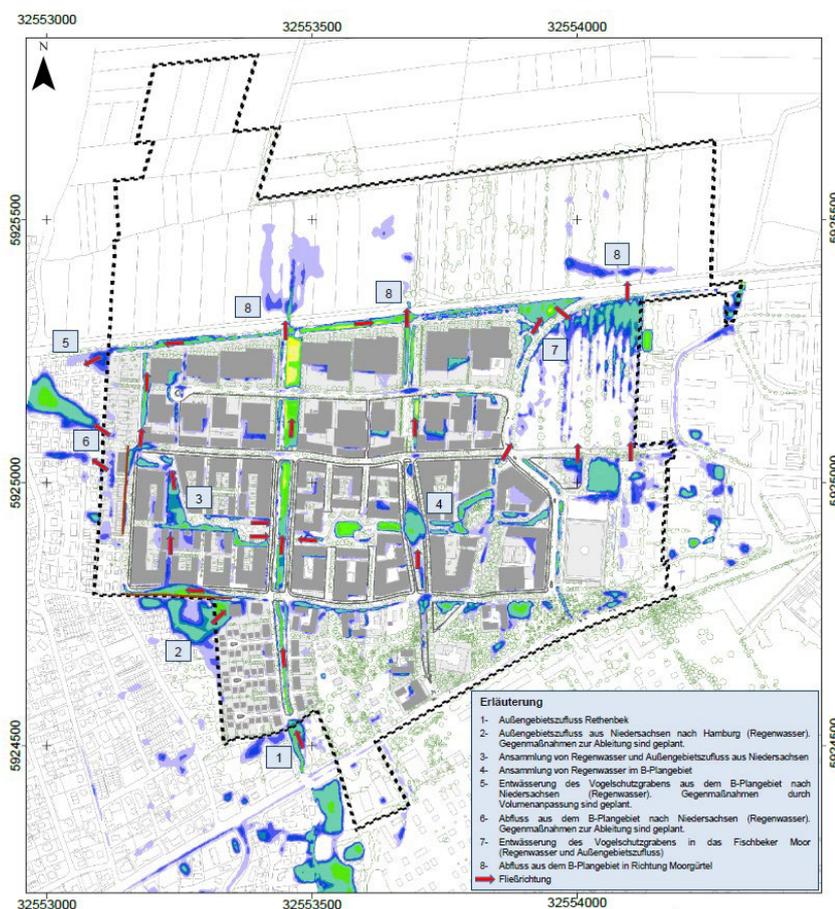


Fischbeker Reethen Starkregengefährdungsanalyse III

Starkregenmodellierung für das geplante
Neubaugebiet NF67



This report has been prepared under the DHI Business Management System certified by Bureau Veritas to comply with ISO 9001 (Quality Management)



<p>Erstellt von</p> <p>[Redacted]</p>		<p>Genehmigt von</p> <p>[Redacted]</p>
<p>[Redacted] 03.11.2022</p> <p>X [Redacted]</p> <hr/> <p>Approved by</p> <p>Signiert von: [Redacted]</p>		<p>[Redacted] 03.11.2022</p> <p>X [Redacted]</p> <hr/> <p>Approved by</p> <p>Signiert von: [Redacted]</p>

Fischbeker Reethen Starkregengefährdungsanalyse III

Starkregenmodellierung für das geplante
Neubaugebiet

Erstellt für: IBA Hamburg GmbH
 Vertreten durch: [REDACTED]
 Adresse: Am Zollhafen 12
 20539 Hamburg, Germany



HQ₃₀ Nord - DHI Wasy GmbH

Projektmanager	[REDACTED]
Qualitätssicherung	[REDACTED]
Projektbearbeiter	[REDACTED]
Projektnummer	14805293-01
Revision	Final 1.0
Einstufung	Eingeschränkt: Der Auftraggeber gestattet die Weitergabe dieses Dokumentes innerhalb der DHI-Gruppe; für eine Weitergabe außerhalb der DHI-Gruppe ist eine gesonderte vorherige Zustimmung des Auftraggebers erforderlich

INHALT

1	Veranlassung	1
2	Bearbeitungskonzept	2
3	Grundlagedaten	4
4	Modellierung der Starkregengefahr.....	4
4.1	Hydrologisches Modell	4
4.1.1	<i>Zweck und Ziel der hydrologischen Modellierung</i>	<i>5</i>
4.1.2	<i>Einsatz des hydrologischen Modells MIKE SHE</i>	<i>6</i>
4.1.3	<i>Ermittlung der Randbedingungen</i>	<i>8</i>
4.1.4	<i>Modellaufbau und Parametrisierung</i>	<i>10</i>
4.1.5	<i>Ergebnisse der hydrologischen Berechnungen.....</i>	<i>11</i>
4.2	Hydrodynamisches Modell	12
4.2.1	<i>Zweck und Ziel der hydrodynamischen Modellierung.....</i>	<i>12</i>
4.2.2	<i>Einsatz des hydrodynamischen Modells MIKE21 FM.....</i>	<i>13</i>
4.2.3	<i>Geländemodell und Berechnungsnetz.....</i>	<i>13</i>
4.2.4	<i>Ermittlung der Randbedingungen</i>	<i>14</i>
5	Berechnungsergebnisse und Risikoanalyse	17
5.1	Überflutungsmechanismen	17
5.2	Risikoanalyse	21
5.2.1	<i>Neuralgischer Punkt nördlich der Neuwulmstorfer Schulstraße.....</i>	<i>22</i>
5.2.2	<i>Neuralgischer Punkt an der Parkanlage Blau-Grünes Band.....</i>	<i>23</i>
5.2.3	<i>Neuralgischer Punkt entlang der Rethenbek.....</i>	<i>24</i>
5.2.4	<i>Neuralgischer Punkt am Fischbeker Boulevard</i>	<i>25</i>
5.2.5	<i>Neuralgischer Punkt am Vogelschutzgraben an der Planungsgrenze zu Niedersachsen</i>	<i>26</i>
6	Handlungsempfehlungen.....	27
6.1	Allgemeine Randbedingungen zu den Handlungsempfehlungen.....	27
6.2	Entwässerungskonzept	27
6.3	Empfohlene Maßnahmen	28
6.3.1	<i>Schutz vor Außengebietswasser aus dem südlichen Einzugsgebiet (A)</i>	<i>28</i>
6.3.2	<i>Installation eines Warnpegels im südlichen Einzugsgebiet (B).....</i>	<i>29</i>
6.3.3	<i>Ableitung der Außengebietszuflüsse an der NWS (C).....</i>	<i>29</i>
6.3.4	<i>Sicherungs- und Unterhaltungsmaßnahmen der Rethenbek und von Durchlässen (D).....</i>	<i>29</i>
6.3.5	<i>Schutz der Straßenräume und Evakuierungsrouten (E).....</i>	<i>30</i>
6.3.6	<i>Schutz einzelner Objekte (F)</i>	<i>30</i>
6.3.7	<i>Volumenanpassung des Vogelschutzgrabens (G)</i>	<i>31</i>
6.3.8	<i>Rückhaltung und Ableitung von Regenwasser im Neubaugebiet (H)</i>	<i>31</i>
6.3.9	<i>Kennzeichnung von lokalen Senken (I).....</i>	<i>31</i>
6.3.10	<i>Überlastung der Entwässerungsinfrastruktur vermeiden (J).....</i>	<i>32</i>
6.3.11	<i>Dachbegrünung (K)</i>	<i>32</i>
6.3.12	<i>Informationsvorsorge (L).....</i>	<i>32</i>
6.3.13	<i>Berücksichtigung der Starkregengefahr im Krisenmanagementplan (M).....</i>	<i>32</i>
6.3.14	<i>Vorbeugende Verhaltensanpassungen (N).....</i>	<i>32</i>
7	Zusammenfassung	33
8	Literatur	35

ABBILDUNGEN

Abbildung 1-1: Übersichtskarte Projektgebiet.....	1
Abbildung 2-1: Bearbeitungskonzept Starkregenanalyse Fischbeker Reethen	3
Abbildung 2-2: Modellschema für die Starkregenanalyse	3
Abbildung 4-1: Übersichtskarte des Einzugsgebiets Rethenbek mit Geländehöhen	6
Abbildung 4-2: Modellsystem MIKE SHE mit Beschreibung der berechenbaren Wasserhaushaltskomponenten.....	7
Abbildung 4-3: Intensität der Niederschläge entsprechend der EULER2 Verteilung in 5-minütiger Auflösung	8
Abbildung 4-4: Platzierung der 5 km ² großen Gewitterzelle (Links: Szenario A; Rechts: Szenario B)	9
Abbildung 4-5: Landnutzungskarte (links) und Bodenübersichtskarte (rechts).....	10
Abbildung 4-6: Außengebietszuflüsse am Übergabepunkt zum hydronumerischen Modell	11
Abbildung 4-7: Modellnetz (Ausschnitt Rethenbek und angrenzende Flächen)	14
Abbildung 4-8: Landnutzung, Gebäude und relevante Durchlässe im Projektgebiet	15
Abbildung 4-9: Bestandsdurchlass der Rethenbek an der B73.....	16
Abbildung 4-10: Vergleich der Zuflussganglinien HQ _{selten} Nord Ober- und Unterstrom der B73.....	17
Abbildung 5-1: Schematische Darstellung der Überflutungsmechanismen (HQ _{extrem} Nord)	18
Abbildung 5-2: Beispiel eines Grabenprofils der Rethenbek-Süd, südlich der NWS	20
Abbildung 5-3: Max. Wassertiefen (HQ _{extrem} Nord) an der NWS Abbildung 5-4: Max. Fließgeschwindigkeiten (HQ _{extrem} Nord) an der NWS.....	22
Abbildung 5-5: Max. Wassertiefen (HQ _{extrem} Nord) am BGB Abbildung 5-6: Max. Fließgeschwindigkeiten (HQ _{extrem} Nord) am BGB.....	23
Abbildung 5-7: Max. Wassertiefen (HQ _{extrem} Nord) - Rethenbek Abbildung 5-8: Max. Fließgeschwindigkeiten (HQ _{extrem} Nord) – Rethenbek	24
Abbildung 5-9: Max. Wassertiefen (HQ _{extrem} Nord) – Boulevard Abbildung 5-10: Max. Fließgeschwindigkeiten (HQ _{extrem} Nord) – Boulevard	25
Abbildung 5-11: Max. Wassertiefen (HQ _{extrem} Nord) – VSG Abbildung 5-12: Max. Fließgeschwindigkeiten (HQ _{extrem} Nord) – VSG	26
Abbildung 6-1: Übersicht und Verortung der technischen Handlungsempfehlungen.....	28
Abbildung 8-1: Kumulative Flüsse HQ _{selten} , Gewitterzelle Nord	1
Abbildung 8-2: Kumulative Flüsse HQ _{selten} , Gewitterzelle Süd	2
Abbildung 8-3: Kumulative Flüsse HQ _{außergewöhnlich} , Gewitterzelle Nord	2
Abbildung 8-4: Kumulative Flüsse HQ _{außergewöhnlich} , Gewitterzelle Süd	3
Abbildung 8-5: kumulative Flüsse HQ _{extrem} , Gewitterzelle Nord.....	3
Abbildung 8-6: kumulative Flüsse HQ _{extrem} , Gewitterzelle Süd	4
Abbildung 8-7: Effektivniederschlag für HQ _{extrem} zum Zeitpunkt T= 25 Minuten.....	5
Abbildung 8-8: Effektivniederschlag für HQ _{extrem} zum Zeitpunkt T = 50 Min	6
Abbildung 8-9: Berechnete Wassertiefen (HQ _{extrem}) mit nördlich platzierter Gewitterzelle nach 40 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG	1
Abbildung 8-10: Berechnete Wassertiefen (HQ _{extrem}) mit südlich platzierter Gewitterzelle nach 40 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG	2
Abbildung 8-11: Berechnete Wassertiefen (HQ _{extrem}) mit nördlich platzierter Gewitterzelle nach 130 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG	3
Abbildung 8-12: Berechnete Wassertiefen (HQ _{extrem}) mit südlicher Platzierung der Gewitterzelle nach 130 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG	4

TABELLEN

Tabelle 4-1:	Hydrologische Prozesse und Ansätze in MIKE SHE.....	7
Tabelle 4-2:	Untersuchte Niederschlagsereignisse	8
Tabelle 4-3:	Oberflächenabflussspitzen am Übergabepunkt zum hydra-numerischen Modell.....	12
Tabelle 5-1:	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen	21
Tabelle 5-2:	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten	21

ANHANG

ANHANG A

Grundlagedaten

ANHANG B

Ergebnisse MIKE SHE Oberflächenabfluss

ANHANG C

Karten der Gefährdungsanalyse

1 Veranlassung

Im Mai 2018 waren die Hamburger Stadtteile Bergedorf und Lohbrügge von heftigen Regenfällen betroffen, welche zu erheblichen Sachschäden führten. In den anderen Stadtteilen war es trocken und es herrschte schönes und warmes Frühjahrs Wetter. Dies zeigt anschaulich, dass es gerade das lokale Auftreten und die sehr hohe Intensität sind, welche Starkregenereignisse auszeichnen. Mittlerweile sind bundesweit (DWA, 2019) und in Baden-Württemberg (LUBW, 2016) verschiedene Leitfäden zum Umgang mit solchen Starkregenereignissen aus Sicht des Schutzes und der vorbeugenden Planung veröffentlicht worden.

Aus gegebenem Anlass fordert das für die Bebauung des Stadtteiles Neugraben-Fischbek verantwortliche Bezirksamt Harburg bei der Planung des Neubaugebietes Fischbeker Reethen (Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67) eine modellgestützte Starkregenanalyse (Abbildung 1-1). Bereits Ende 2019 bis Anfang 2020 wurde in diesem Kontext von der DHI WASY GmbH, im Weiteren Auftragnehmer (AN) genannt, ein Modell für die Simulation von Starkregenereignissen aufgebaut und verschiedene Szenarien berechnet. In dieser Phase des Bauvorhabens waren die Geländehöhen noch nicht festgelegt, weswegen die Berechnungen nur auf einem indikativen Geländemodell beruhen.

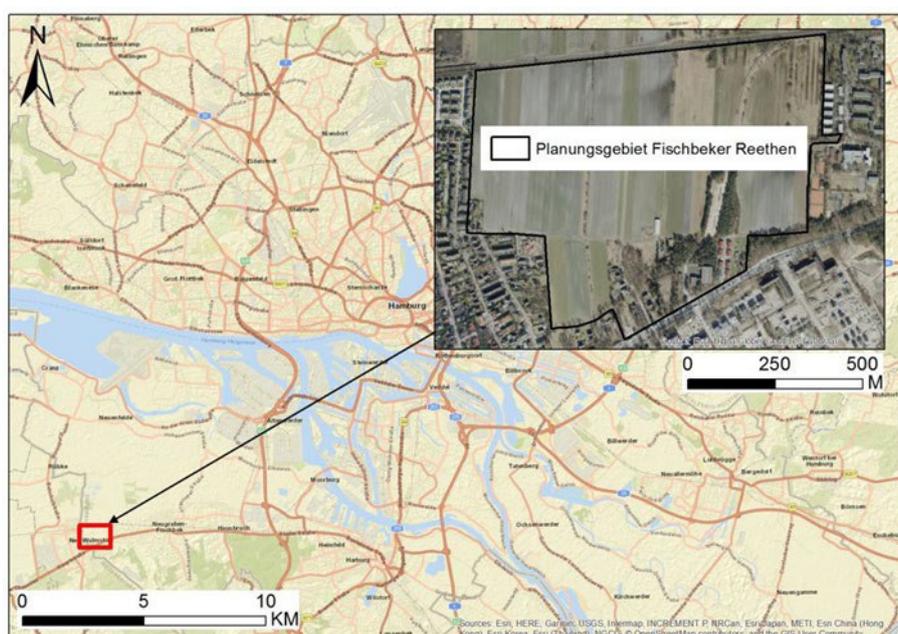


Abbildung 1-1: Übersichtskarte Projektgebiet

Zu einem späteren Zeitpunkt wurden die Geländehöhen festgelegt und die Planunterlagen des Planungsgebiets NF67 entsprechend angepasst. Bei dem Planungsgebiet NF67 handelt es sich um ein komplexes Areal am Übergang der Geest zur Marsch. Bei dem Neubauprojekt werden ca. 2.300 Wohneinheiten und ein Gewerbegebiet mit über 10 ha Nettobauland sowie großzügige (10 ha) Grün- und Freiräume geplant.

Im Anschluss hatte IBA Hamburg GmbH, im Weiteren Auftraggeber (AG) genannt, den AN am 12.11.2020 beauftragt, eine hydraulische Gefährdungsanalyse für das geplante Neubaugebiet Fischbeker Reethen (NF67) basierend auf den aktuellen Planungsdaten durchzuführen, inklusiv der Durchführung einer Risikobewertung und der Ableitung von Handlungsempfehlungen für eine Minimierung des Starkregenrisikos. Gemessen an der

Größe und Bedeutung des Bauvorhabens wurde eine belastungsabhängige Methode (Quantifizierung) gemäß DWA (2019) zur Verwendung als Bewertungsgrundlage für die weitere Planung angestrebt.

Die Ergebnisse der Gefährdungsanalyse unter den vereinbarten Annahmen wiesen sehr hohe Außengebietszuflüsse der Rethenbek unmittelbar oberhalb des Planungsraums auf (DHI WASY GmbH, 2020). Aus diesem Grund haben die Fachbehörden den AG aufgefordert, das unkalibrierte Starkregenmodell nach Ansatz Baden-Württemberg anzusetzen, die Außengebietszuflüsse zu plausibilisieren und den Einfluss der Regenrückhaltebecken (RRHB) Paul und Paulina in der Modellierung zu berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund wurde der AN am 13.10.2021 beauftragt, die berechneten Außengebietszuflüsse zu plausibilisieren, sowie die Regenrückhaltebecken Paul und Paulina in das hydrologische Modell einzubauen, und anschließend die Gefährdungsanalyse inkl. Anpassung der Risikobewertung und der Handlungsempfehlungen erneut durchzuführen.

Über die Erläuterung der Methodik, die getroffenen Annahmen und die Anwendung der Modelle im Abschlussbericht vom Dezember 2020 hinaus (DHI WASY GmbH, 2020), liegt der Fokus in der aktuellen Fassung des Abschlussberichtes auf den Anpassungen der Randbedingungen, den neuen Ergebnissen (Starkregengefahrenkarten), sowie deren Auswirkungen auf die Risikobeurteilung und die Ableitung der Handlungsempfehlungen.

2 Bearbeitungskonzept

Das Bearbeitungskonzept wurde aufbauend auf den Empfehlungen des Merkblatts DWA-M 119 (DWA, 2019) und des Leitfadens „Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“ (LUBW, 2016) abgeleitet. Dabei wird bei diesem Projekt für die Hydraulik der detaillierte Ansatz einer vollständigen zweidimensionalen Oberflächen-Strömungsmodellierung verwendet. Eine integrierte Mitbetrachtung des Kanalnetzes ist unter Berücksichtigung der oben genannten Empfehlungen nicht vorgesehen.

Da im Gegensatz zu Baden-Württemberg keine Oberflächenkennwerte für die Abflussbeschickung für Hamburg und Niedersachsen vorliegen, wurde bereits beim Vorgängerprojekt in einem Expertengespräch am 20.12.2018 in Zusammenarbeit mit der Behörde für Umwelt und Energie (Wasser, Abwasser und Geologie) (BUE), Bezirksamt Harburg Abteilung Tiefbau - Wasserwirtschaft und der Auftraggeberin (AG) IBA Hamburg ein Konzept entwickelt, wie bei diesem Projekt mit den Randbedingungen umgegangen werden soll.

Im Ergebnis wurde entschieden, dass sowohl die Infiltrationsmengen als auch die Außengebietszuflüsse in einem genesteten Modell ermittelt werden sollen. Zu diesem Zweck wurden für das Projekt (1) ein hydrologisches Modell für das Einzugsgebiet und (2) ein hydraulisches Modell für das Planungsgebiet aufgebaut (Abbildung 2-1).

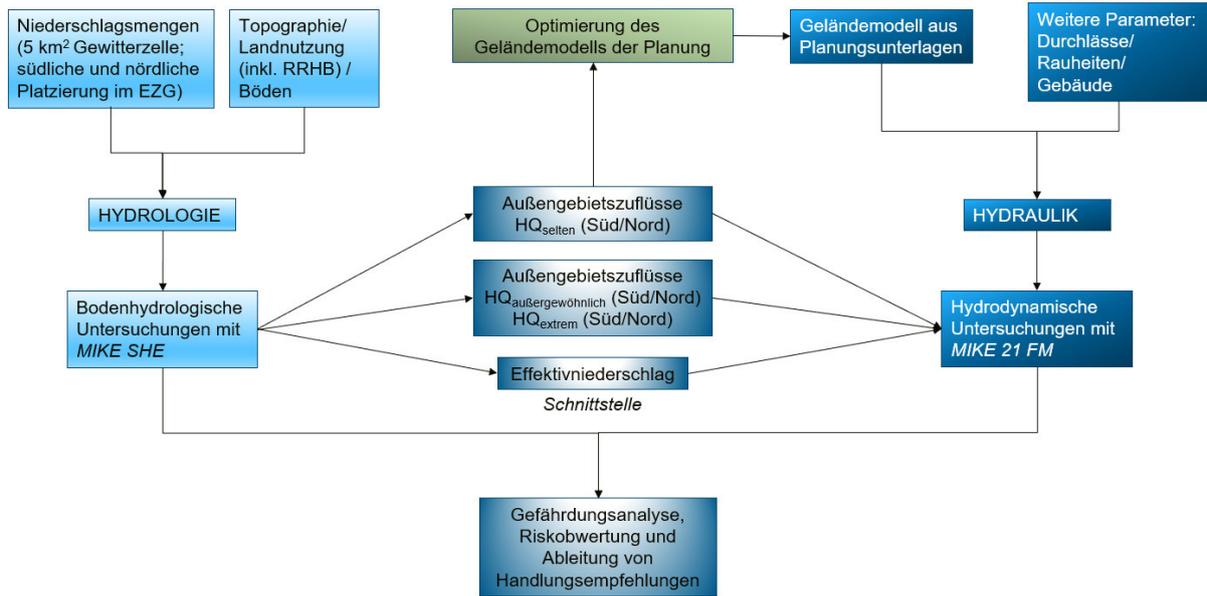


Abbildung 2-1: Bearbeitungskonzept Starkregenanalyse Fischbeker Reethen¹

Anhand des Bearbeitungskonzeptes wurde für das Projektgebiet das folgende Modellschema abgeleitet (Abbildung 2-2). Mit diesem Setup können sowohl der Niederschlag auf das Projektgebiet selbst als auch die Außengebietszuflüsse für die Starkregenanalyse ermittelt werden.

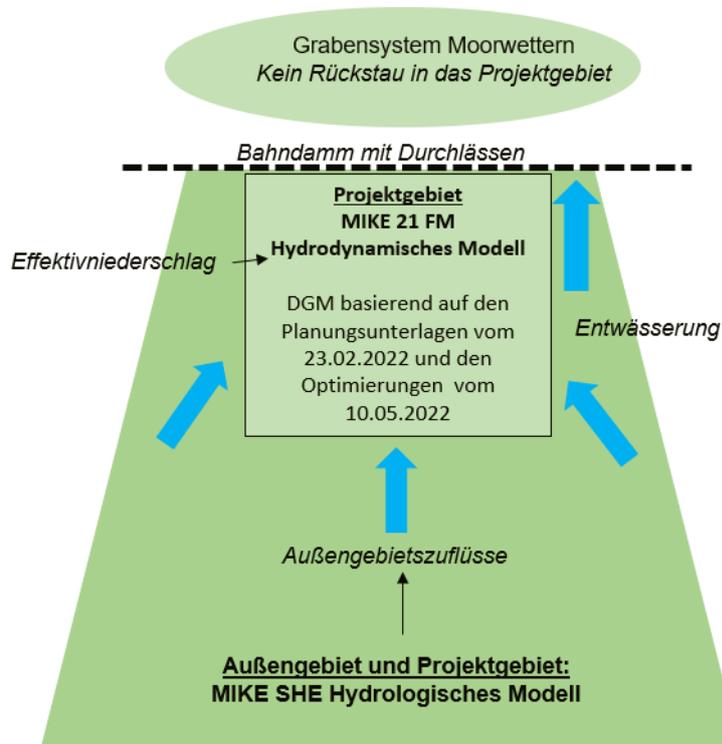


Abbildung 2-2: Modellschema für die Starkregenanalyse

Aufgrund der zu hohen berechneten Außengebietszuflüsse unter den getroffenen Annahmen (LUBW, 2016) wurden Anpassungen der Randbedingungen in einem weiteren Arbeitsgespräch am 08.09.2021 mit dem AG, der BUKEA, dem Bezirksamt Harburg, IPRO

¹ Quelle DGM: IPRO Consult GmbH

Consult GmbH und dem Projektsteuerer Körting Ingenieure GmbH festgelegt. Bei der ersten Anpassung handelt es sich um die Betrachtung einer maximalen 5 km² großen Gewitterzelle (57,8% des gesamten Einzugsgebiets). Da das gesamte Einzugsgebiet der Rethenbek größer ist als 5 km² (8,65 km²), sollte gemäß (LUBW, 2016) das überregnete Gebiet dieses Limit einhalten, um zu vermeiden, dass es aufgrund eines zu großen Einzugsgebietes zu einer Überschätzung des Abflusses im Unterlauf eines Gewässers kommt.

Aus diesem Grund wurden 6 neue Lastfälle abgeleitet, die sich aus der Kombination zwischen der Starkregenereignisse HQ_{selten} , $HQ_{\text{außergewöhnlich}}$ und HQ_{extrem} mit der Platzierung der Gewitterzelle jeweils im nördlichen und im südlichen Bereich des Einzugsgebiets zusammensetzen (Abbildung 2-1).

Darüber hinaus wird die Auswirkung der (RRHB) Paul und Paulina bei der hydrologischen Modellierung berücksichtigt. Die Ermittlung der Randbedingungen wird im Kapitel 4.1.3 näher erläutert werden.

Für die Optimierung des Planungs-DGM (Anpassung des Grabenprofils der Rethenbek, Dimensionierung der Durchlässe, usw.) durch IPRO Consult GmbH (Abbildung 2-1) wurden die ermittelten Außengebietszuflüsse auf Grundlage der Platzierung der Gewitterzelle im nördlichen und im südlichen EZG für den Lastfall HQ_{selten} bereitgestellt. Auf Basis dieser Ergebnisse optimierte IPRO Consult GmbH das Planungs-DGM, welches der hydrodynamischen Modellierung zugrunde liegt.

3 Grundlagedaten

Für die Starkregenanalyse wurden dem AN die Unterlagen im **Anhang A** zur Verfügung gestellt, beziehungsweise wurden von diesem recherchiert. Der Einflussbereich des Projektgebiets deckt die Bundesländer Hamburg und Niedersachsen ab, weswegen kein einheitlicher Datensatz für dieses Projekt zu Grunde lag.

4 Modellierung der Starkregengefahr

4.1 Hydrologisches Modell

Für die Ermittlung der Außengebietszuflüsse und Infiltrationsraten zur Bestimmung des effektiven Niederschlags für die hydrodynamischen Berechnungen im Projektgebiet wurde ein hydrologisches Modell mit der Software MIKE SHE aufgebaut und Berechnungen für die Bemessungsszenarien gemäß (LUBW,2016) durchgeführt. Dies war notwendig, weil im Gegensatz zu anderen Bundesländern (z.B. Baden-Württemberg) keine direkt in der hydrodynamischen Modellierung verwendbaren Oberflächenkennwerte in Hamburg und Niedersachsen zur Verfügung stehen.

4.1.1 Zweck und Ziel der hydrologischen Modellierung

Für die Starkregenmodellierung sind die beiden Eingangsgrößen der Zuflussganglinien an den Rändern in das Planungsgebiet hinein (Außengebietszufluss) und des effektiven Niederschlags innerhalb des Projektgebiets² und im Außenbereich³ erforderlich.

Außengebietszufluss

Aufbauend auf den Vorarbeiten der hydrologischen Analysen, im Zuge derer die maßgebenden Fließpfade auf Basis eines DGM10 ermittelt wurden, wurde die Zuflussganglinie der Rethenbek als Hauptvorfluter für das südlich angrenzende Einzugsgebiet (EZG) identifiziert.

Das EZG hat eine Fläche von ca. 8,65 km² und weist eine von Süden nach Norden längliche Geometrie auf (Abbildung 4-1). Zusammen mit der vergleichsweise steilen Topografie (mittleres Gefälle von rd. 2%⁴) führen diese Eigenschaften zu sehr schnellen Fließprozessen im Einzugsgebiet, verbunden mit spitzen Abflussganglinien bei intensiven Starkregenereignissen.

Der sich im östlichen EZG bildende Oberflächenabfluss fließt durch das Gebiet Röttiger Kaserne östlich und außerhalb des Planungsgebiets ab, sodass ausschließlich die Abflusskurve der Rethenbek für die vorliegende Untersuchung von Interesse ist. Das Untersuchungsgebiet umfasst das Bebauungsgebiet (Plangebiet) inkl. der natürlichen Senke (vorhandener Stauraum) unmittelbar südlich des Straßendamms (Cuxhavener Straße) (Abbildung 4-1).

Effektiver Niederschlag

Der effektive Niederschlag resultiert vereinfacht aus dem Gesamtniederschlag abzüglich der Interzeption und der Infiltration in unversiegelten Böden:

$$N_{eff} = N - Int - Inf$$

Um die Infiltrationsprozesse ausreichend genau abbilden zu können, wird in der Praxis auf empirische/analytische Ansätze oder modelltechnische Anwendungen zurückgegriffen. In beiden Fällen sind Informationen über die hydraulischen Eigenschaften des Bodens und der vorherrschenden Flurabstände notwendig.

Im Projektgebiet gibt es keine Kalibrierpegel und der Abfluss in das Projektgebiet kann aufgrund des Durchlasses am Straßendamm B73 (Cuxhavener Straße) nicht ungestört erfasst werden. Deswegen kann der vereinfachte Ansatz einer auf Literatur- und Erfahrungswerten basierenden und später auf Basis von gemessenen Werten kalibrierten Abflusskoeffizienten (Verhältnis Effektivniederschlag/Gesamtniederschlag) nicht verwendet werden.

Für die Ermittlung des effektiven Niederschlags im Projektgebiet und der Zuflussganglinie in die Rethenbek muss deshalb ein physikalisch basierter Ansatz angewendet werden, der ohne eine detaillierte Kalibrierung annähernd plausible Ergebnisse liefert.

Beide Parameter (Außengebietszufluss und Effektivniederschlag) werden in der anschließenden hydrodynamischen Modellierung verwendet (Kapitel 4.2). Das hydrologische Modell selbst liefert aber auch bereits eigenständig wichtige Erkenntnisse zum Starkregen am

² Zur Beurteilung der Gefährdung im Planungsgebiet

³ Zur Ableitung von Maßnahmen/Handlungsempfehlungen

⁴ Höhenunterschied von rd. 100 m über eine Länge von ca. 5,4 km

Fischbeker Reethen und den Außengebieten, auch im Hinblick auf die abzuleitenden Handlungsempfehlungen (Kapitel 6).

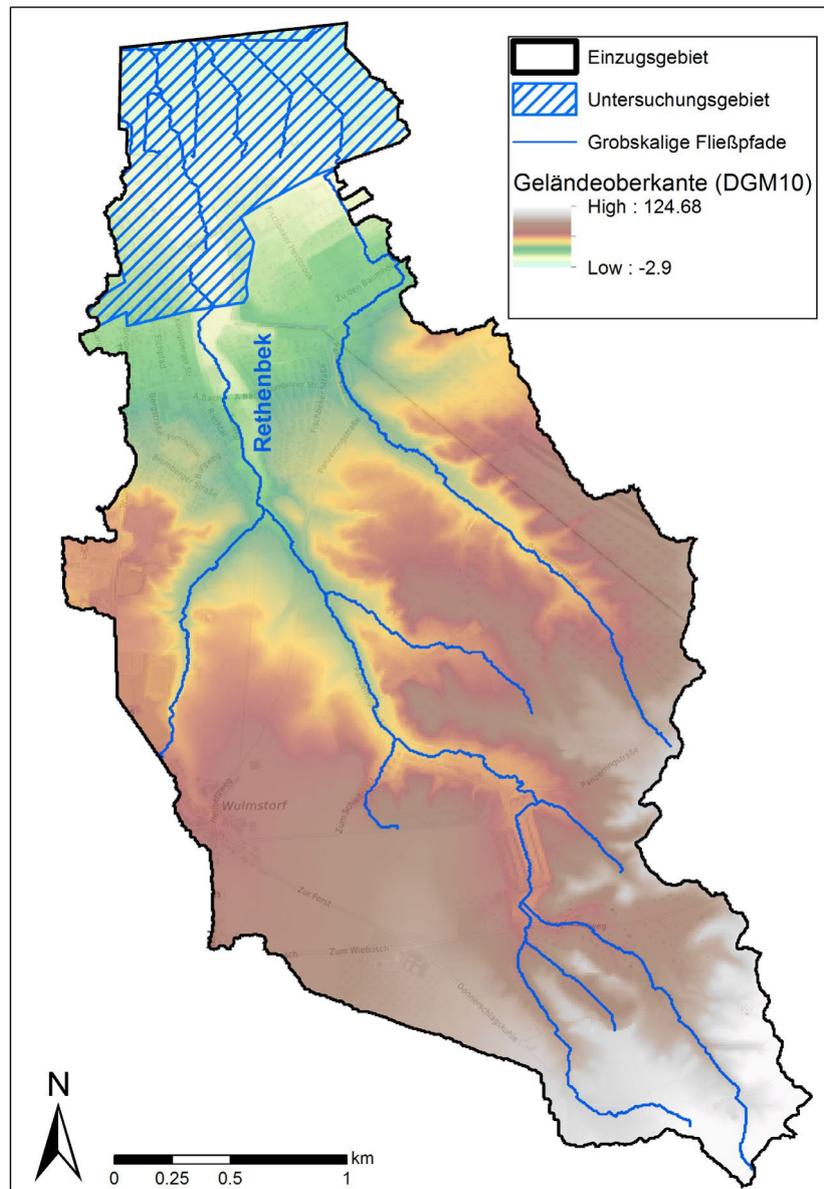


Abbildung 4-1: Übersichtskarte des Einzugsgebiets Rethenbek mit Geländehöhen

4.1.2 Einsatz des hydrologischen Modells MIKE SHE

MIKE SHE ist ein rasterbasiertes Wasserhaushaltsmodell, das alle Kompartimente des Wasserkreislaufs physikalisch berechnen kann (Abbildung 4-2). Eine besondere Stärke des Modells ist die Leistungsfähigkeit bei einer flächendeckend hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung. Ein weiterer großer Vorteil des integrierten Modellsystems besteht darin, dass das Grundwasser im Modell als Teil des Wasserhaushalts verstanden wird und somit eine direkte Verbindung zwischen dem Grundwasser und den hydrologischen Komponenten erfolgt. MIKE SHE gehört zu den sogenannten „White Box“ Modellen. Dies bedeutet, dass das Programm im Gegensatz zu konzeptionellen Niederschlag-Abfluss-Modellen nahezu physikalisch, d.h. auf realen Prozessen basierend, rechnet. Dadurch können auch Gebiete mit wenigen gemessenen Daten realitätsnah abgebildet werden.

MIKE SHE ist ein anerkanntes Modellsystem, das seit 50 Jahren existiert und kontinuierlich weiterentwickelt wird. Entsprechend häufig wurde es in zahlreichen Projekten erfolgreich genutzt. Das Programm ist auch in der Lage, Oberflächenabflüsse räumlich verteilt mit einem Diffuse Wellen Ansatz (ohne Impulssatz) zu berechnen⁵. Dadurch kann für die hydrologischen Berechnungen eine zusätzliche Kopplung (Übergabe von Austauschgrößen) zweier separater Modelle vermieden werden.

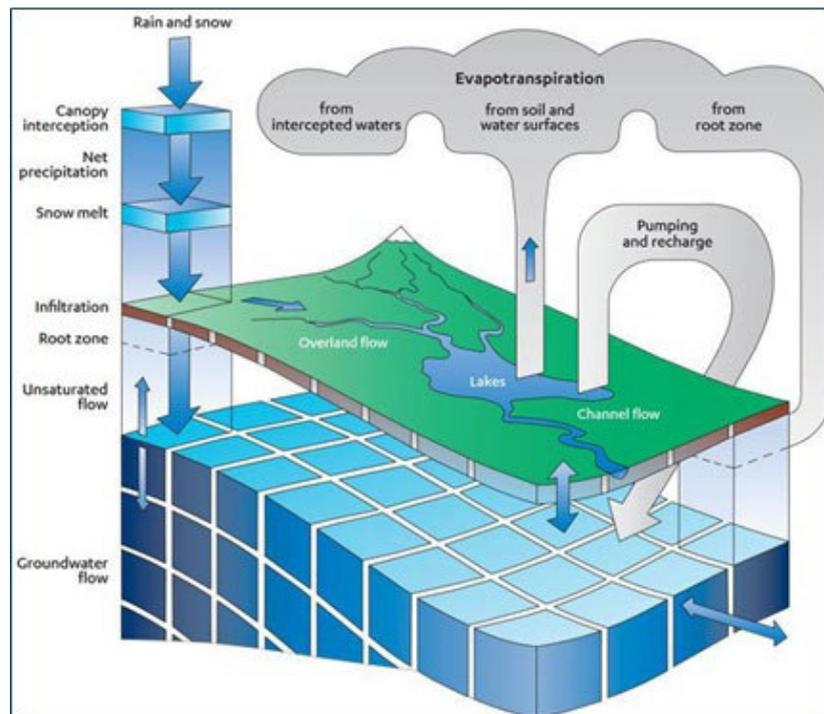


Abbildung 4-2: Modellsystem MIKE SHE mit Beschreibung der berechenbaren Wasserhaushaltskomponenten

In Tabelle 4-1 wird zusammenfassend der Berechnungsansatz von MIKE SHE aufgelistet, um die Eignung des Modells für die vorliegende Fragestellung zu unterstreichen.

Tabelle 4-1: Hydrologische Prozesse und Ansätze in MIKE SHE

Prozess	Numerischer Ansatz
Niederschlag	1-dimensional (Zeitreihen) oder räumlich zeitlich (z.B. Niederschlagsradar)
Schneesmelze	Tag-Grad-Verfahren
Oberflächenabfluss	2-dimensional (Flachwassergleichung als Diffusive Welle) 1-dimensional (Saint-Venant- Gleichungen)
Infiltration, Ungesättigte Bodenzone	1-dimensional Richards-Gleichung
Aktuelle Transpiration, Evaporation	Kristensen & Jensen
Landnutzung, Bewässerung	2-dimensional Berücksichtigung des zeitabhängigen Blattflächenindex und der Wurzeltiefe
Gesättigte Zone	3-dimensionale (Darcy Gleichung (vgl. MODFLOW) Particle Tracking (Vor- und Rückwärts)
Stofftransport	Advektion-Dispersion für alle Module

⁵ Der Oberflächenabfluss für das Projektgebiet wird anschließend detaillierter mit dem hydraulischen Modell MIKE21 FM berechnet

4.1.3 Ermittlung der Randbedingungen

Die einzige benötigte Eingangsgröße in das hydrologische Modell ist der Niederschlag. Gemäß [2] und nach Stand der Technik werden für die vorliegende Untersuchung die Niederschlagsereignisse aus dem KOSTRA 2010R mit den Jährlichkeiten 30⁶ und 100⁷ für die Dauerstufe von 60 Minuten verwendet. In Anlehnung an den Leitfaden zur Starkregenmodellierung des Landes Baden-Württemberg (LUBW, 2016) wird zusätzlich ein extremes Ereignis betrachtet, welches nachfolgend als HQ_{Extrem} bezeichnet wird.

Für die Untersuchung von Starkregenereignissen in Einzugsgebieten mit einer Größe von weniger als 10 km² sind die Ereignisse mit einer Dauer von 1 Stunde erfahrungsgemäß maßgebend.

In Abstimmung mit dem BUE Hamburg (E-Mail vom 01.02.2019) wurde aufbauend auf den Untersuchungen von HAMBURG WASSER für das außergewöhnliche Ereignis eine Niederschlagsintensität von 64 mm/h angesetzt. Zusammenfassend werden für die Untersuchungen also folgende Intensitäten zu Grunde gelegt (Tabelle 4-2).

Tabelle 4-2: Untersuchte Niederschlagsereignisse

Ereignis	Jährlichkeit [Jahre]	Dauer [min]	Niederschlagsintensität [mm/h]
HQ selten	30	60	39
HQ außergewöhnlich	100	60	48
HQ extrem	> 300 (geschätzt)	60	64

Für die Verteilung dieser Niederschlagsintensität findet die sogenannte EULER2-Methode in der vorliegenden Untersuchung Anwendung. Diese zeichnet sich durch eine ausgeprägte Niederschlagspitze aus, wodurch der Niederschlagsverlauf einer konvektiven Niederschlagszelle gut repräsentiert wird. Im Vergleich zu einem Blockregen wird durch die Niederschlagspitze der Oberflächenabfluss konservativ berechnet. Die hieraus resultierenden zeitlichen Niederschlagsverteilungen sind in Abbildung 4-3 veranschaulicht.

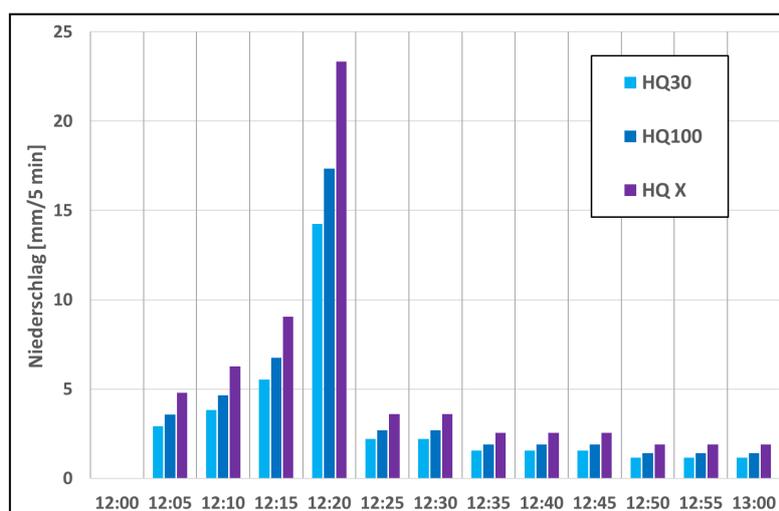


Abbildung 4-3: Intensität der Niederschläge entsprechend der EULER2 Verteilung in 5-minütiger Auflösung

⁶ In Kombination mit den bodenhydrologischen Eigenschaften gemäß LUBW (2016) ein HQ_{Selten}

⁷ In Kombination mit den bodenhydrologischen Eigenschaften gemäß LUBW (2016) ein HQ_{Außergewöhnlich}

Da das untersuchte Einzugsgebiet größer als 5 km² ist, wird für die räumliche Niederschlagsverteilung in Anlehnung an den Leitfaden zur Kommunales Starkregenrisikomanagement des Landes Baden-Württemberg eine maximale 5 km² große Gewitterzelle angenommen, um die Kleinräumigkeit der Gewitterzelle zu berücksichtigen und um zu vermeiden, dass es zu einer Überschätzung des Abflusses der Rethenbek kommt (LUBW, 2016).

In Abstimmung mit IBA Hamburg GmbH, der BUKEA, dem Bezirksamt Harburg, sowie mit IPRO Consult werden insgesamt zwei Szenarien für die Platzierung der 5 km² großen Gewitterzelle innerhalb des 8,65 km² großen Einzugsgebiets (EZG) betrachtet:

- Szenario A: Platzierung der Gewitterzelle im südlichen Bereich des EZG: Der Niederschlag im nördlichen Bereich des EZG inkl. Neubaugebiet wird auf 0 angesetzt. Die Zuflussganglinie bildet sich ausschließlich aus dem Außengebietszufluss.
- Szenario B: Platzierung der Gewitterzelle im nördlichen Bereich des EZG: Berücksichtigung einer Zuflussganglinie aus dem teilweise überregneten Außengebiet inklusiv abflusswirksamer Flächen im Neubaugebiet.

Die räumliche Niederschlagsverteilung beider Szenarien kann der Abbildung 4-4 entnommen werden. Die Karten zeigen die räumliche Lage der beiden untersuchten Gewitterzellen innerhalb des Einzugsgebiets einschließlich des Kopplungspunktes zwischen hydrologischem und hydrodynamischem Modell, an welchem die Zuflussganglinie des Außengebiets übergeben wird.

Außerhalb der Gewitterzellen wird kein Niederschlag angenommen. Die RRHB „Paul“ und „Paulina“ werden bei der hydrologischen Modellierung unter der Annahme berücksichtigt, dass die im Bereich der RRHB auftretende Niederschlagsmenge komplett aufgenommen werden. Die Flächen der RRHB werden, wie in Abbildung 4-4 Szenario B dargestellt, als „nicht abflusswirksam“ in die Modellierung einbezogen.

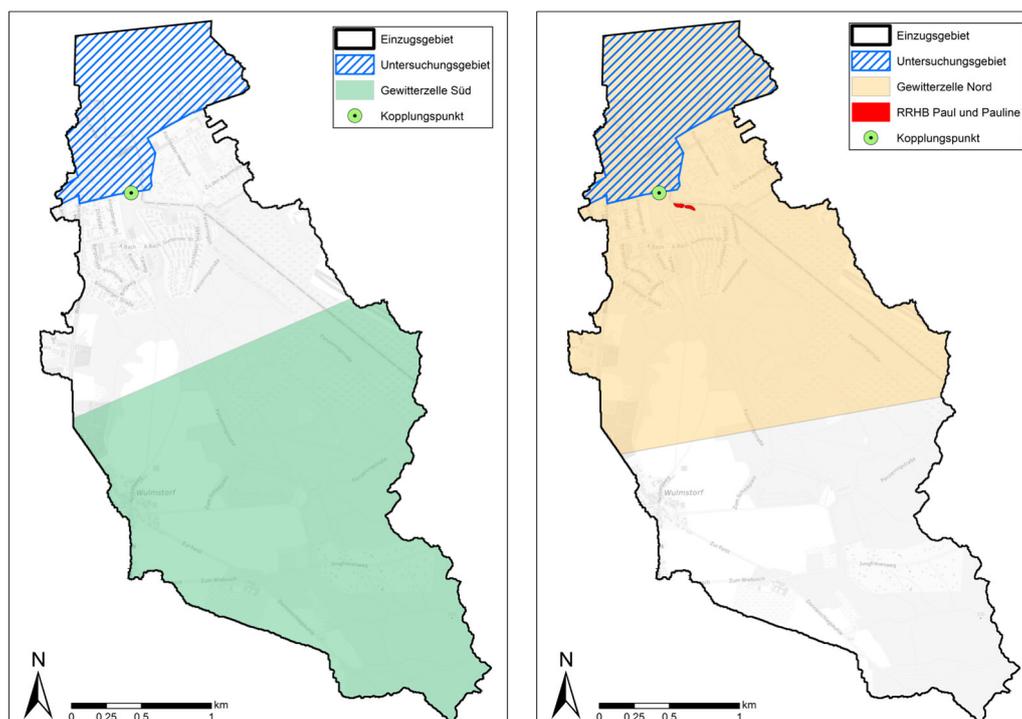


Abbildung 4-4: Platzierung der 5 km² großen Gewitterzelle (Links: Szenario A; Rechts: Szenario B)

4.1.4 Modellaufbau und Parametrisierung

Die räumlich diskretisierte Modelloberfläche wurde auf der Basis von Geländedaten aus Hamburg und Niedersachsen zusammengestellt (**Anhang A**). Für die hydrologischen Berechnungen wurde das DGM1 von Niedersachsen und Hamburg zu einem DGM10 (10x10 m Auflösung) aggregiert. Fließhindernisse, welche zu einer Verfälschung des Oberflächenabflusses geführt hätten (z.B. Brücken und Überquerungen), wurden im DGM korrigiert.

Als topographisch besonders relevant gilt der Straßendamm der B73 (Cuxhavener Straße), der das Planungsgebiet vom oberen Einzugsgebiet trennt. Die restlichen für die Oberflächenabflussbildung wichtigen Parameter wurden anhand der Landnutzungskarte und der Bodenkarte (Maßstab 1:50.000 / 1:200.000) abgeleitet. Die beiden den Berechnungen zugrunde liegenden Zuordnungen sind in Abbildung 4-5 dargestellt.

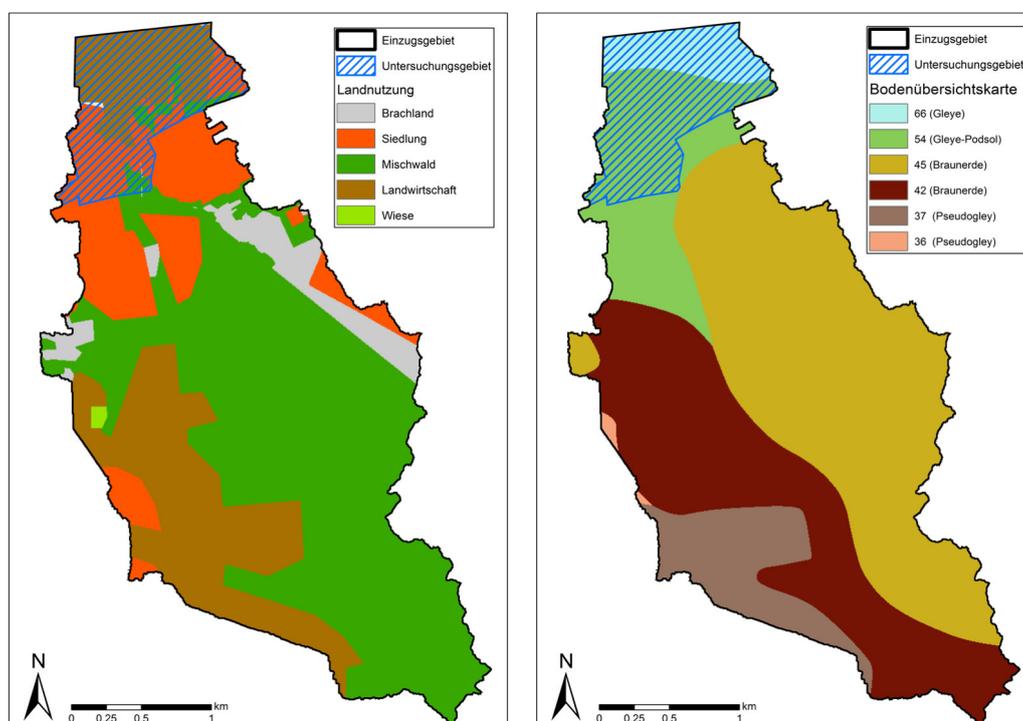


Abbildung 4-5: Landnutzungskarte (links) und Bodenübersichtskarte (rechts)

Anhand der Bodentypen wurden die von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) frei verfügbaren Boden-Leitprofile verwendet, um die hydraulischen Leitfähigkeiten abzuleiten. Die Übertragung nach MIKE SHE erfolgt anhand der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Sponagel *et al.*, 2005) und der Van Genuchten Parameter, die mit Hilfe der Rosetta-Datenbank (Schapp & Van Genuchten *et al.*, 2001) parametrisiert wurden. Hiermit wurde die Infiltration physikalisch 1-dimensional mittels der Richard Gleichung im Modell berechnet. Auf eine Verschlammung wurde in Anlehnung an (LUBW, 2016) aufgrund der örtlichen Kenntnisse (sandige Böden) verzichtet.

Anhand der Flächennutzung können vegetationsspezifische Parameter, die für die Berechnung der Interzeption (= Retention von Niederschlag durch Vegetation) notwendig sind, und Versiegelungsgrade abgeleitet werden. Für die vegetationsspezifischen Eingangsdaten (LAI und Wurzeltiefe) werden die auf Monatswerten basierenden WASIM-Zeitreihen verwendet (Pöhler *et al.*, 2007). Auf den versiegelten Flächen, wie Straßen und gepflasterten Verkehrswegen als Teil der Planungen im Projektgebiet, wurde die Infiltration mit einem sehr niedrigen Leckage-Beiwert von 10^{-8} 1/s deaktiviert. Im Bereich von Mischbebauung, wie

Siedlungsflächen mit lockerer Bebauungsdichte und Grünflächen wurde ein Leakage-Beiwert von 10^{-5} 1/s angesetzt. Innerhalb von Grünflächen und bewachsenen Zonen wurde eine geringe Hemmung der Infiltration mit einem Leakage-Beiwert von 10^{-4} 1/s angenommen, so dass die Wirkung von Oberboden und Deckschichten berücksichtigt wird. Für das untersuchte Gebiet waren zum Zeitpunkt der Analyse keine Leakage-Beiwerte vorhanden. Die verwendeten Werte beruhen auf der Erfahrung vorheriger MIKE SHE Projekte bei DHI und stellen Einstiegswerte dar, welche sich in fachlich ähnlich gelagerten Untersuchungen als plausible Werte bewährt haben.

Als untere Randbedingung für das Grundwasser in der gesättigten Zone wurden die Isolinien der HUEK 200 verwendet und im zentralen Projektgebiet anhand der Isolinien für den Bemessungsgrundwasserstand aus dem Erläuterungsbericht der BWS GmbH (**Anhang A**) angepasst.

4.1.5 Ergebnisse der hydrologischen Berechnungen

Die Außengebietszuflüsse wurden mittels des hydrologischen Modells MIKE SHE anhand der drei betrachteten Bemessungsereignisse (HQ_{Seiten} , $HQ_{\text{Außergewöhnlich}}$ und HQ_{Extrem}) jeweils für beide Lagen der Gewitterzelle (vgl. Abbildung 4-4) ermittelt. Insgesamt wurden sechs Simulationen ausgeführt.

Die Abbildung 4-6 zeigt die aus den sechs Simulationen (3 Niederschlagsereignisse x 2 unterschiedliche Platzierungen der Gewitterzelle über dem Einzugsgebiet) resultierenden Oberflächenabflussganglinien am Übergabepunkt zum hydronumerischen Modell südlich des Durchlasses am Straßendamm B73 (Abbildung 4-4). Zudem werden die im Rahmen des Vorgängerprojekts (DHI WASY GmbH, 2020) mit einer Überregnung des gesamten EZG an derselben Stelle ermittelten Ganglinien für die jeweiligen Niederschlagsereignisse dargestellt.

Dabei lässt sich erkennen, dass die in der vorliegenden Studie angewandte Reduzierung der überregneten Fläche auf 5 km^2 eine deutlich geringere Abflussspitze zur Folge hat. Darüber hinaus resultieren die Ganglinien innerhalb eines Niederschlagsereignisses für Szenarien mit nördlicher Lage der Gewitterzelle in früher und niedriger eintreffenden Abflussspitzen im Vergleich zur südlichen Lage der Gewitterzelle. Dies ist auf die im Falle der nördlichen Gewitterzelle geringere überregnete Fläche im Außengebiet zurückzuführen.

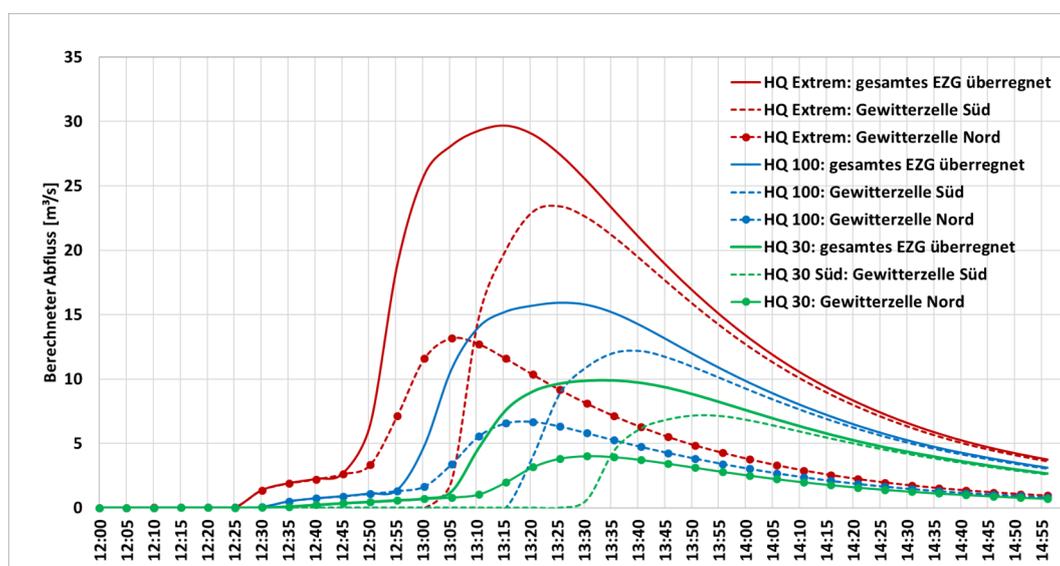


Abbildung 4-6: Außengebietszuflüsse am Übergabepunkt zum hydronumerischen Modell

Die genauen Werte der Spitzenabflüsse für die jeweiligen Szenarien können der Tabelle 4-3 entnommen werden. Es wird erneut darauf hingewiesen, dass die Datengrundlage eine Kalibrierung des hydrologischen Modells nicht zugelassen hat.

Tabelle 4-3: Oberflächenabflussspitzen am Übergabepunkt zum hydronumerischen Modell

Jährlichkeit	Räumliche Niederschlagsverteilung	Spitzenabfluss am Übergabepunkt [m ³ /s]	Abnahme des Spitzenabflusses im Bezug zur gesamten Überregnung des EZG [%]
HQ _{Selten}	Gesamtes EZG	9,91	-
	Gewitterzelle Süd	7,17	27,6
	Gewitterzelle Nord	4,02	59,5
HQ _{Außergewöhnlich}	Gesamtes EZG	15,94	-
	Gewitterzelle Süd	12,16	23,73
	Gewitterzelle Nord	6,68	58,11
HQ _{Extrem}	Gesamtes EZG	29,67	-
	Gewitterzelle Süd	23,41	21,10
	Gewitterzelle Nord	13,17	55,60

Die MIKE SHE Berechnungen im **Anhang B.3** zeigen, dass der maßgebliche Anteil des Außengebietsabflusses sich in einer topographischen Senke zwischen dem Stadtteil Neu Wulmstorf (Niedersachsen) und dem Neubaugebiet Fischbeker Heidbrook (Hamburg) südlich des Durchlasses der Rethenbek an der B73 sammelt und die Zugangsrouten zum Planungsgebiet fast ausschließlich über diese Engstelle erfolgt (siehe auch Kapitel 5)

Des Weiteren lassen die Abbildungen den Unterschied zwischen der Lage der jeweils berücksichtigten Gewitterzelle (Nord/Süd) erkennen. Im Falle einer nördlichen Platzierung der Gewitterzelle wird auch das Planungsgebiet überregnet, wodurch sich ausgedehntere Überflutungsflächen im Untersuchungsgebiet selbst ergeben. Tritt die Gewitterzelle im Süden des EZG auf, erreicht die Hochwasserelle das Untersuchungsgebiet deutlich später als im nördlichen Gewitterzellenszenario.

Mit dem Modell wurden ebenfalls die Effektivniederschläge für das Projektgebiet berechnet. Diese werden in ihrer zeitlichen Abfolge in kumulativen Flüssen (**Anhang B.1**) in das hydrodynamische Modell (Kapitel 4.2) eingespeist. Beispiele einer flächigen Darstellung sind **Anhang B.2** zu entnehmen.

4.2 Hydrodynamisches Modell

4.2.1 Zweck und Ziel der hydrodynamischen Modellierung

Im Rahmen der Starkregengefährdungsanalyse für das geplante Neubaugebiet NF67 ist der Zweck der Verwendung eines hydronumerischen zweidimensionalen Strömungsmodells (2D-Modell), die Wassertiefen, die Fließgeschwindigkeiten, sowie die Fließwege innerhalb des Projektgebiets für die Bemessungsereignisse HQ_{Selten}, HQ_{Außergewöhnlich} und HQ_{Extrem} zu ermitteln.

Das 2D-Modell ist in der Lage, den zeitlichen Verlauf der aus einem Starkregenereignis resultierenden Abflussswelle zu simulieren. Neben den maximalen Wassertiefen, Fließgeschwindigkeiten und den finalen Fließwegen können auch zeitliche Komponenten wie Überflutungsdauern hinsichtlich der Beurteilung der Gefährdung und Ableitung von Handlungsempfehlungen herangezogen werden.

4.2.2 Einsatz des hydrodynamischen Modells MIKE21 FM

Das 2D-Modell wurde mit dem Softwaremodul MIKE21 FM für freie Oberflächengewässer aufgestellt. MIKE21 FM basiert auf einem 2-dimensionalen tiefenintegrierten Ansatz (Flachwassergleichungen). Zur Berechnung der hydrodynamischen Prozesse werden in den Gleichungen folgende Einflüsse berücksichtigt:

- Turbulente Diffusion, Advektion und Dispersion
- Variable Bathymetrie und Sohlrauheiten
- Überflutung und Trockenfallen von benässen Bereichen
- Einfluss von Zuflüssen und Rückgabebauwerken
- Quellen und Senken (Massen- und Impulserhaltung)

Demnach wird die vollständige dynamische Welle in den Berechnungen berücksichtigt, was dem Stand der Technik für die hydrodynamische Modellierung von oberflächigen Strömungsprozessen entspricht. Für die Abbildung des Fließwiderstandes im Flussschlauch und auf dem Vorland kann im 2D-Modell zwischen den empirischen Ansätzen des Chézy-Koeffizienten C und dem Manning-Strickler-Beiwert K_{St} gewählt werden. In der vorliegenden Untersuchung wurden K_{St} -Werte [$m^{1/3}s^{-1}$] räumlich differenziert in Abhängigkeit der Landnutzung (Abbildung 4-8) angesetzt.

Die Wirbelviskositäten ν_t wurden als zeitveränderliche Funktion der lokalen Gradienten der Strömungsgeschwindigkeiten (Ansatz nach Smagorinsky) angegeben.

4.2.3 Geländemodell und Berechnungsnetz

Hydraulisches Geländemodell

Das hydraulische digitale Geländemodell (DGM) des Planungszustandes stellt die wichtigste Randbedingung für die hydrodynamische Berechnung bei Starkregenereignissen dar. Es wurde auf Basis von zwei Datensätzen erstellt:

- Dreidimensionales CAD-Modell des Planungsgebietes (Planungsbereich)
- DGM1 Hamburg (Randbereiche)

Das hydraulische DGM wurde unter Berücksichtigung der Bruchkanten und Geländehöhen als Triangulated Irregular Network (TIN) im ESRI-Format erstellt. Gebäudekörper wurden dabei entfernt – sie werden anhand eines gesonderten Verfahrens (siehe unten) in den hydraulischen Berechnungen berücksichtigt.

Dafür wurde das durch IPRO Consult GmbH optimierte DGM der Planung (Anpassung des Grabenprofils der Rethenbek, Dimensionierung der Durchlässe, usw.) aufbereitet und verwendet (Abbildung 2-1).

In Abstimmung mit dem AG und IPRO Consult GmbH wurden Kastenrinnen und Rohrleitungen, welche Retentionsgräben verbinden bzw. den Zu- und Ablauf aus den EW-Anlagen, nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht enthalten sind alle Sielleitungen, die jedoch im Projektgebiet nur in geringem Umfang geplant werden.

Modellnetz

Das Modellnetz für den Finite-Volumen-Ansatz wurde entsprechend der Bruchkanten aus den Planungen der Straßen und vorgegebenen Höhen aus dem Lageplan des Oberflächenentwässerungskonzepts entwickelt.

Beim Modellnetz handelt es sich um ein so genanntes flexibles Netz (Flexible Mesh – FM), d.h. die einzelnen Elemente sind je nach Diskretisierung unterschiedlich groß und können nach den Vorgaben des Modellierers angepasst werden. Es besteht die Möglichkeit, die Vermaschung des Netzes anhand von triangulären oder quadrangulären Elementen durchzuführen. Eine Kombination beider Formen ist auch umsetzbar. In diesem Modell wurden die Verkehrswege und die Rethenbek als Rechteckelemente abgebildet, um das Fließverhalten dort besser abbilden zu können. Ein Beispiel der Vermaschung für das 2D-Berechnungsnetz ist Abbildung 4-7 zu entnehmen.

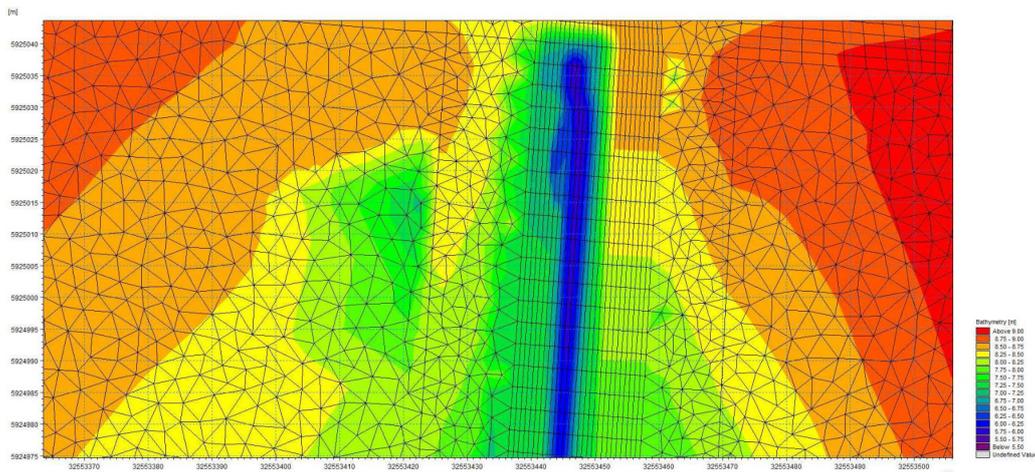


Abbildung 4-7: Modellnetz (Ausschnitt Rethenbek und angrenzende Flächen)

In Abstimmung mit dem AG und mit IPRO Consult GmbH wurden anhand von vorläufigen Berechnungsergebnissen zwei „Erdschwellen“, also zwei Geländeerhöhungen bzw. -aufschüttungen südlich und westlich der Neuwulmstorfer Schulstraße (NWS) im Modellnetz eingebaut, um Überflutungen aus dem südlichen Bereich (Niedersachsen) in das Planungsgebiet, sowie Überflutungen aus dem Planungsgebiet in den westlichen Bereich (Niedersachsen) zu vermeiden (Abbildung 4-8).

4.2.4 Ermittlung der Randbedingungen

Neben den Geländehöhen und der Modellnetzdiskretisierung waren weitere Arbeitsschritte für die Bestimmung entsprechender Randbedingungen für die Modellberechnungen erforderlich, die im Folgenden näher erläutert werden.

Rauheiten

Für die Belegung der Rauheiten (Fließwiderstände) wurden Manning-Strickler Beiwerte unter der räumlich differenzierten Berücksichtigung entsprechender Landnutzungskategorien verwendet (Abbildung 4-8). Es wurden k_{st} -Werte zwischen 15 (Wald) und 40 (Verkehrswege) $m^{1/3}s^{-1}$ angesetzt.



Abbildung 4-8: Landnutzung, Gebäude und relevante Durchlässe im Projektgebiet

Gebäudeumrisse

Die Abflusswirksamkeit der Dachflächen der Gebäude innerhalb des Neubaugebiets NF67 wurde zu 100 % angesetzt. Der gefallene Niederschlag über Dachflächen wird vollständig aufgenommen und unverzögert an die angrenzenden Flächen (Dachränder) abgeleitet und modelltechnisch anhand einer Wehrfunktion an die umliegenden Modellelemente verteilt wird. Eine gesonderte Berücksichtigung begrünter Dachflächen fand in der aktuellen Starkregengefährdungsanalyse nicht statt.

Außerdem wurden Gebäude als nicht durchströmbare Bauwerke modelltechnisch umgesetzt (Abbildung 4-8)

Durchlässe

Eine Übersicht der angesetzten Durchlässe ist Abbildung 4-8 zu entnehmen. Durch den Einbau der entsprechenden Parameter gemäß Planung wurde der hydraulische Einfluss der Durchlässe auf das Strömungsverhalten (Fließverluste durch Einschnürung und Aufweitung) in den Simulationen mit aufgenommen. Dabei wurde die lichte Öffnung, der Fließwiderstand, die Sohlhöhen des Ein- und Auslaufs und die Länge der Bauwerke im Modell-Setup angesetzt.

Keine Verklauung wurde angenommen. Im Gegensatz zur Empfehlung gemäß LUBW (2016), Durchlässe mit einem Durchmesser kleiner als 0,5 m in das hydrodynamische Modell bei den außergewöhnlichen und extremen Ereignissen als verlegt (hydraulisch nicht wirksam) zu betrachten, wurden in Abstimmung mit dem AG und mit IPRO Consult GmbH die neuen drei Durchlässe BGB-West 1 (DN400), BGB-Mitte (DN400) und BGB-West 2 DN300 in das 2D-Modell eingepflegt, um den Entwässerungsvorgang des BGB zu verbessern. Grund dafür ist, dass möglichen Auswirkungen von Erosion und Verlandung durch naheliegende Ackerflächen im Neubaugebiet als unplausibel geschätzt wurden. Handlungen zur Minimierung der Gefährdung durch Verklauung dieser Durchlässe wegen Blätter, Äste, usw. im Herbst und im Winter wird im Kapitel 6 angegangen.

Niederschlag und Außengebietszuflüsse

In dem Modell fanden die Berechnungsergebnisse der hydrologischen Modellierung für die Bemessungsereignisse HQ_{Selten} , $HQ_{\text{Außergewöhnlich}}$ und HQ_{Extrem} mit den entsprechenden Zuflüssen aus den Außengebieten für die Szenarien A und B als Eingangsgrößen Berücksichtigung.

Der mit dem hydrologischen Modell MIKE SHE ermittelte Gebietsniederschlag für das Szenario B (über dem Planungsgebiet) wurde gemäß der in Kapitel 4.1.1 und Kapitel 4.1.3 beschriebenen Methodik als räumlich und zeitlich verteilter Effektivniederschlag angesetzt. Der Direktniederschlag über den Dachflächen wird, wie im Abschnitt „Gebäudeumrisse“ erläutert, aufgenommen und direkt (ohne Verzögerung) an die angrenzenden Flächen abgegeben. Im Fall des Szenarios A wurde der Nettoniederschlag über dem B-Plangebiet (Nord) auf null angesetzt.

Der Außengebietszufluss der MIKE SHE Berechnungen (Kapitel 4.1.5) wurde für den Talraum der Rethenbek unmittelbar südlich des Durchlasses an der B73 angesetzt. Der Durchlass an der B73 (Abbildung 4-9) ist das Verbindungselement zwischen Außen- und Planungsgebiet. Er hat gemäß Planungsangaben von IPROConsult GmbH eine Länge von 40 m, eine Gesamt-Lichtbreite von 3,5 m und eine Lichthöhe von 1,50 m. Durch den entsprechenden Einstau des Durchlasses und die Retentionswirkung des südlichen Talraums wird die Zuflussschwelle abgedämpft und leicht verzögert (Abbildung 4-10)



Abbildung 4-9: Bestandsdurchlass der Rethenbek an der B73

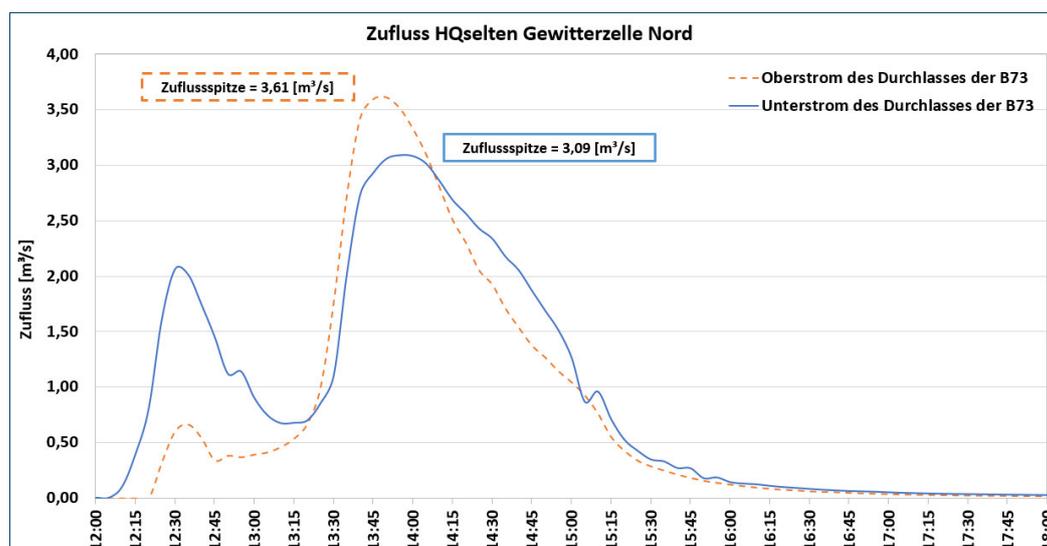


Abbildung 4-10: Vergleich der Zuflussganglinien HQ_{selten} Nord Ober- und Unterstrom der B73

5 Berechnungsergebnisse und Risikoanalyse

In folgendem Kapitel werden die Modellergebnisse erläutert, die Überflutungsmechanismen beschrieben und für die neuralgischen Punkte das Starkregenrisiko bewertet. Es wird darauf hingewiesen, dass die Risikobeurteilung und die Ableitung von Handlungsempfehlungen (Kapitel 6) gemäß nur für den Fall der Platzierung der Gewitterzelle über das B-Plangebiet (Nord) und für die drei Szenarien HQ_{selten}, HQ_{außergewöhnlich} und HQ_{extrem} erfolgt.

Die Berechnungsergebnisse sind anhand der maximalen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten in A3-Karten (**Anhang C**) dargestellt. In der Legende werden dabei die in LUBW (2016) empfohlenen Abstufungen berücksichtigt (Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2). In dem vorliegenden Bericht wurden die neuralgischen Punkte, welche nach Einschätzung der DHI WASY GmbH das höchste Gefahrenpotenzial bürden, ausgearbeitet. Es wird an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei Starkregenereignissen um extreme hydrologische Situationen handelt, welche sich grundsätzlich von gängigen Überflutungssituationen unterscheiden.

5.1 Überflutungsmechanismen

Das Starkregenereignis (effektiver Niederschlag) im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebiets wurde für eine Dauer von einer Stunde angesetzt. Durch die Hochwasserwelle der Außengebiete (Abbildung 4-6) wurde unter Berücksichtigung der Nachlaufzeit eine Simulationszeit von 4 Stunden verwendet.

Das Projektgebiet selbst ist aufgrund des Entwässerungskonzepts größtenteils auch auf die Abwehr der Starkregenengefahr ausgelegt. Die Nutzung der Straßenräume zum Rückhalt und Ableitung von Starkregen, sowie Grünanlagen und Parkflächen (BGB, Sickermulden) spielen bei Starkregenereignissen mit hoher Wahrscheinlichkeit (z.B. beim 30-jährlichen Regenereignis) eine wichtige Rolle bezüglich der Retention. Bei Starkregenereignissen mit geringer Wahrscheinlichkeit (z.B. beim 100-jährlichen Regenereignis) nimmt die Effizienz von Versickerungsmaßnahmen ab, da der Zufluss die Sickerleistung in der Regel übersteigt.

Die Überflutungsmechanismen wurden in Abstimmung mit dem AG auf den Karten anhand von Pfeilen, die die Fließrichtung markieren, und von Kästchen mit einer Nummerierung erläutert (siehe beispielsweise die Abbildung 5-1 mit Überflutungsmechanismen beim Ereignis HQ_{extrem} Nord - Wassertiefen). Alle Starkregenkarten sind dem **Anhang C** in einem größeren Format zu entnehmen.

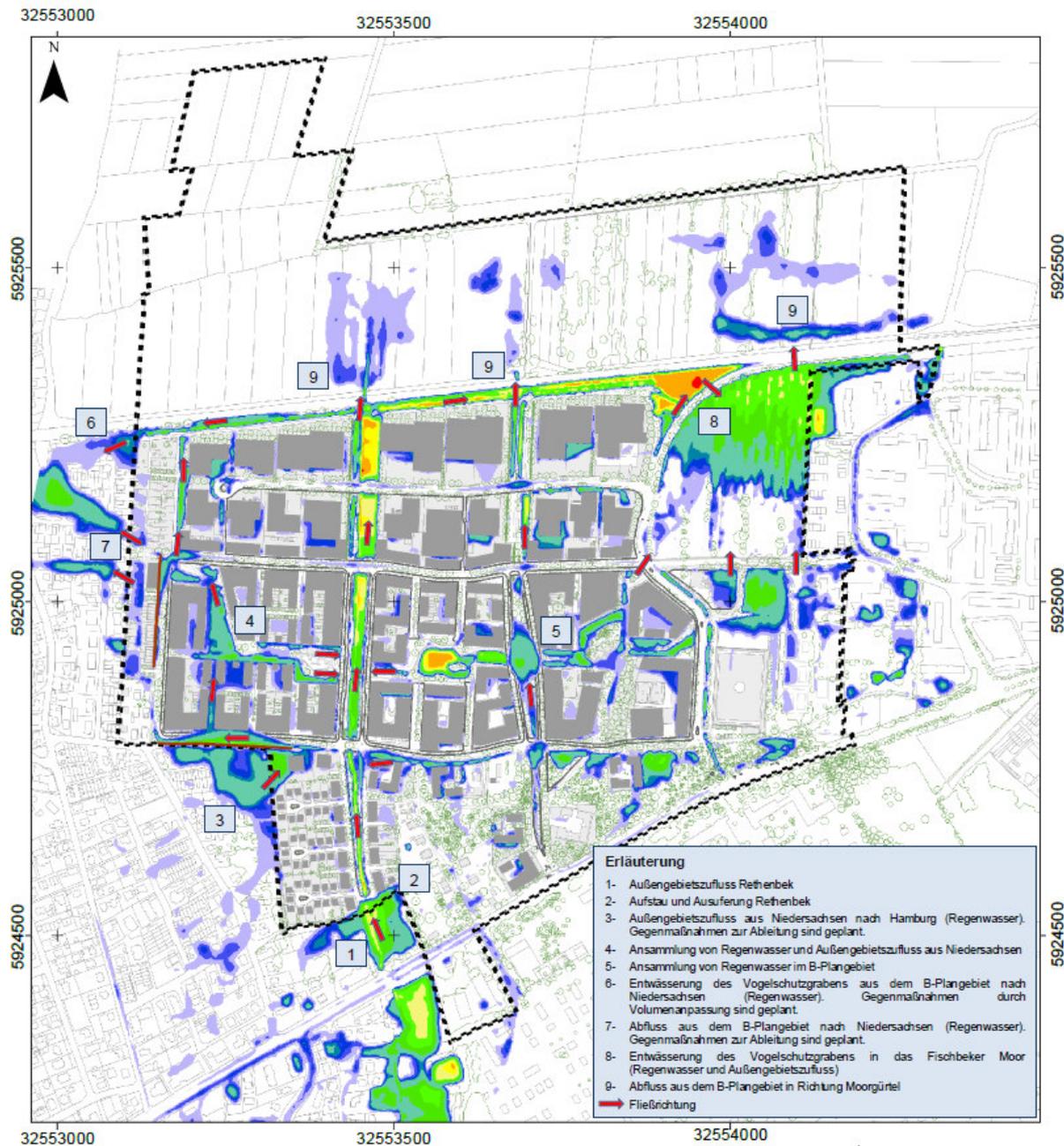


Abbildung 5-1: Schematische Darstellung der Überflutungsmechanismen (HQ_{extrem} Nord)

Das Gefahrenpotenzial bei Starkregenereignissen im Neubaugebiet NF67 resultiert aus mehreren gleichzeitig auftretenden Überflutungsmechanismen. Das im Außengebiet gefallene Niederschlagswasser fließt an zwei Stellen in das Neubaugebiet (Außengebietszuflüsse im Fließgewässer und in Form von wild abfließendem Wasser). Auf der einen Seite schildert der Überflutungsmechanismus 1 das Gefahrenpotential verursacht durch die Abflussmengen der Rethenbek (Fließgewässer). In dem in Richtung Süd-Nord gesehen länglichen Einzugsgebiet mit einem Gefälle Richtung Norden bilden sich bei Starkregen innerhalb kurzer Zeit hohe

Abflussmengen, welche sich im Tal der Rethenbek sammeln und durch einen 3,5 m breiten und 1,5 m hohen Bestandsdurchlass unter der Bundesstraße B73 (Durchlass RE-DL-0) und danach durch den geplanten 6 m breiten und 0,8 m hohen Durchlass an der Straße Rethenbek Süd (Durchlass DL-1) in das Projektgebiet hineinströmen können. Die Topografie (Talraum) im Abschnitt der Rethenbek direkt nördlich des Durchlasses an der B73 im Zusammenhang mit einem Aufstau Oberstrom des Durchlasses an der Straße Rethenbek begünstigt eine weitere Dämpfung der Hochwasserabflusswelle durch eine Retention in einem un bebauten Abschnitt. Die Hochwasserwelle des südlichen Außengebietes erreicht das Planungsgebiet verzögert mit einem leicht reduzierten Spitzenabfluss (siehe Abbildung 4-14). Darüber hinaus stellt dieser Aufstau den Mechanismus 2 dar (Abbildung 5-1). Bei den Lastfällen $HQ_{\text{außergewöhnlich}}$ und HQ_{extrem} ist die Leistungsfähigkeit des Durchlasses an der Straße Rethenbek überschritten. Infolgedessen staut sich das Wasser Oberstrom des Durchlasses auf. Gleichzeitig findet eine Ausuferung über beide Uferlinien statt. Dennoch sammelt sich das Wasser dauerhaft auf der Oberfläche nicht. Es fließt wieder in den Gewässerschlauch der Rethenbek rein, sobald die Hochwasserwelle durchgezogen ist.

Auf der anderen Seite entsteht ein zusätzliches Gefahrenpotential durch Außengebietszufluss in Form von wild abfließendem Wasser aus Niedersachsen in Richtung Hamburg ab HQ_{selten} , welches der Mechanismus 3 in Abbildung 5-1 darstellt. Die Abflussmengen aus den nahe gelegenen Baugebieten südlich der NWS spielen bei Starkregen dabei eine große Rolle. Das Regenwasser fließt entlang des Pappelwegs und sammelt sich an einer Stelle südlich der geplanten Erdschwelle. Ab diesem Ort fließt es in nord-östlicher Richtung in den B-Plan und überströmt die NWS über die Zufahrten, wodurch weitere Fließrouten in Richtung Norden ermöglicht werden (siehe Mechanismus 4). Es wird an der Stelle darauf hingewiesen, dass die Geländehöhen der Baugebiete außerhalb des Untersuchungsgebiets (schwarz gestrichelte Umrandung in Abbildung 5-1) über das DGM1 repräsentiert sind. Hierbei wurde das Modellnetz nicht verfeinert. Somit könnten die kleineren abflussrelevanten Strukturen (z.B. Bruchkanten) oder undurchströmbare Gebäude im Modellnetz nicht adäquat abgebildet werden.

Die Gefährdung durch großen Abflussmengen der Rethenbek im Neubaugebiet wurde bereits bei der Umplanung des Entwässerungssystems minimiert. Die Rethenbek wurde im Zuge der Anpassung als Hauptnotwasserweg zur Abführung der Außengebietszuflüsse umgeplant. Hierbei wurden neben den Regelprofilen (Doppeltrapezprofil mit Normalwasserrinne und Starkregen-Fließquerschnitt) auch Einengungen bzw. Aufweitungen an den Durchlässen vorgesehen (Kommunikation mit IPRO Consult GmbH). Im Planzustand ist die Rethenbek nun von der linken zur rechten Böschung etwa 8,4 m breit und ca. 1,1 m tief eingeschnitten (Abbildung 5-2). Die Überquerung der Verkehrswege sieht die Planung von Durchlässen von ca. 8,5 m bis zu 12,0 m Breite und 0,8 m Höhe vor. Aus diesem Grund findet kein Aufstau und keine Ausuferung bei einem HQ_{extrem} -Ereignis an der Querung der NWS wegen einer Engstelle bezogen auf die vorherigen Planung NF67 II mehr statt. Das Außengebietswasser wird vollständig in Richtung Norden durchgeleitet, welches teilweise aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel weiterhin über die Rethenbek abfließt und teilweise über den Vogelschutzgraben (VSG) nach Osten fließt, sich im Fischbeker Moor vorläufig gefahrlos sammelt und anschließend in Richtung Moorgürtel entwässert (Mechanismen 9 in Abbildung 5-1).

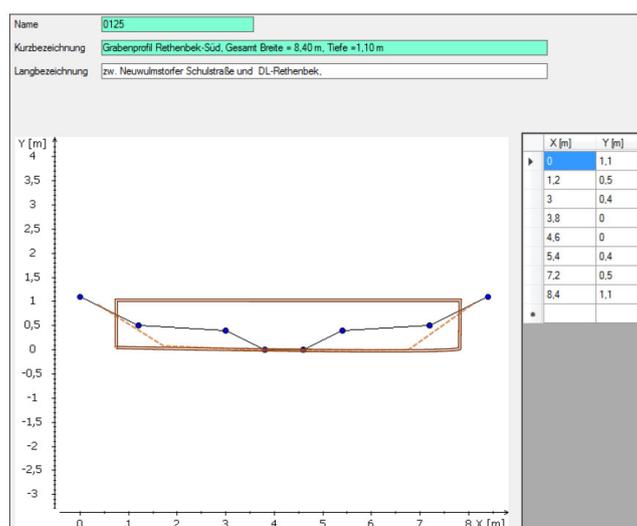


Abbildung 5-2: Beispiel eines Grabenprofils der Rethenbek-Süd, südlich der NWS⁸

Neben der Gefährdung durch Außengebietzuflüsse bildet das im Neubaugebiet NF67 gefallene Regenwasser einen zusätzlichen Gefährdungsfaktor im Untersuchungsgebiet. Die Überflutungsmechanismen 4 und 5 in Abbildung 5-1 weisen auf eine Ansammlung von Regenwasser über dem B-Plan. Im Fall des Mechanismus 4 handelt es sich um eine Kombination von Regenwasser und Außengebietzuflüssen aus Niedersachsen hin (siehe Überflutungsmechanismus 3). Das aus Niedersachsen in die NWS überströmte Außengebietswasser fließt entlang der geplanten Wege in Richtung BGB. Auf diesem Wege können einigen Innenhöfe vorläufig überflutet werden. Dennoch sammelt sich das Wasser in den Innenhöfen nicht, sondern fließt es weiter in das BGB, welches das gesammelte Wasser, sowohl in Richtung Rethenbek als auch in Richtung Norden abführt. Im Fall des Mechanismus 5 wird das Regenwasser gefahrlos in Richtung Abzugsgraben abführt und ab diesem Punkt fließt es nördlich in Richtung Moorgürtel (Mechanismus 9).

Ein Teil des Außengebietzuflusses und ein Teil des im BGB gesammelten Regenwasser überströmt die Gründerstraße im westlichen Bereich des Neubaugebiets und wird anschließend über den Retentions- und Reinigungsgraben (RRG) in Richtung VSG abgeleitet. Das Wasser sammelt sich vorläufig im VSG. Dennoch entwässert er bereits bei einem Ereignis HQ_{selten} entlang der Bahnlinie in Richtung der Straßen Gerhard-Bachmann-Ring und Elstorfer Heuweg in Niedersachsen, wo sich eine Mulde zwischen dem Elstorfer Heuweg und der Konrad-Adenauer-Straße befindet (Mechanismus 6 in Abbildung 5-1). Ebenfalls würde das im westlichen Bereich der geplanten Erdschwelle an der Straße Süd-Nord-Verbindung der NWS gesammelte Regenwasser über die geplanten Kleingartenanlagen in Richtung Gerhard-Bachmann-Ring fließen und es sich in der zuvor erwähnten Mulde sammeln (Überflutungsmechanismus 7 in Abbildung 5-1).

Des Weiteren sind kleine lokale Senken im Gebiet vorhanden, wo sich das Regenwasser vorläufig einstaut. Diese Senken stellen keine Gefahr aufgrund der geringeren Überflutungstiefen dar. Insgesamt kann das Wasser gut über die Routen der geplanten Verkehrsflächen (Straßen und Wege) und Gräben abgeleitet werden, so dass die neuralgischen Zonen größtenteils auf den Bereich zwischen dem BGB und der NWS, sowie an der westlichen Planungsgrenze reduziert werden können. Andere topographische Senken sind vorhanden, sind aber weniger großflächig und tief eingestaut und erlauben eine bessere Zuwegung.

⁸ Quelle: IPRO Consult GmbH

5.2 Risikoanalyse

Anhand der Berechnungsergebnisse kann eine Einschätzung der Starkregengefahr gemäß LUBW (2016) durchgeführt werden. Hierzu können die Tabellen 3 und 4 des Leitfadens LUBW („016) zur besseren Bewertung der Starkregengefahr und des resultierenden Risikos hinzugezogen werden (Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2). In den folgenden Kapiteln werden neuralgische Punkte näher beschrieben.

Tabelle 5-1: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen⁹

Überflutungstiefe	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben	Potenzielle Gefahren für Infrastruktur und Objekte
5 – 10 cm	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volllaufende Keller können das Öffnen von Kellertüren gegen den Wasserdruck verhindern ▪ Eingeschlossenen Personen droht das Ertrinken 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überflutung und Wassereintritt durch ebenerdige Kellerfenster oder ebenerdige Lichtschächte von Kellerfenstern ▪ Wassereintritt in tieferliegende Gebäudeteile, z. B. (Tief-)Garageneinfahrten ▪ Wassereintritt durch ebenerdige Türen mit möglicher Schädigung von Inventar
10 – 50 cm	<ul style="list-style-type: none"> ▪ s.o. ▪ für (Klein-)Kinder besteht die Gefahr des Ertrinkens bereits bei niedrigen Überflutungstiefen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wassereintritt auch durch höher gelegene Kellerfenster möglich
50 – 100 cm	<ul style="list-style-type: none"> ▪ s.o. ▪ für (Klein-)Kinder besteht die Gefahr des Ertrinkens bereits bei niedrigen Überflutungstiefen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wassereintritt auch bei erhöhten Eingängen möglich
> 100 cm	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gefahr für Leib und Leben bei statischem Versagen und Bruch von Wänden ▪ Gefahr des Ertrinkens für Kinder und Erwachsene 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mögliches Versagen von Bauwerksteilen

Tabelle 5-2: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten¹⁰

Fließgeschwindigkeit	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben	Potenzielle Gefahren für Infrastruktur und Objekte
> 0,2 – 0,5 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gefahr für ältere, bewegungseingeschränkte Bürger oder Kinder beim Queren des Abflusses 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Versagen von Türdichtungen durch erhöhten Druck
> 0,5 – 2 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gefahr für Leib und Leben beim Versuch, sich durch den Abflussstrom zu bewegen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Möglicher Bruch von Wänden durch Kombination von hohen statischen und dynamischen Druckkräften
> 2 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gefahr für Leib und Leben bei Versagen von Bauwerksteilen ▪ Gefahr durch mitgeführte, größere Feststoffe (z. B. Container, Auto, Baumstamm etc.) ▪ Versagen von Bauelementen in Folge von Unterspülung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch hohe dynamische Druckkräfte ▪ Mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch mitgeführte Feststoffe ▪ Beschädigung der Bausubstanz durch Unterspülung

⁹ Quelle: LUBW (2016)

¹⁰ Quelle: LUBW (2016)

5.2.1 Neuralgischer Punkt nördlich der Neuwulmstorfer Schulstraße

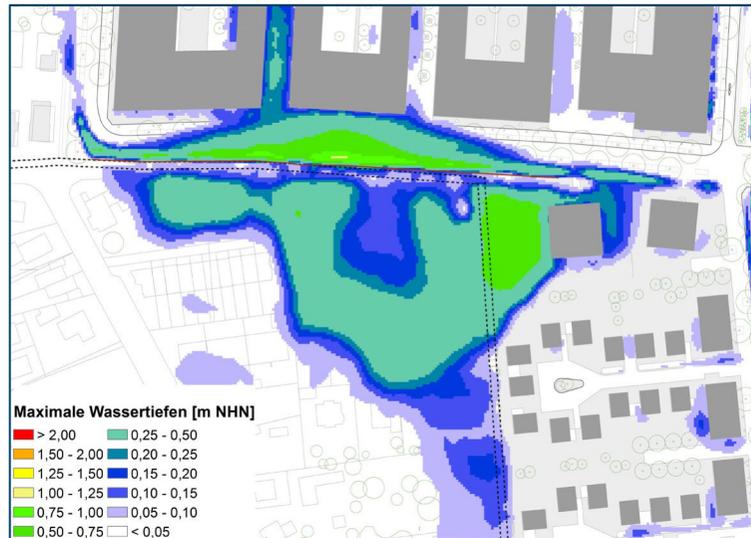


Abbildung 5-3: Max. Wassertiefen (HQ_{extrem} Nord) an der NWS

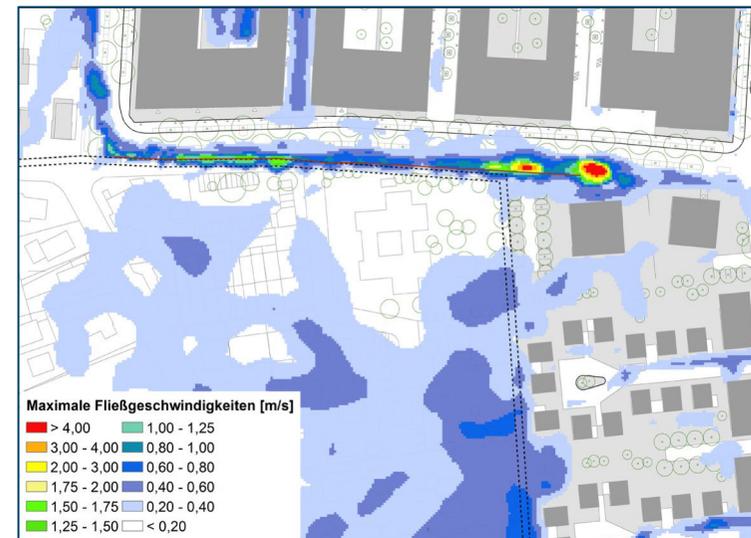


Abbildung 5-4: Max. Fließgeschwindigkeiten (HQ_{extrem} Nord) an der NWS

Die Fahrbahn der NWS kann am südwestlichen Rand des Planungsgebietes bis zu 0,96 m bei HQ_{seltener} und bis zu 1,07 m bei einem HQ_{extrem} eingestaut werden. Die Gründe hierfür wurden zuvor im Anschnitt zum Überflutungsmechanismus 3 erklärt. Eine Ausuferung der Rethenbek findet an der Stelle nicht statt. Aufgrund der geplanten Erdschwelle an der südlichen Planungsgrenze treten Strömungsgeschwindigkeiten von ca. 1,5 m/s bei einem (HQ_{extrem}) auf. Nennenswert sind aber die hohen Fließgeschwindigkeiten bis maximal 12 m/s an den Zufahrten der Flurstücke südlich NWS, was eine sehr begrenzte lokale Gefahr darstellt. Des Weiteren zeigen die Modellberechnungen eine Fließroute an einer der geplanten Straßen in Richtung BGB mit maximalen Wassertiefen von bis zu 0,28 m und Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 0,88 m/s (HQ_{extrem}). Das eingestaute Wasser zwischen den Gebäuden nord-westlich der Senke (Wassertiefen unter 0,15 m bei einem HQ_{extrem}) entstehen durch Regenwasser in den Innenhöfe, welches unmittelbar danach in Richtung BGB abfließt. Die Überflutung der NWS wird als kritisch bewertet, weil sie eine wichtige Zufahrt und Evakuierungsrouten für weitere gefährdete Bereiche im Planungsgebiet darstellt.

Der Einstau des KITA-Grundstücks (bei HQ_{seltener} bis zu 0,63 m und bei HQ_{extrem} bis zu 0,72 m) südlich der Straße ist auf eine Fließroute zurückzuführen, welche bei dem gleichen modellierten Starkregenszenario auch im Ist-Zustand nachweisbar wäre. Diese Situation hat sich aufgrund der geplanten Erdschwelle südlich der NWS verschärft, da der Außengebietszufluss aus Niedersachsen auf dem Pappelweg nicht mehr ungehindert weiter Richtung Norden fließen kann. Die geplante Kindertagesstätte direkt an der Rethenbek wird dank der neuen Dimensionierung der Rethenbek für den östlichen Teil des Grundstücks nicht mehr durch Außengebietszuflüsse in der Rethenbek gefährdet.

5.2.2 Neuralgischer Punkt an der Parkanlage Blau-Grünes Band

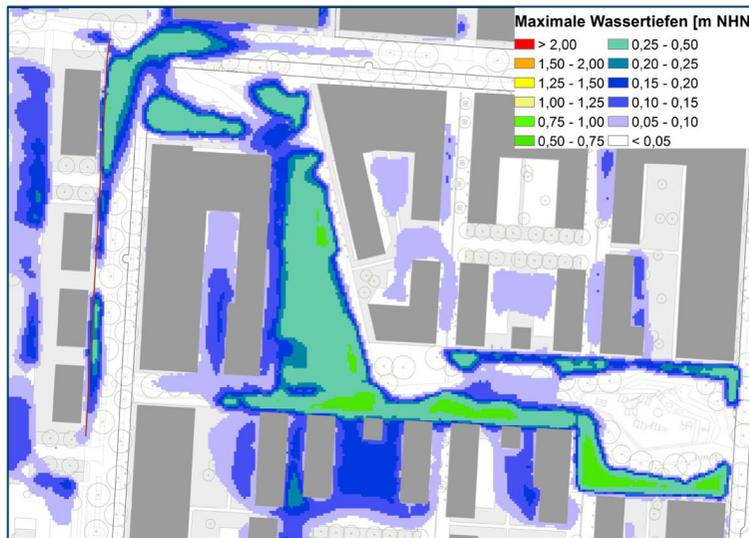


Abbildung 5-5: Max. Wassertiefen (HQ_{extrem} Nord) am BGB

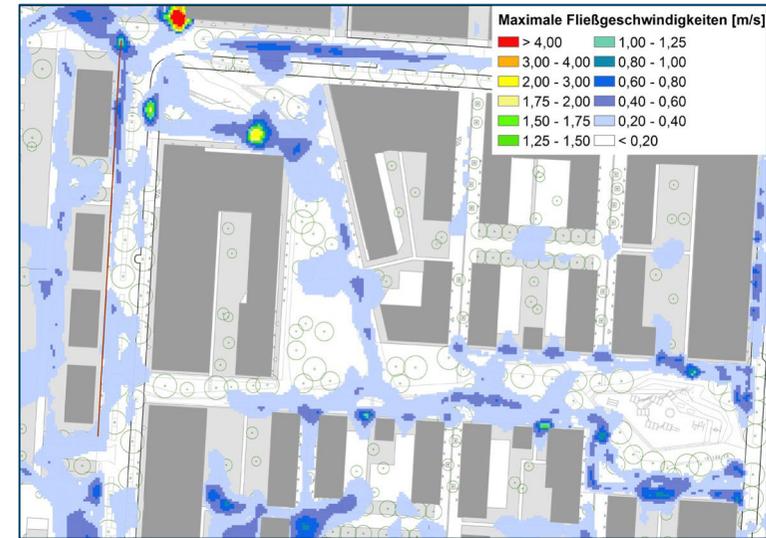


Abbildung 5-6: Max. Fließgeschwindigkeiten (HQ_{extrem} Nord) am BGB

Der Außengebietszufluss aus dem vorherigen neuralgischen Punkt fließt über einen Süd-Nord ausgerichteten Weg zwischen Bebauungen in den westlichen Bereich der Parkanlage BGB (Abbildung 5-5). Durch diesen Zustrom aus südlicher Richtung werden die Innenhöfe der südlich angrenzenden Bebauungen gefährdet. Es stellen sich Wassertiefen bis zu 0,15 m beim HQ_{Selten} und bis zu 0,20 m beim HQ_{extrem}. Hingegen stellen die maximalen Fließgeschwindigkeiten von bis zu 0,40 m/s in den Innenhöfe eine geringere Gefahr dar. Dieser Wasseransammlung ist als temporär zu betrachten, da das Wasser anschließend nach dem Starkregenereignis weiterhin aus den Innenhöfen in Richtung BDB abfließt. Neben dem Außengebietszufluss sammelt sich Regenwasser im BGB aus den umliegenden Bebauungen. Es ist mit Wassertiefen von bis zu 0,60 m (HQ_{Selten}) bzw. 0,68 m HQ_{Extrem} auszugehen. Die maximalen Fließgeschwindigkeiten sind gering, außer auf dem Spielplatz im nord-westlichen Bereich, wo mit Strömungsgeschwindigkeiten von > 2 m/s (HQ_{Extrem}) lokal begrenzt zu rechnen ist.

Durch die Abflüsse in die Rethenbek durch zwei geplante Durchlässe (BGB-West 1 und BGW-West 2) zusammen mit dem Abfluss aus dem BGB in Richtung RRG ist eine Füllung des BGB als unwahrscheinlich zu betrachten. An der Süd-Nord-Verbindung der NWS west des BGB kommt es bei einer Ausströmung Richtung RRG zu erhöhten Fließgeschwindigkeiten (> 4 m/s), die auf eine Einschnürung an der Kreuzung zurückzuführen sind. Die nördlich des BGB umliegenden Grundstücke sind mit maximalen Überflutungstiefen von < 0,15 m bei HQ_{extrem} geringfügig betroffen. Nördlich und südlich des aufgehöhten Archipelago-Spielplatzes ist mit einem Einstau ab HQ_{Selten} zu rechnen, allerdings ist ein Zugang aus östlicher Richtung auch bei HQ_{Extrem} noch möglich. Dieses eingestaute Wasser fließt wieder in die Rethenbek durch die zuvor erwähnten Durchlässe.

5.2.3 Neuralgischer Punkt entlang der Rethenbek

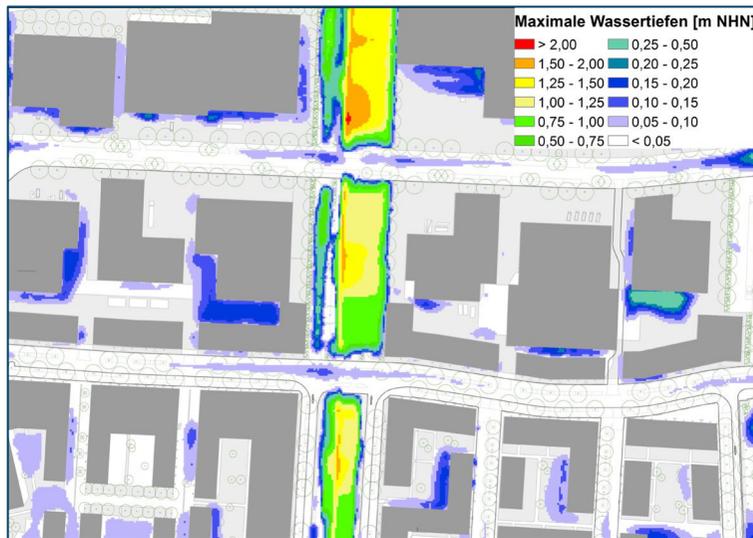


Abbildung 5-7: Max. Wassertiefen (HQ_{extrem} Nord) - Rethenbek

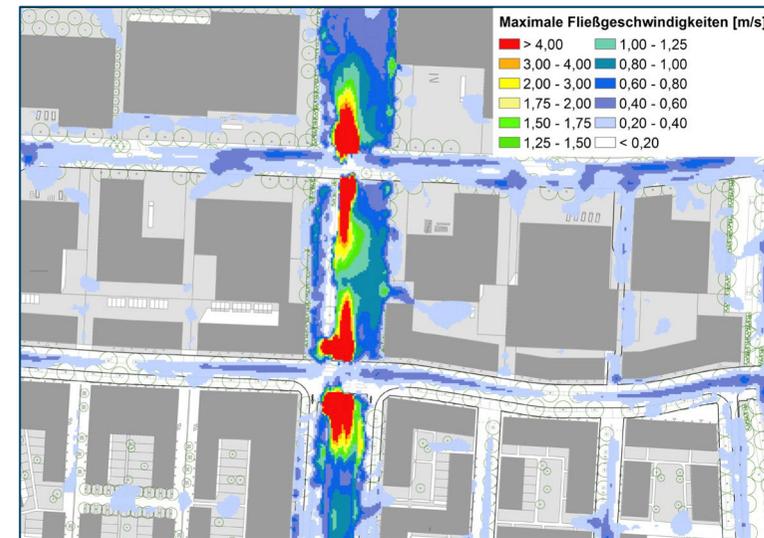


Abbildung 5-8: Max. Fließgeschwindigkeiten (HQ_{extrem} Nord) – Rethenbek

Die Umplanung der Rethenbek beabsichtigt, die möglichst uneingeschränkte Abführung des in das Neubaugebiet aus den Außengebieten einströmenden Zuflusses der Rethenbek in Richtung Moorgürtel zu ermöglichen (Überflutungsmechanismus 9). Durch die Anpassung des Grabenprofils der Rethenbek und die neu dimensionierten Durchlässe an den NWS, Gründerstraße, Gewerbestraße und dem Schauweg ist mit erhöhten Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten bezogen auf die vorherige Planung auszugehen. Bei einem Ereignis HQ_{extrem} stellen sich maximale Wassertiefen in der Rethenbek in dem erwähnten Abschnitt bis zu ca. 2 m ein mit Fließgeschwindigkeiten über 4 m/s.

Obwohl die Abflusswelle aus dem Außengebiet bei einem HQ_{extrem} vollständig in dem Schlauch der Rethenbek gehalten wird und es zu keiner Ausuferung in dem Neubaugebiet kommt, wird die Grünfläche links und rechts der Rethenbek als gefährdet betrachtet. Zwischen dem Archipelago-Spielplatz im westlichen Bereich des BGB und dem Fischbeker Teich im östlichen Bereich des BGB ist ein Anschlussweg geplant, der die Rethenbek überquert. An dieser Stelle erreicht die Rethenbek Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten jeweils zwischen ca. 0,75 m und 1,35 m/s bei einem HQ_{seltener} bis zu ca. 1,40 m und 1,50 m/s bei einem HQ_{extrem}.

Die Rethenbek kann außerdem den „schlafenden“ Gewässern zugeordnet werden, die nur sporadisch Wasser führen (LUBW, 2016). Dadurch, dass es sich hierbei um ein Neubaugebiet handelt, wird die Gefährdung durch fehlendes Bewusstsein der Bevölkerung bezüglich vergangener Starkregenereignisse als hoch eingestuft.

5.2.4 Neuralgischer Punkt am Fischbeker Boulevard

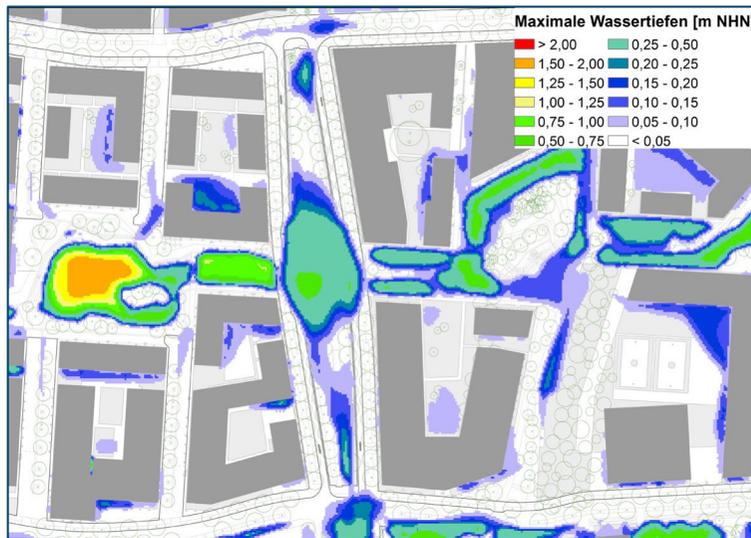


Abbildung 5-9: Max. Wassertiefen (HQ_{extrem} Nord) – Boulevard

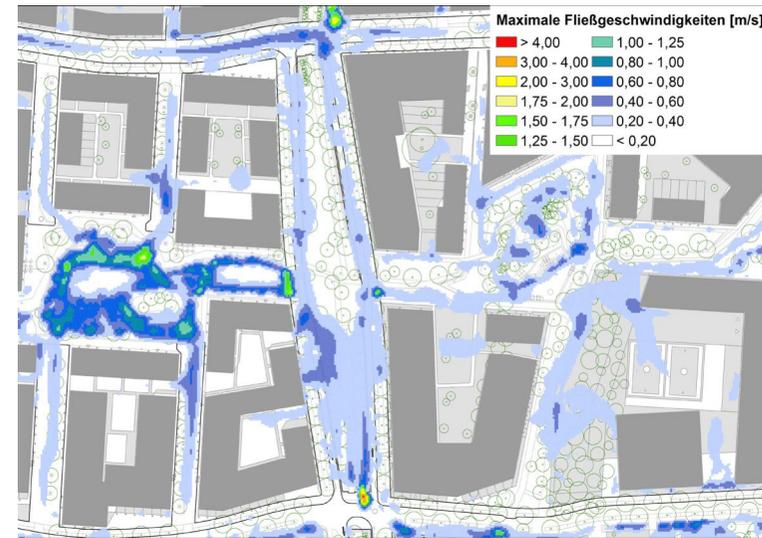


Abbildung 5-10: Max. Fließgeschwindigkeiten (HQ_{extrem} Nord) – Boulevard

Die Parkanlage Fischbeker Boulevard zeigt eine ausgeprägte Mulde an der Querung des BGB auf. Ab einem HQ_{extrem} ist dort temporär mit Einstautiefen von bis zu 0,60 m zu rechnen.

Der geplante Hügelspielplatz wird bei einem Starkregenereignis HQ_{extrem} zu einer Insel. Wassertiefen von ebenfalls 0,6 m könnten eine Evakuierung des Spielplatzes erschweren. Auch die östliche Zuwegung zum Spielplatz kann bei einem extremen Starkregenereignis bis zu Tiefen > 0,45 m eingestaut sein.

Auf der anderen Seite des Fischbeker Boulevards befindet sich der Fischbeker Teich. Um den Teich treten maximale Fließgeschwindigkeiten von bis zu 2,15 m/s bei einem HQ_{extrem} auf. Das bis zu 0,20 m eingestaute Regenwasser zwischen den nördlich des Fischbeker Teichs angrenzenden Gebäude fließt teilweise Richtung Boulevard und teilweise Richtung Fischbeker Teich ab.

5.2.5 Neuralgischer Punkt am Vogelschutzgraben an der Planungsgrenze zu Niedersachsen

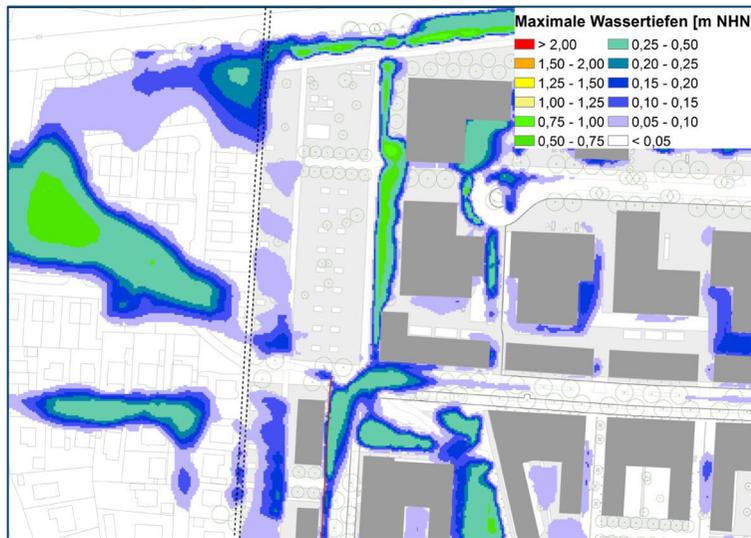


Abbildung 5-11: Max. Wassertiefen (HQ_{extrem} Nord) – VSG

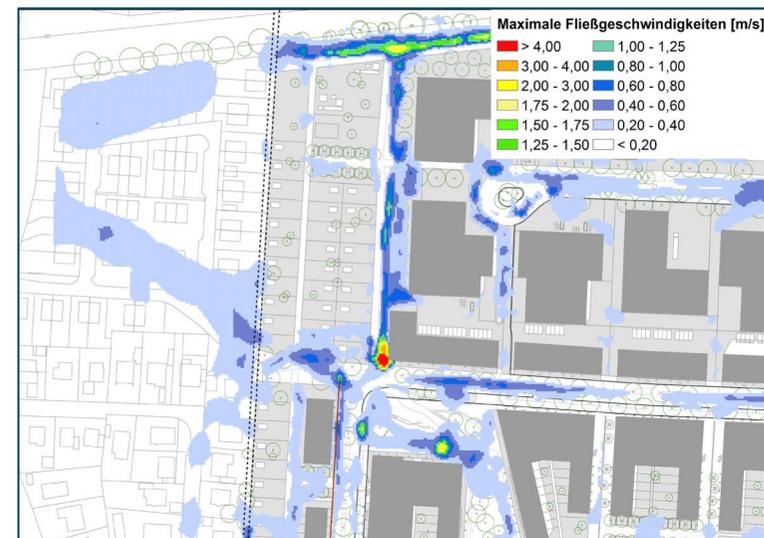


Abbildung 5-12: Max. Fließgeschwindigkeiten (HQ_{extrem} Nord) – VSG

An der Kreuzung der Süd-Nord-Verbindung der NWS und der Gründerstraße sammelt sich das Wasser aus dem BGB und aus dem südlichen Bereich der NWS temporär und fließt in den RRG. Das im RRG gesammelte Wasser überströmt am anderen Ende über die Straße entlang des VSG und entwässert die Wassermengen in diesem Graben. Entlang des RRG stellen sich maximale Wassertiefen bei einem HQ_{extrem} von ca. 1,1 m. Aus diesem Grund ist mit Ausuferungen auszugehen. Die östlich des RRG gelegenen Gebäude sind an der Stelle gefährdet. Im VSG stellen sich Einstautiefen von bis zu 0,9 m bei einem HQ_{selten} und 1 m bei einem HQ_{extrem}. Am Anschluss zwischen dem RRG und dem VSG, wo ein Drossel- und Reinigungsschacht geplant ist, treten maximale Fließgeschwindigkeiten von bis zu 2,8 m/s auf. Bei Füllung des VSG entwässert es in Richtung Niedersachsen entlang der Bahnlinie, wo es mit Wassertiefen an der Planungsgrenze auf niedersächsischer Seite bei einem HQ_{selten} von bis zu 0,22 m und bei einem HQ_{extrem} von bis zu 0,27 m zu rechnen ist. Von da aus fließt das Wasser weiter zur Mulde, wo es sich einstaut. Die Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,15 bis 0,3 m/s sind an der Stelle dennoch vernachlässigbar gering. Das in Niedersachsen gefallene Regenwasser in Kombination mit dem aus dem Neubaugebiet entstandenen Wasser sammelt sich in der Mulde, wo es mit maximalen Wassertiefen, basiert auf den Geländehöhen des DGM1, von bis zu 0,75 m auszugehen ist.

6 Handlungsempfehlungen

Auf Basis der vorausgehenden Gefährdungsanalyse, Berechnungen und Risikoanalyse wurden für den bisherigen Planungszustand entsprechende Handlungsempfehlungen abgeleitet, wobei zunächst allgemeine Randbedingungen festgehalten werden. Anschließend werden einzelne Maßnahmenempfehlungen aufgeführt und beschrieben. Räumlich zuordenbare Empfehlungen sind auf der Übersichtskarte in eingetragen.

6.1 Allgemeine Randbedingungen zu den Handlungsempfehlungen

In diesem Kapitel werden auf der Basis von [2] und den Ergebnissen dieser Untersuchungen entsprechende Handlungsempfehlungen formuliert. Diese Empfehlungen bedürfen einer ausführlichen Überprüfung von Experten aus anderen Fachgebieten (z.B. konstruktiven Bauingenieuren) sowie den verantwortlichen Ämtern und sollten anhand einschlägiger Gesetze und Normen abgeglichen werden. Die Empfehlungen sind daher nicht als Planungen zu verstehen, sondern als Bewertungsgrundlage für das weitere Vorgehen. Sowohl die technische als auch die finanzielle Umsetzbarkeit müsste ggf. in bei einer Weiterverfolgung überprüft werden.

Grundsätzlich sind bei der Erarbeitung eines Handlungskonzepts bei einer bekannten Starkregengefahr für ein bestimmtes Gebiet zunächst die betroffenen und ggf. verantwortlichen Akteure zu bestimmen. U.a. wären dabei die Planungsgemeinschaft, die Projektsteuerer, entsprechende Genehmigungsbehörden, die Bauherren und Repräsentanten der Unternehmen im Falle der geplanten Gewerbeeinheiten im nördlichen Teil des Planungsgebietes zu beraten. Außerdem ist es wichtig, alle verantwortlichen Ämter bei der Erarbeitung entsprechender vorbeugender Maßnahmen einzubeziehen, um Synergieeffekte zu nutzen und Widersprüche bei der Auffassung der Starkregengefahr und bei den dazugehörenden Verantwortlichkeiten zu vermeiden.

Bei der Erarbeitung von Handlungsempfehlungen sind sowohl technische (T) als nicht technische (NT) Maßnahmen zu berücksichtigen. Technische Maßnahmen sind hierbei insbesondere baulicher und wartungstechnischer Natur, während nicht-technische Maßnahmen auf die Vorbeugung der Gefahr z.B. durch Sensibilisierung anhand von fachlichen Untersuchungen (Beispiel: Vorliegendes Gutachten) und Warndiensten abzielen.

Schließlich ist auch eine Definition der Zielgruppen gemäß LUBW (2016) zu beachten. In dem Neubaugebiet sind diese vor allem Anwohner und Gewerbe.

Bei den erarbeiteten Handlungsempfehlungen in diesem Gutachten wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

6.2 Entwässerungskonzept

Im Entwässerungskonzept sind eine Vielzahl von Maßnahmen für die schadlose Abführung von Niederschlagswasser vorgesehen.

Grundsätzlich reduzieren diese Maßnahmen auch die Starkregengefahr. Die Straßenräume werden als Fließwege genutzt und es sind grüne Flächen, Parkanlagen und naturnahe Rückhalteräume zur dezentralen Retention und Zwischenspeicherung im Entwässerungskonzept eingeplant. Dennoch ist eine dichte Bebauung vorgesehen, und auch die geplanten Sickermulden führen nach Einschätzung des AN bei Starkregen nicht zu einer

maßgeblichen Entlastung. Grund hierfür ist, dass die hohe Intensität von Starkregenereignissen eine signifikante Versickerung grundsätzlich nicht zulässt, zumindest nicht in einer Starkregenanalyse gemäß LUBW (2016).

Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass die Annahmen für ein HQ_{selten} bei einer Starkregenanalyse darauf hinausführen, dass bei einer Starkregenmodellierung ein deutlich extremeres Szenario („Worst Case“ Herangehensweise) als bei der Erstellung eines Entwässerungskonzeptes abgebildet wird.

6.3 Empfohlene Maßnahmen

Die Lage der empfohlenen technischen Maßnahmen ist Abbildung 6-1 zu entnehmen. Die Maßnahmen werden in Folgendem erläutert.



Abbildung 6-1: Übersicht und Verortung der technischen Handlungsempfehlungen

6.3.1 Schutz vor Außengebietswasser aus dem südlichen Einzugsgebiet (A)

Die Betrachtung einer maximal 5 km² großen Gewitterzelle in dem Einzugsgebiet der Rethenbek in Anlehnung am LUBW (2016) hat das Gefahrenpotenzial einer Zuflussschwelle durch Starkregen aus den Außengebieten deutlich verringert. Mit einer maximalen Zuflussspitze bei einem HQ_{selten} Nord Unterstrom des Durchlasses an der B73 von 3,09 m³/s ist diese ca. 56% kleiner als der ca. 7 m³/s ermittelten Zuflussspitze bei Betrachtung des ganzen Einzugsgebietes. Neben einer kleineren zu erwartenden Zuflussschwelle spielt die Vergrößerung des Durchlasses an der Straße Rethenbek Süd. eine große Rolle, die Abflussschwelle abzuführen und das Gefahrenpotenzial höherer Ausuferungen einzudämmen.

Dennoch treten mögliche Ausuferungen an der Stelle der Rethenbek ab einem $HQ_{\text{außergewöhnlich}}$ auf, wobei die Wassermengen nach dem Ereignis aufgrund der lokalen Topographie in die Rethenbek zurückfließen können. Aus diesem Grund wird von einem steuerbaren Wehr oder

ein Drosselbauwerk abgesehen, was dazu beitragen würde, die Gefahr eines Aufstaus südlich der B73 und eine Belastung des Straßendamms zu vermeiden. Stattdessen ist es sinnvoller, eine Erdschwelle bzw. eine Verwallung an den Grundstücksgrenzen der nördlich Straße Rethenbek Süd umliegenden Gebäude zu planen, um den Wassereintritt in diese Flächen zu vermeiden, bis die Hochwasserwelle durchgezogen ist.

6.3.2 Installation eines Warnpegels im südlichen Einzugsgebiet (B)

Eine Starkregengefahr ist u.a. dadurch charakterisiert, dass sie sich innerhalb weniger Minuten entwickeln kann. Durch die besondere Situation am Fischbeker Reethen ist ggf. eine längere Vorwarnzeit durch die Retention der Regenmassen im Einzugsgebiet südlich der Cuxhavener Straße möglich. Südlich des Retentionsraums könnte entsprechend an der Rethenbek eine Messstation installiert werden (Warnpegel). Auf Basis entsprechender Grenzwerte könnten Warnstufen ermittelt und im operationellen Betrieb mit den gemessenen bzw. vorhergesagten Werten abgeglichen werden. Auch eine Benachrichtigung der Anwohner ab einer gewissen Warnstufe, z.B. über eine mobile App, wäre technisch realisierbar. Zur Ermöglichung eines Warnsystems bei Starkregen könnte auch eine Niederschlagsmessstation an einem geeigneten Standort im südlichen Einzugsgebiet vorgesehen werden.

Eine detaillierte Ausarbeitung eines Monitoring-Programms ist in dieser Starkregenanalyse nicht vorgesehen.

6.3.3 Ableitung der Außengebietszuflüsse an der NWS (C)

Bei der Ableitung der Außengebietszuflüsse aus dem Pappelweg und der Schulstraße (Niedersachsen) in Richtung Neubaugebiet soll insbesondere auf die Freihaltung der Hauptfließwege des Regenwassers geachtet werden. In diesem Sinne wird vorgeschlagen, von der geplanten Erdschwelle abzusehen, da sie die Überflutungssituation an der NWS, aber auch im KITA-Grundstück und im Baugebiet unmittelbar südlich der NWS verschärft.

Stattdessen wird eine Maßnahme vorgeschlagen, welche die Außengebietszuflüsse in die Rethenbek ableitet. Somit entspricht diese Maßnahme dem Ziel kommunaler baulichen Maßnahmen, unvermeidbares Oberflächenwasser geordnet und schadensarm im Straßenraum abzuleiten (LUWB, 2016). Vor diesem Hintergrund stellt die Erstellung eines Leitbauwerks zum Management des Außengebietswassers eine mögliche Lösung dar. Beispielsweise könne eine kurze Kanalisation parallel an der NWS geplant werden, in deren Schächte bzw. Kastenrinnen das Oberflächenwasser aufgenommen und über Rohrleitungen geordnet in die Rethenbek abgeleitet wird. Eine zweite Option wäre an der Stelle die Umplanung des Retentionsgrabens unmittelbar südlich der NWS als ein offenes Grabensystem zur Ableitung des Regenwassers aus Niedersachsen in die Rethenbek. Bei der zweiten Option soll dennoch ein Rückfluss aus der Rethenbek bei hohen Wasserständen bei einem $HQ_{\text{außergewöhnlich}}$ bzw. HQ_{extrem} vermieden werden. Da es an der Kreuzung der Rethenbek mit der NWS mit maximalen Wasserständen von bis zu 8,6 m NHN zu rechnen ist, soll der Anschluss zwischen eines Grabensystems und der Rethenbek nicht unter diese Höhe geplant werden.

6.3.4 Sicherungs- und Unterhaltungsmaßnahmen der Rethenbek und von Durchlässen (D)

Die Rethenbek wurde im Zuge der Planung der Siedlungsentwässerung als Hauptnotwasserweg zur Abführung der Außengebietszuflüsse umgeplant. Aus diesem Grund treten hohe Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen bei Starkregenereignissen an den Ein- und Ausläufen der geplanten Durchlässe auf. Außerdem handelt es sich hierbei um ein Neubaugebiet, wobei die Bewohner die vergangenen Ereignisse selbst nicht erlebt haben.

Deswegen wird in erster Linie empfohlen, die Rethenbek als Hauptnotwasserweg zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung beabsichtigt, die Bewohner des Neubaugebiets und Besucher vor der Gefährdung im Starkregenfall zu vorzuwarnen. Diese Maßnahme entspricht den Richtlinien des LUBW (2016) zu Schilderung von Starkregengefahren im Flächennutzungsplan.

Neben der Kennzeichnung dieser Gefahrstelle soll ein Unterhaltungsplan aufgestellt werden, welcher eine regelmäßige Pflege und Inspektion der abflussrelevanten Bauwerke vorsieht, um Ausuferungen ausgehend von Abflusshindernissen in den Gräben zu vermeiden. In Kombination mit der Inspektion der Rethenbek sollen regelmäßig im Rahmen der Inspektionen nachträglich eingebaute abflusshindernden Brücken, Zäune, Mauer, usw. beseitigt werden. Zum Schluss könnte die Gefahr von Verklausungen kleinerer Durchlässe mit Blättern oder kleinen Ästen im BGB durch Grünflächenpflege im Spätherbst minimiert werden.

6.3.5 Schutz der Straßenräume und Evakuierungsrouten (E)

Insbesondere die NWS und einige Zuwegungen zu Innenhöfen der geplanten Gebäude können bei Starkregen überflutet werden und die Zuwegung der Feuerwehr und Rettungsdienste erschweren. Dies ist zum einen bei einem Evakuierungsplan zu berücksichtigen, zum anderen können Strategien zum Pumpen in Kombination mit mobilen Hochwasserschutzanlagen entwickelt werden. Ggf. ist auch eine Erhöhung der Fahrbahn oder entsprechend dimensionierte Bordsteinkanten in Betracht zu ziehen.

Als kritisch ist vor allem der Bereich der NWS westlich der Rethenbek zu betrachten. Aufgrund des Starkregenzuflusses aus südlicher Richtung wäre ein Schutz dieses Straßenraums durch eine Erhöhung der Fahrbahn mit einem zusätzlichen Rückstau verbunden, welcher sich nachteilig auf die Überflutungssituation südlich der Fahrbahn, und insbesondere auch für die vorhandene KITA auswirken würde. Diese Situation würde auftreten, solange keine Anlagen zur Ableitung des Außengebietszuflusses geplant sind. Es wird daher empfohlen, mobile Pumpen zu installieren, die das Außengebietswasser in Kombination mit Regenwasser in die Rethenbek pumpen.

6.3.6 Schutz einzelner Objekte (F)

Grundsätzlich soll die Erschließungsplanung einer Überflutung von Grundstücken und damit einer Gefährdung von Grundstücken bei einem Niederschlagsereignis HQ_{30} vorbeugen. Es gilt zu überprüfen, inwiefern entsprechende Vorgaben auch für ein Starkregenereignis HQ_{selten} erforderlich bzw. angemessen sind (siehe auch Kapitel 6.3.13).

Grundsätzlich wird für den Schutz der Objekte folgende Priorisierung empfohlen (LUBW, 2016):

- Fernhaltung von Starkregen

Diese Maßnahme könnte bei den neuralgischen Punkten an der Parkanlage BGB und am Fischbeker Boulevard durch die Unterbrechung der Fließrouten gemäß Kapitel 6.3.5, ggf. auch in Kombination mit erhöhten Bordsteinkanten gewährleistet werden. Des Weiteren bietet sich ein mobiler Hochwasserschutz, Umleitungen und mobile Pumpen an, um das Vordringen von Starkregen auf Grundstücke zu vermeiden.

- Eindringen von Wasser vermeiden

Bei dieser Maßnahme ist durch baulichen Objektschutz (z.B. Erhöhung der Eingänge, Abriegelung von Kellerfenstern, Identifizierung und Beseitigung von objektspezifischen Schwachpunkten) das Eindringen von Wasser zu vermeiden, wenn eine Fernhaltung von Starkregen nicht realisierbar ist.

- Schaden minimieren

Im Fall von Starkregenereignissen geringerer Wahrscheinlichkeit (z.B. beim 100-jährlichen Regenereignis) soll dafür gesorgt werden, mögliche Schäden zu minimieren. In Bezug auf die menschliche Gesundheit bedeutet dies, einen Aufenthalt an den objektspezifischen neuralgischen Punkten zu vermeiden. Des Weiteren sollte dadurch eine Minimierung des finanziellen Schadens bzw. der Gefahr für die Bausubstanz angestrebt werden.

6.3.7 Volumen Anpassung des Vogelschutzgrabens (G)

Angesichts der Überströmung des VSG mit Regenwasser aus dem Neubaugebiet in Richtung Niedersachsen bereits ab einem HQ_{selten} Nord, ist eine Volumenvergrößerung des Vogelschutzgrabens geplant. Dabei wird u.a. das Gefälle des westlichen Bereichs des VSG durch Geländeaufschüttung so angepasst, dass das Regenwasser in Richtung Rethenbek abfließt. Diese Maßnahme beabsichtigt, mögliche Schäden im Baugebiet unmittelbar westlich der Planungsgrenze in Niedersachsen durch einen im Neubaugebiet entstanden Oberflächenabfluss zu vermeiden.

Darüber hinaus wird der Aufbau eines zusätzlichen Durchlasses am Anschluss zwischen dem westlichen Bereich des VSG mit der Rethenbek vorgeschlagen. Dies sollte dazu dienen, den ungehinderten Abfluss des VGS in die Rethenbek zu ermöglichen und dadurch die Volumengröße bei einer Umgestaltung des VGS zu reduzieren.

6.3.8 Rückhaltung und Ableitung von Regenwasser im Neubaugebiet (H)

Das westlich der Süd-Nord-Verbindung der NWS gefallene Regenwasser fließt aufgrund der in Richtung der kleinen Mulde in Niedersachsen zwischen der Konrad-Adenauer-Straße und der Elstorfer Heuweg. Um das Regenwasser innerhalb des Neubaugebiets zu halten, wird es empfohlen, es mittels einer Drainage in Richtung VSG abzuleiten.

Zusätzlich könnte an der westlichen Grenze der Gemeinschaftsgärten und der Kleingartenanlagen eine kleine Verwallung bzw. Erdschwelle geplant werden, um Überströmungen zum Gerhard-Bachmann-Ring zu vermeiden. Diese Maßnahme lässt sich durch eine Anpassung der Geländetopographie des westlichen Randes der Kleingartenanlagen umsetzen.

6.3.9 Kennzeichnung von lokalen Senken (I)

Grundsätzlich ist die Entwässerung des Planungsgebiets aufgrund der vorliegenden Höhendaten auch für Starkregen gut ausgelegt. In der Starkregenanalyse wurden allerdings einige lokale Senken (Schwachpunkte) identifiziert, z.B. zwischen geplanten Gebäuden und entlang des Fischbeker Boulevards. Solche lokalen Senken sind bei einer Erschließungsplanung nicht komplett zu vermeiden, im Zusammenhang mit einer Starkregengefahr sind sie aber hinsichtlich ihres Potenzials einer versteckten Gefahr in der weiteren Planung zu berücksichtigen, entweder durch klare Kennzeichnung (Beschilderung und Informationsvorsorge) oder Sicherstellung von Evakuierungswegen (z.B. beim Archipelago-Spielplatz und beim Hügel-Spielplatz). Bei lokalen Maßnahmen wäre zu berücksichtigen, wohin das Hochwasser abgeleitet wird, um durch die Vorkehrungen nicht weitere Gefahrenpunkte zu schaffen. Auch Pumpen bieten Möglichkeiten, aufgestautes Wasser in diesen Senken ggf. schneller zur Vermeidung weiterer Schäden zu entfernen bzw. abzuleiten.

6.3.10 Überlastung der Entwässerungsinfrastruktur vermeiden (J)

Schließlich ist in der Planung auch die Situation einer Überlastung der Entwässerungsstruktur zu begegnen. Sollte abweichend von der aktuellen Planung in Teilabschnitten doch eine unterirdische Kanalisation vorgesehen sein (Siele), so ist ein Rückstau am Eintritt und eine Beschädigung durch Treibgut zu verhindern. Auch einer Verklausung von Durchlässen ist entgegenzuwirken. Bei offenen Entwässerungsgräben ist die Beibehaltung des Abflusskapazität zu gewährleisten.

6.3.11 Dachbegrünung (K)

Durch die dichte Bebauung nehmen Gebäudedächer einen großen Anteil der Gesamtfläche in Anspruch. Es wird empfohlen, eine intensive Dachbegrünung nach modernstem Stand der Technik für die Gebäude vorzusehen. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Dachbegrünung bei einem Starkregenereignis einen maßgeblichen Anteil des Niederschlags temporär zurückhalten kann und somit einen erheblichen Teil der Abflussspenden (bis zu HQ_{selten}) der Dächer bis zu dem Zeitpunkt nach Ablauf der Hochwasserwelle verzögern kann.

6.3.12 Informationsvorsorge (L)

Die wohl gängigste nicht-technische Maßnahme zum Schutz vor Starkregengefahr liegt, analog zum Konzept der vorbeugenden Maßnahmenplanung der Hochwasserrahmenrichtlinie bei Flusshochwasser, bei der Informationsvorsorge. Hierzu gehören zum Beispiel die Veröffentlichung von Gutachten auf dem Transparenzportal der Stadt Hamburg, Workshops, sowie Informationen auf modernen Medienplattformen und sozialen Netzwerken.

Des Weiteren ist der Zugang zu Radardaten (z.B. mobile Apps, Website DWD, SRI-Hamburgwasser) sowohl als Informationsvorsorge als auch als Warnmöglichkeit zu betrachten (Unwetterwarnungen). Grundsätzlich ist bei einem Unwetter mit konvektiv induzierten Niederschlägen (z.B. Kumulonimbus-Wolken) von einer erhöhten Starkregengefahr auszugehen.

6.3.13 Berücksichtigung der Starkregengefahr im Krisenmanagementplan (M)

Die ermittelte Starkregengefahr muss in den Krisenmanagementplan mit aufgenommen werden. Vorrangig in diesem Plan sind Kritische Infrastruktur und Prioritäre Objekte. Während bereits im Vorfeld vermieden werden kann, dass kritische Infrastruktur und prioritäre Objekte an den sogenannten Hotspots der Starkregengefahr angesiedelt werden, kann sich die Nutzung in Zukunft ändern (z.B. Eigentümerwechsel). Dementsprechend muss der Krisenmanagementplan regelmäßig unter Berücksichtigung der Starkregengefahr an den entsprechenden Hotspots inkl. Zuwegungen aktualisiert werden.

6.3.14 Vorbeugende Verhaltensanpassungen (N)

In Anbetracht der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit eines extremen Starkregenereignisses gibt es bei einer privaten Nutzung keinen akuten Bedarf zur vorbeugenden Verhaltensanpassung. Bei Gewerbe könnten vorbeugende Verhaltensanpassungen vorgeschrieben werden, z.B. die Pflicht zur Lagerung von wassergefährdenden Stoffen auf einer höheren Ebene.

7 Zusammenfassung

Das geplante Neubaugebiet Fischbeker Reethen sieht den Bau von Wohneinheiten und Gewerbe auf einer Fläche am Übergang der Geest und der Marsch am südwestlichen Rand von Hamburg vor. Eine Auflage der Planung ist die Durchführung einer modellgestützten Starkregenanalyse, um die Gefährdung durch Sturzfluten besser einschätzen zu können. Die Studie stützt sich dabei auf das DWA-M Merkblatt 119 (DWA, 2019) und den Kommunalen Leitfaden aus Baden-Württemberg (LUBW, 2016).

Für diese Betrachtung wurden entsprechende modelltechnische Randbedingungen erarbeitet. Während in Baden-Württemberg flächendeckend unkalibrierte Oberflächenabflusswerte vorliegen und für derartige Starkregenuntersuchungen verwendet werden können und sollen, mussten die hydrologischen Randbedingungen für die vorliegende Starkregenanalyse von Grund auf ermittelt werden. Hierzu wurden Daten (Geländemodell, Landnutzungs- und Bodendaten) aus Hamburg und Niedersachsen zusammengetragen und aggregiert. Mit einer entsprechenden Parametrisierung wurde ein hydrologisches Modell mit der Software MIKE SHE aufgebaut und die Bemessungsereignisse HQ_{selten} , $HQ_{\text{außergewöhnlich}}$ und HQ_{extrem} gemäß LUBW (2016) berechnet und plausibilisiert.

In Abstimmung mit dem AG und der BUKEA wurden Randbedingungen aus dem Vorgängerprojekt „Gefährdungsanalyse Starkregen NF67 II“ angepasst bzw. neue hydrologische Randbedingungen wurden berücksichtigt. Zum einen wurden zwei Regenrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Rethenbek berücksichtigt, namentlich Paul und Paulina. Die RRHB wurden unter der Annahme berücksichtigt, dass das anfallende Niederschlagswasser komplett aufgenommen wird. Die Flächen der RRHB wurden somit als „nicht abflusswirksam“ in die Modellierung einbezogen. Zum anderen wurde eine maximal 5 km² große Gewitterzelle auf Basis der die für das Projekt „Gefährdungsanalyse Starkregen NF67 II“ erarbeiteten Starkregenereignisse (HQ_{selten} , $HQ_{\text{außergewöhnlich}}$ und HQ_{extrem}) zur Abflussermittlung in Anlehnung dem Leitfaden aus Baden-Württemberg verwendet. Hierbei wurden 2 Fälle für die Platzierung der 5 km² große Gewitterzelle über das 8,65 km² große Einzugsgebiet (EZG) betrachtet:

- Platzierung der Gewitterzelle im südlichen Bereich des EZG zur Abbildung einer Zuflussganglinie ausschließlich aus dem Außengebietszufluss.
- Platzierung der Gewitterzelle im nördlichen Bereich des EZG über das B-Plangebiet zur Berücksichtigung von einer Zuflussganglinie aus dem Außengebiet inklusiv abflusswirksamer Flächen im B-Plangebiet.

Zum Schluss wurden die Dachflächen bei allen Szenarien als abflusswirksame Fläche (direkter Niederschlag) berücksichtigt. Für die Kalibrierung standen keine Informationen zur Verfügung. Das Vorgehen wurde in den Vorgängerprojekten „Starkregenanalyse I und II“ in einer Fachgruppe (Dezember 2018 und September 2021) abgestimmt.

Parallel dazu wurde ein zweidimensionales, hydrodynamisches Strömungsmodell mit der Software MIKE21 FM aufgebaut. Hierzu wurde ein Geländemodell auf Basis der Planungsunterlagen (Stand: 10.05.2022) erstellt. Es wurde ein Berechnungsnetz aufgebaut, welches die entsprechenden Bruchkanten und Höheninformation in der Diskretisierung berücksichtigt. Weitere wichtige Parameter (Durchlässe, Rauheiten) sind in die Parametrisierung des Modells eingeflossen.

Das hydrodynamische Modell wurde mit den anhand des MIKE SHE Modells ermittelten flächendeckenden Effektivniederschlägen und mit den Außengebietszuflüssen für die Ereignisse HQ_{selten} , $HQ_{\text{außergewöhnlich}}$ und HQ_{extrem} für die jeweiligen Platzierungen der Gewitterzelle berechnet. Die Ergebnisse der 3 Lastfälle bei der Platzierung der Gewitterzelle

im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets wurden aufbereitet, welche den zeitlichen Verlauf der Überflutungen zeigen. Zusätzlich wurden die maximalen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten in Karten dargestellt (**Anhang C**) und eine Gefährdungs- und Risikoanalyse durchgeführt. Dabei wurden neuralgische Punkte im Planungsgebiet identifiziert und Erkenntnisse über die wichtigsten Prozesse der Starkregengefährdung für das Gebiet gewonnen.

Diese Erkenntnisse sind in die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen eingeflossen. Neben den allgemeinen Rahmenbedingungen wurden für das Planungsgebiet 14 Maßnahmen bzw. Empfehlungen technischer und nichttechnischer Natur identifiziert. Maßnahmen mit einem örtlichen Bezug wurden in eine Karte eingetragen. Ein großer Teil der Maßnahmen betrifft den Schutz vor Außengebietszuflüssen, eine Gefahr, die derzeit durch ein Zusammenspiel eines Retentionsraums und steuerbaren Bauwerks an der B73 abgefangen wird. Innerhalb des Planungsgebietes ist die Entwässerung grundsätzlich aufgrund der vorliegenden Höhendaten auch für Starkregen gut ausgelegt, wobei insbesondere im südwestlichen Bereich einige Flächen stärker betroffen sein können. Aus diesem Grund fokussieren weitere technische Handlungsempfehlungen insbesondere auf den Schutz der Gebiete nördlich des westlichen Teils der NWS.

Das Projekt hat in Hamburg einen Pilotcharakter, da eine auf einem hydrodynamischen Strömungsmodell basierte Starkregenanalyse dort bisher nicht durchgeführt wurde. Besonderheiten des Projekts liegen zusätzlich in der länderübergreifenden Betrachtung und an der Durchführung der Analyse für ein geplantes Gebiet anstatt, wie sonst üblich, eines Bestandszustandes. Durch die geschickte Kombination der leistungsfähigen Softwarepakete MIKE SHE und MIKE21 FM sowie eine realistische und fundierte Ableitung von hydrologischen Randbedingungen in Abstimmung mit der BUKEA, dem Bezirksamt Harburg und der IBA Hamburg konnte trotz dieser Herausforderungen eine Starkregenanalyse nach Stand der Technik durchgeführt werden.

8 Literatur

- /1/ Merkblatt DWA-M 119 (November 2019) – Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen DHI, DWA-Regelwerk
- /2/ Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg (Dezember 2016), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)
- /3/ DHI (2017) MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM, Hydrodynamic and Transport Module, Scientific Documentation
- /4/ Hydraulik naturnaher Fließgewässer Teil 3: Rauheits- und Widerstandsbeiwerte für Fließgewässer in Baden-Württemberg (2003), Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 78
- /5/ H. Sponagel; W. Grotenthaler; K.-J. Hartmann; R. Hartwich; P. Janetzko; H. Joisten; D. Kühn; K.-J. Sabel; R. Traidl, (2005), Bodenkundliche Kartieranleitung. KA5, Hannover Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten
- /6/ Schapp, M., Leij, F. & van Genuchten, M. T., (2001). ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. Journal of Hydrology, Band 251(3), pp. 163-176.
- /7/ Pöhler, H., Chmielewski, F.-M., Jasper, K., Henniges, Y., Scherzer, J., (2007), Abschlussbericht: KliWEP - Abschätzung der Auswirkungen der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der Parthe, Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie.
- /8/ DHI WASY GmbH (2020). Fischbeker Reethen Starkregengefährdungsanalyse II – Starkregenmodellierung für das geplante Neubaugebiet NF67. Abschlussbericht der DHI WASY GmbH für die IBA Hamburg GmbH.

ANHANG

ANHANG A

Grundlagedaten

Daten	Kurzbeschreibung	Herkunft der Daten
DGM1 Hamburg	Geodatenportal Hamburg (https://www.hamburg.de/bsw/geodaten/). Digitales Geländemodell der Freie und Hansestadt Hamburg, als rohe *.asc-Dateien verfügbar	Recherche AN
DGM1 Niedersachsen	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (https://www.lgln.niedersachsen.de). Kostenpflichtige Bestellung von einzelnen Kacheln	Recherche AN
Landnutzungsdaten Hamburg	Geodatenportal Hamburg (https://www.hamburg.de/bsw/geodaten/). Daten der Freie und Hansestadt Hamburg *.xml-Dateien	Recherche AN
Landnutzungsdaten Niedersachsen	http://nibis.lbeg.de/cardomap3/ https://www.lbeg.niedersachsen.de/kartenserver/nibis-kartenserver-72321.html	Recherche AN
Bodendaten Hamburg	BUEK200 des BGR im Maßstab 1:200.000	Recherche AN
Bodendaten Niedersachsen	BK50 des Landes Niedersachsen im Maßstab 1:50.000, kostenpflichtige Bestellung beim Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)	Recherche AN
Niederschlagsdaten aus dem KOSTRA 2010R	Raster der Wiederkehrintervalle für Starkregen (Bemessungsniederschläge) in Deutschland (KOSTRA-DWD) auf http://www.dwd.de	Recherche AN
Städtebauliche Entwicklung Sandbek West in Hamburg-Harburg: Grundlagenermittlung und Teile der Vorplanung, BWS GmbH	Erläuterungsbericht für die Ableitung verschiedener Randbedingungen und ingenieurtechnischen Annahmen	AG
Funktionsplan	NF67_Funktionsplan_1500_180827 CAD Zeichnung und *.pdf-Plan der Funktionsplanung	AG
Aktualisierter Funktionsplan	Funktionsplan NF67_1500_LS320.dwg (CAD Zeichnung) und Funktionsplan NF67_1500_LS320.pdf (PDF der Funktionsplanung)	AG
Entwässerungsplanung	817-11-01.dwg (CAD-Zeichnung Entwässerungsplanung)	AG
Regenrückhaltebecken	Shapefiles (Polygone) der Regenrückhaltebecken Paul und Paulina	AG
Verkehrsplanung	CAD-Plan der Verkehrswege mit vereinzelt Geländepunkten	AG, Recherche AN

Daten	Kurzbeschreibung	Herkunft der Daten
Bauwerksplan der DB (Abzug Stand 24.02.2022)	Erneuerung des Durchlasses (Grundriss, Querschnitt, Längsschnitt)	AG
Digitales Geländemodell der Planung	DGM-Modellierung.DXF (CAD-Plan mit 3D-Polylinien)	IPRO Consult GmbH
Aktualisiertes Geländemodell der Planung (Stand 23.02.2022)	DGM-Modellierung.DXF (CAD-Plan mit 3D-Polylinien)	IPRO Consult GmbH
Optimierung des Geländemodells der Planung (Stand 05.05.2022)	Shapefile mit Polylinien (Erdschwellen)	IPRO Consult GmbH
Optimierung des Geländemodells der Planung (Stand 10.05.2022)	Shapefile mit Polylinien (Erdschwellen)	IPRO Consult GmbH
Lageplan der geplanten Durchlässe	NF67_EW_UELP.pdf (Mit Angabe der hydraulisch relevanten Parameter)	IPRO Consult GmbH
Aktualisierter Lageplan der geplanten Durchlässe (Stand 23.02.2022)	2022-02-23_NF67-Durchlässe.pdf (Mit Angabe der hydraulisch relevanten Parameter)	IPRO Consult GmbH
Aktualisiertes Grabenprofil der Rethenbek (Stand 23.02.2022)	2022-02-23_NF67-Grabenprofile-Rethenbek.pdf (Mit Angabe der hydraulisch relevanten Parameter)	IPRO Consult GmbH
RRHB Paul und Paulina (Stand 15.10.2021)	Shapefiles mit den Polygonen der RRHN Paul und Paulina	IPRO Consult GmbH
Durchlass Rethenbek B73	Fotos und vereinfachtes Ausmaß	Ortsbegehung AN

ANHANG B

Ergebnisse MIKE SHE Oberflächenabfluss

B ERGEBNISSE MIKE SHE OBERFLÄCHENABFLUSS

B.1 Kumulative Flüsse der MIKE SHE Simulationen

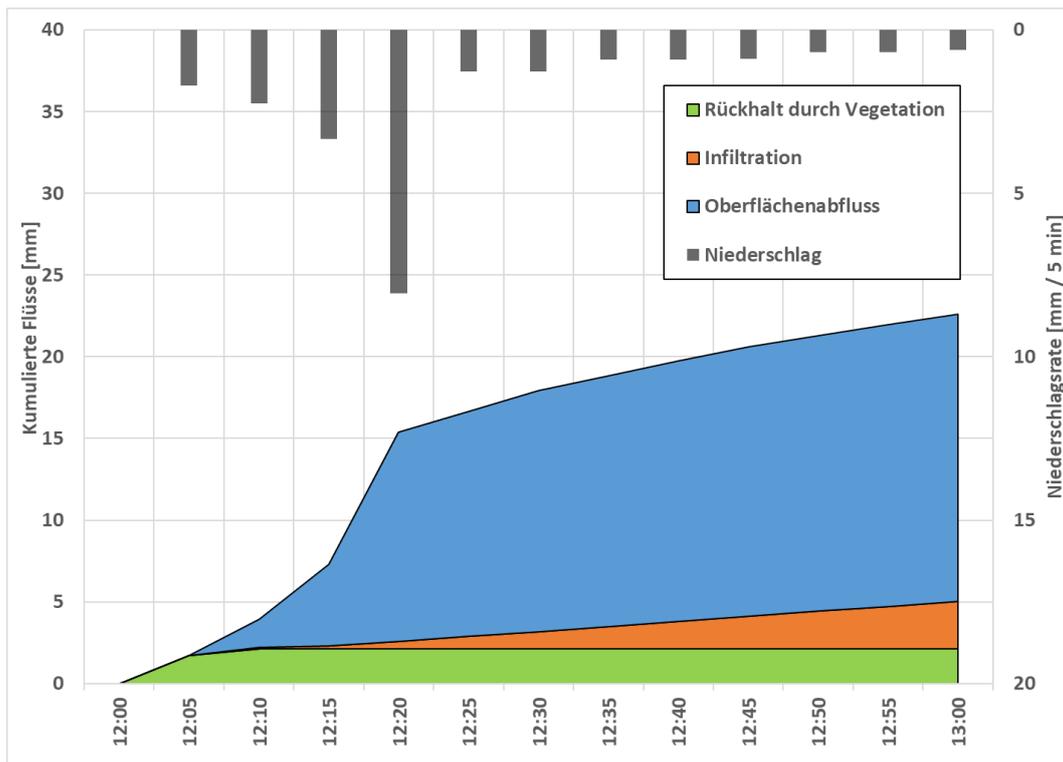


Abbildung 8-1: Kumulative Flüsse HQ_{selten}, Gewitterzelle Nord

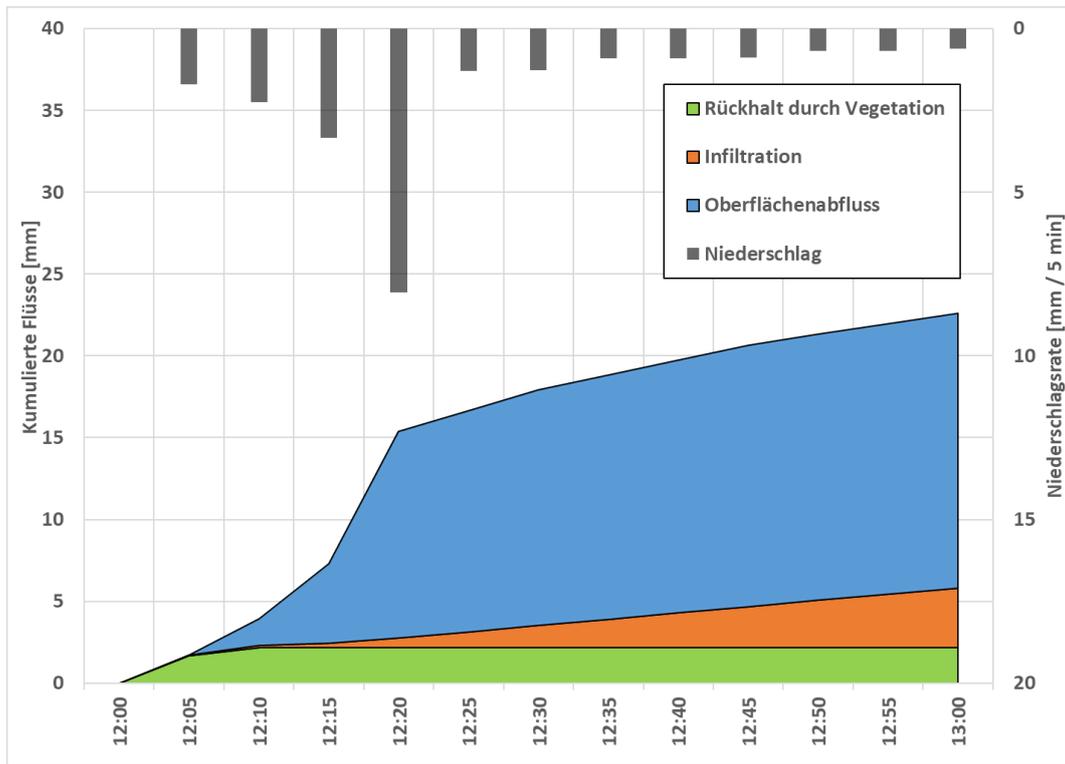


Abbildung 8-2: Kumulative Flüsse HQ_{selten}, Gewitterzelle Süd

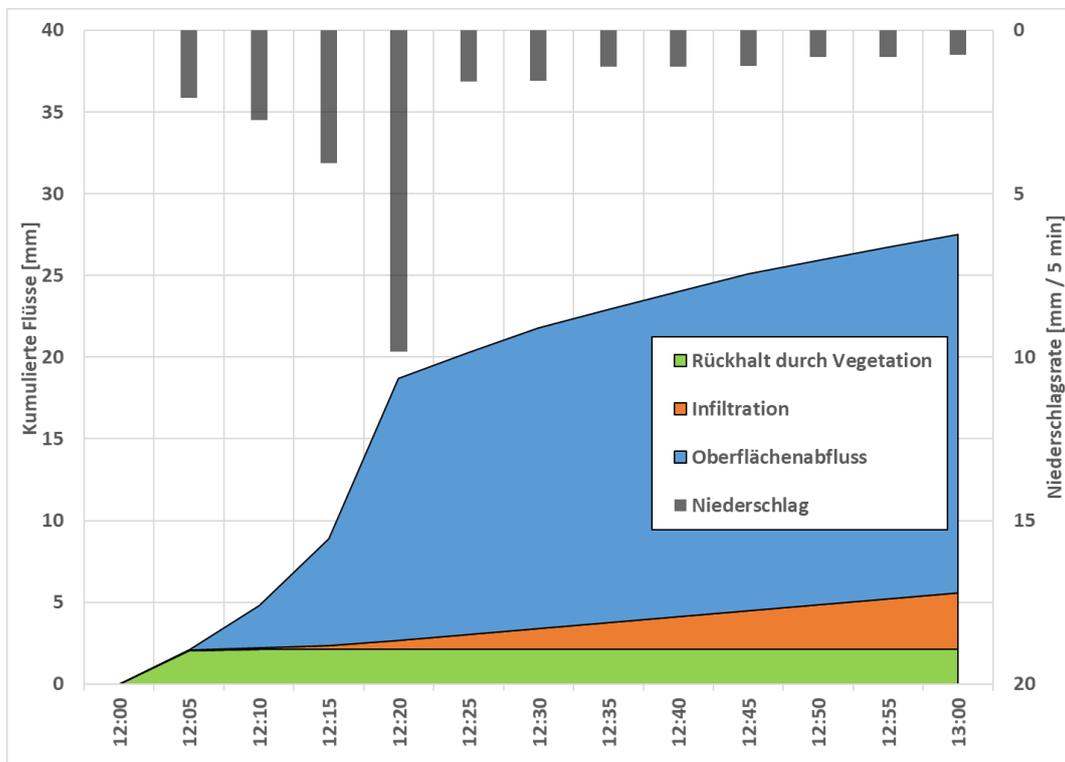


Abbildung 8-3: Kumulative Flüsse HQ_{außergewöhnlich}, Gewitterzelle Nord

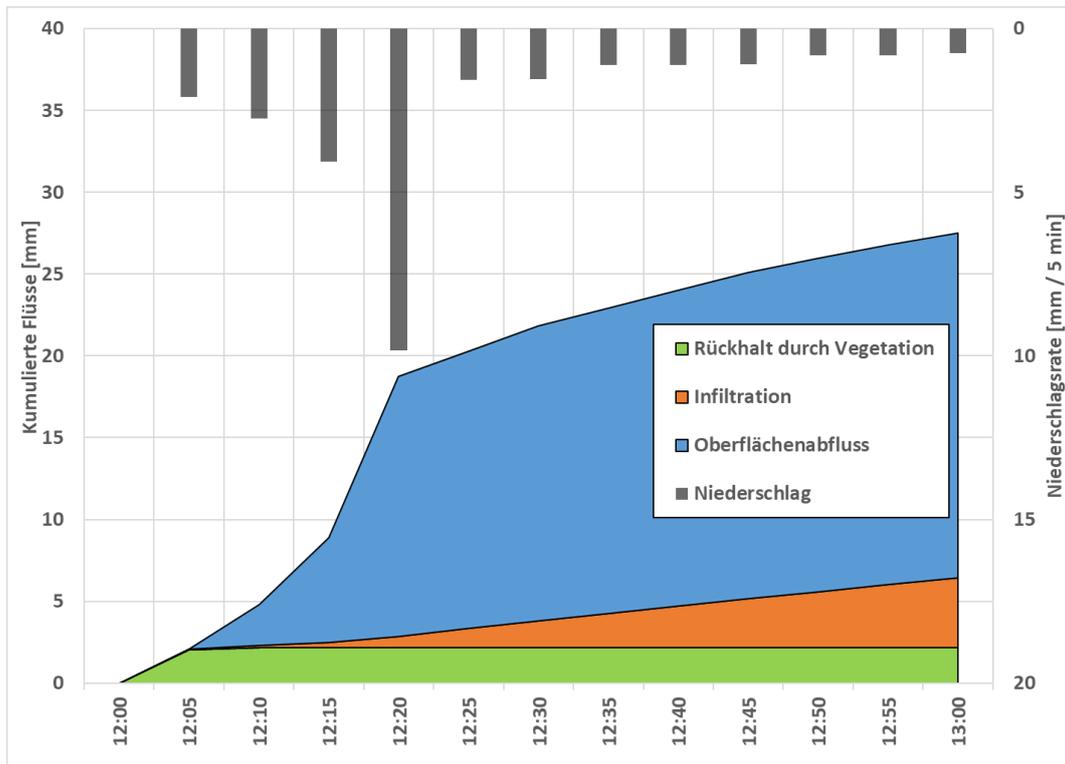


Abbildung 8-4: Kumulative Flüsse $HQ_{\text{auf\beta ergew\u00f6 hnlich}}$, Gewitterzelle S\u00fcd

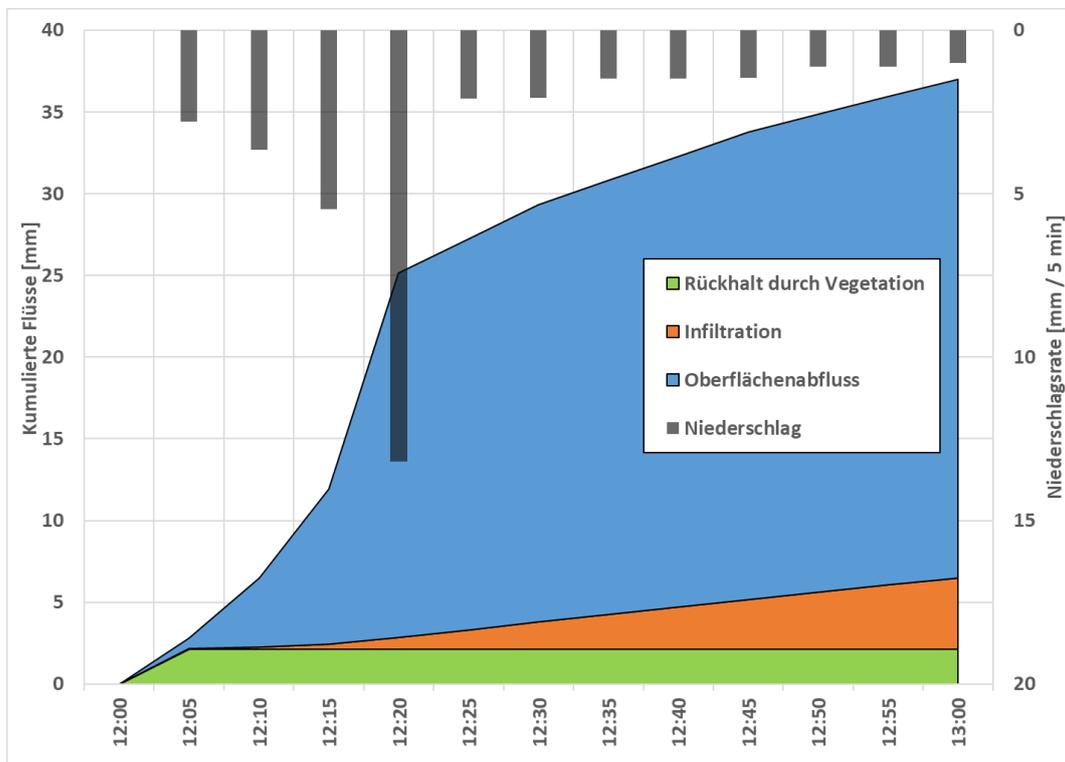


Abbildung 8-5: kumulative Fl\u00fc\u00dfe HQ_{extrem} , Gewitterzelle Nord

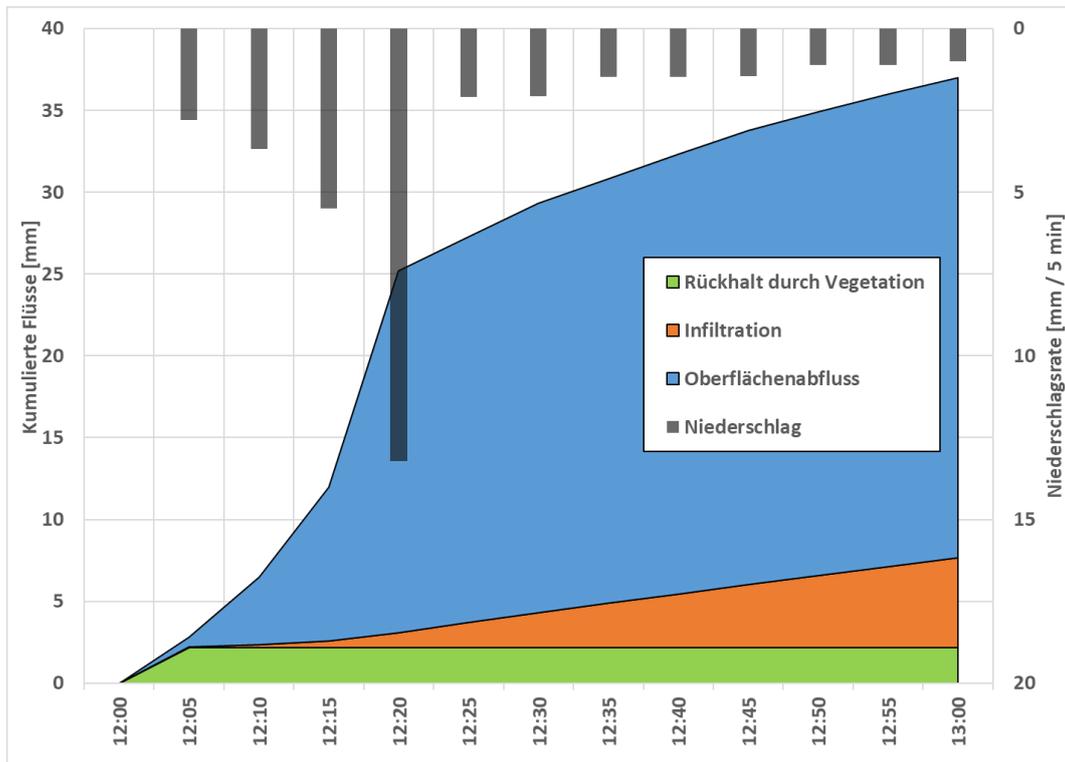


Abbildung 8-6: kumulative Flüsse HQ_{extrem} , Gewitterzelle Süd

B.2 Raster der Effektivniederschläge für HQ_{extrem}

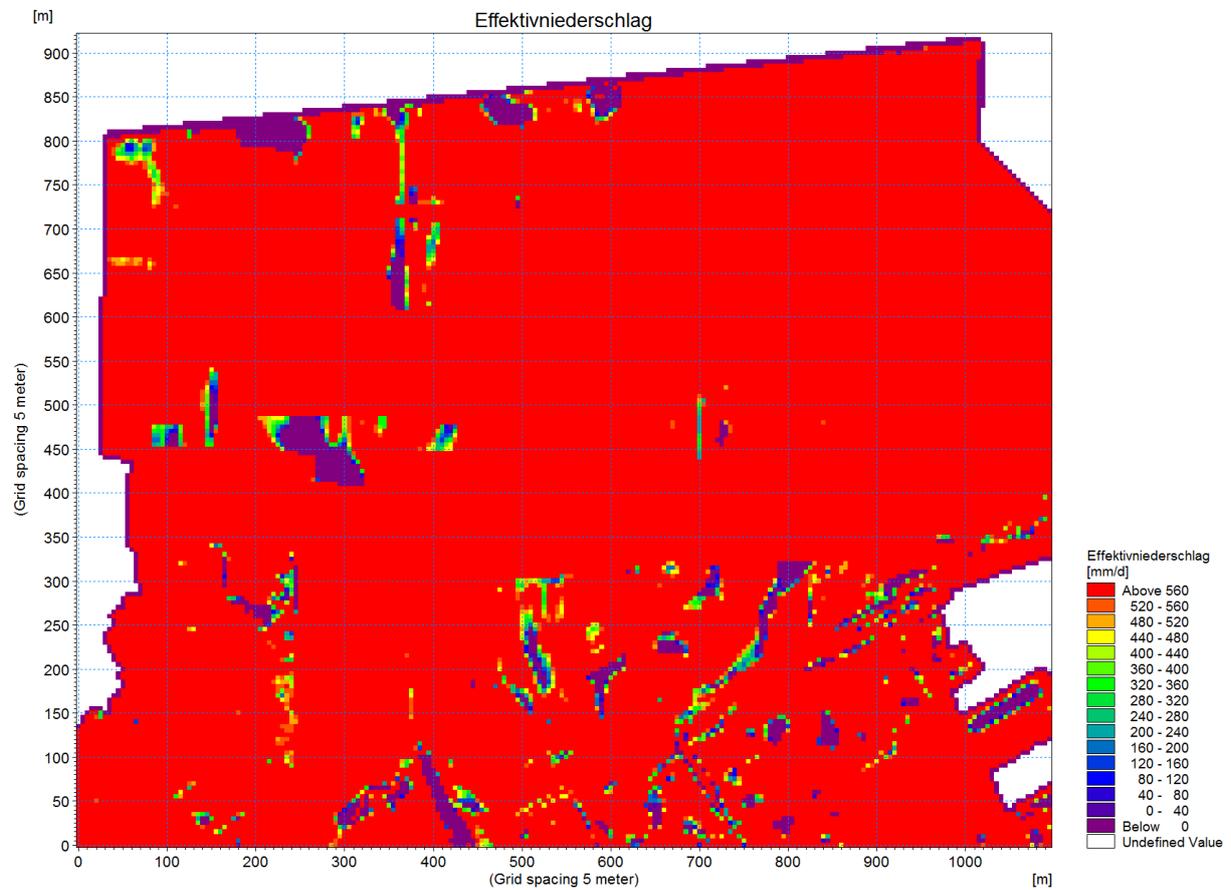


Abbildung 8-7: Effektivniederschlag für HQ_{extrem} zum Zeitpunkt T= 25 Minuten

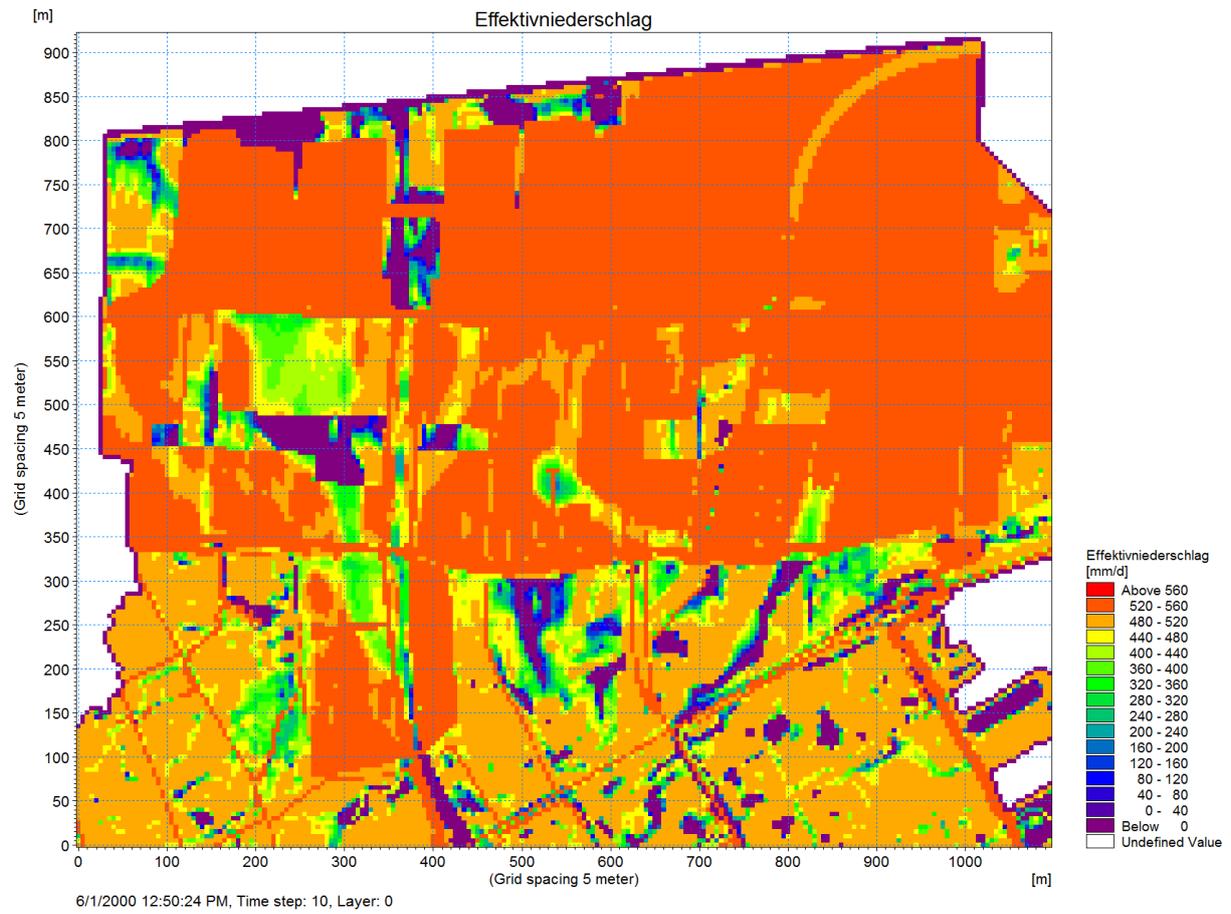


Abbildung 8-8: Effektivniederschlag für HQ_{extrem} zum Zeitpunkt $T = 50$ Min

B.3 Ergebnisse der MIKE SHE Oberflächenabfluss (Karten)

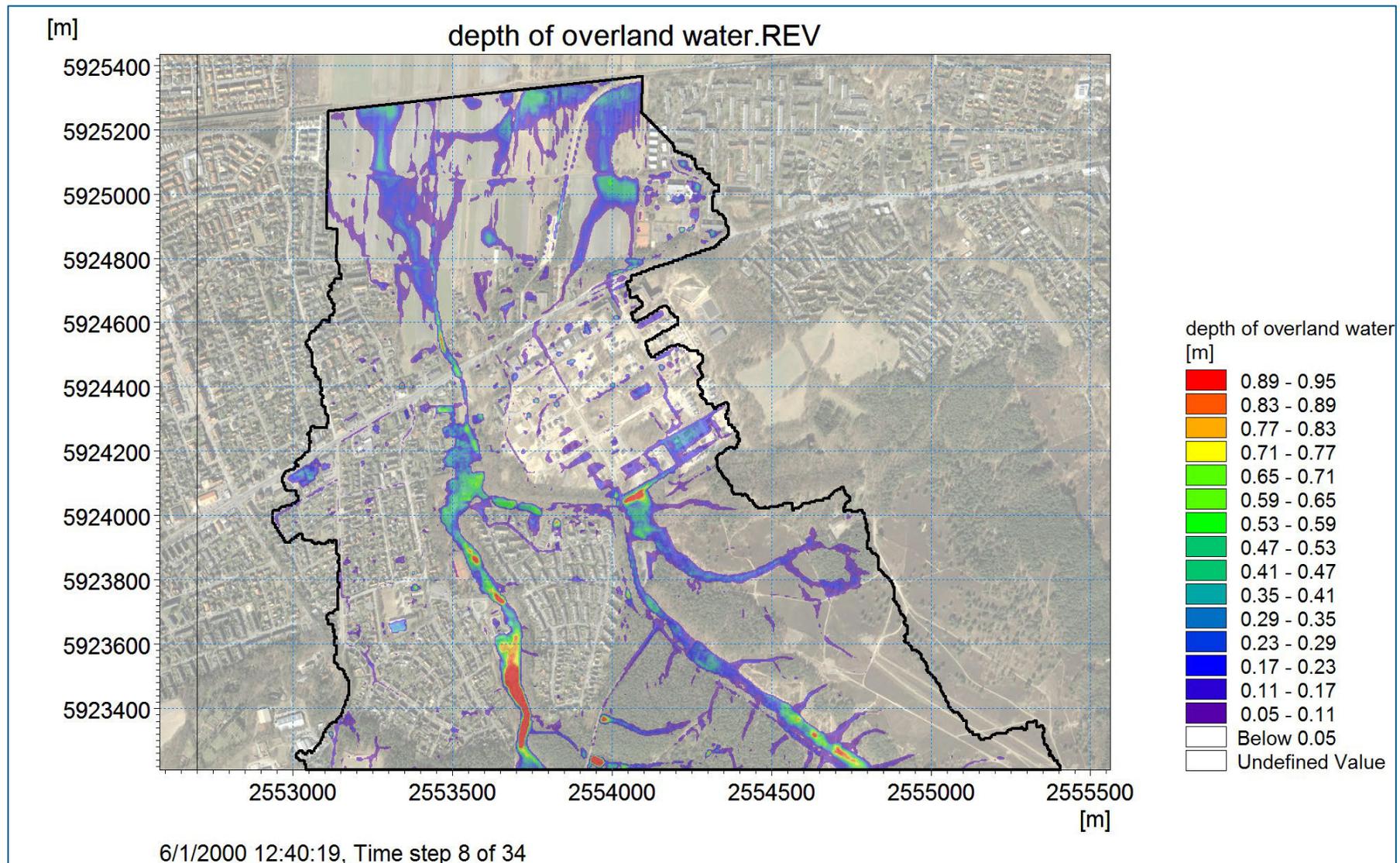


Abbildung 8-9: Berechnete Wassertiefen (HQ_{extrem}) mit nördlich platzierter Gewitterzelle nach 40 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG

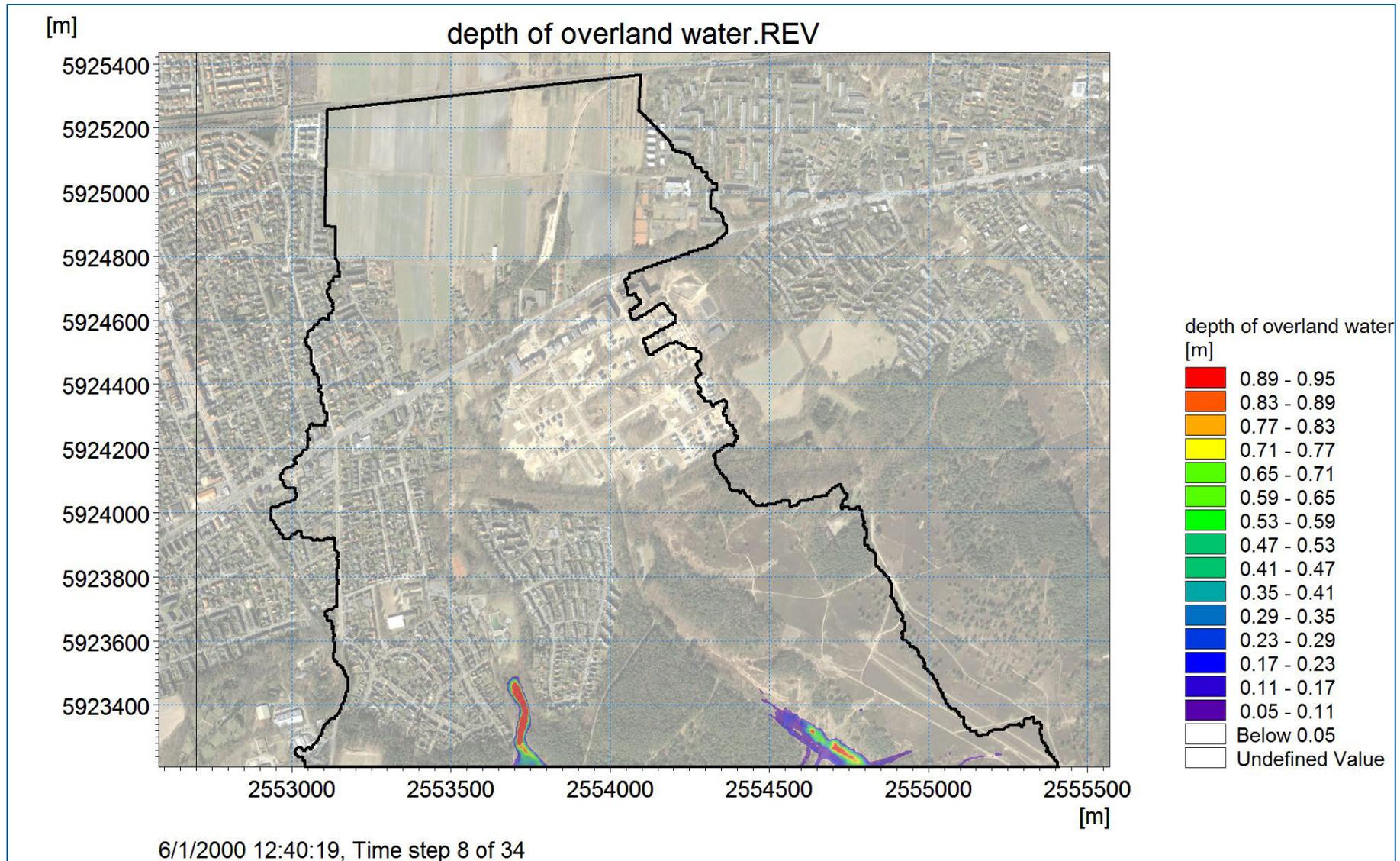


Abbildung 8-10: Berechnete Wassertiefen (HQ_{extrem}) mit südlich platzierter Gewitterzelle nach 40 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG

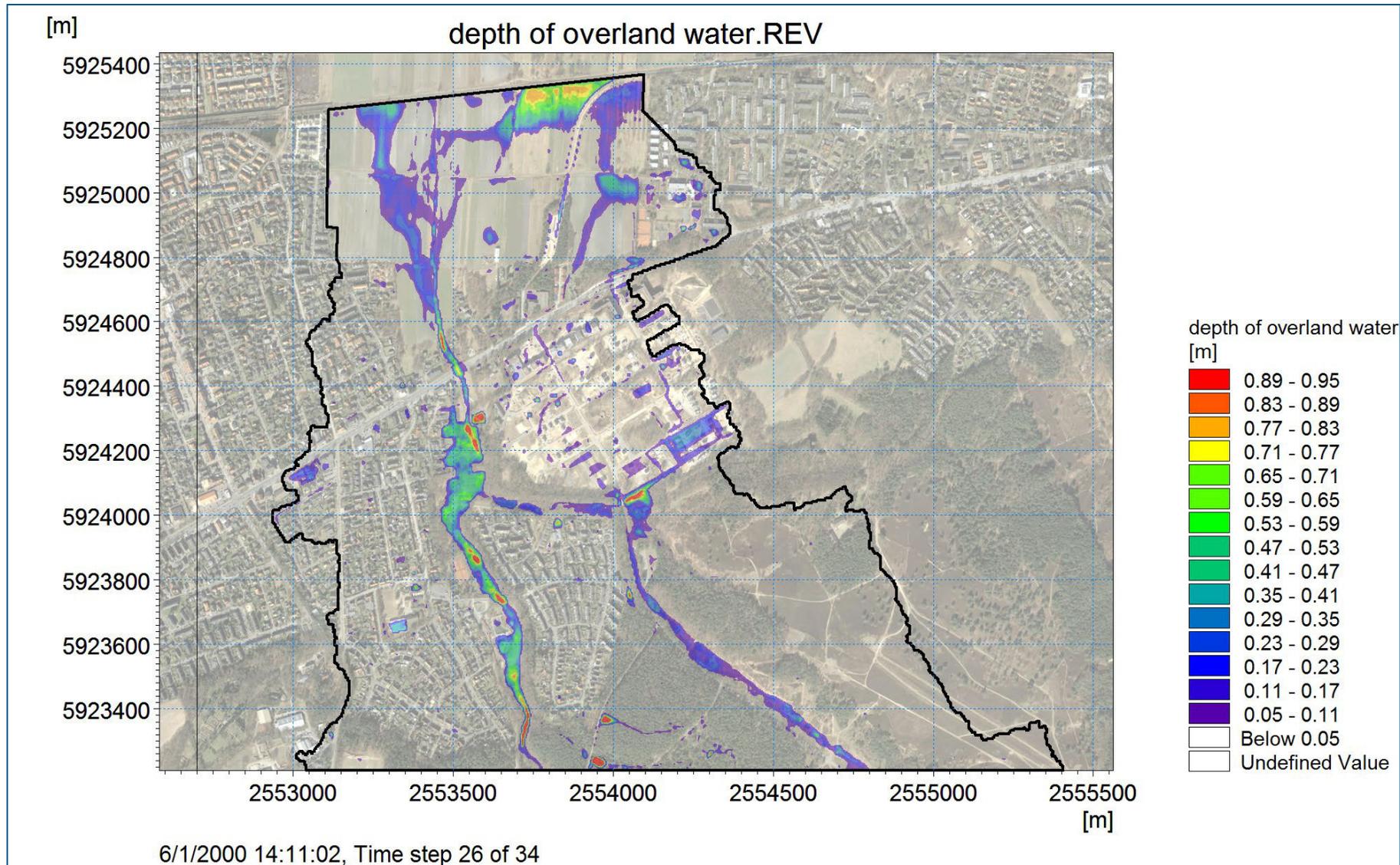


Abbildung 8-11: Berechnete Wassertiefen ($H_{Q_{\text{extrem}}}$) mit nördlich platzierter Gewitterzelle nach 130 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG

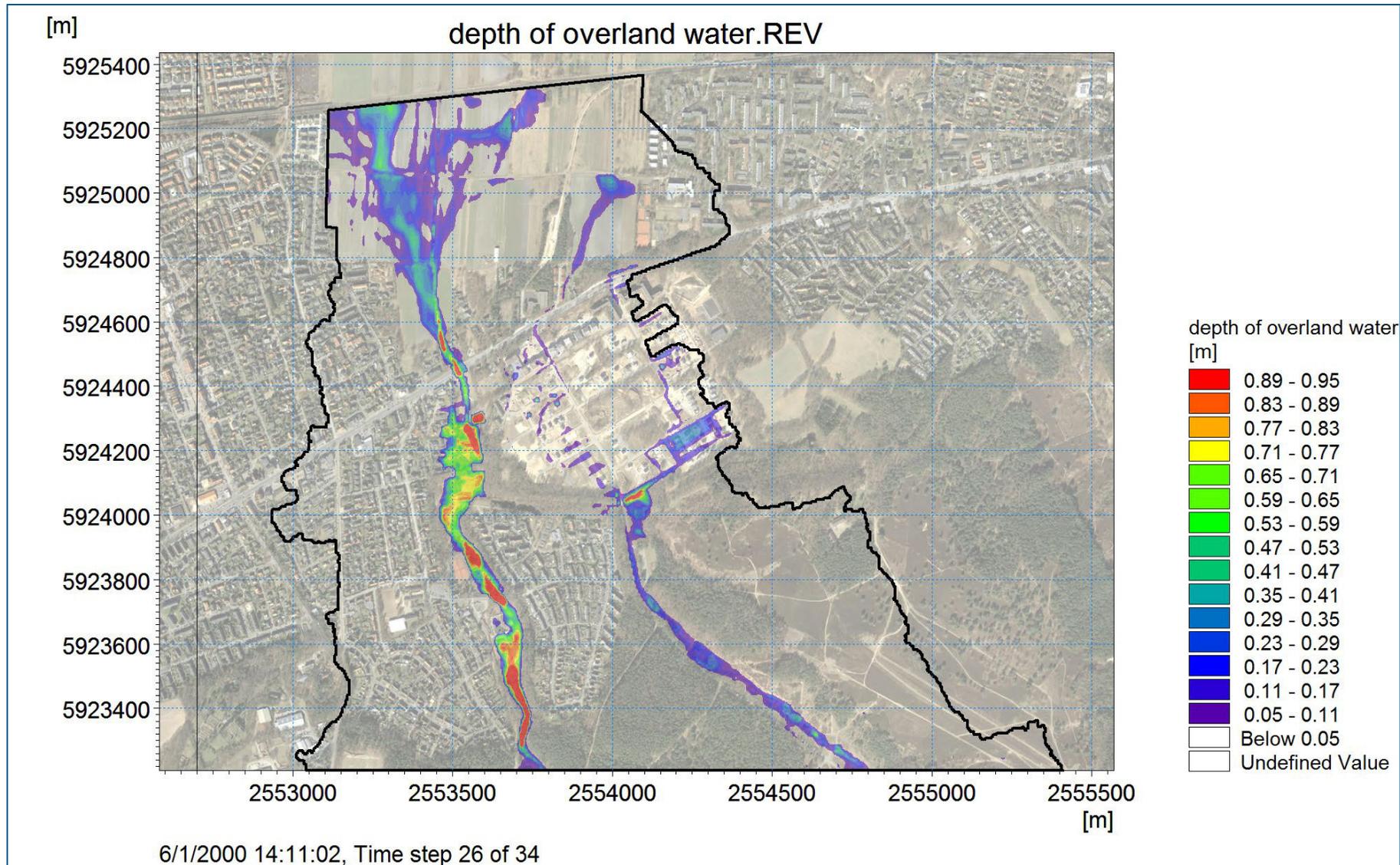
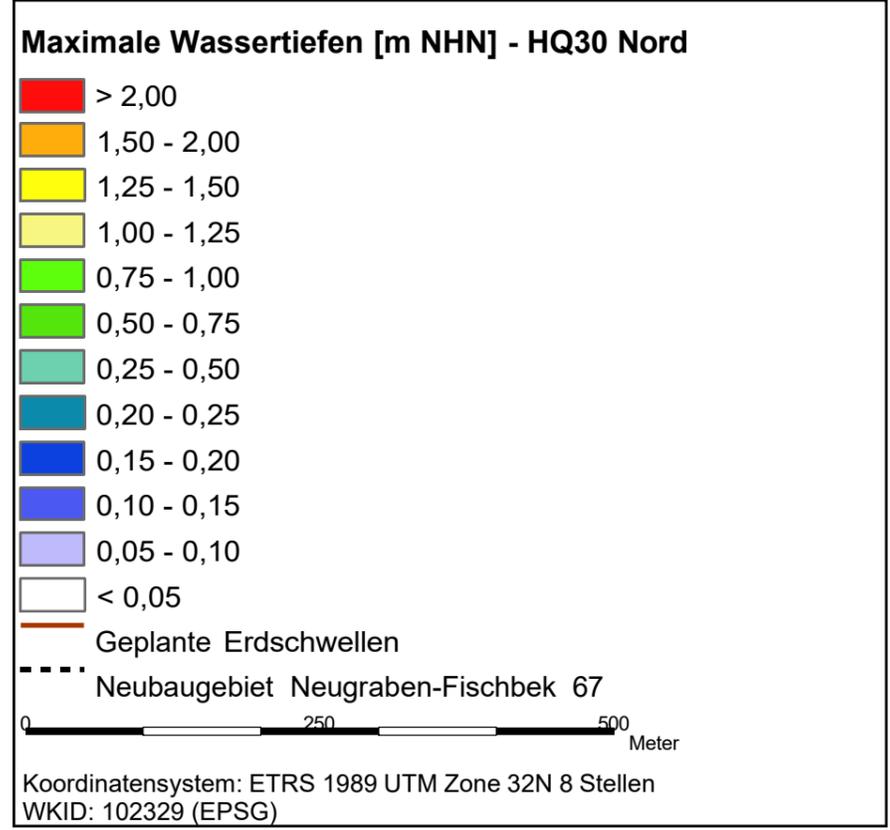
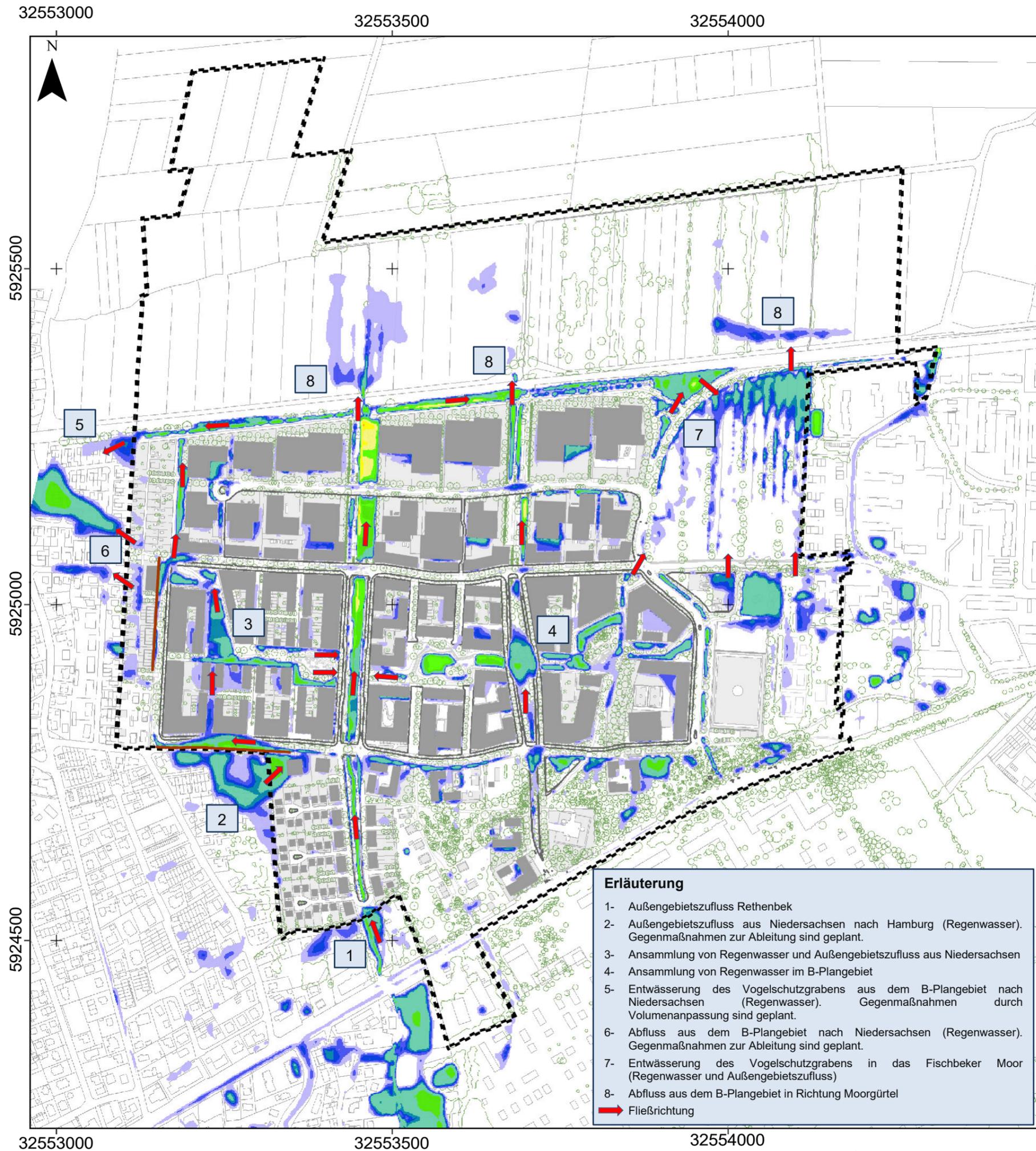


Abbildung 8-12: Berechnete Wassertiefen ($H_{Q_{Extrem}}$) mit südlicher Platzierung der Gewitterzelle nach 130 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG

ANHANG C

Karten der Gefährdungsanalyse



Hydraulische Berechnungen: DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2022	■
	Gepr.:	Juli 2022	■
Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022		Projekt-Nr.: 14805293-01	

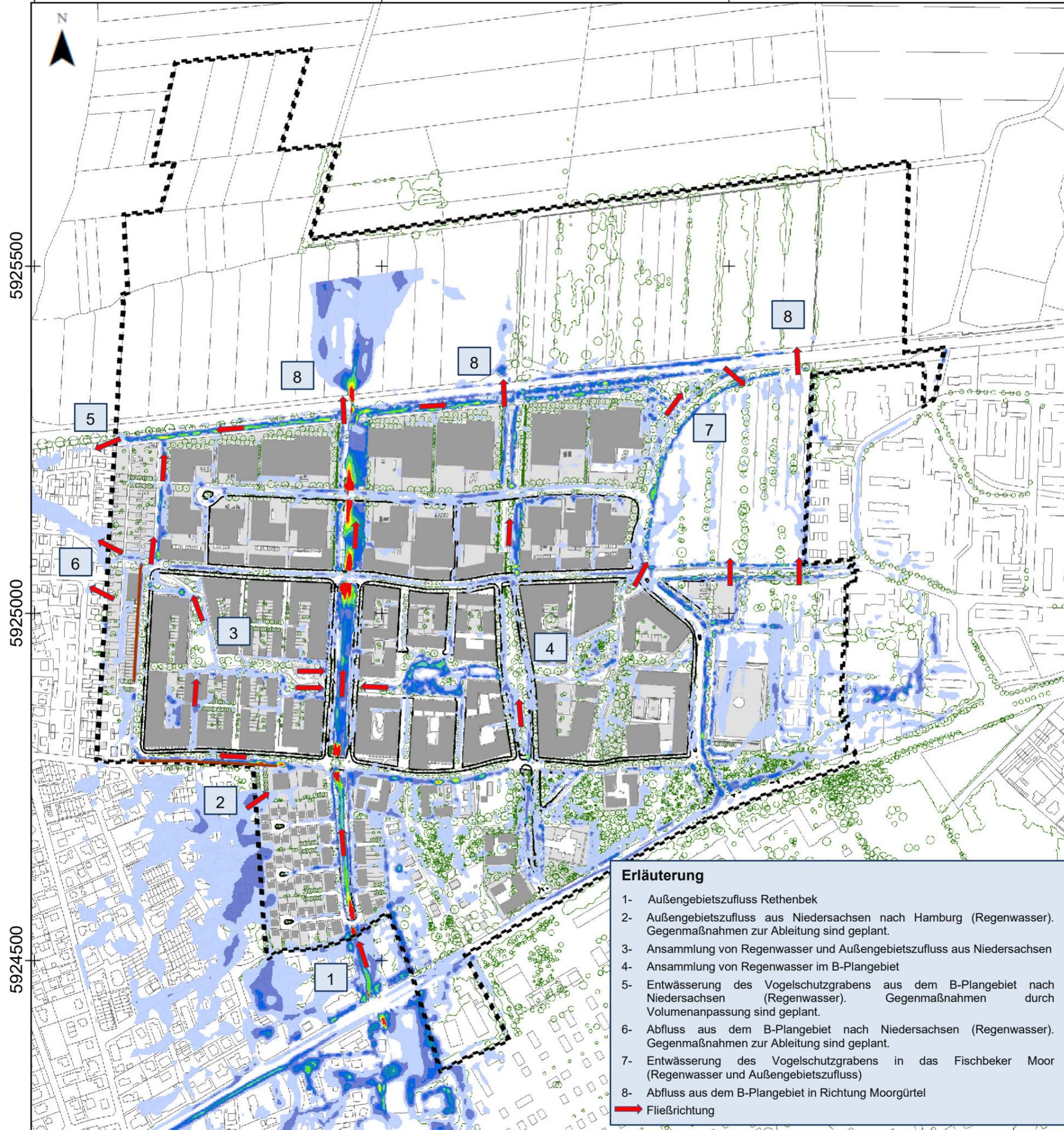
Fischbeker Reethen		
Starkregenanalyse III Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67		
Berechnete Wassertiefen bei $HQ_{\text{selten}} (30)$		Maßstab: 1:6.000
Bearbeitungsdatum: Bremen, 26.07.2022		

- Erläuterung**
- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
 - 2- Außengebietszufluss aus Niedersachsen nach Hamburg (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
 - 3- Ansammlung von Regenwasser und Außengebietszufluss aus Niedersachsen
 - 4- Ansammlung von Regenwasser im B-Plangebiet
 - 5- Entwässerung des Vogelschutzgrabens aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen durch Volumen Anpassung sind geplant.
 - 6- Abfluss aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
 - 7- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Regenwasser und Außengebietszufluss)
 - 8- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- ➔ Fließrichtung

32553000

32553500

32554000



Maximale Fließgeschwindigkeiten [m/s] - HQ30 Nord

- > 4,00
- 3,00 - 4,00
- 2,00 - 3,00
- 1,75 - 2,00
- 1,50 - 1,75
- 1,25 - 1,50
- 1,00 - 1,25
- 0,80 - 1,00
- 0,60 - 0,80
- 0,40 - 0,60
- 0,20 - 0,40
- < 0,20

— Geplante Erdschwellen

- - - - - Neubaugelbiet Neugraben-Fischbek 67



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8 Stellen
WKID: 102329 (EPSG)

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
 - 2- Außengebietszufluss aus Niedersachsen nach Hamburg (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
 - 3- Ansammlung von Regenwasser und Außengebietszufluss aus Niedersachsen
 - 4- Ansammlung von Regenwasser im B-Plangebiet
 - 5- Entwässerung des Vogelschutzgrabens aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen durch Volumen Anpassung sind geplant.
 - 6- Abfluss aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
 - 7- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Regenwasser und Außengebietszufluss)
 - 8- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- Fließrichtung

Hydraulische Berechnungen:

DHI WASY GmbH
Büro Bremen
Knochenhauerstr. 20/25
28195 Bremen
Deutschland



Datengrundlagen:

Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)

Gez.: Juli 2022

Gepr.: Juli 2022

Hintergrundkarte:
NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022

Projekt-Nr.: 14805293-01

Fischbeker Reethen

Starkregenanalyse III
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67



Maßstab: 1:6.000

Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei HQ_{selten} (30)

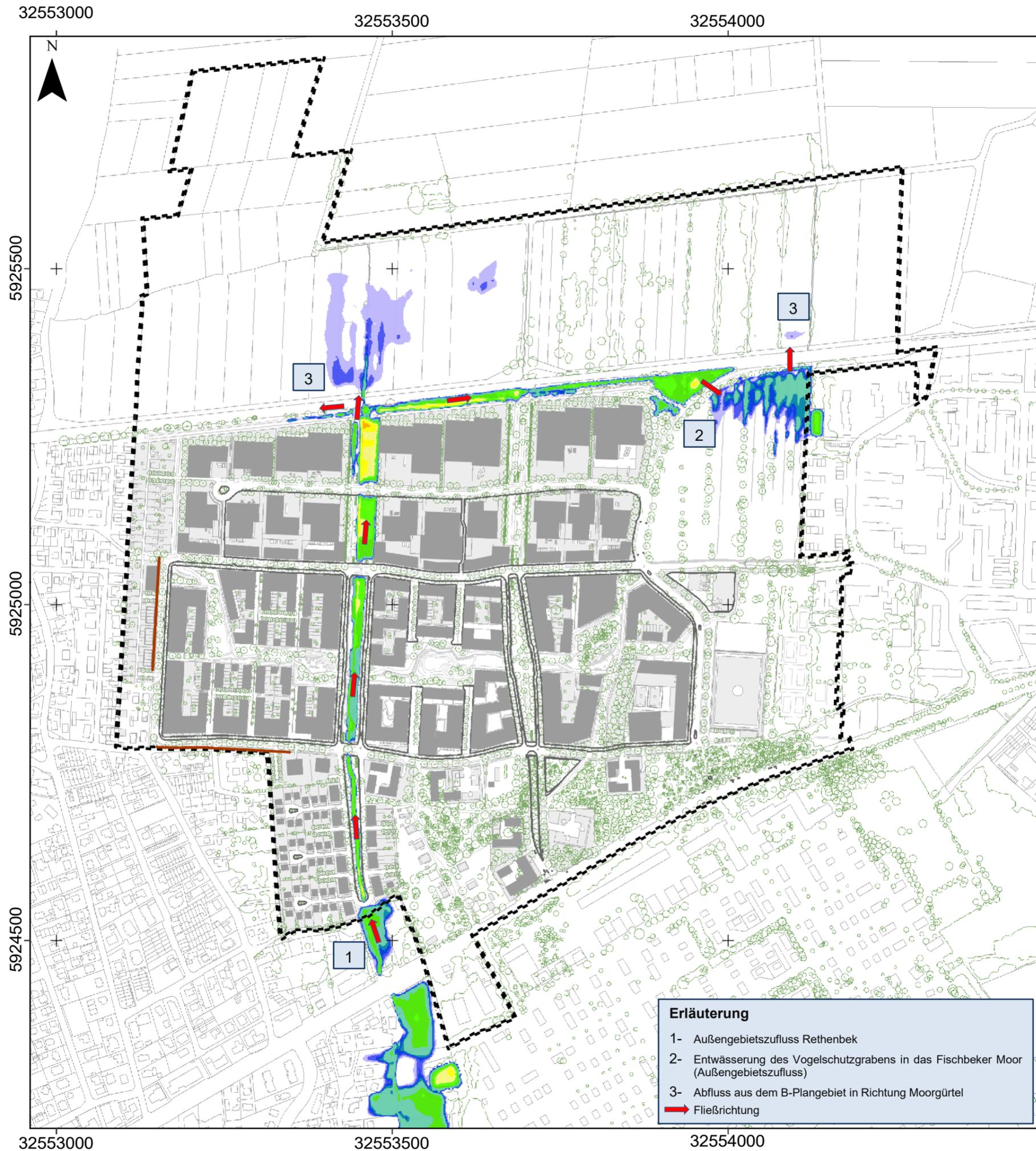
Bearbeitungsdatum:

Bremen, 26.07.2022

32553000

32553500

32554000



Maximale Wassertiefen [m NHN] - HQ30 Sued

- > 2,00
- 1,50 - 2,00
- 1,25 - 1,50
- 1,00 - 1,25
- 0,75 - 1,00
- 0,50 - 0,75
- 0,25 - 0,50
- 0,20 - 0,25
- 0,15 - 0,20
- 0,10 - 0,15
- 0,05 - 0,10
- < 0,05

Geplante Erdschwellen
 Neubaugebiet Neugraben-Fischbek 67

0 250 500 Meter

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8 Stellen
WKID: 102329 (EPSG)

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
- 2- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Außengebietszufluss)
- 3- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- Fließrichtung

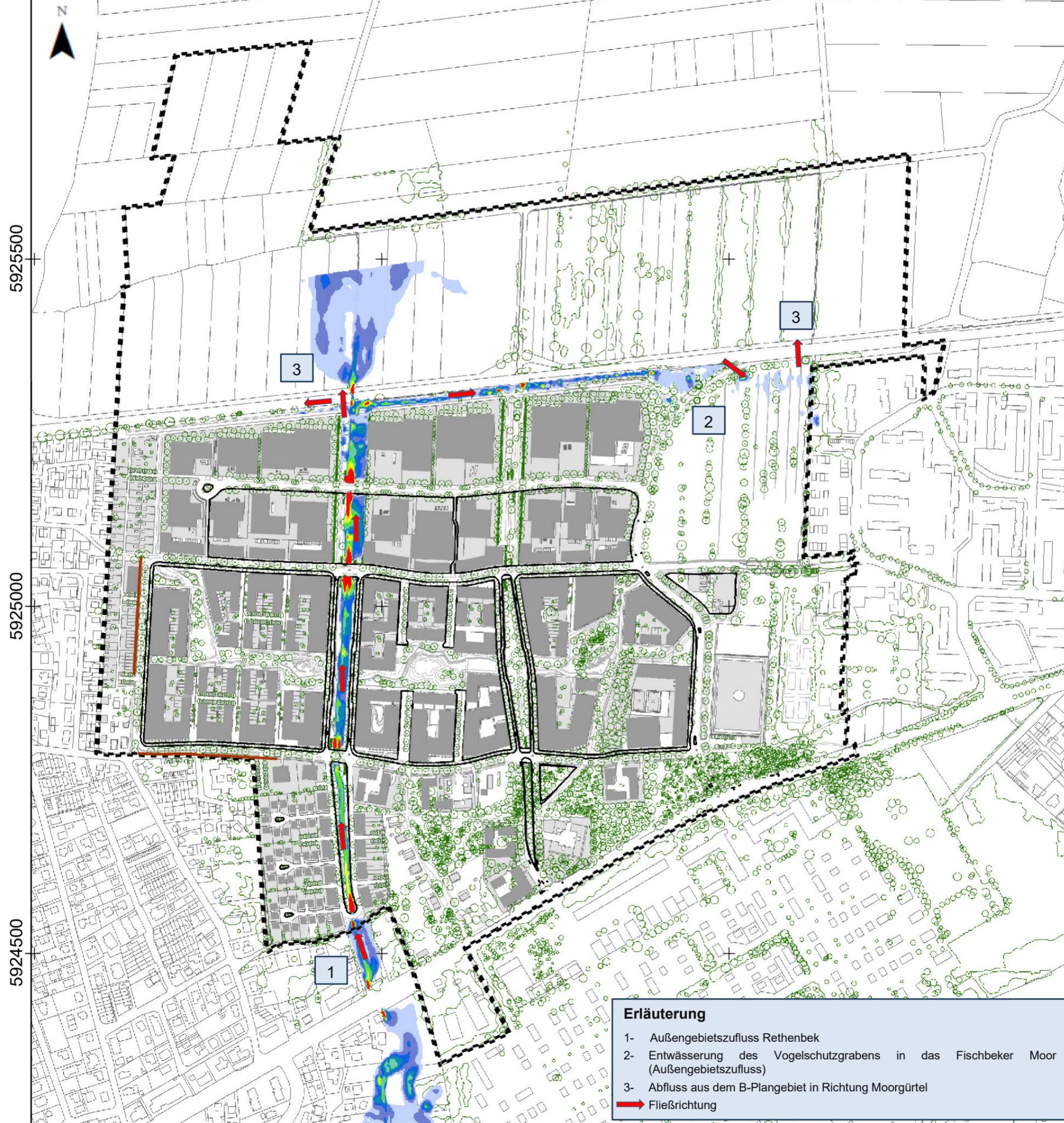
Hydraulische Berechnungen: DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2022	
	Gepr.:	Juli 2022	
Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Projekt-Nr.: 14805293-01		

Fischbeker Reethen		
Starkregenanalyse III		
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67		
Berechnete Wassertiefen bei HQ _{selten} (30)		Maßstab: 1:6.000
Bearbeitungsdatum: Bremen, 26.07.2022		

32553000

32553500

32554000



Maximale Fließgeschwindigkeiten [m/s] - HQ30 Sued

- > 4,00
- 3,00 - 4,00
- 2,00 - 3,00
- 1,75 - 2,00
- 1,50 - 1,75
- 1,25 - 1,50
- 1,00 - 1,25
- 0,80 - 1,00
- 0,60 - 0,80
- 0,40 - 0,60
- 0,20 - 0,40
- < 0,20

— Geplante Erdschwellen
 - - - - - Neubaugelbiet Neugraben-Fischbek 67

0 250 500 Meter

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8 Stellen
 WKID: 102329 (EPSG)

32553000

32553500

32554000

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
- 2- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Außengebietszufluss)
- 3- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- Fließrichtung

Hydraulische Berechnungen:	DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland		
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2022	
	Gepr.:	Juli 2022	
Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Projekt-Nr.: 14805293-01		

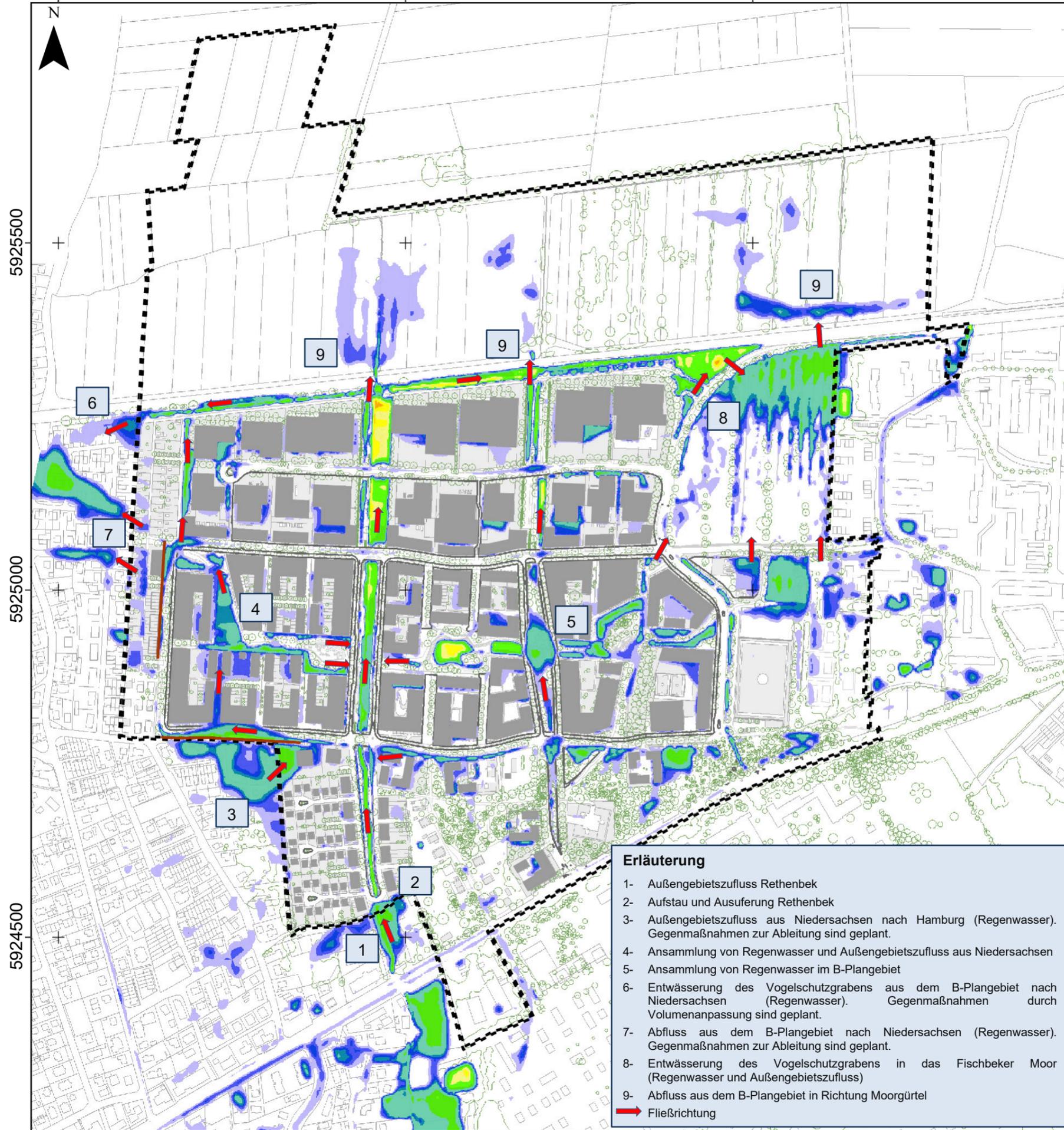


Fischbeker Reethen		
Starkregenanalyse III Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67		
Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei HQ _{selten} (30)		Maßstab: 1:6.000
Bearbeitungsdatum: Bremen, 26.07.2022		

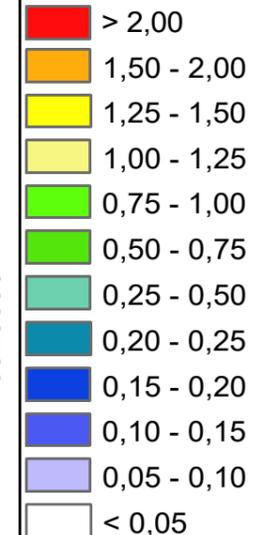
32553000

32553500

32554000



Maximale Wassertiefen [m NHN] - HQ100 Nord



Geplante Erdschwellen

Neubaugebiet Neugraben-Fischbek 67



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8 Stellen
WKID: 102329 (EPSG)

5925500

5925500

5925000

5925000

5924500

5924500

32553000

32553500

32554000

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
 - 2- Aufstau und Ausuferung Rethenbek
 - 3- Außengebietszufluss aus Niedersachsen nach Hamburg (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
 - 4- Ansammlung von Regenwasser und Außengebietszufluss aus Niedersachsen
 - 5- Ansammlung von Regenwasser im B-Plangebiet
 - 6- Entwässerung des Vogelschutzgrabens aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen durch Volumen Anpassung sind geplant.
 - 7- Abfluss aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
 - 8- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Regenwasser und Außengebietszufluss)
 - 9- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- ➔ Fließrichtung

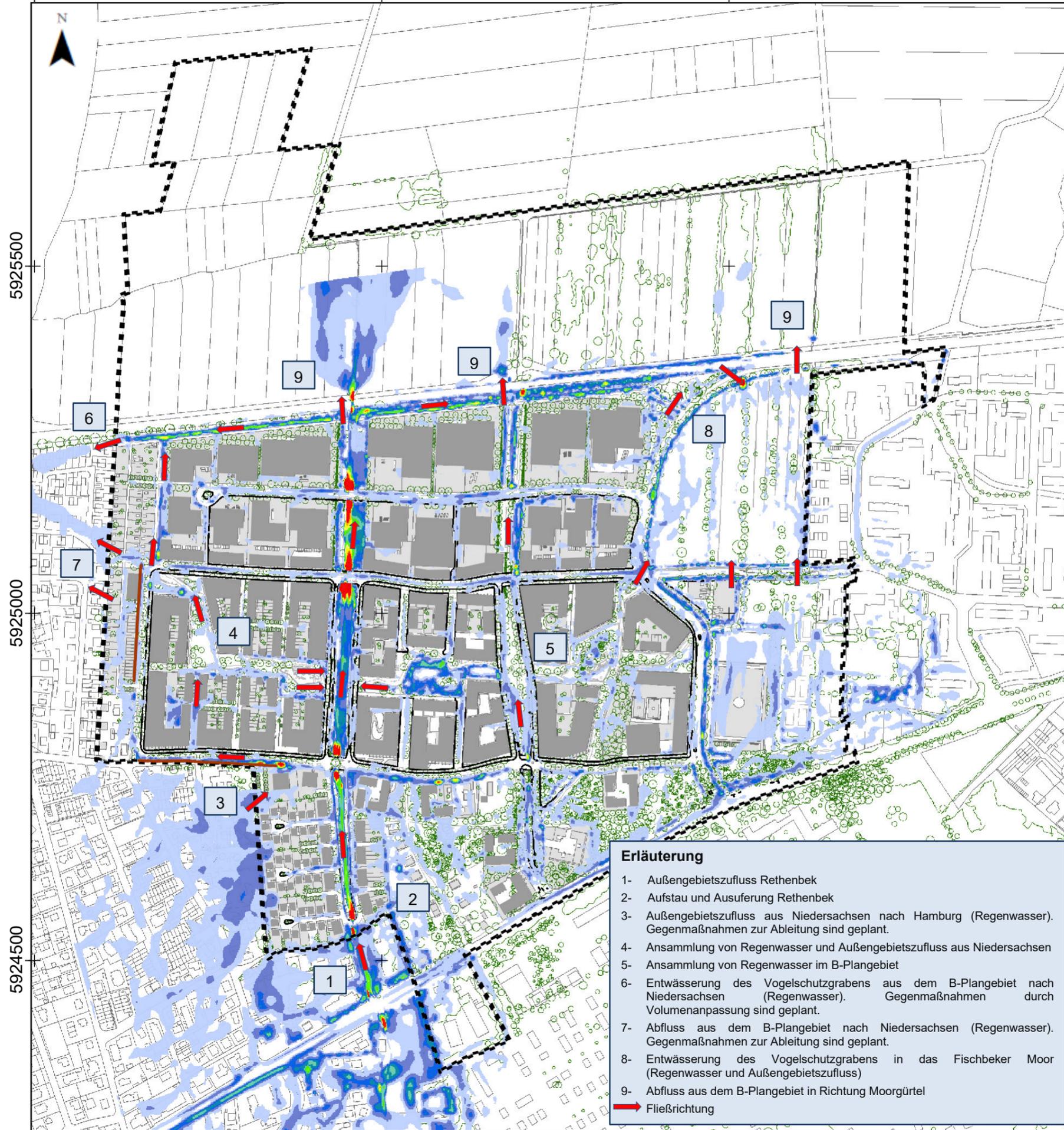
Hydraulische Berechnungen: DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2022	■
	Gepr.:	Juli 2022	■
Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Projekt-Nr.: 14805293-01		

Fischbeker Reethen			
Starkregenanalyse III			
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67			
Berechnete Wassertiefen bei HQ _{außergewöhnlich (100)}			Maßstab: 1:6.000
Bearbeitungsdatum: Bremen, 26.07.2022			

32553000

32553500

32554000



Maximale Fließgeschwindigkeiten [m/s] - HQ100 Nord

- > 4,00
- 3,00 - 4,00
- 2,00 - 3,00
- 1,75 - 2,00
- 1,50 - 1,75
- 1,25 - 1,50
- 1,00 - 1,25
- 0,80 - 1,00
- 0,60 - 0,80
- 0,40 - 0,60
- 0,20 - 0,40
- < 0,20

- Geplante Erdschwellen
- Neubaugebiet Neugraben-Fischbek 67



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8 Stellen
WKID: 102329 (EPSG)

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss Reethenbek
- 2- Aufstau und Ausuferung Reethenbek
- 3- Außengebietszufluss aus Niedersachsen nach Hamburg (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
- 4- Ansammlung von Regenwasser und Außengebietszufluss aus Niedersachsen
- 5- Ansammlung von Regenwasser im B-Plangebiet
- 6- Entwässerung des Vogelschutzgrabens aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen durch Volumen Anpassung sind geplant.
- 7- Abfluss aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
- 8- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Regenwasser und Außengebietszufluss)
- 9- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel

→ Fließrichtung

Hydraulische Berechnungen:	DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland		
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2022	■
	Gepr.:	Juli 2022	■
Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Projekt-Nr.: 14805293-01		

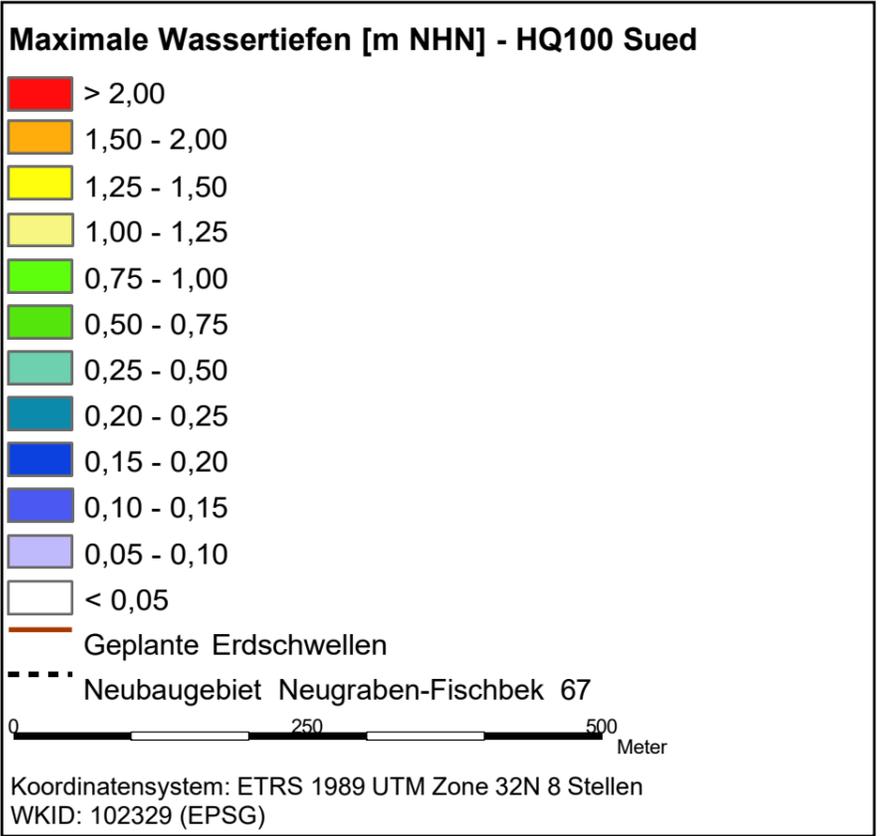
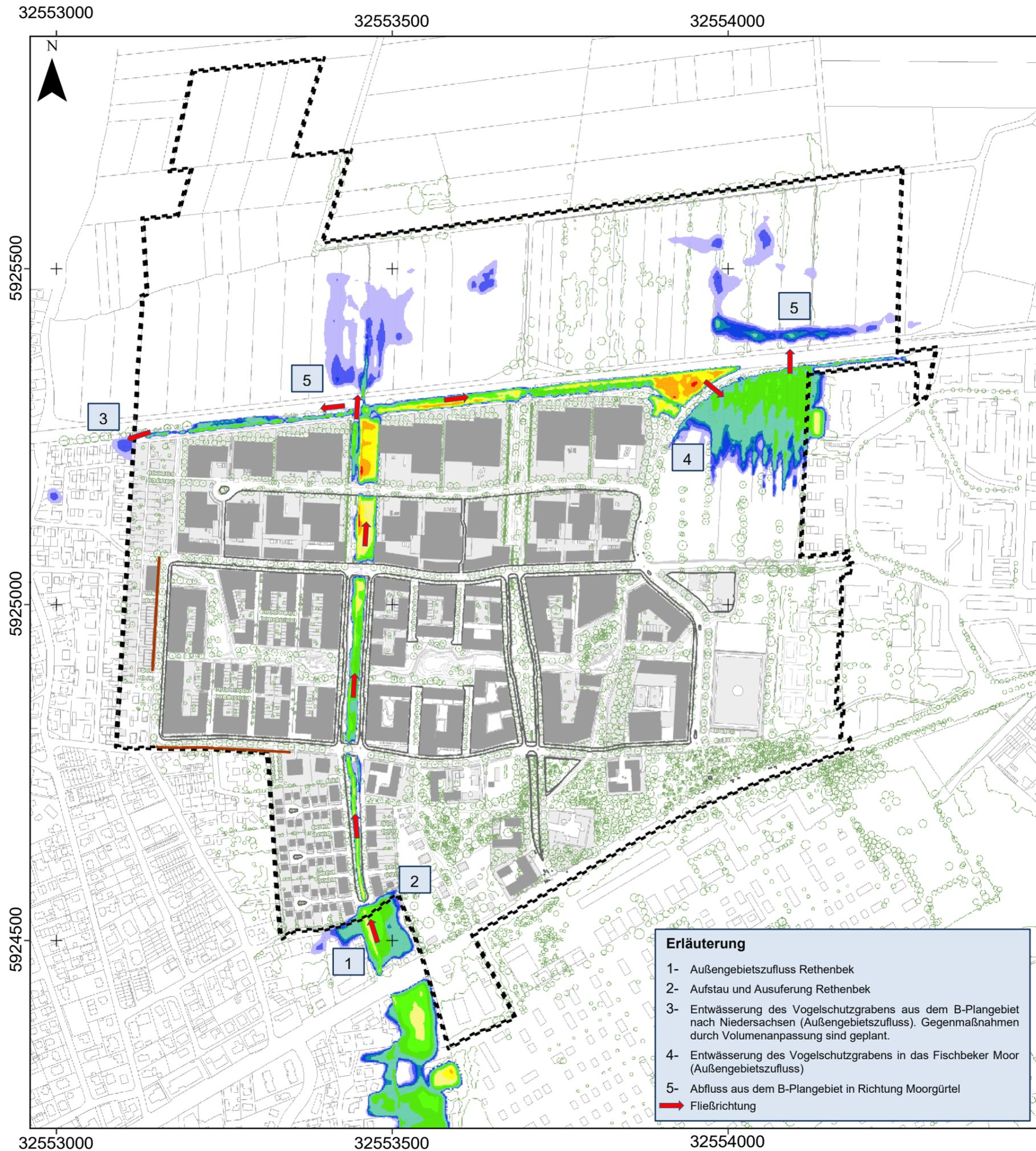


Fischbeker Reethen		
Starkregenanalyse III Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67		
Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei HQ _{außergewöhnlich} (100)		Maßstab: 1:6.000
Bearbeitungsdatum: Bremen, 26.07.2022		

32553000

32553500

32554000



- Erläuterung**
- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
 - 2- Aufstau und Ausuferung Rethenbek
 - 3- Entwässerung des Vogelschutzgrabens aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Außengebietszufluss). Gegenmaßnahmen durch Volumen Anpassung sind geplant.
 - 4- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Außengebietszufluss)
 - 5- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- ➔ Fließrichtung

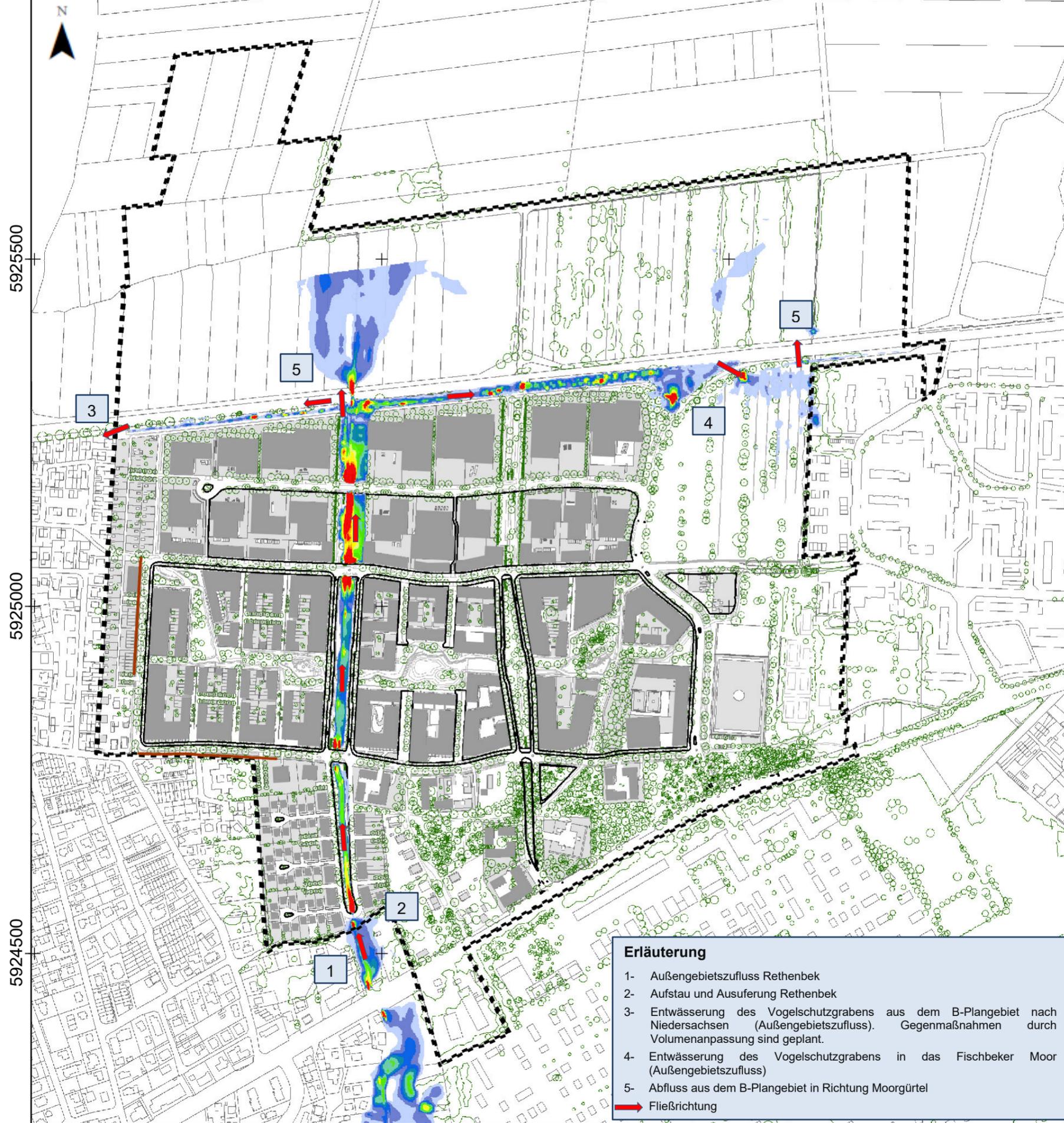
Hydraulische Berechnungen:	DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland		
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2022	■
	Gepr.:	Juli 2022	■
Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Projekt-Nr.: 14805293-01		

Fischbeker Reethen	
Starkregenanalyse III	
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67	
Berechnete Wassertiefen bei HQ _{außergewöhnlich} (100)	Maßstab: 1:6.000
Bearbeitungsdatum: Bremen, 26.07.2022	

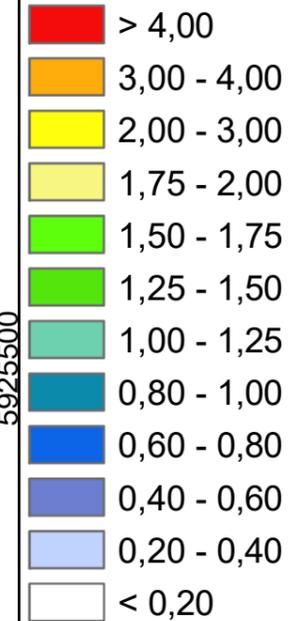
32553000

32553500

32554000



Maximale Fließgeschwindigkeiten [m/s] - HQ100 Sued



— Geplante Erdschwellen

- - - Neubaubereich Neugraben-Fischbek 67



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8 Stellen
WKID: 102329 (EPSG)

32553000

32553500

32554000

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
 - 2- Aufstau und Ausuferung Rethenbek
 - 3- Entwässerung des Vogelschutzgrabens aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Außengebietszufluss). Gegenmaßnahmen durch Volumen Anpassung sind geplant.
 - 4- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Außengebietszufluss)
 - 5- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- ➔ Fließrichtung

Hydraulische Berechnungen:

DHI WASY GmbH
Büro Bremen
Knochenhauerstr. 20/25
28195 Bremen
Deutschland



Datengrundlagen:

Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)

Gez.: Juli 2022

Gepr.: Juli 2022

Hintergrundkarte:
NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022

Projekt-Nr.: 14805293-01

Fischbeker Reethen

Starkregenanalyse III
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67



Maßstab: 1:6.000

Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei HQ_{außergewöhnlich} (100)

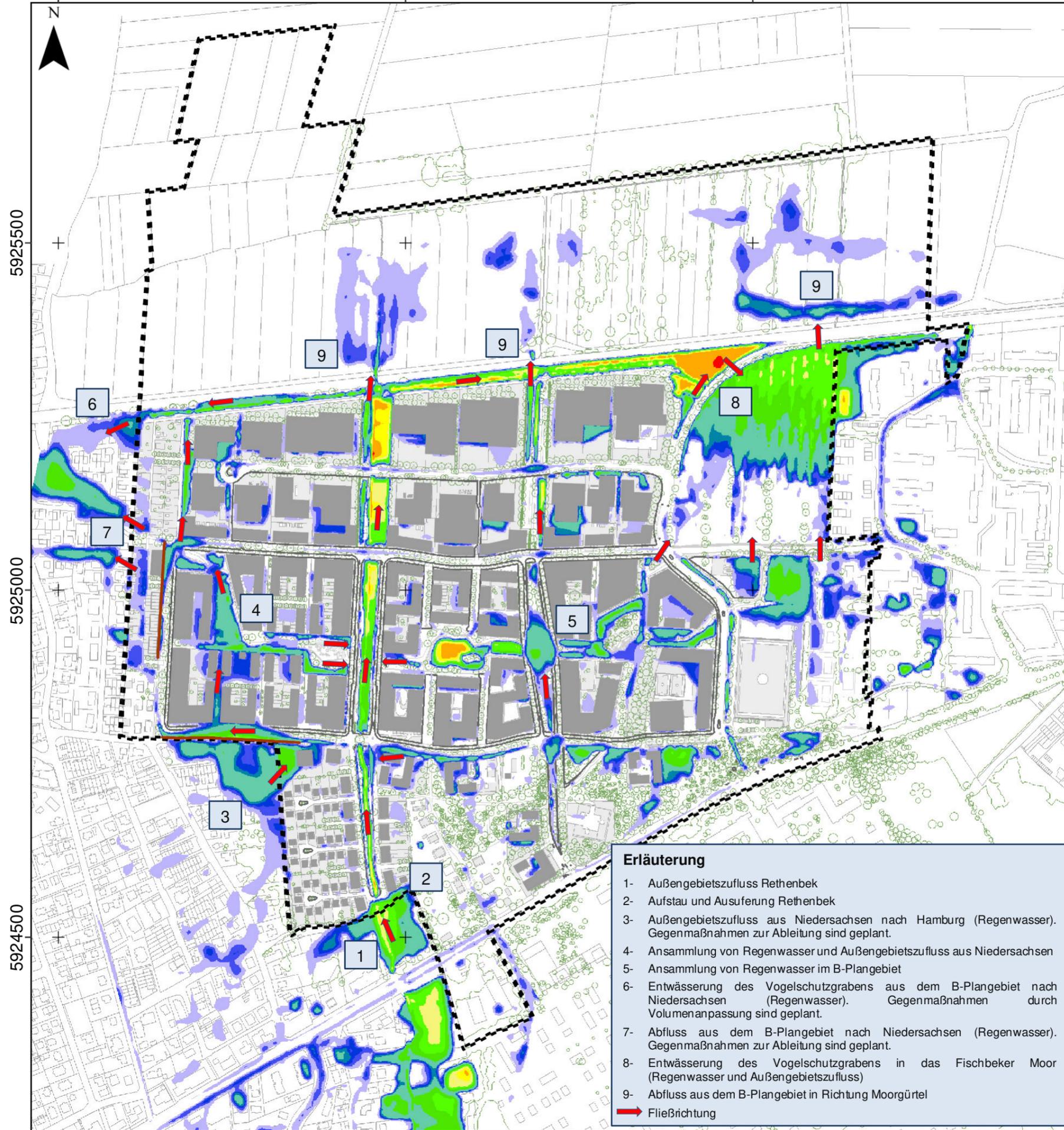
Bearbeitungsdatum:

Bremen, 26.07.2022

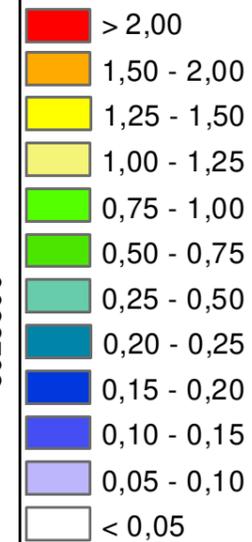
32553000

32553500

32554000

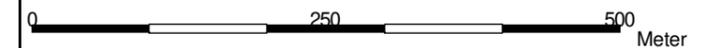


Maximale Wassertiefen [m NHN] - HQX Nord



Geplante Erdschwellen

Neubaugebiet Neugraben-Fischbek 67



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8 Stellen
WKID: 102329 (EPSG)

Hydraulische Berechnungen:

DHIWASY GmbH
Büro Bremen
Knochenhauerstr. 20/25
28195 Bremen
Deutschland



Datengrundlagen:

Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung
(2D-Modellierung)

Gez.: Juli 2022

Gepr.: Juli 2022

Hintergrundkarte:
NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022

Projekt-Nr.: 14805293-01

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
 - 2- Aufstau und Ausuferung Rethenbek
 - 3- Außengebietszufluss aus Niedersachsen nach Hamburg (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
 - 4- Ansammlung von Regenwasser und Außengebietszufluss aus Niedersachsen
 - 5- Ansammlung von Regenwasser im B-Plangebiet
 - 6- Entwässerung des Vogelschutzgrabens aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen durch Volumen Anpassung sind geplant.
 - 7- Abfluss aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
 - 8- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Regenwasser und Außengebietszufluss)
 - 9- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- ➔ Fließrichtung

Fischbeker Reethen

Starkregenanalyse III
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67



Maßstab: 1:6.000

Berechnete Wassertiefen bei $HQ_{\text{extrem}} (>300)$

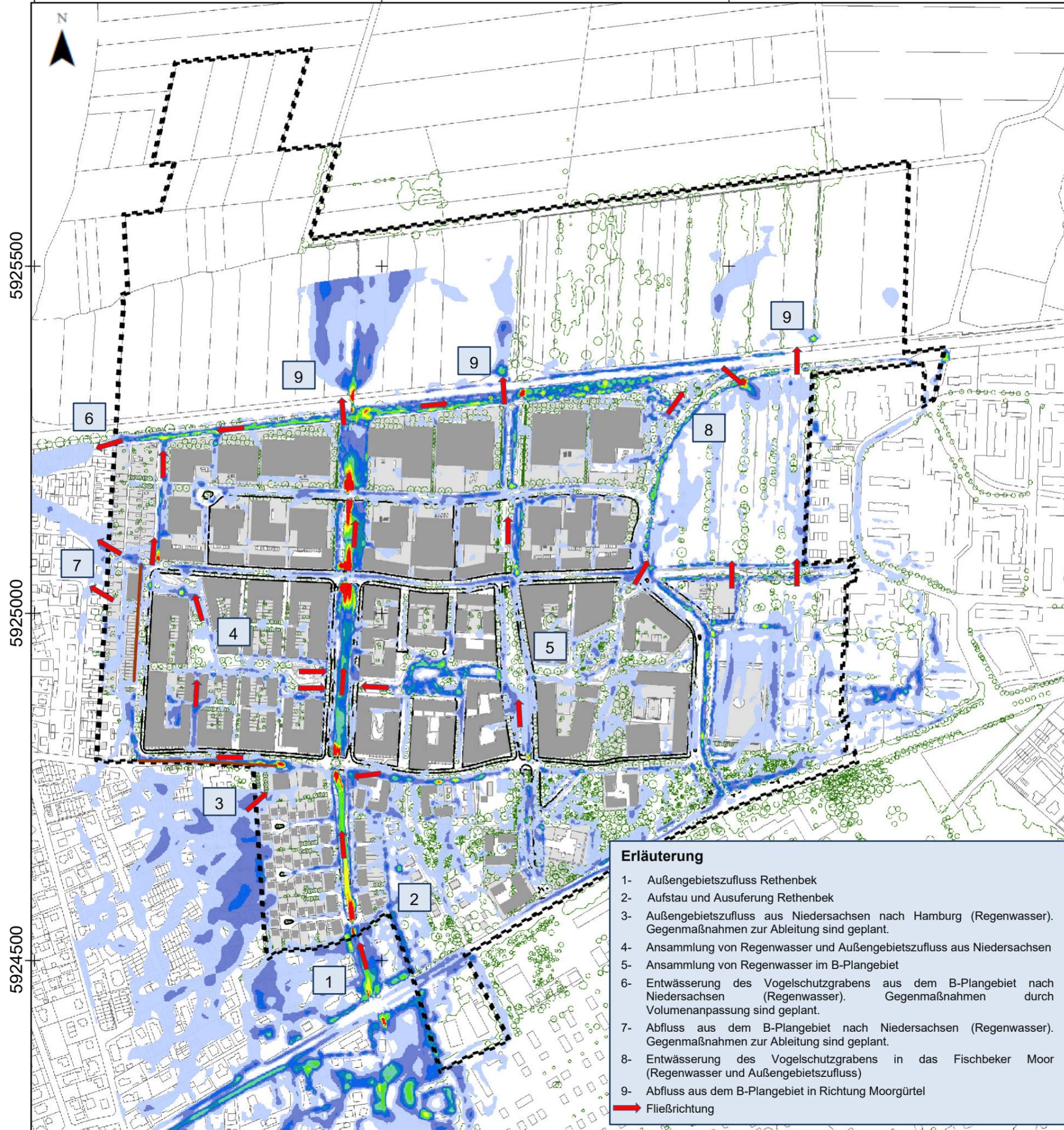
Bearbeitungsdatum:

Bremen, 26.07.2022

32553000

32553500

32554000



Maximale Fließgeschwindigkeiten [m/s] - HQX Nord

- > 4,00
- 3,00 - 4,00
- 2,00 - 3,00
- 1,75 - 2,00
- 1,50 - 1,75
- 1,25 - 1,50
- 1,00 - 1,25
- 0,80 - 1,00
- 0,60 - 0,80
- 0,40 - 0,60
- 0,20 - 0,40
- < 0,20

— Geplante Erdschwellen

- - - - - Neubaubereich Neugraben-Fischbek 67



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8 Stellen
WKID: 102329 (EPSG)

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
 - 2- Aufstau und Ausuferung Rethenbek
 - 3- Außengebietszufluss aus Niedersachsen nach Hamburg (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
 - 4- Ansammlung von Regenwasser und Außengebietszufluss aus Niedersachsen
 - 5- Ansammlung von Regenwasser im B-Plangebiet
 - 6- Entwässerung des Vogelschutzgrabens aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen durch Volumen Anpassung sind geplant.
 - 7- Abfluss aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Regenwasser). Gegenmaßnahmen zur Ableitung sind geplant.
 - 8- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Regenwasser und Außengebietszufluss)
 - 9- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- Fließrichtung

Hydraulische Berechnungen:

DHI WASY GmbH
Büro Bremen
Knochenhauerstr. 20/25
28195 Bremen
Deutschland



Datengrundlagen:

Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)

Gez.: Juli 2022

Gepr.: Juli 2022

Hintergrundkarte:
NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022

Projekt-Nr.: 14805293-01

Fischbeker Reethen

Starkregenanalyse III
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67



Maßstab: 1:6.000

Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei $HQ_{\text{extrem}} (>300)$

Bearbeitungsdatum:

Bremen, 26.07.2022

32553000

32553500

32554000

32553000

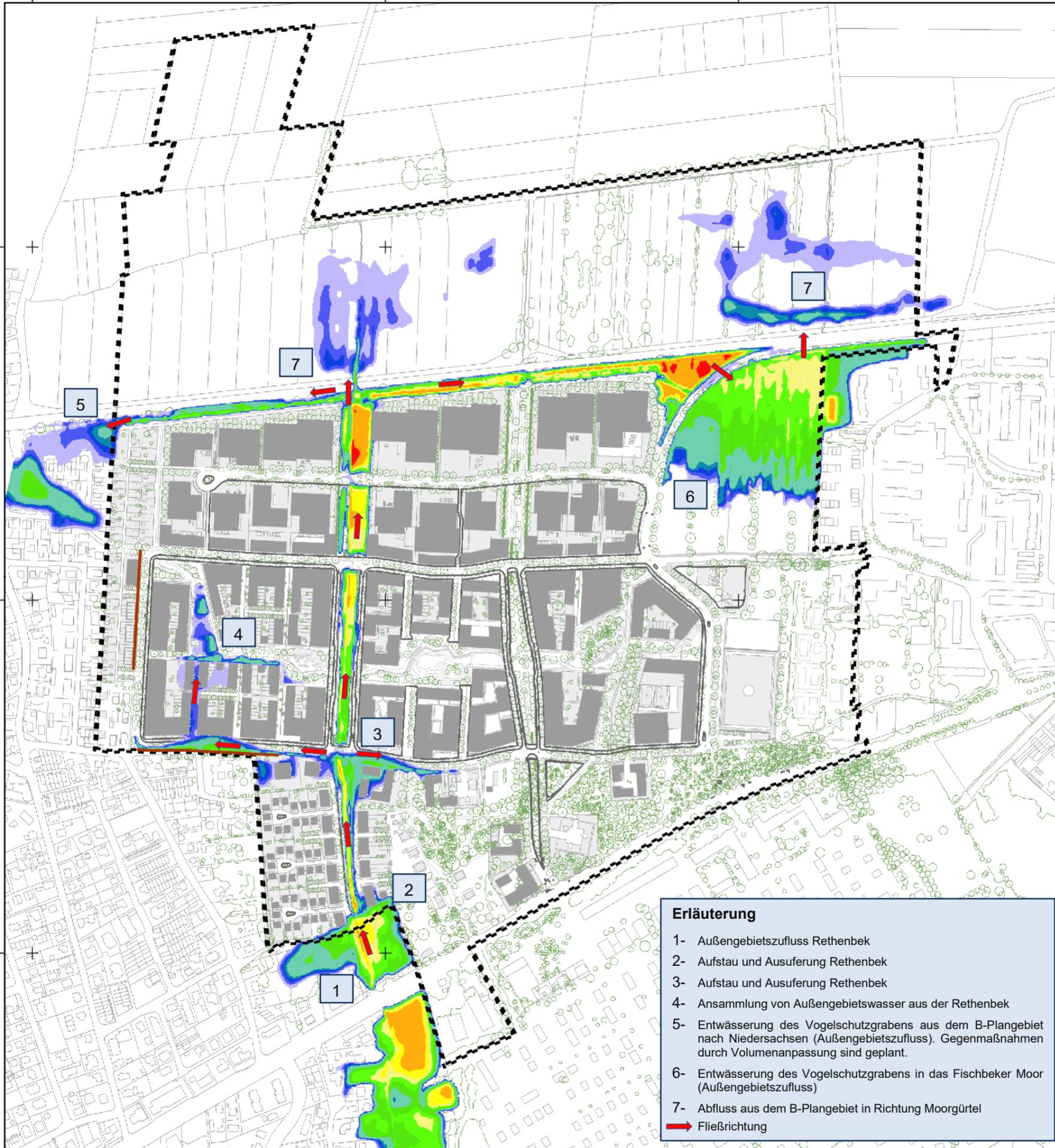
32553500

32554000

5925500

5925000

5924500



Maximale Wassertiefen [m NHN] - HQX Sued

- > 2,00
- 1,50 - 2,00
- 1,25 - 1,50
- 1,00 - 1,25
- 0,75 - 1,00
- 0,50 - 0,75
- 0,25 - 0,50
- 0,20 - 0,25
- 0,15 - 0,20
- 0,10 - 0,15
- 0,05 - 0,10
- < 0,05

Geplante Erdschwellen

Neubaugebiet Neugraben-Fischbek 67



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8 Stellen
WKID: 102329 (EPSG)

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
 - 2- Aufstau und Ausuferung Rethenbek
 - 3- Aufstau und Ausuferung Rethenbek
 - 4- Ansammlung von Außengebietswasser aus der Rethenbek
 - 5- Entwässerung des Vogelschutzgrabens aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Außengebietszufluss). Gegenmaßnahmen durch Volumen Anpassung sind geplant.
 - 6- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Außengebietszufluss)
 - 7- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- ➔ Fließrichtung

Hydraulische Berechnungen:

DHI WASY GmbH
Büro Bremen
Knochenhauerstr. 20/25
28195 Bremen
Deutschland



Datengrundlagen:
Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung
(2D-Modellierung)

Gez.: Juli 2022

Gepr.: Juli 2022

Hintergrundkarte:
NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022

Projekt-Nr.: 14805293-01

Fischbeker Reethen

Starkregenanalyse III
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67



Maßstab: 1:6.000

Berechnete Wassertiefen bei HQ_{extrem} (>300)

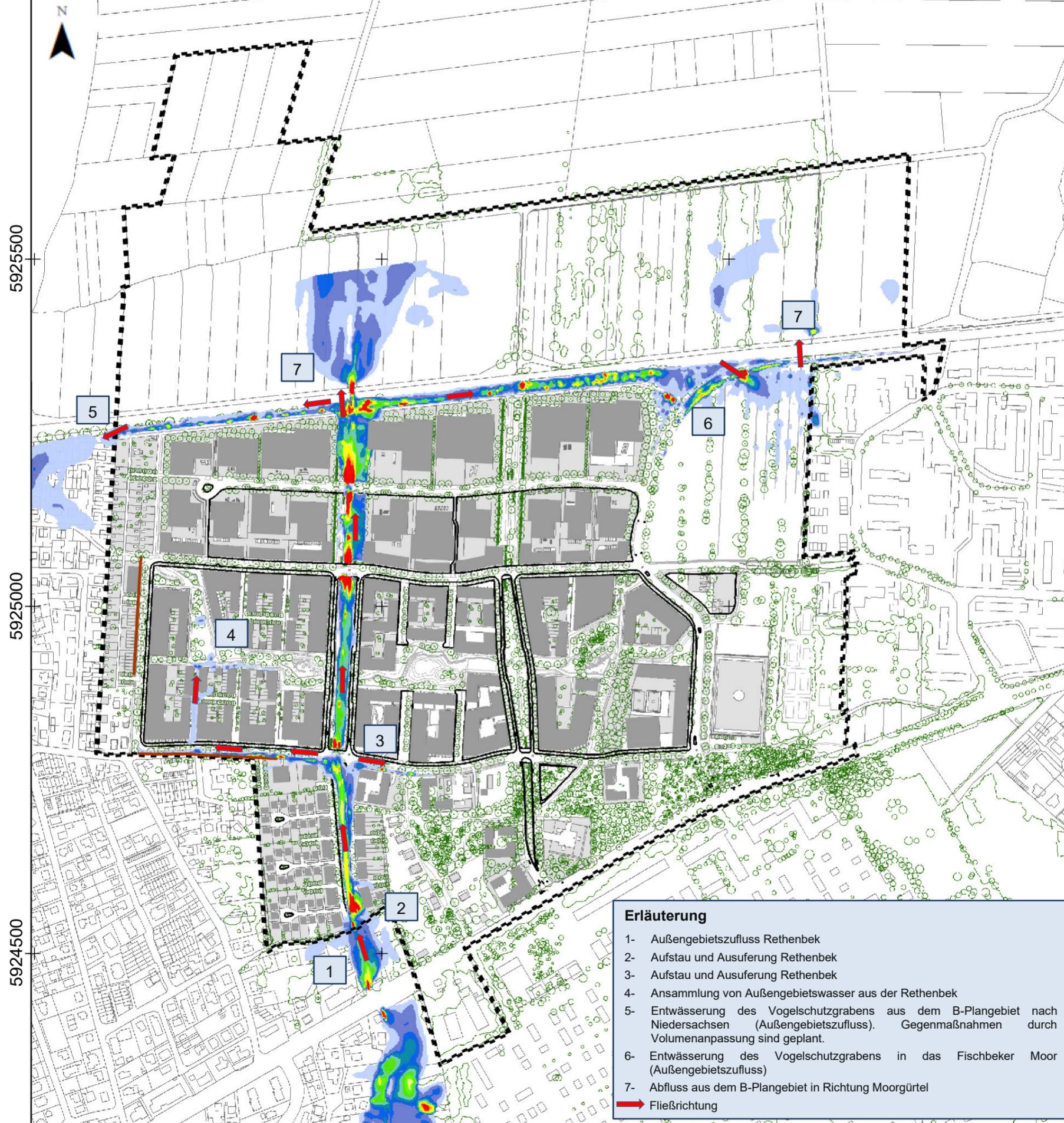
Bearbeitungsdatum:

Bremen, 26.07.2022

32553000

32553500

32554000



Maximale Fließgeschwindigkeiten [m/s] - HQX Sued

- > 4,00
- 3,00 - 4,00
- 2,00 - 3,00
- 1,75 - 2,00
- 1,50 - 1,75
- 1,25 - 1,50
- 1,00 - 1,25
- 0,80 - 1,00
- 0,60 - 0,80
- 0,40 - 0,60
- 0,20 - 0,40
- < 0,20

— Geplante Erdschwellen

- - - - Neubaugebiet Neugraben-Fischbek 67



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8 Stellen
WKID: 102329 (EPSG)

5925000

5925000

5924500

5924500

32553000

32553500

32554000

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss Rethenbek
 - 2- Aufstau und Ausuferung Rethenbek
 - 3- Aufstau und Ausuferung Rethenbek
 - 4- Ansammlung von Außengebietswasser aus der Rethenbek
 - 5- Entwässerung des Vogelschutzgrabens aus dem B-Plangebiet nach Niedersachsen (Außengebietszufluss). Gegenmaßnahmen durch Volumen Anpassung sind geplant.
 - 6- Entwässerung des Vogelschutzgrabens in das Fischbeker Moor (Außengebietszufluss)
 - 7- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- ➔ Fließrichtung

Hydraulische Berechnungen: DHI WASY GmbH
 Büro Bremen
 Knochenhauerstr. 20/25
 28195 Bremen
 Deutschland

Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2022	■
	Gepr.:	Juli 2022	■
Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Projekt-Nr.: 14805293-01		

Fischbeker Reethen
Starkregenanalyse III
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67

Maßstab: 1:6.000	
Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei $HQ_{\text{extrem}} (>300)$	
Bearbeitungsdatum: Bremen, 26.07.2022	