

Projektbericht

**Starkregennachweis Bebauungsplan
Margeritenweg in Wachtberg**



Auftraggeber

**AREAL Grundstücks- und Bauträger-
gesellschaft mbH, Köln**

Aachen, Februar 2025

Impressum

Verfasser	Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH Bachstraße 62-64 52066 Aachen +49 241 94689 0 mail@hydrotec.de www.hydrotec.de
Auftraggeber	AREAL Grundstücks- und Bauträgersgesellschaft mbH
Projektbetreuung	Ralf Nickel (AREAL Grundstücks- und Bauträgersgesellschaft mbH)
Autoren	Michel Heidemanns (Projektleitung)
Bildnachweis	Das Titelbild zeigt den Lageplan des städtebaulichen Konzepts. (ISR Planung)
Stand	Februar 2025
Projektnummer	P3092

© 2025 Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH

Jegliche anderweitige, auch auszugsweise, Verwertung des Berichtes, der Anlagen und ggf. mitgelieferter Projekt-Datenträger außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Auftraggebers unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Die Vervielfältigung von Teilen des Werkes ist nur zulässig, wenn die Quelle genannt wird.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2 Datenübernahme	7
3 Hydraulische Starkregenmodellierung	8
3.1 Untersuchungsgebiet	8
3.2 Modellaufbau Referenzzustand.....	8
3.2.1 Gewässer und Gräben.....	8
3.2.2 Durchlässe.....	9
3.2.3 Gebäude.....	9
3.2.4 Oberflächenrauheiten	9
3.2.5 Auslauftrandbedingung.....	11
3.2.6 Niederschlagsbelastung und Effektivniederschlag	11
3.2.7 Versickerung.....	12
3.3 Modellaufbau Planzustand	13
3.3.1 Geländeänderungen im Bereich des Baugebiets	14
3.3.2 Geplante Bebauung.....	15
3.3.3 Anpassung Landnutzungen	15
3.3.4 Anpassung Versickerung	16
3.3.5 Maßnahmen zum Schutz vor Starkregen.....	16
3.4 Modellsimulation mit HydroAS.....	18
3.5 Ergebnisse	19
3.5.1 Referenzzustand.....	19
3.5.1.1 Hundertjähriges Niederschlagsereignis.....	19
3.5.1.2 Extremes Niederschlagsereignis	20
3.5.2 Planzustand.....	21
3.5.2.1 Hundertjähriges Niederschlagsereignis.....	21
3.5.2.2 Extremes Niederschlagsereignis	23
3.5.2.3 Abflussmengen der Einlaufschächte.....	25
4 Wirkungsanalyse	27
4.1 Hundertjähriges Niederschlagsereignis.....	27
4.2 Extremes Niederschlagsereignis	28
5 Fazit	31
6 Literatur und verwendete EDV-Programmsysteme	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Planauszug entsprechend der Gebietsabgrenzung des final untersuchten Bereiches des geplanten Bauvorhabens (Ing.-Büro Leiendecker 12/2024)	4
Abbildung 1-2:	Ergebnisse Starkregenerberechnung für das extreme Ereignis im Bereich des geplanten Bauvorhabens (gelbe Linie) sowie Flurstück 352 (pinke Linie) (Quelle: Hydrotec)	5
Abbildung 1-3:	Städtebaulicher Entwurf (Quelle: ISR Planung).....	6
Abbildung 3-1:	Lage des B-Plangebiets und geplante Bebauung (schwarz) (Hintergrundkarte: TopPlusOpen, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2024))	8
Abbildung 3-2:	Ansatz zur Ermittlung von fließtiefenabhängigen Rauheiten mit $H1 = 2$ cm, $H2 = 10$ cm, kst_1 und kst_2 entsprechend Tabelle 3-1	10
Abbildung 3-3:	kf-Werte aus der BK50 im Untersuchungsgebiet.....	13
Abbildung 3-4:	Städtebaulicher Entwurf (Quelle: ISR Planung).....	14
Abbildung 3-5:	Digitales Geländemodell im Bereich des Bebauungsplans (schwarze Linie), Planzustand.....	15
Abbildung 3-6:	Landnutzungen im Bereich des Baugebiets (Straßenverkehr: grau, Wohnbaufläche: rot, Dachflächen: orange)	16
Abbildung 3-7:	Notwasserweg auf der westlichen Seite des Baugebiets.....	17
Abbildung 3-8:	DGM im Bereich der geplanten L-Steine (pinke Linie) und Einlaufschächte (rote Punkte)	18
Abbildung 3-9:	Maximale Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten im Referenzzustand für ein außergewöhnliches Niederschlagsereignis (N100).....	20
Abbildung 3-10:	Maximale Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten im Referenzzustand für ein extremes Niederschlagsereignis (Nextrem)	21
Abbildung 3-11:	Maximale Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten im Planzustand für ein hundertjährliches Niederschlagsereignis (N100).....	23
Abbildung 3-12:	Maximale Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten im Planzustand für ein extremes Niederschlagsereignis (Nextrem)	25
Abbildung 3-13:	Abflussganglinie der geplanten Einlaufschächte während eines hundertjährlichen Niederschlagsereignisses (N100).....	26
Abbildung 3-14:	Abflussganglinie der geplanten Einlaufschächte während eines extremen Niederschlagsereignisses (Nextrem)	27
Abbildung 4-1:	Differenzen der maximalen Wassertiefen zwischen Plan- und Referenzzustand für ein hundertjährliches Niederschlagsereignis.....	28
Abbildung 4-2:	Differenzen der maximalen Wassertiefen zwischen Plan- und Referenzzustand für ein extremes Niederschlagsereignis	29
Abbildung 4-3:	Abflussganglinie oberhalb (links) und unterhalb (rechts) der L-Steine	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Stricklerbeiwerte (kst) in Abhängigkeit der Realnutzung.....	11
Tabelle 3-2:	Interzeptionsverluste in Abhängigkeit der Realnutzung	12

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die AREAL Grundstücks- und Bauträgergesellschaft mbH plant die Erschließung des Baugebiets Margeritenweg in Wachtberg. Für das anstehende Bauleitplanverfahren spielt in der Gemeinde Wachtberg das Thema Starkregen eine wichtige Rolle.

Die für das Baugebiet vorgesehene Fläche (siehe Abbildung 1-1) ist laut aktueller Starkregenerberechnung, welche Hydrotec im Auftrag der Gemeinde Wachtberg im Jahre 2023 durchgeführt hat, von Starkregen betroffen (siehe Abbildung 1-2).

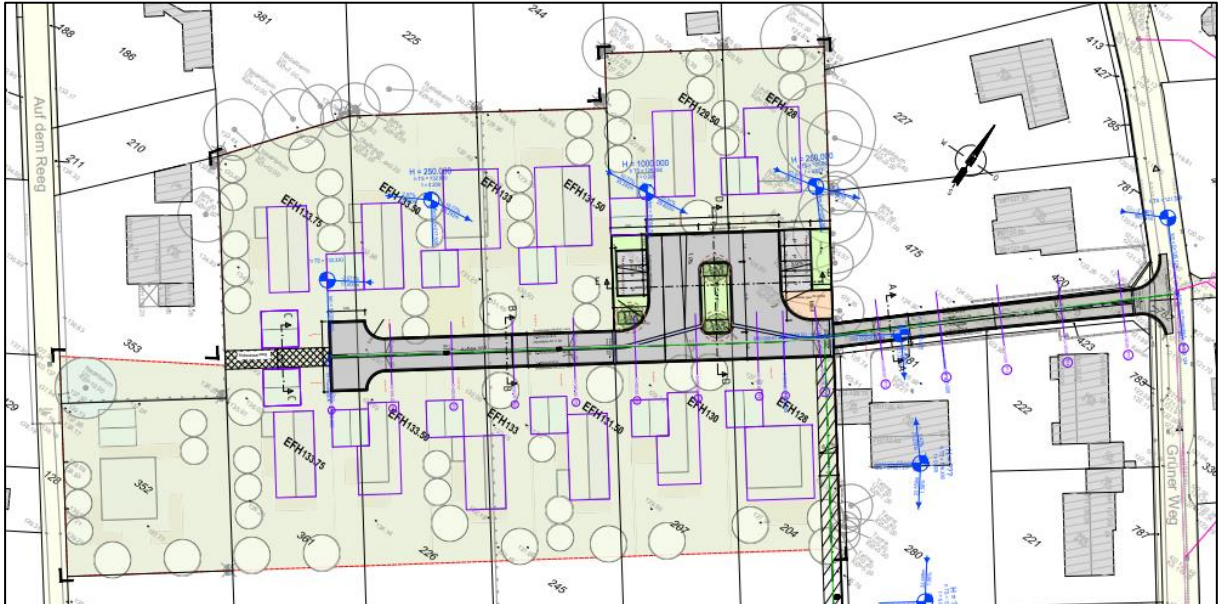


Abbildung 1-1: Planauszug entsprechend der Gebietsabgrenzung des final untersuchten Bereiches des geplanten Bauvorhabens (Ing.-Büro Leiendecker 12/2024)



Abbildung 1-2: Ergebnisse Starkregenberechnung für das extreme Ereignis im Bereich des geplanten Bauvorhabens (gelbe Linie) sowie Flurstück 352 (pinke Linie) (Quelle: Hydrotec)

Zusätzlich zum Baugebiet „Grüner Weg“ soll im Rahmen des Bauleitplanverfahrens für das Flurstück 352 Baurecht geschaffen werden, weshalb dieses ebenfalls in den Bebauungsplan aufgenommen wird (siehe Abbildung 1-3).



Abbildung 1-3: Städtebaulicher Entwurf (Quelle: ISR Planung)

Nach WHG 2009, § 37, Absatz 1 darf „der natürliche Ablauf wild abfließenden Wassers auf ein tiefer liegendes Grundstück [...] nicht zum Nachteil eines höher liegenden Grundstücks behindert werden. Der natürliche Ablauf wild abfließenden Wassers darf nicht zum Nachteil eines tiefer liegenden Grundstücks verstärkt oder auf andere Weise verändert werden.“

Um die Auswirkungen des Bebauungsplans zu quantifizieren, ist es erforderlich, eine detaillierte hydraulische Berechnung des Planzustands mit dem geplanten Bauvorhaben durchzuführen und mit den Ergebnissen der Starkregennachrechnung der Gemeinde Wachtberg zu vergleichen.

Mit Datum des 15.10.2024 wurde Hydrotec von Herrn Nickel, AREAL Grundstücks- und Bau-trägersgesellschaft mbH, mit der Durchführung eines Starkregennachweises beauftragt.

2 Datenübernahme

Die für die Bearbeitung erforderlichen Daten wurden vom Ingenieurbüro Leiendecker, Bornheim-Kardorf, zur Verfügung gestellt bzw. von Hydrotec aus eigenen Datenbeständen dearchiviert und recherchiert.

Folgende Daten wurden Hydrotec vom Ingenieurbüro Leiendecker zur Verfügung gestellt:

- Geländehöhen des Planzustands als Dreiecksvermaschung und Punktdaten in verschiedenen Datenformaten (geliefert am 15.10.2024)
- Lageplan des Baugebiets (dwg und pdf) mit Datum 12.12.2023 (geliefert am 16.10.2024)
- Lageplan des Baugebiets mit geplanter Bebauung (dwg) (geliefert am 29.10.2024)
- Lageplan des Baugebiets mit geplanter Bebauung (dwg und pdf) (geliefert am 15.11.2024)
- Lageplan des B-Plan Gebiets mit geplanter Bebauung (dwg und pdf) (geliefert am 15.01.2025)

Aus den folgenden, bei Hydrotec vorliegenden Untersuchungen, konnten Informationen und Grundlagendaten verwendet werden:

- Starkregengefahrenkarten (SRGK) Gemeinde Wachtberg (Hydrotec 2023)

3 Hydraulische Starkregenmodellierung

3.1 Untersuchungsgebiet

Das geplante Bauvorhaben befindet sich südlich der Straße „Auf dem Reeg“ in Wachtberg-Pech (Abbildung 3-1). Das Modellgebiet wurde auf Grundlage der hydrologischen Einzugsgebiete sowie auf Basis der Simulationsergebnisse aus der Untersuchung „Erstellung von Starkregengefahrenkarten für das Gebiet der Gemeinde Wachtberg“ (Hydrotec 2023) abgegrenzt.

Der Modellausschnitt wurde so gewählt, dass alle potenziellen Zuflüsse zum Bereich des geplanten Bauvorhabens erfasst und Abflusswege und Rückstauereffekte unterhalb vollständig abgebildet werden.

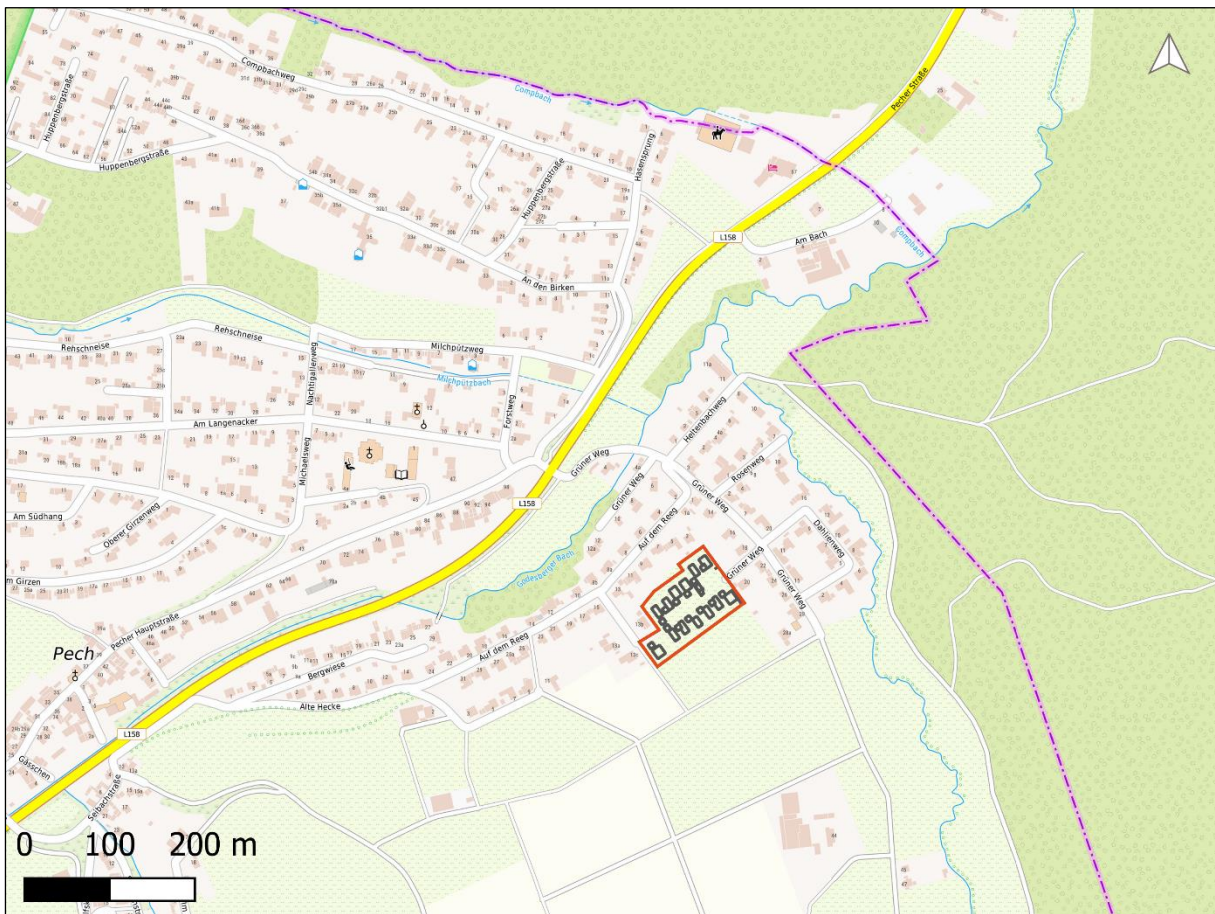


Abbildung 3-1: Lage des B-Plangebiets und geplante Bebauung (schwarz) (Hintergrundkarte: TopPlusOpen, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2024))

3.2 Modellaufbau Referenzzustand

Der Referenzzustand wurde unverändert aus dem Projekt „Erstellung von Starkregengefahrenkarten für das Gebiet der Gemeinde Wachtberg“ übernommen. Die nachfolgenden Schritte wurden bereits bei der Erstellung der Starkregengefahrenkarten durchgeführt und werden der Vollständigkeit halber hier aufgeführt.

3.2.1 Gewässer und Gräben

Die Abbildung der beiden im Untersuchungsgebiet liegenden HWGK-Gewässer Godesberger Bach und Mehlemer Bach erfolgte auf Basis der vorliegenden Gewässervermessung.

Für den Godesberger Bach lag ein 2D-Gewässerschlauch vor, der in das DGM1 und das Berechnungsnetz übernommen werden konnte. Beim Mehlemer Bach lag zum Zeitpunkt der Modellerstellung lediglich ein auf Querprofilen basierendes 1D-Modell vor, sodass der Gewässerverlauf vereinfacht in das DGM1 übernommen werden musste. Dazu wurde anhand des DGM1 und der vermessenen Querprofile eine Centerline digitalisiert und mit den Sohlhöhen aus den Querprofilen belegt. Anschließend wurde entsprechend der Querprofile die Gewässersohle in das DGM1 und das Berechnungsnetz übernommen. Verrohrte Abschnitte wurden im Modell entsprechend der Vermessung mittels 1D-Elementen abgebildet.

Die im Untersuchungsgebiet liegenden Gräben wurden auf Basis der vorliegenden Laserscan-Befliegung abgebildet. Im Grabenverlauf befindliche Durchlässe wurden mit 1D-Elementen abgebildet (siehe Kapitel 3.2.2).

3.2.2 Durchlässe

Abflussrelevante Durchlässe, Verrohrungen etc. in Gewässern und Gräben werden im Modell in Form von 1D-Elementen abgebildet. Die Berechnung des Abflusses erfolgt dabei in Abhängigkeit vom Unter- und Oberwasserstand. Die Geländeoberfläche zwischen Ein- und Auslauf des Durchlasses bzw. der Brücke bleibt dabei geometrisch unbeeinflusst und kann somit auch Wasser abführen.

Insgesamt wurden 194 Durchlässe (Kreis, Rechteck) im hydraulischen 2D-Modell berücksichtigt. Für einige dieser Durchlässe lagen Daten aus Vorgängerprojekten oder Planunterlagen vor. Für die verbliebenen Durchlässe, deren Nennweite unbekannt ist, wurde eine Standardnennweite von DN 500 festgelegt.

3.2.3 Gebäude

Im hydraulischen 2D-Modell wurden die Gebäude auf Basis von LoD2-Daten dreidimensional nicht-durchströmbar abgebildet.

3.2.4 Oberflächenrauheiten

Neben der Geometrie wirkt sich auch die Oberflächenbeschaffenheit des Untersuchungsgebiets auf die Abflussbildung aus. Diese wurde in Form von Oberflächenrauheiten im hydraulischen 2D-Modell abgebildet.

Die Rauheitsbeiwerte wurden auf Grundlage der Realnutzung aus den ALKIS Daten des Landes NRW abgeleitet.

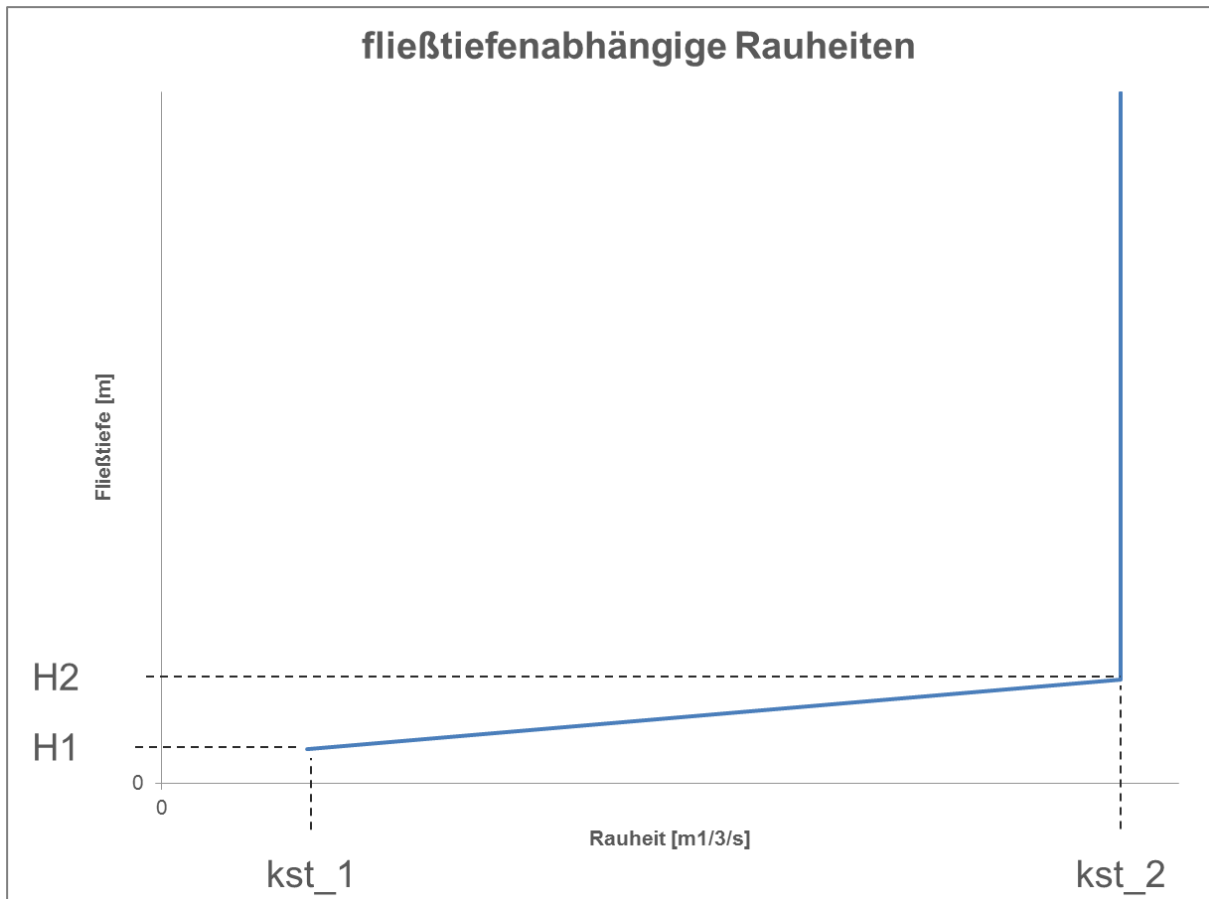


Abbildung 3-2: Ansatz zur Ermittlung von fließtiefenabhängigen Rauheiten mit $H1 = 2 \text{ cm}$, $H2 = 10 \text{ cm}$, kst_1 und kst_2 entsprechend Tabelle 3-1

Die Rauheitsbeiwerte wurden, gemäß dem Ansatz in Abbildung 3-2, fließtiefenabhängig definiert, um möglichst realistische Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten zu erzielen. Im Einzelnen bedeutete dies, dass bis zu einer Wassertiefe ($H1$) von 2 cm der Strickler-Wert kst_1 und ab einer Wassertiefe ($H2$) von 10 cm der Strickler-Wert kst_2 entsprechend den Materialrauheiten aus Tabelle 3-1 verwendet wurde. Zwischen $H1$ und $H2$ wurde der Strickler-Wert linear interpoliert.

Für befestigte Verkehrsflächen (Straßenverkehr), Dachflächen und Gewässer wurde ein konstanter Rauheitsbeiwert angesetzt.

Aus Tabelle 3-1 sind die im 2D-Modell angesetzten Rauheiten zu entnehmen.

Tabelle 3-1: Stricklerbeiwerte (kst) in Abhängigkeit der Realnutzung

Nutzung	kst (konstant) in $m^{1/3}/s$	kst_1 in $m^{1/3}/s$	kst_2 in $m^{1/3}/s$
Fläche besonderer funktionaler Prägung		6	20
Fläche gemischter Nutzung		6	20
Fließgewässer	20		
Friedhof		6	20
Gehölz		5	10
Halde		5	10
Industrie- und Gewerbefläche		6	20
Landwirtschaft		10	20
Platz	45		
Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche		6	20
Stehendes Gewässer	25		
Straßenverkehr	45		
Sumpf	25		
Tagebau, Grube, Steinbruch		6	20
Unland/Vegetationslose Fläche		6	20
Wald		5	10
Weg	40		
Wohnbaufläche		6	15
Dachflächen	40		

3.2.5 Auslaufrandbedingung

Um den Abfluss des Wassers auch an den Modellrändern nicht zu behindern, wurden in Bereichen, in denen Wasser über die Modellränder tritt, Auslaufrandbedingungen angesetzt. Diese garantieren eine ungehinderte Fließwegeausprägung ohne modelltechnisch bedingten Aufstau.

3.2.6 Niederschlagsbelastung und Effektivniederschlag

Um die Überflutungsgefährdung bei Starkregen nicht zu überschätzen und die Abflussprozesse bei Starkregen möglichst realitätsnah abzubilden, wurden die Modelle mit sogenannten Effektivniederschlägen belastet. Das ist der Anteil des Niederschlags, der tatsächlich für den Oberflächenabfluss zur Verfügung steht. Der Effektivniederschlag wird maßgeblich durch die Versickerung des Niederschlagswassers in den Boden (Infiltration) sowie den Rückhalt in Mulden und durch die Vegetation (Interzeption) bestimmt.

Für die Ermittlung des Effektivniederschlags gibt es verschiedene Verfahren. In dieser Untersuchung wurde ein Verfahren in Abhängigkeit von der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit des Bodens und der Interzeptionskapazität der Landschaft festgelegt. Die zugrunde liegenden Belastungsszenarien laut Angebot waren:

- Niederschlagsszenario 2: ein außergewöhnliches Ereignis, welches regional differenziert durch ein statistisches Niederschlagsereignis (Dauer 1 Stunde) mit einer Jährlichkeit von 100 Jahren generiert wird und zu einem außergewöhnlichen Oberflächenabflussereignis führt.

- Niederschlagsszenario 3: ein extremes Ereignis, welches durch ein extremes Niederschlagsereignis (landesweit festgelegt zu 90 mm in 1 Stunde) generiert wird und zu einem extremen Oberflächenabflussereignis führt.

Der Bemessungsniederschlag wurde aus den Starkniederschlagshöhen KOSTRA-DWD 2010R (Junghänel et al. 2017, Datensatz: KOSTRA-DWD 2010R, hrsg. vom DWD) abgeleitet. Die maßgebliche Dauerstufe wurde über die Konzentrationszeit verifiziert und in dieser Untersuchung mit $D = 60$ min festgelegt. Für die Belastungsszenarien ergaben sich somit Niederschläge von:

- Niederschlagsszenario 2: N100, mit 48,8 mm/h über 60 min
- Niederschlagsszenario 3: Nextrem, mit 90,0 mm/h über 60 min

Die Niederschlagsverteilung der hier untersuchten Szenarien wurden im 2D-Modell als Blockregen angesetzt.

Zur Berechnung des Effektivniederschlags wurde zunächst der Interzeptionsverlust vom Bemessungsniederschlag abgezogen. Dabei wurde die Niederschlagsmenge am Anfang reduziert. Die Niederschlagsintensität bleibt gleich. Der Interzeptionsverlust wurde in Abhängigkeit der tatsächlichen Nutzung angesetzt und ist somit räumlich variabel (vgl. Tabelle 3-2).

Tabelle 3-2: Interzeptionsverluste in Abhängigkeit der Realnutzung

Nutzung	Interzeptionsverlust in mm
Dachflächen	1
Fläche besonderer funktionaler Prägung	2,5
Fläche gemischter Nutzung	2,5
Fließgewässer	0
Friedhof	2,5
Gehölz	6
Halde	2,5
Industrie und Gewerbefläche	2
Landwirtschaft	3
Plätze	1,5
Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	2
Stehendes Gewässer	0
Straßenverkehr	1
Sumpf	4
Tagebau, Grube & Steinbruch	2,5
Vegetationslose Fläche	2
Wald	7
Weg	1,5
Wohnbaufläche	2,5

3.2.7 Versickerung

Die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit des Bodens wurde im 2D-Modell durch Senkenterme an jedem Knoten mit durchlässigem Boden berücksichtigt. Dabei wurde angenommen, dass der Boden vollständig wassergesättigt ist und das Wasser in Abhängigkeit der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit (k_f -Wert) in den Boden infiltrieren kann. Für das Untersuchungsgebiet wurden die k_f -Werte der obersten Bodenschicht nach der Bodenkarte NRW (BK50) angesetzt.

Die räumliche Verteilung der kf-Werte im Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 3-3 dargestellt. Im Untersuchungsgebiet dominieren tonig-schluffige Böden, vereinzelt liegen jedoch auch andere schluffige Böden vor. In Haltungs- und Verkehrsflächen wurden keine kf-Werte angesetzt. Für alle anderen Flächen wurden die Senkterme über den gesamten Simulationszeitraum angesetzt.

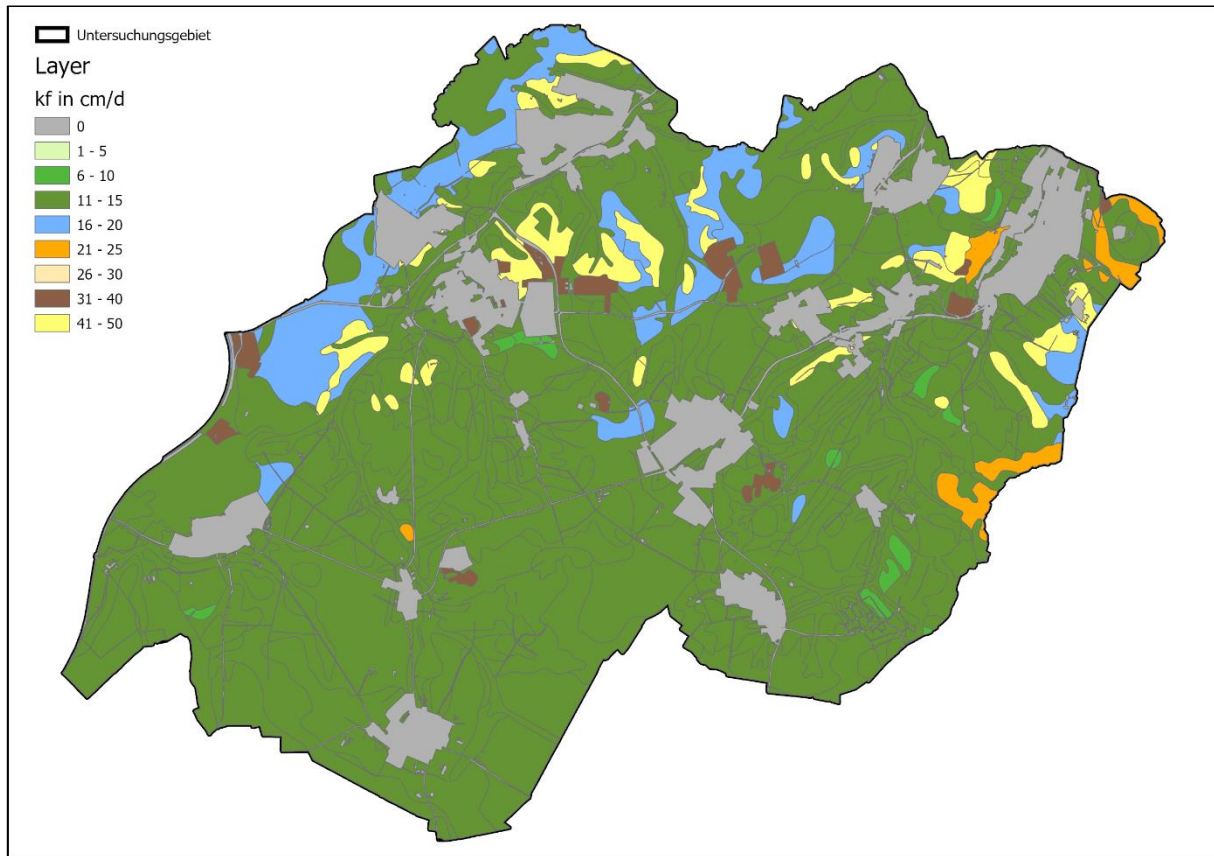


Abbildung 3-3: kf-Werte aus der BK50 im Untersuchungsgebiet

3.3 Modellaufbau Planzustand

Als Grundlage für das Modell des Planzustands diente das Modell des Referenzzustands. Für die Abbildung des B-Plans (vgl. Abbildung 3-4) wurden folgende Änderungen am 2D-Modell vorgenommen:

- Geländeänderungen
- Geplante Bebauung
- Anpassung Landnutzungen
- Anpassung Versickerung
- Maßnahmen zum Schutz vor Starkregen



Abbildung 3-4: Städtebaulicher Entwurf (Quelle: ISR Planung)

3.3.1 Geländeänderungen im Bereich des Baugebiets

Die Geländehöhen im Bereich des B-Plans wurden entsprechend der am 15.01.2025 bereitgestellten Planung angepasst.

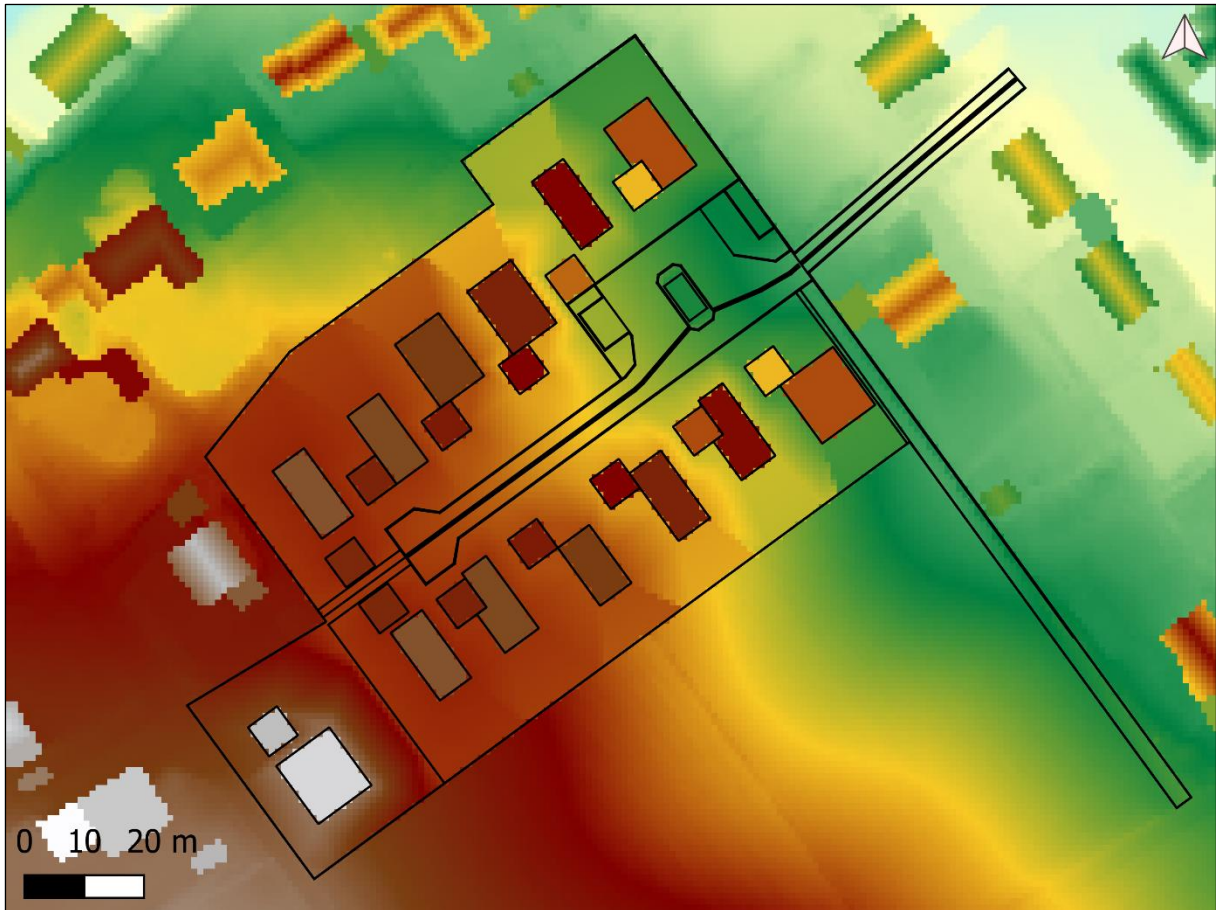


Abbildung 3-5: Digitales Geländemodell im Bereich des Bebauungsplans (schwarze Linie), Planzustand

3.3.2 Geplante Bebauung

Die geplante Bebauung wurde auf Basis der zur Verfügung gestellten Planungsdaten in das 2D-Modell übernommen. Dabei wurden die geschlossenen Gebäudeteile als undurchströmbar abgebildet.

3.3.3 Anpassung Landnutzungen

Die Landnutzung im Bereich des Baugebiets wurde entsprechend der im Starkregenmodell der Gemeinde Wachtberg verwendeten Rauheitsbeiwerte angepasst.



Abbildung 3-6: Landnutzungen im Bereich des Baugebiets (Straßenverkehr: grau, Wohnbaufläche: rot, Dachflächen: orange)

3.3.4 Anpassung Versickerung

Auf Basis der angepassten Landnutzungen wurde ebenfalls die Versickerung in den Boden angepasst.

3.3.5 Maßnahmen zum Schutz vor Starkregen

Um negative Auswirkungen durch den B-Plan auf Ober- oder Unterlieger zu vermeiden, sollen folgende Maßnahmen ergriffen werden. Die Erfordernis für diese Maßnahmen ergab sich aus einer vorhergegangenen Berechnung ohne diese Maßnahmen.

Notwasserweg

Auf der westlichen Seite des Baugebiets wurde ein Notwasserweg geplant, welcher das von außen anströmende Wasser, welches im Istzustand großflächig über den Acker fließt, zwischen der geplanten Bebauung zur Planstraße abführen soll.

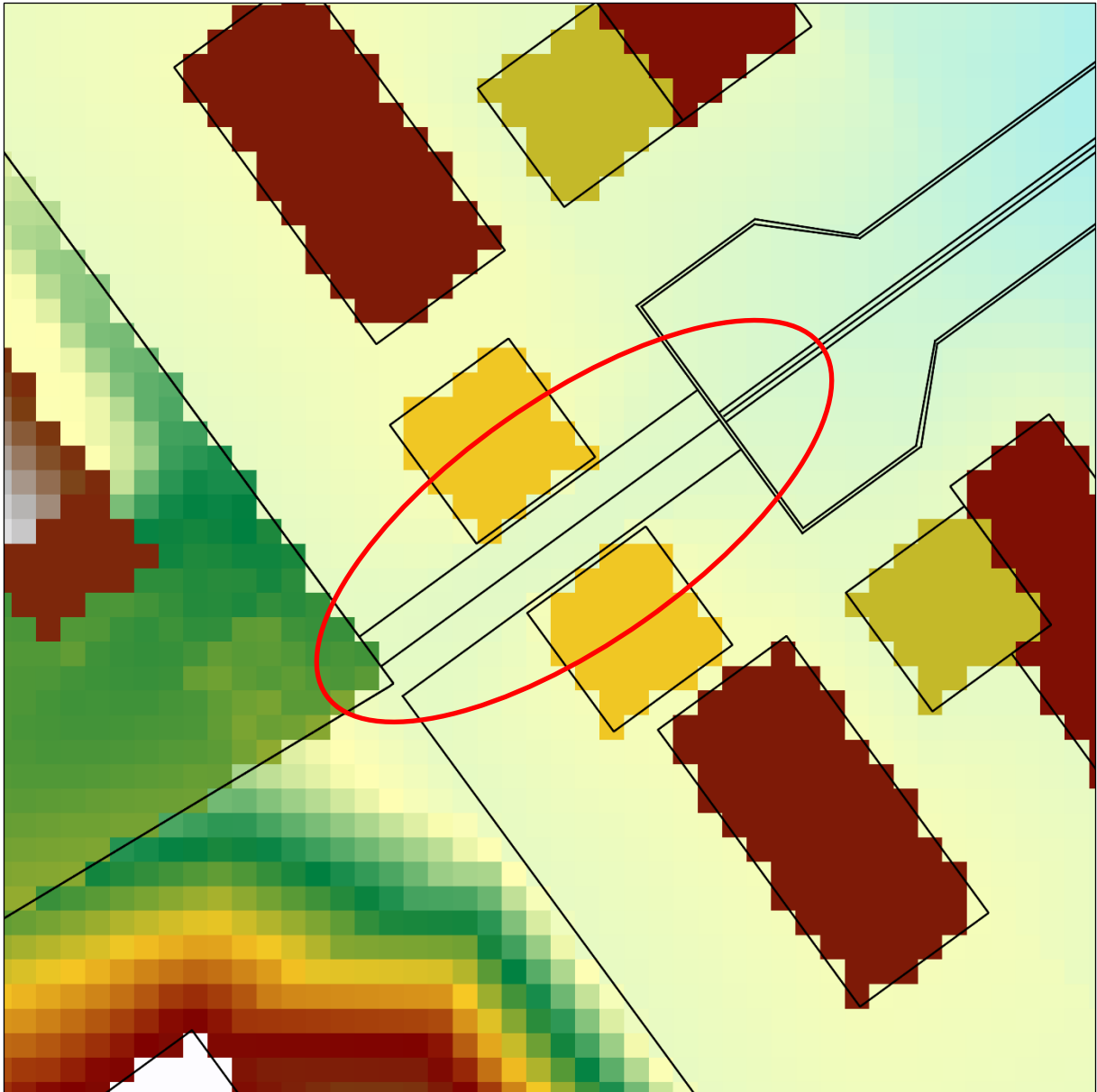


Abbildung 3-7: Notwasserweg auf der westlichen Seite des Baugebiets

L-Steine und Einlaufschächte

Der Hauptfließweg stellt sich im Ist- und Planzustand auf der Ackerfläche südlich des geplanten Baugebiets ein. Vor Eintritt dieses Fließweges in die Bebauung wurde entlang des Ackerlands der Einbau von L-Steinen mit einer Höhe von 50 cm geplant. Im Tiefpunkt der davor liegenden, natürlichen Senke wurden zwei Einlaufschächte mit einer Leistungsfähigkeit von je 125 l/s eingeplant. Die Schächte sind an den Staukanal des Baugebiets angeschlossen.

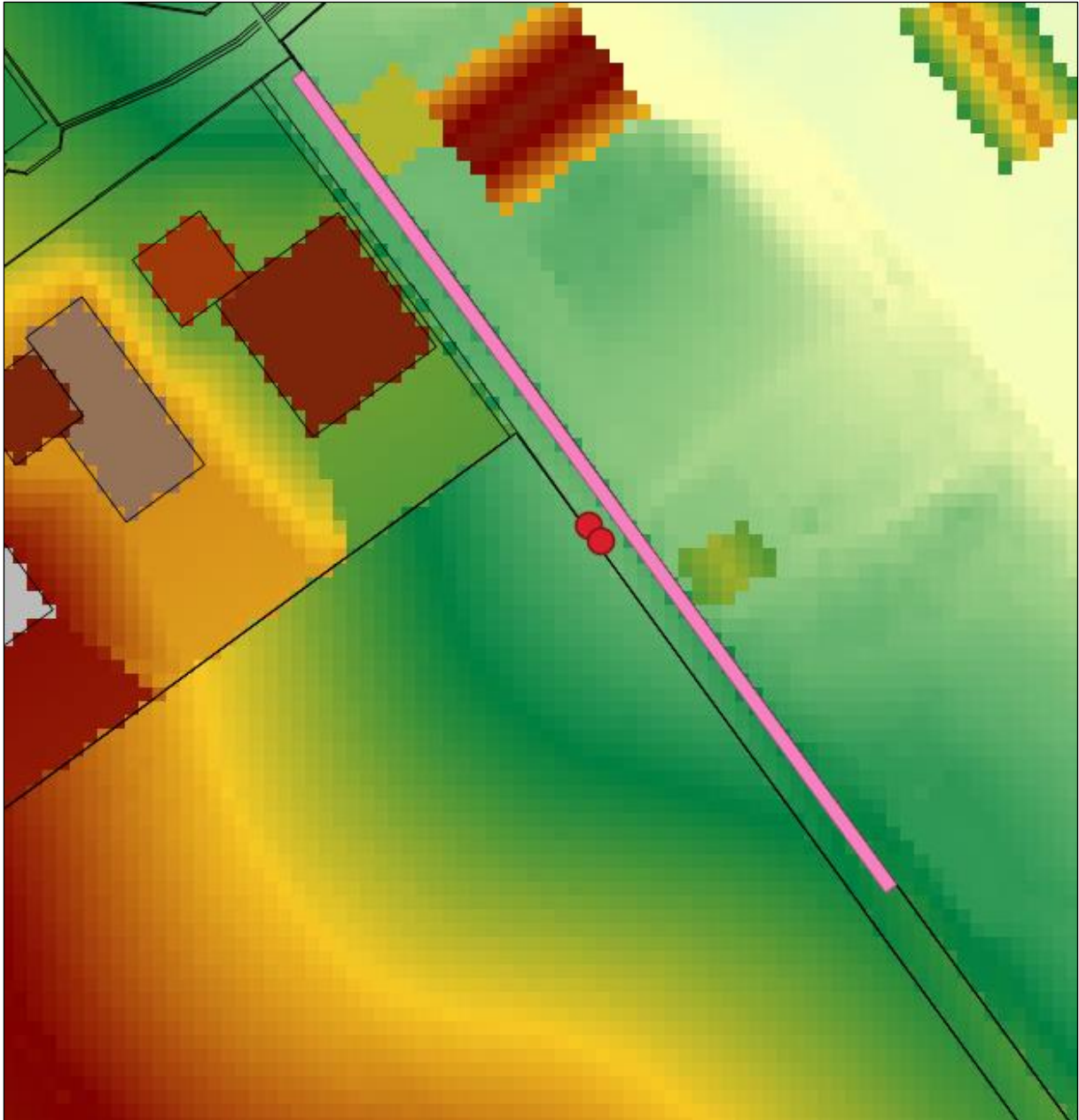


Abbildung 3-8: DGM im Bereich der geplanten L-Steine (pinke Linie) und Einlaufschächte (rote Punkte)

3.4 Modellsimulation mit HydroAS

Die zweidimensionalen hydrodynamischen Berechnungen der Oberflächenabflüsse infolge von Starkregen wurden mit dem Simulationsmodell HydroAS in der Version 5.3.4 durchgeführt.

Das numerische Verfahren basiert auf der diskreten Lösung der 2D-tiefengemittelten Strömungsgleichungen, auch als Flachwassergleichungen bekannt. In HydroAS werden folgende für die Modellierung von Strömungs- und Abflussvorgängen wesentliche Grundsätze berücksichtigt:

- Massen- und Impulserhaltung
- hohe Stabilität und Genauigkeit für ein breites Spektrum an Fließverhältnissen
- zeitgenaue Simulation des Wellenablaufs

Die Berechnung des Reibungsgefälles erfolgt nach der Formel von Darcy-Weisbach, die Turbulenz wird durch eine Kombination aus dem empirischen Viskositätsansatz und dem Ansatz einer über das Element konstanten Viskosität abgebildet. Eine detaillierte Dokumentation der hydromechanischen und numerischen Grundlagen des Programmes HydroAS kann dem Benutzerhandbuch entnommen werden (Hydrotec 2022).

Für den Planzustand wurden Simulationen für ein außergewöhnliches Ereignis (N100) und ein extremes Ereignis (Nextrem) durchgeführt, der Referenzzustand wurde dem Projekt „Erstellung von Starkregengefahrenkarten für das Gebiet der Gemeinde Wachtberg“ (Hydrotec 2023) entnommen.

3.5 Ergebnisse

3.5.1 Referenzzustand

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Referenzzustands für die beiden berechneten Szenarien N100 und Nextrem dargestellt.

3.5.1.1 Hundertjährlicher Niederschlagsereignis

Im Referenzzustand fließt das anfallende Niederschlagswasser während des hundertjährigen Niederschlagsereignisses (N100) aus südwestlicher Richtung vom Hang her über den gesamten Bereich des geplanten Baugebiets und die angrenzenden Ackerflächen im Süden (A).

Im Bereich dieser Ackerflächen bildet sich während des Niederschlagsereignisses ein ausgeprägter Fließweg, der parallel zur Planstraße verläuft und im Bereich der Grundstücksgrenze zwischen Grüner Weg 20 und Grüner Weg 28A auf die bestehende Bebauung trifft (B). An dieser Stelle fließt das Wasser über die tiefer gelegenen Grundstücke ab. Nach etwa 15 bis 20 Minuten hat sich ein vollständiger Fließweg von Punkt B über die Grundstücke Grüner Weg 20 bis 26 gebildet (vgl. Abbildung 3-9). An den Westseiten der bestehenden Gebäude kommt es dabei stellenweise zum Aufstau von Wasser mit Tiefen zwischen 0,05 und 0,2 m.

An der westlichen Seite des betrachteten Flurstücks 352 (D) bildet sich im Referenzzustand während eines außergewöhnlichen Niederschlagsereignisses ein Fließweg mit geringen Fließgeschwindigkeiten von den Ackerflächen in Richtung Auf dem Reeg 13b. Zu einem Aufstau von Niederschlagswasser kommt es nicht.

Der Wasserabfluss, welcher direkt über das geplante Baugebiet verläuft, ist aufgrund der niedrigen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten in Abbildung 3-9 nicht sichtbar dargestellt.

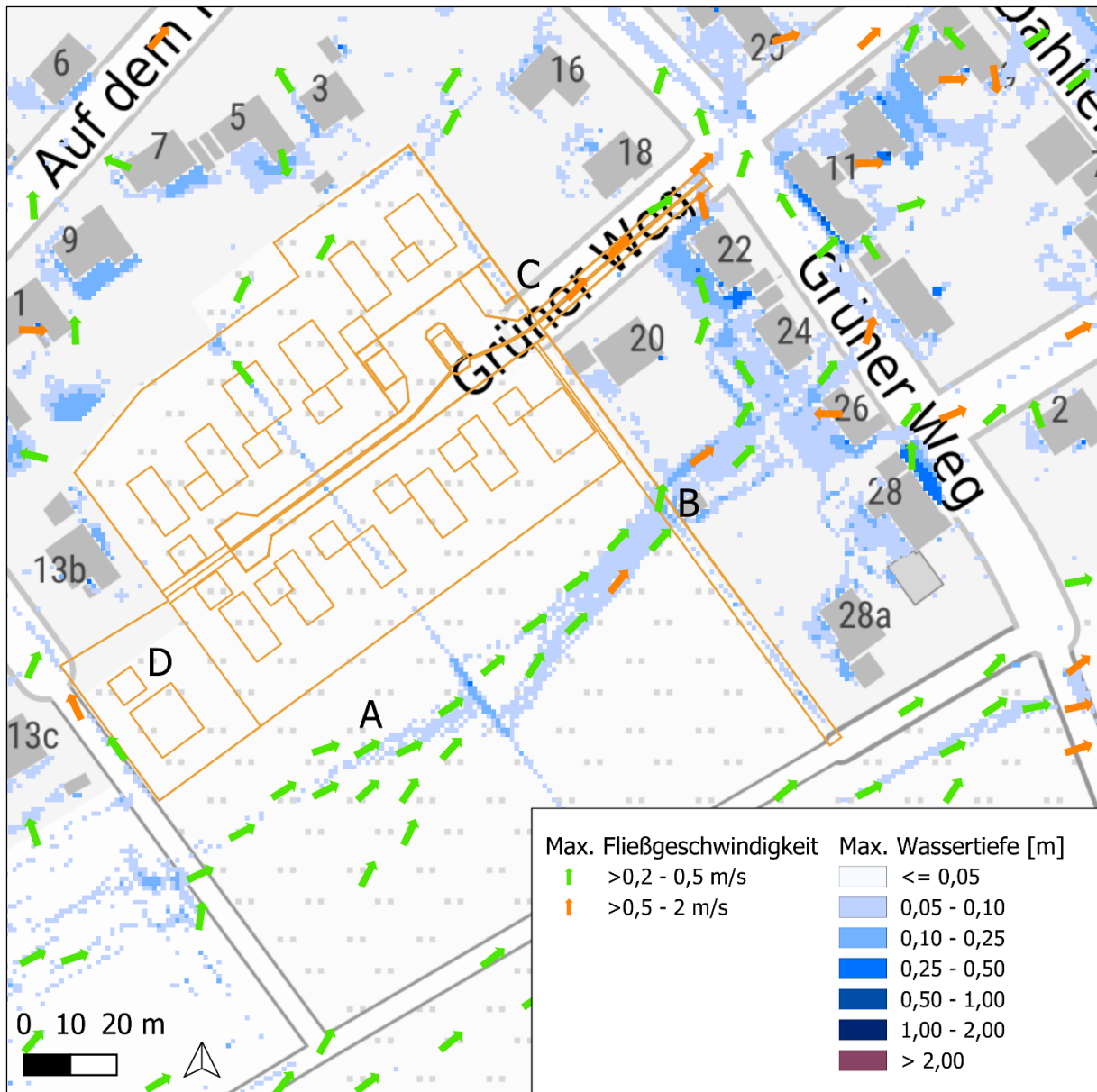


Abbildung 3-9: Maximale Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten im Referenzzustand für ein außergewöhnliches Niederschlagsereignis (N100)

3.5.1.2 Extremes Niederschlagsereignis

Analog zum hundertjährigen Ereignis bildet sich südlich des geplanten Baugebiets ein konzentrierter Fließweg in Richtung der bestehenden Gebäude aus. In diesem Fall treten dabei innerhalb des Fließweges Wassertiefen zwischen 0,05 und 0,2 m (zwischen Punkt A und B) auf. Die Einstautiefen im Bereich der bestehenden Bebauung unterscheiden sich nur geringfügig von jenen des hundertjährigen Ereignisses.

Der Fließweg zwischen Punkt B über die bestehenden Grundstücke hat sich im Fall des Nextrem bereits nach etwa 10 Minuten vollständig ausgebildet. Der Fließweg westlich des Flurstücks 352 (D) bleibt analog zu jenem während eines N100 bestehen, wobei die Fließgeschwindigkeiten sich auf $> 0,5$ m/s verstärken und es während eines extremen Niederschlagsereignisses an den Grenzen des Flurstücks vereinzelt zu geringen Einstautiefen von 0,05 m kommen kann.

Der Wasserabfluss, welcher direkt über das geplante Baugebiet verläuft, ist aufgrund der niedrigen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten in Abbildung 3-10 nicht sichtbar dargestellt.

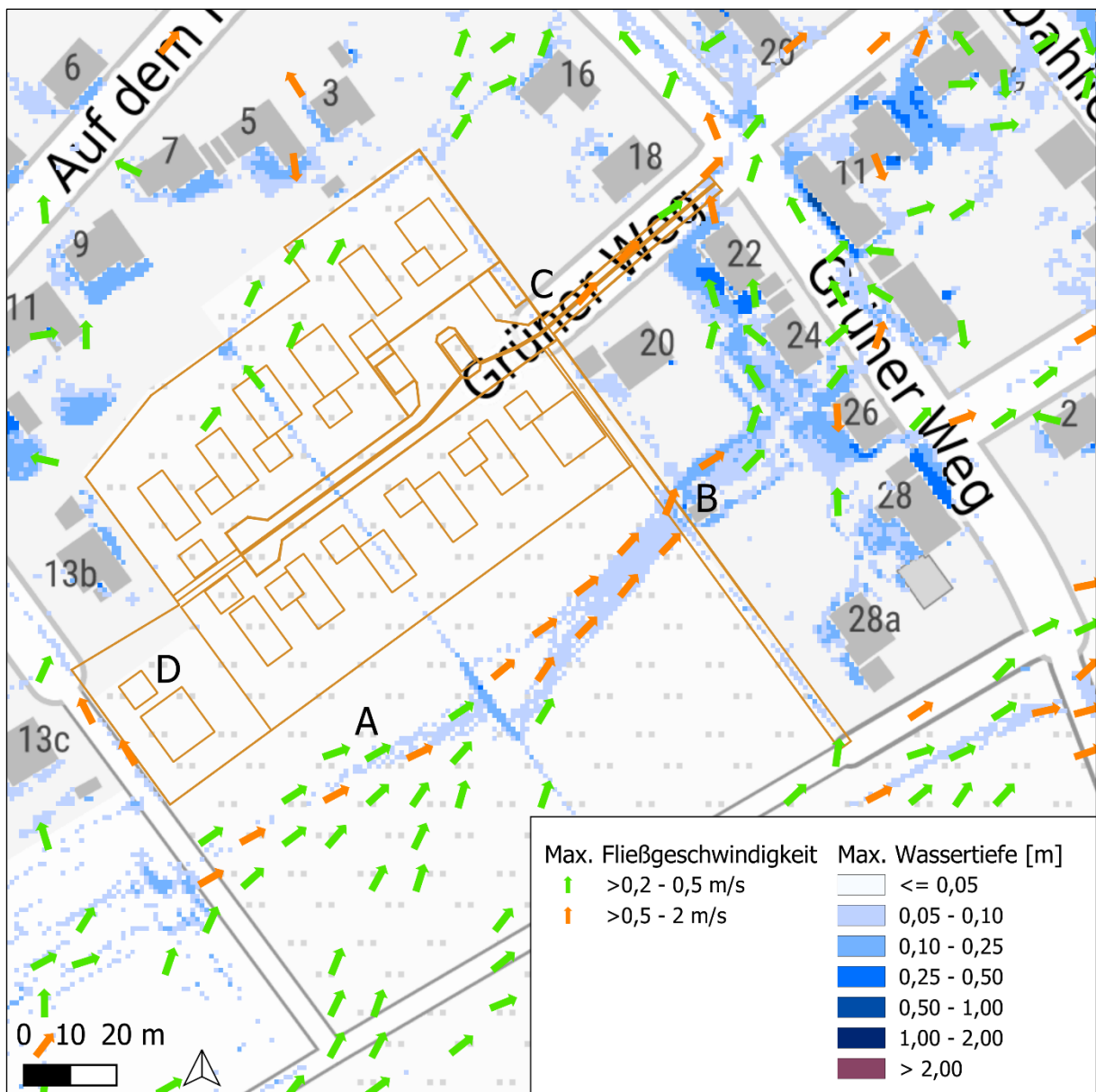


Abbildung 3-10: Maximale Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten im Referenzzustand für ein extremes Niederschlagsereignis (Nextrem)

3.5.2 Planzustand

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Planzustands für die beiden berechneten Szenarien N100 und Nextrem erläutert.

3.5.2.1 Hundertjähriges Niederschlagsereignis

Im Planzustand fließt anfallendes Niederschlagswasser weiterhin über die angrenzenden Ackerflächen im Süden des geplanten Baugebiets in Richtung der bestehenden Bebauung der Straße Grüner Weg. Durch die vorgesehene Maßnahme – der Einsatz von L-Steinen (vgl. Abbildung 3-8) – wird ein Großteil des Wassers zurückgehalten, wodurch sich hier Wassertiefen von 0,1 bis 0,4 m ergeben (B). Anschließend wird das Wasser über die geplanten Einlaufschächte (vgl. Abbildung 3-8) in die Kanalisation eingeleitet bzw. fließt in nördliche Richtung am Punkt C auf die Straße Grüner Weg.

Zusätzlich bildet sich innerhalb des geplanten Baugebiets entlang der Planstraße ein weiterer Fließweg für das Niederschlagswasser, welches dem Baugebiet aus westlicher Richtung über den zuvor beschriebenen Notwasserweg (vgl. Abbildung 3-7) zufließt sowie innerhalb des geplanten Baugebiets fällt. Auch dieses Wasser fließt schließlich an Punkt C auf die Straße Grüner Weg und über diesen in Richtung Nordosten ab.

Analog zum Referenzzustand besteht ein Fließweg mit Geschwindigkeiten von 0,2 bis 0,5 m/s an der westlichen Grenze des Flurstücks 352 (D) entlang der Straße Auf dem Reeg in nördliche Richtung. Dort knickt der Fließweg in östliche Richtung entlang der B-Plangrenze ab und entwässert über den geplanten Notwasserweg durch das geplante Baugebiet.

Zu einem Aufstau des Niederschlagswassers kommt es an den Westseiten der geplanten Gebäude sowie an der südwestlichen Grenze des Baugebiets mit Wassertiefen von 0,1 bis 0,2 m. Die tatsächliche Betroffenheit der Gebäude innerhalb des Bebauungsplans wird durch die individuelle Gestaltung der Grundstücke beeinflusst und kann sich daher noch geringfügig ändern. Grundsätzlich ist die Planung hochwasserangepasst auszuführen und sicherzustellen, dass die Entwässerung des Grundstücks zur Straße hin gewährleistet ist.

Die Fließgeschwindigkeiten liegen während des N100 im Bereich der großen Fließwege zwischen 0,2 und 0,5 m/s.

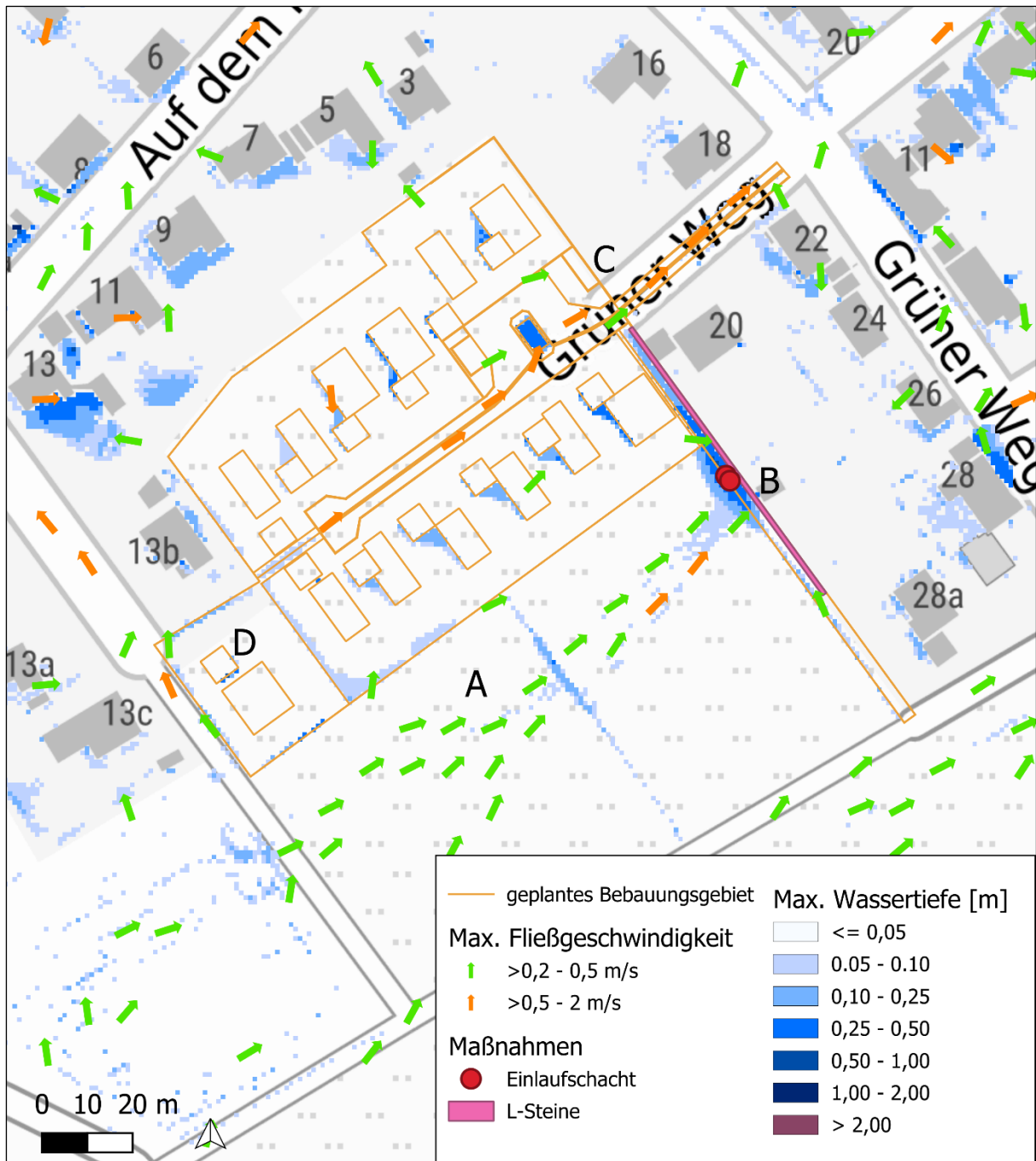


Abbildung 3-11: Maximale Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten im Planzustand für ein hundertjähriges Niederschlagsereignis (N100)

3.5.2.2 Extremes Niederschlagsereignis

Im Planzustand für das extreme Niederschlagsereignis stellt sich vergleichbare Abflusssituation wie im einhundertjährigen Ereignis ein.

Der Einsatz von L-Steinen führt zu einem Wasseraufstau von bis zu 0,6 m am Punkt B. Ähnlich wie bei einem hundertjährigen Niederschlagsereignis wird ein Teil des angestauten Wassers in Richtung Punkt C auf die Straße Grüner Weg geleitet und fließt dort ab. Jedoch werden im Fall des extremen Niederschlags die L-Steine teilweise überströmt, wodurch der Fließweg über die Grundstücke bestehender Gebäude der Straße Grüner Weg 20 bis 26, östlich des Plangebiets, ähnlich wie im Referenzzustand bestehen bleibt.

Die geplante Entwässerung entlang der B-Plangrenze im Bereich des Flurstücks 352 (D) und weiter über den geplanten Notwasserweg erweist sich auch beim extremen Niederschlagszenario als wirksam.

Auch während eines extremen Niederschlagsereignisses kommt es zum Aufstau von Niederschlagswasser an den Westseiten der geplanten Gebäude mit Tiefen bis zu 0,25 m. Die tatsächliche Betroffenheit der Gebäude innerhalb des Bebauungsplans wird durch die individuelle Gestaltung der Grundstücke beeinflusst und kann sich daher noch geringfügig ändern. Grundsätzlich ist die Planung hochwasserangepasst auszuführen und sicherzustellen, dass die Entwässerung des Grundstücks zur Straße hin gewährleistet ist.

Das Wasser aus dem Westen des Bebauungsgebiets kann anschließend über den geplanten Notwasserweg und entlang der Straße auf dem Reeg abfließen. Innerhalb des Baugebiets fallender Niederschlag fließt sowohl mittig in Richtung der Planstraße als auch seitlich in Richtung der Ackerflächen ab, wodurch eine erhebliche Erhöhung der Wassertiefen an den Gebäuden vermieden werden kann.

Innerhalb der Hauptfließwege südlich sowie innerhalb des Baugebiets fließt das Wasser hier meist mit Geschwindigkeiten von 0,2 bis zu 0,5 m/s.

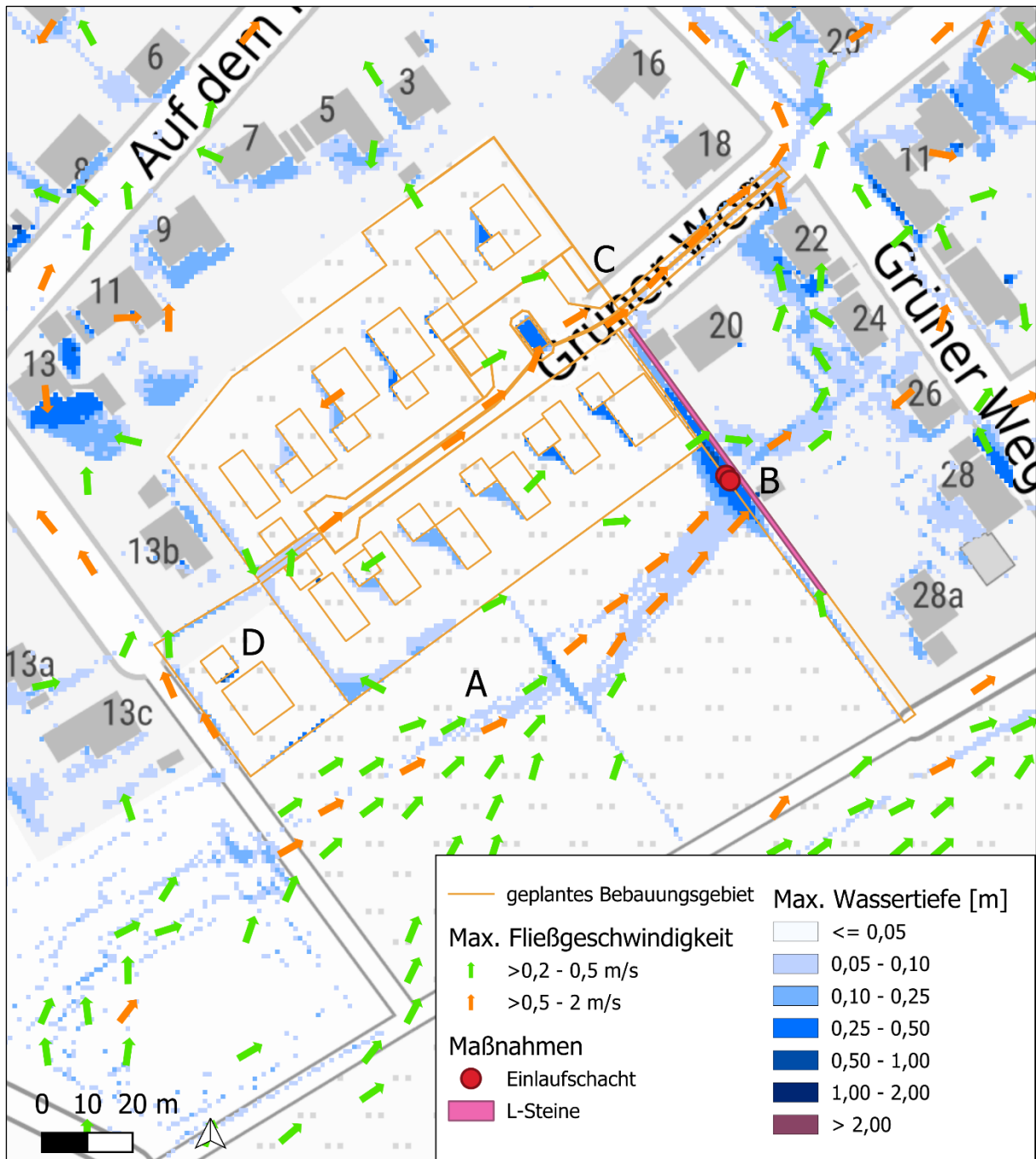


Abbildung 3-12: Maximale Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten im Planzustand für ein extremes Niederschlagsereignis (Nextrem)

3.5.2.3 Abflussmengen der Einlaufschächte

Für die geplanten Einlaufschächte (vgl. Abbildung 3-8) wurde jeweils eine maximale Leistungsfähigkeit von 125 l/s angenommen.

Im Fall eines N100 wird die maximale Leistungsfähigkeit des südlich gelegenen Einlaufschachtes (blau) für etwa 50 Minuten genutzt. Während dies beim etwas weiter nördlich gelegenen Schacht (orange) nur etwa 40 Minuten der Fall ist (vgl. Abbildung 3-13).

Insgesamt werden beim einhundertjährigen Ereignis 849 m³ in das Kanalnetz eingeleitet.

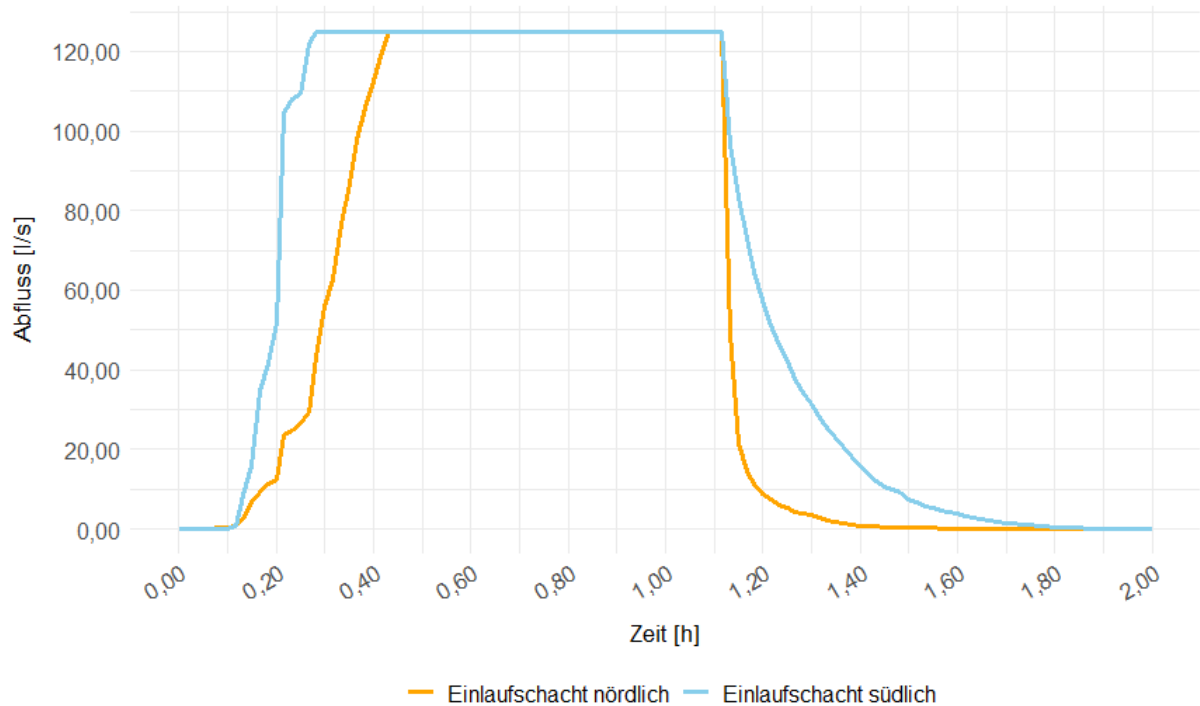


Abbildung 3-13: Abflussganglinie der geplanten Einlaufschächte während eines hundertjährigen Niederschlagsereignisses (N100)

Während eines extremen Niederschlagsereignisses wird bereits etwa 10 Minuten nach Einsetzen des Niederschlags die maximale Leistungsfähigkeit der beiden Einlaufschächte von 125 l/s erreicht. Für eine gute Stunde wird diese maximale Wassermenge durch beide Einlaufschächte abgeleitet (vgl. Abbildung 3-14).

Insgesamt werden beim einhundertjährigen Ereignis 1.013 m³ in das Kanalnetz eingeleitet.

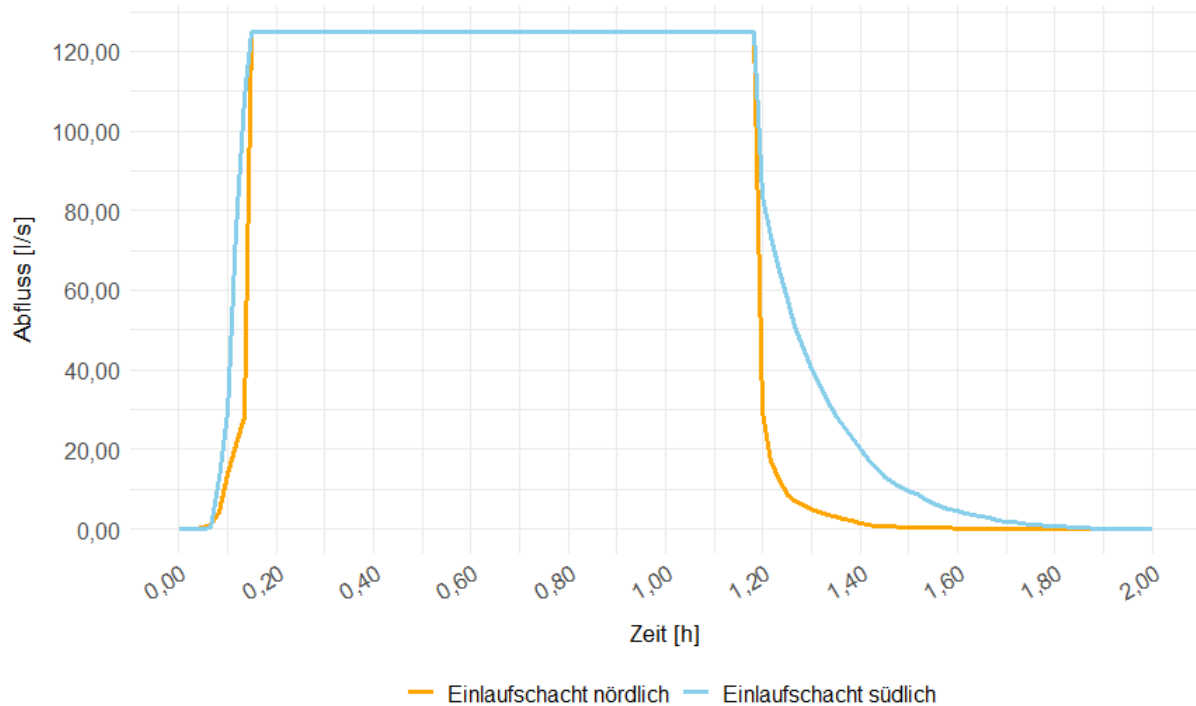


Abbildung 3-14: Abflussganglinie der geplanten Einlaufschächte während eines extremen Niederschlagsereignisses (Nextrem)

4 Wirkungsanalyse

In Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 sind die Differenzen der maximalen Wassertiefen zwischen dem Planzustand und dem Referenzzustand im Fall eines N100 sowie eines Nextrem dargestellt. Eine grüne Einfärbung zeigt eine Verringerung der maximalen Wassertiefen, während eine rote Einfärbung eine Zunahme markiert. Unterschiede von weniger als 0,02 m werden nicht dargestellt.

4.1 Hundertjähriges Niederschlagsereignis

Wie in Abbildung 4-1 zu sehen, treten innerhalb des Baugebiets stellenweise Erhöhungen der Wassertiefen von 0,02 bis 0,1 m auf. Ebenso kommt es rund um das betrachtete Flurstück 352 (D) zu einer leichten Erhöhung der Einstautiefen, wobei die Veränderung unmittelbar an den geplanten Gebäuden sehr gering ausfällt und sich auf die südöstliche Seite eines der Gebäude beschränkt. Diese erläuterten Veränderungen resultieren daraus, dass die geplante Bebauung mit Gebäuden und Straßen den direkten Abfluss des Wassers den Hang hinab in Richtung Osten behindert. Der Bau des vorgesehenen Notwasserweges (E) ermöglicht jedoch, dass das Wasser über die Planstraße in Richtung Grüner Weg (C) abfließt, wodurch eine verschlechterte Starkregensituation für die Oberlieger verhindert wird.

Durch den geplanten Einsatz von L-Steinen kommt es oberhalb dieser zu einer gewollten Erhöhung der Wassertiefen von 0,1 bis 0,5 m (B). Durch diese Maßnahme in Kombination mit den geplanten Einlaufschächten werden die Wassertiefen im Bereich der Grundstücke Grüner Weg 20 bis 26 (F) um 0,02 bis 0,1 m reduziert. Damit wird die Starkregensituation für die Unterlieger im Vergleich zum Referenzzustand verbessert.

Aufgrund des neuen Fließweges über die Planstraße, ergibt sich im Bereich der Grundstücke nordöstlich des Plangebiets ebenfalls eine leichte Verringerung der Wassertiefen von bis zu 0,05 m.

Die geplante Bebauung hat keine Auswirkungen auf die Starkregensituation der im Süden angrenzenden Ackerflächen.

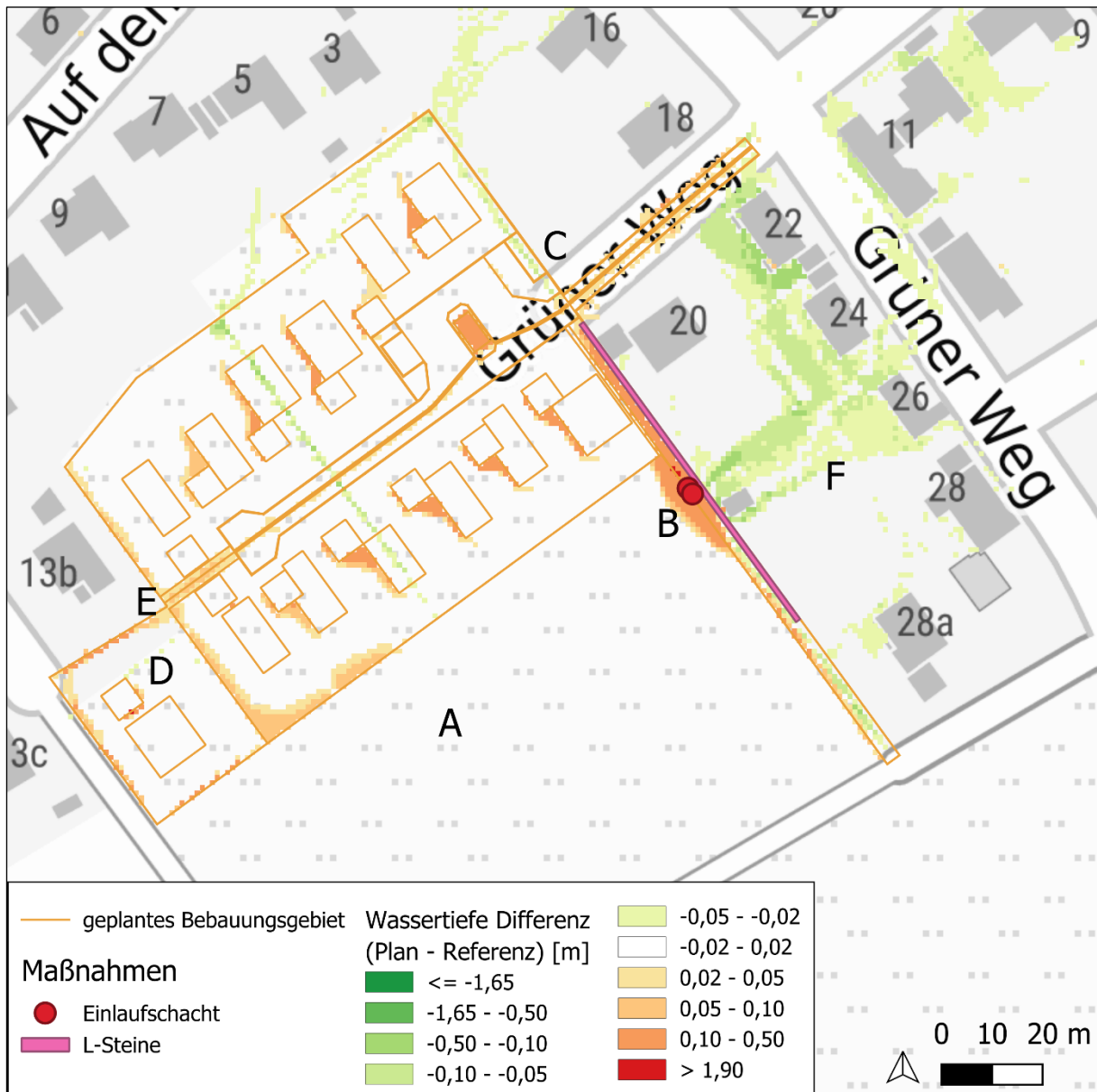


Abbildung 4-1: Differenzen der maximalen Wassertiefen zwischen Plan- und Referenzzustand für ein hundertjähriges Niederschlagsereignis

4.2 Extremes Niederschlagsereignis

Die Differenzen der Wassertiefen zwischen dem Plan- und Referenzzustand bei einem extremen Niederschlagsereignis entsprechen in den Grundzügen denen eines hundertjährigen Niederschlagsereignisses.

Ein Anstieg der maximalen Wassertiefen ist im Bereich der geplanten Gebäude, im Bereich der geplanten L-Steine sowie an den Grenzen des Flurstücks 352 (D) erkennbar (vgl. Abbildung 4-2). Die Differenz der Wassertiefen liegt dabei in den meisten Bereichen zwischen 0,05 und 0,5 m, kann jedoch lokal auf über 0,5 m ansteigen.

Auch im Falle eines Nextrem kann eine Verschlechterung der Starkregensituation für die Oberlieger durch den Bau eines Notwasserweges (E) ausgeschlossen werden. Die Abgrenzung der Ackerflächen und des Baugebiets von den bestehenden Gebäuden der Straße Grüner Weg durch den Einsatz von L-Steinen verringert, trotz des stellenweisen Überströmens der Steine, die großflächige Ausbreitung des anfallenden Niederschlagswassers auf die Grundstücke der Unterlieger (F). Dadurch wird eine Verbesserung der Starkregensituation für diese erreicht. Diese Verbesserung erstreckt sich zudem bis zu den Grundstücken des weiter östlich gelegenen Dahlienwegs (G). Die maximalen Wassertiefen verringern sich in den beschriebenen Bereichen um bis zu 0,1 m. Zu einer zusätzlichen Verringerung der Wassertiefen um 0,02 bis 0,05 m kommt es im nordöstlichen Bereich des Plangebiets.

Analog zum N100 sind die südlich angrenzenden Ackerflächen des Plangebiets nicht von veränderten Einstautiefen betroffen.

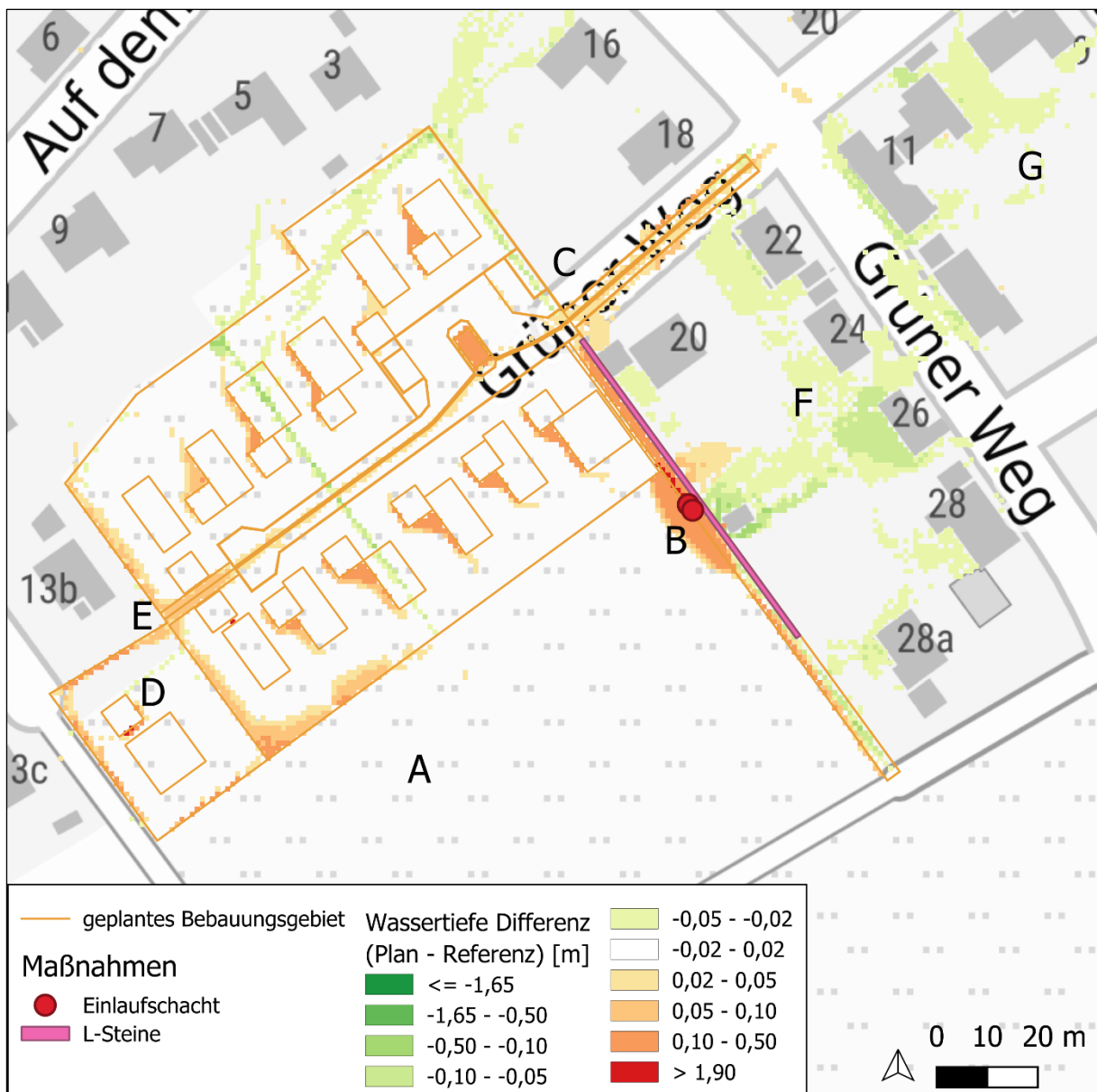


Abbildung 4-2: Differenzen der maximalen Wassertiefen zwischen Plan- und Referenzzustand für ein extremes Niederschlagsereignis

Um zu ermitteln, welche Maßnahmen erforderlich wären, um die Betroffenheit der Unterlieger (F) auch im Extremereignis vollständig zu verhindern, wurden die Abflussmengen ober- sowie unterhalb der geplanten L-Steine ausgewertet. Oberhalb der L-Steine ergibt sich im Nextrem ein Abfluss von maximal $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einem Abflussvolumen von ca. 1670 m^3 . Unterhalb der L-Steine liegt der maximale Abfluss bei $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ und einem Abflussvolumen von 670 m^3 (vgl. Abbildung 4-3). Die Differenz der Abflüsse ergibt sich aus der Leistungsfähigkeit der Einlaufschächte. Um eine Betroffenheit der Unterlieger vollständig zu vermeiden, sind zwei Lösungsansätze möglich:

- Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Einlaufschächte auf insgesamt $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Vergrößerung des Rückhaltevolumens oberhalb der L-Steine um 670 m^3 .

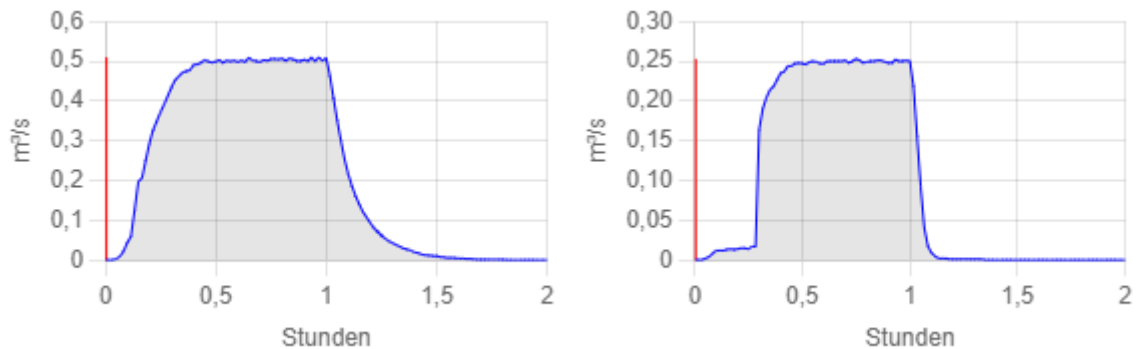


Abbildung 4-3: Abflussganglinie oberhalb (links) und unterhalb (rechts) der L-Steine

5 Fazit

Für das geplante Baugebiet Margeritenweg in Wachtberg wurden Starkregenberechnungen für zwei Szenarien durchgeführt: für ein außergewöhnliches (N100) und für ein extremes Niederschlagsereignis (Nextrem). Zu diesem Zweck wurden Änderungen am 2D-Modell vorgenommen, darunter die Anpassung des Geländes, der Landnutzung, der Versickerung sowie Maßnahmen zum Starkregenschutz. Modelliert und analysiert wurden Zuflüsse, Abflusswege und Rückstaueffekte innerhalb und in der Umgebung des Plangebiets.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass sich die Abflusssituation durch die geplante Bebauung geringfügig verändert. Im Planzustand bestehen während beider Niederschlagsereignisse zwei wesentliche Fließwege: der bereits im Referenzzustand bestehende Fließweg über die Ackerflächen südlich des Plangebiets sowie der zusätzliche Fließweg über die Planstraße, der anschließend über die Straße Grüner Weg in Richtung Nordosten verläuft. Abhängig von der Gestaltung der Grundstücke kommt es an den im Baugebiet geplanten Gebäuden zu geringen Einstautiefen von bis zu 0,2 m.

Im Bereich der Grundstücksgrenze der Straße Grüner Weg 22 und 28A führt der Bau von L-Steinen zu einem gezielten Aufstau des Niederschlagswassers mit Einstautiefen von bis zu 0,5 m. Das Niederschlagswasser wird über zwei geplante Einlaufschächte mit einer jeweils angenommenen Leistungsfähigkeit von 125 l/s in den Stauraumkanal des geplanten Baugebiets sowie oberflächlich entlang der geplanten L-Steine in Richtung Grüner Weg abgeleitet. Es kommt damit im Bereich der Grundstücke der Straße Grüner Weg 22 bis 28A zu einer Verringerung der Wassertiefen um bis zu 0,2 m im Vergleich zum Referenzzustand und damit insgesamt zu einer verbesserten Starkregensituation für die Unterlieger. Eine leichte Erhöhung der Einstautiefen erfolgt an den Grenzen des oberhalb des Baugebiets liegenden Flurstücks 352. Der Bau des geplanten Notwasserwegs kann diesen Aufstau jedoch auf ein minimales Ausmaß begrenzen und sorgt weiterhin dafür, dass die oberhalb des Bebauungsgebiets liegenden Grundstücke vor aufgestautem Niederschlagswasser geschützt werden. Somit kann eine Verschlechterung der Starkregensituation für die Oberlieger verhindert werden.

Für die berechneten Szenarien ist damit sichergestellt, dass es für die Ober- und Unterlieger nicht zu einer Verschlechterung der Starkregensituation kommt. Gleichzeitig ist gewährleistet, dass das Niederschlagswasser des Plangebiets über verschiedene Fließwege abgeleitet werden kann.

6 Literatur und verwendete EDV-Programmsysteme

Hydrotec 2023: Erstellung von Starkregengefahrenkarten für das Gebiet der Gemeinde Wachtberg. Im Auftrag der Gemeinde Wachtberg. Aachen

Hydrotec 2022: Benutzerhandbuch HydroAS – 2D-Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis. Version 5.3.4. Aachen

Junghänel, T.; Ertel, H. & Deutschländer, T. 2017: KOSTRA-DWD 2010R. Bericht zur Revision der koordinierten Starkregenregionalisierung und -auswertung des Deutschen Wetterdienstes in der Version 2010. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main

Verwendete EDV-Programmsysteme

ArcGIS Desktop®, Version 10.8.2	-	ESRI, Redlands (CA), USA
HydroAS ¹ , Version 5.3.4	-	Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen
HydroAS MapView, Version 1.5.0	-	Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen
HydroAS MapWork, Version 5.3.4	-	Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen
QGIS, Version 3.34.4	-	QGIS.org, QGIS Geographic Information System, QGIS Association

¹ HYDRO_AS-2D wurde im September 2022 mit der Version 5.5.0 in HydroAS umbenannt. In diesem Projekt wurde die Version 5.3.4 verwendet.