertung wurde insbesondere aus der Modellierung der Überflutungssituation (Kapitel 6.4) und der Lage der Notwasserwege (Kapitel 7.1) abgeleitet.

Empfehlungen/Auswirkungen:

- ➔ Modellhafte Einbindung von einzelnen Retentionsräumen (Muldencharakter) entlang der Notwasserwegeachsen, insbesondere entlang des zentralen Binnenentwässerungsgrabens, soweit dies geodätisch und hydraulisch möglich ist
- ➔ Falls, dann Ausbildung als flache Retentionsmulden mit zu Rändern ansteigendem Gelände; Flutung erst bei höheren Abflüssen; solche Mulden müssen geodätisch tiefer als das Niveau der Umgebung liegen (mindestens 0,50 m tiefer)



Abbildung 7-13: Im Plangebiet prinzipiell geeignete (multifunktionale) Flächen entsprechend B-Planfestsetzungen für zusätzliche Retention von Niederschlagswasser

7.5.2 Unterstützung des Wasserhaushalts von Feuchtgebieten

Überschüssiges Niederschlagswasser muss abgeleitet werden (s. o.). Hier bietet es sich an, wo dies möglich ist, gezielt das Wasser in benachbarte Feuchtgebiete zu leiten, da dies die hydrologischen Bedingungen in den Feuchtgebieten optimiert und auch zu einer Drosselung des Abflusses Richtung der Oberflächengewässer führt. Folgende konkrete Vorteile sind damit verbunden:

Unbedingt zu prüfen ist aber, wie die Einleitung des überschüssigen Niederschlagswassers erfolgt. „Flächige“ Abflüsse sollten erzwungen werden. Keinesfalls dürfen Rohre einfach ohne hydraulische und ökologische Prüfung in Feuchtgebiete ausmünden. Kurzschlussströmungen und ggf. sogar auftretende Erosionserscheinungen durch Abflussrinnen müssen verhindert werden. Vielmehr muss erreicht werden, dass möglichst lange Aufenthaltszeiten zustande kommen. Diesem Anliegen könnten z. B. Einlaufgräben mit langer Überfall-/Überlaufkante dienen (Abbildung 7-14). Das Niederschlagswasser muss die Möglichkeit zur „räumlichen Entfaltung“ erhalten, um versickern und/oder Mulden, Rinnen und Senken auf der Bodenoberfläche möglichst großflächig füllen zu können. Die konkrete technische Realisierung sollte unbedingt mit der zuständigen Naturschutz- und der zuständigen Bodenschutzbehörde abgestimmt werden.



Abbildung 7-14: Erfolgte Einlaufgestaltung mit horizontaler Überlaufkante in das künstliche Feuchtgebiet unterhalb der Kläranlage Neukloster (rote gestrichelte Linie = Überlaufkante), eigene Aufnahme

Empfehlungen/Auswirkungen:

- ➔ Einleitung des abzuleitenden Niederschlages aus den westlichen Baufeldern in Richtung des Feuchtgebietes am Speckgraben (vgl. Abbildung 7-1)
- ➔ Absicherung, dass das Niederschlagswasser die Möglichkeit zur „räumlichen Entfaltung“ erhält, um versickern und/oder Mulden, Rinnen und Senken auf der Bodenoberfläche möglichst großflächig füllen zu können; hierfür breitflächigen Einlauf erzwingen
- ➔ Bemessung der Ableitung sachgerecht vornehmen
- ➔ Vorteil: grundsätzlich bessere Wasserversorgung der Feuchtgebiete, bessere Lebensbedingungen für die hydrophile Flora und Fauna der Feuchtgebiete
- ➔ Bessere Bodenwasserversorgung in den Feuchtgebieten mit besseren Bedingungen für, Humusbildung und -erhaltung, ggf. sogar in Bezug auf Torf in Mooren
- ➔ Rückhalt von Spurenstoffen in den Feuchtgebieten (Stoffsenken) und damit Schutz der oberirdischen Gewässer
- ➔ Höhere Verdunstung und damit Kühlwirkung der Feuchtgebiete
- ➔ Ggf. Möglichkeit einer Anrechnung der Lösung im Zusammenhang mit der naturschutzfachlichen Eingriffs-/Ausgleichsregelung als Ausgleichsmaßnahme (Aufwertungspotenzial)
- ➔ Beitrag zur Erhöhung urbaner Biodiversität

7.6 Kostenschätzungen

Für wichtige Maßnahmengruppen des Entwässerungskonzeptes (vgl. Kapitel 7.3 und 7.4) ist mit den Kosten entsprechend Tabelle 7-2 zu rechnen. Die allgemeine und die spezifische Baupreisentwicklung sollte aber Beachtung finden, da die Angaben der Tabelle 7-2 teilweise Werte der Vergangenheit repräsentieren.

Tabelle 7-2: Schätzwerte der Baukosten (brutto) bei wichtigen Maßnahmengruppen des Entwässerungskonzeptes

Kostengruppe	Relative Kosten	Quelle(n)
Gründach	800...1.000 € m ⁻³ Rückhalt	BBSR (2018)
	rd. 150 € m ⁻² für extensives Gründach	RIECHEL et al. (2017)
Fassadenbegrünung	20...100 € m ⁻² für begrünte Fläche (erdgebunden)	https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/fassadenbegrueung.html
Zisterne	280...310 € m ⁻³ Rückhalt	BBSR (2018)
Retentionsmulde	120...140 € m ⁻³ Rückhalt	BBSR (2018)
Rigole (Kies)	200...220 € m ⁻³ Rückhalt	BBSR (2018)
Baumrigole	1.500...2.500 € m ⁻³ Rückhalt (inklusive Baum)	Eigene Schätzung, publizierte Daten unbekannt

8 Vorschläge zur Berücksichtigung/Festsetzung im B-Plan nach BauGB

8.1 Festsetzungsmöglichkeiten

„Der Bebauungsplan enthält die rechtsverbindlichen Festsetzungen für die städtebauliche Ordnung.“ (§ 8 Abs. 1 BauGB). Im Bebauungsplan können aus städtebaulichen Gründen Festsetzungen getroffen werden; zu den relevanten Möglichkeiten zur Sicherung von Anforderungen und Funktionen der Wasserwirtschaft zählen entsprechend § 9 BauGB zunächst folgende grundsätzliche Festsetzungsmöglichkeiten:

1. Aus dem Blickwinkel von Niederschlagswasserbehandlung und Leitungsverläufen (verrohrte Gewässer, Kanalisation)
 - a) Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind, und ihre Nutzung (§ 9 (1) Nr. 10 BauGB)
 - b) Flächen für die Führung von ober- und unterirdischen Versorgungsanlagen und -leitungen (§ 9 (1) Nr. 13 BauGB); hierunter fallen auch Entsorgungsleitungen (Abwasser und damit auch Niederschlagswasser), da eine andere direkte Festsetzungsmöglichkeit nicht gegeben ist (Rn. 74 zur § 9 BauGB im Kommentar zum Baugesetzbuch nach BATTIS et al. 2019); allerdings können keine Flächen festgesetzt werden, da nur die Leitungsführung im Vordergrund steht (Rn. 75 zur § 9 BauGB im Kommentar zum Baugesetzbuch nach BATTIS et al. 2019)
 - c) Wasserflächen und Flächen für die Wasserwirtschaft (§ 9 (1) Nr. 16 a) BauGB)
 - d) Flächen für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses (§ 9 (1) Nr. 16 b) BauGB)
 - e) Gebiete, in denen bei der Errichtung baulicher Anlagen bestimmte bauliche oder technische Maßnahmen getroffen werden müssen, die der Vermeidung oder Verringerung von Hochwasserschäden einschließlich Schäden durch Starkregen dienen, sowie die Art dieser Maßnahmen (§ 9 (1) Nr. 16 c) BauGB)
 - f) Mit Geh-, Fahr- und Leitungsrechten zugunsten der Allgemeinheit, eines Erschließungsträgers oder eines beschränkten Personenkreises zu belastende Flächen (§ 9 (1) Nr. 21 BauGB)
2. Aus dem Blickwinkel des Hochwasserschutzes
 - a) Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind, und ihre Nutzung (§ 9 (1) Nr. 10 BauGB)
 - b) Wasserflächen und die Flächen für die Wasserwirtschaft (§ 9 (1) Nr. 16 a) BauGB)
 - c) Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser (§ 9 (1) Nr. 14 BauGB)
 - d) Flächen für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses (§ 9 (1) Nr. 16 b) BauGB)
 - e) Gebiete, in denen bei der Errichtung baulicher Anlagen bestimmte bauliche oder technische Maßnahmen getroffen werden müssen, die der Vermeidung oder Verringerung von Hochwasserschäden einschließlich Schäden durch Starkregen dienen, sowie die Art dieser Maßnahmen (§ 9 (1) Nr. 16 c) BauGB)
 - f) Flächen, die auf einem Baugrundstück für die natürliche Versickerung von Wasser aus Niederschlägen freigehalten werden müssen, um insbesondere Hochwasserschäden, einschließlich Schäden durch Starkregen, vorzubeugen (§ 9 (1) Nr. 16 d) BauGB)
 - g) Die Höhenlage der Erdgeschossbodenhöhe in Bezug auf das umgebende Gelände oder in Bezug auf das Straßenniveau (§ 9 (3) BauGB)

3. Aus dem Blickwinkel von Gewässerschutz- und -entwicklung (häufig identisch mit Naturschutz)
- a) Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind, und ihre Nutzung (§ 9 (1) Nr. 10 BauGB)
 - b) Wasserflächen und die Flächen für die Wasserwirtschaft (§ 9 (1) Nr. 16 a) BauGB)
 - c) Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft (§ 9 (1) Nr. 20 BauGB)

8.2 Konkrete Vorschläge für B-Plan-Festsetzungen

Für den B-Plan werden aus der Sicht dieses Fachgutachtens folgende Festsetzungen empfohlen:

8.2.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung von Schäden infolge gewässerinduziertem Hochwasser oder Starkregen durch Festlegung von Höhenlagen (§ 9 Abs. 3 BauGB)

Das Bemessungshochwasser des Küstenschutzes (Hochwasser der Unterwarnow) von +3,50 m NHN ist für alle Hoch- und Tiefbauvorhaben zwingend zu beachten, um Außenhochwasserschutz und Klimaadaption zu gewährleisten. Die resultierende unmittelbare hydrologische Gefährdung und deren Folgen sind dabei ebenso zu beachten, wie auch indirekte Folgen für die Funktionsfähigkeit technischer Entwässerungssysteme (z. B. Rückstau) und daraus ggf. entstehende Risiken.

Zur Vermeidung möglicher Überflutung im Starkregenfall ist die Erdgeschossfußbodenhöhe der Gebäude in Bezug zum Höhenniveau der umgebenden Planstraßen zu setzen. Die Erdgeschossfußbodenhöhe ist dabei mindestens 0,50 m höher als das geplante Höhenniveau der Planstraßen anzusetzen.

Bei Untergeschossen (Keller, Tiefgaragen etc.) sind Öffnungen zum Zugang/Zufahrt sowie zur Belüftung/Belichtung so zu verwalten bzw. so zu gestalten, dass ein direktes Eindringen von Überflutungswasser bis zur Höhe von 0,50 m über dem geplanten Höhenniveau der Planstraßen verhindert wird.

8.2.2 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung von Schäden infolge Starkregen (§ 9 Abs. 1 Nr. 16 Buchstabe c BauGB)

Zur zusätzlichen Entlastung bei Starkregen werden Notwasserwege angeordnet, die einer gefahrlosen Ableitung von überschüssigem Niederschlagswasser dienen. Die Notwasserwege sind von Hochbauten freizuhalten. Das Geländegefälle der als Notwasserwege vorgesehenen Straßen ist insgesamt Richtung Unterwarnow zu orientieren. Weitere Straßen müssen in ihrem Gefälle Richtung der Notwasserwege orientiert werden. Notwasserwege können auch in die Freiflächengestaltung der Grundstücke einbezogen werden. Einbauten, die einen Regenwasserabfluss behindern können, sind unzulässig, soweit die hydraulische Wirkung nicht nachgewiesenermaßen neutral oder sogar förderlich für den Hochwasserschutz ist.

Soweit vorhandene Gräben und Mulden genutzt werden, ist eine entsprechend zweckmäßige Gestaltung zu wählen. Die Funktionsfähigkeit ist durch hydraulischen Nachweis zu belegen.

8.2.3 Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft einschließlich Maßnahmen zur Erhaltung des lokalen Wasserhaushalts in Verbindung mit dem Anpflanzen und dem Erhalt von Bäumen und Sträuchern (§ 9 Abs. 1 Nr. 15, 20, 25 BauGB)

Auf den gekennzeichneten Gebäuden sind Gründächer anzuordnen. Eine klimatisch ausgleichende Fassadenbegrünung wird empfohlen und ist zulässig. Innerhalb der öffentlichen Grünflächen mit der Zweckbestimmung „Retentions-Grünfläche“ ist eine multifunktionale Nutzung vorzusehen, so dass neben der

Nutzungsfunktion auch eine zwischenzeitliche (temporäre) Speicherung von Niederschlagswasser gewährleistet wird. Die Grünflächen sind gegenüber dem umgebenden Gelände um mindestens 0,5 m abzusenken, so dass sie eine Retentionsfunktion bei Starkregenereignissen erfüllen können.

8.2.4 Maßnahmen für die Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser (§ 9 (1) Nr. 14 BauGB)

Entlang der Entwässerungshauptachsen bzw. relevanten Straßen sind Baumrigolen zur Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers anzuordnen. Die Ausführung ist als Mulden-Rigolen-System plus Baum vorzusehen, auch um die Verdunstung zu erhöhen (Kühlwirkung). An den sonstigen Planstraßen sind Mulden-Rigolen-Systeme anzuordnen.

Die stets auszubildenden Mulden müssen geodätisch tiefer als das Niveau der zu entwässernden Fläche liegen (mindestens 0,50 m tiefer); auch sollte die zu entwässernde Fläche eine (Quer-)Mindestneigung erhalten, damit das Wasser hinreichend gut ablaufen und in die Mulden gelangen kann. Bordsteine und Tiefborde müssen bodengleich eingelassen werden, um den Abfluss nicht zu unterbrechen, oder müssen ggf. in geschlitzter Form Verwendung finden (integrierte Zulaufbereiche zur Mulde).

Stellplätze sind versickerungsfähig zu gestalten (z. B. versickerungsfähiges Pflaster, Rasengittersteine, Schotterrasen).

Zur Zwischenspeicherung von Regenwasser aus der Dachentwässerung sind Zisternen vorzusehen; sie leisten einen Beitrag zur Reduktion des Niederschlagswasseranfalls und zur Verdunstungserhöhung (bei Nutzung zur Bewässerung). Anwendungsfelder der Regenwassernutzung können Grünflächenbewässerung und Toilettenwassernutzung sein. Eine Grauwasseraufbereitung und -nutzung ist zulässig; eine gemeinsame Speicherung gereinigten/aufbereiteten Grauwassers mit Niederschlagswasser in Zisternen ist zu prüfen und zulässig. Mögliche Einsatzfelder des Grauwassers sind Toilettenspülung, Waschmaschineneinsatz und Grünflächenbewässerung. Das Volumen der Zisternen muss so bemessen werden, dass unter Berücksichtigung von Kosten-Nutzen-Aspekten eine möglichst hohe Versorgungssicherheit gewährleistet werden kann.

9 Vorschläge zur Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen Anforderungen bei Grundstücksausschreibungen und vertraglichen Regelungen (z. B. Kaufverträge)

Hinweis: Nachfolgende Ausführungen können und dürfen nur fachlich-aufgabenbezogen empfehlend sein. Eine Haftung im Hinblick auf Vollständigkeit sowie tatsächliche Rechtspflichten und -folgen sowie ggf. auch bezüglich der Folgen für Kosten kann nicht übernommen werden (sowohl der Auftragnehmer als auch die relevanten Bearbeiter/Autoren dürfen keine Rechtsdienstleistungen ausführen; dies bleibt den Vertretern rechtsberatender Berufe vorbehalten, vgl. Rechtsdienstleistungsgesetz - RDG).

9.1 Vorschlag: Absicherung über dingliche Rechte (Privatrecht)

Zunächst kommt eine privatrechtliche Absicherung der wasserwirtschaftlichen Anforderungen über dingliche Rechte in Frage. Beschränkte dingliche Rechte bestehen unabhängig vom Eigentum; sie gewähren einem Rechtsinhaber nur einen beschränkten und jeweils nach der Art des jeweiligen Rechts ausgestalteten, rechtlichen Zugriff auf eine Sache. Diese geht dann dem umfassenden Recht des Eigentümers vor. Insofern bedeuten beschränkte dingliche Rechte Belastungen des Eigentums. Die relevanten Nutzungsrechte werden erreicht über eine Grunddienstbarkeit nach §§ 1018 ff. BGB.

Die Entstehung der beschränkten dinglichen Rechte an Grundstücken setzt voraus

1. eine dingliche Einigung nach § 873 BGB,
2. die Anwendung der Grundlagen für Rechtsgeschäfte gemäß § 104 ff. BGB sowie
3. eine Eintragung des Rechtes in das Grundbuch (§ 873 BGB).

Grunddienstbarkeiten müssten zugunsten bestimmter Rechteinhaber bestimmt werden. Sinnvoll kann es sein, hierfür als direkten Maßstab die rechtlich-fachliche Zuständigkeit anzusetzen, z. B. der Verbände (Trink- und Abwasser, Gewässerunterhaltung, Gewässerausbau). Ggf. ist es aber einfacher und auch zweckmäßiger, dass die Hanse- und Universitätsstadt Rostock hier als „universeller“ Rechteinhaber fungiert.

Auf der Basis einer Grunddienstbarkeit hat der Berechtigte nach § 1027 BGB, ggf. in Verbindung mit § 1090 BGB, Anspruch auf Beseitigung einer ggf. erfolgenden Störung. Von Inhabern dinglicher Rechte (also Eigentum wie auch Dienstbarkeiten) können zudem Schadensersatzansprüche gegenüber Schadensverursachern auf der Grundlage von § 823 BGB geltend gemacht werden (LM 2019).

Bei der Absicherung über Grunddienstbarkeiten wäre es rechtlich zweckmäßig und auch vertraglich transparent gegenüber möglichen Immobilienerwerbern, entsprechende dingliche Absicherungen im Zusammenhang mit den erforderlichen Grundstücksgeschäften/Kaufvereinbarungen abzuschließen. Mögliche Einflüsse auf den Kaufpreis müssen im Einzelfall berücksichtigt werden und sollten möglichst im Vorfeld einer Grundstücksveräußerung geklärt werden.

9.2 Alternativer Vorschlag: Absicherung über eine öffentlich-rechtliche Verpflichtung (Baulast)

Entsprechend § 83 LBauO M-V könnten Raumannsprüche und/oder bestimmte Duldungspflichten im Zusammenhang mit wasserwirtschaftlichen Anforderungen auch öffentlich-rechtlich gesichert werden: „Durch Erklärung gegenüber der Bauaufsichtsbehörde können Grundstückseigentümer öffentlich-rechtliche Verpflichtungen zu einem ihre Grundstücke betreffenden Tun, Dulden oder Unterlassen übernehmen, die sich nicht schon aus öffentlich-rechtlichen Vorschriften ergeben (Baulasten). Baulasten werden unbeschadet der Rechte Dritter mit der Eintragung in das Baulastenverzeichnis wirksam und wirken auch gegenüber Rechtsnachfolgern.“ (§ 83 Abs. 1 LBauO M-V)

Bereits eine planerische Festsetzung im B-Plan muss aber so präzise sein, dass hieraus unmittelbar der notwendige Inhalt eines entsprechenden dinglichen Rechts abgeleitet werden kann (Rn. 117 zur § 9 BauGB im Kommentar zum Baugesetzbuch nach BATTIS et al. 2019).

Bei diesem Vorgehen wäre es rechtlich zweckmäßig (gleichfalls vertraglich transparent gegenüber möglichen Immobilienerwerbern) und vor allem dringend anzuraten, entsprechende Baulasteneintragungen zeitlich vor entsprechenden Grundstücksgeschäften/Kaufvereinbarungen abzuschließen. Nachträgliche Baulasteneintragungen würden Erwerber möglicherweise nicht mehr akzeptieren oder müssten mit hoher Wahrscheinlichkeit (sehr) teuer erkaufte werden.

Mögliche Einflüsse auf den Kaufpreis durch eine vorherige Eintragung von Baulasten sollten wiederum im Einzelfall berücksichtigt werden und sollten möglichst im Vorfeld einer Grundstücksveräußerung geklärt werden.

10 Quellenverzeichnis

- Amt für Umwelt- und Klimaschutz Rostock (2020): Aufforderung zur Abgabe eines unverbindlichen Honorarangebotes: Erarbeitung eines Fachbeitrages zum Wasserhaushalt für das Bebauungsplangebiet Nr. 13.MU.204 "Warnow-Quartier, Dierkower Damm". Leistungsbeschreibung. – Hanse- und Universitätsstadt Rostock, Amt für Umwelt- und Klimaschutz, Abteilung Wasser und Boden, AZ: 73.2.13-vo, 24.11.2020, 7 S.
- BAGROV, N. A. (1953): O srednem mnogoletnem isparenii s poverchnosti susi (Über den vieljährigen Durchschnittswert der Verdunstung von der Oberfläche des Festlandes). – Meteorolog. i Gidrolog., 10 (russ.).
- BATTIS, U., MITSCHANG, S. & REIDT, O. (2019). Baugesetzbuch. Kommentar. – begründet von BATTIS, U., KRAUTZBERGER, M. & LÖHR, R.-P., München (Verlag C. H. Beck oHG), 14. Aufl., 1.869 S.
- BauGB: Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728).
- BauNVO: Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786).
- BBodSchV: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), zuletzt geändert durch Artikel 126 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328).
- BBSR (2015): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) [Hrsg.], 119 S.
- BBSR (2018): Starkregeneinflüsse auf die bauliche Infrastruktur. – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) [Hrsg.], 105 S.
- BfG (2003): BAGLUVA – Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusses. – BfG-Bericht 1342, Bundesanstalt für Gewässerkunde, 103 S.
- BfG (2021): WasserBLick. BfG Web Viewer. Wasserkörpersteckbriefe aus dem 2. Zyklus der WRRL (2016-2021). – Bundesanstalt für Gewässerkunde, https://geoportal.bafg.de/birt_viewer/frameset?__report=CW_WKSB.rptdesign&__navigationbar=false¶m_CW=DE_CW_DEMV_WP_05, Abruf am 14.05.2021.
- BGB: Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738), zuletzt geändert durch Artikel 13 des Gesetzes vom 22. Dezember 2020 (BGBl. I S. 3256).
- BGR (2010): 4.7 Mittlerer jährlicher Gesamtabfluss (GA) nach dem BAGLUVA-Verfahren. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, URL: http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Zusammenarbeit/Adhocag/Downloads/Methode__4__7,templateId=rawproperty=publicationFile.pdf/Methode__4__7.pdf. Datum des Seitenbesuchs: 19.10.2010.
- BIOTA (2008): Bewirtschaftungsvorplanung nach Europäischer Wasserrahmenrichtlinie für das innere Küstengewässer Unterwarnow. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Staatlichen Amtes für Umwelt und Natur Rostock.
- BIOTA (2012): Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK). Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an die Urbanisierung und den Klimawandel, Phase 1: Grundlagenermittlung. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.

- BIOTA (2013): Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK). Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an die Urbanisierung und den Klimawandel, Phase 2: Bewertung der hydrologischen Gefährdung. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.
- BIOTA (2014): Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK). Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an die Urbanisierung und den Klimawandel, Phase 3: Einzugsgebietsbezogene Analysen der Hochwasserrisiken. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.
- BIOTA (2016): Integraler Entwässerungsleitplan (IELP) für die Hansestadt Rostock. Definition von Hauptentwässerungsachsen (HEA). – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.
- BIOTA (2020): Stadt-Land-Plus-Verbundprojekt PROSPER-RO: Prospektive synergistische Planung von Entwicklungsoptionen in Regiopolen am Beispiel des Stadt-Umland-Raums Rostock, generierte Einzugsgebiete. - biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH. Förderung mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 033L212.
- BSI (2019): B-Plan Nr. 13.MU.204 „Warnow-Quartier, Dierkower Damm“. Baugrundgutachten. - Baugrund Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH im Auftrag der Rostocker Gesellschaft für Stadterneuerung, Stadtentwicklung und Wohnungsbau mbH.
- BSI (2021): B-Plan Nr. 13.MU.204 „Warnow-Quartier, Dierkower Damm“. Grundwasseruntersuchungen. - Baugrund Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH im Auftrag der Hanse- und Universitätsstadt Rostock, Fachbereich BUGA.
- DIN 1989-1:2002-04: Regenwassernutzungsanlagen - Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung. – DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 4049 Teil 1: Hydrologie – Grundbegriffe. – Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 4049 Teil 3: Hydrologie – Begriffe zur quantitativen Hydrologie. – Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN EN 752:2008-04: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Deutsche Fassung EN 752:2008. – DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- DVWK (1990): Regeln zur Wasserwirtschaft 112: Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlags-Abfluß-Modellen in kleinen Einzugsgebieten. Teil I: Analyse. – Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), 2. durchges. Aufl., Hamburg, Berlin (Verlag Paul Parey).
- DWA (2013): Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. – DWA-Themen 1/2013, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA).
- DWA (2021): DWA-Positionen. Wasserbewusste Entwicklung unserer Städte. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA).
- DWA-A 100: Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE). – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Dezember 2006.
- DWA-A 102-1/BWK-A 3-1: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 1: Allgemeines. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) & Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e. V. (BWK), Dezember 2020.
- DWA-A 102-2/BWK-A 3-2: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen.

– Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) & Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e. V. (BWK), Dezember 2020.

DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. – Arbeitsblatt DWA-A 118. - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., 03/2006.

DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), April 2005.

DWA-A 138-1 (Gelbdruck): Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), November 2020.

DWA-M 119: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen.– Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), November 2016.

DWD (2018): Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes (Niederschlag, Sonnenscheindauer, Temperatur; Dekaden 1981-2010, Jahres- und Monatswerte), Abruf über das Climate Data Center (CDC).

DWD (2021): Klimadaten der Station Rostock-Warnemünde. Vieljährige Mittelwerte der Zeitreihe 1981-2010. – Deutscher Wetterdienst, https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/temp_8110_fest_html.html?view=nasPublication&nn=16102, https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/nieder_8110_fest_html.html?view=nasPublication&nn=16102, Abruf am 13.05.2021.

DYCK, S. & PESCHKE, G. (1983): Grundlagen der Hydrologie. – Berlin (Verlag für Bauwesen), 388 S.

DYCK, S., BECKER, A, FLEMMING, G. et al. (1980): Angewandte Hydrologie. Teil 2. – Berlin (VEB Verlag für das Bauwesen), 2. überarb. Aufl., 544 S.

Fachbereich BUGA, MACHLEIDT & SINAI (2021): Warnowquartier. Integrierte städtebaulich-freiräumliche Fortschreibung des Rahmenplans im Rahmen der Buga Rostock 2025. Quartiersexposé. Stand 30.03.2021. – Fachbereich Bundesgartenschau (BUGA) in Zusammenarbeit mit Machleidt GmbH Städtebau + Stadtplanung, SINAI Gesellschaft von Landschaftsarchitekten mbH, 36 S.

fbr (2020): fbr-Wissen – Energieeffiziente Gebäudeplanung mit Regenwasser. Information für Planer. – Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (fbr) e. V., 16 S.

FLL (2018a): Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltungen von Dachbegrünungen. – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V., Bonn, 118 S.

FLL (2018b): Fassadenbegrünungsrichtlinien - Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen. – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V., Bonn, 167 S.

GLUGLA, G. & FÜRTIG, G. (1997): Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogramms ABIMO. Berechnung langjähriger Mittelwerte des Wasserhaushalts für den Lockergesteinsbereich. – Bundesanstalt für Gewässerkunde.

GLUGLA, G., ENDERLEIN, R. & EYRICH, A. (1977): Anwenderinstruktion für das Rechenprogramm RASTER zur Berechnung langjähriger Mittelwerte der Grundwasserneubildung und des Wasserhaushalts für den Lockergesteinsbereich der DDR. – Institut für Wasserwirtschaft und Kammer der Technik, Berlin.

GLUGLA, G., MÜLLER, E., JANKIEWICZ, P., RACHIMOW, C. & LOJEK, K. (1999): Entwicklung von Verfahren zur Berechnung langjähriger Mittelwerte der flächendifferenzierten Abflussbildung (DFG-Projekt Gl 242/1-2 „Wasserhaushaltsverfahren“). – Abschlussbericht, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Abteilung Berlin, 27 S.

- GRÜNEWALD, U. (2009): Erkenntnisse und Konsequenzen aus dem Sturzflutereignis in Dortmund im Juli 2008. – KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 2 (8): 422-428.
- HAD (2000, 2001, 2003): Hydrologischer Atlas von Deutschland. – Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [Hrsg.], Bonn/Berlin, 2000 (1. Lieferung), 2001 (2. Lieferung), 2003 (3. Lieferung).
- Hanse- und Universitätsstadt Rostock (2021a): Konzeptbodenkarte. Bearbeitungsstand 2018. – Hanse- und Universitätsstadt Rostock, Amt für Umweltschutz, https://www.opendata-hro.de/dataset/konzeptbodenkarte_2018, Abruf am 20.04.2021.
- Hanse- und Universitätsstadt Rostock (2021b): Satzung der Hanse- und Universitätsstadt Rostock über den Bebauungsplan Nr. 13.MU.204, Vorentwurf vom 23.03.2021 sowie vom 16.08.2021. - Hanse- und Universitätsstadt Rostock, Bereitstellung über BUGA Fachbereich der Hanse- und Universitätsstadt Rostock.
- HEC (2010): Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Hydraulic Reference Manual. – Department of the US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center.
- HENSCHEL, T. (2016): Wiederöffnung des Zingelgrabens mit beidseitigem Grünzug und Wegeverbindung. Vorplanung. - Thomas Henschel, Landschaftsarchitekt im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Stadtentwicklung, Stadtplanung und Wirtschaft, 13 S.
- <http://pegelonline.wsv.de>, Abruf am 20.05.2021.
- http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html, Abruf am 03.05.2021.
- <https://vulkatec.de/media/pdf/b8/e8/cb/Baumrigolen.pdf>, Abruf am 04.10.2021.
- <https://www.bwb.de/de/20803.php>, Abruf am 25.09.2021.
- https://www.lfu.bayern.de/wasser/umgang_mit_niederschlagswasser/versickerung/index.htm, Abruf am 25.09.2021.
- <https://www.oekologisch-bauen.info>, Abruf am 20.05.2021.
- <https://www.optigruen.de/>, Abruf am 25.09.2021.
- <https://www.umweltbundesamt.de/entscheidungshilfen-verringerung-des>, Abruf am 01.01.2021.
- <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/fassadenbegruenung.html>, Leitfaden für Fassadenbegrünung der Stadt Wien, Abruf am 11.11.2021.
- HWRM-RL (Europäische Hochwasserrichtlinie): Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, Amtsblatt der EG Nr. L 288 vom 06.11.2007
- HYDOR (2010): Ermittlung grundwasserbeeinflusster oberirdischer Gewässer in Mecklenburg-Vorpommern. – HYDOR Consult GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, unveröff. Bericht, 49. S.
- KOPP, D., JÄGER, K.-D. & SUCCOW, M. (1982): Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung am Beispiel des Tieflandes der DDR. – Berlin (Akademie-Verlag), 339 S.
- KOSTRA-DWD (2010R): Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertung, Version 3.2.3.363, Datenauswertung und -bereitstellung durch den Deutschen Wetterdienst, Software des Instituts für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH.
- LAiV M-V (2021): Digitales Geländemodell (DGM1, Gitterweite 1 m). - Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern (LaiV M-V).

- LBauO M-V: Landesbauordnung Mecklenburg-Vorpommern (LBauO M-V) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Oktober 2015 (GVOBl. M-V 2015, S. 344), zuletzt geändert durch Gesetz vom 19. November 2019 (GVOBl. M-V S. 682).
- LM (2019): Schreiben des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern vom 06.03.2019 an die Gewässerunterhaltungsverbände, den Landesverband der Wasser- und Bodenverbände und die Unteren Rechtsaufsichtsbehörden gemäß § 6 AGWVG: Verrohrte Gewässerstrecken bei Gewässern II. O.: Zulässigkeit spezieller Beitragsregelungen in Verbandssatzungen der WBV für verrohrte Strecken von Gewässern II.O.; Rücklagenbildung und -verwendung für verrohrte Strecken; Vorteile eines Erwerbs von Gewässern II.O. nach dem VerkFIBerG, Aktenzeichen: 520-WBV01-2012/023-144, Bearbeiterin: Frau Dietzel, 4 S.
- LM (2021): Hochwasserrisikomanagementpläne, Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten. – Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, http://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/umwelt/wasser/hochwasserrisikomanagementrichtlinie/hwr_hochwasserrisikomanagementplaene.htm, http://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/umwelt/wasser/hochwasserrisikomanagementrichtlinie/hwr_hochwassergefahrenkarten.htm, Abrufe vom 14.05.2021.
- LUNG M-V (2012): Konzept: InGe - Integrierte Gewässermengenbewirtschaftung. Stand 09/2012. – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.
- LUNG M-V (2021): Daten des Fachinformationssystems Wasser (FIS) sowie Umweltkartenportal. – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (<https://fis-wasser-mv.de/kvwmap/index.php>), Abruf am 20.04.2021, 23.04.2021, 20.05.2021.
- MEHL, D. (2015): Gutachten: Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten der kommunalen Entwässerung in der Hansestadt Rostock. Strategien für zukunftsfähige Lösungen. – Gutachten als öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Gewässerschutz im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz, 21 S.
- MEHL, D., HOFFMANN, T. G. & MIEGEL, K. (2014a): Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern – Verfahrensempfehlung. a) Handlungsanleitung. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.], Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (LAWA-AO), Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, 72 S.
- MEHL, D., HOFFMANN, T. G. & MIEGEL, K. (2014b): Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern – Verfahrensempfehlung. b) Hintergrunddokument. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.], Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (LAWA-AO), Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, 161 S.
- MEHL, D., HOFFMANN, T. G., BOLLMOHR, A. & SCHENTSCHISCHIN, J. (Bearbeitung); GOETZE, A., MEYERFELDT, F., SCHUMANN, A., SOMMERMEIER, K. & TÜRNER, J. (Redaktion) (2014a): Leitfaden Hochwasserrisikomanagementplanung in Mecklenburg-Vorpommern. – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern [Hrsg.], 84 S.
- MEHL, D., HOFFMANN, T. G., SCHNEIDER, M., LANGE, A., NEUPERT, A., BADROW, U. & WENSKE, T. (2015): Gemeinschaftliches Handeln im kommunalen Hochwassermanagement: das „Integrierte Entwässerungskonzept“ (INTEK) der Hansestadt Rostock. – KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 8 (11): 700-709.
- MEHL, D., MIEGEL, K. & SCHUMANN, A. (2014b): Ungewöhnliche Niederschlagsereignisse im Sommer 2011 in Mecklenburg-Vorpommern und ihre hydrologischen Folgen – Teil 2: Hydrologische Folgen. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 58 (1): 29-42.
- MEHL, D., RENNER, M., GOTTELT-TRABANDT, C., BÖX, S., HOFFMANN, T. G. & IWANOWSKI, J. (2018): Ein Beitrag zur Analyse und Bewertung der Ökosystemleistungen kleiner urbaner Gewässer und Feuchtgebiete am Beispiel der Hansestadt Rostock. Teil 3: Methoden und Ergebnisse für ausgewählte regulative und

- kulturelle Ökosystemleistungen, nutzenbasierte ökonomische Bewertung, Diskussion und Schlussfolgerungen. – KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 11 (5): 257-264.
- MEßER, J. (1997): Auswirkungen der Urbanisierung auf die Grundwasser-Neubildung im Ruhrgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Castroper Hochfläche und des Stadtgebietes Herne. – DMT-Berichte aus Forschung und Entwicklung, Heft 58, Bochum.
- MEßER, J. (2013): Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa. – Lippe Gesellschaft für Wassertechnik mbH, Essen. 78 S., URL: http://www.gwneu.de/pdf/Verfahren_GWneu_2014.pdf. Datum des Seitenbesuchs: 20.09.2017.
- MIEGEL, K., MEHL, D., MALITZ, G. & ERTEL, H. (2014): Ungewöhnliche Niederschlagsereignisse im Sommer 2011 in Mecklenburg-Vorpommern und ihre hydrologischen Folgen – Teil 1: Hydrometeorologische Bewertung des Geschehens. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 58 (1): 18-28.
- Nordwasser GmbH (2021): Kanalnetzdaten Niederschlagswasser des Untersuchungsgebietes. – Nordwasser GmbH, Bereitstellung per E-Mail.
- Olsson, O. (2019): Einträge von Bioziden und Transformationsprodukten aus Fassadenauswaschungen in urbane Oberflächengewässer und Grundwasser. – Schriftenreihe Umweltingenieurwesen der Universität Rostock 88: 152-158.
- PfaU GmbH (2019): Gutachterbericht: „Kartierung der Biotoptypen auf dem BuGa-Gelände Rostock“ – Kartiergebiet 4 – Warnowquartier, Biotoptypen. PfaU GmbH – Planung für alternative Umwelt im Auftrag der Rostocker Gesellschaft für Stadterneuerung, Stadtentwicklung und Wohnungsbau mbH.
- RDG: Gesetz über außergerichtliche Rechtsdienstleistungen (Rechtsdienstleistungsgesetz - RDG) vom 12. Dezember 2007 (BGBl. I S. 2840), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. Dezember 2020 (BGBl. I S. 3320).
- RGSSW (2020): Rahmenkonzept ‚Modellvorhaben Warnowquartier‘. – Rostocker Gesellschaft für Stadterneuerung, Stadtentwicklung und Wohnungsbau mbH, 22 S.
- RICHTER, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. – Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194, 93 S.
- RIEHEL, M., REMY, C., MATZINGER, A., SCHWARZMÜLLER, H., ROUAULT, P., SCHMIDT, M., OFFERMANN, M., STREHL, C., NICKEL, D., SIEKER, H., PALLASCH, M., KÖHLER, M., KAISER, D., MÖLLER, C., BÜTER, B., LEßMANN, D., VON TILS, R., SÄUMEL, I., PILLE, L., WINKLER, A., BARTEL, H., HEISE, S., HEINZMANN, B., JOSWIG, K., REICHMANN, B. & REHFELD-KLEIN, M. (2017): Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung, Ergebnisse des Projektes KURAS, Berlin, http://kuras-projekt.de/fileadmin/Dokumenten_Verwaltung/pdf/Steckbriefe_komplett_web.pdf, Abruf am 04.10.2021.
- SCS (1972): National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology. – US Department of Agriculture Soil Conservation Service, US Government Printing Office, Washington DC, 544 S.
- SIEKER, H., STEYER, R., BÜTER, B., LEßMANN, D., VON TILS, R., BECKER, C. & HÜBNER, S. (2019): Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten. – UBA-Texte 111/2019, Umweltbundesamt [Hrsg.], 112 S.
- STANGL, R., MEDL, A., SCHARF, B. & PITHA, U. (2019): Wirkungen der grünen Stadt. Studie zur Abbildung des aktuellen Wissenstands im Bereich städtischer Begrünungsmaßnahmen. – Berichte aus Energie- und Umweltforschung 12/2019, 62 S.
- STG (2021): Realnutzungskartierung in der Hanse- und Universitätsstadt Rostock 2014 auf der Grundlage von Luftbildern (Digitalen Orthophotos) der Hanse- und Universitätsstadt Rostock und Umgebung vom 29.04.2014 (https://www.opendata-hro.de/dataset/realnutzungskartierung_2014). – Steinbeis-Transferzentrum Geoinformatik, Abruf am 06.05.2021.

- TEEB DE (2015): Naturkapital Deutschland. Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Hrsg. von V. HARTJE, H. WÜSTEMANN und A. BONN. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Berlin, Leipzig.
- TEEB DE (2016): Naturkapital Deutschland. Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Hrsg. von I. KOWARIK, R. BARTZ und M. BRENNCK. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Berlin, Leipzig.
- TRÄNCKNER, J. & MEHL, D. (2017): Überflutungsvorsorge – kommunale Gemeinschaftsaufgabe und verteilte Zuständigkeiten. – Wasser und Abfall 09/2017: 34-38.
- WaStrG: Bundeswasserstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Mai 2007 (BGBl. I S. 962; 2008 I S.1980), zuletzt geändert durch Artikel 2a des Gesetzes vom 3. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2694).
- WBV Untere Warnow-Küste (2021): Gewässer, Haltungen und Schächte des Untersuchungsgebietes. - Wasser- und Bodenverband "Untere Warnow-Küste", Bereitstellung durch E-Mail.
- WEGNER, H. (2008): Vorgehensweise zur Bestimmung von extremen HW-Spitzen bzw. Volumina. – Vortrag. - http://www.fischer-teamplan.de/uploads/media/03_06_09.pdf, Abruf am 05.05.2021.
- WEILHEIM, H. (2003): Zur dreidimensionalen Simulation von Strömungs- und Transportprozessen in Ästuarren. – Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 86: 109-111.
- WENDLING, U., SCHELLIN, H.-G. & THOMÄ, M. (1991): Bereitstellung von täglichen Informationen zum Wasserhaushalt des Bodens für die Zwecke der agrarmeteorologischen Beratung. Z. f. Meteorologie 41, S. 468-475.
- WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1408).
- WRRL (Europäische Wasserrahmenrichtlinie): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der EG Nr. L 327/1 vom 22.12.2000.

11 Anhang

Tabelle 11-1: Niederschlagswasserdargebot der Baufelder; ermittelt über den korrigierten Niederschlag und die Dachflächengröße

Niederschlagswasserdargebot in m³												
Baufeld	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
A	149	121	130	104	137	198	177	173	168	139	139	169
B	124	100	108	86	114	164	147	144	139	115	115	140
C	163	132	142	114	150	216	193	189	183	151	151	185
D	143	116	124	100	132	190	170	166	161	133	133	162
E	210	170	182	146	193	279	249	244	236	195	195	238
F	204	165	177	142	188	271	242	237	229	189	189	231
G	207	167	180	144	190	275	245	240	233	192	192	235
H	129	104	112	90	119	171	153	150	145	120	120	146
I	82	66	71	57	75	108	97	95	92	76	76	92
J	139	112	120	97	127	184	164	161	156	129	129	157
K	311	251	270	217	286	413	368	361	349	288	288	353
L	256	207	223	179	236	341	304	298	288	238	238	291
SO M	54	43	47	37	49	71	64	62	60	50	50	61
N	144	117	125	101	133	191	171	167	162	134	134	164
O	123	99	107	86	113	163	146	143	138	114	114	140

Tabelle 11-2: Wasserbedarf der Baufelder Variante a; Toilettenspülung, Waschmaschinennutzung, Bewässerung von Grünflächen

Wasserbedarf (Toilettenspülung, Waschmaschinennutzung, Bewässerung von Grünflächen) in m³												
Baufeld	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
A	284	284	284	388	457	405	449	385	284	284	284	284
B	230	230	230	323	385	339	378	321	230	230	230	230
C	352	352	352	468	545	487	535	464	352	352	352	352
D	243	243	243	330	388	345	381	328	243	243	243	243
E	425	425	425	571	668	595	656	567	425	425	425	425
F	309	309	309	349	375	356	372	348	309	309	309	309
G	378	378	378	396	407	399	406	395	378	378	378	378
H	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
I	205	205	205	222	233	225	232	222	205	205	205	205
J	315	315	315	371	408	380	404	369	315	315	315	315
K	323	323	323	470	567	494	555	466	323	323	323	323
L	476	476	476	667	794	699	778	662	476	476	476	476
SO M	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
N	266	266	266	376	449	394	440	373	266	266	266	266
O	210	210	210	292	346	305	340	290	210	210	210	210

Tabelle 11-3: Wasserbedarf der Baufelder Variante b; Toilettenspülung, Waschmaschinennutzung

Wasserbedarf (Toilettenspülung, Waschmaschinennutzung) in m³												
Baufeld	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
A	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
B	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
C	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352
D	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243
E	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
F	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309
G	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378
H	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
I	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
J	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
K	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
L	476	476	476	476	476	476	476	476	476	476	476	476
SO M	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
N	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266
O	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210

Tabelle 11-4: Wasserbedarf der Baufelder Variante c; Toilettenspülung

Wasserbedarf (Toilettenspülung) in m³												
Baufeld	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
A	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204
B	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
C	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312
D	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179
E	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311
F	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285
G	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378
H	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
I	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
J	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
K	304	304	304	304	304	304	304	304	304	304	304	304
L	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419
SO M	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
N	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189
O	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152

Tabelle 11-5: Wasserbedarf der Baufelder Variante d; Bewässerung von Grünflächen (0 $\triangleq$ kein Beregnungsbedarf, aufgrund von fehlenden Grünflächen oder ausreichend Niederschlagswasser)

Wasserbedarf (Bewässerung von Grünflächen) in m³												
Baufeld	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
A	0	0	0	104	174	122	165	101	0	0	0	0
B	0	0	0	93	155	109	147	90	0	0	0	0
C	0	0	0	116	193	135	184	113	0	0	0	0
D	0	0	0	87	145	101	138	84	0	0	0	0
E	0	0	0	145	242	170	230	141	0	0	0	0
F	0	0	0	40	66	46	63	39	0	0	0	0
G	0	0	0	17	29	20	27	17	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	17	28	20	27	16	0	0	0	0
J	0	0	0	56	94	66	89	55	0	0	0	0
K	0	0	0	146	244	171	232	142	0	0	0	0
L	0	0	0	191	318	222	302	185	0	0	0	0
SO M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	110	183	128	174	107	0	0	0	0
O	0	0	0	82	136	95	129	79	0	0	0	0

Tabelle 11-6: Verhältnis des Niederschlagswasserdargebots zum Wasserbedarf; Variante a: Toilettenspülung, Waschmaschinennutzung, Bewässerung von Grünflächen (positiv: Wasserüberschuss, negativ: Wasserdefizit)

Verhältnis Dargebot zu Bedarf Variante a in m³												
Baufeld	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
A	-134	-163	-154	-284	-320	-207	-272	-212	-116	-145	-145	-114
B	-106	-130	-123	-237	-271	-174	-231	-177	-91	-115	-115	-90
C	-189	-220	-210	-354	-395	-270	-342	-275	-168	-200	-200	-167
D	-100	-128	-119	-231	-257	-155	-211	-162	-83	-111	-111	-81
E	-215	-256	-243	-425	-475	-316	-407	-323	-190	-231	-231	-187
F	-105	-144	-132	-207	-188	-85	-130	-111	-80	-120	-120	-78
G	-171	-211	-199	-251	-217	-124	-160	-155	-146	-186	-186	-144
H	-194	-219	-211	-233	-204	-152	-170	-173	-178	-203	-203	-176
I	-124	-139	-135	-165	-158	-117	-135	-127	-114	-130	-130	-113
J	-176	-203	-194	-274	-281	-196	-239	-208	-159	-186	-186	-157
K	-13	-72	-53	-253	-281	-82	-187	-105	26	-35	-35	29
L	-220	-269	-253	-488	-558	-358	-474	-364	-188	-238	-238	-185
SO M	-23	-33	-30	-39	-27	-5	-13	-14	-16	-27	-27	-15
N	-122	-150	-141	-275	-317	-203	-269	-206	-104	-132	-132	-103
O	-87	-111	-103	-206	-233	-142	-194	-147	-72	-96	-96	-70

Tabelle 11-7: Verhältnis des Niederschlagswasserdargebots zum Wasserbedarf; Variante b: Toilettenspülung, Waschmaschinennutzung (positiv: Wasserüberschuss, negativ: Wasserdefizit)

Verhältnis Dargebot zu Bedarf Variante b in m³												
Baufeld	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
A	-134	-163	-154	-180	-146	-86	-107	-110	-116	-145	-145	-114
B	-106	-130	-123	-144	-116	-66	-84	-87	-91	-115	-115	-90
C	-189	-220	-210	-238	-202	-135	-158	-162	-168	-200	-200	-167
D	-100	-128	-119	-144	-112	-53	-74	-77	-83	-111	-111	-81
E	-215	-256	-243	-279	-232	-147	-177	-182	-190	-231	-231	-187
F	-105	-144	-132	-167	-121	-38	-67	-72	-80	-120	-120	-78
G	-171	-211	-199	-234	-188	-104	-133	-138	-146	-186	-186	-144
H	-194	-219	-211	-233	-204	-152	-170	-173	-178	-203	-203	-176
I	-124	-139	-135	-149	-130	-97	-109	-111	-114	-130	-130	-113
J	-176	-203	-194	-218	-187	-131	-150	-154	-159	-186	-186	-157
K	-13	-72	-53	-107	-37	89	45	37	26	-35	-35	29
L	-220	-269	-253	-298	-240	-136	-172	-179	-188	-238	-238	-185
SO M	-23	-33	-30	-39	-27	-5	-13	-14	-16	-27	-27	-15
N	-122	-150	-141	-166	-133	-75	-95	-99	-104	-132	-132	-103
O	-87	-111	-103	-124	-97	-47	-64	-67	-72	-96	-96	-70

Tabelle 11-8: Verhältnis des Niederschlagswasserdargebots zum Wasserbedarf; Variante c: Toilettenspülung (positiv: Wasserüberschuss, negativ: Wasserdefizit)

Verhältnis Dargebot zu Bedarf Variante c in m³												
Baufeld	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
A	-55	-83	-74	-100	-66	-6	-27	-30	-36	-65	-65	-34
B	-40	-64	-57	-78	-50	0	-18	-21	-25	-49	-49	-24
C	-149	-180	-170	-198	-162	-95	-118	-122	-128	-160	-160	-127
D	-36	-63	-55	-79	-47	11	-9	-13	-18	-46	-46	-17
E	-101	-141	-129	-165	-118	-32	-62	-67	-75	-116	-116	-73
F	-81	-120	-108	-143	-98	-14	-43	-48	-56	-96	-96	-54
G	-171	-211	-199	-234	-188	-104	-133	-138	-146	-186	-186	-144
H	-194	-219	-211	-233	-204	-152	-170	-173	-178	-203	-203	-176
I	-124	-139	-135	-149	-130	-97	-109	-111	-114	-130	-130	-113
J	-142	-168	-160	-184	-153	-96	-116	-119	-124	-152	-152	-123
K	7	-52	-34	-87	-18	109	65	57	46	-15	-15	49
L	-162	-211	-196	-240	-183	-78	-115	-121	-131	-181	-181	-128
SO M	-23	-33	-30	-39	-27	-5	-13	-14	-16	-27	-27	-15
N	-45	-73	-64	-89	-56	2	-18	-22	-27	-55	-55	-26
O	-29	-52	-45	-66	-39	12	-6	-9	-13	-38	-38	-12

Tabelle 11-9: Verhältnis des Niederschlagswasserdargebots zum Wasserbedarf; Variante d: Bewässerung von Grünflächen (positiv: Wasserüberschuss, negativ: Wasserdefizit)

Verhältnis Dargebot zu Bedarf Variante d in m³												
Baufeld	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
A	149	121	130	0	-36	77	12	72	168	139	139	169
B	124	100	108	-7	-41	56	-1	53	139	115	115	140
C	163	132	142	-2	-43	81	10	77	183	151	151	185
D	143	116	124	13	-13	89	32	82	161	133	133	162
E	210	170	182	1	-49	109	18	102	236	195	195	238
F	204	165	177	102	121	224	179	198	229	189	189	231
G	207	167	180	127	162	255	218	224	233	192	192	235
H	129	104	112	90	119	171	153	150	145	120	120	146
I	82	66	71	40	47	89	70	78	92	76	76	92
J	139	112	120	40	34	118	75	106	156	129	129	157
K	311	251	270	70	42	242	137	218	349	288	288	353
L	256	207	223	-12	-82	118	2	112	288	238	238	291
SO M	54	43	47	37	49	71	64	62	60	50	50	61
N	144	117	125	-9	-50	63	-3	61	162	134	134	164
O	123	99	107	4	-23	68	17	63	138	114	114	140