



Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Im Auftrag der Universitäts- und Hansestadt Greifswald | 2022

Hydrologische und hydrogeologische Untersuchung zum B-Plan 114 – Verlängerte Scharnhorststraße

ÜBERARBEITUNG

STAND: JANUAR 2022





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. Tim Hoffmann
Dr. rer. nat. Barbara Deutsch
Dipl.-Laök. Jörg Eberts
M. Eng. Iñaki Pallo Méndez

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:

Herr Jafar Akrami
(fachlicher Ansprechpartner)

Universitäts- und Hansestadt Greifswald
Stadtbauamt, Abt. 60.2 - Stadtentwicklung/ un-
tere Denkmalschutzbehörde
Markt 15
17489 Greifswald
Telefon: 03834/8536-4233
Telefax: 03834/8536-4213
E-Mail: j.akrami@greifswald.de
Internet: www.greifswald.de

Vertragliche Grundlage: Vertrag vom 22.05.2018, 10.12.2020 und 24.11.2021

Bützow, den 17.01.2022

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

Geschäftsführer

INHALT

1	Einführung und Grundlagen	6
1.1	Einführung	6
1.2	Untersuchungsgebiet	6
1.3	Geplante Maßnahmen	7
1.4	Vermessung und Ortsbegehung	9
1.5	Datengrundlagen	9
1.6	Rechtliche Grundlagen.....	10
1.7	Fragestellungen	11
2	Hydrogeologie	12
2.1	Bodensondierungen.....	12
2.2	Versickerungstests.....	15
2.2.1	Methodisches Vorgehen	15
2.2.2	Ergebnisse	17
3	Hydrologie	19
3.1	Gewässersystem und Einzugsgebietsabgrenzung	19
3.2	Mittlerer Gebietswasserhaushalt nach BAGLUVA-Verfahren	22
3.2.1	Methodische Vorgehensweise BAGLUVA-Verfahren.....	22
3.2.2	Grundwasserneubildung	31
3.2.3	Ergebnisse und Bilanzierungen	32
3.2.4	Bewertung.....	36
3.3	Modellierung kritischer Regenereignisse.....	37
3.3.1	Grundlagen der N-A-Modellkomponente von SWMM	38
3.3.2	Grundlagen der hydraulischen Modellkomponente von SWMM	41
3.3.3	Szenarien	44
3.3.4	Modellierte Maßnahmen	45
3.3.5	Ergebnisse und Interpretation.....	46
3.3.5.1	IST-Zustand	47
3.3.5.2	PLAN A (Aufschüttungen).....	49
3.3.5.3	PLAN B (Aufschüttungen und hydrologische Abgrenzung).....	50
3.3.5.4	PLAN C (Aufschüttungen, hydrologische Abgrenzung und Zuflussreduzierung)	51
3.3.5.5	PLAN D (Aufschüttungen im verkleinerten Gebiet Stand Jan 2019)	52
3.3.5.6	PLAN E (Erweiterung des Nordteils des Plan-Gebiets 114 Stand Jan 2021)	52

3.3.5.7	PLAN F (Erneuerung der Durchlässe am Graben 25/1, Meeresspiegelanstieg).....	53
4	Erkenntnisse und Empfehlungen	56
4.1	Böden.....	56
4.2	Grundwasserflurabstände	56
4.3	Versickerungseignung	56
4.4	Einleitpunkt von Niederschlagswasser	56
4.5	Sedimententnahme im Regenrückhaltebecken.....	56
4.6	Veränderung des mittleren Wasserhaushaltes	57
4.7	Folgen von Extremereignissen (Abschnitt 3.3).....	58
4.7.1	Schlussfolgerungen für die ursprüngliche B-Planvariante Stand Mai 2018	58
4.7.2	Schlussfolgerungen für die B-Planvariante Stand Jan 2019	58
4.7.3	Schlussfolgerungen für die B-Planvariante Stand März 2021	59
4.8	Empfehlungen	59
5	Literatur	62

1 Einführung und Grundlagen

1.1 Einführung

Die Hansestadt Greifswald benötigt im Rahmen der Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 114 an der Verlängerten Scharnhorststraße ein hydrologisches/hydrogeologisches Gutachten zu den relevanten Auswirkungen einer geplanten Bebauung. Dabei sollen mit Hilfe von Messdaten, statistischen Analysen sowie Modellberechnungen sowohl Durchlässigkeit des Bodens als auch Wasserhaushalt und Wasserrückhalt fachlich beurteilt werden. Die Abgrenzung des ober- und unterirdischen Einzugsgebiets der B-Planflächen sowie die Flächenermittlung erfolgt dabei nach DWA-A 102/BWK-M 3. Der Bilanzierung des Wasserhaushalts im Gebiet des Bebauungsplans liegt das BAGLUV-Verfahren zugrunde. Methodisch werden die maßgeblichen Regenereignisse hinsichtlich Dauer und Intensität in Abhängigkeit zu den vorhandenen Wasserrückhalt- und -ableitungssystemen und der zugrundeliegenden Schutzniveaus bestimmt. Kritische Gebietsabflüsse können so für den IST- und den PLAN-Zustand ermittelt werden. Ergänzend sollen die Höhe des Grundwasserspiegels sowie die Art der Böden und ihre Durchlässigkeit für die Versickerung ermittelt werden. Nach der Abschätzung kritischer Grundwasserstände und daraus resultierender Flurabstände ist abschließend eine Aussage darüber zu treffen, ob und in welchem Umfang die geplanten Baumaßnahmen möglich sind und welche gutachterliche Empfehlung hinsichtlich hydrologisch/hydrogeologisch erforderlicher Bauvorgaben und zukünftiger Niederschlagswasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse nach DWA-A 102/BWK-M3 zu treffen ist.

1.2 Untersuchungsgebiet

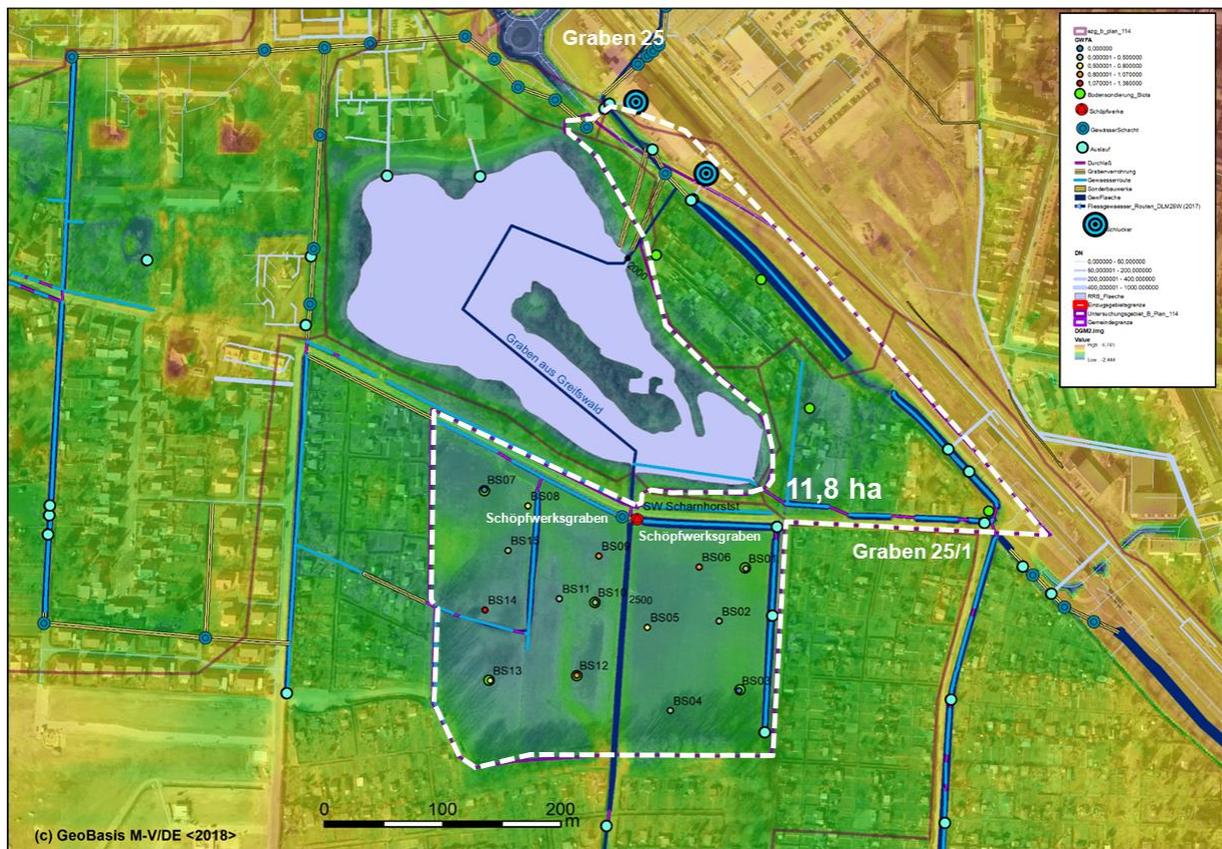


Abbildung 1-1: Untersuchungsgebiet im Jahr 2019 (weiße Strichlinie)

Das Untersuchungsgebiet liegt im östlichen Teil der Fettenvorstadt nördlich und südlich der Verlängerten Scharnhorststraße zwischen Loitzer und Osnabrücker Straße. An der westlichen Grenze liegt das Regenrückhaltebecken Scharnhorststraße. Die Weidefläche im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes gehört zum Niederungsgebiet des Grabens 25. Dieser übernimmt zurzeit die Funktion der Vorflut und mündet neben den Gräben 25/1 und 25/2 in das Regenrückhaltebecken (Abbildung 1-1).

Das Regenrückhaltebecken (RRB) in der Scharnhorststraße ist ein wichtiger Bestandteil der Regenentwässerungskonzeption für die Hansestadt Greifswald. Der Bau des Beckens ist nicht erst durch die Neuversiegelung der letzten Jahre im Einzugsgebiet der Gräben 25, 25/1 und 25/2, die an dieser Stelle zusammenfließen, notwendig geworden. Bereits seit 1970 existieren Überlegungen zum Bau eines RRB an diesem Standort. In der Vergangenheit kam es zu wiederholten Überflutungen der Fleischerwiesen und der südlich angrenzenden Gartenanlagen, deren Ursachen im begrenzten Durchflußvermögen des Durchlasses am Bahnhof und in den wechselnden Wasserständen des Rycks zu suchen sind.

Die Funktion des RRB besteht in der Rückhaltung und dosierten Abgabe des im Einzugsgebietes (ca. 4,5 km²) anfallenden Niederschlagswassers über den Stadtgraben in den Ryck. Der Zufluss aus den Fließgewässern, die bis an die Gemeinde Weitenhagen reichen, erfolgt über Betonrohre mit 1.000 mm Durchmesser. Der Ablauf erfolgt über ein Betonrohr mit 800 mm Durchmesser in Höhe des Güterbahnhofs. Das Becken ist für einen Bemessungsregen mit einem zehnjährlichen Wiederkehrintervall ausgelegt und kann max. 50.000 m³ aufnehmen.

Das Becken wurde künstlich angelegt. Dabei war es ein Hauptanliegen, das Bauwerk so naturnah wie möglich zu gestalten. Dies ist durch die Ausbildung flacher Böschungen, einer unregelmäßigen Grundfläche, durch Flachwasserbereiche und die Anlage einer zeitweise überfluteten Halbinsel erreicht worden.

Die Fläche des RRB beträgt insgesamt ca. 7 ha. Davon sind ca. 5 ha Wasserfläche.

Die Sohle des Beckens liegt bei ca. - 1,0 m HN, der mittlere Wasserspiegel bei +/- 0,0 m HN und der maximale Wasserspiegel bei + 1,0 m HN. Die Wassertiefe kann also bis zu 2 m betragen.

Zur Reinigung des einlaufenden Regenwassers sind in den Zuläufen bewegliche Tauchwände, die aufschwimmende Schadstoffe (z.B. Öl) zurückhalten können, eingebaut worden. Um den im Wasser mitgeführten Schlamm und Sand aufzufangen, ist entlang des südlichen Beckenbereichs eine Vertiefung vorgesehen. Durch die Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit des Wassers sinkt der Schlamm ab und kann in größeren Abständen ausgebaggert werden.

1.3 Geplante Maßnahmen

Ziel des Bebauungsplanes Nr. 114 ist die Schaffung von „*planungsrechtlichen Voraussetzungen für die Errichtung eines Inklusiven Schulzentrums auf der nördlichen Seite der Verlängerten Scharnhorststraße.*“ (Begründung B-Plan). Auf der südlichen Seite sollte ursprünglich ein Wohngebiet entwickelt werden. In Summe wurde ein Gebiet mit einer Größe von ca. 11,92 ha beplant. Der südliche Teil des Plangebietes wurde aufgrund ungünstiger Randbedingungen Anfang 2019 während der Laufzeit dieser Studie gestrichen. Die reduzierte Flächengröße betrug zu diesem Zeitpunkt nur noch ca. 5,08 ha. Im Jahr 2021 wurde das Gebietszuschnitt aufgrund von neuen Verkehrsplanungen noch einmal verändert, das Gebietsgröße beträgt nun 5,55 ha. Im Folgenden werden dennoch die hydrologischen Auswirkungen der Planvarianten (Mai 2018, Jan 2019 und Februar 2022) beschrieben.

Für beide Planvarianten wird in Hinblick auf zentrumsnahe Lage von einer zukünftig verhältnismäßig hohen durchschnittlichen Versiegelung von 66 % ausgegangen.



Abbildung 1-2: B-Plan Vorentwurf (Variante 3) Stand Mai 2018 zu Beginn der hydrologischen Studie (Quelle: Stadtbauamt Greifswald)



Abbildung 1-3: B-Plan Entwurf Stand September 2019 nach Vorabstimmung der hydrologischen Studie (Quelle: Stadtbauamt Greifswald)

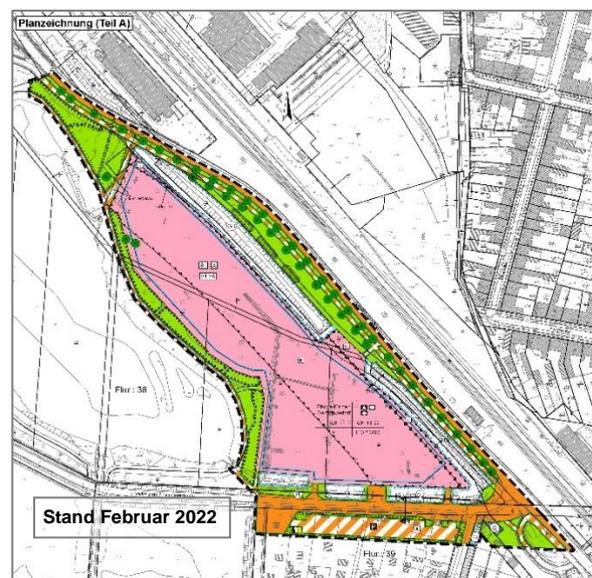


Abbildung 1-4: B-Plan Entwurf Stand Februar 2022 nach Vorabstimmung der hydrologischen Studie (Quelle: Stadtbauamt Greifswald)

1.4 Vermessung und Ortsbegehung

Nach der Recherche und Übernahme wasserwirtschaftlicher Planungsunterlagen (u.a. digitales Geländemodell, Vermessungsdaten, Bestandsdaten der Entwässerungssysteme, Gutachten, Bodenkarten, aktuelle Nutzungen, Versiegelungsgrade, Klimadaten) erfolgte am 02./03.07.2018 eine Ortsbegehung, bei der zehn Bodensondierungen mit Messungen des Grundwasserstandes, Fotodokumentation und Ergänzungsvermessung vorgenommen wurden.

1.5 Datengrundlagen

Daten	Datentyp	Datenquelle
Nutzungs- und Eigentumsverhältnisse		
Landnutzung	Polygon	CORINE Landcover (CLC, 2012)
Biotop und Nutzungstypen (BNTK)	Polygon	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG M-V)
B-Plan-Gebiete	Polygon	Stadt Greifswald
Gewässerdaten		
Einzugsgebiete (EZG)	Polygon	DLM25W, LUNG M-V
Standgewässer	Polygon	DLM25W, LUNG M-V
Fließgewässer	Linie	DLM25W, LUNG M-V, Stadt Greifswald
Fließgewässer-Wasserkörper	Linie	LUNG M-V
Hydrologische Pegel		Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern (StALU VP)
Biologische, physikalisch-chemische Gütedaten		Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern (StALU VP)
Querbauwerke	Punkt	FIS-WRRL M-V (2018), LUNG (2016), Stadt Greifswald
Hydrologie und Grundwasser		
Regionalisierung der mittleren Abflussspenden in MV (1981-2010)		LUNG M-V
Mittlere Grundwasserisohypsen	Linie	LUNG M-V
Boden- und Nährstoffinformationen		
Boden (Petrographie)	Polygon	LUNG M-V
Geologische Oberflächenkarte OK100 (Genese)	Polygon	LUNG M-V
Baugrundgutachten 2013	Bericht	RW Umweltberatung GmbH
Topographische Karten/Luftbilder		
GDI-MV (TK10 bis 50)	Raster	http://www.geodaten-mv.de
Luftbilder: DOP20/40	Raster	http://www.geodaten-mv.de
Historische Luftbilder	Raster	http://www.geodaten-mv.de
Klima- und Wetterdaten		
Niederschlag, Temperatur, Sonnenscheindauer, Einstrahlung, Wind		Deutscher Wetterdienst (DWD)
Digitale Geländemodelle (DGM)		
DGM2	Raster	Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern (LaiV M-V)

1.6 Rechtliche Grundlagen

Für die Bebauungsplanung gelten als rechtlich verbindliche Grundlagen im Gewässerschutz u.a. die folgenden Pläne, Verordnungen und Gesetze:

- Ökologischer Zustand/ökologisches Potenzial der Oberflächenwasserkörper nach WRRL/OGewV
- Chemischer Zustand der Oberflächenwasserkörper nach WRRL/OGewV
- Mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper nach WRRL/GrwV
- Chemischer Zustand der Grundwasserkörper nach WRRL/GrwV
- Verschlechterungsverbot (Art. 4 WRRL, § 27 WHG)
- Verbesserungsgebot (Art. 4 WRRL, § 6, § 27 WHG)
- Bewirtschaftungsplan (gem. Art. 13 WRRL bzw. § 83 WHG) für die FGE Warnow-Peene, 2. Bewirtschaftungszeitraum 2016 – 2021

Dabei sind insbesondere die im **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)** formulierten Grundsätze zur Gewässerbewirtschaftung und Niederschlagsabwasserbeseitigung zu beachten:

§ 5 Allgemeine Sorgfaltspflichten

- (1) Jede Person ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um
1. eine nachteilige Veränderung der Gewässereigenschaften zu vermeiden,
 2. eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers sicherzustellen,
 3. die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten und
 4. eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden.

§ 6 Allgemeine Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung

- (1) Die Gewässer sind nachhaltig zu bewirtschaften, insbesondere mit dem Ziel,
- [...]
6. an oberirdischen Gewässern so weit wie möglich natürliche und schadlose Abflussverhältnisse zu gewährleisten und insbesondere durch Rückhaltung des Wassers in der Fläche der Entstehung von nachteiligen Hochwasserfolgen vorzubeugen,

[...]

§ 54 Begriffsbestimmungen für die Abwasserbeseitigung

- (1) Abwasser ist
1. das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie
 2. das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser).

[...]

§ 55 Grundsätze der Abwasserbeseitigung

- (1) Abwasser ist so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird [...]

- (2) Niederschlagswasser soll ortsnah versickert, verrieselt oder direkt oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden, soweit dem weder wasserrechtliche noch sonstige öffentlich-rechtliche Vorschriften noch wasserwirtschaftliche Belange entgegenstehen.

[...]

§ 57 Einleiten von Abwasser in Gewässer

- (1) Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) darf nur erteilt werden, wenn
1. die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist,
 2. die Einleitung mit den Anforderungen an die Gewässereigenschaften und sonstigen rechtlichen Anforderungen vereinbar ist und
 3. Abwasseranlagen oder sonstige Einrichtungen errichtet und betrieben werden, die erforderlich sind, um die Einhaltung der Anforderungen nach den Nummern 1 und 2 sicherzustellen.

Aus den gesetzlichen Vorgaben und den Erfordernissen der guten fachlichen Praxis resultiert bei allen Eingriffen das Gebot des weitgehenden Erhalts des örtlichen Wasserhaushalts (BLAK 2008, DWA-A 102/BWK-A 3). Dieses Gebot ist ggf. durch ausreichende Kompensationsmaßnahmen zu gewährleisten.

1.7 Fragestellungen

Es ergeben sich für den Untersuchungsraum folgende Fragestellungen:

1. Lässt die hydrogeologische Situation eine Versickerung von Niederschlagswasser zu?
2. Inwieweit wird der natürliche Wasserhaushalt durch die geplanten Maßnahmen beeinträchtigt?
3. Welche Auswirkungen sind insbesondere bei Hochwasserereignissen zu erwarten?
4. Welche Kompensationsmaßnahmen zur Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben und der guten fachlichen Praxis sind ggf. erforderlich?

2 Hydrogeologie

2.1 Bodensondierungen

Zur Ermittlung der hydrogeologischen IST-Situation wurden zehn Bodensondierungen sowie zwei Versickerungsversuche unternommen. Die Bodensondierungen erfolgten mithilfe eines Rammkernbohrers bis auf Grundwassertiefe und lassen somit auch Aussagen zur Beschaffenheit der Grundwasseroberfläche zu. Die Versickerungsversuche dienen zur Überprüfung der Eignung der lokalen Böden für Versickerungslösungen. Als Vorinformation stand den Bearbeitern ein vorliegendes Baugrundgutachten (IBB 2013) zur Verfügung. Die gewonnenen Messergebnisse werden im Anschluss bewertet und im Kontext der aktuellen Jahreszeit und Wetterlage eingeordnet.

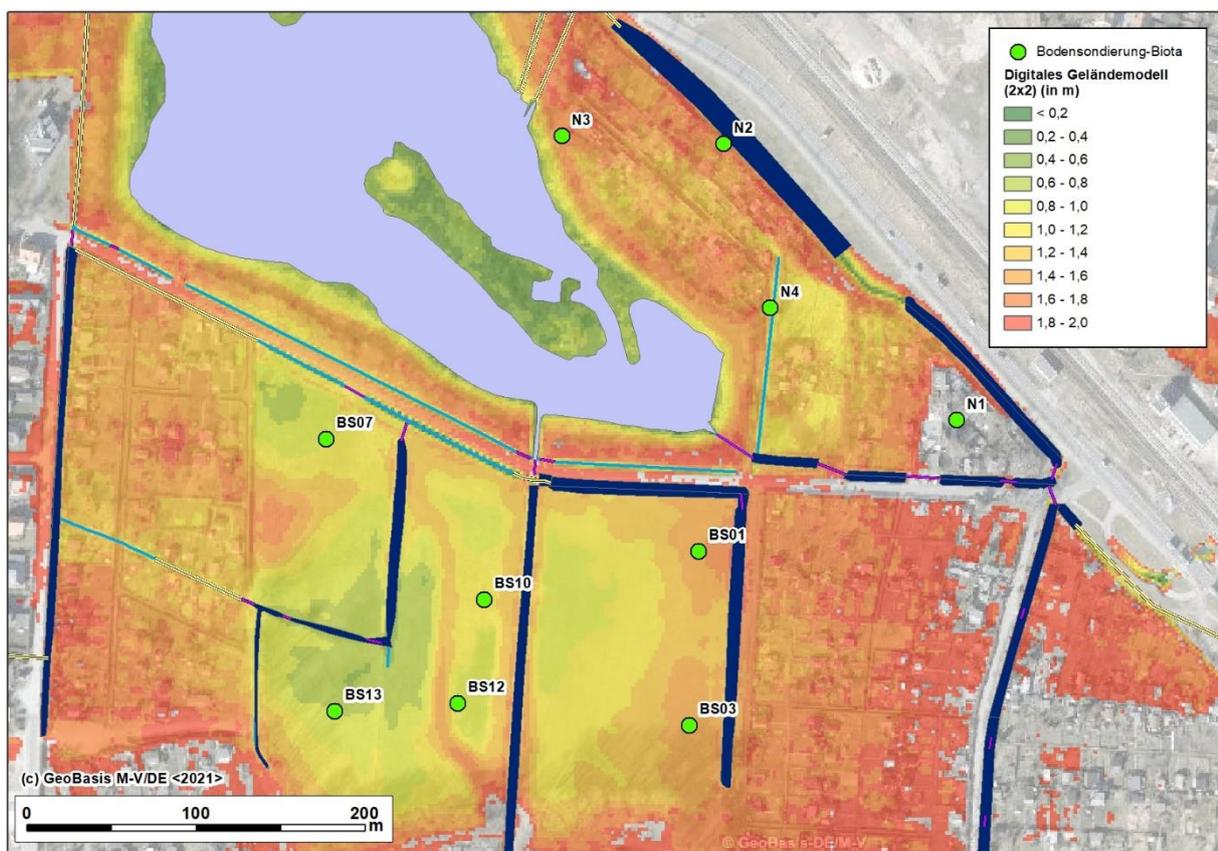


Abbildung 2-1: Übersicht der Bodensondierungen im Untersuchungsgebiet

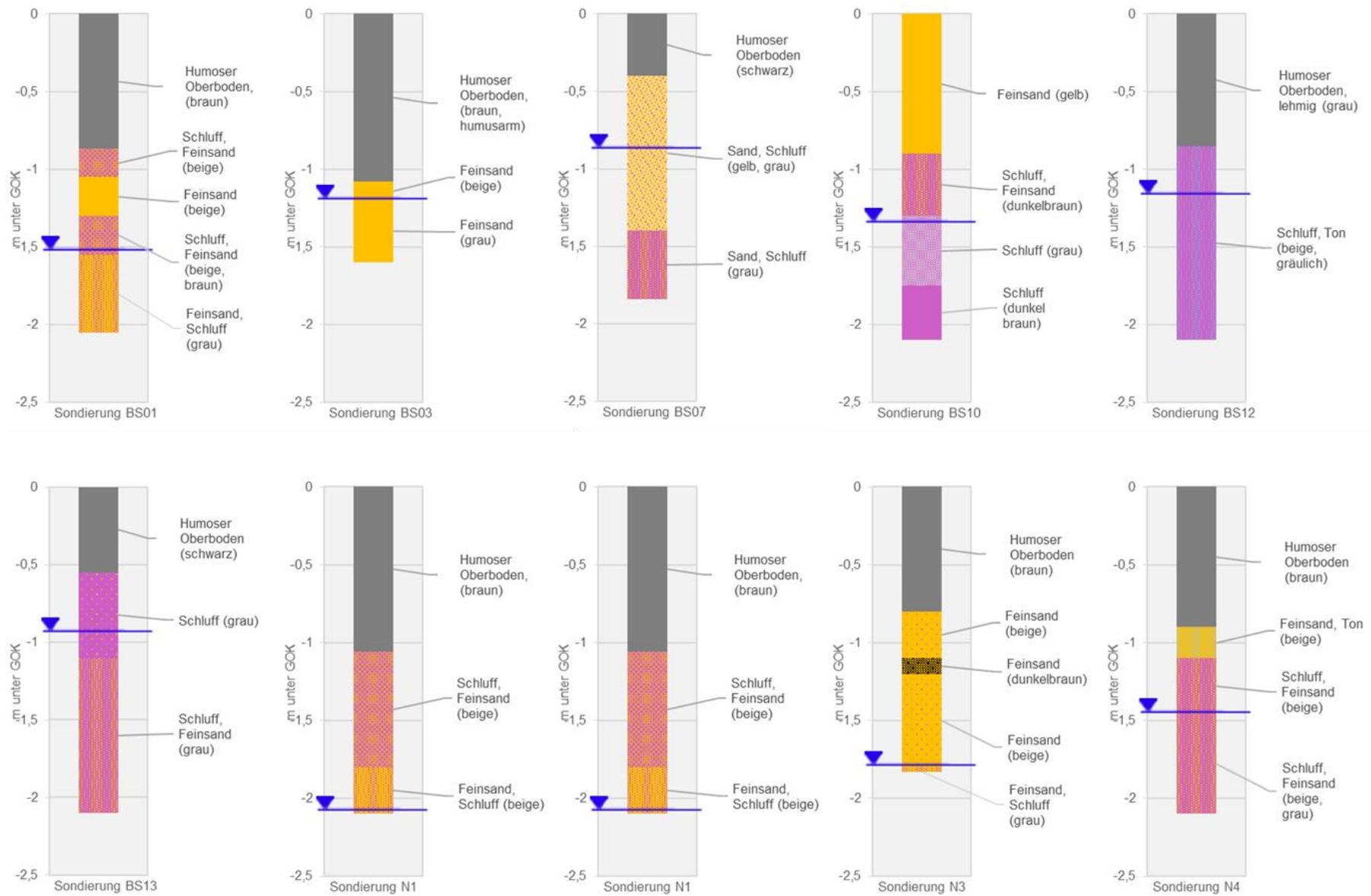


Abbildung 2-2: Schichtenaufbau und Grundwasserflurabstände (am 02.07.2018) der durchgeführten Bodensondierungen

Es ist festzustellen, dass es sich bei dem anliegenden Substrat im Bereich der Sondierungen vorwiegend um Feinsand und teilweise um Schluff handelt (vgl. Abbildung 2-2). Dabei traten zwischen den untersuchten Standorten verhältnismäßig geringe Unterschiede auf. Der humose Oberboden ist bis zu einen Meter mächtig, wobei hier vermutlich von einem historischen Pflughorizont auszugehen ist. Um eine gute Standfestigkeit der Bebauung zu gewährleisten, wird an diesen Stellen ein relativ hoher Bodenaustausch erforderlich sein. Die Grundwasserflurabstände lagen zum Zeitpunkt der Sondierungen nach langer Trockenheit bei hochsommerlichen Verhältnissen ca. 1 - 2 m unter der Geländeoberkante, im Bereich der Polderflächen südlich der Verlängerten Scharnhorststraße mit teilweise 0,5 m auch niedriger.

Abbildung 2-3 zeigt die resultierenden interpolierten Grundwasserflurabstände in Abhängigkeit der festgestellten Grundwasseroberfläche und des Digitalen Geländemodells. Sie sind aufgrund der Wetterlage im Sommer 2018 als nicht repräsentativ anzusehen. Für den Belastungsfall eines Hochwassers muss daher eine Abschätzung der Grundwasserstände anhand von Modellergebnissen (siehe Kapitel 3) vorgenommen werden.

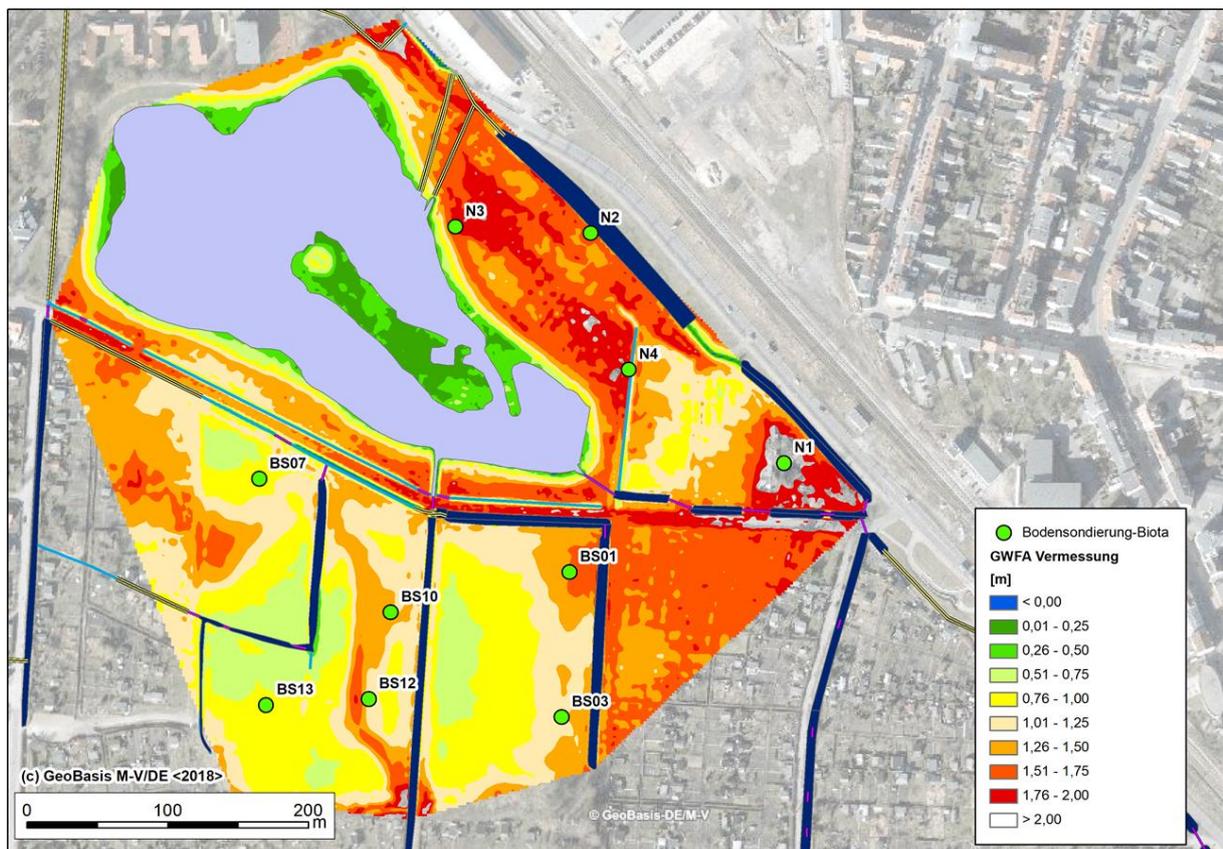


Abbildung 2-3: Interpolierte Grundwasserflurabstände am Messtag 03.07.2018

2.2 Versickerungstests

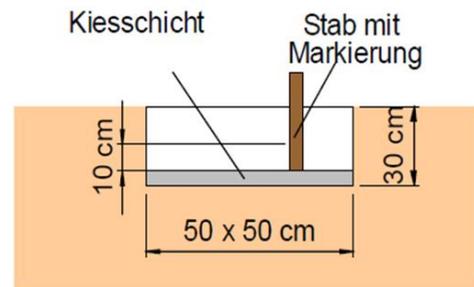
2.2.1 Methodisches Vorgehen

Die Versickerungstests erfolgten nach einer durch die ABW oikoartec GmbH erarbeiteten Methodik zur Regenwasserversickerung. Dabei handelt es sich um einen Kurztest zur Eingrenzung der ungefähren Versickerungsmöglichkeit des Untergrunds. Abbildung 2-4 beschreibt die Vorgehensweise des Tests.

Von wesentlicher Bedeutung für die Versickerung des Regenwassers ist die Beschaffenheit des Untergrundes. Dabei ist der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) ein Maß für die Wasserdurchlässigkeit des Bodens. Das nachfolgende Diagramm (Abbildung 2-6) zeigt überschlägig die Durchlässigkeit von Böden in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat.

Die zwei vorgenommenen Versickerungsversuche erfolgten am 03.07.2018 an den der Karte (Abbildung 2-5) zu entnehmenden Standorten.

1. Eine 50 x 50 cm große und ca. 30 cm tiefe Grube ausheben. Wichtig: Nicht in die Grube treten, um Verdichtung zu vermeiden!
2. Um ein Aufschwemmen des Bodens zu verhindern, wird er mit einer Kiesschicht abgedeckt. Ein Messstab wird in den Boden geschlagen. 10 cm oberhalb der Grubensohle wird eine Markierung am Messstab angebracht.
3. Nun wird die Grube mit Wasser gefüllt und 1-2 Stunden durch regelmäßiges Nachfüllen vorgewässert (Gartenschlauch).
4. Wasser nun bis zur Markierung einfüllen. Mit einem Messeimer nach 10 Minuten so viel Wasser auffüllen, wie nötig ist, um den Wasserstand wieder bis zur Markierung zu heben. Aus der nachgefüllten Wassermenge lässt sich die Durchlässigkeit des Bodens abschätzen
5. Schritt 4 so oft wiederholen (mindestens 3 mal), bis sich ein konstanter Wert einstellt.



Testgrube

Abbildung 2-4: Kurztest der Bodenbeschaffenheit (Quelle: ABW oikoartec)

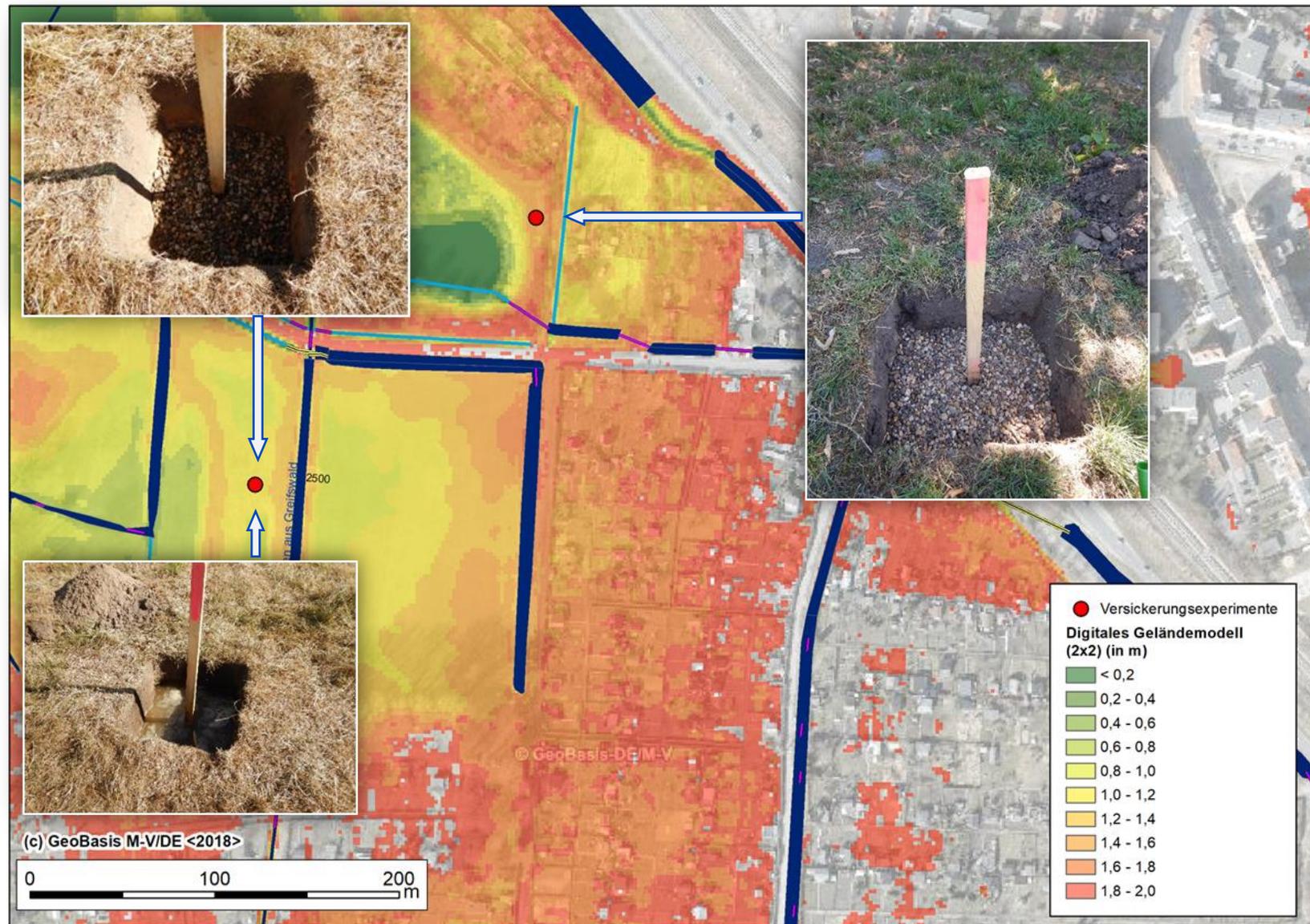


Abbildung 2-5: Standorte der Versickerungsversuche

2.2.2 Ergebnisse

Die Parameter der durchgeführten Versuche werden in Tabelle 2-1 aufgeführt. Beide Versuche wurden solange wiederholt, bis eine in einer Zeitspanne von 600 s eine konstante Menge Wasser versickert ist. Am Versuchsort 1 im Südwesten konnte bereits nach drei Wasserfüllungen ein konstanter Versickerungswert erreicht werden, während am Versuchsort 2 im Nordosten des Untersuchungsgebiets insgesamt acht Wasserfüllungen vorgenommen wurden, um eine Vergleichmäßigung der Versickerung zu erreichen. Mit dieser Vorgehensweise wurde sichergestellt, dass nicht nur die reine Auffüllung des Bodenspeichers, sondern die längerfristig zur Verfügung stehende Versickerungsrate gemessen wurde.

Die resultierenden Versickerungsbeiwerte betragen bei

- Versuch 1: $3 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ und
- Versuch 2: $6 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$

Tabelle 2-1: Ergebnisparameter der Versickerungsversuche

Versuch 1 (SW)	Volumen [l]	Volumen [m ³]	Fläche [m ²]	Zeit [s]	K _f [m s ⁻¹]
V1	4,3	0,0043	0,250	600	2,87E-05
V2	4,4	0,0044	0,250	600	2,93E-05
V3	4,2	0,0042	0,250	600	2,80E-05
Versuch 2 (NO)	Volumen [l]	Volumen [m ³]	Fläche [m ²]	Zeit [s]	K _f [m s ⁻¹]
V1	14,6	0,0146	0,302	600	8,06E-05
V2	14,0	0,0140	0,302	600	7,73E-05
V3	13,0	0,0130	0,302	600	7,17E-05
V4	12,0	0,0120	0,302	600	6,62E-05
V5	11,3	0,0113	0,302	600	6,24E-05
V6	11,0	0,0110	0,302	600	6,07E-05
V7	11,0	0,0110	0,302	600	6,07E-05
V8	11,0	0,0110	0,302	600	6,07E-05

Die ermittelten Versickerungsraten korrespondieren gut mit durch Bodensondierungen festgestellten Ausgangssubstraten und ihren bodenphysikalischen Eigenschaften (vgl. Abbildung 2-6).

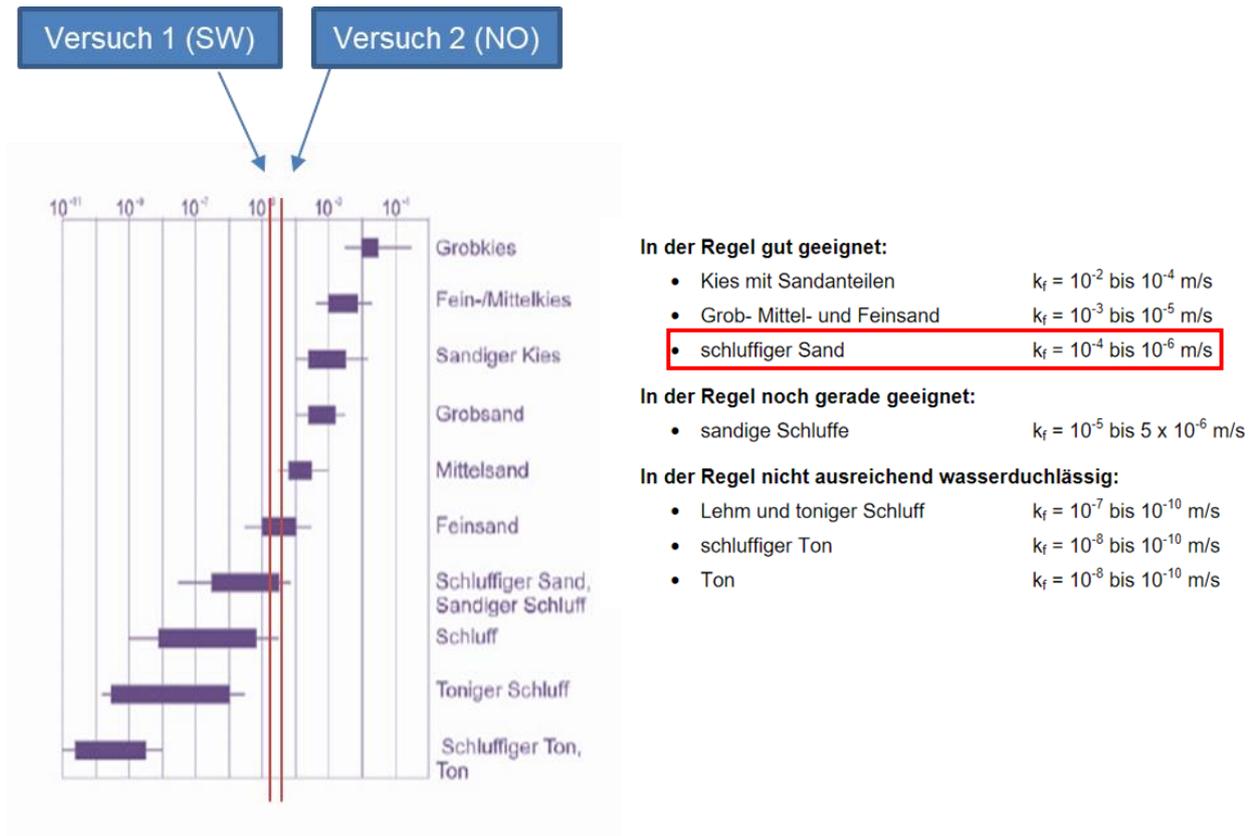


Abbildung 2-6: Einordnung der ermittelten k_f -Werte

Schlussfolgerung: Die im Untersuchungsraum vorherrschenden Substrate sind in der Regel gut für die Versickerung geeignet. Jedoch ist festzustellen, dass geringe Grundwasserflurabstände einen sehr kleinen variablen Bodenspeicher verursachen, welcher im Belastungsfall (Hochwasser) schnell gefüllt ist.

Aus diesem Grund wird eine **Niederschlagsversickerung** für das Untersuchungsgebiet **grundsätzlich nicht empfohlen**. Alternative Lösungen wären in der Regel die Schaffung von Regenrückhalteanlagen oder Staukanälen.

Im konkreten Fall kann die Einleitung in das benachbarte RRB erfolgen. Eine Volumenvergrößerung ist aufgrund der räumlichen Nähe und der Größe der Anlage nicht erforderlich, da die Abflussscheitel der B-Planfläche zeitlich wesentlich vor denen des restlichen Einzugsgebiets liegen und damit eine Überlagerung und ein höherer Rückhaltbedarf ausgeschlossen werden kann.

3 Hydrologie

3.1 Gewässersystem und Einzugsgebietsabgrenzung

Das Gewässersystem im Untersuchungsgebiet ist anthropogen stark überprägt. Die Gräben 25 und 25/1 durchströmen das zentral gelegene Regenrückhaltebecken (RRB, Abbildung 3-3) von Süd nach Nord. Der Wasserstand zum Vermessungszeitpunkt lag bei 0,20 m NHN. Südlich davon befinden sich zwei Polder mit niedrigerem Wasserstand ($W = 0,04$ m NHN) die mittels Düker verbunden sind und durch ein Schöpfwerk (Abbildung 3-2) entwässert werden. Die Polder sind hydrologisch von den Gräben 25 und 25/1 durch Straßen und Verwallungen getrennt. Kurz vor Einmündung in das RRB verläuft Graben 25/1 durch vier hintereinanderliegende Rohrdurchlässe mit Durchmesser DN 1000 (Abbildung 3-6).

Den Abfluss des Regenrückhaltebeckens bilden drei Rohrleitungen mit Durchmesser $2 \times$ DN 600 und $1 \times$ DN 800 (Abbildung 3-4). Diese Leitungen sollen im Starkregenfall das aus den stark versiegelten Einzugsgebieten der Gräben 25 und 25/1 ankommende Niederschlagswasser drosseln und im RRB zurückhalten. Unterhalb des RRB binden zusätzliche kleinere Siedlungsentwässerungssysteme ein und der weitere Abfluss erfolgt durch einen Kastendurchlass (1900 x 2100, Abbildung 3-5) Richtung Wallgraben und Ryck (Abbildung 3-1).

Im Oberlauf von Graben 25 wurde vor einigen Jahren ein neuer Hochwasserabschlag (Regensammler-Süd) nach Westen in Richtung Brandteichgraben errichtet. Dieser sorgt für eine erhebliche Verringerung der Hochwasserzuflüsse (maximal ca. 450 l s^{-1} , Abbildung 3-7) in das Untersuchungsgebiet. Das Hochwassereinzugsgebiet von Graben 25 reduzierte sich durch diese Maßnahme von $8,3 \text{ km}^2$ auf $7,5 \text{ km}^2$. Das ebenfalls stark versiegelte Einzugsgebiet des Grabens 25/1 weist unverändert eine Größe von $4,9 \text{ km}^2$ auf (siehe Abbildung 3-8).

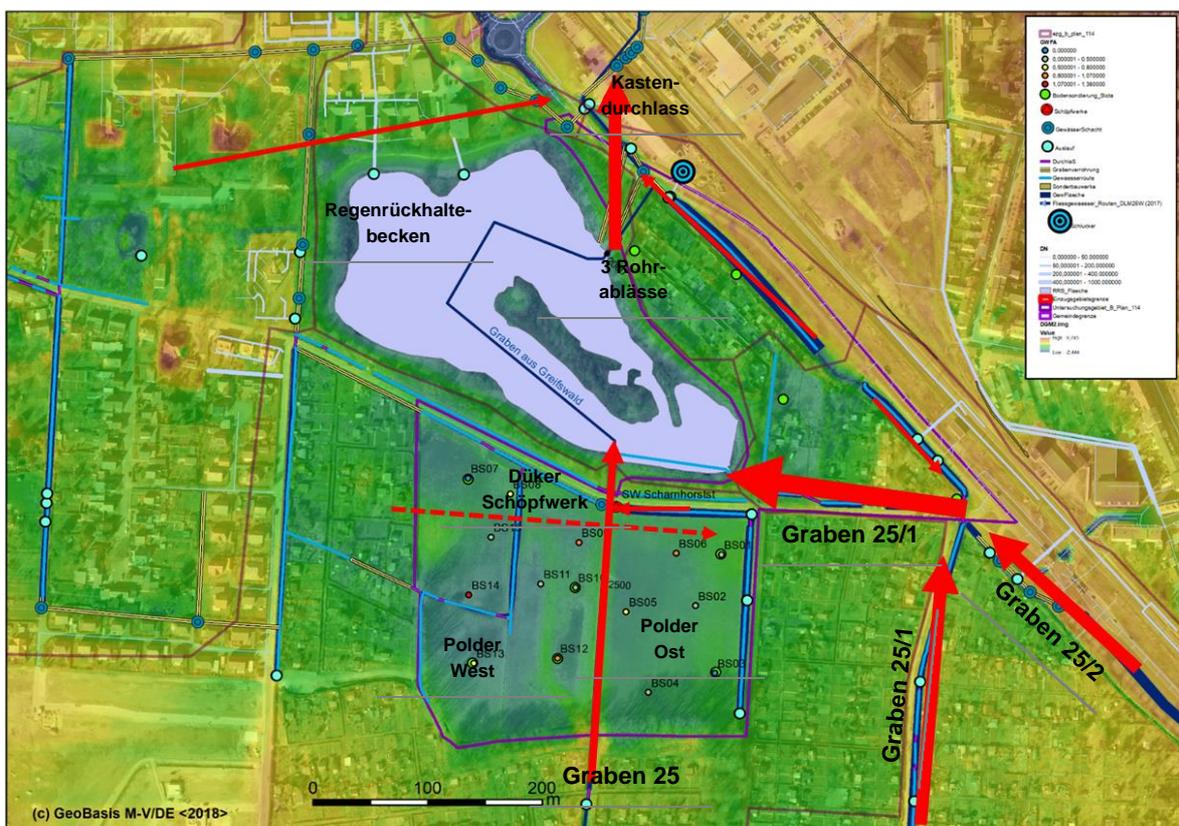


Abbildung 3-1: Generelle Fließrichtungen der Gräben im Untersuchungsgebiet



Abbildung 3-2: Auslauf Schöpfwerk Scharnhorststraße



Abbildung 3-3: Regenrückhaltebecken Fleischerwiese



Abbildung 3-4: Zwei Auslässe des RRB



Abbildung 3-5: Kastendurchlass am Bahnhof



Abbildung 3-6: Rohrdurchlass Graben 25/1



Abbildung 3-7: Wehrtafel am Regensammler-Süd zur Drosselung des Hochwasserabflusses im Graben 25

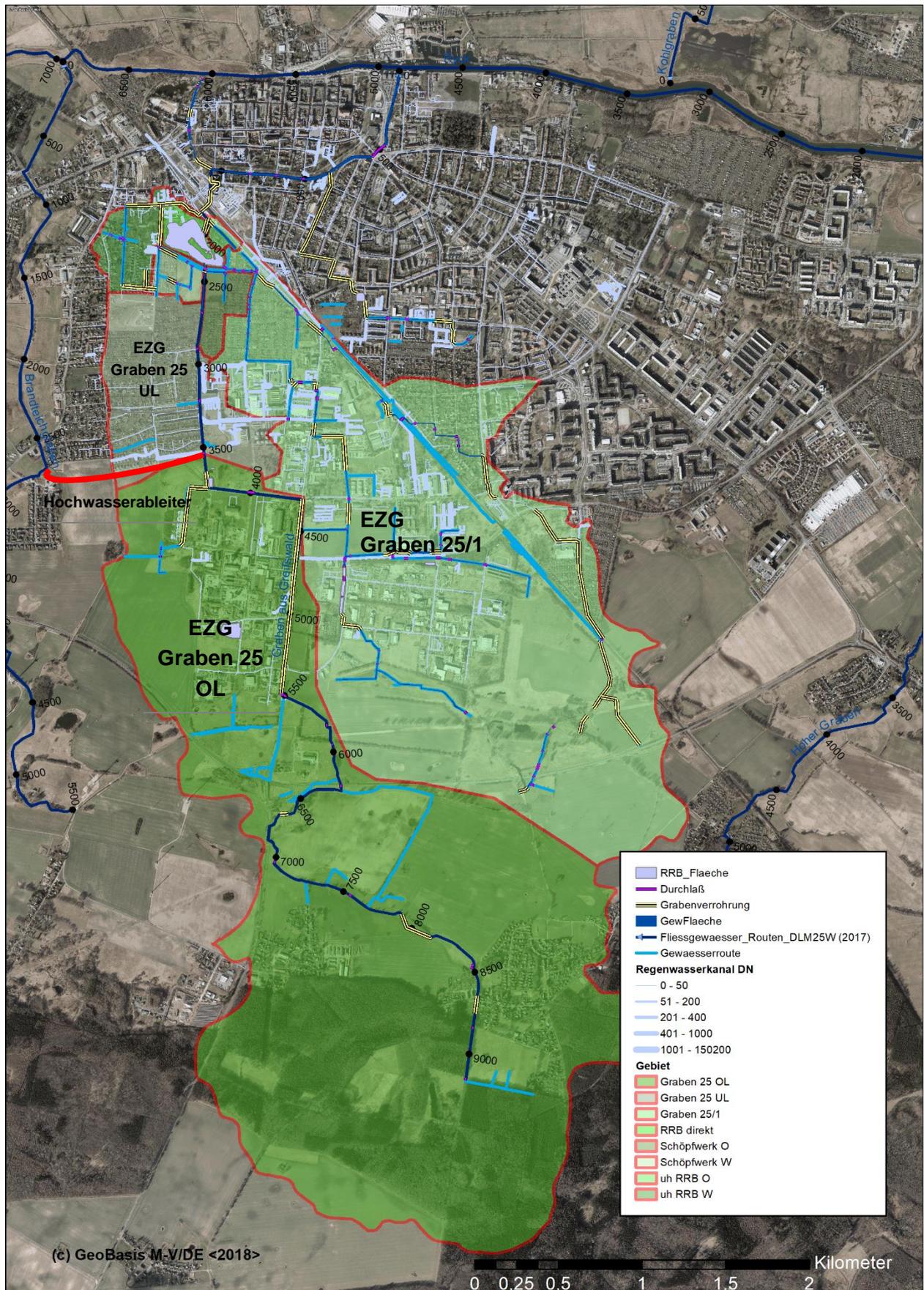


Abbildung 3-8: Obere Einzugsgebiete der Gräben 25 und 25/1

3.2 Mittlerer Gebietswasserhaushalt nach BAGLUVA-Verfahren

Eine übergeordnete Zielsetzung des Arbeitsblattes DWA-A 102/BWK-M 3 ist es, die Veränderung des örtlichen Wasserhaushaltes so gering wie möglich zu halten. „*Bilanzierungsgrößen sind der Direktabfluss RD, die Grundwasserneubildung GWN und die Verdunstung ETa. Im Bilanzgebiet sollten sich die Bilanzierungsgrößen für den bebauten Zustand denen des unbebauten Zustands soweit wie möglich annähern. Dabei ist den örtlichen Gegebenheiten unter Einbeziehung ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Kriterien zu entsprechen*“.

3.2.1 Methodische Vorgehensweise BAGLUVA-Verfahren

Die Geowissenschaften, insbesondere die Fachgebiete Hydrologie, (Hydro-)Geographie und Landschaftsökologie, betrachten das Wasser als einen Teil der Landschaft bzw. des Landschaftsökosystems. Die Hydrologie als Wissenschaft vom Wasser, von seinen Eigenschaften und seinen Erscheinungsformen auf und unter der Landoberfläche (DIN 4049 Teil 1) befasst sich mit den Zusammenhängen und Wechselwirkungen der Erscheinungsformen des Wassers mit umgebenden Medien, seinem Kreislauf, seiner Verteilung auf und unter der Landoberfläche und deren Veränderungen durch anthropogene Beeinflussung (DYCK & PESCHKE 1983).

Die Fließgewässer als linienhafte Naturraumelemente führen das überschüssige Wasser ab, wobei die hohe Bedeutung des Abflussprozesses in seiner grundsätzlich gerichteten, aber stets Naturraumeinheiten verbindenden Wirkung liegt. Ein Wasserüberschuss ist immer dann gegeben, wenn der Niederschlag summarisch die Verdunstung und die Speicherung übertrifft. Für die Einzugsgebiete der Fließgewässer gilt bei Zeitabschnitten von wenigen Jahren oder Einzeljahren die Bilanzgleichung des Wasserhaushalts:

$$R = P - ET - \Delta S \text{ [mm} \cdot \text{a}^{-1}\text{]}$$

mit P – Niederschlag, ET – Evapotranspiration, R – Abfluss, ΔS – Speicheränderung

Die Gebiets-speicherung 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 Gebiets-speicherung vernachlässigt werden. Die vorstehende Bilanzgleichung vereinfacht sich unter diesen Voraussetzungen auf:

$$R = P - ET \text{ [mm} \cdot \text{a}^{-1}\text{]}$$

„Die Grundlage des Verfahrens [siehe Abbildung 3-9] ist die von BAGROV (1953) entwickelte und von GLUGLA et al. (2003) modifizierte BAGROV-Beziehung, die basierend auf vieljährigen Mittelwerten wesentliche Zusammenhänge zwischen Wasser- und Wärmehaushalt beschreibt. Die tatsächliche Verdunstung ist abhängig von der Wasserverfügbarkeit aus korrigiertem Niederschlag, Berechnung sowie Kapillaraufstieg aus flurnahem Grundwasser, der Energieverfügbarkeit in Form der maximalen Verdunstung sowie den Standortbedingungen, die durch den Effektivitätsparameter n gekennzeichnet werden. Im BAGROV-Diagramm [Abbildung 3-9, unten rechts] wird der Quotient aus aktueller zu maximaler Evapotranspiration als Funktion des Quotienten aus (korrigiertem) Niederschlag zu maximaler Evapotranspiration graphisch dargestellt. Der Verlauf des Funktionsgraphen variiert in Abhängigkeit vom Effektivitätsparameter n , der den Einfluss der Standortbedingungen bezüglich der zeitlichen und räumlichen Verfügbarkeit des stochastisch verteilten Niederschlags auf die tatsächliche Verdunstung im Interzeptionsspeicher und im Bodenspeicher quantifiziert.“ (BGR 2004)

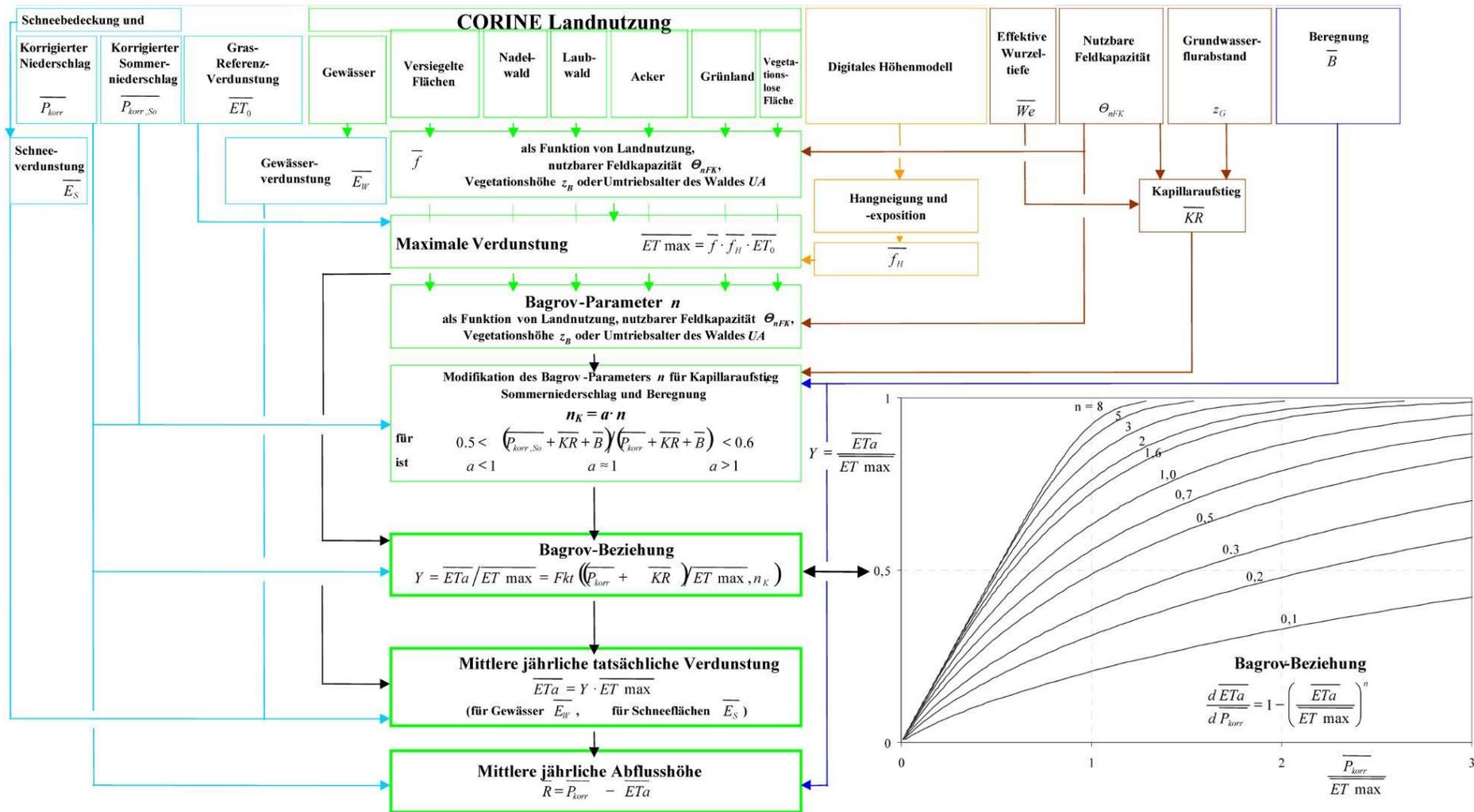


Abbildung 3-9: Schema zur Berechnung der mittleren jährlichen tatsächlichen Verdunstung und des mittleren Gesamtabflusses nach dem Wasserhaushaltsverfahren BAGLUVA (GLUGLA et al. 1999) (Quelle: BFG 2003)

Ausgangspunkt ist die folgende von BAGROV konzipierte Differenzialgleichung:

$$\frac{d\overline{ETa}}{dP_{\text{korr}}} = 1 - \left(\frac{\overline{ETa}}{\overline{ET_{\text{max}}}} \right)^n$$

- mit \overline{ETa} – tatsächliche Verdunstung [mm]
 P_{korr} – korrigierter Niederschlag [mm]
 $\overline{ET_{\text{max}}}$ – maximale Verdunstung [mm]
 n – Effektivitätsparameter nach BAGROV [-]

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

- Gebiete gleicher Niederschlags- (Abbildung 3-11) und potenzieller Verdunstungshöhen (Klimatop - näherungsweise repräsentiert durch die Gebiete der meteorologischen Stationen)
- Substrat (Abbildung 3-12)
- Landnutzung (Abbildung 3-13)
- Hangneigung (Abbildung 3-14) und -exposition
- Grad der Versiegelung (Abbildung 3-15)
- Grundwasser-Flurabstand (Abbildung 3-16)
- anthropogene Eingriffe, vor allem Maßnahmen zur Flächenentwässerung (Abbildung 3-17)

Die Berechnungen erfolgen unter Verwendung von Eingangsdaten der in Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2 aufgelisteten, nächstgelegenen Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die eine ausreichende quantitative Datenlage vorweisen können (Zeitreihe von mindestens 10 Jahren). Die verwendeten Niederschlagsdaten wurden korrigiert, weil Niederschlagsmessungen (die im Tiefland 1 m über Gelände erfolgen) 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 im Geographischen Informationssystem (GIS) nach der Thiessen-Methode, einem Polygonverfahren, zugewiesen (vgl. DYCK et al. 1980, siehe Abbildung 3-11) und ermöglichen so eine räumlich adäquate Auflösung des Niederschlages.

Tabelle 3-1: Im Untersuchungsgebiet relevante Niederschlagsstationen (DWD 2016) mit Angaben zum korrigierten Jahresniederschlag nach RICHTER (1995)

Stationsname	Mittlerer Jahresniederschlag [mm-a ⁻¹], korrigiert nach RICHTER (1995)	Bezugsreihe
Greifswald	673	1981-2010

Tabelle 3-2: Im Untersuchungsgebiet relevante Klimastationen (DWD 2016) mit Angaben zur Grasreferenzverdunstung nach TURC-WENDLING (WENDLING et al. 1991)

Stationsname	Grasreferenzverdunstung [mm-a ⁻¹]	Bezugsreihe
Greifswald	594	1981-2010

Als Ergebnis der Verschneidung können für das Untersuchungsgebiet 78.540 Hydrotöpfe (dargestellt in Abbildung 3-10) ausgegrenzt werden.

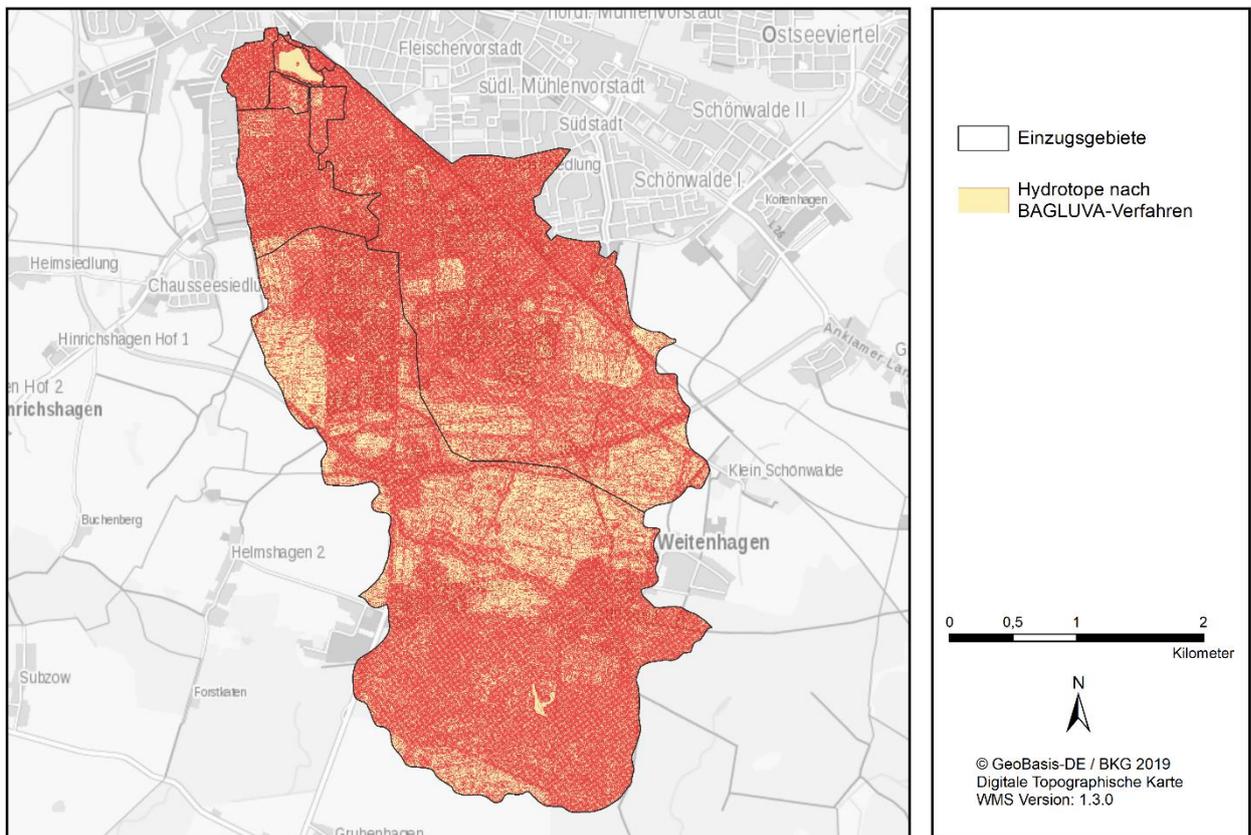


Abbildung 3-10: Hydrotöpfe im Untersuchungsgebiet

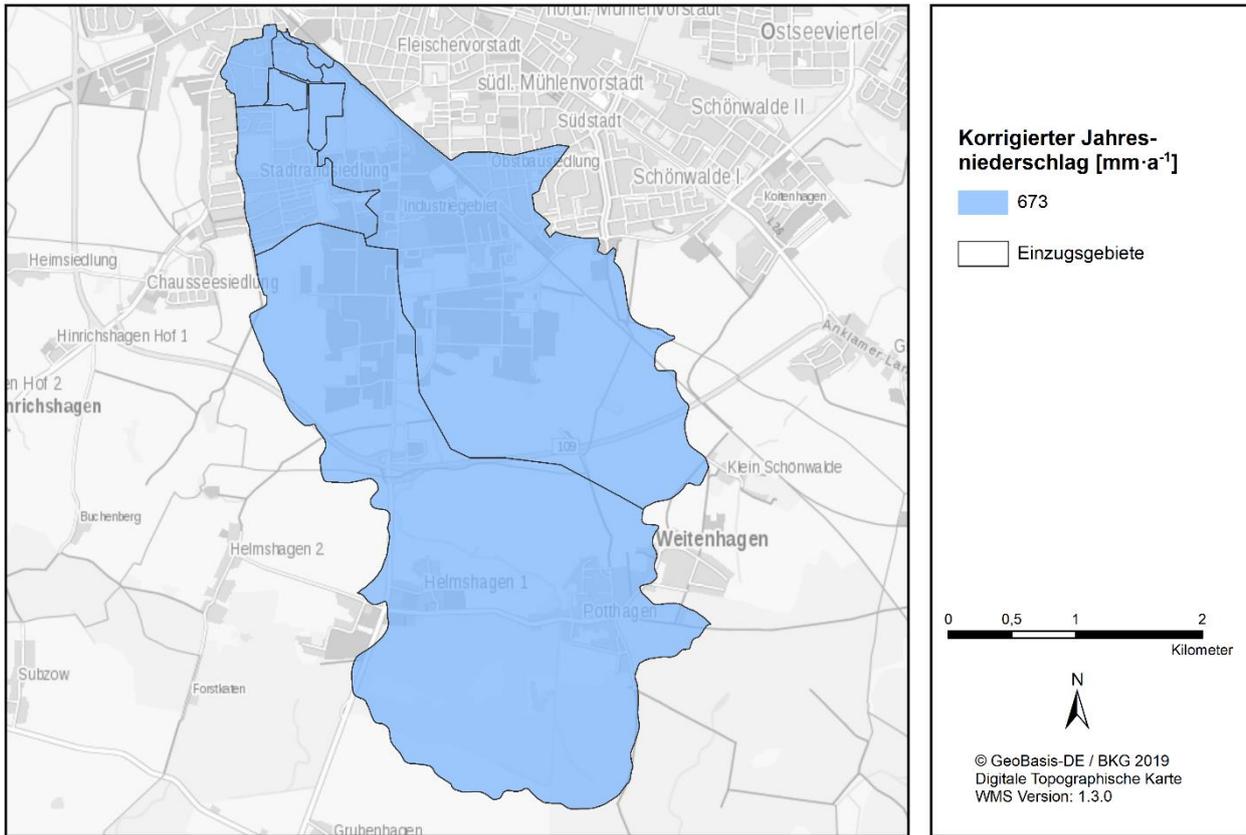


Abbildung 3-11: Mittlerer korrigierter Jahresniederschlag für die Dekaden 1981-2010 (Korrekturverfahren nach RICHTER 1995) (Quellen: DWD 2016, ENKE et al. 2006a, b)

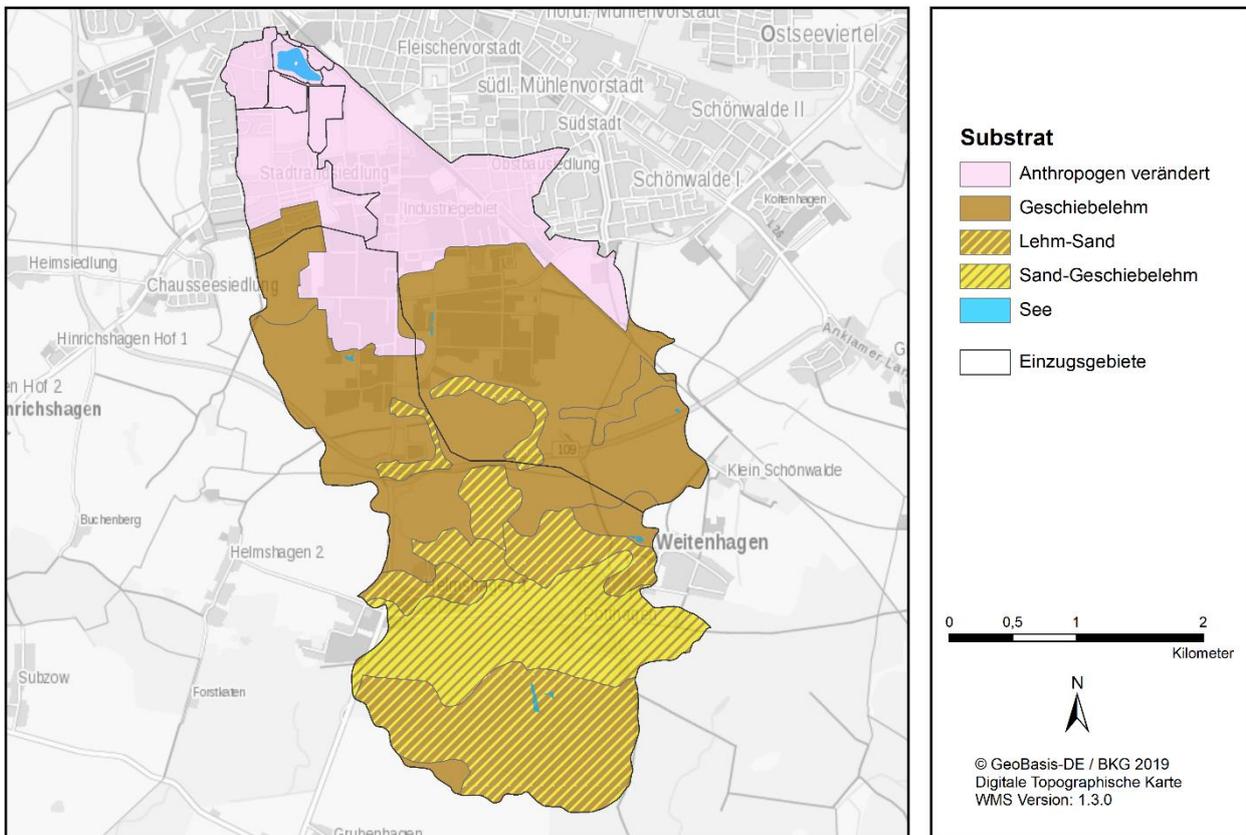


Abbildung 3-12: Substrate im Untersuchungsgebiet (Quelle: Forstliche Naturraumkarte)

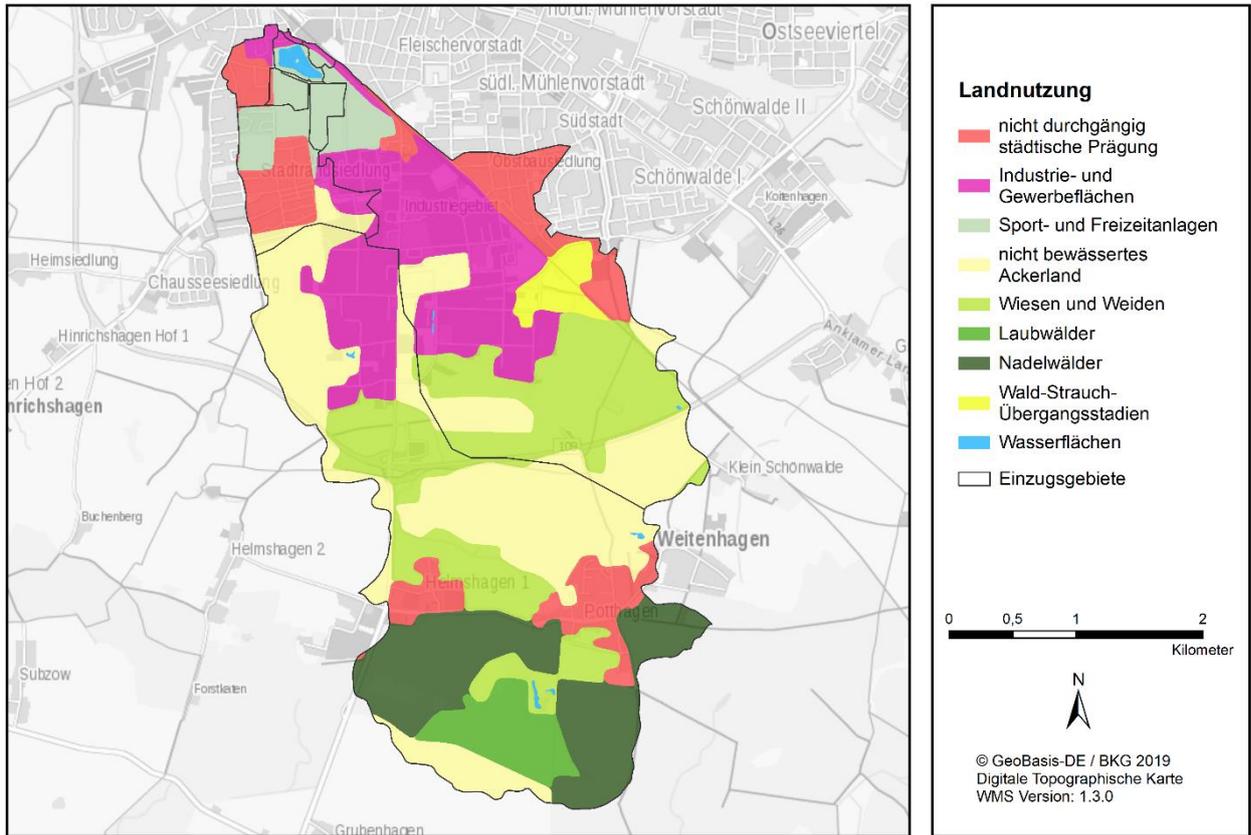


Abbildung 3-13: Landnutzung im Untersuchungsgebiet (Quelle: CORINE Landcover 2012) (IST-Zustand)

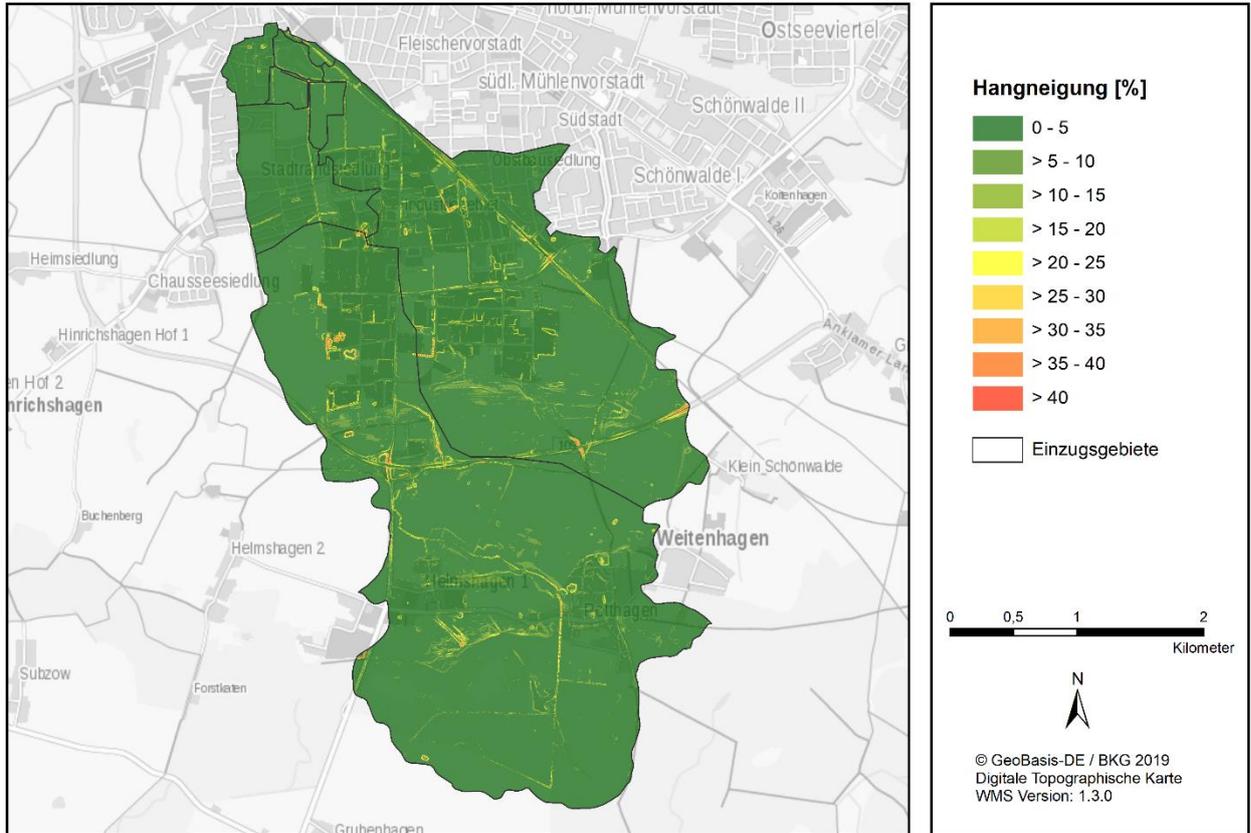


Abbildung 3-14: Mittlere Hangneigung im Untersuchungsgebiet (Quelle: DGM 2 → DGM 4)

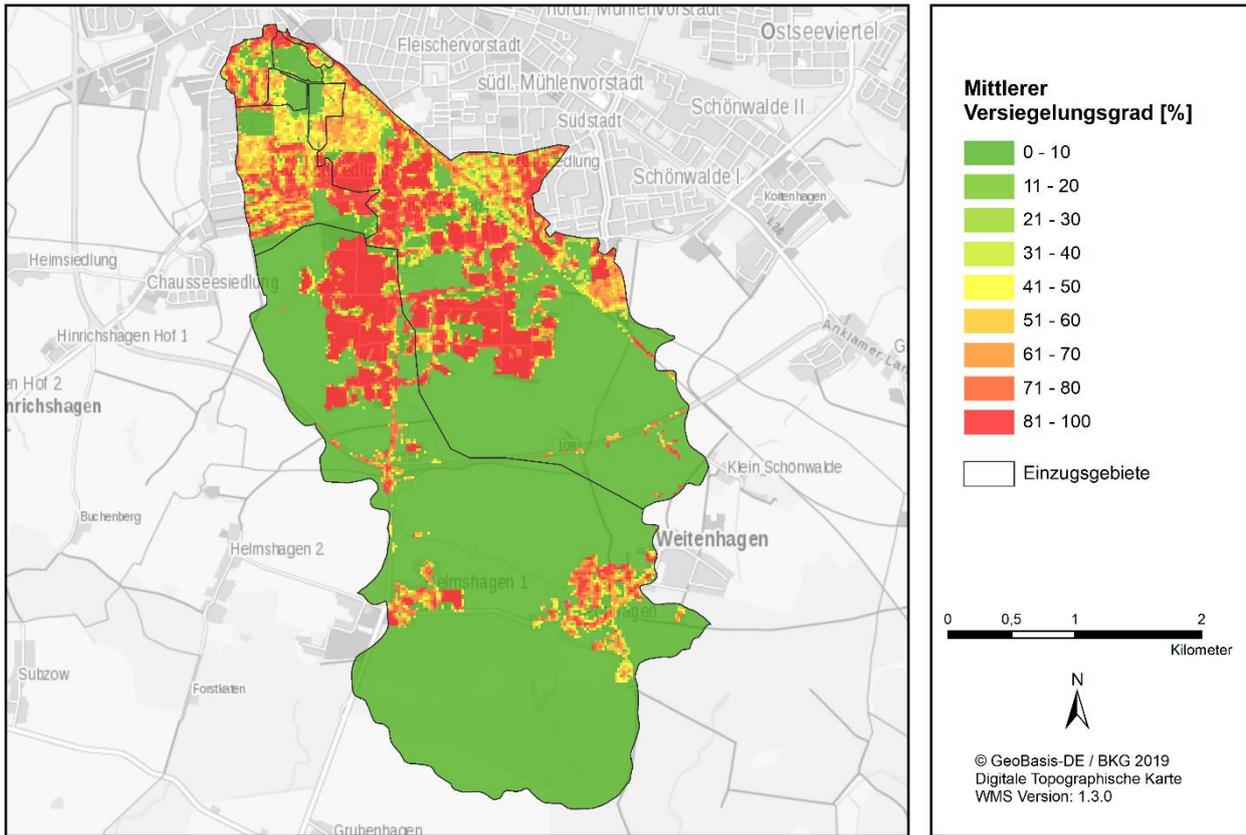


Abbildung 3-15: Versiegelungsgrade im Untersuchungsgebiet (Quelle: CORINE Landcover 2012) (IST-Zustand)

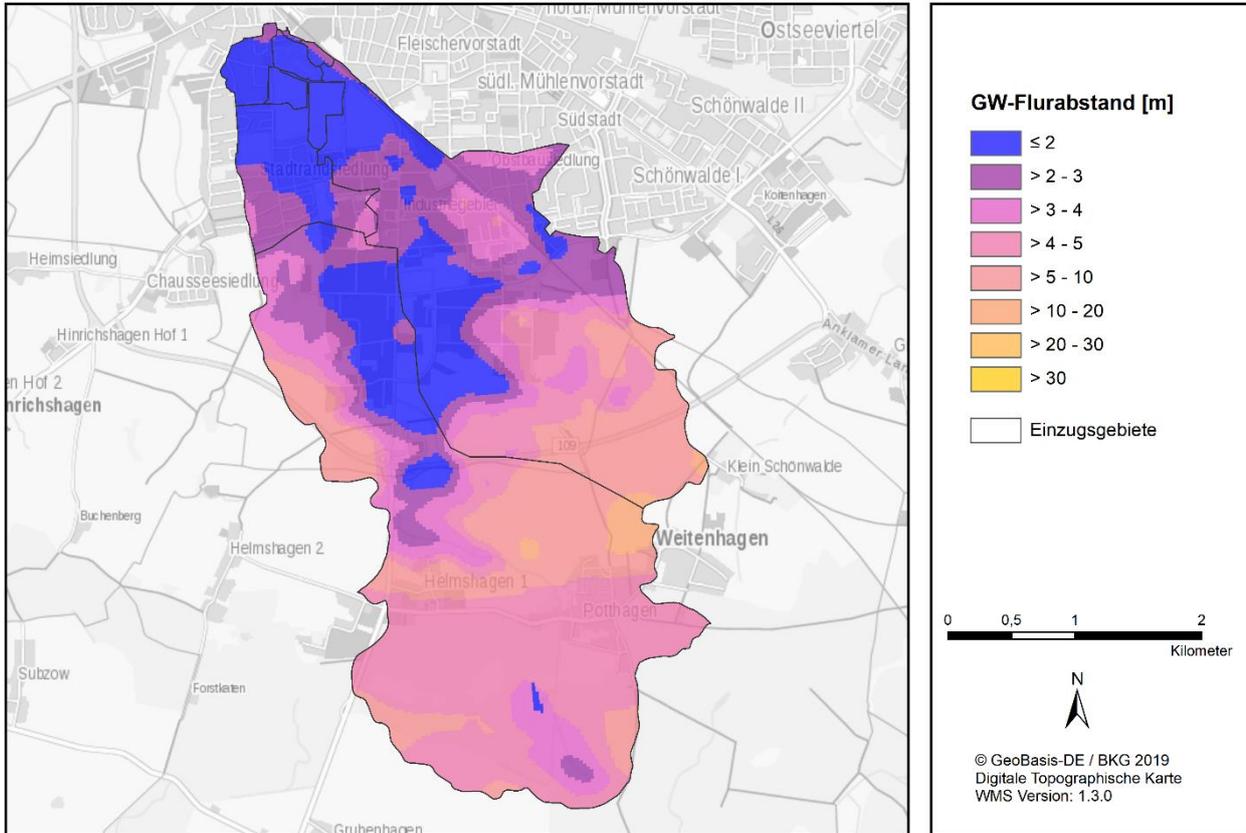


Abbildung 3-16: Mittlere Grundwasser-Flurabstände im Untersuchungsgebiet (Quellen: LUNG, HYDOR 2010)

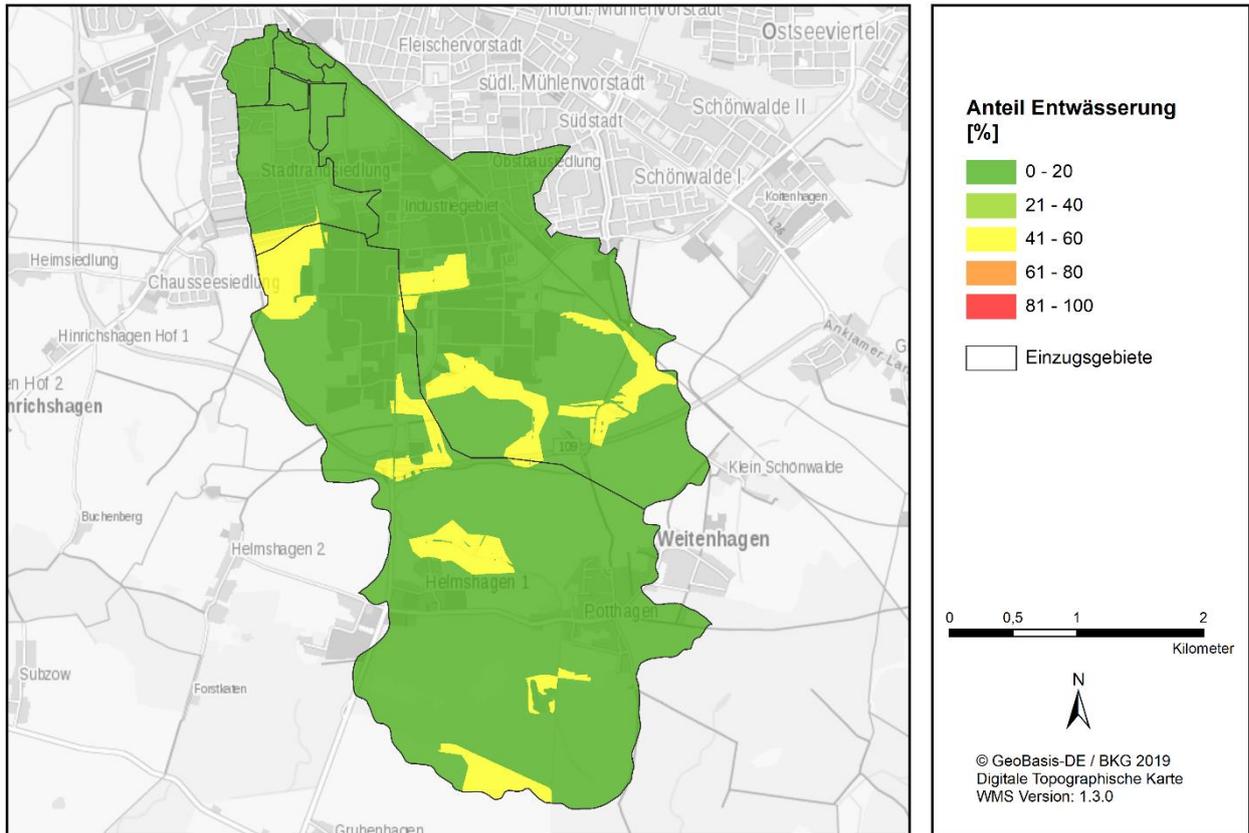


Abbildung 3-17: Wahrscheinlich entwässerte Flächen im Untersuchungsgebiet (Quelle: BIOTA 2010)

Für alle Hydrotöpfe wird aus Landnutzung, Grundwasserflurabstand, Hangneigung und Substrateigenschaft des Untergrundes ein Effektivitätsparameter n bestimmt. Eine Korrektur berücksichtigt das Verhältnis von Sommer- zu Gesamtjahresniederschlag sowie den Einfluss von Beregnung und Kapillaraufstieg aus flurnahem Grundwasser. Je größer der ermittelte BAGROV n -Wert für ein Hydrotop ist, desto enger wird das Verhältnis zwischen realer und maximaler Evapotranspiration (vgl. Abbildung 3-9, unten rechts). In Abhängigkeit von dem Quotienten aus korrigiertem Niederschlag zu maximaler Evapotranspiration wird anschließend die reale Verdunstung ermittelt. Die räumliche Verteilung des Parameters über alle Hydrotöpfe ist der Abbildung 3-18 zu entnehmen.

Weitergehend wurde eine Modellmodifikation entwickelt, die es erlaubt, unter Hinzuziehung des BAGROV-Effektivitätsparameters n und der berechneten mittleren Jahreswerte der Wasserhaushaltsgrößen die monatlichen Mittelwerte zu bestimmen. Dabei berücksichtigt ein Speichermodell den Wasserrückhalt im Untersuchungsgebiet.

Die reale Verdunstung über Gewässerflächen ist in großem Maße abhängig von der mittleren Gewassertiefe und liegt in der Regel 10 bis 20 % über der potentiellen Landverdunstung ET_{\max} (IBGW 2016). Da es sich im gesamten Verfahren lediglich um Näherungswerte handelt, wird die Gewässerverdunstung hier mit $ET_{\max} \cdot 1,15$ berücksichtigt. Bei der Bilanzierung ist es generell möglich, dass auf Gewässerflächen oder grundwassernahen Standorten ein negativer Gesamtabfluss auftritt, wenn die Verdunstung die Niederschlagshöhe übersteigt.

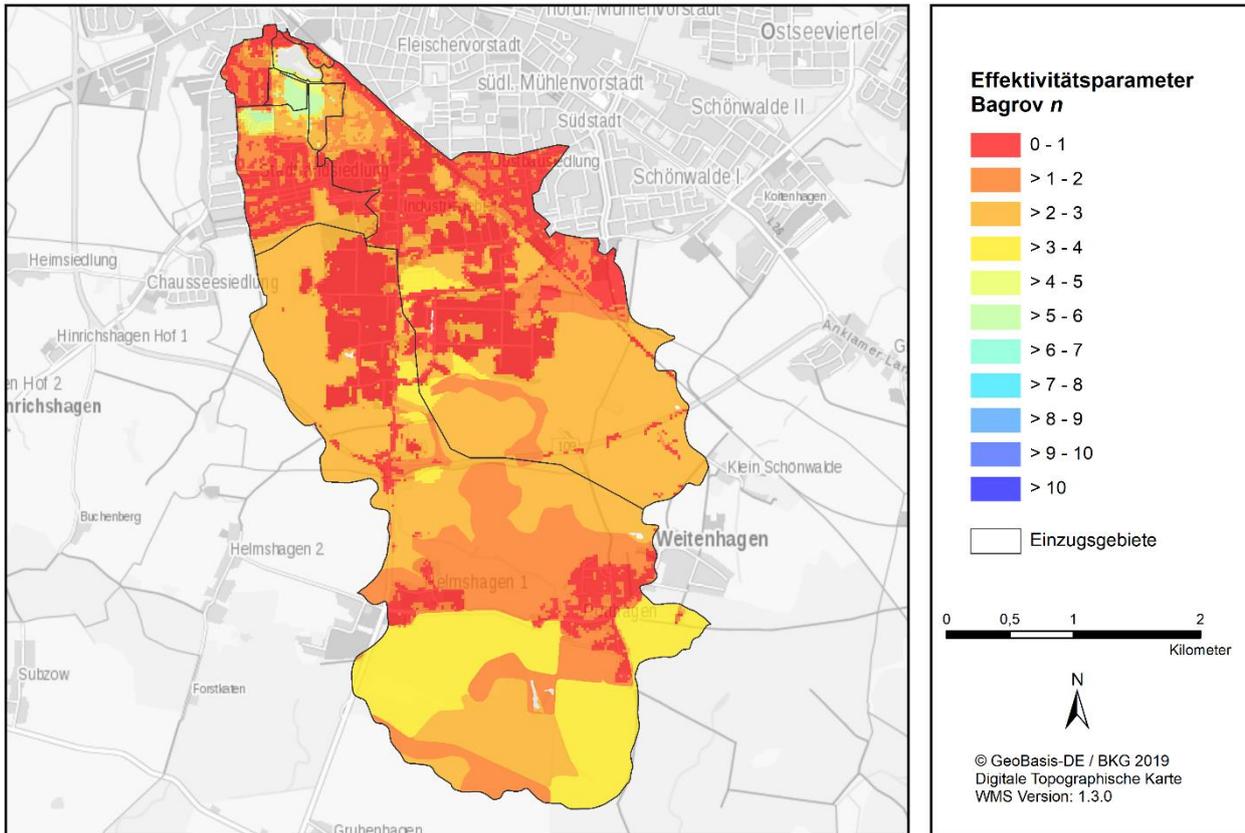


Abbildung 3-18: Verteilung des Effektivitätsparameters BAGROV n im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand)

Außerdem wird als Ergänzung des Wasserhaushaltsbilanzierungsverfahrens eine Abschätzung der direkten Dränabflüsse in Abhängigkeit des Flächenanteils von Flächen mit künstlichen Entwässerungssystemen anhand eines einfachen, mit Werten aus Mecklenburg-Vorpommern kalibrierten und leicht modifizierten, linearen Regressionsverfahrens (HGN 2007) durchgeführt.

$$Q_{\text{direkt}} = k \cdot (A \cdot P_{\text{korr}} - B) \cdot n_{\text{DF}}$$

- Q_{direkt} – über Dränung abgeführter Direktabfluss [mm]
- P_{korr} – Jahresniederschlagssumme, korrigiert [mm]
- A – Anstieg der Regressionsgeraden [-] = 0,96
- B – Regressionskonstante [-] = 499
- k – Kalibrierungsfaktor für genauere Datengrundlage der Dränflächen [-] = 0,5
- n_{DF} – Dränflächenanteil im Hydrotop [0 ... 1]

3.2.2 Grundwasserneubildung

Der mit Hilfe des BAGLUVA-Verfahrens ermittelte Gesamtabfluss für jedes Hydrotop kann in einem weiteren Schritt herangezogen werden, um die jährliche Grundwasserneubildungshöhe abzuschätzen. Dafür kommt 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. Es fand in der Vergangenheit häufiger Anwendung zur Bestimmung der Grundwasserneubildungsrate als Eingangsgröße in numerischen Grundwassermodellen. 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 (p -Wert) zu den jeweiligen Hydrotopen erfolgt tabellarisch anhand der Eingangsparameter Reliefenergie bzw. Hangneigung (siehe Tabelle 3-3), Landnutzung, Bodenart (siehe Tabelle 3-4) und Grundwasserflurabstand. Um nur die in Mecklenburg-Vorpommern vorherrschenden Bodenarten abzubilden, wurden die vorgegebenen Bodenklassen zum einen reduziert um die Abteilung der Lößböden, die im Land nicht von Bedeutung sind (vgl. LUNG 2005), zum anderen um die Klasse der Pseudogleye, da mit der Forstlichen Naturraumkarte als Datengrundlage keine Rückschlüsse auf den Bodentyp möglich sind. In MEßER (2013) werden torfhaltige Böden in Abhängigkeit des Zersetzungsgrades der entsprechenden Bodenklasse zugeordnet. Da für diese Einflussgröße keine weiteren Eingangsdaten vorliegen, wurde eine separate Klasse der Torfböden gebildet, welche die mittleren Werte aus schwach und stark zersetzten Torfen umfasst. Die ursprüngliche Unterteilung hinsichtlich der Landnutzung wurde auf alle im Untersuchungsgebiet anzutreffenden Ausprägungen nach CORINE Land Cover 2012 übertragen und an den erforderlichen Stellen wurden Anpassungen vorgenommen. Die Beurteilung des Befestigungsgrades städtisch geprägter Flächen orientiert sich dabei an den im Zuge der Realnutzungskartierung der Hansestadt Rostock ermittelten Werten der jeweiligen Nutzungsklasse und den mittleren Versiegelungsgraden nach CORINE Land Cover.

Der mittlere jährliche Gesamtabfluss (ohne Berücksichtigung der zuvor ermittelten Dränabflüsse) reduziert um den so bestimmten jährlichen Direktabfluss ergibt den jährlichen Basisabfluss oder auch grundwasserbürtigen Abfluss. Anschließend werden die Dränabflüsse auf die Direktabflüsse aufgeschlagen.

Tabelle 3-3: Einteilung der Hangneigungsklassen, modifiziert nach MEßER (2013), basierend auf DWA-A 118, DIN 4220 und SCHROEDER & WYRWICH (1990)

Hangneigungsklasse	Reliefenergie [$m \cdot km^{-2}$]	Gefälle [%]
1	0 - 20	0 - 2
2	> 20 - 40	3 - 4
3	> 40 - 100	5 - 10
4	> 100	> 10

Tabelle 3-4: Zuordnung der Bodenarten bzw. organischen Sedimente zu den Bodenklassen, modifiziert nach MEßER (2013)

Bodenklasse	Bezeichnung	zugeordnete Bodenarten
1	Sandböden, flachgründige skelettreiche Böden	Sand (S)
2	lehmige Sand- und sandige Lehmböden	Lehm (L), Schluff (U), lehmiger Sand (IS), schwach lehmiger Sand (SI)
3	Torfböden	Torf
4	Tonböden, schluffige Lehmböden	lehmiger Ton (LT), Ton (T)

3.2.3 Ergebnisse und Bilanzierungen

Die Abbildung 3-19 zeigt für die einzelnen Hydrotöpfe kartografisch aufbereitet die mittlere jährliche reale Verdunstungshöhe für die Dekaden 1981-2010 im gesamten Untersuchungsgebiet unter Berücksichtigung der Dränabflüsse. Die über Dränung abgeführten Wassermengen tragen nicht zur Auffüllung des Bodenspeichers bei und nehmen somit nicht an Verdunstungsprozessen des Bodens teil. Dränabflüsse werden daher von der Verdunstungshöhe abgezogen bzw. auf die Abflüsse aufgeschlagen. In Abbildung 3-20 sind die resultierenden Abflüsse (korrigierter Jahresniederschlag abzüglich der Verdunstungshöhe) dargestellt.

Die größten Verdunstungshöhen mit über $600 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ ergeben sich demnach auf den bewaldeten Flächen im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes und über Gewässerflächen sowie mit über $550 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ auf den durch geringe Grundwasserflurabstände geprägten Polderflächen an der Verlängerten Scharnhorststraße.

Die höchsten Abflüsse sind innerhalb der Ortslagen Greifswald und Weitenhagen (aufgrund von Flächenversiegelung) auszumachen.

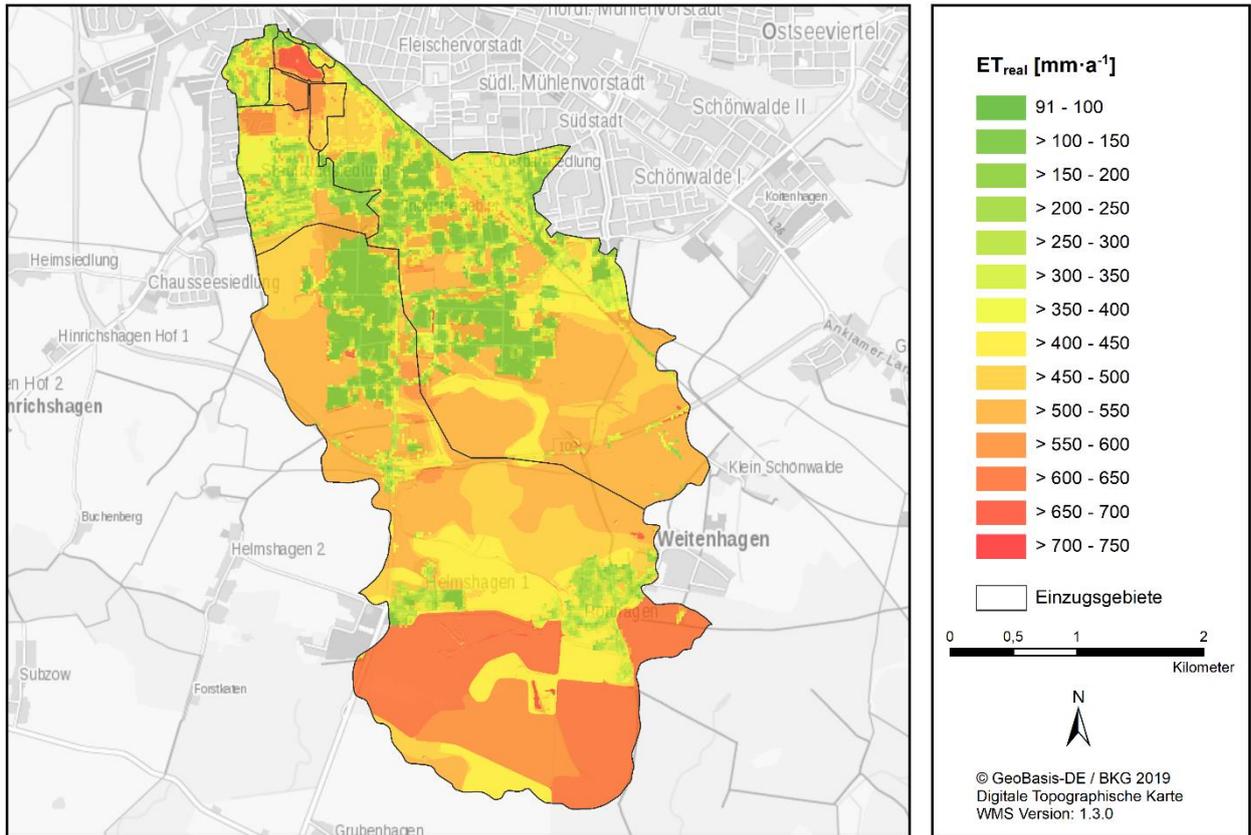


Abbildung 3-19: Mittlere jährliche reale Verdunstungshöhe nach BAGLUVA mit Berücksichtigung der Dränabflüsse für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand)

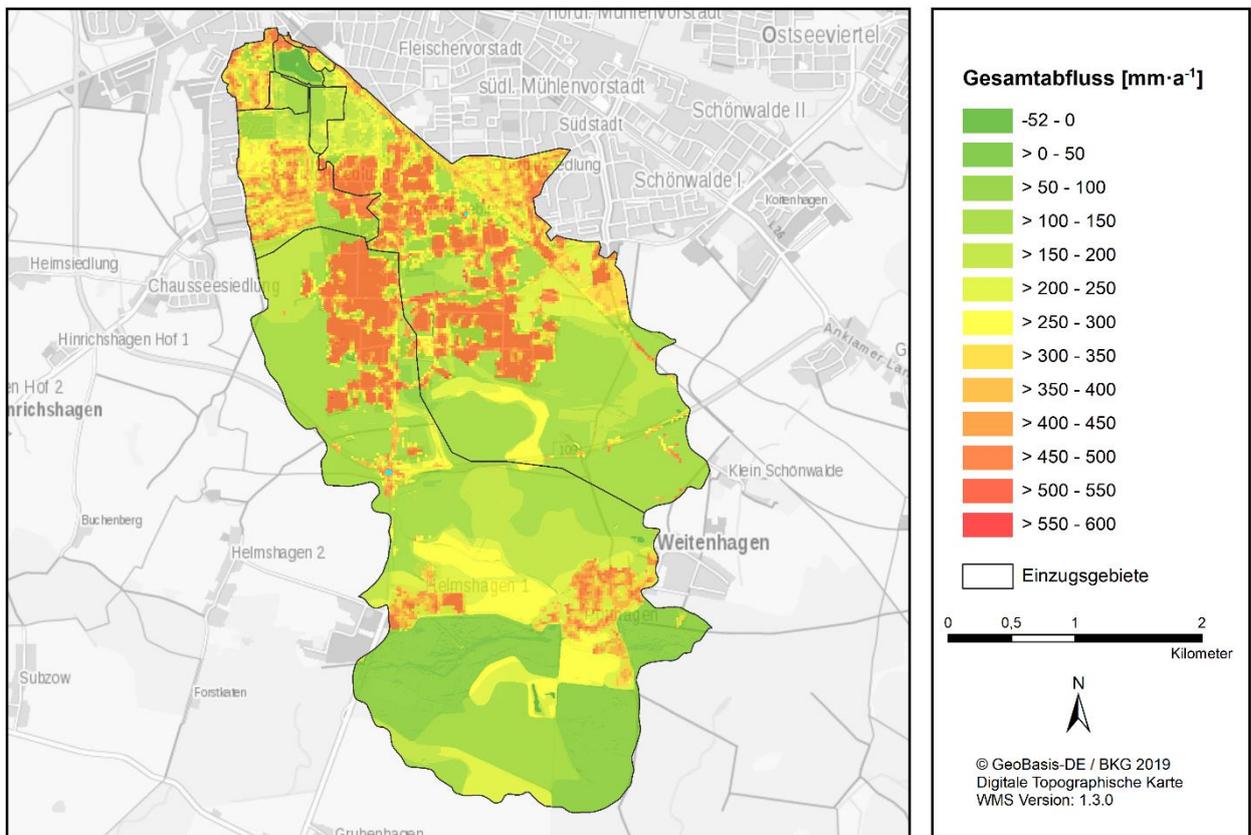


Abbildung 3-20: Mittlere jährliche Gesamtabflusshöhe nach BAGLUVA mit Berücksichtigung der Dränabflüsse für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand)

Die flächendifferenzierte Verteilung der Grundwasserneubildung kann der Abbildung 3-21 entnommen werden. Vergleichsweise geringe Grundwasserneubildungshöhen mit unter $100 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ sind demnach auf den Nadelwaldflächen und im städtisch geprägten Bereich zu verzeichnen. Die höchsten Werte mit über $250 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ stellen sich auf einigen Wiesen und Weiden im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes ein.

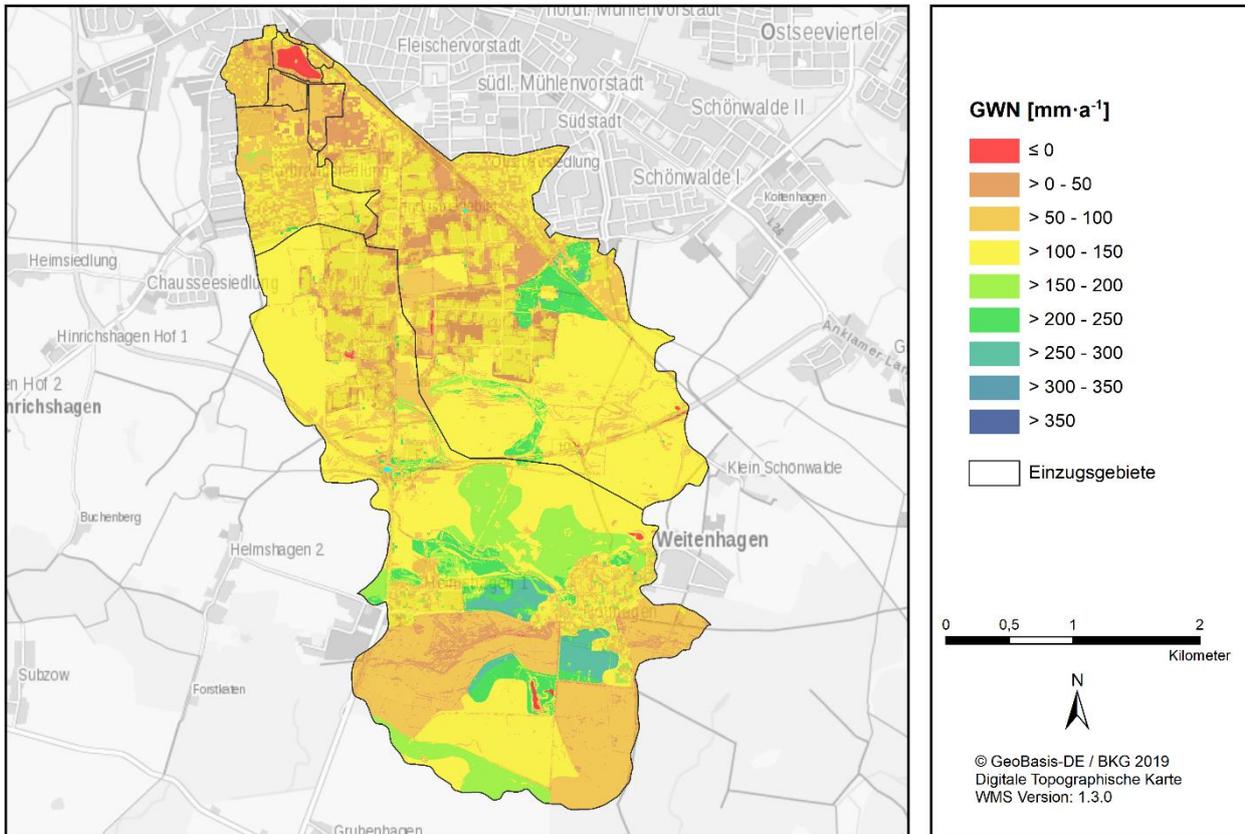


Abbildung 3-21: Mittlere jährliche Grundwasserneubildungshöhe nach BAGLUVA und MEßER (2013) für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand)

In Abbildung 3-22 und 3-23 werden die monatlichen Wasserbilanzen für das B-Plan-Gebiet 114 im IST- und PLAN-Zustand (Stand Januar 2019) dargestellt. Abgebildet werden im Jahresverlauf der mittlere korrigierte Niederschlag (nach RICHTER 1995) der Zeitreihe 1981-2010, die reale Evapotranspiration und der resultierende Abfluss mit Berücksichtigung der Gebietsretention.

Deutlich zu erkennen ist im PLAN-Zustand (2019) die durch Flächenversiegelung bedingte Abnahme der realen Verdunstungshöhen – insbesondere in den Sommermonaten. Im Gegenschluss zeichnet sich eine starke Zunahme der (Direkt-) Abflüsse eher in Wintermonaten ab.

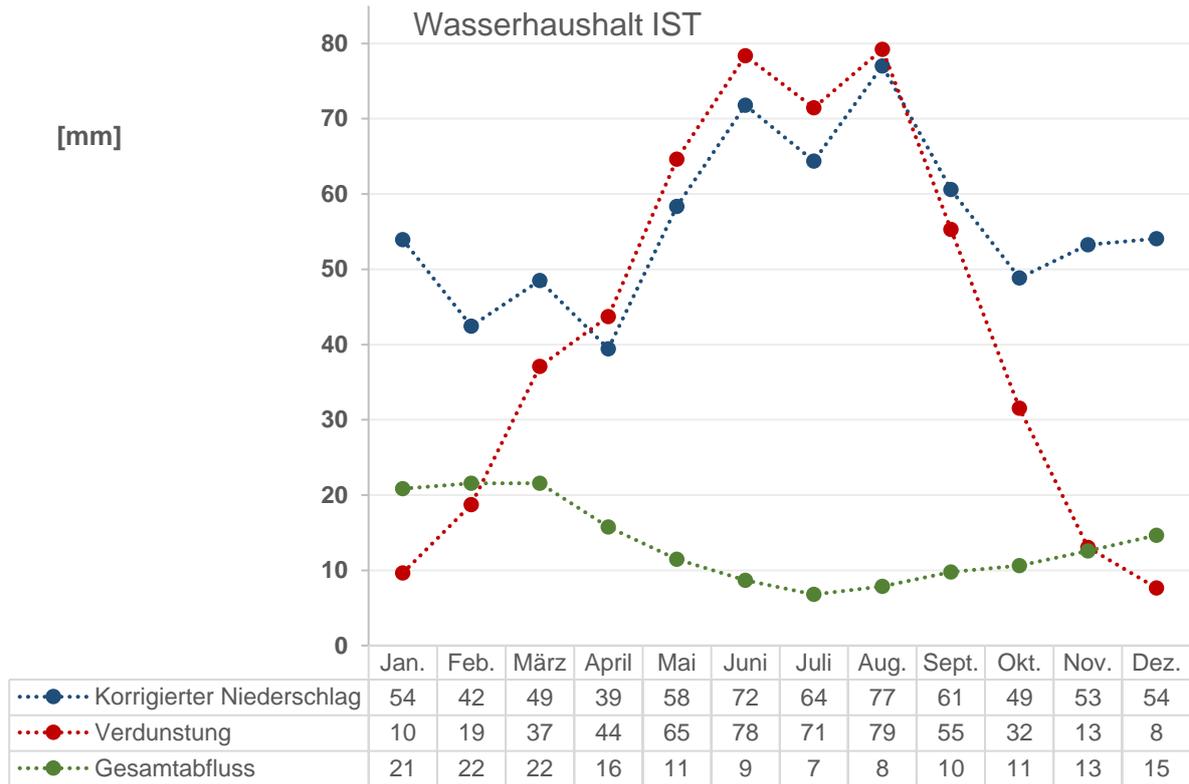


Abbildung 3-22: Gebietswasserbilanz für das B-Plan-Gebiet 114 im IST-Zustand und die Dekaden 1981-2010 – monatliche Mittelwerte, Abflüsse mit Berücksichtigung der Gebietsretention

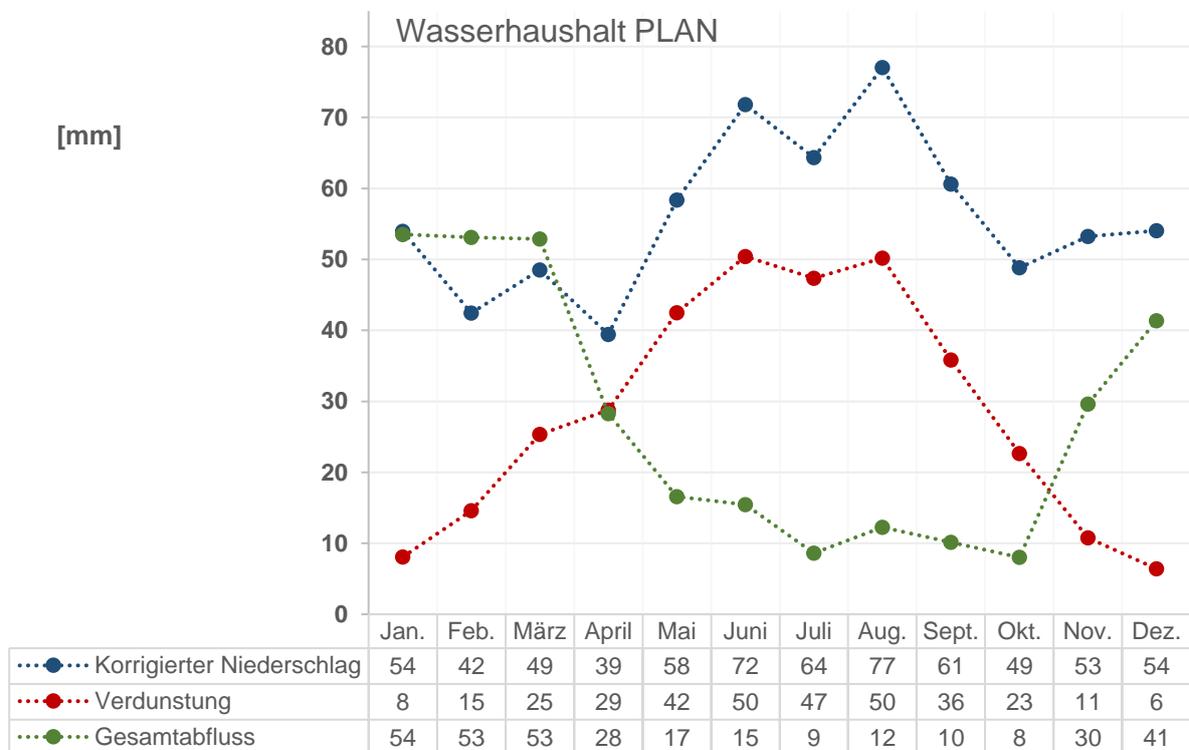


Abbildung 3-23: Gebietswasserbilanz für das B-Plan-Gebiet 114 im PLAN-Zustand und die Dekaden 1981-2010 – monatliche Mittelwerte, Abflüsse mit Berücksichtigung der Gebietsretention

3.2.4 Bewertung

Die mittlere reale Verdunstung im B-Plan-Gebiet nimmt durch Zunahme der Versiegelung von derzeit ca. 20 % auf 66 % bei PLAN-Umsetzung ab. Dafür steigen die Direktabflüsse um ca. 170 mm·a⁻¹ (80 %) an.

Dies entspricht einer Abflusszunahme

- in der Planvariante Mai 2018 von ca. 20.000 m³·a⁻¹ oder 0,6 l·s⁻¹ und
- in der Planvariante Jan 2019 von ca. 8.400 m³·a⁻¹ oder 0,25 l·s⁻¹
- in der Planvariante Februar 2022 von ca. 9.200 m³·a⁻¹ oder 0,29 l·s⁻¹

Diese Abflusszunahme ist durch geeignete Maßnahmen wie:

- Anlegen von kleinen Feuchtgebieten oder Gewässerflächen zum Wasserrückhalt,
- Festschreibung von Dachbegrünungen in der Bauleitplanung und
- Baumbepflanzung

zu kompensieren (Zielstellung Wasserhaushaltsneutralität nach DWA-A 102/ BWK-A 3, Reduzierung der Pumpkosten am Schöpfwerk Marienstraße).

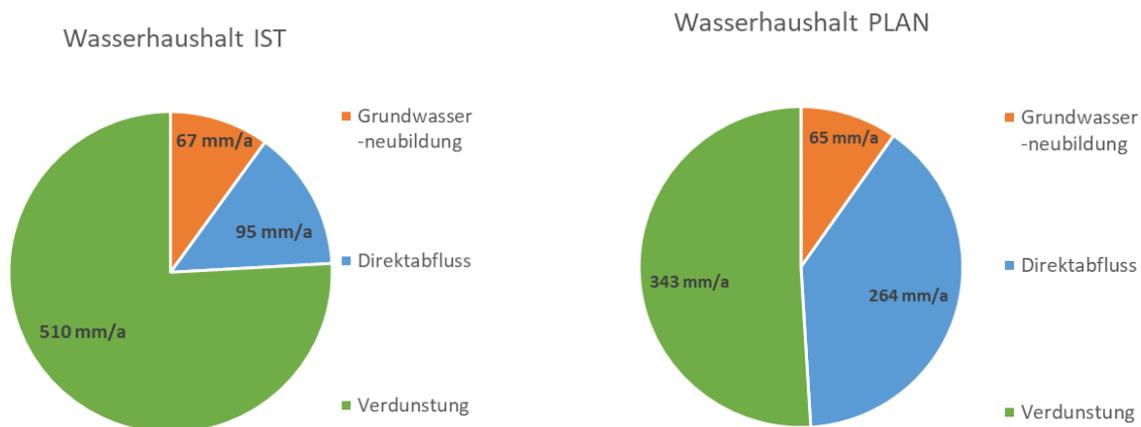


Abbildung 3-24: Wasserhaushalt des B-Plan-Gebietes 114 im IST und PLAN-Zustand

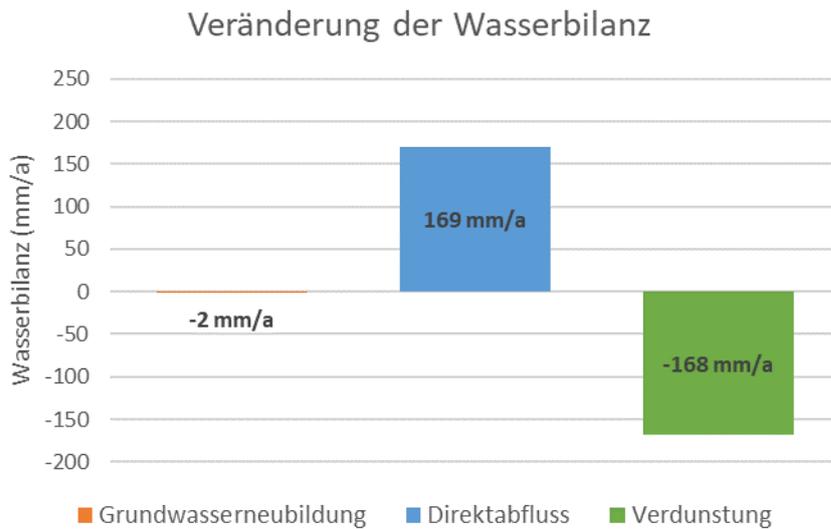


Abbildung 3-25: Veränderung des Wasserhaushaltes bei zusätzlicher Bebauung im B-Plan-Gebiet 114

3.3 Modellierung kritischer Regenereignisse

Im Falle von kritischen Regenereignissen kann es aufgrund der geplanten Maßnahmen zu Veränderungen des Abfluss- und Rückhaltevermögens im Gebiet kommen. Um mögliche Schadensauswirkung abschätzen zu können sind daher die folgenden Fragen zu klären:

- Welche Gewässer- und Einzugsgebiete beeinflussen das Untersuchungsgebiet?
- Wie sieht die aktuelle Situation des Gewässersystems aus, welche Belastungen treten im Extremniederschlagsfall im derzeitigen Zustand auf?
- Wie verändern sich die Belastungen bei Umsetzung der B-Planung, welche zusätzlichen Maßnahmen sind erforderlich?

Im Frühjahr 2018 kam es im Untersuchungsgebiet aufgrund von Tauwasserabfluss und Niederschlägen zu großflächigen Überschwemmungen (Abbildung 3-26). Mit Hilfe der Modellierung sollen die Hintergründe der Überschwemmungen, die trotz der Errichtung des Regensammlers Süd auftraten, ermittelt werden.



Abbildung 3-26: Überschwemmungen am Graben 25 im Frühjahr 2018 (Quelle: WBV Ryck- Ziese)

3.3.1 Grundlagen der N-A-Modellkomponente von SWMM

Da es im sehr kleinen Untersuchungsgebiet keine gewässerkundlichen Pegel gibt und die Fragestellung die Berücksichtigung von Abflussvolumina erfordert (Rückhalteeffekte), wird für die Ermittlung der Bemessungs-Abflussganglinien eine Niederschlag-Abfluss-Berechnung (N-A) mit der hydrologischen, hydrodynamischen Software SWMM (**Storm Water Management Model 5.1**) vorgenommen. SWMM wird von der US-Behörde „United States Environmental Protection Agency“ (EPA) zur Verfügung gestellt und fortlaufend seit 1969 weiterentwickelt (www.epa.gov). Die Software ist ein dynamisches-hydrologisch/hydraulisches Abflussmodell, so dass die Hauptphasen des Niederschlag-Abfluss-Prozesses (DYCK & PESCHKE 1983):

- die Abflussbildung
- die Abflusskonzentration
- der Durchflussverlauf im Leitungs- und Gewässersystem

in einem Modell hydrodynamisch abgebildet werden können.

Die hydrologischen Methoden und Ergebnisse der N-A-Modellierung werden im Folgenden zusammengefasst:

- Untergliederung des Einzugsgebietes in insgesamt 8 Teileinzugsgebiete (TEZG). Diese basieren auf den natürlichen Einzugsgebietsgrenzen, ermittelt aus dem DGM und Leistungsnetz (Abbildung 3-8)
- Wahl der Modellansätze für Abflussbildung (SCN-Methode) mit CN-Werten, Abflusskonzentration (dynamische Welle) und Abflussverlauf (Fließgesetz nach MANNING/STRICKLER)
- Bestimmung der hydrologischen Parameter mit Hilfe von Geodaten (z. B. Muldenvolumen, Flächengrößen, Versiegelungsgrad, Oberflächengefälle und -rauheit, Nutzungs- und Bodenarten, mittlere Lauflängen zum Gewässernetz, ...)
- Bestimmung der hydraulischen Parameter (Sohlhöhen, Durchlassdurchmesser...) anhand eigener Vermessungsdaten
- Verwendung von Bemessungsregen nach KOSTRA-DWD 2010R mit Wiederkehrzeiten bzw. Wiederkehrintervallen (T) von 100 Jahren (a) als Modellantriebsgrößen. Die verwendeten Niederschlagshöhen erhalten den von KOSTRA-DWD empfohlenen maximalen Sicherheitszuschlag von 20 % für T = 100 a zur Berücksichtigung der beobachteten Zunahme von Starkregenereignissen im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung (Tabelle 3-5).
- Für die Niederschlagsverteilung wird der Block-Regen-Ansatz gewählt (Abbildung 3-27). Diese Verteilung wird standardmäßig für lange Regenereignisse empfohlen.
- Es ergibt sich nach Gegenüberstellung der Gebietsabflüsse (Speichergröße) eine kritische Regendauer von 24h (89 mm Niederschlagssumme inkl. Zuschlag) → Dies erzeugt das für das Gebiet maßgebliche **Abflussereignis HQ₁₀₀**.
- Berücksichtigung der Vollentwicklung der B-Plan-Gebiete im Einzugsgebiet bei Szenario Plan-E (siehe Kapitel 3.3.3), was zu einer **Zunahme des mittleren Versiegelungsanteils im Gesamteinzugsgebiet von 17% auf 30%** führt. In Tabelle 3-6 werden die einzelne Baugebiete und zugehörige Kategorien sowie die maximal möglichen Versiegelungsgrade (entsprechend GRZ) aufgefüllt. In Abbildung 3-28 wird der Versiegelungsgrad zwischen IST-Zustand und Plan-E-Zustand verglichen.
- **Plan F:** Zusätzlich Ansatz der errechneten Abflussmengen nach Planung des Siedlungsentwässerungssystems im B-Plangebiet (STORCH LANDSCHAFTSARCHITEKTUR 2021) und Darstellung der Auswirkungen von geplanten Durchlassvergrößerungen im Graben 25/1

Tabelle 3-5: Maßgeblicher Extremniederschlag

Wiederkehrintervall	Dauerstufe	Bemessungsregen (mm) aus KOSTRA-DWD 2010R	Niederschlagshöhe (mm) im Modell (Bemessungsregen + Sicherheitszuschlag)
100	24 h	73,8	88,6

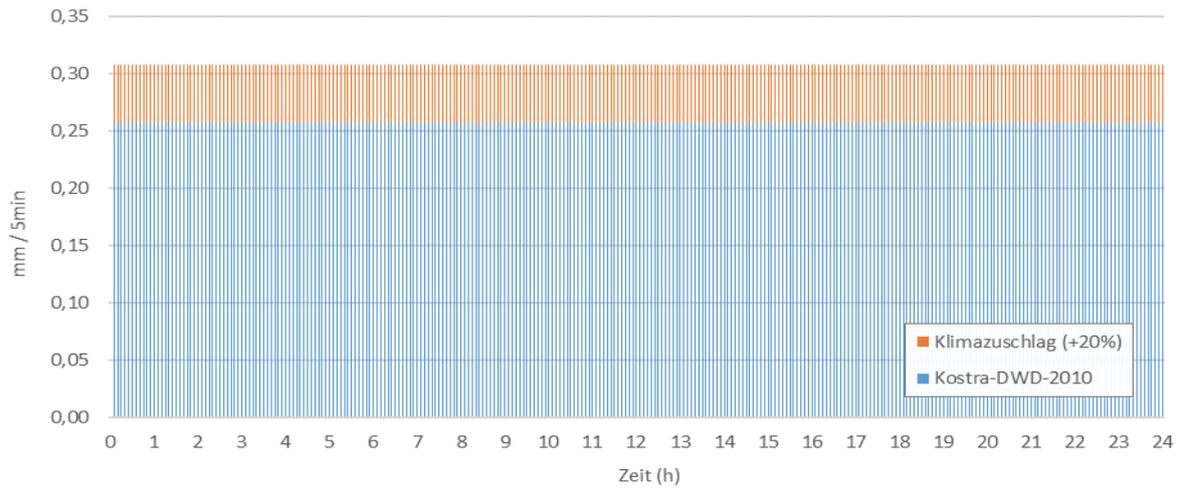


Abbildung 3-27: Angewendete Niederschlagsverteilung - Block-Regen

Tabelle 3-6: B-Plan-Gebiete im Untersuchungsgebiet (WA = allgemeinen Wohngebiet, MI = Mischgebiete, GE = Gewerbegebiet, GI = Industriegebieten, SO = Sondergebiete, WR = Wohngebiet) mit dem entsprechenden Versiegelungsgrad

B-Plan-Gebiet-Nr.	Kategorie	Maximaler Versiegelungsgrad (%)*
110	WA	62,27
18.1	GE/GI	83,38
22	GE/GI	83,38
24	WA	54,40
26	WA/MI	58,46
29	WA/MI/SO	58,46
31	WA/MI	58,46
38	GE/GI	83,38
4	MI	66,77
42	WAWR	71,33
43	WA/MI/GE	66,77
46	GE/GI	83,38
47	GE/GI	83,38
59	GE/GI	83,38
6	GE/GI	83,38
63	WAWR	50,15
71	WA	50,15
8	SO	0,00
87	GE/GI	83,38
88	WAWR	60,44
90	WA	50,15
93	WA	50,15

* Angegeben ist hier der zum hydrologischen Abflussgeschehen beitragenden Flächenanteil, dieser kann von der Grundflächenzahl (GRZ) kann abweichen.

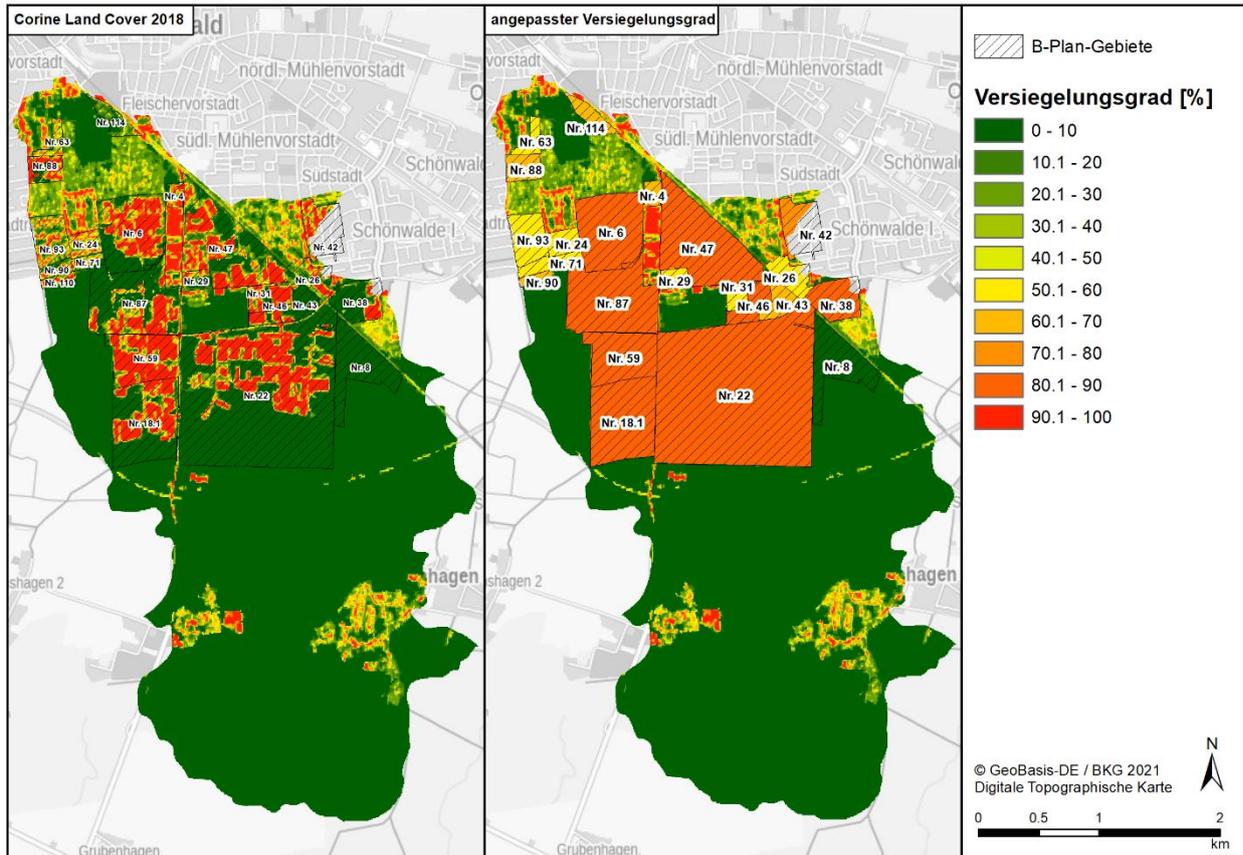


Abbildung 3-28: Vergleich des Versiegelungsgrads im IST- Zustand und im Szenario PLAN-E-Zustand

3.3.2 Grundlagen der hydraulischen Modellkomponente von SWMM

Um das Abflussverhalten im Einzugsgebiet realistisch abzubilden, werden durch SWMM die Gewässer mit ihren hydraulischen Eigenschaften (Links), die Gebietsspeicher in welchen Wasser zurückgehalten werden kann (Storage Areas) sowie Wasserübertritte in Nachbargebiete im Extremfall (Überläufe) modelliert (Abbildung 3-29). In Tabelle 3-7 werden die angesetzten Randbedingungen wiedergegeben.

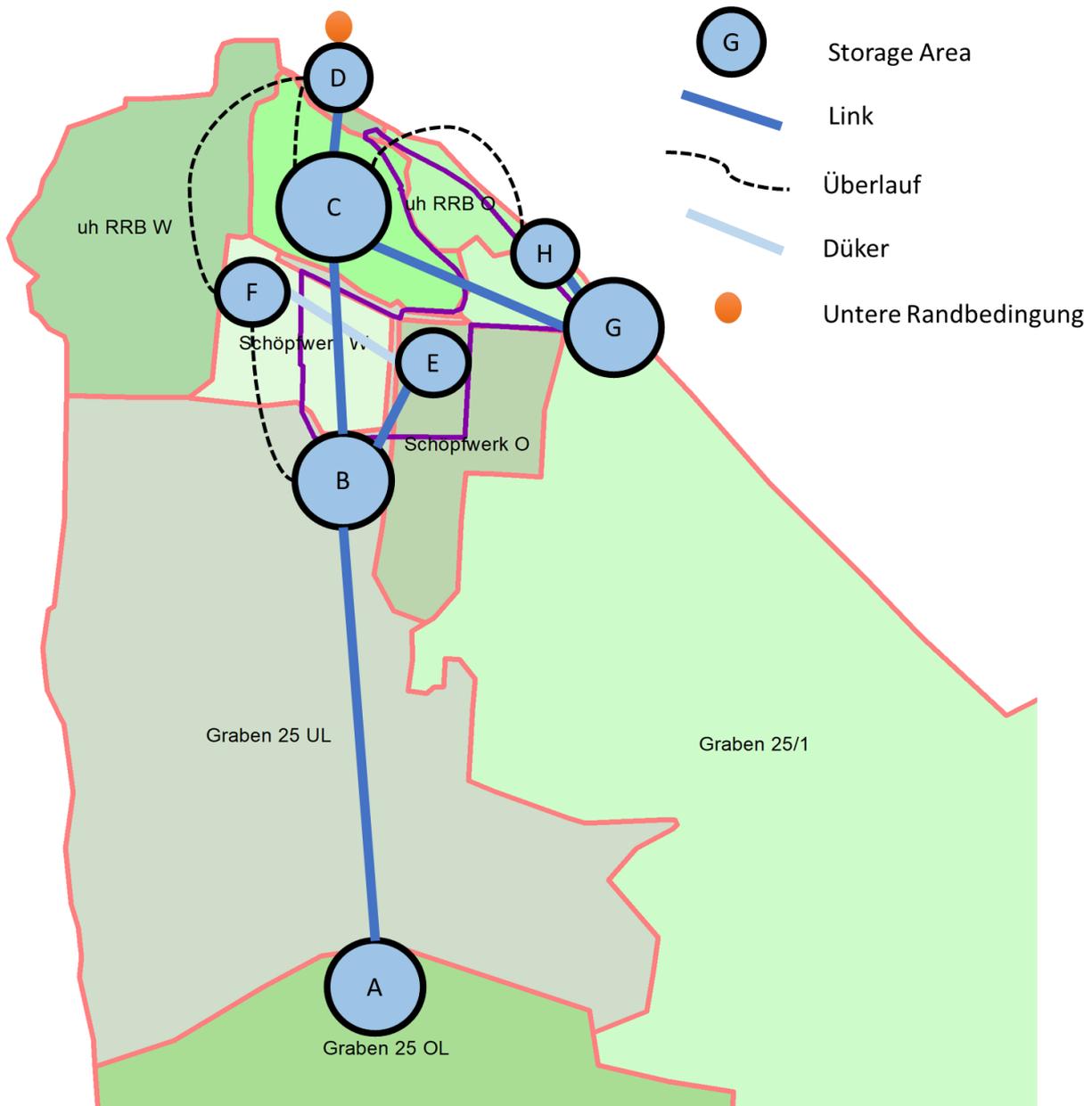


Abbildung 3-29: Modellierter Speicher (Storage Areas), Gewässerverbindungen (Links) und Wasserübertritte in Nachbargebieten im Extremfall (Überläufe)

Tabelle 3-7: Eigenschaften und Randbedingungen der Modellkomponenten

Code	Art	EZG	BW_Ein- laufsohle [m NHN]	BW_Aus- laufsohle [m NHN]	BW-Durch- messer [mm]	Überlauf- sohle [m NHN]	Bemer- kung
A	Storage Area	Graben 25 OL					
B	Storage Area	Graben 25 UL					
C	Storage Area	RRB direkt					
D	Storage Area	uh RRB W + uh RRB O					
E	Storage Area	Schöpfwerk O					
F	Storage Area	Schöpfwerk W					
G	Storage Area	Graben 25/1					
H	Storage Area						
L_AB	Link		3,00	3,00	300 x 300		300 l s ⁻¹
L_BC	Link		-0,02	-0,01	1200		
L_CD1	Link		0,00	-0,33	800		
L_CD2	Link		0,55	-0,03	600		
L_CD3	Link		0,55	-0,03	600		
L_CG	Link		0,00	1,00	1000		
L_Duek_EF	Düker		-0,60	-0,52	400		
L_EB	Link (Schöpf- werk)						
L_HG	Link		0,24 (Nord)	0,2 (Süd)	600		
L_UE_BF	Überlauf					1,1	
L_UE_CD	Überlauf					2,00	
L_UE_FD	Überlauf- leitung		0,40	0,45	500		
L_UE_HC	Überlauf					1,5	
L_UR_D	Link				1900 x 2100		
UR_D	Untere Randbe- dingung		-0,20				0,2 Start- wasser- stand

3.3.3 Szenarien

Im Modell werden insgesamt fünf verschiedene Szenarien überprüft. Neben dem IST-Zustand werden außerdem vier PLAN-Varianten untersucht (Tabelle 3-8), die zugehörigen hydrologisch relevanten Maßnahmen sind in Abbildung 3-30 wiedergegeben.

Tabelle 3-8: Mit SWMM berechnete Modellszenarien

Szenario	Beschreibung	B-Plan-Stand
IST	Ausgangszustand mit derzeitiger Flächennutzung und derzeitigen Hochwasserzuflüssen HQ ₁₀₀ aus dem Einzugsgebiet	Mai 2018 / Jan 2019
PLAN A	<ol style="list-style-type: none"> Geländeaufschüttung auf 5,9 ha (im Nord- und Südteil) mit einer Zielgeländehöhe von 2 m NHN zur Verhinderung von Überschwemmungen im Plangebiet Errichtung der geplanten Bebauung mit Zunahme des Versiegelungsanteils auf 66 % im Nord- und Südteil Modellierung mit derzeitigen Regenerereignisse T = 100a mit Klimazuschlag im Einzugsgebiet 	Mai 2018
PLAN B	<ol style="list-style-type: none"> Geländeaufschüttung auf 5,9 ha (im Nord- und Südteil) mit einer Zielgeländehöhe von 2 m NHN zur Verhinderung von Überschwemmungen im Plangebiet Errichtung der geplanten Bebauung mit Zunahme des Versiegelungsanteils auf 66 % im Nord- und Südteil Modellierung mit derzeitigen Regenerereignisse T = 100a mit Klimazuschlag im Einzugsgebiet Deichbau zur Verhinderung von Auswirkungen auf an das B-Plan-Gebiet Nr. 114 angrenzenden Flächen 	Mai 2018
PLAN C	<ol style="list-style-type: none"> Geländeaufschüttung auf 5,9 ha (im Nord- und Südteil) mit einer Zielgeländehöhe von 2 m NHN zur Verhinderung von Überschwemmungen im Plangebiet Errichtung der geplanten Bebauung mit Zunahme des Versiegelungsanteils auf 66 % im Nord- und Südteil Deichbau zur Verhinderung von Auswirkungen auf an das B-Plan-Gebiet Nr. 114 angrenzenden Flächen Halbierung der Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet des Grabens 25/1 bei HQ₁₀₀ durch zusätzlichen Abschlag in Nachbargebiete oder Erhöhung der Retention im Gebiet 	Mai 2018
PLAN D	<ol style="list-style-type: none"> Geländeaufschüttung auf 2,8 ha (nur im Nordteil) mit einer Zielgeländehöhe von 2 m NHN zur Verhinderung von Überschwemmungen im Plangebiet Errichtung der geplanten Bebauung mit Zunahme des Versiegelungsanteils auf 66 % nur im Nordteil Modellierung mit derzeitigen Regenerereignisse T = 100a mit Klimazuschlag im Einzugsgebiet 	Jan 2019
PLAN E	<ol style="list-style-type: none"> Geländeaufschüttung auf 3,1 ha mit einer Zielgeländehöhe von 2 m NHN zur Verhinderung von Überschwemmungen im Plangebiet (Gebiet PLAN-D plus weiterer Flächenanteil südlich der Verlängerten Scharnhorststraße, Abbildung 3-30) Errichtung der geplanten Bebauung mit Zunahme des Versiegelungsanteils auf 66 % auf der Fläche des B-Plan-Gebiets 114 Zunahme des Versiegelungsgrads von 17% auf 30% im Gesamteinzugsgebiet unter Berücksichtigung vollentwickelter B-Plan-Gebiete Modellierung mit derzeitigen Regenerereignisse T = 100a mit Klimazuschlag im Einzugsgebiet 	März 2021

Szenario	Beschreibung	B-Plan-Stand
Plan F	<ol style="list-style-type: none"> Geländeaufschüttung auf 3,1 ha mit einer Zielgeländehöhe von 2 m NHN zur Verhinderung von Überschwemmungen im Plangebiet (Gebiet PLAN-E plus weiterer Flächenanteil südlich der Verl. Scharnhorststraße, Abbildung 3-30) Berücksichtigung der Entwässerungsplanung (Mengen und Einleitpunkte) zum B-Plangebiet 114 mit den errechneten Niederschlägen im Bemessungsergebnis (STORCH 2021 und SANIO 2021) Zunahme des Versiegelungsgrads von 17% auf 30% im Gesamteinzugsgebiet unter Berücksichtigung vollentwickelter B-Plan-Gebiete Modellierung mit derzeitigen Regenereignisse T = 100a mit Klimazuschlag im Einzugsgebiet Neubau der Durchlässe am Graben 25/1 mit einer lichten Weite 1,99 m und lichten Höhe von 1,2 m mit Sohle auf 0,0 m NHN Berücksichtigung des klimabedingten Meeresspiegelanstieges um ca. 0,8 m bis 2100 (LAWA 2020) Einbau eines Abflussdrosselbauwerkes im Graben 25/1 alt-2 	Dez. 2021

3.3.4 Modellierte Maßnahmen

Um die baulich verursachten Veränderungen der hydrologischen Situation zu kompensieren, werden eine Reihe von Maßnahmen geprüft:

- Aufschüttung Süd (PLAN A-C),
- Aufschüttung Nord (PLAN A-F),
- Aufschüttung Nord-Erweiterung (PLAN E-F),
- Deichbau (PLAN B und C)
- Reduzierung der Zuflüsse über Graben 25/1 (PLAN C)
- Erneuerung und Vergrößerung von 3 Durchlässen am Graben 25/1 (PLAN F) und
- Einbau einer Abflussdrosselbauwerkes in Graben 25/1 alt-2 (PLAN F).

Diese Maßnahmen würden nach Preisen (Stand 2018) grob geschätzt folgende Kosten verursachen:

- Volumen für Aufschüttung Nord ca. 13.000 m³
(geschätzte Baukosten ca. 30 €/m³ → 390.000 €)
- Volumen für Aufschüttung Nord-Erweiterung ca. 500 m³
(geschätzte Baukosten ca. 30 €/m³ → 15.000 €)
- Volumen für Aufschüttung Süd ca. 46.000 m³
(geschätzte Baukosten ca. 30 €/m³ → 1.380.000 €)
- Länge Deiche: 500 m
(geschätzte Baukosten: ab 250 € / lfdm → ab 125.000 €)
- Länge Straßenerhöhung: ca. 500 m
(geschätzte Baukosten: ab 500 € / lfdm → ab 250.000 €)
- Alternative zum Deichbau: zusätzliches RRB mit Volumen 100.000 m³ für Plan C
(geschätzte Baukosten: ca. 10-25 €/m³ → 1,0 - 2,5 Mill €)

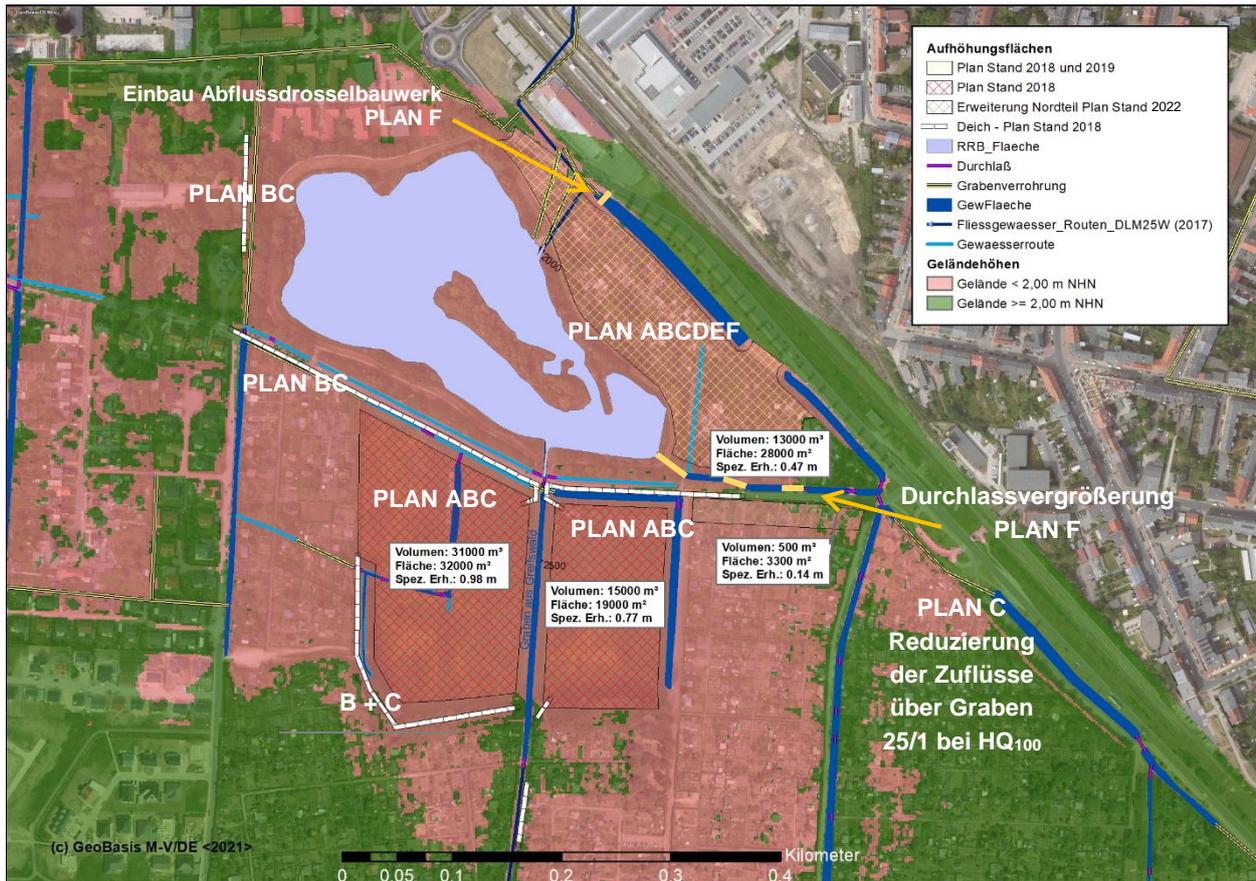


Abbildung 3-30: Hydrologisch relevante Maßnahmen als Grundlagen der Szenarien PLAN A-F

3.3.5 Ergebnisse und Interpretation

In Tabelle 3-9 bis Tabelle 3-11 werden die wesentlichen SWMM-Modellerggebnisse aufgeführt. Diese zeigen maximale Wasserstände in den Teilgebieten, maximal genutzte Speichervolumina und maximale Durchflüsse der einzelnen Gewässer- und Überläufe für die fünf untersuchten Szenarien.

Tabelle 3-9: Maximaler Wasserstand (m NHN) in den Modelleinzugsgebiet bei HQ 100 für die Szenarien

Storage Area	Höhe Wasserstand Max (m NHN) bei HQ 100						
	IST	PLAN A	PLAN B	PLAN C	PLAN D	PLAN E	PLAN F
A	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,05	1,05
B	1,22	1,38	1,52	1,24	1,22	1,50	1,50
C	1,23	1,38	1,52	1,23	1,23	1,50	1,50
D	1,11	1,21	1,29	1,12	1,11	1,28	1,28
E	1,14	1,35	0,09	0,09	1,14	1,46	1,46
F	1,20	1,38	0,13	0,12	1,20	1,50	1,50
G	1,57	1,62	1,71	1,32	1,57	1,76	1,51
H	1,56	1,59	1,62	1,32	1,56	1,64	1,51
Ueberlauf_25	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05
UR_D	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Tabelle 3-10: Maximaler Wasserrückhalt (1.000 m³) in den Modelleinzugsgebieten bei HQ 100 für die Szenarien

Storage Area	Genutztes Speichervolumen Max (1.000 m³) bei HQ 100						
	IST	PLAN A	PLAN B	PLAN C	PLAN D	PLAN E	PLAN F
A	-	-	-	-	-	-	-
B	0,32	0,61	1,04	0,35	0,32	0,97	0,96
C	57,74	67,11	78,07	57,31	57,75	76,48	76,31
D	1,48	1,66	1,88	1,44	1,48	1,86	1,86
E	1,56	1,19	0,00	0,00	1,56	1,60	1,59
F	37,78	20,19	0,24	0,24	37,80	28,71	28,57
G	1,25	1,41	1,72	0,67	1,25	1,94	1,09
H	1,36	1,39	1,42	1,12	1,36	1,44	1,31
Ueberlauf_25	-	-	-	-	-	-	-
UR_D	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 3-11: Maximaler Durchfluss (m³ s⁻¹) in den Modelleinzugsgebieten bei HQ 100 für die Szenarien

Haltung	Durchfluss Max (m³ s⁻¹) bei HQ 100						
	IST	PLAN A	PLAN B	PLAN C	PLAN D	PLAN E	PLAN F
L_AB	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
L_BC	1,31	1,22	1,19	1,19	1,31	1,24	1,24
L_CD1	1,03	1,22	1,41	1,03	1,03	1,38	1,37
L_CD2	0,48	0,56	0,66	0,48	0,48	0,64	0,64
L_CD3	0,48	0,56	0,66	0,48	0,48	0,64	0,64
L_D_UR	2,11	2,50	2,83	2,12	2,11	2,80	2,80
L_Duek_EF	0,20	0,19	0,11	0,11	0,20	0,20	0,20
L_GC	3,10	2,86	2,59	1,61	3,10	2,97	3,78
L_HG	0,17	0,45	0,74	0,02	0,17	0,88	0,02
L_UE_A_Abschlag	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	1,04	1,04
L_UE_BF	1,70	1,11	0,00	0,00	1,70	1,25	1,26
L_UE_CD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L_UE_FD	0,08	0,07	0,00	0,00	0,08	0,07	0,08
L_UE_HC	0,17	0,44	0,73	0,00	0,17	0,87	0,00
SW	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16

3.3.5.1 IST-Zustand

Durch die Berechnung wurde im Untersuchungsgebiet im IST-Zustand eine Fließumkehr im Graben 25 südlich des Regenrückhaltebeckens nachgewiesen (Abbildung 3-31). Aufgrund von Zuflüssen bis 3,1 m³ s⁻¹ aus Westen (Graben 25/1, L_GC) steigt der Wasserstand im Regenrückhaltebecken (Storage Area C) stark an. Dies führt zum Rückströmen des Wassers nach Süden in Richtung Schöpfwerk Scharnhorststraße. Dadurch wird im Extremfall die Verwallung am Graben 25 überströmt und die beiden Polder links und rechts des Grabens werden gefüllt. Das Schöpfwerk pumpt in diesem Fall im Kreis.

Die Durchlässe DN 1000 am Graben 25/1 sind in diesem Fall ebenfalls überlastet dadurch kommt es zum Ausufernden nördlich des Grabens und Vorlandabfluss durch die vorhandene Kleingartenanlage (Abbildung 3-32). Diese Situation ist sehr wahrscheinlich auch im Frühjahr 2018 so eingetreten (Abbildung 3-26) und hat trotz des Neubaus des Regensammlers-Süd zu größeren Ausuferungen geführt.

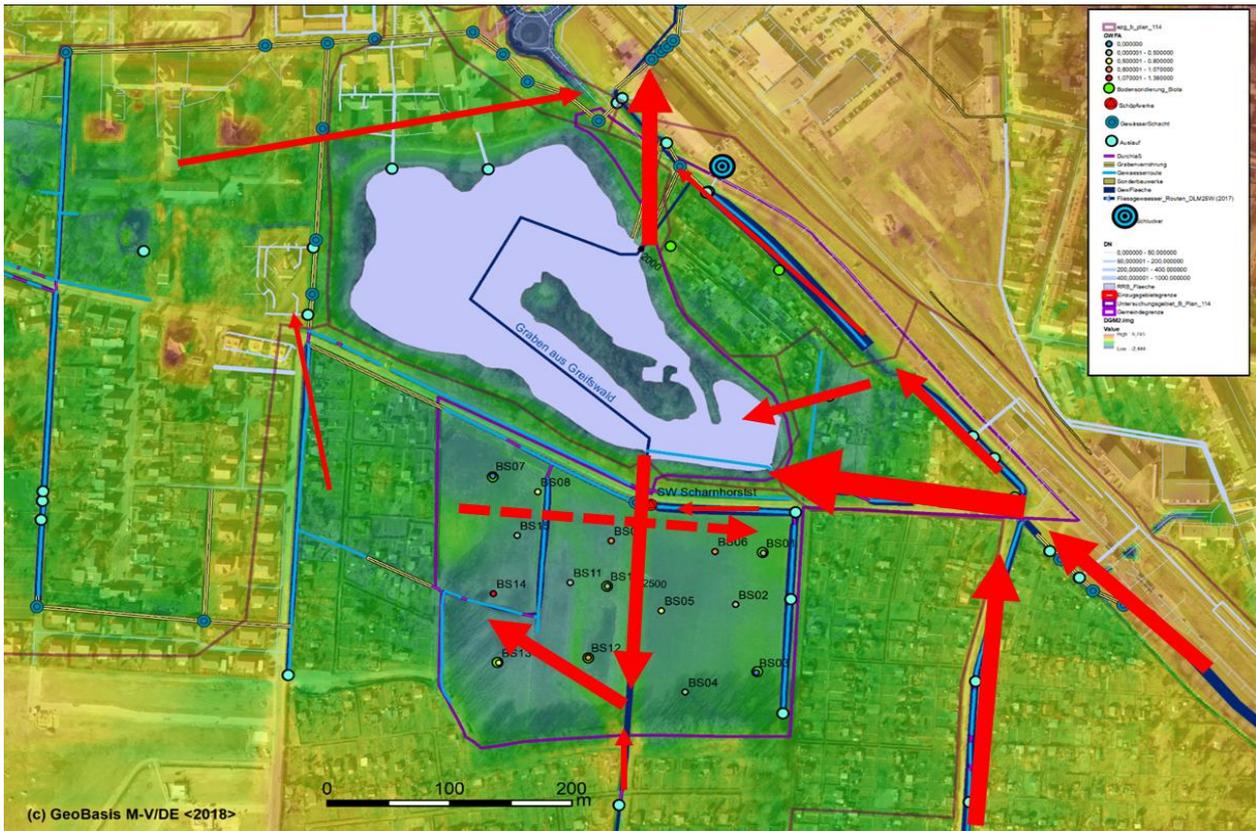


Abbildung 3-31: Fließverhalten der Gewässer im HQ-100-Fall mit Umkehrung der Fließrichtung am Graben 25 oberhalb des RRB

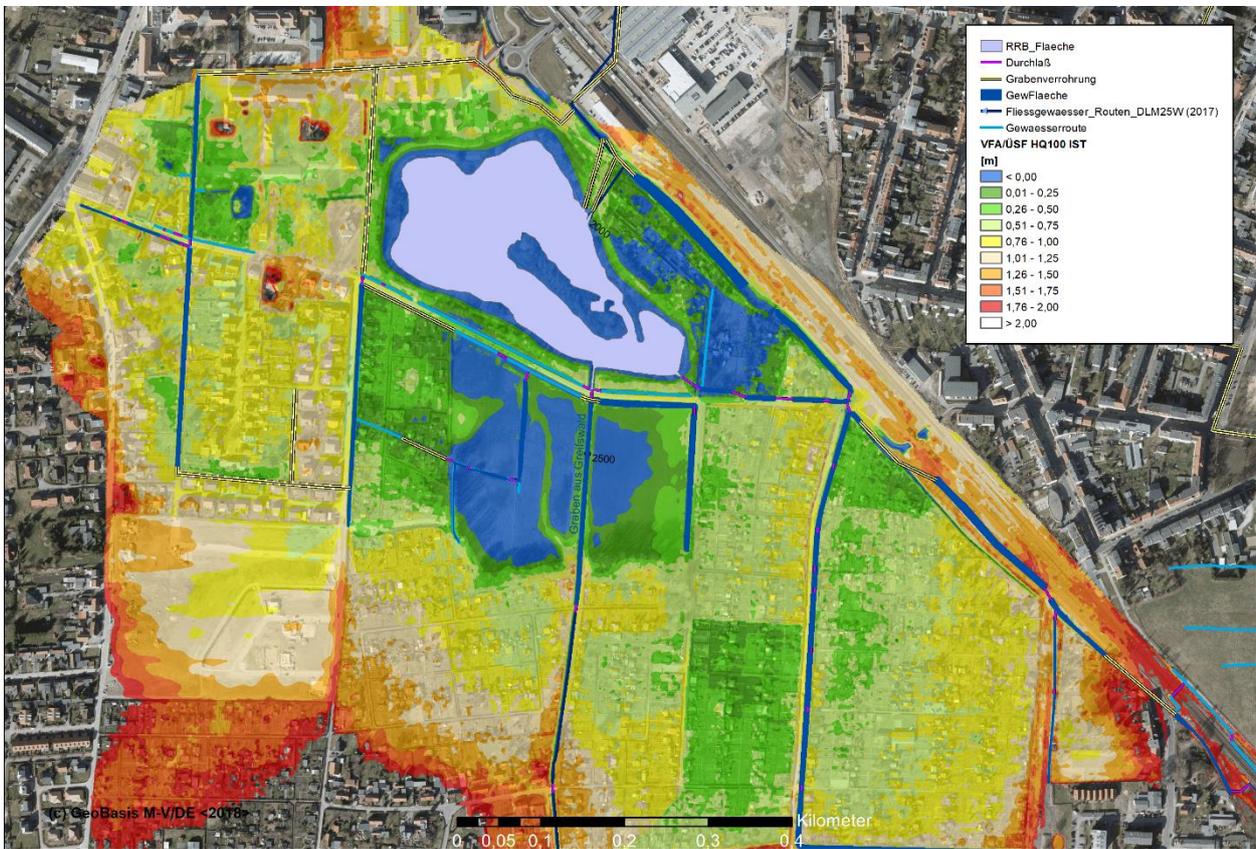


Abbildung 3-32: Vorflutabstände (grün-rot) / Überschwemmungsflächen (blau) bei HQ 100 im IST-Zustand

3.3.5.2 PLAN A (Aufschüttungen)

Um Schäden und einen Rückstau in die neu zu errichtenden, lokalen Entwässerungssysteme zu vermeiden sind im B-Plangebiet Aufschüttungen auf 2 m NHN erforderlich (Abbildung 3-30). (Diese großflächigen Aufschüttungen werden auch in PLAN B und C vorausgesetzt.)

Infolge der Aufschüttung geht Retentionsraum verloren (-18.000 m³ in den Poldern gegenüber IST). Da die Drosselung am Auslauf des RRB keine deutlich stärkeren Abflüsse nach Norden zulässt, werden in der Anlage höhere Wasserstände (1,38 m NHN) erreicht (+0,15 cm). Dies führt zur Gefahr von zusätzlichen Ausuferungen in der Nachbarschaft des B-Plangebiets Nr. 114. Betroffen ist insbesondere das direkt westlich angrenzende Wohngebiet, in dem aufgrund höherer Wasserstände nicht mehr ausreichend Vorflut existieren würde. Problematisch sind ebenfalls die geringeren Flurabstände in der Umgebung des RRB, da diese zu zusätzlichen Vernässungen führen könnten.

Zudem kommt es in diesem Fall zu einer Erhöhung des Abflussscheitels in Richtung Altstadt (L_D_UR) von 2,11 auf 2,50 m³ s⁻¹.

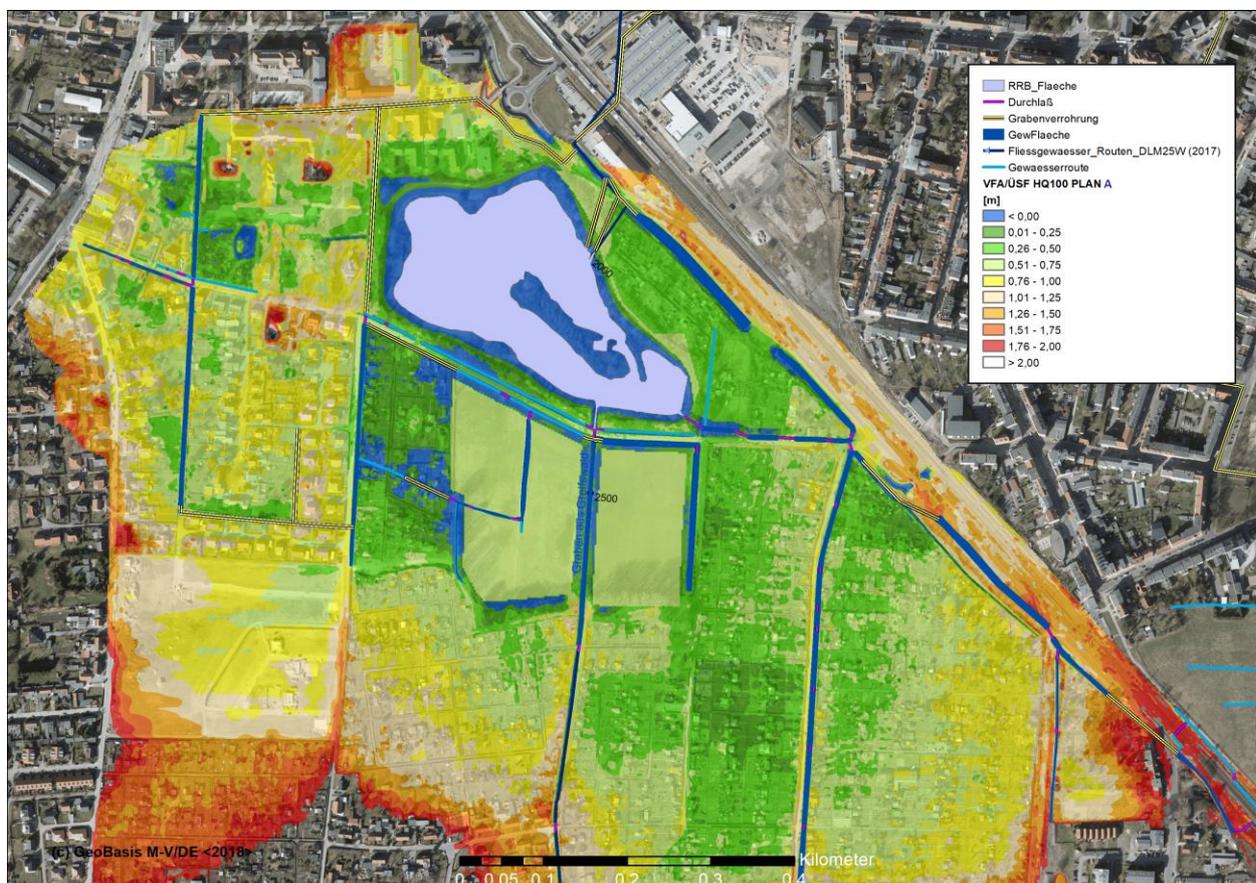


Abbildung 3-33: Vorflutabstände (grün-rot) / Überschwemmungsflächen (blau) bei HQ 100 im PLAN-A-Zustand

3.3.5.3 PLAN B (Aufschüttungen und hydrologische Abgrenzung)

Die in PLAN A festgestellten Auswirkungen sollen durch zusätzliche Maßnahmen kompensiert werden. Diese beinhalten in PLAN B neue Verwallungen und die Erhöhung der Verlängerten Scharnhorststraße, um ein Überströmen vom Regenrückhaltebecken bei sehr hohen Wasserständen in die südlicheren Wohngebiete zu verhindern. Außerdem würden in dieser Variante am Graben 25 und dem südwestlich des Polders gelegenen Regenwasservorfluter Verwallungen deutlich erhöht werden müssen (auf ca. 1,70 m NHN).

Dadurch würden die beiden Polder hydrologisch gegen Einströmen von Wasser aus Richtung RRB abgesichert werden. Infolgedessen würde gegenüber PLAN A wiederum Retentionsraum verringert (-39.000 m³ in den Poldern gegenüber IST). Dies würde zu einer weiteren Erhöhung der maximalen Wasserstände bei HQ 100 im RRB auf 1,52 m NHN (+0,29 cm gegenüber IST) und einem höheren Druckabfluss aus dem RRB in Richtung Altstadt von 2,83 m³ s⁻¹ führen.

Die resultierenden Ausuferungen und Flurabstände sind in Abbildung 3-34 dargestellt.

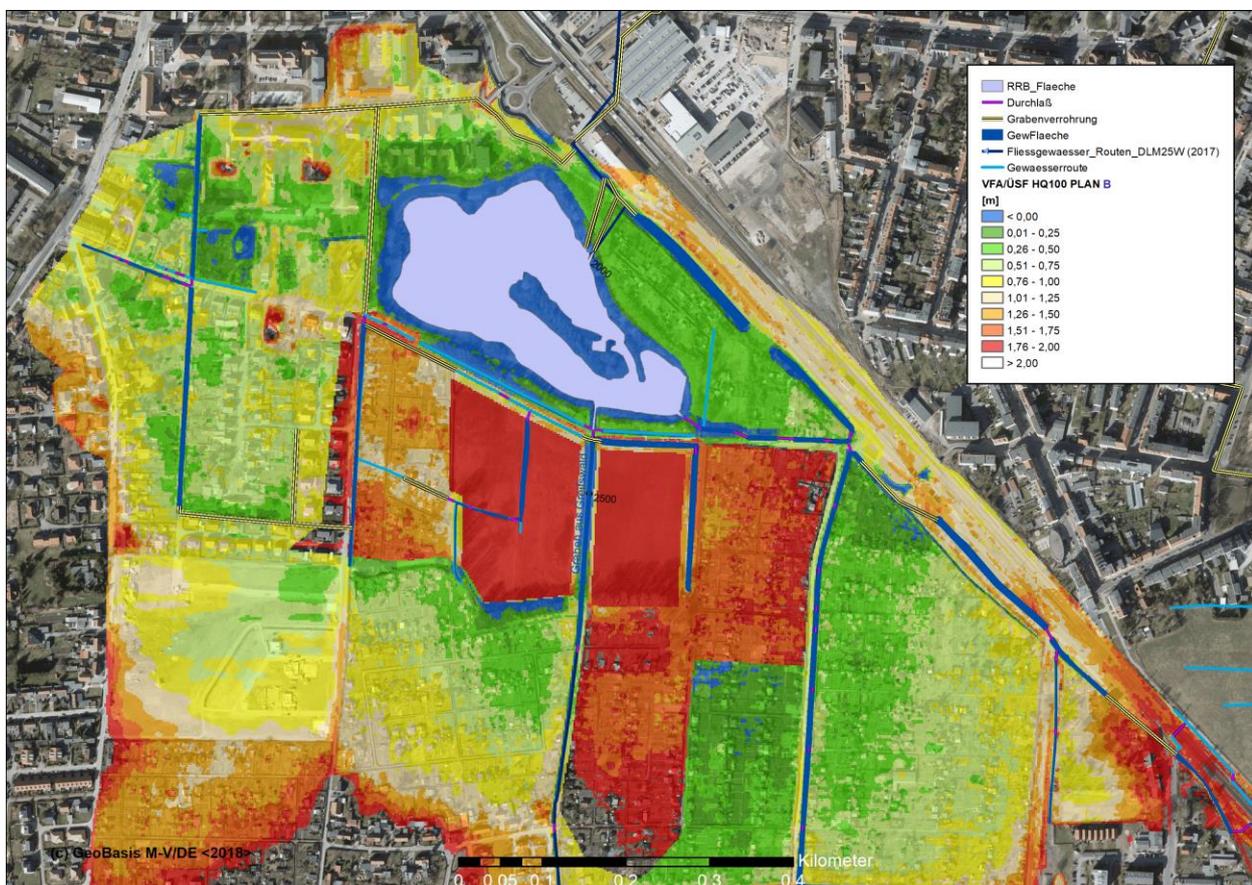


Abbildung 3-34: Vorflutabstände (grün-rot) / Überschwemmungsflächen (blau) bei HQ 100 im PLAN-B-Zustand

3.3.5.4 PLAN C (Aufschüttungen, hydrologische Abgrenzung und Zuflussreduzierung)

Die in Variante PLAN B aufgezeigten deutlich höheren Wasserstände im RRB mit den verbundenen Folgen müssten wiederum durch Maßnahmen kompensiert werden, um negative Auswirkungen im Bereich des Wallgrabens an der Altstadt zu verhindern. Um keine Erhöhung der Abflussscheitel gegenüber dem IST-Zustand zu generieren, müsste der HQ-100-Zufluss zum RRB über den Graben 25/1 deutlich um $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ reduziert werden.

Erreichbar ist das durch

- einen zusätzlichen Hochwasserabschlag aus dem Einzugsgebiet des Grabens 25/1,
- die Schaffung von zusätzlichem Retentionsraum südlich des B-Plangebietes Nr. 114 oder
- eine Kombination aus beiden Maßnahmen.

Die maximalen Ausuferungen und minimalen Flurabstände bei HQ 100 für PLAN C sind in Abbildung 3-35 wiedergegeben.

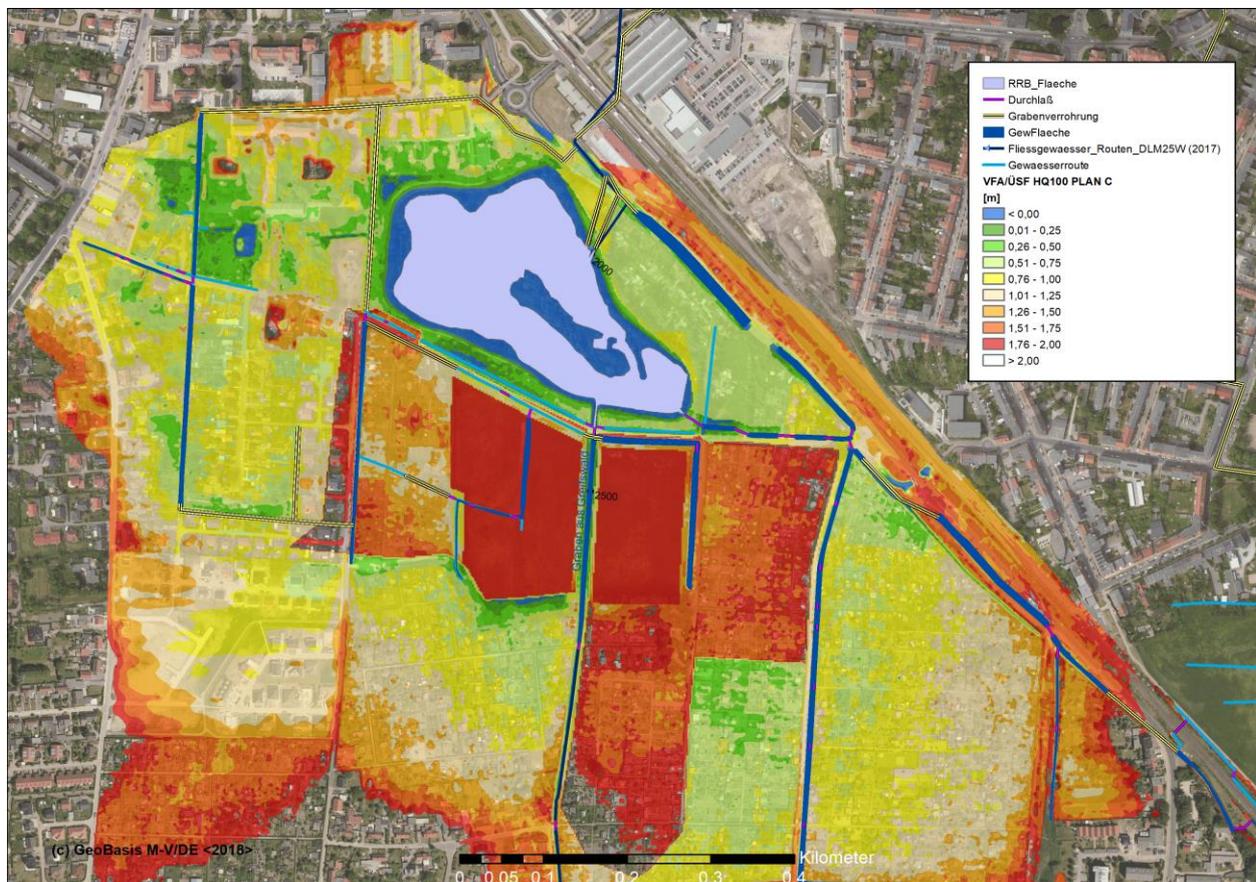


Abbildung 3-35: Vorflutabstände (grün-rot) / Überschwemmungsflächen (blau) bei HQ 100 im PLAN-C-Zustand

3.3.5.5 PLAN D (Aufschüttungen im verkleinerten Gebiet Stand Jan 2019)

Im Szenario PLAN D würden sich die Aufschüttungen aufgrund der Verkleinerung des Plangebietes auf den nördlichen Teil beschränken. Damit steht der Retentionsraum in den Poldern südlich der Verlängerten Scharnhorststraße weiterhin zur Verfügung. Unter Annahme von nicht reduzierten Zuflüssen in Scheitelhöhe $3,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ über Graben 25/1 und maximal $0,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (infolge Rückstaus) aus Richtung Graben 25 steigen die Wasserstände im und die Abflüsse aus dem RRB im Hochwasserfall nicht stärker als im IST-Zustand. Die zusätzliche Versiegelung im B-Plangebiet und die damit erhöhten Gebietsabflüsse fallen bei HQ 100 aufgrund der Größe des RRB nicht messbar ins Gewicht.

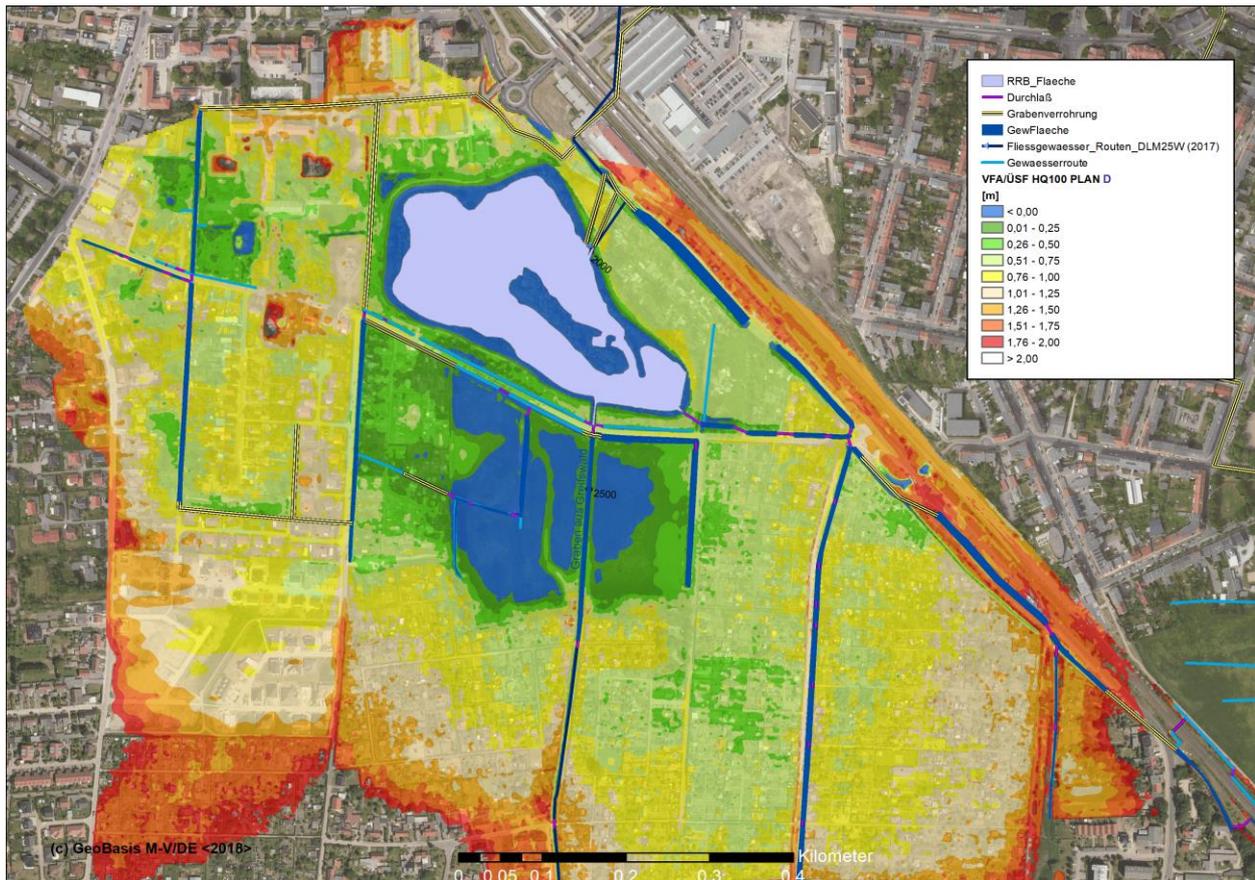


Abbildung 3-36: Vorflutabstände (grün-rot) / Überschwemmungsflächen (blau) bei HQ 100 im PLAN-D-Zustand

3.3.5.6 PLAN E (Erweiterung des Nordteils des Plan-Gebiets 114 Stand Jan 2021)

Der Szenario PLAN E erweitert das Szenario D mit einer zusätzlichen versiegelten Verkehrsfläche innerhalb des B-Plan-Gebietes 114 an der Verlängerten Scharnhorststraße (Stand März 2021). Außerdem wird die eine zukünftige Vollentwicklung der B-Plan-Gebiete in den Einzugsgebieten der Gräben 25 und 25/1 berücksichtigt.

In dem Szenario verschärft sich die Hochwassersituation im RRB und auf angrenzenden Flächen aufgrund der deutlich höheren Zuflüsse im Vergleich zum IST-Zustand. Der Wasserstand erreicht im Extremfall eine Höhe von $1,50 \text{ m}$ NHN, 27 cm höher als IST-Zustand ($1,23 \text{ m}$ NHN). Dabei kann es für die Kleinsiedlungs- und Gartenflächen an der Clemens-Brentano-Straße aufgrund der geplanten Stadtentwicklung zukünftig zu einer Hochwassergefährdung kommen. Bei Umsetzung der geplanten Aufschüttungen im B-Plangebiet 114 auf 2 m NHN ist dieses Gebiet bei einem Extremereignis mit Wiederkehrdauer $T=100 \text{ a}$ vor von dem RRB ausgehender Überflutung sicher (Abbildung 3-36).

Mit der langfristigen Stadtentwicklung erhöhen sich die Scheitelzuflüsse in das RRB um $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (ca. $3,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ im IST-Zustand auf $3,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ im Plan-E-Zustand). Der Maximalabfluss direkt aus dem B-Plan Nr. 114 erreicht ungedrosselt maximal $0,057 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (57 l s^{-1}). Die Abflussspitze entspricht 1,5 % des Maximalzuflusses aus dem Einzugsgebiet.

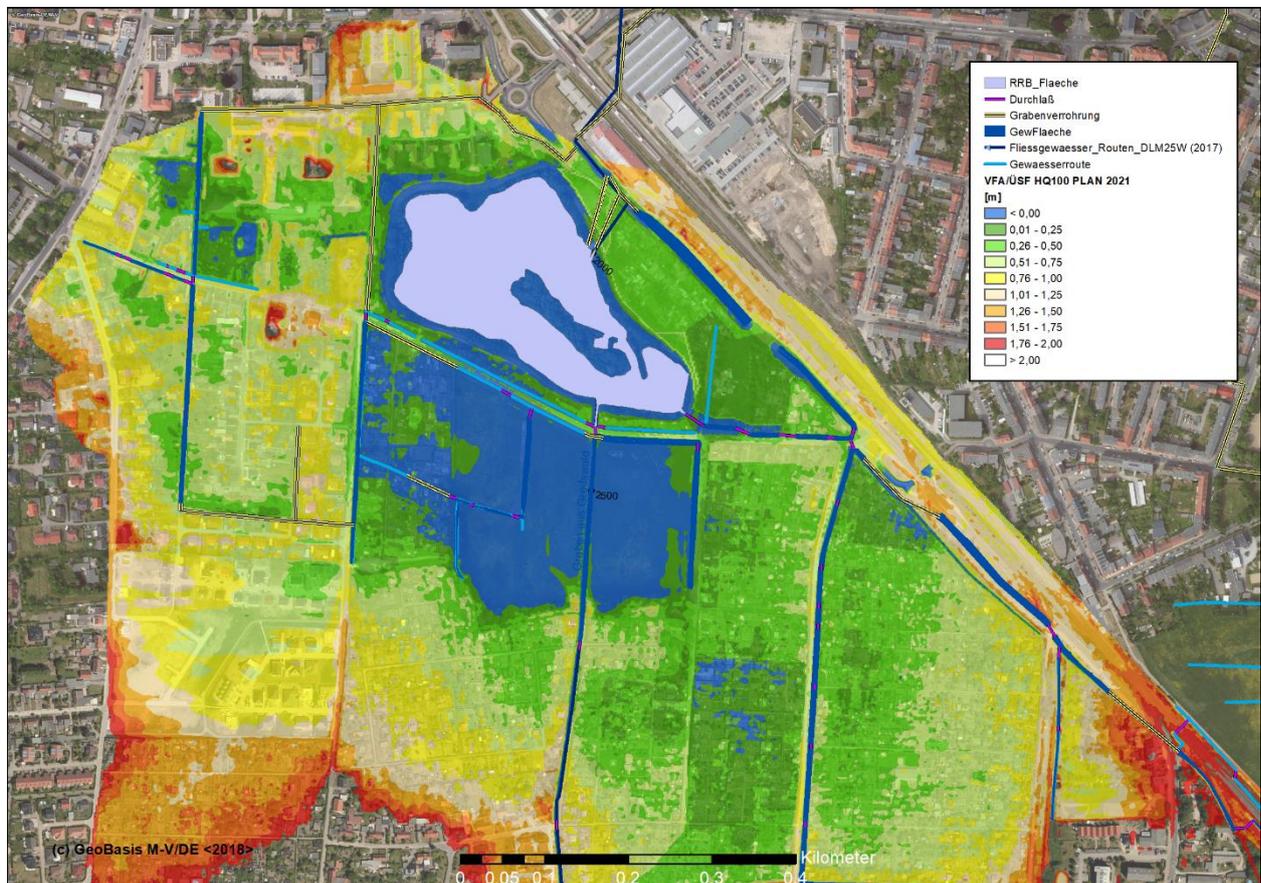


Abbildung 3-37: Vorflutabstände (grün-rot) / Überschwemmungsflächen (blau) bei HQ 100 im PLAN-E-Zustand

3.3.5.7 PLAN F (Erneuerung der Durchlässe am Graben 25/1, Meeresspiegelanstieg)

Der Szenario PLAN F erweitert Plan E mit Bemessungswerten der Regenmengen aus Siedlungsentwässerungssystemen (STORCH 2021) mit $12,6 \text{ l s}^{-1}$ ($T=100$, $D = 24\text{h}$) für den geplanten Schulstandort und die südlich gelegene Straßenausbauparkplatzfläche (SANIO 2021) mit $3,4 \text{ l s}^{-1}$ ($T=100$, $D = 24\text{h}$). Außerdem wird eine Erneuerung und Vergrößerung der drei untersten Durchlässe am Graben 25/1 mit einer lichten Weite von 1,99 m, lichten Höhe von 1,2 m und Sohlage auf 0,0 m NHN berücksichtigt.

In diesem Szenario verringern sich die maximalen Wasserstände gegenüber dem IST-Zustand (1,57 m NHN) und deutlich gegenüber PLAN E (1,76 m NHN) auf 1,51 m NHN bei HQ100 im Graben 25/1, da der Rückstau an den derzeitigen vorhandenen Durchlässen aufgehoben wird (Abbildung 3-39)

Dadurch erhöhen sich die HQ100-Scheitelzuflüsse in das RRB um $0,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (ca. $3,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ im PLAN-E-Zustand auf $3,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ im Plan-F-Zustand). Der modellierte Maximalwasserstand im RRB wird dadurch nicht verändert.

Zusätzlich wurde Wirkung der entsprechenden Abflussmenge aus der Schul- und Parkfläche für eine kürzeres aber intensiveres Regenereignis ($D=5 \text{ min}$, $T=2\text{a}$ bzw. $T=5\text{a}$) betrachtet. Von den Planflächenent-

wässern maximal $277,1 \text{ l s}^{-1}$ (Schulstandort, Gesamtvolumen $83,1 \text{ m}^3$ in 5 Minuten) und $51,3 \text{ l/s}$ (Parkplatzfläche, Gesamtvolumen $15,4 \text{ m}^3$ in den 5 Minuten). Insgesamt fließen während des Bemessungsereignisses $98,5 \text{ m}^3$ ab. Dies führt zu einer rechnerischen Aufhöhung der Wasserstände im RRB um $0,006 \text{ m}$. Die maximalen Abflüsse des RRB werden nicht verändert.

Es wurde zudem geprüft, ob ein Teil der Einleitungen aus dem B-Plangebiet 114 in den nördlichen Graben 25/1 alt-2 erfolgen kann, ohne die Scheitelabflüsse im Graben 25 unterhalb des RRB an der Verlängerten Scharnhorststraße zu erhöhen. Dafür muss zusätzliches Abflussvolumen im Graben 25/1 alt-2 zurückgehalten und verzögert abgegeben werden. Baulich ist das durch Einbau einer Abflussdrosselbauwerkes (Abbildung 3-38) möglich.

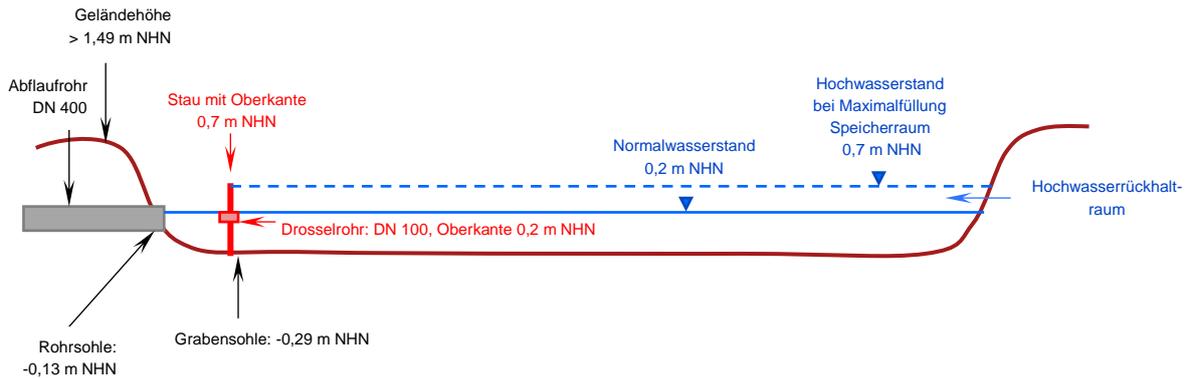


Abbildung 3-38: Prinzipskizze (nicht maßstabsgetreu) für ein Drosselbauwerk im Graben 25/1 alt-2 inkl. Grabenlängsschnitt

Die Größe des Drosselbauwerkes wurde anhand der zu erwartenden Abflüsse für das kritische volumenintensive Regenereignis ($T=100a$, $D=24h$) ermittelt (Tabelle 3-12).

Tabelle 3-12: Nachweis der Drosselwirkung für ein volumenintensives Abflussereignis ($T=100a$, $D=24h$)

Fläche des angeschlossenen Teileinzugsgebiets Graben 25/1 alt-2	27.000	m^2
Neu anzuschließende Dachfläche	1.520	m^2
IST-Hochwasserabflüsse des Teileinzugsgebiets (HQ100, $D=24 \text{ h}$)	54,07	mm
IST-Hochwasserabflüsse des Teileinzugsgebiets (HQ100, $D=24 \text{ h}$)	16,9	l s^{-1}
IST-Hochwasserabflussspende des Teileinzugsgebiets (HQ100, $D=24 \text{ h}$)	6,3	$\text{l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$
IST-Hochwasserabfluss vor Anschlusenen Dachfläche (HQ100, $D=24 \text{ h}$)	0,951	l s^{-1}
PLAN-Hochwasserabfluss der neu angeschlossenen Dachfläche (HQ100, $D=24 \text{ h}$)	1,550	l s^{-1}
Hochwasserabflusszunahme IST zu PLAN (HQ100, $D=24 \text{ h}$) ohne Abflussdrosselung	0,599	l s^{-1}
Zunahme des Abflussvolumens (HQ100, $D=24 \text{ h}$)	51,73	m^3
Wasserfläche Graben 25/1 alt-2	650	m^2
Erforderliche Anhebung Grabenwasserstand zum Rückhalt des zusätzlichen Abflussvolumens (HQ100, $D=24 \text{ h}$)	0,08	m
Durchmesser der geplante Abflussdrosselrohres (DN100)	0,1	m
Durchfluss der Abflussdrosselrohres bei Druckabfluss (Aufstau 0,08 m)	5,7	l s^{-1}
Veränderung des Hochwasserabflusses IST zu PLAN (HQ100, $D=24 \text{ h}$)	-11,2	l s^{-1}

Mit der vorgegebenen Drosselgröße (DN100) ist eine Abflussreduzierung und Entlastung des Unterlaufes im Vergleich zum Bestand zu erreichen. Ein noch deutlicherer Effekt ist bei kürzeren und intensiveren Abflussereignissen zu erwarten, da hier die dem Graben 25/1 alt-2 zufließende Scheitelabfluss noch mal deutlich höher als der begrenzende Drosselabfluss ausfällt. Die Stauoberkante muss rechnerisch mindestens 0,1 m über Normalwasserspiegel liegen, sollte aber zur Vergrößerung des Rückhaltereaumes höher ausgelegt werden (Vorschlag 0,5 m über Normalwasserstand). Das Abflussrohr im Drosselbauwerk muss regelmäßig auf Verstopfungen geprüft werden.

Geprüft wurde im Szenario PLAN F, welche Auswirkungen ein klimabedingter Meeresspiegelanstieg (Median des Anstieges 0,8 m bis 2100, LAWA 2020) auf das geplante Vorhaben hat. Im Modell wurde eine Vorfällung des RRB von 0,8 m NHN (gegenüber 0,2 m NHN im IST-Zustand) betrachtet. Welche zusätzlichen Auswirkungen Rückstau im Fließverlauf des Wallgrabens oder der Schöpfwerksbetrieb an der Marienstraße hat, ist Teil eines zukünftigen integrierten Entwässerungskonzeptes für Greifswald und sollte an späterer Stelle genauer untersucht werden.

Unter den gegebenen Annahmen sind keine negativen Auswirkungen durch klimabedingten Meeresspiegelanstieg für die B-Planfläche 114 erkennbar.

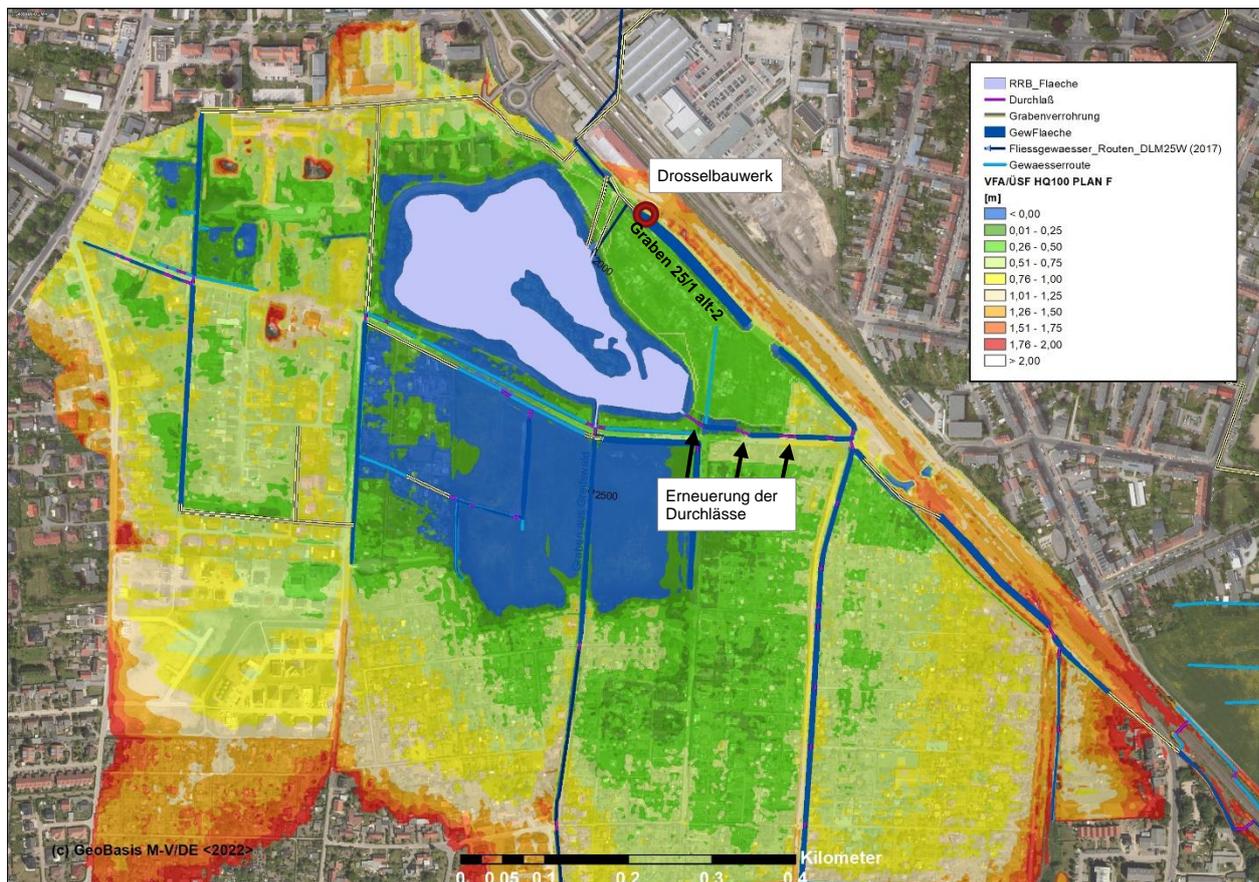


Abbildung 3-39: Vorflutabstände (grün-rot) / Überschwemmungsflächen (blau) bei HQ 100 im PLAN-F-Zustand

4 Erkenntnisse und Empfehlungen

Für die Klärung der Frage hydrologischer Auswirkungen einer möglichen Bebauung im B-Plan-Gebiet Nr. 114 wurden im Rahmen einer hydrologischen/hydrogeologischen Untersuchung die folgenden Analysen beauftragt:

- Begehung und Vermessung
- Bodensondierungen an 10 Punkten
- 2 Versickerungstests zur Ermittlung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes
- Niederschlags-Abflussmodellierung zur Bestimmung des maßgeblichen Regenereignisses
- Hydraulische Modellierung mit SWMM zur Bestimmung des Abfluss- und Retentionsverhaltens

Aus den Analysen können die folgenden Erkenntnisse abgeleitet werden:

4.1 Böden

Es ist festzustellen, dass es sich bei dem in den Sondierungen ermittelten **Substrat** vorwiegend um Feinsand und teilweise um Schluff handelt (vgl. Abbildung 2-2). Der humose Oberboden ist bis zu einen Meter mächtig, wobei hier vermutlich von einem historischen Pflughorizont auszugehen ist. Um eine gute Standfestigkeit der Bebauung zu gewährleisten, wird an diesen Stellen ein relativ hoher Bodenaustausch erforderlich sein (Abschnitt 2.1).

4.2 Grundwasserflurabstände

Die **Grundwasserflurabstände** lagen zum Zeitpunkt der Sondierungen (02.07.2018) nach langer Trockenheit bei hochsommerlichen Verhältnissen ca. 1 - 2 m unter der Geländeoberkante, im Bereich der Polderflächen südlich der Verlängerten Scharnhorststraße mit teilweise 0,5 m auch niedriger (Abschnitt 2.1).

4.3 Versickerungseignung

Die im Untersuchungsraum vorherrschenden Substrate sind in der Regel gut für die Versickerung geeignet. Es ist jedoch festzustellen, dass geringe Grundwasserflurabstände einen sehr kleinen variablen Bodenspeicher verursachen, welcher im Belastungsfall (Hochwasser) schnell gefüllt ist. Aus diesem Grund wird eine **Niederschlagsversickerung** für das Untersuchungsgebiet **grundsätzlich nicht empfohlen** (Abschnitt 2.2).

4.4 Einleitpunkt von Niederschlagswasser

Im konkreten Fall kann die **Einleitung von Niederschlagswasser in das benachbarte RRB** erfolgen. Eine Volumenvergrößerung ist aufgrund der räumlichen Nähe und der Größe der Anlage nicht erforderlich, da die Abflussscheitel der B-Planfläche zeitlich wesentlich vor denen des restlichen Einzugsgebiets liegen und damit eine Überlagerung und ein höherer Rückhaltbedarf ausgeschlossen werden können.

4.5 Sedimententnahme im Regenrückhaltebecken

Am Rahmen einer Vorplanung für den Eigenbetrieb Abwasserwerk Greifswald (BIOTA 2020) wurde die Sedimentauflage im RRB vermessen und analysiert. Es wurde festgestellt, dass im Einlaufbereich des Grabens 25 ein Schwemmfächer größerer Mächtigkeit den Hochwasserabfluss aus dem Graben 25 und 25/1 behindert. Um eine Hochwassergefährdung im Umfeld der einmündenden Gräben und somit auch im südlichen Bereich des B-Plangebietes 114 zu verhindern, muss daher das Sohlniveau der in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Schwelle und im Einlaufbereich des Grabens 25 auf einer 750 m² großen Fläche

abgesenkt werden (Abbildung 4-1). In der Mitte des Beckens sollte eine Zieltiefe von -0,50 m NHN und am Mündungsbereich des Grabens 25 sowie am Rand der Schwelle von -0,1 m NHN erreicht werden. Das Gesamtvolumen des zu entnehmenden Materials beträgt bei diesen Randbedingungen 170 m³.

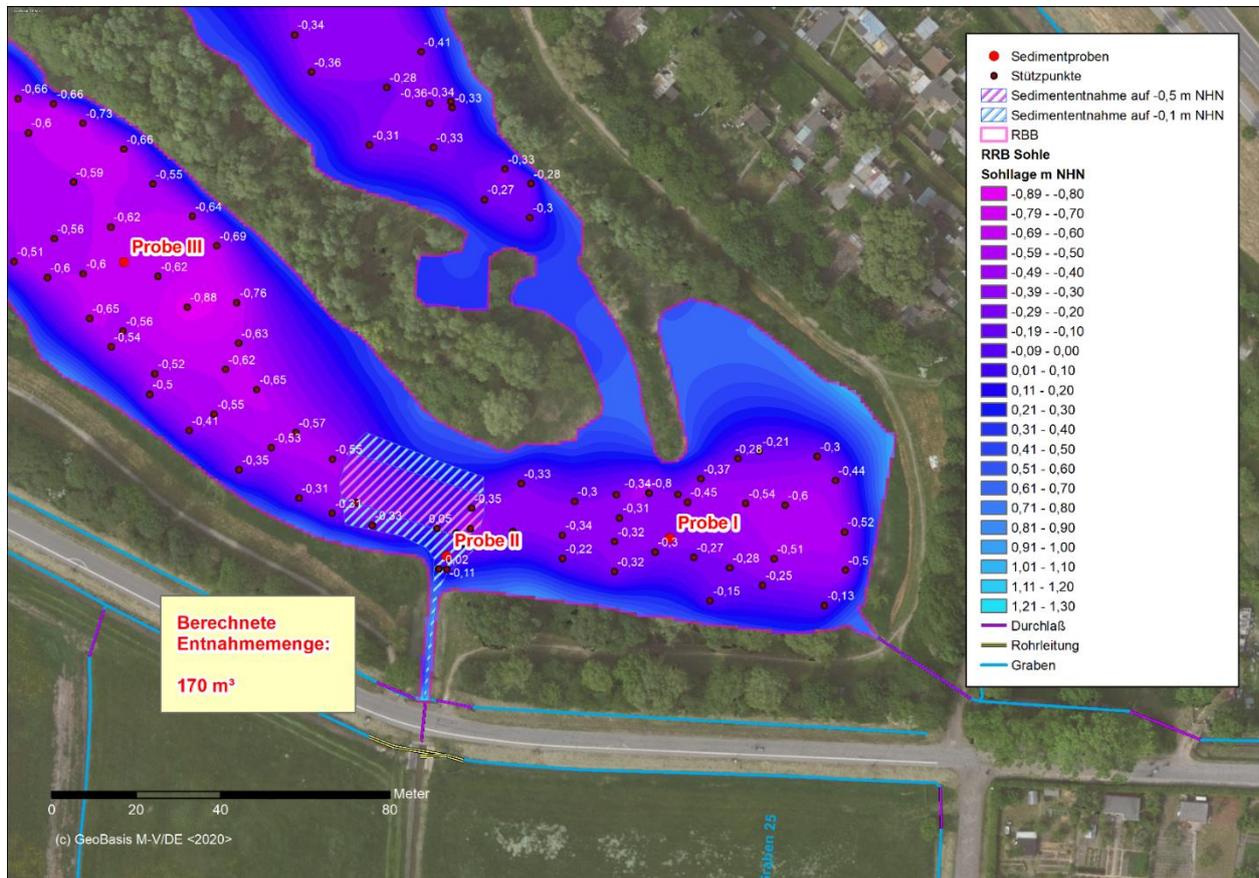


Abbildung 4-1: Sedimententnahmebereich und Zieltiefen

4.6 Veränderung des mittleren Wasserhaushaltes

Die mittlere reale Verdunstung im B-Plan-Gebiet nimmt durch Zunahme der Versiegelung von derzeit ca. 20 % auf 66 % bei PLAN-Umsetzung ab. Dafür steigen die Direktabflüsse um ca. 170 mm·a⁻¹ (80 %) an. Dies entspricht einer Abflusszunahme

- in der Planvariante Mai 2018 von ca. 20.000 m³·a⁻¹ oder 0,6 l·s⁻¹,
- in der Planvariante Jan 2019 von ca. 8.400 m³·a⁻¹ oder 0,25 l·s⁻¹ und
- in der Planvariante Februar 2022 von ca. 9.200 m³·a⁻¹ oder 0,29 l·s⁻¹.

Diese Abflusszunahme ist durch geeignete Maßnahmen wie Anlage kleiner Feuchtgebiete oder Gewässerflächen zum Wasserrückhalt, Festschreibung von Dachbegrünungen in der Bauleitplanung und Baumbepflanzung zu kompensieren (Zielstellung Wasserhaushaltsneutralität nach DWA-A 102/ BWK-A 3, Reduzierung der Pumpkosten am Schöpfwerk Marienstraße) (Abschnitt 2.2).

4.7 Folgen von Extremereignissen (Abschnitt 3.3)

- Das für die Untersuchungen maßgebliche Niederschlags- und Abflussereignis wurde aufgrund des erforderlichen Schutzniveaus der geplanten Bebauungen und der Beschaffenheit des Einzugsgebietes mit einer Wiederkehrintervall $T = 100$ Jahre und Dauerstufe $D = 24$ Stunden bestimmt.
- Bei derzeitigen Geländehöhen besteht im B-Plangebiet kein ausreichender Hochwasserschutz für die Neubauten. Daher sind großflächige **Aufschüttungen oder andere geeignete bauliche Maßnahmen** notwendig.
- Um Pumpkosten zu sparen und Überlastungen zu vermeiden sollten die zu entwässernden Flächen möglichst **nicht in Schöpfwerksgräben**, sondern direkt in den Graben 25 bzw. das RRB Fleischerwiese **einleiten**. Eine Einleitung maßgeblicher Gebietsanteile unterhalb des RRB ist zu vermeiden (HW-Schutz Innenstadt).
- Die Aufschüttungshöhe im B-Plangebiet richtet sich nach dem maximalen Wasserstand im RRB Fleischerwiese zzgl. Reserve für Gewährleistung der Vorflut. Nach derzeitigem Kenntnisstand unter Annahme der Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen muss die zukünftige Geländehöhe mindestens **2,00 m NHN** betragen.

4.7.1 Schlussfolgerungen für die ursprüngliche B-Planvariante Stand Mai 2018

- Die geplante zusätzliche Bebauung im Einzugsgebiet **verringert wichtigen Retentionsraum** eines Hauptvorfluters der Stadt Greifswald (um $20 - 40 \text{ Tm}^3$). Ohne Kompensation würden die **Abflüsse** bei einem Extremereignis (HQ $T=100a$, $D=24h$) in die Innenstadt (Wallgrabensystem) **um ca. 20 % ansteigen**. Zusätzlich würden im Extremfall die **maximalen Wasserstände** im RRB Fleischerwiese um **bis zu 30 cm** zunehmen.
- Dieser Anstieg hat Auswirkungen auf die dem B-Plangebiet angrenzenden Wohnbebauungen und Gartenanlagen. Ohne Kompensation kann es hier zu Grundwasserhochstand, Ausuferung oder Vernässung kommen (siehe Szenario PLAN A).
- Um dies zu vermeiden, müsste der Graben 25 hydrologisch von den umgebenden Schöpfwerksflächen abgekoppelt werden. Diese **Abkopplung** muss vollständig über entsprechende Schutzrichtungen bis auf eine Höhe von 2,00 m NHN erfolgen (siehe Szenario PLAN B).
- Um zusätzlich Abflusszunahme Richtung Innenstadt und erhebliche Wasserstandszunahme im RRB zu vermeiden, müssen die **Extremzuflüsse über Graben 25/1 halbiert** werden (auf $1,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ bei HQ100). Hierfür wären zusätzliche Retentionsmöglichkeiten im Einzugsgebiet oder ein Hochwasserabschlag in andere Einzugsgebiete zu prüfen (siehe Szenario PLAN C).
- Bei vollständiger Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen wären keine wesentlichen Veränderungen der Vorflutbedingungen für angrenzende Flächen und die Innenstadt im Vergleich zum IST-Zustand zu erwarten.
- Die Umsetzung aller vorbereitenden wasserbaulichen Maßnahmen sind mit sehr hohen Baukosten von nach derzeitigem Stand mindestens 1,8 Mio. € verbunden (Abschnitt 0)

4.7.2 Schlussfolgerungen für die B-Planvariante Stand Jan 2019

- Die Reduzierung der geplanten Bebauung auf den Nordteil des B-Plan-Gebiets verhindert den Wegfall des wichtigen Retentionsraumes südlich der Verlängerten Scharnhorststraße.
- Die vollständige Aufschüttung auf 2,00 m NHN muss auf einer Fläche von 28.000 m^2 durchgeführt werden. Es wäre mit Baukosten in Höhe von etwa 400.000 € zu rechnen.

- In dieser Planvariante ist im Vergleich zum IST-Zustand nicht mit wesentlichen Veränderungen des Hochwasserabflussverhaltens in Bezug auf angrenzende Wohngebiete und die Innenstadt zu rechnen (Szenario PLAN D).

4.7.3 Schlussfolgerungen für die B-Planvariante Stand März 2021

- Die zukünftige Stadtentwicklung ohne Kompensation der Einleitmengen kann zu einer Überlastung des Regenrückhaltebeckens mit erheblichen Hochwasserrisiken für angrenzende Flächen führen.
- Im Falle einer vollständigen Aufschüttung auf 2,00 m NHN, wäre in dieser Variante eine Fläche von 31.300 m² betroffen. Es wäre dafür mit Baukosten in Höhe von etwas über 400.000 € zu rechnen.

4.8 Empfehlungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, welchen Einfluss bestimmte Veränderungen auf die Hydrologie des B-Plangebietes und die weitere Umgebung haben. Aus diesen Ergebnissen lassen sich die folgenden Empfehlungen für die B-Planung (Planvariante Stand März 2021) ableiten:

- Für Gebäude im B-Plangebiet ist eine Mindesthöhe der Basis des Untergeschosses von 2,00 m NHN erforderlich, um Überflutungsschutz und Freibord für Siedlungsentwässerungssysteme zu gewährleisten.
- Alle Gebäudeteile unterhalb 2,00 m NHN sind durch geeignete bauliche Maßnahmen vor Schäden durch eindringendes Oberflächen- und Grundhochwasser zu schützen.
- Die erforderliche Mindesthöhe kann mittels Aufschüttung des Baugrundes oder durch andere geeignete bauliche Maßnahmen (z.B. Aufständering) erreicht werden. Die derzeitigen Geländehöhen sind in Abbildung 4-2 wiedergegeben.
- Für kritische Infrastruktureinrichtungen (Rettungs-, Ver- und Entsorgungssysteme) muss sichergestellt werden, dass bei Hochwasser bis zu einer Höhe von 2,00 m NHN kein Versagen auftreten kann.
- Für Außenanlagen, die nicht als kritische Infrastruktur eingeordnet werden, ist eine geringere Basis in der jetzigen Geländehöhe grundsätzlich tolerierbar. Dies gilt, wenn die durch Überflutung auftretenden potenziellen Schäden bzw. zeitlichen Nutzbarkeitseinschränkungen als in Kosten-Nutzen-Erwägungen verhältnismäßig gering eingestuft werden können.
- **Anfallendes Niederschlagswasser ist vorrangig nach Südwesten direkt in das vorhandene RRB Fleischerwiese oder nach Vergrößerung von drei Durchlässen (s.u.) in den Graben 25/1 bzw. Graben 25/1 alt-1 einzuleiten.** Versickerungslösungen sind wegen der hohen Grundwasserstände nicht geeignet. Die zusätzliche Einleitung in das RRB hat keinen messbaren Einfluss auf die Hochwasserreaktion des RRB, da sie bei kritischen Ereignissen zeitlich vor den Hochwasserzuflüssen aus dem Einzugsgebiet des Grabens 25 und 25/1 anfällt.
- Eine direkte oder indirekte Niederschlagswasserableitung von neu versiegelten Flächen **in den Graben 25/1 alt-2 ist ohne gesonderte Kompensationsmaßnahmen (z. B. Abflussdrosselbauwerk)** aufgrund der resultierenden Umgehung des RRB und einer zusätzlichen Belastung des Grabens 25 Richtung Innenstadt **auszuschließen**.
- Eine direkte oder indirekte Niederschlagswasserableitung von neu versiegelten Flächen **ohne Anpassung von drei Durchlassbauwerken nach Süden in den Graben 25/1** ist aufgrund der aktuellen Überlastung des Durchlasses am Auslauf **auszuschließen**, da sonst die Hochwassergefährdung durch Rückstau im Einzugsgebiet des Grabens 25/1 zunehmen könnte.

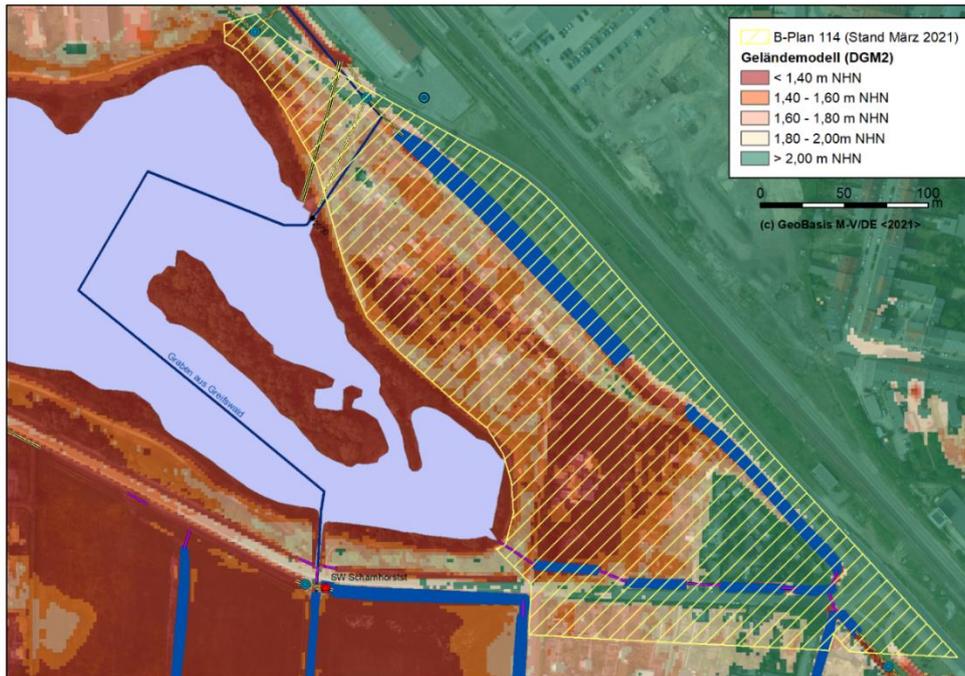


Abbildung 4-2: Geländehöhen Nordteil des B-Plan-Gebiets im Ist-Zustand

- Die Durchlässe (DN 1000) des Gewässers 25/1 vor dem RRB an der Verlängerten Scharnhorststraße sind bei extremen Abflussereignissen (HQ100) überlastet und es kommt zu Ausuferungen. Empfehlenswert ist eine Anpassung der Nennweite der Durchlässe auf 1,99 m lichte Weite, 1,2 m lichte Weite und Sohlhöhenlage 0,00 m NHN, sowie eine Erhöhung des benachbarten Geländes und Verringerung der Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet. Dies würde zukünftig eine großflächige Ausuferung mit Betroffenheiten verhindern.
- Um den ordnungsgemäßen Zulauf der Gräben 25 und 25/1 in das RRB und damit den Überflutungsschutz des B-Plangebietes 114 im südlichen Teil sicherzustellen, ist eine **Sedimententnahme** im Einlaufbereich des Grabens 25 entsprechend Vorplanung des Eigenbetriebs Abwasserwerk Greifswald (BIOTA 2020) erforderlich.
- Die Zunahme des mittleren Gebietsabflusses ist durch geeignete Maßnahmen wie Anlage kleiner Feuchtgebiete oder Gewässerflächen zum Wasserrückhalt, Festschreibung von Dachbegrünungen in der Bauleitplanung und Baumbepflanzung zu kompensieren (Zielstellung Wasserhaushaltsneutralität nach DWA-A 102/ BWK-A 3, Reduzierung der Pumpkosten am Schöpfwerk Marienstraße) (Abschnitt 2.2).
- Zukünftig Erweiterungen und Neuerschließungen von B-Plangebiet im Einzugsgebiet des RRB müssen hochwasserneutral gestaltet werden. Es sind im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung der Niederschlagsentwässerung Maßnahmen zum Rückhalt oder wenn nicht ausreichend zur Überleitung in unkritische Nachbargebiet vorzusehen, die auch bei langanhaltenden und seltenen Hochwasserereignissen wirksam sind.
- Mit den aktuellen Modellannahmen **sind keine negativen Auswirkungen** durch klimabedingten **Meeresspiegelanstieg** (um ca. 0,8 m bis 2100, LAWA 2020) für die B-Planfläche 114 erkennbar. Die summarische Wirkung des Meeresspiegelanstieges, des Schöpfwerks Marienstraße und des Sperrwerks im Ryck und bauliche Änderungen im Unterlauf des Grabens 25 sollten Untersuchungsgegenstand einer integrierten Gesamtbetrachtung des Entwässerungssystems von Greifswald sein.

- Der Graben 25 ist ein berichtspflichtiges Fließgewässer laut EU-WRRL mit dem Ziel der Erreichung des guten ökologischen Potenzials und guten chemischen Zustandes. Eine ursprüngliche Maßnahme zur Zielerreichung im 2. Bewirtschaftungszeitraum war die Entrohrung des Gewässers im B-Plangebiet. (Maßnahme ehemals RYZI-2100_M10). Im aktuellen dritten Bewirtschaftungszeitraum wurde die Maßnahmenplanung in „Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Verrohrung“ geändert, eine komplette Entrohrung ist nicht mehr vorgesehen. Im Zuge der weiteren Planung dieser WRRL-Maßnahmen ist unbedingt sicherzustellen, dass die Drosselwirkung des Auslassbauwerkes am RRB Verlängerte Scharnhorststraße (3 parallele Rohrleitungen) den Anforderungen des Hochwasserschutzes entspricht. Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Ableitung des Regenwassers im B-Plangebiet 114 beeinträchtigen die Umsetzbarkeit der geplanten WRRL-Maßnahmen nicht.

5 Literatur

- DWA-A 102/BWK-A 3: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer. DWA-Regelwerk, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, BWK-Regelwerk, Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Heinsberg, Dezember 2020.
- DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. DWA-Regelwerk, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V, Hennef, korrigierter Stand: September 2011.
- 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.).
- BFG (2003): BAGLUVA – Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusses. – BfG-Bericht 1342, Bundesanstalt für Gewässerkunde, 103 S.
- BGR (2004): 4.7 Mittlerer jährlicher Gesamtabfluss (GA) nach dem BAGLUVA-Verfahren. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Netzwerke/Adhocag/Downloads/Methode_4_7.pdf. Datum des Seitenbesuchs: 05.08.2017.
- BIOTA (2010): Ermittlung von Art und Intensität künstlicher Entwässerung von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Mecklenburg-Vorpommern. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.
- BIOTA (2020): Vorplanung LP 1-2 Sedimententnahme RRB Verlängerte Scharnhorststraße. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Eigenbetrieb Abwasserwerk Greifswald, unveröffentlicht, 19 S.
- BLAK (2008): Einheitliche Berechnungsmethode zur Frachtermittlung im Abwasser im Rahmen internationaler Berichtspflichten. – Bund-/Länderarbeitskreis „Internationale Berichtspflichten zu punktförmigen Abwassereinleitungen“/„Einheitliche Berechnungsmethode zur Frachtermittlung im Abwasser“, Stand 04/2008, 8 S.
- DIN 4049 Teil 1: Hydrologie – Begriffe, quantitativ. – Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 4220: Bodenkundliche Standortbeurteilung - Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten. – Berlin (Beuth).
- DWA-A 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. DWA-Regelwerk, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V, Hennef, korrigierter Stand: August 2012.
- DWD (2016): CDC – Climate Data Center. Deutscher Wetterdienst (DWD), URL: http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html, Datum des Seitenbesuchs: 14.10.2016.
- DWD Climate Data Center (CDC), Raster der Wiederkehrintervalle für Starkregen (Bemessungsniederschläge) in Deutschland (KOSTRA-DWD), Version 2010R.
- DYCK, S. & PESCHKE, G. (1983): Grundlagen der Hydrologie. – Berlin (Verlag für Bauwesen), 388 S.
- DYCK, S. et al. (1980): Angewandte Hydrologie. Teil 2. - Berlin (Verlag für das Bauwesen), 2. überarb. Aufl., 544 S.
- ENKE et al. (2006a): Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Klimaauswirkungen und Anpassungen in Deutschland – Phase I: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland“ des Umweltbundesamtes. Förderkennzeichen 204 41 138.
- ENKE, W., SPEKAT, A. & KREIEKAMP, F. (2006b): Entwicklung von regional hoch aufgelösten regionaler Klimaszenarien auf der Basis von globalen Klimasimulationen WETTREG. – Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 86: 127-140.
- GLUGLA, G., MÜLLER, E., JANKIEWICZ, P., RACHIMOW, C. & LOJEK, K. (1999): Entwicklung von Verfahren zur Berechnung langjähriger Mittelwerte der flächendifferenzierten Abflussbildung (DFG-Projekt GI

- 242/1-2 „Wasserhaushaltsverfahren“). – Abschlussbericht, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Abteilung Berlin, 27 S.
- GrwV: Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung - GrwV) vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513).
- HGN (2007): Ermittlung der Grundwasserneubildung Mecklenburg-Vorpommern. – HGN Hydrogeologie GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 52 S.
- 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.
- IBB (2013): Baugrundgutachten – Erkundung der Baugrundverhältnisse insbesondere der Wasserstände, sowie Formulierung von allgemeinen Empfehlungen für die mögliche Bebauung. – Ingenieurgesellschaft für Baustoffe und Bautechnik Bischof mbH.
- IBGW (2016): Bericht zu den Ergebnissen der Niederschlags-Abfluss-Modellierung im Gebiet der Tongrube Reetz. – Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, Leipzig, 42 S.
- LAWA (2020): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft. Expertengruppe „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft“ & Ständiger Ausschuss „Klimawandel“ (LAWA-AK) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, URL: https://www.lawa.de/documents/lawa-klimawandel-bericht_2020_1618816705.pdf, Datum des Seitenbesuchs: 01.12.2021.
- LUNG (2005): Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern. Böden in Mecklenburg-Vorpommern – Abriss ihrer Entstehung, Verbreitung und Nutzung, 2. Auflage. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, URL: <http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/boedenmv.pdf>. Datum des Seitenbesuchs: 20.09.2017.
- 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.
- OGewV (2016): Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373).
- RICHTER, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers, Berichte des DWD, Nr. 194.
- SANIO, T. (2021): Einleitmengen aus Bemessungsniederschlägen für südliche Parkplatzflächen B-Plan 114. Mail vom 10.12.2021.
- SCHROEDER, M. & WYRWICH, D. (1990): Eine in Nordrhein-Westfalen angewendete Methode der flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. – DGM, 34: S. 12-16, Koblenz.
- STORCH (2021): Bemessungsniederschlagsabflüsse B-Plan 114. Storch Landschaftsarchitektur, Mail vom 9.12.2021.
- 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 - WHG) m 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771) geändert worden ist.
- 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.