

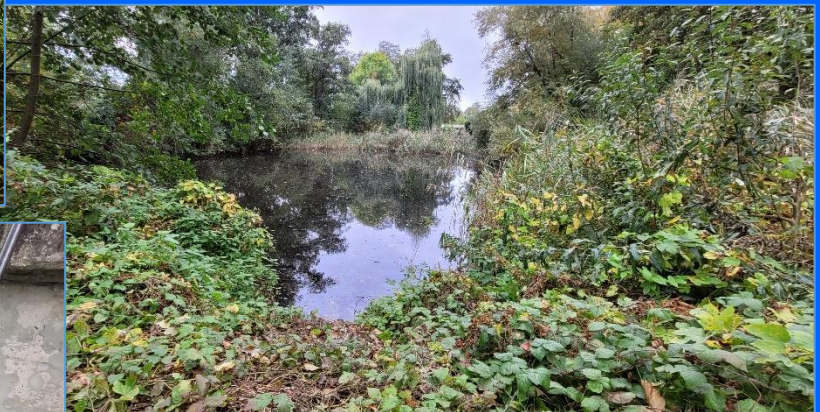


Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Im Auftrag der Stadt Bützow | 2022

Erstellung umweltbezogener Fachbeiträge einschließlich artenschutzrechtlicher Kartierungen – B-Plan-Gebiet Nr. 8 „Pflegeheim am Schloss III“

PRÜFBERICHT: PLAN ZUM WASSERMANAGEMENT





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
Handelsregister:
Amtsgericht Rostock | HRB 5562

Geschäftsführung:
Dr. Dr. Dietmar Mehl (Vorsitz)
Dr. Tim G. Hoffmann
M. Sc. Conny Mehl

AUFTRAGNEHMER & BEARBEITUNG:

M. Sc. Lara Moldenhauer
Dr. rer. nat. Tim G. Hoffmann
M. Sc. Simon Schönrock
Ing. Iñaki Pallo Méndez
M. Sc. Jan Konasch

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:

Ansprechpartnerin:
Claudia Temps

Stadt Bützow & Amt Bützow Land

Markt 1
18246 Bützow
Telefon: 038461/50-223
Telefax: 038461/50-100
E-Mail: claudia.temps@buetzow.de
Internet: www.buetzow.de

Vertragliche Grundlage: Vertrag vom 25.03.2022

Bützow, den 24.10.2022



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

Geschäftsführung (Vorsitz)

INHALT

1	Einleitung.....	6
1.1	Vorhabensbeschreibung und Aufgabenstellung	6
1.2	Untersuchungsgebiet	6
2	Regenwasserbewirtschaftung nach DWA-A 102 (Wasserhaushalt)	7
2.1	Einführung	7
2.2	Abgrenzung der ober- und unterirdischen Einzugsgebiete (Bilanzierungsgebiete)	9
2.3	Methodische Vorgehensweise für die Wasserhaushaltsberechnung nach dem BAGLUVA-Verfahren	10
2.4	Methodische Vorgehensweise zur Ermittlung von Grundwasserneubildung und Direktabfluss	19
2.5	Ergebnisse und Bilanzierungen (IST und PLAN)	21
2.6	Gegen- und Anpassungsmaßnahmen.....	26
2.6.1	Versickerung	26
2.6.2	Gründachelemente	26
2.6.3	Verdunstungsanlagen (Verdunstungsmulden/-beete), Förderung von Kühlung	28
3	Hydrologisch/hydraulische Gefährdungsanalyse (Starkregen)	30
3.1	Ausweisung der hydraulischen Engstellen im Bereich der Wismarschen Str.....	30
3.2	Senken- und Abflussbahnenanalyse	31
3.3	Erhöhte Außenwasserstände des Bützower Sees und deren Auswirkungen auf die Flächen innerhalb des Plangebietes.....	33
3.4	Ermittlung der kritischen Hochwasserabflüsse	34
3.4.1	Regionalisierung von Hochwasserscheitelwerten	34
3.4.2	Kategorisierung von Starkregen und maßgebliche Niederschlagsereignisse	35
3.4.3	Eingangsgröße Niederschlag	36
3.4.4	Berechnung des Regenwasserabflusses nach DWA-A 118	37
3.5	Hydraulisches Modell – Modellansatz und -wahl	39
3.6	Berechnungsszenarien und Ansätze.....	40
3.7	Berechnungsergebnisse	40
3.7.1	IST-Zustand	40
3.7.2	PLAN-Zustand I	41
3.7.3	Prüfung der Hochwasserneutralität für das unterhalb gelegene Gebiet (Bützower See)	42
3.7.4	PLAN-Zustand II	44

4	Bewertung der stofflichen Belastung des Niederschlagswassers	45
5	Zusammenfassung	47
6	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	49

1 Einleitung

1.1 Vorhabensbeschreibung und Aufgabenstellung

Im westlichen Teil von Bützow, südlich der L14 (Wismarsche Straße), wurden zwei B-Plangebiete ausgewiesen. Dabei handelt es sich um die B-Plangebiete Nr. 8 „Pflegeheim am Schloss III“ und Nr. 20 „Am Sandkrug“. Im erstgenannten Gebiet auf dem Grundstück 63/23, Flur 8 der Gemarkung Bützow soll ein Pflegeheim errichtet werden.

Im Rahmen der weiteren Planung ist für das B-Plangebiet Nr. 8 die Erstellung eines Plans zum Wassermanagement durch die Institut biota GmbH vorgesehen. Dies umfasst u. a. die Ermittlung des zukünftig anfallenden Niederschlagswassers (Direktabfluss) – infolge von Starkniederschlagsereignissen, aber auch im langjährigen Mittel. Darüber hinaus werden Maßnahmen zum Umgang mit anfallendem Niederschlagswasser sowie zur Sicherstellung der Neutralität des Wasserhaushaltes erarbeitet. Als Referenzzustand wird der IST-Zustand basierend auf den aktuell vorhandenen Standortbedingungen herangezogen.

Zur Verhinderung von Hochwasserrisiken erfolgt zudem die Prüfung einer potentiellen Gefährdung durch ein Hochwasser im Einzugsgebiet (u. a. auch abfließendes Oberflächenwasser entlang der natürlichen Abflussbahnen) sowie durch die Lage im Rückstaubereich des Bützower Sees bzw. von Temse und Warnow. Die Ergebnisse sind in diesem Bericht dokumentiert.

1.2 Untersuchungsgebiet

Der Geltungsbereich des Bebauungsplanes (etwa 1,3 ha; Abbildung 1-1, rot gestrichelte Linie) schließt anteilig auch Flächen des B-Plangebietes Nr. 20 ein. Das oberirdische Einzugsgebiet ist 4,97 km² groß.

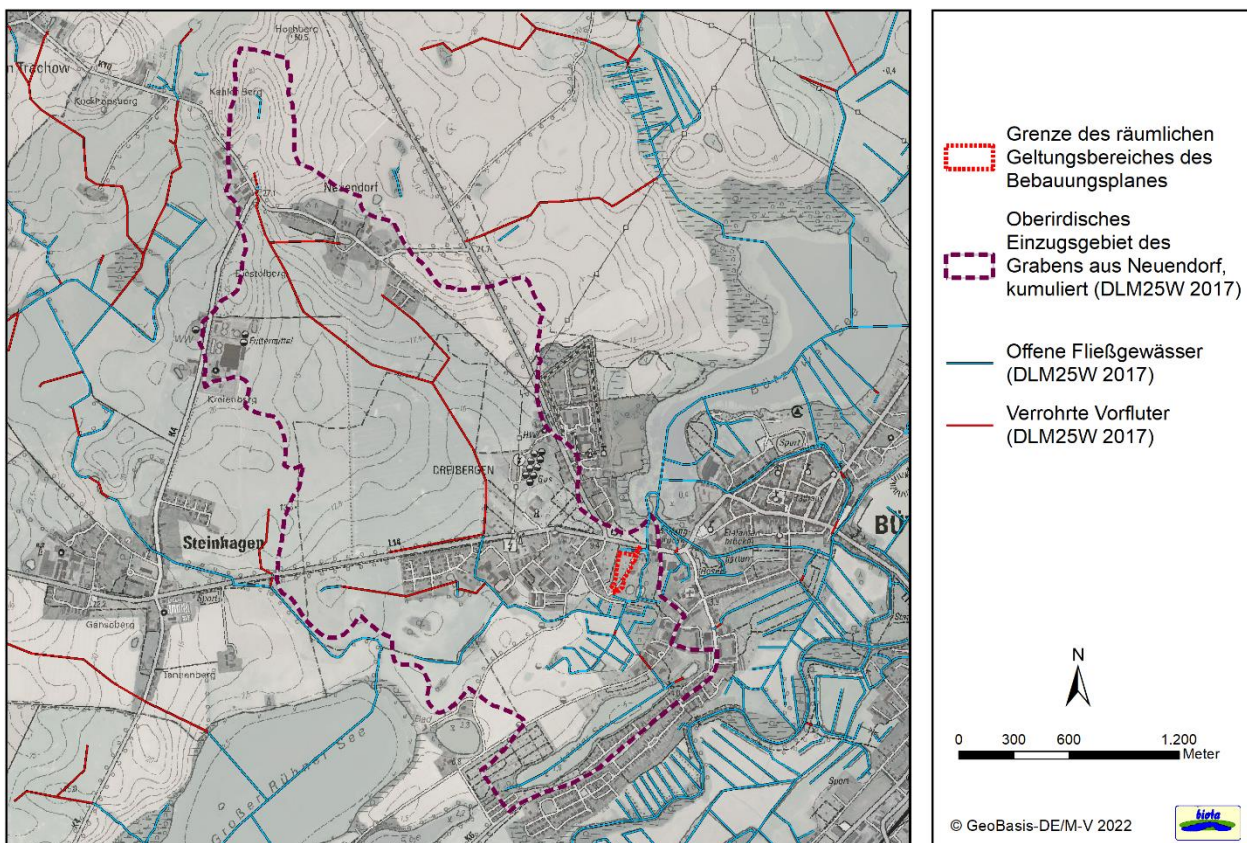


Abbildung 1-1: Abgegrenztes oberirdisches Einzugsgebiet des Grabens aus Neuendorf (kumuliert) sowie Geltungsbereich des Bebauungsplanes

2 Regenwasserbewirtschaftung nach DWA-A 102 (Wasserhaushalt)

2.1 Einführung



Abbildung 2-1: Schematische Darstellung der Wasserhaushaltsgrößen bei unterschiedlich starker Versiegelung

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 und von seinen Eigenschaften (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:

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

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

Die Gebietsspeicherung wirkt ausgleichend (Retention) und kann in Abhängigkeit von den klimatischen, hydrogeologischen und geomorphologischen Bedingungen in Form von unterirdischem Wasser (Grundwasser, Bodenwasser), Oberflächenwasser, Eis oder Schnee auftreten. Die Speicheränderung ΔS kann folglich sowohl positive als auch negative Werte annehmen. Wird die Bilanzgleichung für längere Zeiträume (mehrere Jahre oder Jahrzehnte) und damit für mittlere langjährige Zustände angewandt, so kann wegen des längerfristigen Ausgleichs von Speichergewinn und -verlust gemeinhin die Gebietsspeicherung vernachlässigt werden. Die vorstehende Bilanzgleichung vereinfacht sich unter diesen Voraussetzungen zu:

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

Deshalb werden Wasserhaushaltsberechnungen regelmäßig für längere Bezugsperioden (im Regelfall mehrere Dekaden) durchgeführt. Bei bekannten Gebietsmitteln des Niederschlages und bei sachgerechter Abschätzung/Berechnung der realen Verdunstung kann somit auf den mittleren langjährigen Gesamtabfluss R geschlossen werden.

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

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

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

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

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

Die Berechnung des Wasserhaushalts für das B-Plangebiet + das Einzugsgebiet erfolgt auf Grundlage von Jahresmittelwerten einer entsprechend langen Zeitreihe (hier die **30-jährige Zeitreihe 1991 – 2020**). Grundlage sind neben den herangezogenen Geodaten langjährige mittlere Jahresniederschlagssummen, Lufttemperaturen und Sonnenscheindauern (DWD 2022). Eine Betrachtung auf kürzeren Zeitskalen (Monate) erfolgt durch eine Modellmodifikation. Zu beachten ist, dass die Ergebnisse der Berechnungen (hier u. a. der Direktabfluss, vgl. auch Kapitel 2.4) nicht mit Oberflächenabflüssen, insbesondere nicht mit den Spitzenabflüssen, z. B. aufgrund einzelner, extremer Starkregenereignisse zu verwechseln sind.

2.2 Abgrenzung der ober- und unterirdischen Einzugsgebiete (Bilanzierungsgebiete)

In einem ersten Schritt wurden die ober- und unterirdischen Teileinzugsgebiete (TEZG) bis zur Einmündung des Grabens aus Neuendorf in den Bützower See an der Wismarschen Str. abgegrenzt. Für die nachfolgenden Betrachtungen und zur Bilanzierung von Wasserhaushaltskomponenten wurden diese durch Verschneidung zu Bilanzierungsgebieten zusammengefasst (kumuliert). Die Abbildung 2-2 stellt das ober- dem potentiellen unterirdischen Einzugsgebiet im Raum gegenüber. Das unterirdische Einzugsgebiet wurde anhand der vorliegenden Grundwasserisohypsen (Linien gleicher Grundwasserstände, FUGRO & UMWELT-PLAN 2016 im Auftrag des LUNG) GIS-technisch ermittelt. Der Geltungsbereich des Bebauungsplanes (etwa 1,3 ha) nimmt an der Fläche des oberirdischen Einzugsgebiets (4,97 km²) einen Anteil von 0,3 % ein.

Das Untersuchungsgebiet ist hinsichtlich der Grundwasserverhältnisse überwiegend gekennzeichnet durch hydraulische Hochlagen („Speisungsgebiete“). Entlang der offenen Gewässerabschnitte des Grabens aus Neuendorf im Umfeld der Bebauungspläne Nr. 8 und Nr. 20 ist davon auszugehen, dass Vorfluter und Grundwasserleiter in Kontakt stehen. Außerhalb hiervon befinden sich größere GW-Entlastungsgebiete entlang der Warnow und am Bützower See. Der Abstrom des Grundwassers, das nicht über die Vorfluter oder Standgewässer im Untersuchungsgebiet entlastet, erfolgt in Richtung dieser Gebiete.

Da ober- und unterirdisches Einzugsgebiet in ihrer Lage nicht erheblich voneinander abweichen und die Bilanzierungsergebnisse für diese lediglich zur großräumigen Einordnung der Auswirkungen der Bebauung herangezogen werden, wird im weiteren Verlauf ausschließlich auf die flächengewichteten Werte der Wasserhaushaltskomponenten des oberirdischen Einzugsgebiets eingegangen.

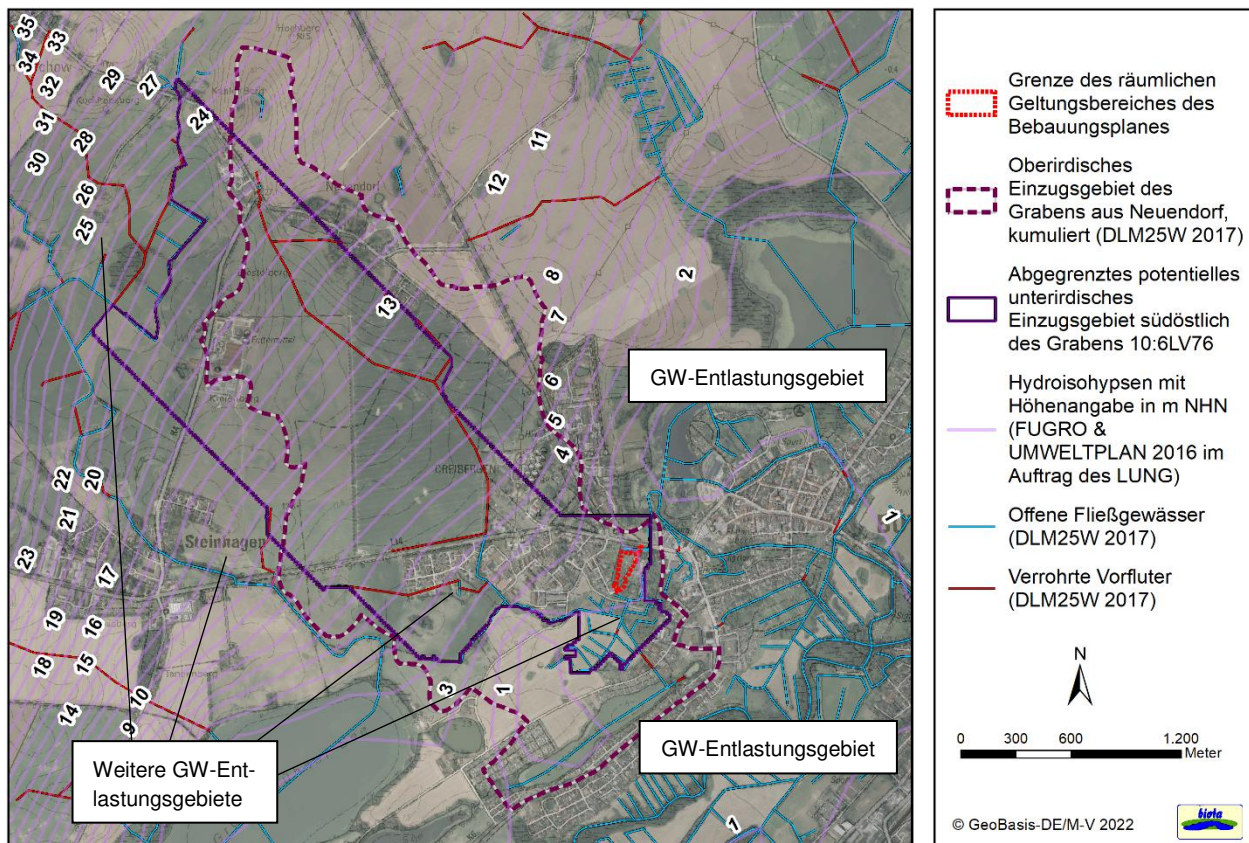


Abbildung 2-2: Abgegrenztes oberirdisches Einzugsgebiet des Grabens aus Neuendorf (kumuliert), abgegrenztes potentielles unterirdisches Einzugsgebiet südöstlich des Grabens 10:6LV76 sowie Darstellung der GW-Entlastungsgebiete

2.3 Methodische Vorgehensweise für die Wasserhaushaltsberechnung nach dem BAGLUVA-Verfahren

Der in Kapitel 2.1 beschriebene Ansatz wird nachfolgend umgesetzt, indem das sogenannte „BAGLUVA-Verfahren“ (Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusses) nach BFG (2003) angewandt wird:

„Die Grundlage des Verfahrens [siehe Abbildung 2-3] ist die von BAGROV (1953) entwickelte und von GLUGLA et al. (BFG 2003) modifizierte BAGROV-Beziehung, die basierend auf vieljährigen Mittelwerten wesentliche Zusammenhänge zwischen Wasser- und Wärmehaushalt beschreibt. Die tatsächliche Verdunstung ist abhängig von der Wasserverfügbarkeit aus korrigiertem Niederschlag, Beregnung 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 2-3, 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)

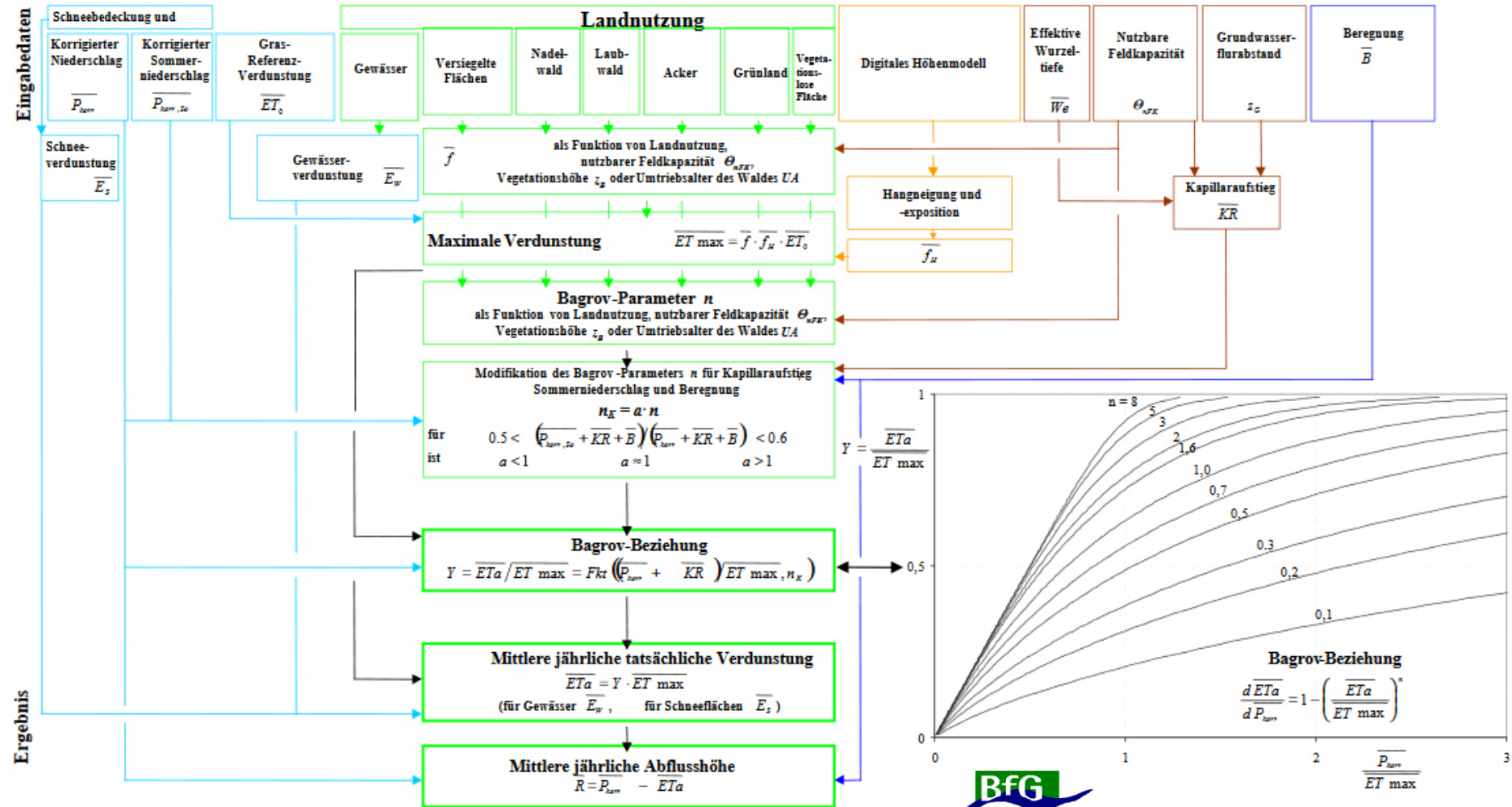


Abbildung 2-3: Schema zur Berechnung der mittleren jährlichen tatsächlichen Verdunstung und des mittleren Gesamtabflusses nach dem Wasserhaushaltsverfahren BAGLUVA (GLUGLA et al. 1999; aus BFG 2003, verändert)

Ausgangspunkt ist die folgende von BAGROV konzipierte Differenzialgleichung:

$$\frac{d\overline{ETa}}{d\overline{P_{kor}}}=1-\left(\frac{\overline{ETa}}{\overline{ET_{max}}}\right)^n$$

- mit
- $\overline{ETa}$ – tatsächliche (reale) Verdunstung [mm a^{-1}]
 - $\overline{P_{kor}}$ – korrigierter Niederschlag [mm a^{-1}]
 - $\overline{ET_{max}}$ – maximale Verdunstung bei ausreichender Wasserverfügbarkeit [mm a^{-1}]
 - n – Effektivitätsparameter nach BAGROV [-]

Die kleinste Einheit der Wasserhaushaltsbilanzierung durch das BAGLUVA-Verfahren bilden die Hydrotope, 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 2-6) und potenzieller Verdunstungshöhen (Klimatop, näherungsweise repräsentiert durch die Gebiete der meteorologischen Stationen); die Flächenmittel des Niederschlages wurden im Geographischen Informationssystem (GIS) nach der Thiessen-Methode, einem Polygonverfahren, zugewiesen (vgl. DYCK et al. 1980) und ermöglichen so eine räumlich adäquate Auflösung des Niederschlages
- Substrat (Abbildung 2-7) und nutzbare Feldkapazität (nFK); **im PLAN-Zustand anthropogene Veränderungen und ein geringerer Humusgehalt zu erwarten**
- Landnutzung (Abbildung 2-8); **Anpassungen nach Biotoptypenkartierung Nov. 2021 (biota) und Gebäude nach dem amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS®, GDI-MV AL-KISMV-WMS) bzw. dem Vorentwurf (Bearbeitungsstand: 25.02.2022)**
- Hangneigung (Abbildung 2-9) und -exposition
- Grad der Versiegelung (Abbildung 2-10)
- Grundwasser-Flurabstand (Abbildung 2-11); **größere Abstände (bis zu 2 m) durch aufgebracht Bodenmaterial im PLAN-Zustand angesetzt**
- anthropogene Eingriffe, vor allem Maßnahmen zur Flächenentwässerung

Die Berechnungen erfolgten unter Verwendung von Eingangsdaten der in Tabelle 2-1 und Tabelle 2-2 aufgelisteten, nächstgelegenen Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die eine ausreichende quantitative Datenlage vorweisen können.

Tabelle 2-1: Im Untersuchungsgebiet relevante Klimastationen (DWD 2022) mit Angaben zur Gras-Referenzverdunstung (potenzielle Evapotranspiration unter Standardbedingungen) nach WENDLING (1995)

Stationsname	Grasreferenzverdunstung [mm a^{-1}]	Bezugsreihe
Doberan, Bad-Heiligendamm	609	1991 – 2020
Güstrow-Schabernack	599	1991 – 2020

Tabelle 2-2: Im Untersuchungsgebiet relevante Niederschlagsstationen (DWD 2022) mit Angaben zum korrigierten Jahresniederschlag nach RICHTER (1995)

Stationsname	Mittlerer Jahresniederschlag [mm a ⁻¹], korrigiert nach RICHTER (1995)	Bezugsreihe
Baumgarten	715	1991 – 2020
Bernitt	712	1991 – 2020
Bützow-Wolken	718	1991 – 2020

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

Für die Korrektur wurden in Anlehnung an den HAD (2000, 2001, 2003) die Werte des Jahresganges des prozentualen Niederschlagsmessfehlers in Abhängigkeit der Region und des Geschütztheitsgrades nach RICHTER (1995) verwendet (siehe Tabelle 2-3). Die Gebietseinteilungen wurden nach RICHTER übernommen und die Stationen jeweils zugeordnet (entsprechend Abbildung 2-4, Gebiet III – „Norddeutsches Tiefland, Ost“). Da die Einschätzung des Geschütztheitsgrades der Stationen vom Deutschen Wetterdienst nicht vorliegt (vgl. zu dieser Problematik auch MÜCK 2000), wurde einheitlich von einer mäßig geschützten Stationslage „c“ ausgegangen.

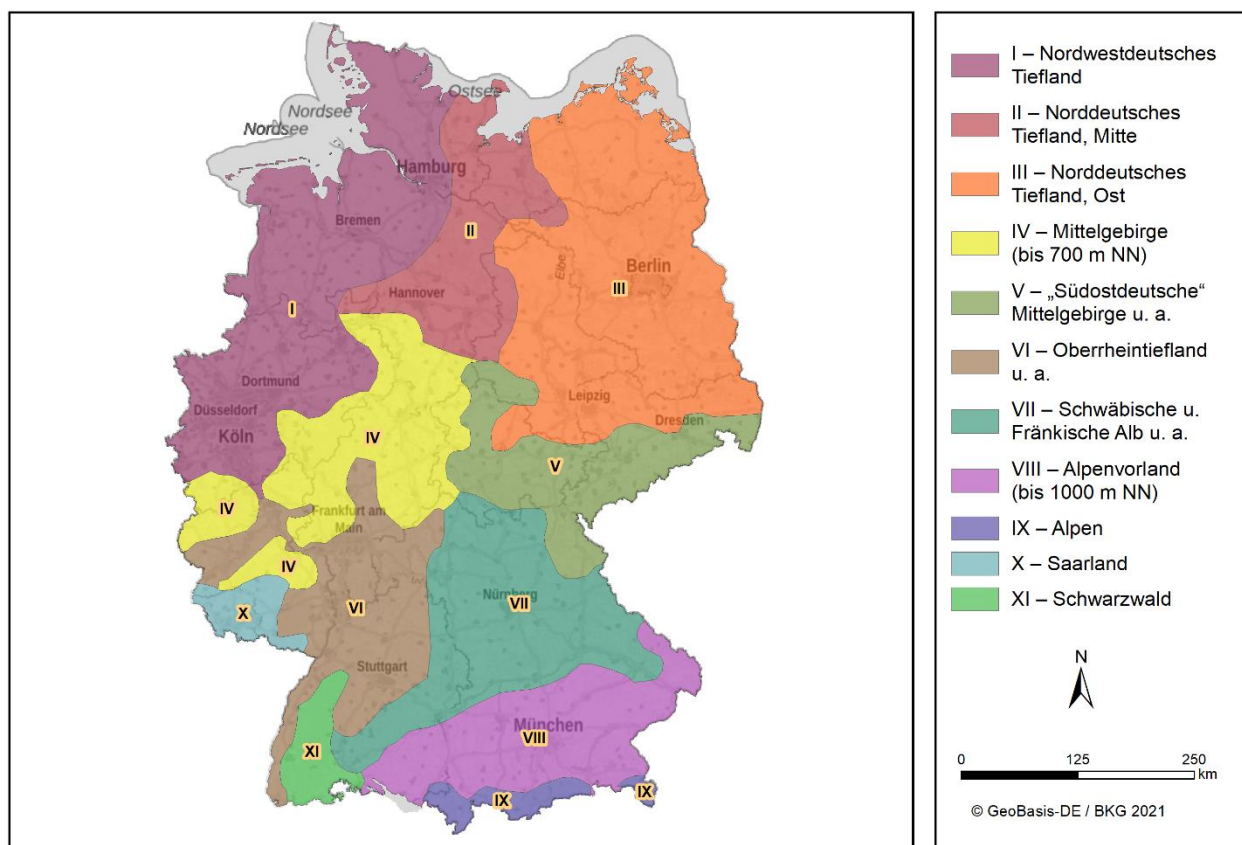
**Abbildung 2-4: Gebiete einheitlicher Niederschlagskorrektur in Deutschland (prozentualer Niederschlagsmessfehler der Zeitreihe 1961/90) nach RICHTER (1995)**

Tabelle 2-3: Mittlerer Jahresgang des prozentualen Niederschlagsmessfehlers der Zeitreihe 1961/90, gebietsweise zusammengefasst (nach RICHTER 1995); a – freie, b – leicht geschützte, c – mäßig geschützte, d – stark geschützte Stationslage; Gebiete entsprechend Abbildung 2-4

Klasse/Gebiet	Grad der Geschütztheit	Mittlerer Jahresgang des Niederschlagsmessfehlers [%]						
		Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	
Klasse C: Gebiete III und V (bis 700 m ü. NN)	a	31,6	33,5	26,9	18,3	12,5	10,4	
	b	23,3	24,5	20,3	15,1	11,1	9,8	
	c	17,3	17,9	15,5	12,7	10,1	8,8	
	d	11,5	11,8	10,7	10,0	8,6	7,7	
	Grad der Geschütztheit	Mittlerer Jahresgang des Niederschlagsmessfehlers [%]						
		Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
	a	10,8	10,5	12,6	15,5	21,8	26,5	18,2
	b	10,0	9,5	11,5	12,7	16,8	19,8	14,6
	c	9,1	8,5	10,2	11,0	13,3	15,0	12,0
	d	8,0	7,5	8,7	8,8	9,5	10,3	9,3

Als Ergebnis der Verschneidung aller nachfolgend dargestellten Eingangsdaten können für das Untersuchungsgebiet im IST- und im PLAN-Zustand jeweils etwa 30.500 Hydrotope (siehe Abbildung 2-5) ausgegrenzt werden.

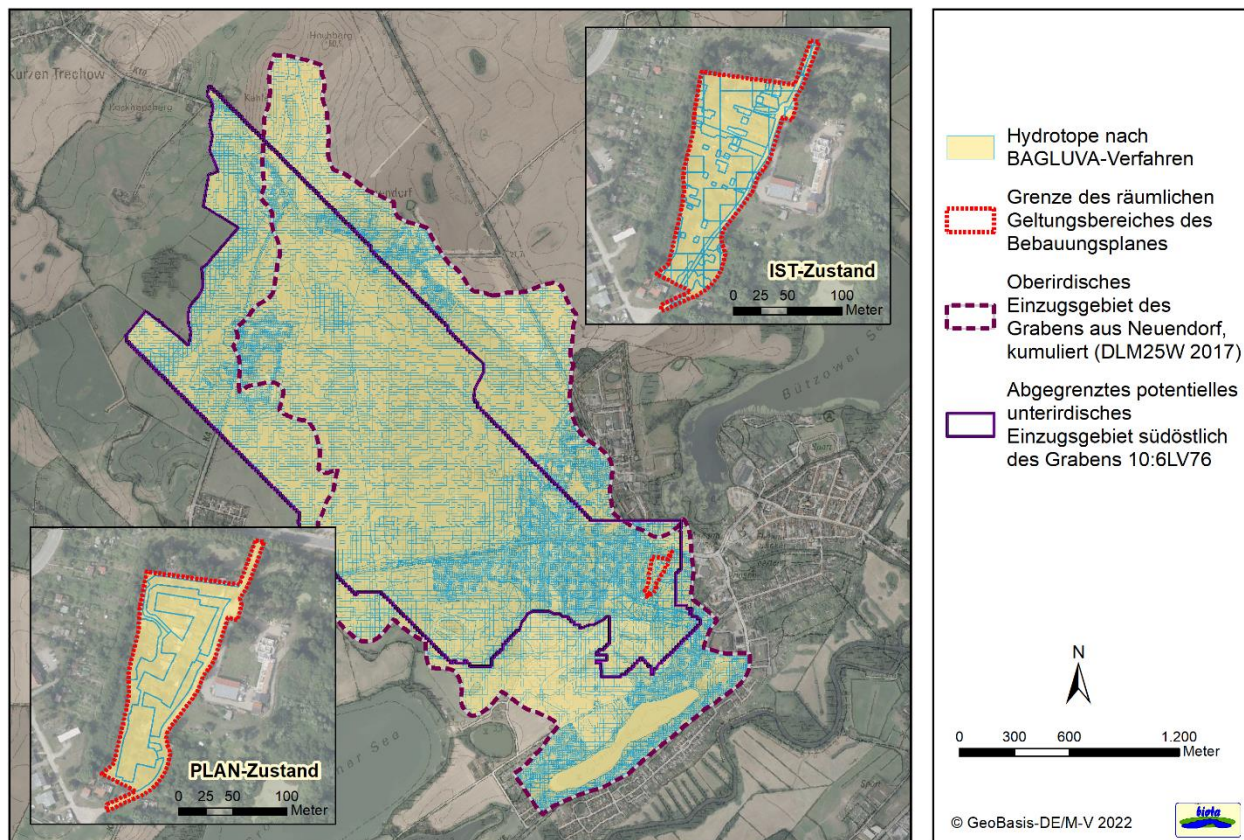


Abbildung 2-5: Im BAGLUVA-Verfahren definierte Hydrotope im Untersuchungsgebiet

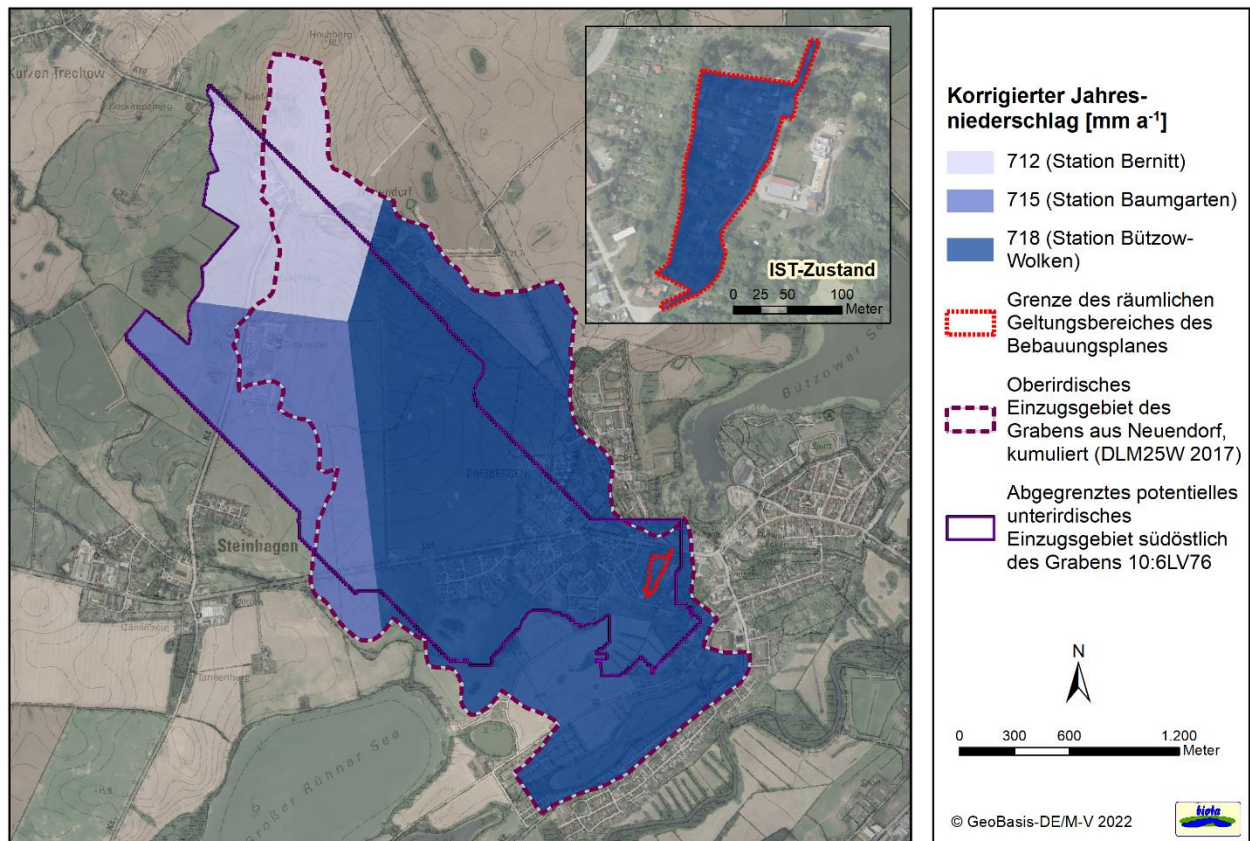


Abbildung 2-6: Mittlerer korrigierter Jahresniederschlag für die Dekaden 1991 – 2020 (Korrekturverfahren nach RICHTER 1995; Quellen: DWD 2022, ENKE et al. 2006a, b)

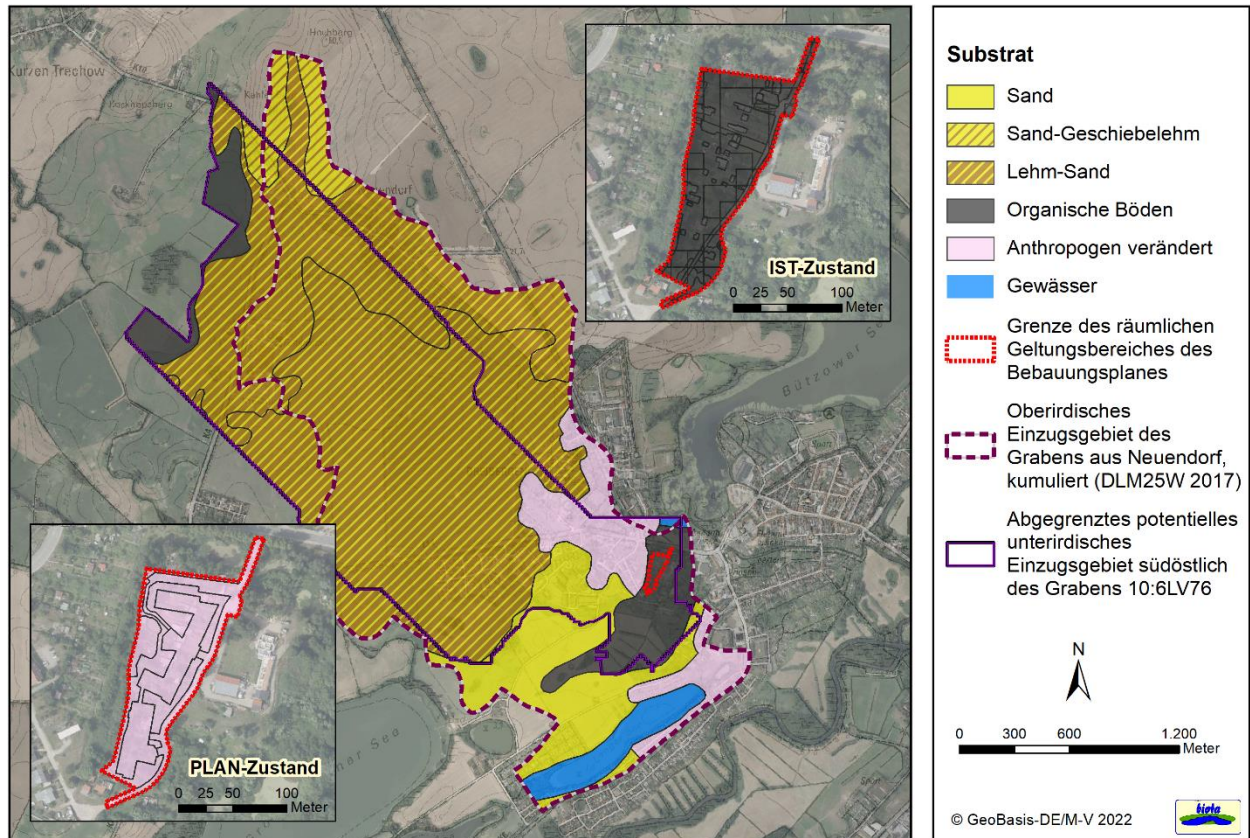


Abbildung 2-7: Substrate im Untersuchungsgebiet (Quelle: Forstliche Naturraumkarte, Maßstab 1 : 25.000, GeoBasis-DE/M-V); PLAN-Zustand angepasst

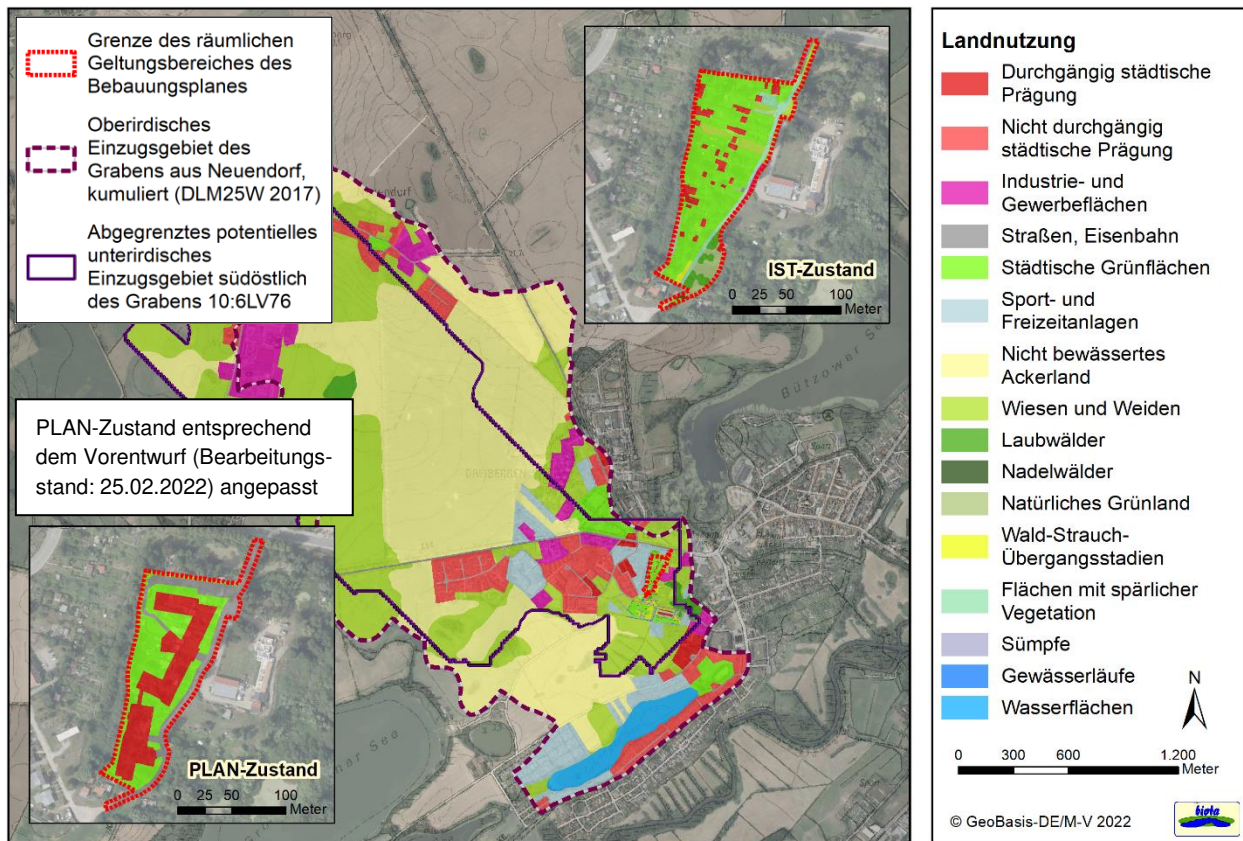


Abbildung 2-8: Landnutzung im Untersuchungsgebiet (Quellen: Urban Atlas, UA 2018, Biotoptypenkartierung Nov. 2021, biota, LAiV 2022: ALKIS®, GDI-MV ALKISMV-WMS)

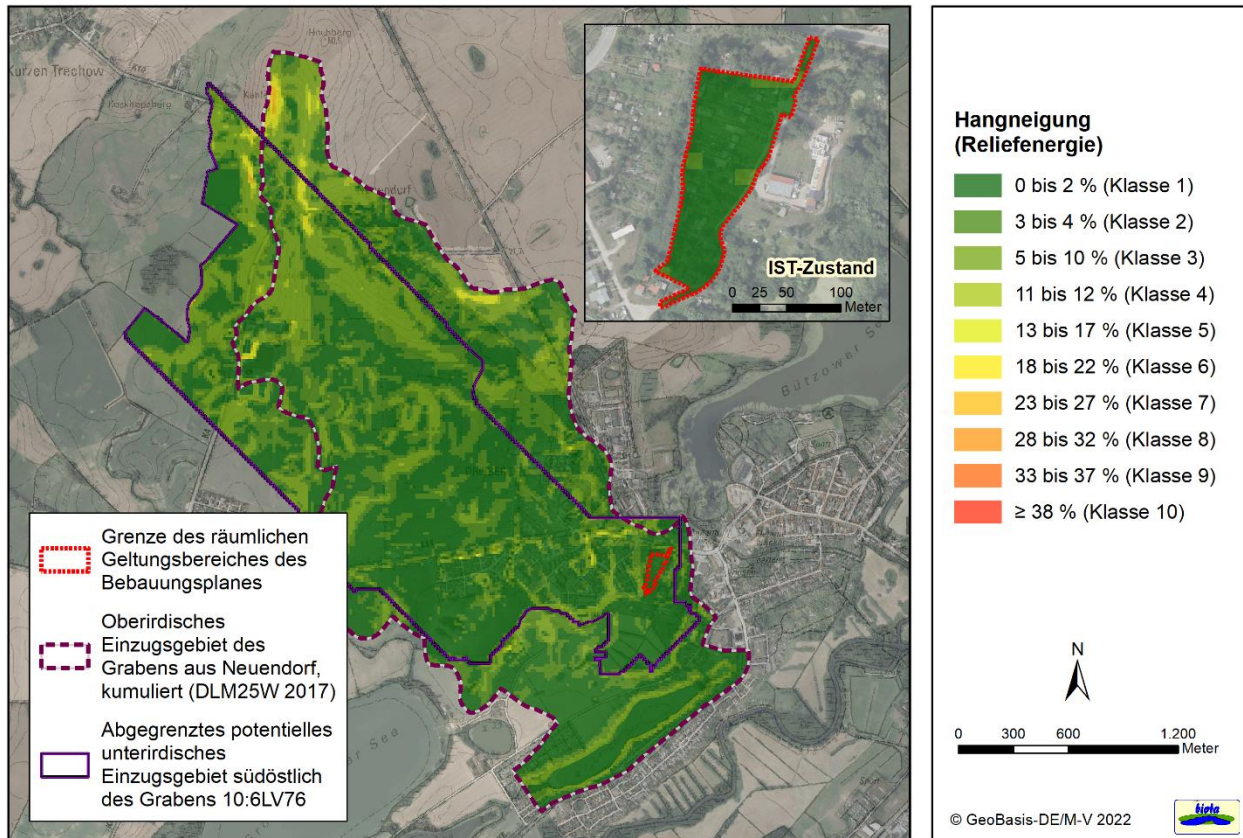


Abbildung 2-9: Mittlere Hangneigung (Reliefenergie) im Untersuchungsgebiet (Datenbasis: LAiV 2022, DGM 1 und DGM 25); im PLAN-Zustand kaum Veränderungen zu erwarten

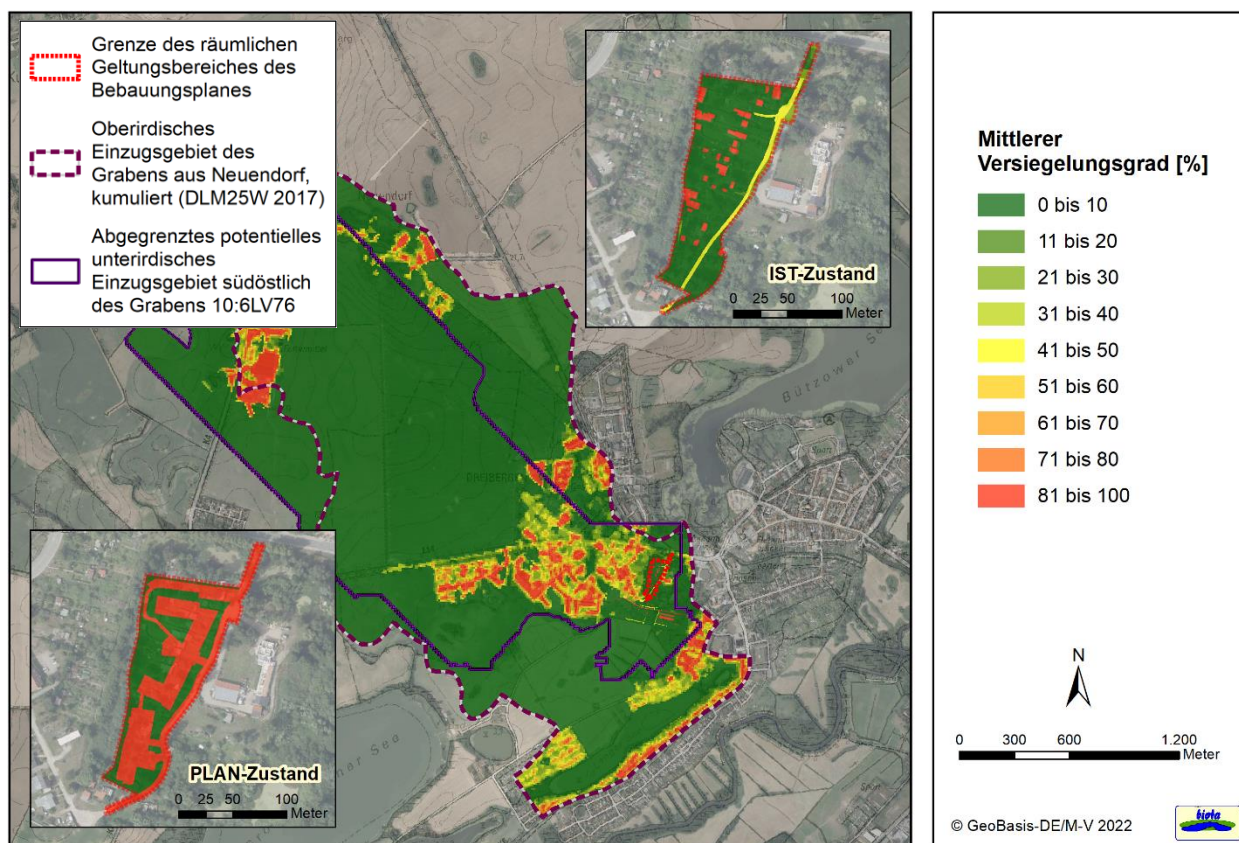


Abbildung 2-10: Angaben zur Flächenversiegelung im Untersuchungsgebiet (Quellen: CORINE Landcover, CLC 2018, Anpassungen nach Biotoptypenkartierung Nov. 2021, biota); PLAN-Zustand angepasst

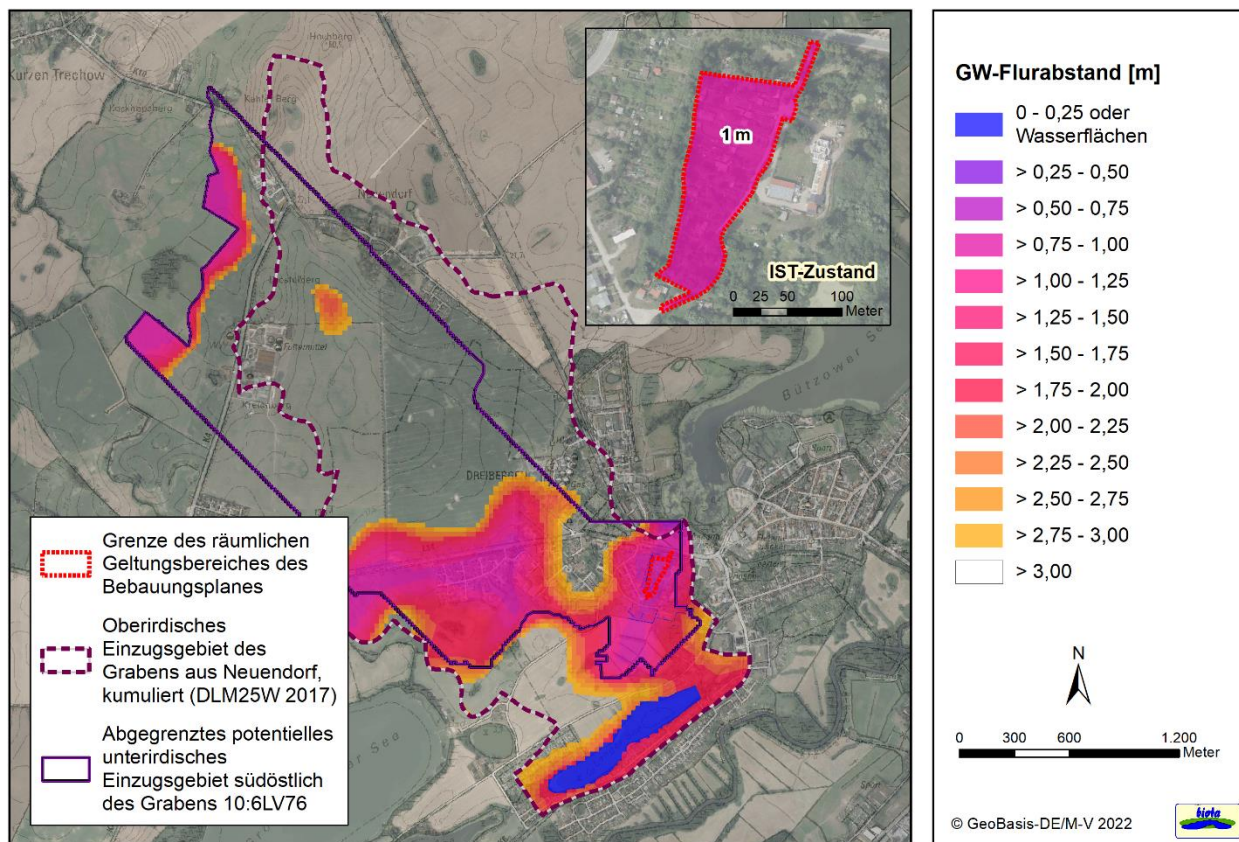


Abbildung 2-11: Mittlerer GW-Flurabstand im Untersuchungsgebiet (Quellen: Grundwasserisohypsen nach HYDOR 2010, LAiV, DGM-Daten); größere Abstände durch aufgebrauchtes Bodenmaterial im PLAN-Zustand angesetzt

Für alle Hydrotipe wird aus Landnutzung, Grundwasserflurabstand, Hangneigung und Substrateigenschaft des Untergrundes ein Effektivitätsparameter n bestimmt. Eine Korrektur ($n \rightarrow nk$) 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 2-3, 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 Hydrotipe ist der Abbildung 2-12 zu entnehmen.

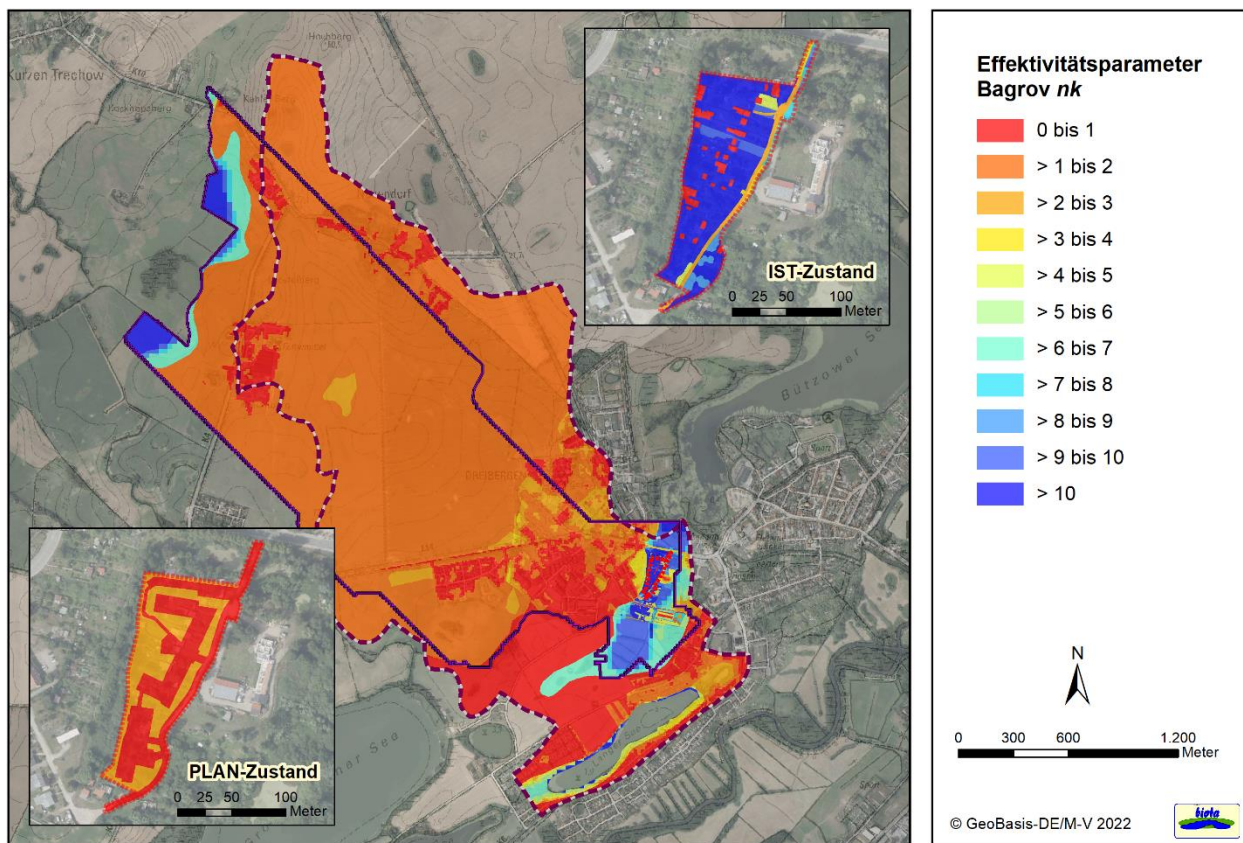


Abbildung 2-12: Verteilung des Effektivitätsparameters BAGROV nk im Untersuchungsgebiet

Weitergehend wurde eine Modellmodifikation entwickelt, die es erlaubt, unter Hinzuziehung des BAGROV-Effektivitätsparameters n und der berechneten mittleren Jahreswerte der Wasserhaushaltsgrößen die mittleren Monatswerte zu bestimmen. Dabei berücksichtigt ein BodenspeichermodeLL unter Vernachlässigung von lateralem Zu- und Abfluss den Wasserrückhalt im Untersuchungsgebiet. In monatlichen Zeitschritten erfolgt das Lösen der klimatischen Bodenwasserbilanz. Die nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes definiert dabei das Volumen des Bodenspeichers; die max. pflanzenverfügbare Wassermenge kann durch kapillaren Aufstieg ergänzt werden. Zum Ende des hydrologischen Winters wird im langjährigen Mittel von einer Füllung des Speichers ausgegangen.

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.

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

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

Q_{draen}	–	über Dränung abgeführter Direktabfluss [mm a^{-1}]
P_{kor}	–	Jahresniederschlagssumme, korrigiert [mm a^{-1}]
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]

2.4 Methodische Vorgehensweise zur Ermittlung von Grundwasserneubildung und Direktabfluss

Der mit Hilfe des BAGLUVA-Verfahrens ermittelte Gesamtabfluss für jedes Hydrotop kann in einem weiteren Schritt als Eingangsgröße in „ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa“ nach MEßER (1997, 2013) herangezogen werden. 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; Schema siehe Abbildung 2-13).

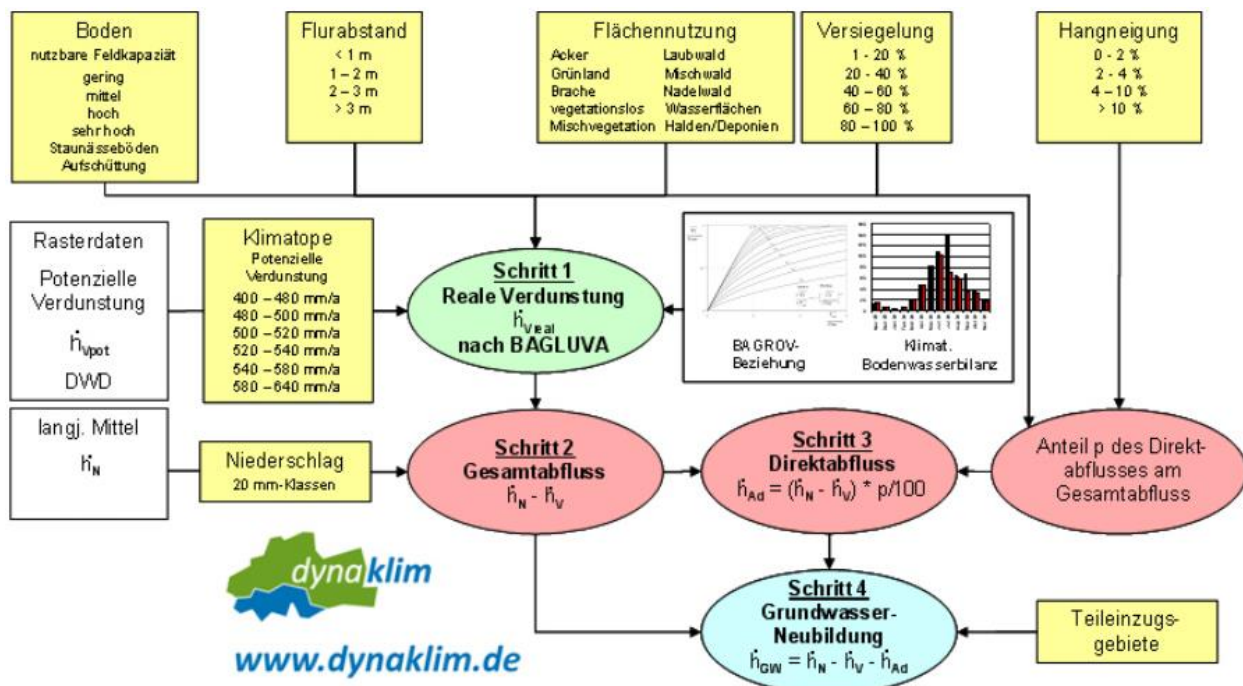


Abbildung 2-13: Schema für das Verfahren zur Berechnung der Grundwasserneubildung (Quelle: <http://www.gwneu.de/verfahren.html>, verändert)

Der Direktabfluss als schnelle Abflusskomponente ist dabei definiert als die Summe aus Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss. Die Bilanzgleichung des Wasserhaushalts erweitert sich für mittlere langjährige Zustände zu:

$$R_{\text{Direkt}} + R_{\text{GW}} = P - ET \quad [\text{mm a}^{-1}]$$

mit R_{Direkt} – mittlerer Direktabfluss inkl. Dränabfluss, R_{GW} – mittlerer Grundwasserabfluss (unterirdischer Abfluss) = mittlere Grundwasserneubildung, P – Niederschlag, ET – Evapotranspiration

Die Zuweisung des prozentualen Anteils des Direktabflusses (p-Wert) zu den jeweiligen Hydrotopen erfolgt tabellarisch anhand der Eingangsparameter Reliefenergie bzw. Hangneigung (Tabelle 2-4, Abbildung 2-9), Landnutzung (Abbildung 2-8), Bodenart (Tabelle 2-5, Abbildung 2-7) und Grundwasserflurabstand (Abbildung 2-11). 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 Landcover (CLC 2018) 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 Landcover.

Der mittlere jährliche Gesamtabfluss reduziert um den so bestimmten mittleren jährlichen Direktabfluss ergibt die mittlere jährliche Grundwasserneubildung. Fließt diese den Vorflutern als eine Komponente des Basisabflusses aus dem Grundwasserkörper zu (Exfiltration), so spricht man auch vom grundwasserbürtigen Abfluss. Ggf. zuvor ermittelte Dränabflüsse werden auf die Direktabflüsse aufgeschlagen.

Tabelle 2-4: Einteilung der Hangneigungsklassen, modifiziert nach MEßER (2013), basierend auf ATV A 118, DIN 4220 (1998) und SCHROEDER & WYRWICH (1990)

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

Tabelle 2-5: 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)

2.5 Ergebnisse und Bilanzierungen (IST und PLAN)

Die Abbildung 2-14 zeigt für die einzelnen Hydrotepe kartografisch aufbereitet die mittlere jährliche reale Verdunstungshöhe für die Dekaden 1991 – 2020 im gesamten Untersuchungsgebiet. In Abbildung 2-15 sind die resultierenden Gesamtabflüsse (korrigierter Jahresniederschlag abzüglich der Verdunstungshöhe) dargestellt.

Auf den ersten Blick wird deutlich, dass das Baugebiet mit seiner Lage im Niederungsbereich mit über 650 mm a^{-1} die mit größten Verdunstungsraten im Untersuchungsgebiet aufweist. Die Nähe zum Grundwasser, der damit verbundene kapillare Aufstieg und Böden mit höherem organischen Anteil sind dafür als Gründe auszumachen. Das Einzugsgebiet ist überwiegend ackerwirtschaftlich geprägt, hier bewegen sich die Verdunstungswerte um 400 mm a^{-1} . Im PLAN-Zustand sind über den zukünftigen Gebäudeflächen sowie auf den befestigten Straßen Verdunstungshöhen von $< 150 \text{ mm a}^{-1}$ zu erwarten. Die Werte auf den Hof- bzw. Parkflächen sind gegenüber dem IST-Zustand ebenfalls reduziert (um 500 mm a^{-1}). Etwaige Geländeaufschüttungen und befestigte Flächen im Außenbereich sind hierfür die Gründe.

Die höchsten Abflüsse sind generell innerhalb der Ortslagen aufgrund der Flächenversiegelung auszumachen (Gesamtabflusshöhe $> 500 \text{ mm a}^{-1}$). Dies gilt auch für den PLAN-Zustand und die zukünftigen Gebäudeflächen.

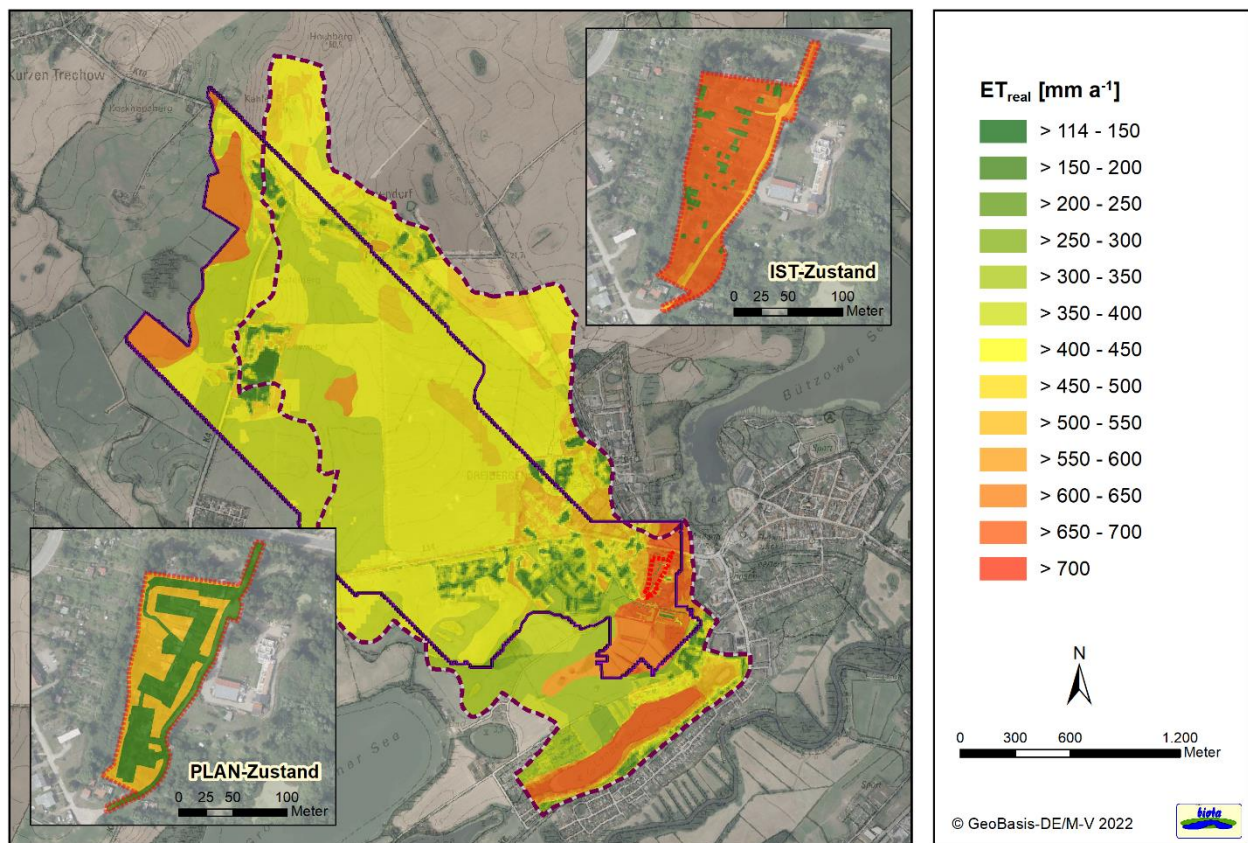


Abbildung 2-14: Mittlere jährliche reale Verdunstungshöhe nach BAGLUVA für die Dekaden 1991 – 2020 im Untersuchungsgebiet

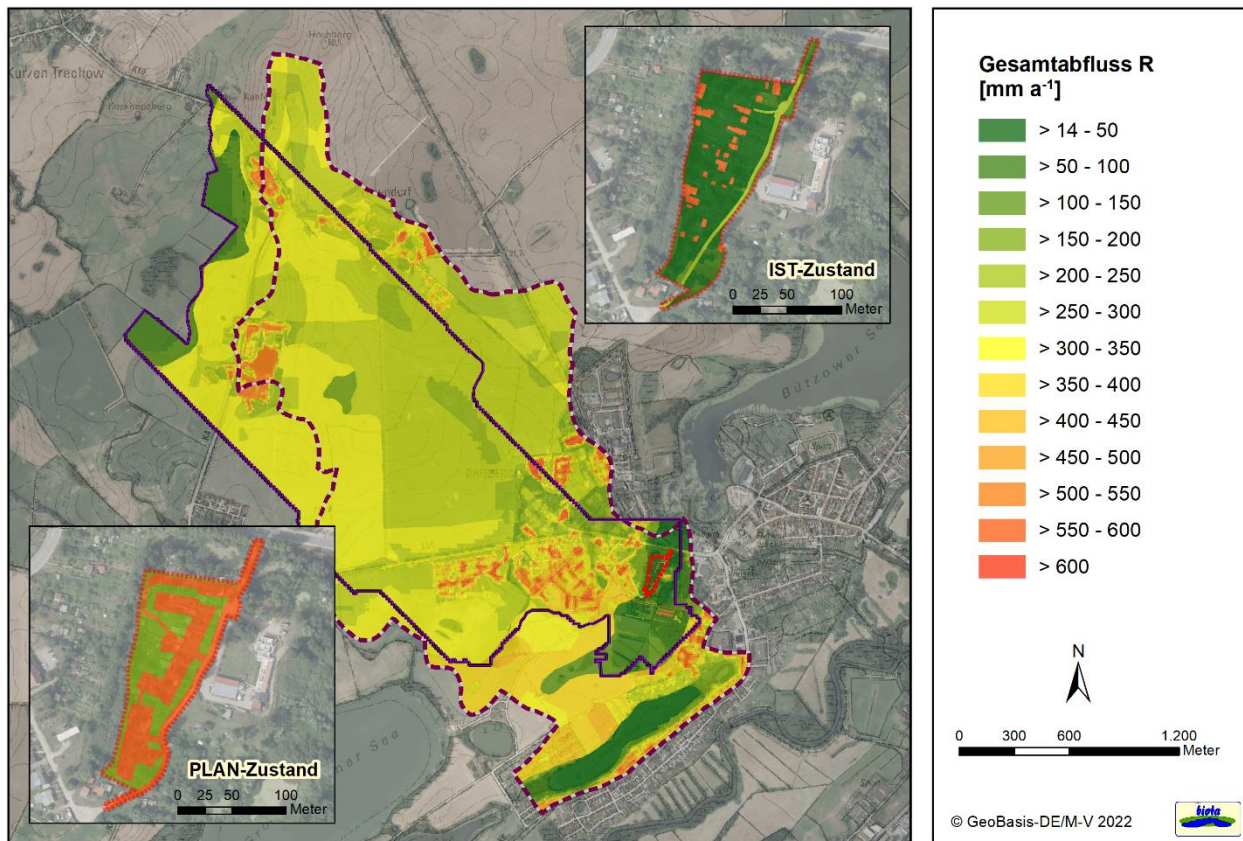


Abbildung 2-15: Mittlere jährliche Gesamtabflusshöhe nach BAGLUVA für die Dekaden 1991 – 2020 im Untersuchungsgebiet

Die flächendifferenzierte Verteilung der Grundwasserneubildung (GWN bzw. R_{GW}) kann der Abbildung 2-16 entnommen werden. Den Direktabfluss (R_{Direkt}) als restliche, zeitnahe und offensichtlich überwiegend deutlich kleinere Abflusskomponente veranschaulicht die Abbildung 2-17.

Auf den sandigen Ackerstandorten mit großen Abständen zum Grundwasserspiegel und einer geringen Reliefenergie wurden Grundwasserneubildungshöhen von $> 300 \text{ mm a}^{-1}$ berechnet (Südosten des Untersuchungsgebietes). Insgesamt zeichnen sich die ackerwirtschaftlich genutzten Flächen durch die höchsten Werte aus (überwiegend um die 200 mm a^{-1}).

Auffällig im IST-Zustand ist die vergleichsweise geringe GWN im Niederungsbereich und damit im Plangebiet. Hier beläuft sich die Höhe auf unter 50 mm a^{-1} – bilanziell bedingt durch die bereits angesprochenen hohen Verdunstungsraten, ggf. gar durch eine Grundwasserzehrung (im Sommerhalbjahr).

Über den vollversiegelten Flächen im PLAN-Zustand (Gebäude, Straßen) findet unter Vernachlässigung von horizontalen Abflussprozessen (nicht Bestandteil des Verfahrens) entsprechend keine Grundwasserneubildung statt. Auf den Flächen des Außenbereiches hingegen sind aufgrund einer geringeren Verdunstung und der z. T. zu erwartenden höheren Flurabstände zum Grundwasser größere Werte von ca. 150 mm a^{-1} zu erwarten.

Die Höhe des Direktabflusses (Summe aus Oberflächen- und Zwischenabfluss) korreliert u. a. stark mit dem Grad der Geländeneigung und der Versiegelung. In den stärker versiegelten Hydrotopen ($R_{Direkt} > 450 \text{ mm a}^{-1}$, Abbildung 2-17) ist daher in der Regel auch mit den höchsten (vorübergehenden) „Belastungen“ für das Entwässerungssystem zu rechnen.

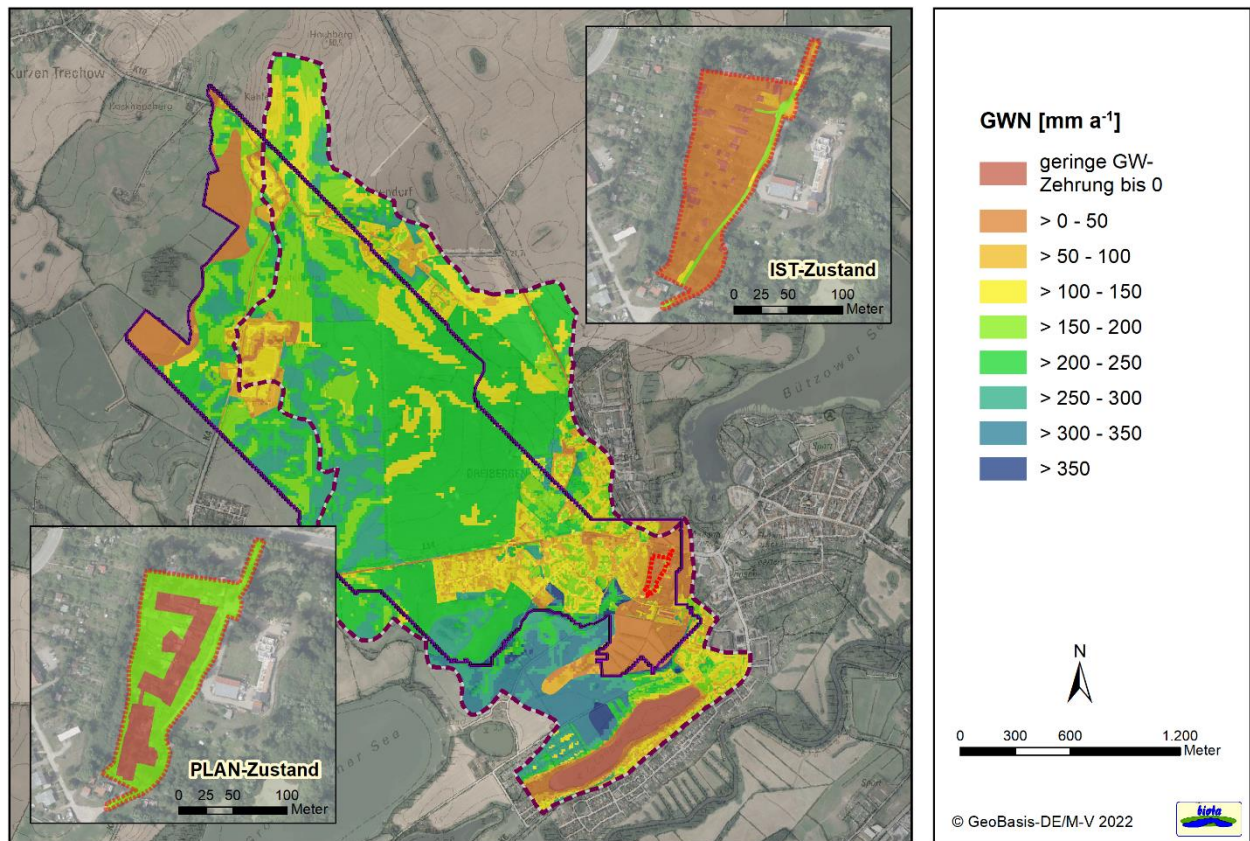


Abbildung 2-16: Mittlere jährliche Grundwasserneubildungshöhe nach BAGLUVA und MEßER (2013) für die Dekaden 1991 – 2020 im Untersuchungsgebiet

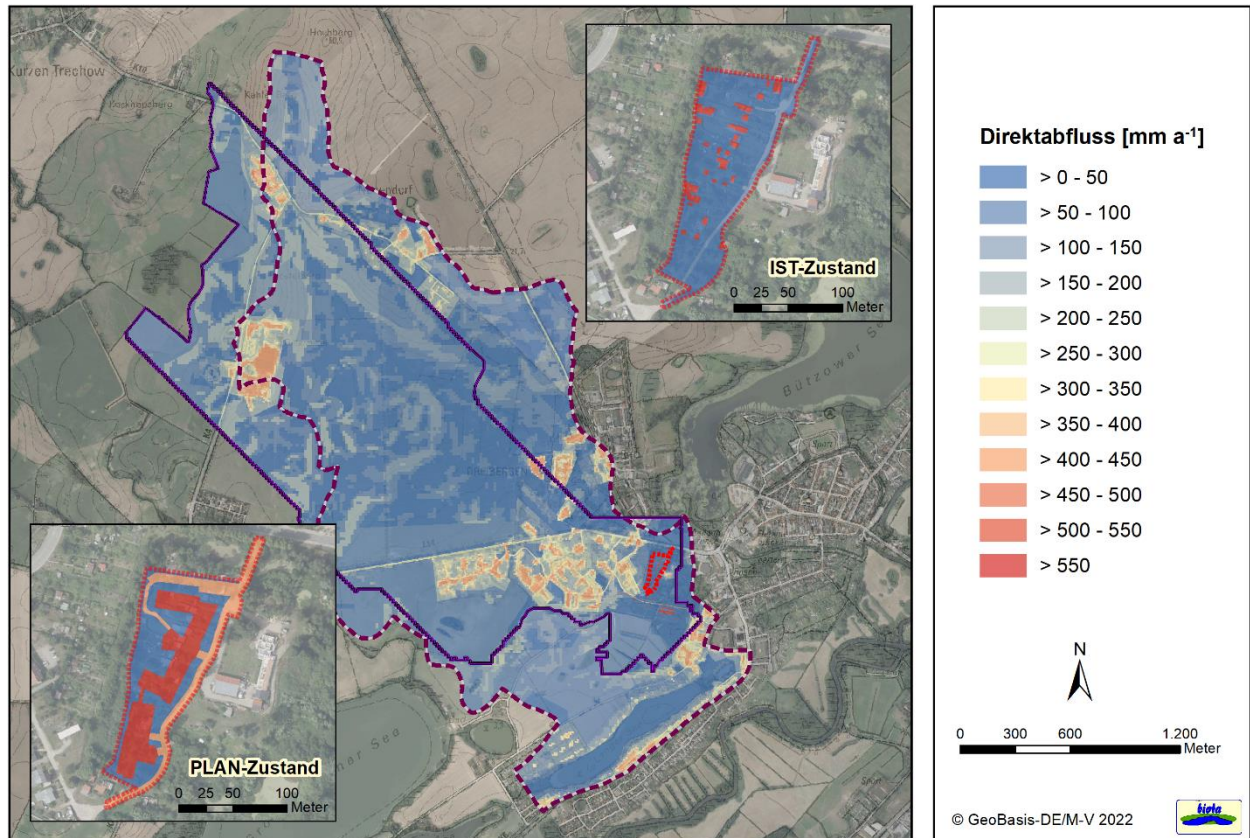


Abbildung 2-17: Mittlere jährliche Direktabflusshöhe nach BAGLUVA und MEßER (2013) für die Dekaden 1991 – 2020 im Untersuchungsgebiet

Zieht man nun den Geltungsbereich des Bebauungsplanes und das oberirdische Einzugsgebiet als Bilanzierungsgebiete heran, so lassen sich für diese (jeweils im IST- und im PLAN-Zustand) die Werte verschiedener Wasserhaushaltsgrößen ermitteln (Tabelle 2-6 bis Tabelle 2-9). Zur weiteren Verwendung wurden die Werte (mm a^{-1}) auf die Flächengrößen bezogen und werden daher nachfolgend auch in l s^{-1} angegeben.

Für den **Geltungsbereich des Bebauungsplanes** lassen sich die folgenden Veränderungen in der Gebietswasserbilanz (Zeitreihe 1991 – 2020) feststellen:

- eine nahezu Halbierung der realen Verdunstungshöhe ($615 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 314 \text{ mm a}^{-1}$),
- eine Verfünfachung der Direktabflüsse aufgrund von Versiegelung und der Vergrößerung des kanalisierten Einzugsgebietes ($59 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 295 \text{ mm a}^{-1}$)
- sowie eine Steigerung der Grundwasserneubildung ($44 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 109 \text{ mm a}^{-1}$) aufgrund vergrößerter GW-Flurabstände und einer insgesamt gesteigerten Gesamtabflusshöhe in dem Gebiet.

Tabelle 2-6: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den IST-Zustand und den Geltungsbereich des Bebauungsplanes (Flächengröße ca. 1,3 ha); langjährige, mittlere Jahreswerte für die Zeitreihe 1991 – 2020

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung	+	Direktabfluss	+	Grundwasserneubildung
P	=	ET	+	R _{Direkt}	+	R _{GW}
718 mm	=	615 mm	+	59 mm	+	44 mm
0,30 l s^{-1}	=	0,26 l s^{-1}	+	0,025 l s^{-1}	+	0,019 l s^{-1}

Tabelle 2-7: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den PLAN-Zustand und den Geltungsbereich des Bebauungsplanes (Flächengröße ca. 1,3 ha); langj., mittlere Jahreswerte für die Zeitreihe 1991 – 2020

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung	+	Direktabfluss	+	Grundwasserneubildung
P	=	ET	+	R _{Direkt}	+	R _{GW}
718 mm	=	314 mm	+	295 mm	+	109 mm
0,30 l s^{-1}	=	0,13 l s^{-1}	+	0,12 l s^{-1}	+	0,05 l s^{-1}

Bezieht man die Werte der Einzelhydrotope auf das gesamte oberirdische Einzugsgebiet bis zur Querung mit der Wismarschen Straße, so fallen die Veränderungen durch die Bebauung auf den ersten Blick weniger stark ins Gewicht (Reale Verdunstung: $426 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 425 \text{ mm a}^{-1}$). Im Mittel würde sich die Verdunstung umgerechnet aber um etwa 4.000 m^3 im Jahr reduzieren. Auswirkungen auf das (innerstädtische) **Mikroklima** sind daher nicht unwahrscheinlich.

Stellt man die berechneten Gesamtabflüsse ($16,37 \text{ l s}^{-1} + 29,46 \text{ l s}^{-1}$) kumuliert der **Karte der mittleren Abflüsse** für Mecklenburg-Vorpommern (BIOTA 2012, Zeitreihe 1981 – 2010) mit $28,7 \text{ l s}^{-1}$ gegenüber, so wird deutlich, dass ein wesentlicher Anteil des tiefenversickernden Wassers nicht wieder im Einzugsgebiet entlastet, sondern abströmt.

Tabelle 2-8: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den IST-Zustand und das oberirdische Einzugsgebiet (Flächengröße 4,97 km²); langjährige, mittlere Jahreswerte für die Zeitreihe 1991 – 2020

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung	+	Direktabfluss	+	Grundwasserneubildung
P	=	ET	+	R _{Direkt}	+	R _{GW}
717 mm	=	426 mm	+	104 mm	+	187 mm
112,86 l s ⁻¹	=	67,03 l s ⁻¹	+	16,37 l s ⁻¹	+	29,46 l s ⁻¹

Tabelle 2-9: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den PLAN-Zustand und das oberirdische Einzugsgebiet (Flächengröße 4,97 km²); langj., mittlere Jahreswerte für die Zeitreihe 1991 – 2020

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung	+	Direktabfluss	+	Grundwasserneubildung
P	=	ET	+	R _{Direkt}	+	R _{GW}
717 mm	=	425 mm	+	105 mm	+	187 mm
112,86 l s ⁻¹	=	66,90 l s ⁻¹	+	16,47 l s ⁻¹	+	29,49 l s ⁻¹

2.6 Gegen- und Anpassungsmaßnahmen

2.6.1 Versickerung

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

Unterirdische Versickerungseinrichtungen zur Reduzierung der Direktabflusshöhe kommen hier aber aufgrund des geringen Vertikalabstands zum Grundwasser nicht in Frage. Eine Förderung der Grundwasserneubildung zum Erhalt des lokalen Wasserhaushalts ist beim Blick auf die Gebietswasserbilanzen nicht erforderlich.

2.6.2 Gründachelemente

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Sicherstellung der Neutralität des Wasserhaushaltes im konventionellen PLAN-Zustand nicht gewährleistet werden kann. Die Höhe der realen Verdunstung ist deutlich reduziert. Ursache für diese Reduzierung ist u. a. die fehlende Zwischenspeicherung des Wassers in den oberen Bodenhorizonten. Das wirkt sich auch direkt auf den Energiekreislauf aus.

Zur Prüfung der Wirkung auf den Wasserhaushalt, insbesondere auf die Verdunstung, wurden Berechnungen für eine intensive Dachbegrünung über einem Drittel der ausgewiesenen Gesamtgebäudefläche durchgeführt. Das Wasserrückhaltevermögen bei der intensiven Dachbegrünung ist aufgrund der Schichtdicke und der Eigenschaften des eingebauten Substrates höher als das anderer Systemlösungen; eine regelmäßige Bewässerung mit zurückgehaltenem Niederschlagswasser steigert zusätzlich die Verdunstung. Direktabflussbildungsflächen sind grundsätzlich Dachflächen, deren abfließendes Niederschlagswasser sich auf Grund allgemein geringer Verschmutzung gut für eine Nutzung eignet. Verdunstetes Wasser kondensiert in der Atmosphäre und kehrt als Niederschlag (Regen, Nebel, Tau) zurück.

Ein möglicher (und spürbarer) Kühleffekt durch Dachbegrünung ist bis in Bodenhöhe vermutlich als vergleichsweise gering einzuschätzen – im Vergleich zu bewachsenen Bodenflächen, einer Fassadenbegrünung oder anderen technischen (naturnahen) Verdunstungsanlagen (siehe hierzu auch SIEKER et al. 2019).

Die angesetzten Parameter zur Abbildung der Gründachelemente bei der Wasserhaushaltsberechnung sind in der Tabelle 2-10 zusammengetragen. Eine Fassadenbegrünung als eine effektive Möglichkeit einer Verdunstungsförderung wäre alternativ zu prüfen.

Tabelle 2-10: Angesetzte Parameter (Modellannahmen) zur Abbildung der Gründachelemente bei der WHH-Berechnung (u. a. nach BAUDER 2021)

Extensive Dachbegrünung	Extensive Dachbegrünung mit PV	Intensive Dachbegrünung
„Klassische“ extensive Dachbegrünung, d. h. ohne Bewässerung, Systemaufbau ist nicht auf eine maximale Verdunstung ausgelegt. Sicherheitsorientiert im Sinne eines höheren Abflusses.	„Klassische“ extensive Dachbegrünung, d. h. ohne Bewässerung, Systemaufbau ist nicht auf eine maximale Verdunstung ausgelegt. Das entsprechende Substrat / die entsprechende Mineralschüttung versorgt die Pflanzen optimal und lässt sie	Mit regelmäßiger Bewässerung bei Trockenheit. Pflegeaufwand ist wesentlich höher als bei Extensivbegrünungen.

Extensive Dachbegrünung	Extensive Dachbegrünung mit PV	Intensive Dachbegrünung
Mittlere Schichtdicke des Substrates: 10 cm (5 bis 15 cm) Nutzbare Feldkapazität (nFK): 34 % Mittlere effektive Durchwurzelungstiefe z_{we}: 0,8 dm (Moose, Sukkulente, Kräuter, Gräser) Angesetzter mittlerer Versiegelungsgrad zur Berechnung langjähriger Mittel der Wasserhaushaltsgrößen: 15 % → Dachränder, Wegplatten, Kiesschüttungen etc. Es werden modelltechnisch keine negativen Abflusskomponenten (in den Sommermonaten) zugelassen. Bei anhaltender Trockenheit schalten die Pflanzen ggf. in eine Art „Überlebensmodus“ und die Verdunstungsrate ist reduziert. Sicherheitsorientiert im Sinne eines höheren Abflusses.	nur auf ein reduziertes Niveau wachsen, Effizienz der Solaranlage wird nicht tangiert. Mittlere Schichtdicke des Substrates: 10 cm (5 bis 15 cm) Nutzbare Feldkapazität (nFK): 26 % Mittlere effektive Durchwurzelungstiefe z_{we}: 0,8 dm (Moose, Sukkulente, Kräuter, Gräser) Angesetzter mittlerer Versiegelungsgrad zur Berechnung langjähriger Mittel der Wasserhaushaltsgrößen: 36,25 % → 15 % versiegelt (Dachränder, Wegplatten, Kiesschüttungen etc.), 85 % unversiegelt, davon aber etwa 50 % mit PV-Anlagen besetzt Es werden modelltechnisch keine negativen Abflusskomponenten (in den Sommermonaten) zugelassen. Bei anhaltender Trockenheit schalten die Pflanzen ggf. in eine Art „Überlebensmodus“ und die Verdunstungsrate ist reduziert.	Mittlere Schichtdicke des Substrates: 30 cm (25 bis 35 cm), in Bereichen von Bäumen beträgt die Aufbauhöhe bis zu 100 cm, ab 60 cm → ø 80 cm Nutzbare Feldkapazität (nFK): 40 % Mittlere effektive Durchwurzelungstiefe z_{we}: 3 dm (Gräser, Stauden, Gehölze) und 8 dm (Bäume), begrenzt durch den Systemaufbau Angesetzter mittlerer Versiegelungsgrad zur Berechnung langjähriger Mittel der Wasserhaushaltsgrößen: 35 % (30 bis 40 %) → Dachränder, Wegplatten, Kiesschüttungen, Terrassen etc. Negative Direktabflüsse als Bilanzglied (in den Sommermonaten) möglich. Zu interpretieren als zusätzlicher Wasserbedarf (Bewässerung). Erfolgt die Bewässerung mit Überschusswasser aus dem Eigengebiet, kann die Gesamt-Gebietswasserbilanz wie gewohnt über flächengewichtete Mittel berechnet werden.

Ergebnisse der Wasserhaushaltsmodellierung:

- Über den Flächen der intensiven Dachbegrünung ließe sich die reale Verdunstung gegenüber dem konventionellen PLAN-Zustand (vollversiegelte Dachflächen) um etwa 280 % ($160 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 610 \text{ mm a}^{-1}$) steigern und läge damit nur knapp unter den Werten des Referenzzustandes.
- Umgerechnet auf die gesamte Fläche des Bebauungsplanes könnte die Umsetzung der Maßnahme (auf einem Drittel der zukünftigen Gebäudeflächen) eine im langjährigen Mittel um ca. 50 mm höhere Verdunstung ($314 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 366 \text{ mm a}^{-1}$) gegenüber dem konventionellen PLAN-Zustand bewirken (vgl. Tabelle 2-11 mit Tabelle 2-7, Kapitel 2.5). Die Komponenten Niederschlag (P) und Grundwasserneubildung (GWN bzw. R_{GW}) blieben von einer Veränderung unberührt (vgl. auch Tabelle 2-12), die Direktabflusshöhe würde sich entsprechend reduzieren ($295 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 243 \text{ mm a}^{-1}$).

Tabelle 2-11: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den PLAN-Zustand mit Intensivdachbegrünung auf einem Drittel der zukünftigen Gebäudeflächen für den Geltungsbereich des Bebauungsplanes (Flächengröße ca. 1,3 ha); langjährige, mittlere Jahreswerte für die Zeitreihe 1991 – 2020

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung	+	Direktabfluss	+	Grundwasserneubildung
P	=	ET	+	R _{Direkt}	+	R _{GW}
718 mm	=	366 mm	+	243 mm	+	109 mm

- Die Tabelle 2-12 macht aber auch deutlich, dass gegenüber dem IST-Zustand weiterhin nur 60 % der derzeitigen realen Verdunstungshöhe (615 mm a⁻¹ → 366 mm a⁻¹) zu erzielen wären. Im konventionellen PLAN-Zustand liegt der Wert bei 51 %.
- Der Direktabfluss würde in seiner Höhe immer noch etwa das 4-fache des Referenzzustandes betragen, im konventionellen PLAN-Zustand das 5-fache.
- Das Ausweisen weiterer Dachflächen für Maßnahmen der intensiven Begrünung würde zu entsprechend größeren Effekten führen; eine Neuberechnung der Gebietswasserbilanz ließe sich mit den hier angegebenen Werten durchführen.

Tabelle 2-12: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den PLAN-Zustand mit Intensivdachbegrünung auf einem Drittel der zukünftigen Gebäudeflächen für den Geltungsbereich des Bebauungsplanes (Flächengröße ca. 1,3 ha) dem IST-Zustand und dem konventionellen PLAN-Zustand gegenübergestellt; Prozentuale Anteile von den Ausgangswerten (langj., mittlere Jahreswerte der Zeitreihe 1991 – 2020)

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung	+	Direktabfluss	+	Grundwasserneubildung
P	=	ET	+	R _{Direkt}	+	R _{GW}
100 % →		60 % ↘		412 % ↗		248 % ↗
100 % →		117 % ↗		82 % ↘		100 % →

2.6.3 Verdunstungsanlagen (Verdunstungsmulden/-beete), Förderung von Kühlung

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

Die Verdunstung von gespeichertem Niederschlagswasser kann beispielsweise über naturnah gestaltete Verdunstungsanlagen (Verdunstungsmulden/-beete) realisiert werden. Aus einem Speicher (z. B. Zisterne oder Teichanlage) erfolgt die Nachversorgung mit Wasser (z. B. über solar-betriebene Pumpen). Das Wasser auf der (versiegelten) Fläche wird also nicht abgeführt, sondern zur Bewässerung genutzt. Die begrünte Muldenfläche ist dabei hinsichtlich Substrat und Pflanzengesellschaft auf eine hohe Verdunstungsleistung ausgerichtet.

Wird eine regelmäßige Bewässerung insbesondere in den Sommermonaten gewährleistet, kann in diesem Landesteil sicherlich von einer Verdunstungsleistung von im Mittel 1.100 mm a^{-1} ausgegangen werden (vgl. Tabelle 2-13). Der Wert liegt etwa 70 % über dem der Kleingartenflächen im IST-Zustand (650 mm a^{-1}).

Tabelle 2-13: Mittlere jährliche Evapotranspiration verschiedener Pflanzen (Zusammenstellung diverser Autoren, aus HARLAß 2008)

Pflanzenart	Mittlere Evapotranspiration [mm a^{-1}]
Schwimmpflanzen	1.000 bis 1.500
Hochstauden in Flussauen	800 bis 1.500
Sumpfpflanzen	ca. 1.100
Grasflächen	400 bis 500

Setzt man diesen Wert an, so lässt sich die Anlagenfläche berechnen, die nötig wäre, die im PLAN-Zustand zusätzlich anfallende Direktabflusshöhe auszugleichen.

Aufgrund des hohen Anteils an vollversiegelter Fläche im Plangebiet wären etwa **0,7 ha Ausgleichsfläche** nötig, um die im PLAN-Zustand zusätzlich anfallende Direktabflusshöhe auszugleichen und sich der Verdunstungshöhe des Referenzzustandes anzunähern. Es wird deutlich, dass diese Kompensationsmöglichkeit nicht vollumfänglich vor Ort umsetzbar ist.

3 Hydrologisch/hydraulische Gefährdungsanalyse (Starkregen)

3.1 Ausweisung der hydraulischen Engstellen im Bereich der Wismarschen Str.

Eine der Grundlagen für die hydraulischen Auswertungen sind die durch das Institut biota durchgeführten Vermessungen im Sommer/Herbst 2022. Es wurden die innerhalb dieses Prüfberichts betrachteten Gewässerabschnitte im Bereich der Wismarschen Straße, das angrenzende Gelände sowie Querbauwerke und Einleitungen eingemessen. Dabei wurden die planungsrelevanten Vermessungspunkte grundsätzlich mit Lage- und Höhenkoordinaten aufgenommen.

Nach den ersten Analysen der Erhebungen vor Ort und der landesweit vorliegenden Hochwasserkennwerte (BIOTA 2016) konnte im Ergebnis zunächst festgestellt werden, dass die an den Gewässern vorhandenen Querbauwerke (Brücke, Durchlass und Stauwehr) sowie deren potentielle Aufstauwirkung maßgeblich für die sich einstellenden Wasserstände im Starkregenfall sind. Diese ausgewiesenen hydraulischen Engstellen werden in Abbildung 3-1 näher betrachtet und wurden im Zuge der hydraulischen Modellierung berücksichtigt.

Die Standgewässer bzw. die bereichsweise aufgeweiteten Gräben bieten einen natürlichen Retentionsraum. Die offenen Gewässerabschnitte und deren hydraulische Leistungsfähigkeit entlang des Geltungsbereiches des Bebauungsplanes wären aufgrund der z. T. geringen Größe der Teileinzugsgebiete ohne den Einfluss der Querbauwerke kaum in der Lage, im IST-Zustand schwerwiegende Flächenbetroffenheiten zu verursachen.

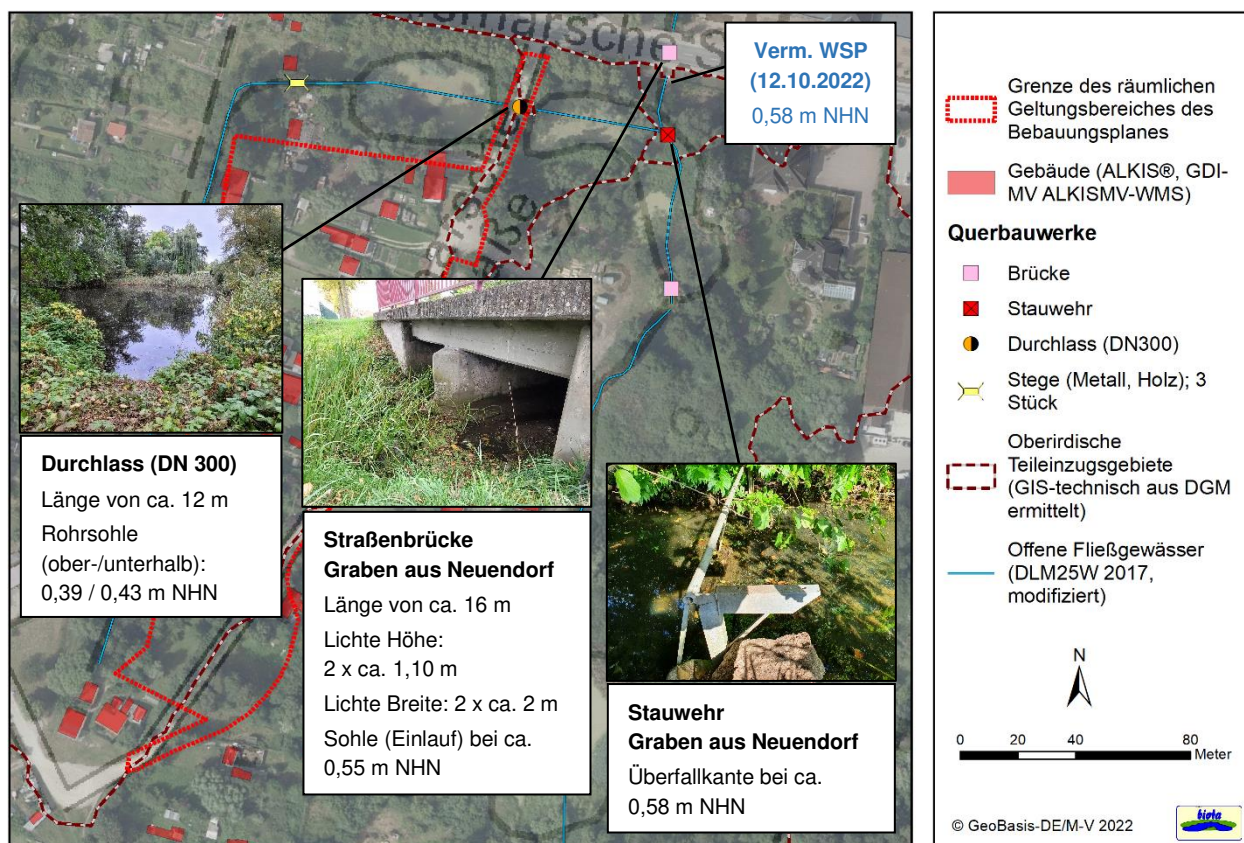


Abbildung 3-1: Querbauwerke/hydraulische Engstellen mit hydraulischen Kenngrößen im Bereich der Wismarschen Straße, die aufgrund ihrer Relevanz Berücksichtigung im hydraulischen Modell fanden

3.2 Senken- und Abflussbahnenanalyse

Überflutungen infolge von Starkregen können durch hydraulische Überlastung der Entwässerungseinrichtungen, über Ufer getretene Bachläufe oder z. B. Zuflüsse von Außengebieten (Hangwasser, „wild abfließendes Wasser“) entstehen (DWA-M 119). Besonders überflutungsgefährdete Bereiche sind topographische Tiefpunkte wie **oberirdische Abflussbahnen (Fließwege) oder Senkenlagen**.

Senkenlagen in urbanen Bereichen entstehen häufig auch anthropogen bedingt in Form von Straßendämmen oder sonstigen Verwallungen bzw. Aufschüttungen, welche die Fließwege schneiden. Das DWA-M 119 schlägt ein topographisches Klassifizierungsverfahren vor, um Fließwege hinsichtlich ihrer Überflutungsrelevanz zu bewerten (siehe auch Tabelle 3-1). Hierbei werden mithilfe eines digitalen Geländemodells im Geoinformationssystem die Abflussbahnen und Senken ermittelt. Die Überflutungsrelevanz steigt bei den Abflussbahnen mit ihrer Einzugsgebietsgröße und der damit zu erwartenden Abflussmenge.

In Abbildung 3-2 sind die auf Basis der DGM 1 und 25 bewerteten Fließwege und größeren Senken im Untersuchungsgebiet dargestellt und nach Tabelle 3-1 bewertet. Das Versagen bzw. die komplette Überlastung der Brücke an der Wismarschen Str. wurde aufgrund der vorgenommenen Dimensionierung nicht in einer gesonderten Senkenanalyse untersucht und dargestellt. Für die berechneten Senken mit Lage in Feuchtgebieten ist zu beachten, dass großwüchsige Röhrichtpflanzen die im digitalen Geländemodell gespeicherten Geländehöhen ggf. verfälschen und somit den Ablauf der Berechnungen sowie deren Ergebnisse beeinflussen können.

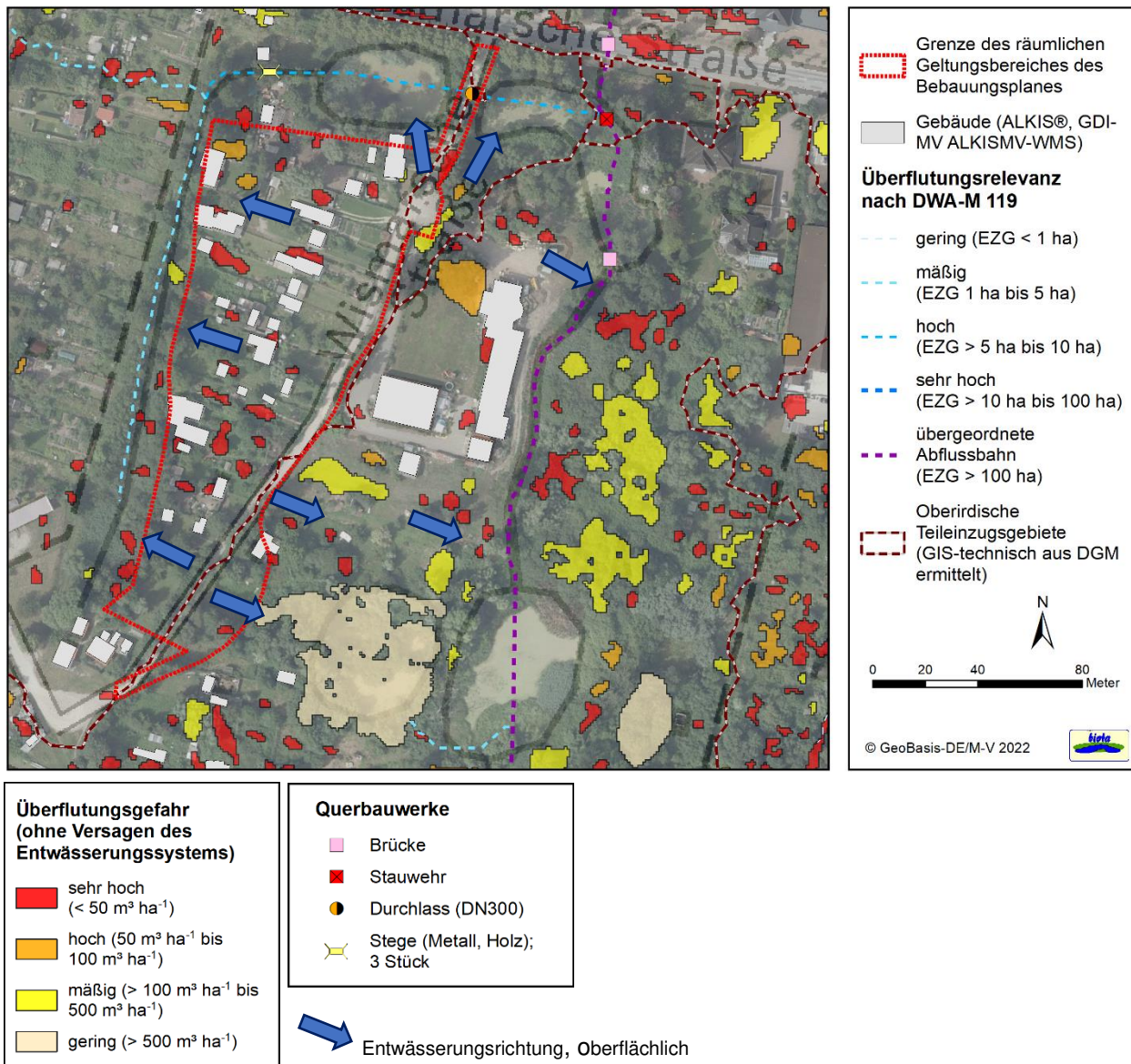
Aufgrund der verhältnismäßig geringen Größe des Untersuchungsgebietes wurden manuell weitere oberflächliche Entwässerungsrichtungen für den IST-Zustand ausgewiesen.

Tabelle 3-1: Klassifizierung der Überflutungsrelevanz von Senken und Fließwegen in Anlehnung an DWA-M 119

Gefahren-klasse	Überflutungsgefahr	Spezifisches Retentionsvolumen einer Senke	Akkumulierte Einzugsgebietsfläche entlang eins Fließweges
1	gering	$> 500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$	abseits eines Fließweges ($< 1 \text{ ha}$)
2	mäßig	$> 100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ bis $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$	1 ha bis 5 ha
3	hoch	$50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ bis $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$	$> 5 \text{ ha}$ bis 10 ha
4	sehr hoch	$< 50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$	$> 10 \text{ ha}$ bis 100 ha
übergeordnete Abflussbahn (meist Vorfluter)			$> 100 \text{ ha}$

Im inneren Untersuchungsgebiet (Abbildung 3-2) befindet sich demnach eine übergeordnete Abflussbahn mit über 100 ha Eigeneinzugsgebietsgröße – der Graben aus Neuendorf. Der Geltungsbereich des Bebauungsplanes wird zusätzlich im Norden gequert von einer Abflussbahn mit hoher Überflutungsrelevanz. Durch die geplanten Bebauungsflächen verlaufen bei den gegebenen Geländebeziehungen keine relevanten Abflussbahnen. Weiterhin befinden sich hier aber mehrere Senken mit sehr hoher Überflutungsgefahr bei Starkregen.

Es ist zu beachten, dass die **Speicherwirkung der Senken** im Zuge der Bebauung zukünftig höchstwahrscheinlich entfällt. Nachfolgend wird daher geprüft, ob dieser **Rückhalteraum** – im Sinne der Hochwasserneutralität für das unterhalb gelegene Gebiet – trotz der Nähe zum Bützower See zusätzlich vorgehalten werden sollte.



3.3 Erhöhte Außenwasserstände des Bützower Sees und deren Auswirkungen auf die Flächen innerhalb des Plangebietes

Das Plangebiet wird von Wasserstandsschwankungen des Bützower Sees beeinflusst. Unabhängig von den Ergebnissen der für diesen Prüfbericht neu durchgeführten Modellierung (Binnenhochwasser aus dem Untersuchungsgebiet) kann zur Beurteilung der Auswirkungen von Außenhochwassern (HW) auf die Flächen innerhalb des Plangebietes (Abbildung 3-3) auf bereits bestehende Studien zurückgegriffen werden. Die Szenarien wurden dabei nicht mit binnenseitigen Hochwassern kombiniert. Ungeachtet der Darstellung des PLAN-Zustands (entsprechend dem Vorentwurf) beziehen sich die Ergebnisse auf die derzeitigen Gelände-verhältnisse (keine Berücksichtigung von Geländeaufschüttungen).

Die Hochwasserwahrscheinlichkeiten für den Wasserstand (Tabelle 3-2) wurden hierfür der „Hydronumerischen Modellierung von Fließgewässerabschnitten zur Erstellung von Hochwassergefahren- und Risikokarten gemäß den Vorgaben der EU-HWRM-RL“ (BIOTA 2019) entnommen.

Tabelle 3-2: Hochwasserwahrscheinlichkeiten für den Wasserstand des Bützower Sees (Quelle: BIOTA 2019)

Wiederkehrintervall [Jahre]	WSt. [m NHN]
10	1,47
100	1,69
200	1,70

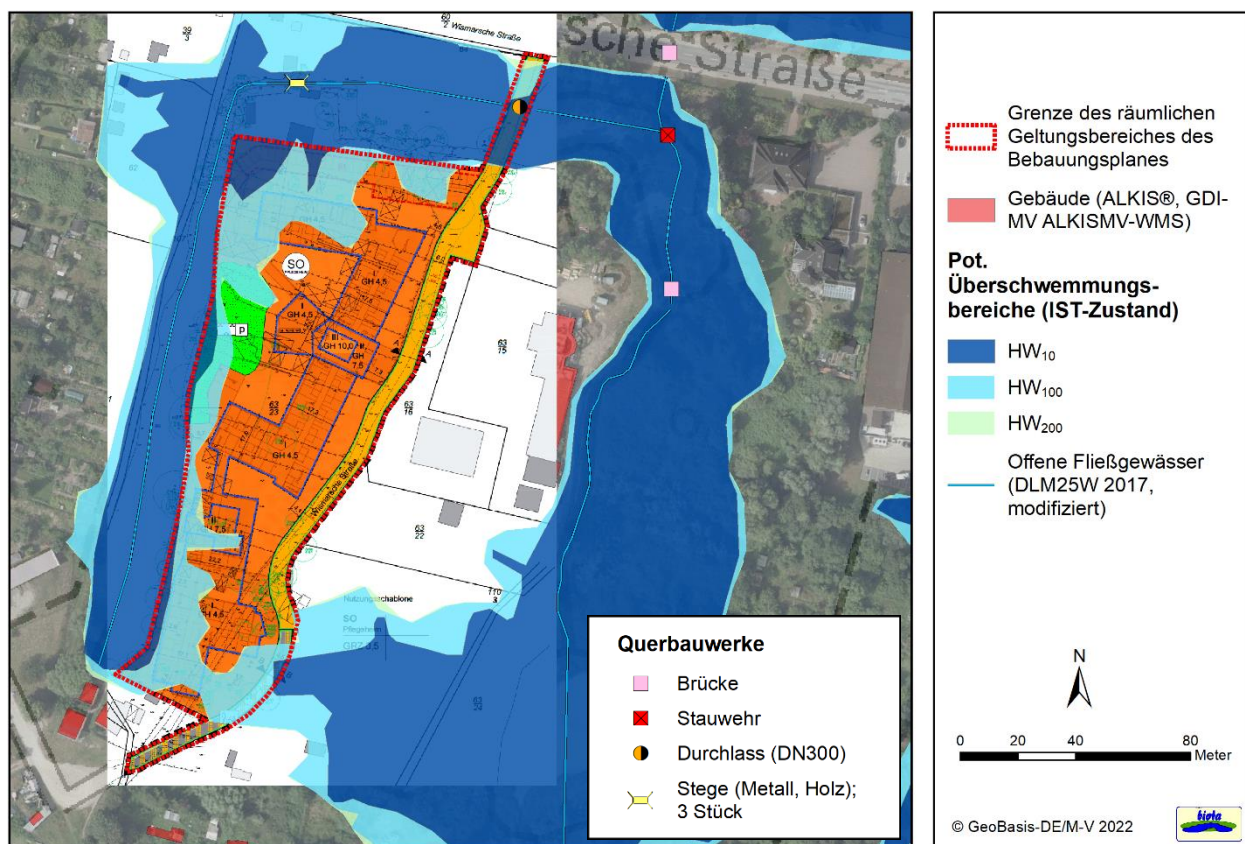


Abbildung 3-3: Überschwemmungsbereiche im Untersuchungsgebiet infolge erhöhter Außenwasserstände des Bützower Sees – IST-Zustand (derzeitige Gelände-verhältnisse); PLAN-Zustand abgebildet entsprechend dem Vorentwurf (Bearbeitungsstand: 25.02.2022)

Aus der vorstehenden Abbildung lassen sich die folgenden Erkenntnisse ableiten:

- Bei derzeitigen Geländebedingungen, d. h. ohne Berücksichtigung von Geländeaufschüttungen, wären **bereits bei dem HW₁₀-Ereignis Flächen des Plangebietes betroffen**, die sich bei extremeren Ereignissen auch auf die zukünftig mit Gebäuden bebauten Areale ausweiten.
- In Kombination mit Tabelle 3-2 wird ersichtlich, in welchen Bereichen **im weiteren Planungsprozess welche Geländehöhen** (zzgl. einer Freibordhöhe) angestrebt werden sollten, um Hochwasserrisiken zu verringern und Schaden an baulicher Substanz zu vermeiden.
- Das **HW₁₀₀-** und das **HW₂₀₀-Ereignis** weisen bzgl. der Ausdehnung der potentiellen Überschwemmungsbereiche keine signifikanten Unterschiede auf; beide Szenarien können als häufiges **Schutzniveau für Bebauungsflächen** (bebaute Gebiete im Sinne § 34 BauGB oder Gebiete im Geltungsbereich eines Bebauungsplanes nach § 30 BauGB) herangezogen werden.

3.4 Ermittlung der kritischen Hochwasserabflüsse

3.4.1 Regionalisierung von Hochwasserscheitelwerten

Grundlage der Berechnung ist die aktuelle Methodik zur Regionalisierung von Hochwasserkennwerten des Landes Mecklenburg-Vorpommern (BIOTA 2016, HOFFMANN et al. 2018), die auf der Methodik von MIEGEL & HAUPT (1998) aufbaut. Dabei werden anhand eines nichtlinearen multiplen Regressionsmodells auf Basis verschiedener Variablen die statistischen Hochwasserscheitelwerte HQ(T) festgelegter Wiederkehrintervalle ($T = 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100$ und 200 a) für die Einzugsgebiete der Oberflächengewässer geschätzt. Eingangsgrößen des Regressionsmodells sind dabei folgende Parameter:

- Gebietsgröße,
- Gebietsform,
- Höhe des Gebietsauslasses,
- nutzbare Feldkapazität,
- Seeretention und
- mittlerer jährlicher Gebietsniederschlag.

Der Ansatz von BIOTA (2016) beinhaltet Modellierungen für Einzugsgebiete mit einer Flächengröße von mehr als 5 km^2 . Bei kleineren Einzugsgebieten wird das vorgegebene Regressionsmodell ebenfalls genutzt und die entsprechenden HQ(T)-Werte werden extrapoliert.

Die resultierenden, ungedrosselten Abflussspitzenwerte (IST-Zustand) für die beiden wesentlichen Modellknotenpunkte sind in Tabelle 3-3 zusammengefasst.

Tabelle 3-3: Ungedrosselte Abflussscheitel nach Teileinzugsgebiet und Wiederkehrintervall; Berechnung auf Grundlage der aktuellen Methodik zur Regionalisierung von Hochwasserkennwerten des Landes Mecklenburg-Vorpommern – IST-Zustand

Bezeichnung TEZG	Abflussscheitel [l s^{-1}] und Wiederkehrintervall T [a]			
	T = 5 a	T = 10 a	T = 20 a	T = 100 a
Bis Straßenbrücke Graben aus Neuendorf	393	534	725	1.213
Bis Gewässerdurchlass (DN 300)	25	39	60	125

3.4.2 Kategorisierung von Starkregen und maßgebliche Niederschlagsereignisse

Nach DWA-M 119 existiert bisher *„keine allgemeingültige Definition für den Begriff Starkregen. [...] Für die Aufgabenstellung der kommunalen Überflutungsvorsorge wird nachstehende Definition und weitergehende Kategorisierung von Starkregen eingeführt:*

- **Starkregen:** Regenereignisse, die in einzelnen Dauerstufen Regenhöhen mit Wiederkehrzeiten $T_n \geq 1$ a aufweisen [...]
- **Bemessungsregen:** Regenereignisse mit Wiederkehrzeiten im Bereich der Bemessungs- und Überstau-Wiederkehrzeiten nach Arbeitsblatt DWA-A 118:2006 (z. B. $T_n = 1$ a bis 5 a)
- **Seltene Starkregen:** Regenereignisse mit Wiederkehrzeiten oberhalb maßgebender Überstau-Wiederkehrzeiten, aber innerhalb maßgebender Überflutungs-Wiederkehrzeiten (z. B. für Stadtzentren $T_n > 5$ a bis 30 a)
- **Außergewöhnliche Starkregen:** Regenereignisse mit Wiederkehrzeiten oberhalb der maßgebenden Überflutungs-Wiederkehrzeiten“

Für die weiteren Berechnungen, zunächst zur Ermittlung der max. Abflussspenden, werden folgende **Szenarien** betrachtet:

1. Bemessungsregen Dauerstufe D = 15 min, Wiederkehrintervall **T = 5 a** als Bemessungsgrundlage für den Entwurf von Entwässerungsnetzen nach DWA-A 118, hier „Stadtzentren, Industrie und Gewerbegebiete ohne Überflutungsprüfung“
2. Außergewöhnlicher Starkregen Dauerstufe D = 15 min, Wiederkehrintervall **T = 100 a** als zusätzliches Instrument für die nachgeordnete Erschließungsplanung (Notwasserwege für den oberirdischen Abfluss bei Extremereignissen)
3. Seltener Starkregen Dauerstufe D = 15 min, Wiederkehrintervall **T = 10 a**
4. Seltener Starkregen Dauerstufe D = 15 min, Wiederkehrintervall **T = 20 a**

Unter Verwendung der Spitzenabflussbeiwerte nach DWA-A 118 (vgl. Kapitel 3.4.4) werden im IST- und im PLAN-Zustand aus den ermittelten, max. Abflussspenden für einen Gebietsauslass des Plangebietes jeweils die Abflussspitzen berechnet und den regionalisierten Abflussscheiteln aus Kapitel 3.4.1 gegenübergestellt.

Im Zuge der hydraulischen Modellierung (Kapitel 3.5) wird dann auf ein abflussscheitelbasiertes Modell abgestellt, d. h. die Modellierung erfolgt stationär. Diese Vorgehensweise ist sicherheitsorientiert, da in diesem Fall sämtliche Retentionsräume vollkommen ausgeschöpft werden und keine Hochwasserwellenabflachung innerhalb der Modellierung (entspräche einer Reduktion der Scheitelwasserstände) berücksichtigt wird. Insbesondere der hydraulischen Wirkung von Engstellen (Durchlässe, Brücken etc.), die Retention bei höheren Abflüssen bewirken können, kommt hierdurch eine besondere Bedeutung zu.

Im PLAN-Zustand erfolgt die Betrachtung eines deutlich stärker versiegelten Plangebietes in einem insgesamt eher kleinen Teileinzugsgebiet. Hier führen kürzere Niederschlagsereignisse mit hohen Niederschlagsintensitäten (Niederschlagsstärken) zu zeitnahen, kritischen Hochwasserabflüssen (bzgl. des Hochwasserscheitels). Die Wahl von Starkregen mit der Dauerstufe D = 15 min zur Berechnung der Hochwasserscheitelwerte in Kombination mit einer stationären Modellierung (max. mögliches Abflussvolumen) stellt mit die höchste Belastung für das hydraulische System dar. Das beschriebene Hochwassergeschehen zur Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bzw. zur Dimensionierung heranzuziehen, ist somit **in höchstem Maße sicherheitsorientiert** und im Bereich der Ortslage angemessen, ist am Gewässer aber mitunter nicht zu charakterisieren als ein „typisches“ Abflussereignis hinsichtlich des Hochwasservolumens.

3.4.3 Eingangsgröße Niederschlag

Niederschlag-Abfluss-Modellen werden tatsächlich aufgetretene oder theoretische Bemessungsniederschläge zugrunde gelegt.

Im Hinblick auf extreme und für die gewöhnliche praktische Bemessung geeignete Starkniederschlagsereignisse hat der Deutsche Wetterdienst (DWD) bereits 1997 Starkniederschlagshöhen in Kartenform veröffentlicht. Die zugrundeliegenden Untersuchungen sind vom DWD fortgeführt worden – für den 60-jährigen Basiszeitraum 1951 bis 2010 (MALITZ & ERTEL 2015).

Der KOSTRA-Atlas bietet eine gute und wissenschaftlich abgesicherte Möglichkeit, flächendeckende Informationen zur regionalen Verteilung von Starkniederschlägen hinsichtlich Höhe und Wiederkehrintervall zu gewinnen.

Vor diesem Hintergrund wurden mit Hilfe der Software-Lösung *KOSTRA-DWD (2010R)* als Grundlage der weiteren Betrachtungen für das Plangebiet die entsprechenden Starkniederschlagshöhen bzw. -spenden für verschiedene Wiederkehrintervalle ermittelt (vgl. Tabelle 3-4). Für die PLAN-Zustände wurde ein Klimazuschlag (Toleranzbetrag) berücksichtigt (Tabelle 3-5).

Tabelle 3-4: KOSTRA-Daten für das Rasterfeld Spalte 50, Zeile 18, Ortsname: Bützow (MV); eingehende Niederschlagshöhen und -spenden für die Wiederkehrintervalle T = 5, 10, 20 und 100 Jahre und D = 15 min

Dauerstufe D	Niederschlagshöhe hN [mm] und Wiederkehrintervall T [a]			
[min]	T = 5 a	T = 10 a	T = 20 a	T = 100 a
15	14,2	16,2	18,3	23,2
Dauerstufe D	Niederschlagspende rN [l s ⁻¹ ha ⁻¹] und Wiederkehrintervall T [a]			
[min]	T = 5 a	T = 10 a	T = 20 a	T = 100 a
15	157,8	180,0	203,3	257,8

Tabelle 3-5: KOSTRA-Daten für das Rasterfeld Spalte 50, Zeile 18, Ortsname: Bützow (MV); eingehende Niederschlagshöhen und -spenden für die Wiederkehrintervalle T = 5, 10, 20 und 100 Jahre und D = 15 min; PLAN-Zustand inkl. Klimazuschlag (Toleranzbetrag):

bei 1 a ≤ T ≤ 5 a + 10 %
bei 5 a < T ≤ 50 a + 15 %
bei 50 a < T ≤ 100 a + 20 %

Dauerstufe D	Niederschlagshöhe hN [mm] und Wiederkehrintervall T [a]			
[min]	T = 5 a	T = 10 a	T = 20 a	T = 100 a
15	15,6	18,6	21,0	27,8
Dauerstufe D	Niederschlagspende rN [l s ⁻¹ ha ⁻¹] und Wiederkehrintervall T [a]			
[min]	T = 5 a	T = 10 a	T = 20 a	T = 100 a
15	173,6	207,0	233,8	309,4

3.4.4 Berechnung des Regenwasserabflusses nach DWA-A 118

Unter Verwendung von Geodaten aus Kapitel 2 können nach DWA-A 118 für das Plangebiet im IST- sowie im PLAN-Zustand Spitzenabflussbeiwerte bei einer Regendauer von 15 min (siehe Tabelle 3-6) bestimmt werden. Der Spitzenabflussbeiwert beschreibt das Verhältnis zwischen der resultierenden maximalen Abflussspende und der zugehörigen Regenspende. Das Verfahren besitzt Gültigkeit für kanalisierte (Teil-) Einzugsgebiete („mit der Kanalisation erfasste abflusswirksame Flächen“) und Fließlängen von 40 bis 70 m, so dass für den IST-Zustand zunächst eine Überschätzung der Direktabflüsse zu erwarten ist. Insbesondere bei nicht oder gering befestigten Teilflächen sind Ungenauigkeiten nicht auszuschließen.

Tabelle 3-6: Empfohlene Spitzenabflussbeiwerte für unterschiedliche Regenspenden bei einer Regendauer von 15 min (r_{15}) in Abhängigkeit von der mittleren Geländeneigung I_G und dem Befestigungsgrad (nach DWA-A 118)

Befestigungsgrad [%]	Gruppe 1 $I_G < 1 \%$				Gruppe 2 $1 \% \leq I_G \leq 4 \%$			
	für r_{15} [l s ⁻¹ ha ⁻¹] von							
	100	130	180	225	100	130	180	225
0*	0,00	0,00	0,10	0,31	0,10	0,15	0,30	(0,46)
10*	0,09	0,09	0,19	0,38	0,18	0,23	0,37	(0,51)
20	0,18	0,18	0,27	0,44	0,27	0,31	0,43	0,56
30	0,28	0,28	0,36	0,51	0,35	0,39	0,50	0,61
40	0,37	0,37	0,44	0,57	0,44	0,47	0,56	0,66
50	0,46	0,46	0,53	0,64	0,52	0,55	0,63	0,72
60	0,55	0,55	0,61	0,70	0,60	0,63	0,70	0,77
70	0,64	0,64	0,70	0,77	0,68	0,71	0,76	0,82
80	0,74	0,74	0,78	0,83	0,77	0,79	0,83	0,87
90	0,83	0,83	0,87	0,90	0,86	0,87	0,89	0,92
100	0,92	0,92	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,97
Befestigungsgrad [%]	Gruppe 3 $4 \% < I_G \leq 10 \%$				Gruppe 4 $I_G > 10 \%$			
	für r_{15} [l s ⁻¹ ha ⁻¹] von							
	100	130	180	225	100	130	180	225
0*	0,15	0,20	(0,45)	(0,60)	0,20	0,30	(0,55)	(0,75)
10*	0,23	0,28	0,50	(0,64)	0,28	0,37	(0,59)	(0,77)
20	0,31	0,35	0,55	0,67	0,35	0,43	0,63	0,80
30	0,39	0,42	0,60	0,71	0,42	0,50	0,68	0,82
40	0,47	0,50	0,65	0,75	0,50	0,56	0,72	0,84
50	0,55	0,58	0,71	0,79	0,58	0,63	0,76	0,87
60	0,62	0,65	0,76	0,82	0,65	0,70	0,80	0,89
70	0,70	0,72	0,81	0,86	0,72	0,76	0,84	0,91
80	0,78	0,80	0,86	0,90	0,80	0,83	0,87	0,93
90	0,86	0,88	0,91	0,93	0,88	0,89	0,93	0,96
100	0,94	0,95	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97	0,98

* Befestigungsgrade $\leq 10 \%$ bedürfen i. d. R. einer gesonderten Betrachtung

Mit den Niederschlagspenden aus dem KOSTRA-Atlas des DWD (Kapitel 3.4.3, Tabelle 3-4 bzw. Tabelle 3-5 mit Klimazuschlag im PLAN-Zustand) als Eingangsgröße und unter Vernachlässigung der Abflusskonzentration (sicherheitsorientiert) können so Abflussspitzenwerte für das Plangebiet ausgewiesen werden (Tabelle 3-7). Zum Vergleich sind für den IST-Zustand die regionalisierten Hochwasserkennwerte aus Kapitel 3.4.1, vom Teileinzugsgebiet übertragen auf die Fläche des Plangebietes, angegeben.

Tabelle 3-7: Ungedrosselte Abflussspitzen für die Wiederkehrintervalle T = 5, 10, 20 und 100 Jahre und D = 15 min für den Geltungsbereich des Bebauungsplanes nach DWA-A 118 – IST- und PLAN-Zustand; zum Vergleich die regionalisierten Hochwasserkennwerte für den IST-Zustand

Zustand	Abflussspitzen [l s^{-1}] und Wiederkehrintervall T [a]			
	T = 5 a	T = 10 a	T = 20 a	T = 100 a
IST (DWA-A 118)	73	97	129	186
PLAN (DWA-A 118)	157	196	231	320
IST (Regionalisierung)	4	6	9	19
PLAN (Aufschlag)	153	190	222	301

Deutlich werden in den Werten für den IST-Zustand die Unterschiede zwischen Regionalisierung und den Berechnungen nach DWA-A 118. Die Abflüsse nach DWA-A 118 werden aufgrund der oben genannten Gründe (u. a. geringer Befestigungsgrad, nicht kanalisierte Flächen) vermutlich deutlich überschätzt. Die Werte werden daher verworfen und die Differenzen zwischen PLAN (DWA-A 118) und IST (Regionalisierung) werden im PLAN-Zustand als hydrologische Antriebsgröße im hydraulischen Modell aufgeschlagen.

3.5 Hydraulisches Modell – Modellansatz und -wahl

Die Wahl eines geeigneten Rechenprogramms fiel auf das Modell HEC-RAS in den Versionen 5.0.3 und 5.0.5 (Abbildung 3-4). Das Programm HEC-RAS wird vom Institut of Hydrologic Engineering Center des US Army Corps fortlaufend entwickelt und über das Internet weltweit angeboten (<http://www.hec.usace.army.mil>). Es ermöglicht u. a. die 1D-Wasserspiegellagenberechnung naturnaher Gerinne auf Grundlage der Fließformel nach MANNING-STRICKLER, wobei stationäre sowie instationäre Abfluss- und damit Strömungsvorgänge modelliert werden können. Ferner ist das Modell ab der Version 5 in der Lage, zweidimensionale Strömungsprozesse abzubilden und diese sogar mit eindimensionalen Berechnungen direkt zu koppeln.

Für diesen Prüfbericht wurde das Untersuchungsgebiet durch insgesamt fünf 1D-Retentionsräume abgebildet (ein gesamter Raum jeweils durch eine Wasserstands-Volumen-Beziehung definiert). Die Querbauwerke aus Kapitel 3.1 verbinden die einzelnen Räume (vgl. auch Abbildung 3-5).

In allen Abflussszenarien erfolgte instationär eine im Zeitverlauf konstante Durchflusszugabe (der Hochwasserscheitelwerte), bis sich im Modell stabile Wasserstände einstellten. Das Ergebnis entspricht weitgehend dem einer stationären Modellierung. Die untere Randbedingung des Modells bildet ein nach DGM 1 „gewöhnlicher“ Wasserstand des Bützower Sees von 0,40 m NHN.

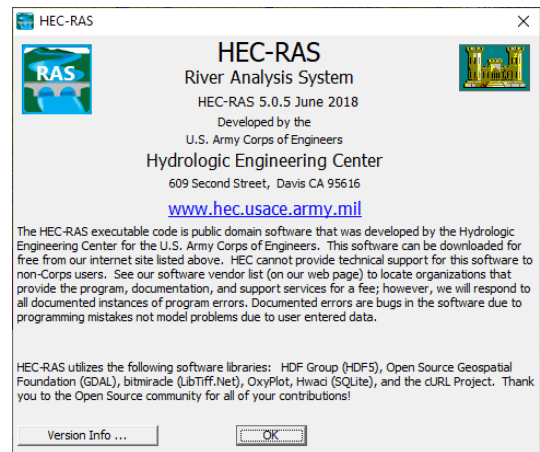


Abbildung 3-4: Ansicht der Software HEC-RAS (Eröffnungsbildschirm)



Abbildung 3-5: Hydraulisches Modell an der Wismarschen Str. (Ausschnitt) mit wesentlichen Geometrien, eindimensionale Betrachtung der Untersuchungsgewässer sowie der Vorlandflächen mit farblicher Abstufung der Geländehöhen (DGM 1 und 25, © GeoBasis-DE/M-V 2022)

3.6 Berechnungsszenarien und Ansätze

Für die Berechnungen werden folgende drei Szenarien zugrunde gelegt:

1. **IST-Zustand** als Bezugsszenario mit Querbauwerken nach Kapitel 3.1
2. **PLAN-Zustand I** nach B-Plan, jedoch ohne spezifische Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen, d. h. mit üblicher Ableitung des Regenwassers in eine mögliche Vorflut, Querbauwerke unverändert nach Kapitel 3.1
3. **PLAN-Zustand II** nach B-Plan, nach Prüfung von PLAN-Zustand I ebenfalls ohne spezifische Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen, jedoch mit Anpassung (Ausbau) der wesentlichen hydraulischen Engstelle:
 - Gewässerdurchlass (DN 300) am nördlichen Zufahrtspunkt zum Plangebiet → DN 600

Bei der Berechnung der drei Szenarien unterscheiden sich somit die in das Modell eingespeisten Hochwasserscheitelwerte sowie die Bauwerksgeometrien. Die Einleitung des Regenwasser-/Direktabflusses über dem Plangebiet erfolgt in beiden PLAN-Zuständen sicherheitsorientiert im Sinne höherer Wasserstände oberhalb des Gewässerdurchlasses (DN 300 bzw. DN 600).

3.7 Berechnungsergebnisse

3.7.1 IST-Zustand

Werden die **modellierten Wasserstände** mit dem digitalen Geländemodell verschnitten, können Karten mit Ausuferungsbereichen für die untersuchten Wiederkehrintervalle erstellt werden (Abbildung 3-6).

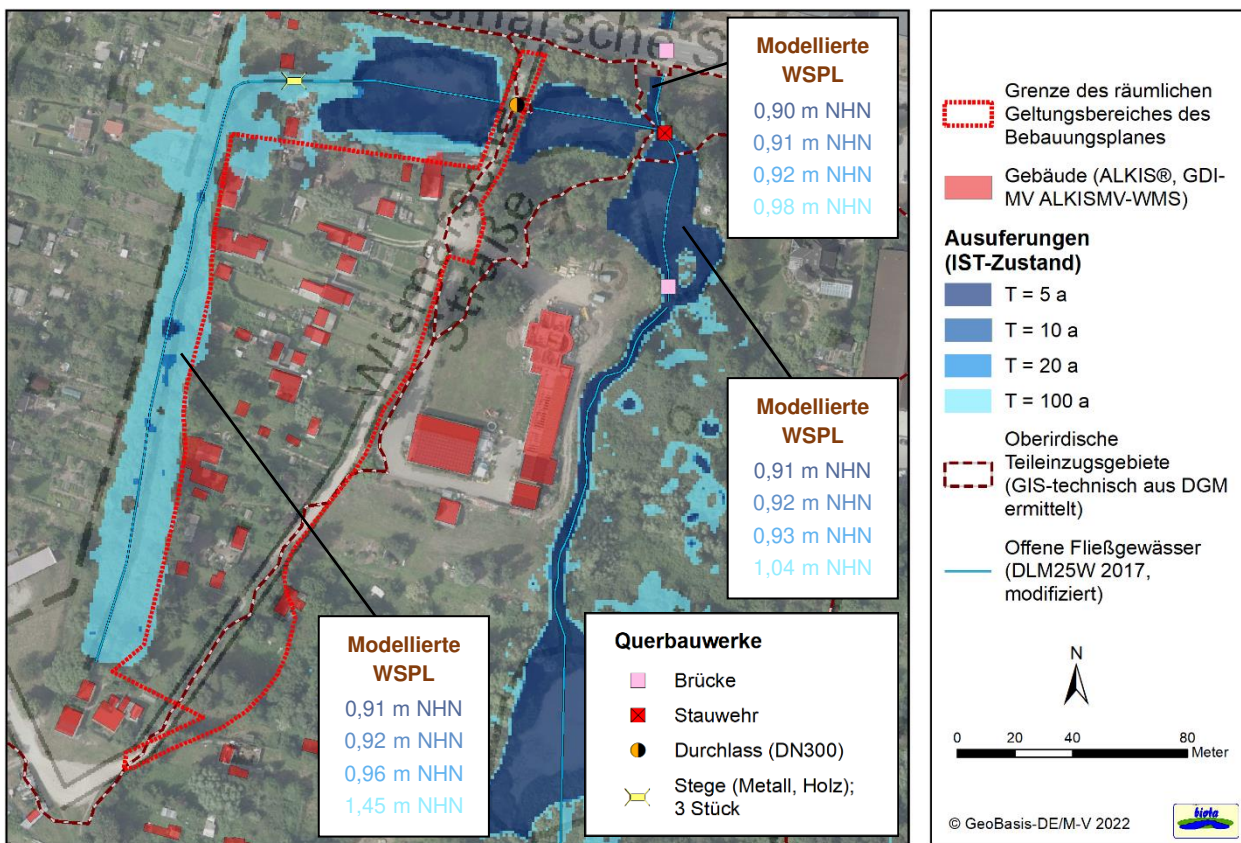


Abbildung 3-6: Ausuferungsbereiche im Untersuchungsgebiet entlang der Hauptabflussbahnen mit Angabe der modellierten Wasserspiegellagen (WSPL) – IST-Zustand (derzeitige Geländebeziehungen)

Aus der hydraulischen Modellierung lassen sich für den **IST-Zustand** verschiedene Erkenntnisse zum Ausuferungsverhalten im Umfeld des Plangebietes ableiten:

- Die ermittelten Abflussspitzen im IST-Zustand führen spätestens bei dem untersuchten außergewöhnlichen Abflussereignis ($T = 100$ a) zu einem Überschreiten der hydraulischen Leistungsfähigkeit an den Bauwerken (nur Gewässerdurchlass DN 300) und daraus resultierend zu einem Auf- und Rückstau am Gewässer mit vereinzelt Betroffenen in der Fläche.
- Ein Blick auf die ausgewiesenen Wasserstände (bis zu 1,45 m NHN bei $T = 100$ a) zeigt, dass ein Hochwasserrisiko im Untersuchungsgebiet nicht vorrangig durch binnenseitige Hochwasser, sondern hauptsächlich durch erhöhte Außenwasserstände des Bützower Sees (vgl. Kapitel 3.3) verursacht wird.
- Ggf. werden nicht alle Gewässerflächen in dem Layer der Ausuferungen in allen Szenarien dargestellt. Dies hängt in der Regel mit fehlerhaften Höhen im digitalen Geländemodell (bedingt durch z. B. starken Uferbewuchs, großwüchsige Röhrichtpflanzen) zusammen. Auf die Berechnungsergebnisse hat dies keine negativen Einflüsse im Sinne einer sicherheitsorientierten Modellierung.

3.7.2 PLAN-Zustand I

Werden die **modellierten Wasserstände** mit dem digitalen Geländemodell verschnitten, können Karten mit Ausuferungsbereichen für die untersuchten Wiederkehrintervalle erstellt werden (Abbildung 3-7).

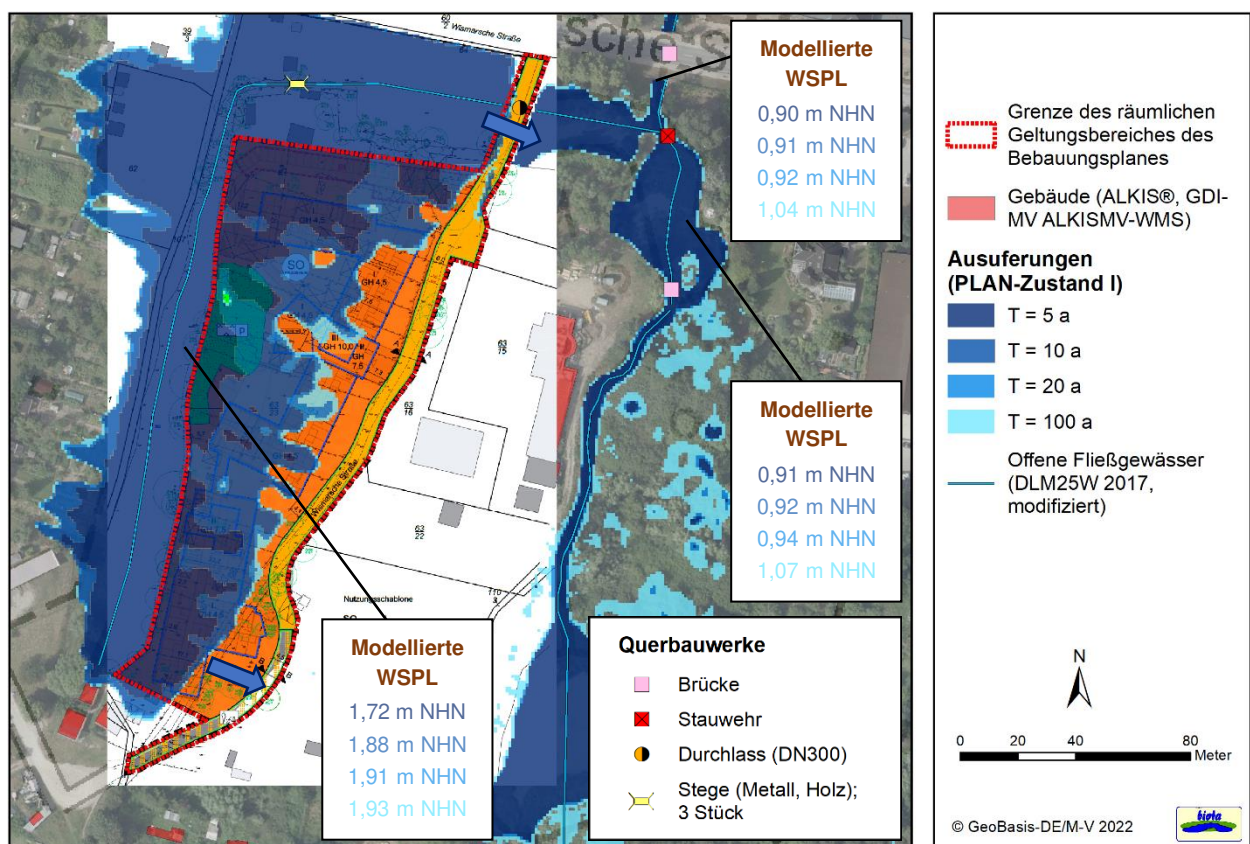


Abbildung 3-7: Ausuferungsbereiche im Untersuchungsgebiet entlang der Hauptabflussbahnen mit Angabe der modellierten Wasserspiegellagen (WSPL) – PLAN-Zustand I (jedoch derzeitige Geländeverhältnisse); PLAN-Zustand abgebildet entsprechend dem Vorentwurf (Bearbeitungsstand: 25.02.2022)

Aus der hydraulischen Modellierung lassen sich für den **PLAN-Zustand I** verschiedene Erkenntnisse zum Ausuferungsverhalten im Umfeld des Plangebietes ableiten:

- Auch wenn die Abflussvolumina überschätzt werden, so zeigen die Ergebnisse deutlich, dass alle ermittelten Abflussspitzen des Plangebietes nach der Bebauung die hydraulische Leistungsfähigkeit des Gewässerdurchlasses (DN 300) übersteigen würden. Betroffenheiten, ggf. auch großflächig, wären nicht auszuschließen.
- **Der Ausbau der hydraulischen Engstelle wird daher dringend empfohlen!**

3.7.3 Prüfung der Hochwasserneutralität für das unterhalb gelegene Gebiet (Bützower See)

Nach der Niederschlagsseinleitung in die Vorflut findet zeitnah der Abfluss Richtung Bützower See statt. Im PLAN-Zustand ergäbe sich daher eine zusätzliche volumenmäßige Belastung des „Retentionsraumes Bützower See“. Die Wasserstands-Volumen-Beziehung für diesen und die Flächen im Umfeld kann der Abbildung 3-8 entnommen werden.

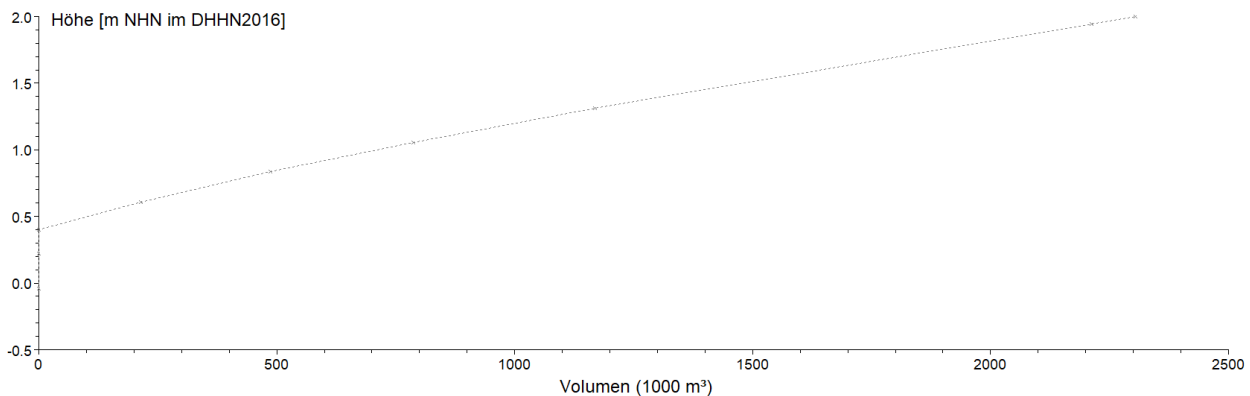


Abbildung 3-8: Wasserstands-Volumen-Beziehung für den Bützower See und Umfeld (Datengrundlage: DGM 1 und 25, © GeoBasis-DE/M-V 2022); Auszug aus der Modellsoftware

Wie in Kapitel 3.4.2 erläutert, würden im Plangebiet zukünftig eher kürzere Niederschlagsereignisse mit hohen Niederschlagsintensitäten (Niederschlagsstärken) zu zeitnahen, kritischen Hochwasserabflüssen (bzgl. des Hochwasserscheitels) führen.

Setzt man die mit Hilfe der Software-Lösung *KOSTRA-DWD (2010R)* ermittelten Starkniederschlagshöhen für die verschiedenen Wiederkehrintervalle und $D = 15$ min an, so lassen sich über der Fläche des Geltungsbereiches des Bebauungsplanes (ca. 1,3 ha) die jeweiligen kumulierten Niederschlagsvolumina bestimmen (Tabelle 3-8). Diese bewegen sich etwa zwischen 200 m^3 ($T = 5$ a) und 400 m^3 ($T = 100$ a). Ein Klimazuschlag ist berücksichtigt.

Für längere Niederschlagsereignisse (z. B. 72 Std.) liegen die Volumina etwa um das 4-fache höher. Eine Betrachtung dieser ist jedoch aufgrund der in der Regel dann deutlich geringeren Niederschlagsintensitäten nicht zielführend.

Tabelle 3-8: KOSTRA-Daten für das Rasterfeld Spalte 50, Zeile 18, Ortsname: Bützow (MV); eingehende Niederschlagshöhen und daraus berechnete Niederschlagsvolumina für den Geltungsbereich des Bebauungsplanes (1,3 ha) für die Wiederkehrintervalle T = 5, 10, 20 und 100 Jahre und D = 15 min; PLAN-Zustand inkl. Klimazuschlag (Toleranzbetrag):

bei $1 \text{ a} \leq T \leq 5 \text{ a}$ + 10 %
 bei $5 \text{ a} < T \leq 50 \text{ a}$ + 15 %
 bei $50 \text{ a} < T \leq 100 \text{ a}$ + 20 %

Dauerstufe D	Niederschlagshöhe hN [mm] und Wiederkehrintervall T [a]			
[min]	T = 5 a	T = 10 a	T = 20 a	T = 100 a
15	15,6	18,6	21,0	27,8

Dauerstufe D	Niederschlagsvolumen [m³] und Wiederkehrintervall T [a]			
[min]	T = 5 a	T = 10 a	T = 20 a	T = 100 a
15	209	249	281	372

Aus den berechneten Niederschlagsvolumina lassen sich über die Wasserstands-Volumen-Beziehung anschließend die max. möglichen Wasserstandsänderungen im Bützower See infolge dieser Ereignisse ermitteln (Tabelle 3-9). Sicherheitsorientiert wird dabei von einem gesamten Zufluss der Niederschlagsmenge ausgegangen. Die real möglichen Änderungen dürften daher aufgrund des Gebietsrückhaltes (Interzeptions- und Muldenverluste), der Abflusskonzentration und des Abflusses am Bützower See selbst geringer ausfallen.

Tabelle 3-9: Wasserstandsänderung im Bützower See bei Zufluss der gesamten berechneten Niederschlagsvolumina für den Geltungsbereich des Bebauungsplanes (1,3 ha) für die Wiederkehrintervalle T = 5, 10, 20 und 100 Jahre und D = 15 min; PLAN-Zustand inkl. Klimazuschlag (Toleranzbetrag)

Dauerstufe D	Wasserstandsänderung [mm] und Wiederkehrintervall T [a]			
[min]	T = 5 a	T = 10 a	T = 20 a	T = 100 a
15	0,209	0,249	0,281	0,372

Im Ergebnis lassen sich max. **mögliche Wasserstandsänderungen** von < 0,5 mm im Bützower See feststellen, die auf die Fläche des Plangebietes zurückgehen. Bezieht man nun noch den IST-Zustand mit ein, so dürften die Differenzen für alle untersuchten Wiederkehrintervalle bei < **0,3 mm** liegen. Es kann somit von einer Hochwasserneutralität für das unterhalb gelegene Gebiet gesprochen werden. Die Gefährdung unterhalb liegender Anrainer wäre minimal. Die Errichtung von dezentralen Regenwasserspeichern aus Gründen des Hochwasserschutzes wäre daher aufgrund der Nähe zum See nicht verhältnismäßig.

3.7.4 PLAN-Zustand II

Werden die **modellierten Wasserstände** mit dem digitalen Geländemodell verschnitten, können Karten mit Ausuferungsbereichen für die untersuchten Wiederkehrintervalle erstellt werden (Abbildung 3-9).

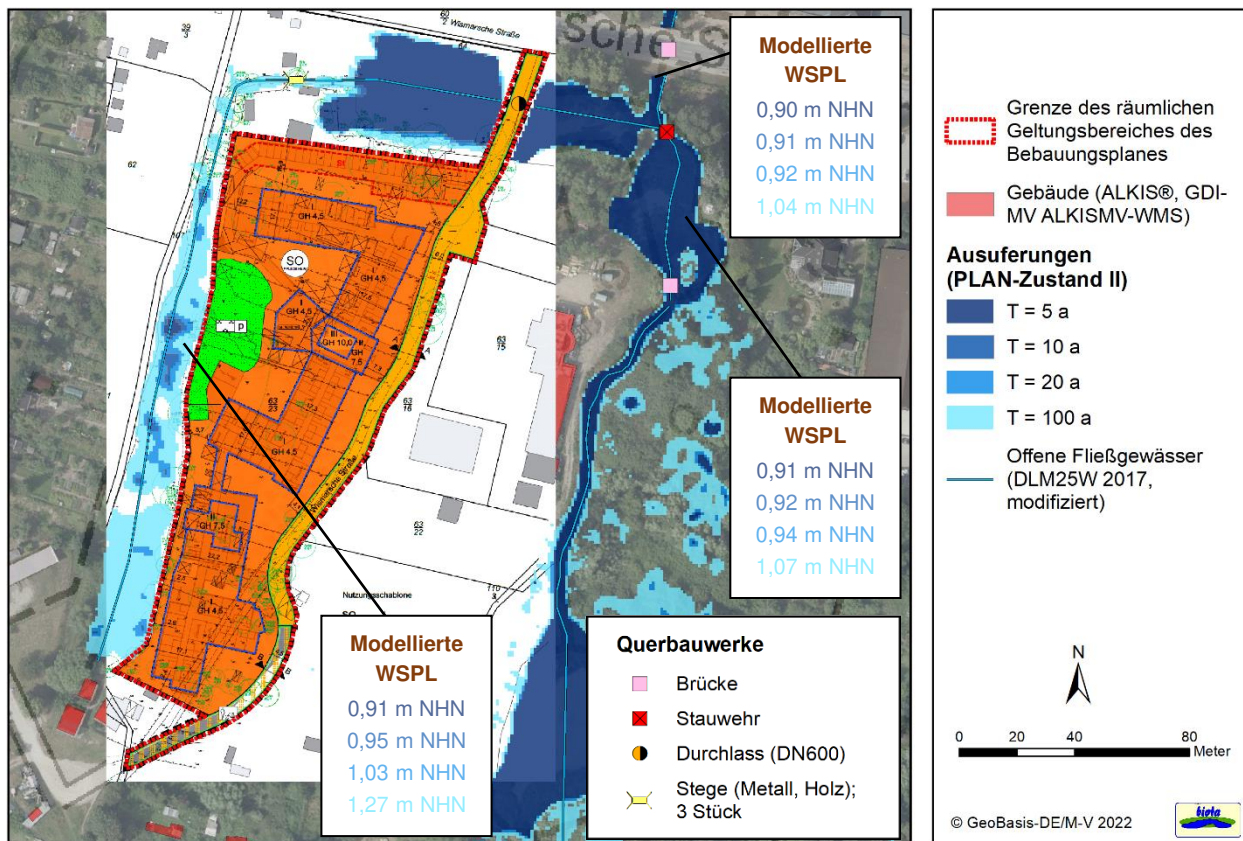


Abbildung 3-9: Ausuferungsbereiche im Untersuchungsgebiet entlang der Hauptabflussbahnen mit Angabe der modellierten Wasserspiegellagen (WSPL) – PLAN-Zustand II (jedoch derzeitige Geländeverhältnisse); PLAN-Zustand abgebildet entsprechend dem Vorentwurf (Bearbeitungsstand: 25.02.2022)

Aus der hydraulischen Modellierung lassen sich für den **PLAN-Zustand II** verschiedene Erkenntnisse zum Ausuferungsverhalten im Umfeld des Plangebietes ableiten:

- Wie vorangegangen vielfach beschrieben, erfolgte die Modellierung in hohem Maße sicherheitsorientiert hinsichtlich höherer Wasserstände. Dennoch kann in keinem Szenario eine Überlastung des Gewässersystems (inkl. Bauwerke) mehr festgestellt werden – aufgrund der Anpassung („Beseitigung“) der hydraulischen Engstelle (Durchlass DN 300 → DN 600).
- Sollte dieser Zustand so umgesetzt werden, wäre ein Gefährdungspotential im Untersuchungsgebiet durch reine binnenseitige Hochwasser (keine erhöhten Außenwasserstände des Bützower Sees) bzw. durch die Niederschlagseinleitung in die Vorflut minimal. Dies gilt, sofern keine weiteren Abflusshindernisse auftreten. Das Regenwasser-Grundleitungssystem auf dem Gelände bleibt von der Untersuchung hinsichtlich einer Überlastung ausgeschlossen.
- Ein Blick auf die ausgewiesenen Wasserstände (bis zu 1,27 m NHN bei T = 100 a) zeigt, dass ein Hochwasserrisiko im Untersuchungsgebiet nicht durch binnenseitige Hochwasser, sondern hauptsächlich durch erhöhte Außenwasserstände des Bützower Sees (vgl. Kapitel 3.3) verursacht würde. Diese Szenarien sollten daher als Schutzniveau für die Bebauungsflächen herangezogen werden.

4 Bewertung der stofflichen Belastung des Niederschlagswassers

Im DWA-A 102-2 wird der Parameter AFS₆₃ (Abfiltrierbare Stoffe mit einem Partikeldurchmesser $\leq 63 \mu\text{m}$) als Zielgröße der Regenwasserbehandlung definiert (Tabelle 4-1).

Tabelle 4-1: Rechenwerte zur mittleren Konzentration im Regenwasserabfluss und zum flächenspezifischen jährlichen Stoffabtrag für AFS₆₃ nach DWA-A 102-2

Kategorie	Mittlere Konzentration $c_{R,AFS63}$ im Jahresregenwasserabfluss	Flächenspezifischer Stoffabtrag $b_{R,a,AFS63}$
	[mg l ⁻¹]	[kg ha ⁻¹ a ⁻¹]
Kategorie I	50	280
Kategorie II	95	530
Kategorie III	136	760

Gemäß Anhang A Tabelle A.1 (DWA-A 102-2) sind die angeschlossenen Gebäude- und Hofflächen der Belastungskategorie I zuzuordnen (Tabelle 4-2 und Abbildung 4-1). Die neuen Verkehrsflächen inklusive Parkflächen werden aufgrund der geringen zu erwartenden Verkehrsstärke (weniger als durchschnittlich 300 KFZ pro Tag und weniger als 50 Wohneinheiten) ebenfalls der Belastungskategorie I zugeordnet. Daraus ergibt sich ein absoluter Stoffeintrag von 350 kg a⁻¹. Der resultierende flächenspezifische Stoffabtrag beträgt 280 kg ha⁻¹ a⁻¹. Der zulässige flächenspezifische Stoffabtrag wird damit eingehalten und eine Reinigung des einzuleitenden Niederschlagswassers ist nicht notwendig (Tabelle 4-2).

Tabelle 4-2: Belastungskategorien und jährlicher Stoffabtrag der Teilflächen

Flächentyp	Belastungskategorie	Fläche [ha]	Jährlicher Stoffabtrag der Teilfläche $B_{R,a,AFS63,i}$ [kg a ⁻¹]
Dachflächen	I	0,46	130
Verkehrsflächen	I	0,32	89
Sonstige Hofflächen	I	0,47	132
Summe			350

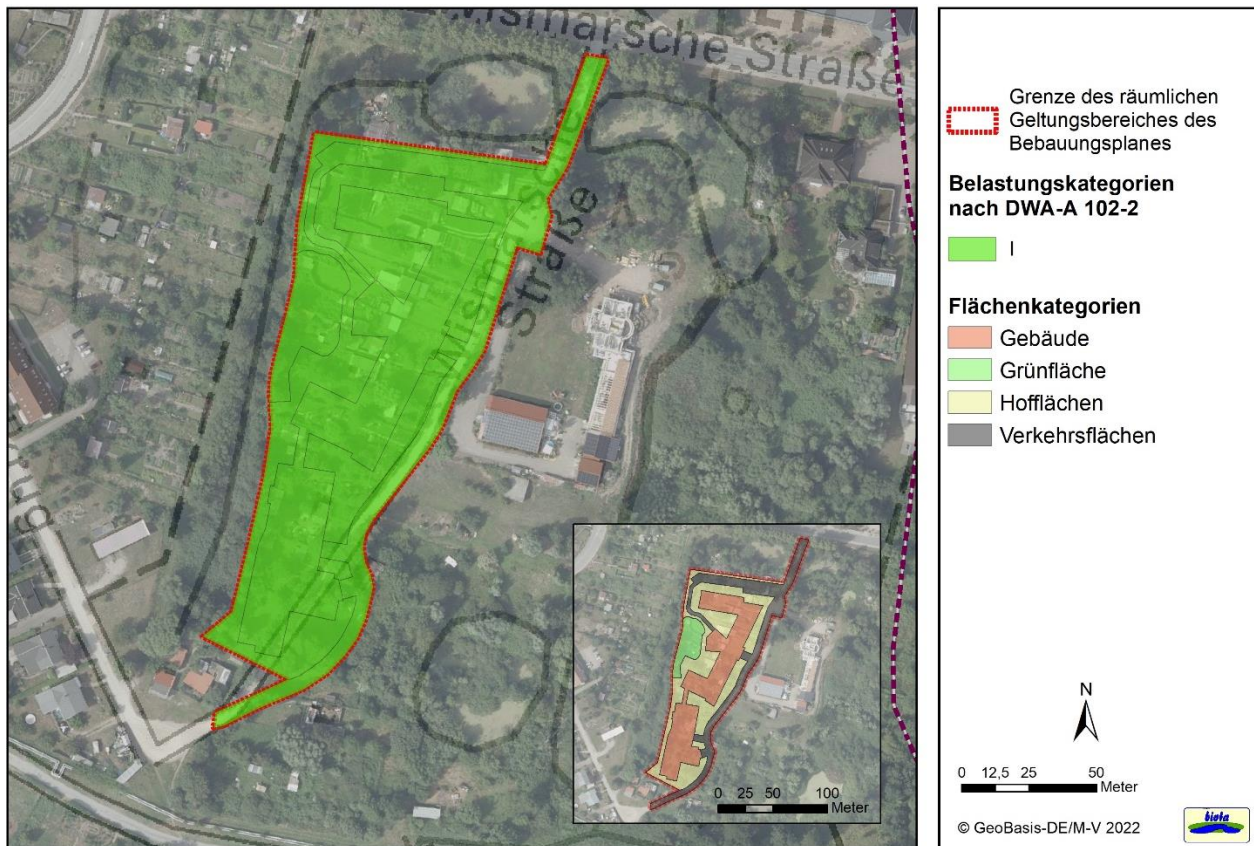


Abbildung 4-1: Belastungs- und Flächenkategorien des Baugebietes

5 Zusammenfassung

- Für das B-Plangebiet Nr. 8 südlich der L14 (Wismarsche Str.) wurden Berechnungen zur Prüfung der Neutralität des Wasserhaushaltes nach DWA-A 102/BWK-A 3 durchgeführt. Verglichen wurde der Referenzzustand basierend auf den aktuell vorhandenen Standortbedingungen mit dem zukünftigen PLAN-Zustand nach Bebauung. Dafür herangezogen wurde die langjährige Zeitreihe 1991 – 2020. Im Ergebnis konnten Jahresmittelwerte verschiedener Wasserhaushaltskomponenten ermittelt werden.
- Für den Geltungsbereich des Bebauungsplanes lässt sich in der Gebietswasserbilanz eine nahezu Halbierung der realen Verdunstungshöhe ($615 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 314 \text{ mm a}^{-1}$), eine Verfünfachung der Direktabflüsse ($59 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 295 \text{ mm a}^{-1}$) aufgrund von Versiegelung und der Vergrößerung des kanalisierten Einzugsgebietes sowie eine Steigerung der Grundwasserneubildung ($44 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 109 \text{ mm a}^{-1}$) aufgrund vergrößerter GW-Flurabstände und einer insgesamt gesteigerten Gesamtabflusshöhe in dem Gebiet feststellen.
- Bei im Mittel umgerechnet etwa 4.000 m^3 im Jahr reduzierter Verdunstung sind Auswirkungen auf das (innerstädtische) Mikroklima nicht auszuschließen.
- Einige Kompensationsmöglichkeiten (Gegen- und Anpassungsmaßnahmen) zur Erhaltung des Gebietswasserhaushaltes wurden aufgezeigt und deren Wirkung durch Berechnungen belegt.
- Unterirdische Versickerungseinrichtungen zur Reduzierung der Direktabflusshöhe kommen aufgrund des geringen Vertikalabstands zum Grundwasser nicht in Frage. Eine Förderung der Grundwasserneubildung ist beim Blick auf die Gebietswasserbilanzen nicht erforderlich.
- Die intensive Dachbegrünung (zunächst geprüft für ein Drittel der ausgewiesenen Gesamtgebäudefläche) weist aufgrund der Schichtdicke und der Eigenschaften des eingebauten Substrates gegenüber anderen Systemlösungen in der Regel ein höheres Wasserrückhaltevermögen auf; eine regelmäßige Bewässerung mit zurückgehaltenem Niederschlagswasser steigert zusätzlich die Verdunstung. Direktabflussbildungsflächen dafür sind grundsätzlich Dachflächen, deren abfließendes Niederschlagswasser sich auf Grund allgemein geringer Verschmutzung gut für eine Nutzung eignet. Ein möglicher (und spürbarer) Kühleffekt durch Dachbegrünung jedoch ist bis in Bodenhöhe vermutlich als vergleichsweise gering einzuschätzen – im Vergleich zu bewachsenen Bodenflächen, einer Fassadenbegrünung oder anderen technischen (naturnahen) Verdunstungsanlagen. In Bezug auf die Niederschlagsbildung ist in dem Fall aber jede Steigerung der Verdunstung gutzuheißen.
- Gegenüber dem IST-Zustand wären bei intensiver Dachbegrünung über einem Drittel der ausgewiesenen Gesamtgebäudefläche 60 % der derzeitigen realen Verdunstungshöhe ($615 \text{ mm a}^{-1} \rightarrow 366 \text{ mm a}^{-1}$) zu erzielen. Im konventionellen PLAN-Zustand liegt der Wert bei 51 %. Der Direktabfluss würde in seiner Höhe noch etwa das 4-fache des Referenzzustandes betragen, im konventionellen PLAN-Zustand das 5-fache.
- Die Verdunstung von gespeichertem Niederschlagswasser kann auch über naturnah gestaltete Verdunstungsanlagen (Verdunstungsmulden/-beete) realisiert werden. Aufgrund des hohen Anteils an vollversiegelter Fläche im Plangebiet wären etwa $0,7 \text{ ha}$ Ausgleichsfläche nötig, um die im PLAN-Zustand zusätzlich anfallende Direktabflusshöhe auszugleichen (bei regelmäßiger Bewässerung insbesondere in den Sommermonaten) und sich der Verdunstungshöhe des Referenzzustandes anzunähern. Es wird deutlich, dass diese Kompensationsmöglichkeit nicht vollumfänglich vor Ort gegeben ist.
- Zur Verhinderung von Hochwasserrisiken erfolgte zudem die Prüfung einer potentiellen Gefährdung durch ein Hochwasser im Einzugsgebiet im IST- sowie im PLAN-Zustand, aber auch durch die Lage des Plangebietes im Rückstaubereich des Bützower Sees.

- Die ermittelten Abflussspitzen im IST-Zustand führen spätestens bei dem untersuchten außergewöhnlichen Abflussereignis ($T = 100$ a) zu einem Überschreiten der hydraulischen Leistungsfähigkeit am Durchlass (DN 300) und daraus resultierend zu einem Auf- und Rückstau am Gewässer mit vereinzelt betroffenen Flächen in der Fläche. Ein Blick auf die berechneten Wasserstände (bis zu 1,45 m NHN bei $T = 100$ a) zeigt, dass ein Hochwasserrisiko im Untersuchungsgebiet nicht vorrangig durch binnenseitige Hochwasser, sondern hauptsächlich durch erhöhte Außenwasserstände des Bützower Sees verursacht wird. Das HW_{100} - und das HW_{200} -Ereignis (bis zu 1,70 m NHN) weisen bzgl. der Ausdehnung der potentiellen Überschwemmungsbereiche keine signifikanten Unterschiede auf; beide Szenarien können hier als ein häufiges Schutzniveau für Bebauungsflächen herangezogen werden.
- Im PLAN-Zustand würden alle ermittelten Abflussspitzen des Plangebietes nach der Bebauung die hydraulische Leistungsfähigkeit des Gewässerdurchlasses (DN 300) übersteigen (PLAN-Zustand I). Betroffenheiten, ggf. auch großflächig, wären nicht auszuschließen. Der Ausbau der hydraulischen Engstelle (zu DN 600) wird daher dringend empfohlen (PLAN-Zustand II).
- Nach der Niederschlagseinleitung in die Vorflut findet zeitnah der Abfluss Richtung Bützower See statt. Im PLAN-Zustand ergäbe sich daher eine zusätzliche volumenmäßige Belastung des „Retentionsraumes Bützower See“. Aus den berechneten Niederschlagsvolumina lassen sich über die Wasserstands-Volumen-Beziehung des Sees die max. möglichen Wasserstandsänderungen infolge dieser Ereignisse ermitteln. Bezieht man den IST-Zustand mit ein, so dürften die Differenzen für alle untersuchten Wiederkehrintervalle bei $< 0,3$ m liegen. Es kann somit von einer Hochwasserneutralität für das unterhalb gelegene Gebiet gesprochen werden. Die Gefährdung unterhalb liegender Anrainer wäre minimal.
- Die Errichtung von dezentralen Regenwasserspeichern nur aus Gründen des Hochwasserschutzes wäre aufgrund der Nähe zum See nicht verhältnismäßig. Für die Nutzung von Niederschlagswasser zur Verdunstungsförderung können entsprechende Anlagen hingegen relevant werden.

6 Literatur- und Quellenverzeichnis

- ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 118 (1980): Richtlinien für die hydraulische Berechnung von Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen. 3. Auflage., St. Augustin.
- 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.).
- BAUDER (2021): Dachbegrünungen, Terrassen und Verkehrsflächen – Systemaufbauten. Abruf über: <https://www.baudokumentation.ch/m10/78/41121178/etc/91/43286691.pdf>, abgerufen am: 02.09.2022, 44 S.
- BauGB: Baugesetzbuch, In der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Gesetz vom 14.06.2021 (BGBl. I S. 1802) m.W.v. 23.06.2021.
- BBSR (2015): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung – Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) [Hrsg.], 119 S.
- 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 (2012): Überarbeitung und Aktualisierung der Karte der mittleren Abflüsse und mittleren Niedrigwasserabflüsse für Mecklenburg-Vorpommern. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 97 S.
- BIOTA (2016): HQ(T) M-V - Überarbeitung und Aktualisierung der Regionalisierung der Hochwasserkennwerte für Mecklenburg-Vorpommern. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.
- BIOTA (2019): Hydronumerische Modellierung von Fließgewässerabschnitten zur Erstellung von Hochwassergefahren- und Risikokarten gemäß den Vorgaben der EU-HWRM-RL. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Staatlichen Amtes für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg, Rostock, 24 S.
- CLC (2018): Landnutzung und Flächenversiegelung. Corine Landcover (CLC) 2018, Version 20, European Environment Agency (EEA), Abruf über: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=download>, abgerufen am: 09.02.2021.
- DIN 4049 Teil 1: Hydrologie – Begriffe, quantitativ. – Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 4220 (1998): Bodenkundliche Standortbeurteilung - Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten. – Berlin (Beuth).
- DWA-A 100: Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE). – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Dezember 2006.
- DWA-A 102-1/BWK-A 3-1: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 1: Allgemeines. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) & Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e. V. (BWK), Dezember 2020.
- DWA-A 102-2/BWK-A 3-2: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertung und Regelungen, DWA-Regelwerk Ausgabe 12/2020 – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA).

- DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. – Arbeitsblatt DWA-A 118. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), März 2006.
- DWA-M 119: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), November 2016.
- DWD (2022): Klimadaten deutschlandweiter Stationen (Lufttemperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer; langjährige Mittelwerte der Zeitreihe 1991-2020). – Deutscher Wetterdienst. Abruf über das Climate Data Center (CDC), ftp://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/, abgerufen am: 06.05.2022.
- DYCK, S. & PESCHKE, G. (1983): Grundlagen der Hydrologie. – Berlin (Verlag für Bauwesen), 388 S.
- DYCK, S. et al. (1980): Angewandte Hydrologie. Teil 2. 2. überarb. Aufl.: S. 1-544. Verlag für das Bauwesen. Berlin.
- ENKE, W. 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: S. 127-140.
- FUGRO & UMWELTPLAN (2016): Regionalisierung der landesweiten Grundwasserdynamik – Abschlussbericht – (J30.07/14). – Fugro & UmweltPlan – Bietergemeinschaft Fugro Consult GmbH & UmweltPlan GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 53 S.
- GLUGLA, G., MÜLLER, E., JANKIEWICZ, P., RACHIMOW, C. & LOJEK, K. (1999): Entwicklung von Verfahren zur Berechnung langjähriger Mittelwerte der flächendifferenzierten Abflussbildung (DFG-Projekt Gl 242/1-2 „Wasserhaushaltsverfahren“). – Abschlussbericht, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Abteilung Berlin, 27 S.
- HAD (2000, 2001, 2003): Hydrologischer Atlas von Deutschland. – Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [Hrsg.], Bonn/Berlin, 2000 (1. Lieferung), 2001 (2. Lieferung), 2003 (3. Lieferung).
- HARLAß, R. (2008): Verdunstung in bebauten Gebieten. Dissertation, Dresden, 152 S. + Anhänge.
- HGN (2007): Ermittlung der Grundwasserneubildung Mecklenburg-Vorpommern. – HGN Hydrogeologie GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 52 S.
- HOFFMANN, T. G., MIEGEL, K. & MEHL, D. (2018): Regionalisierung der Hochwasserkennwerte für das Land Mecklenburg-Vorpommern: Aktualisierung und methodische Neuerungen. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 62 (2): S. 98-111.
- 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.
- IBGW (2016): Bericht zu den Ergebnissen der Niederschlags-Abfluss-Modellierung im Gebiet der Tongrube Reetz. – Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, Leipzig, 42 S.
- KOSTRA-DWD (2010R): Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertung, Version 3.2.3.363, Datenauswertung und -bereitstellung durch den Deutschen Wetterdienst, Software des Instituts für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH.
- 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.
- MALITZ, G. & ERTEL, H. (2015): KOSTRA-DWD-2010. Starkniederschlagshöhen für Deutschland (Bezugszeitraum 1951 bis 2010). Abschlussbericht. – Deutscher Wetterdienst (DWD), Abteilung Hydrometeorologie, 40 S.

- MEHL, D., HOFFMANN, T.G. & MIEGEL, K. (2014a): Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern – Verfahrensempfehlung. a) Handlungsanleitung. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.], Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (LAWA-AO), Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, 72 S.
- MEHL, D., HOFFMANN, T.G. & MIEGEL, K. (2014b): Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern – Verfahrensempfehlung. b) Hintergrunddokument. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.], Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (LAWA-AO), Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, 161 S.
- MEßER, J. (1997): Auswirkungen der Urbanisierung auf die Grundwasser-Neubildung im Ruhrgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Castroper Hochfläche und des Stadtgebietes Herne. – DMT-Berichte aus Forschung und Entwicklung, Heft 58, Bochum.
- MEßER, J. (2013): Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa. – Lippe Gesellschaft für Wassertechnik mbH, Essen. 78 S., URL: http://www.gwneu.de/pdf/Verfahren_GWneu_2014.pdf. Datum des Seitenbesuchs: 20.09.2017.
- MIEGEL, K. & HAUPT, R. (1998): Abschlussbericht zum Projekt „Regionalisierung von Hochwasserscheiteldurchflüssen HQ(T) in Mecklenburg-Vorpommern“. – Universität Rostock, Institut für Kulturtechnik und Siedlungswasserwirtschaft, im Auftrag des Landesamtes für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung Wasserwirtschaft.
- MÜCK, R. (2000): Räumliche und zeitliche Verteilung von Starkregen und deren Wahrscheinlichkeiten. – Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen – Mitteilungen 73/2000, München (Kommissionsverlag Oldenbourg Industrieverlag), 131 S.
- RICHTER, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers, Berichte des DWD, Nr. 194.
- SCHROEDER, M. & WYRWICH, D. (1990): Eine in Nordrhein-Westfalen angewendete Methode der flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. – DGM, 34: S. 12-16, Koblenz.
- SIEKER, H., STEYER, R., BÜTER, B., LEßMANN, D., VON TILS, R., BECKER, C. & HÜBNER, S. (2019): Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten. – UBA-Texte 111/2019, Umweltbundesamt [Hrsg.], 112 S.
- UA (2018): Copernicus Land Monitoring Service: Urban Atlas (UA) 2018. Abruf über: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/copernicus-land-monitoring-service-urban-atlas>, abgerufen am: 23.06.2021.
- WENDLING, U. (1995): Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO Penman-Monteith-Beziehung, Wasserwirtschaft, 85, S. 602-604.