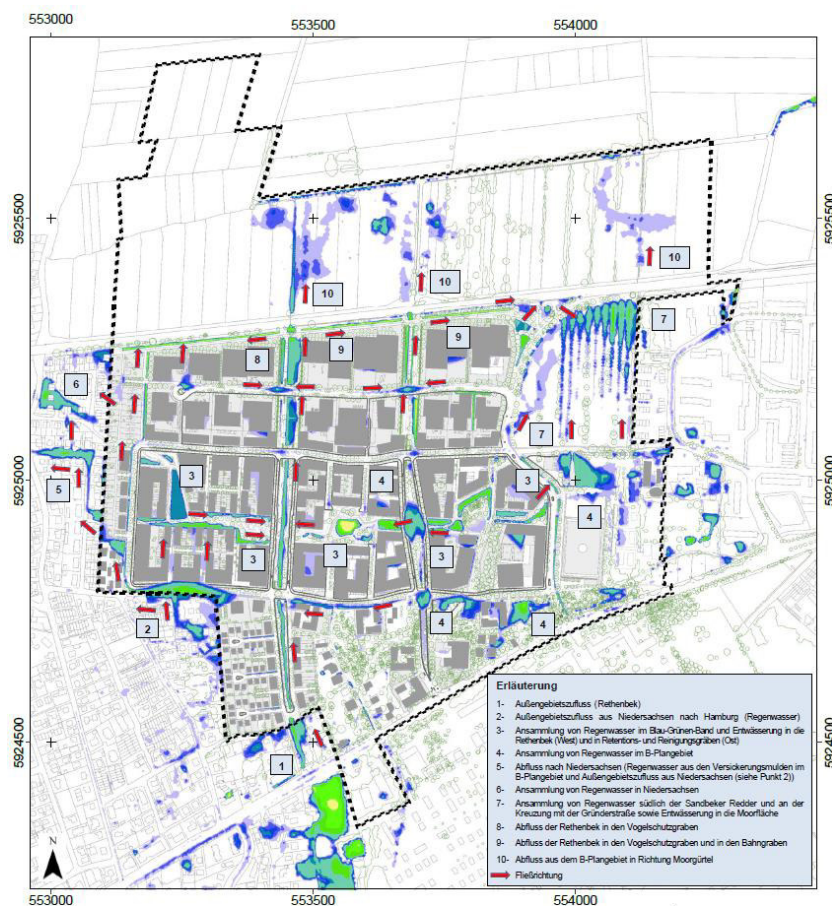


Fischbeker Reethen Starkregengefährdungsanalyse IV

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)

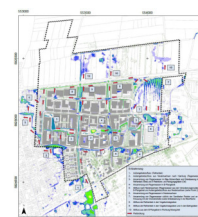


Erstellt von [REDACTED]		Genehmigt von [REDACTED]
02.08.2023		02/08/2023
X [REDACTED] _____ Approved by		X [REDACTED] _____ Approved by
Signed by: [REDACTED]		Signed by: [REDACTED]

Fischbeker Reethen Starkregengefährdungsanalyse IV

Starkregenmodellierung für das geplante
Neubaugebiet

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



Tn-sellen 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	Zweck und Ziel der hydrologischen Modellierung	5
4.1.2	Einsatz des hydrologischen Modells MIKE SHE	6
4.1.3	Ermittlung der Randbedingungen	8
4.1.4	Modellaufbau und Parametrisierung	10
4.1.5	Ergebnisse der hydrologischen Berechnungen	11
4.2	Hydrodynamisches Modell	12
4.2.1	Zweck und Ziel der hydrodynamischen Modellierung	12
4.2.2	Einsatz des hydrodynamischen Modells MIKE21 FM	12
4.2.3	Geländemodell und Berechnungsnetz	13
4.2.4	Ermittlung der Randbedingungen	14
5	Berechnungsergebnisse und Risikoanalyse	18
5.1	Überflutungsmechanismen	18
5.2	Risikoanalyse	21
5.2.1	Neuralgischer Punkt nördlich der Neuwulmstorfer Schulstraße	23
5.2.2	Neuralgischer Punkt an der Parkanlage Blau-Grünes Band	24
5.2.3	Neuralgischer Punkt entlang der Rethenbek	25
5.2.4	Neuralgische Punkte am Fischbeker Boulevard und an Geländesenken	26
5.2.5	Neuralgischer Punkt an der westlichen Planungsgrenze zu Niedersachsen	27
6	Handlungsempfehlungen	28
6.1	Allgemeine Randbedingungen zu den Handlungsempfehlungen	28
6.2	Entwässerungskonzept	28
6.3	Empfohlene Maßnahmen	29
6.3.1	Schutz vor Außengebietswasser aus dem südlichen Einzugsgebiet (A)	29
6.3.2	Installation eines Warnpegels im südlichen Einzugsgebiet (B)	30
6.3.3	Ableitung der Außengebietszuflüsse an der NWS (C)	30
6.3.4	Sicherungs- und Unterhaltungsmaßnahmen der Rethenbek und von Durchlässen (D)	30
6.3.5	Schutz der Straßenräume und Evakuierungsrouten (E)	31
6.3.6	Schutz einzelner Objekte (F)	31
6.3.7	Rückhaltung und Ableitung von Regenwasser im B-Plangebiet (G)	32
6.3.8	Kennzeichnung von lokalen Senken	32
6.3.9	Überlastung der Entwässerungsinfrastruktur vermeiden	32
6.3.10	Dachbegrünung	32
6.3.11	Informationsvorsorge	32
6.3.12	Berücksichtigung der Starkregengefahr im Krisenmanagementplan	33
6.3.13	Vorbeugende Verhaltensanpassungen	33
7	Zusammenfassung	34
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, Blau-Grünes-Band und angrenzende Flächen)	14
Abbildung 4-8:	Landnutzung, Gebäude und relevante Durchlässe im Projektgebiet	15
Abbildung 4-9:	Beispiel eines Grabenprofils der Rethenbek-Süd, südlich der NWS	16
Abbildung 4-10:	Bestandsdurchlass der Rethenbek an der B73	17
Abbildung 4-11:	Vergleich der Zuflussganglinien $T_{n\text{selten}}$ Nord Ober- und Unterstrom der B73	17
Abbildung 5-1:	Schematische Darstellung der Überflutungsmechanismen ($T_{n\text{extrem}}$ Nord)	19
Abbildung 5-2:	Max. Wassertiefen (links) und Max. Fließgeschwindigkeiten (rechts) an der NWS ($T_{n\text{extrem}}$ Nord)	23
Abbildung 5-3:	Max. Wassertiefen (links) und Max. Fließgeschwindigkeiten (rechts) am BGB ($T_{n\text{extrem}}$ Nord)	24
Abbildung 5-4:	Max. Wassertiefen (links) und Max. Fließgeschwindigkeiten (rechts) an der Rethenbek ($T_{n\text{extrem}}$ Nord) ...	25
Abbildung 5-5:	Max. Wassertiefen (links) und Max. Fließgeschwindigkeiten (rechts) am Fischbeker Boulevard ($T_{n\text{extrem}}$ Nord)	26
Abbildung 5-6:	Max. Wassertiefen (links) und Max. Fließgeschwindigkeiten (rechts) an der Planungsgrenze ($T_{n\text{extrem}}$ Nord)	27
Abbildung 6-1:	Übersicht und Verortung der technischen Handlungsempfehlungen	29
Abbildung B-1:	Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei $T_{n\text{selten}}$, Gewitterzelle Nord	41
Abbildung B-2:	Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei $T_{n\text{selten}}$, Gewitterzelle Süd	42
Abbildung B-3:	Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei $T_{n\text{außergewöhnlich}}$, Gewitterzelle Nord	42
Abbildung B-4:	Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei $T_{n\text{außergewöhnlich}}$, Gewitterzelle Süd	43
Abbildung B-5:	Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei $T_{n\text{extrem}}$, Gewitterzelle Nord	43
Abbildung B-6:	Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei $T_{n\text{extrem}}$, Gewitterzelle Süd	44
Abbildung B-7:	Effektivniederschlag für $T_{n\text{extrem}}$ zum Zeitpunkt T = 25 Minuten	45
Abbildung B-8:	Effektivniederschlag für $T_{n\text{extrem}}$ zum Zeitpunkt T = 50 Min	46
Abbildung B-9:	Berechnete Wassertiefen ($T_{n\text{extrem}}$) mit nördlich platzierter Gewitterzelle nach 40 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG	47
Abbildung B-10:	Berechnete Wassertiefen ($T_{n\text{extrem}}$) mit südlich platzierter Gewitterzelle nach 40 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG	48
Abbildung B-11:	Berechnete Wassertiefen ($T_{n\text{extrem}}$) mit nördlich platzierter Gewitterzelle nach 130 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG	49
Abbildung B-12:	Berechnete Wassertiefen ($T_{n\text{extrem}}$) mit südlicher Platzierung der Gewitterzelle nach 130 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG	50

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 hydronumerischen Modell	12
Tabelle 5-1:	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen.....	22
Tabelle 5-2:	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten.....	22
Tabelle A-1:	Grundlagedaten	38

ANHANG

- A. Grundlagedaten
- B. Ergebnisse MIKE SHE Oberflächenabfluss
- C. Starkregenkarten

1 Veranlassung

Die IBA Hamburg GmbH, im Weiteren „IBA“ genannt, plant derzeit die Bebauung des Wohngebietes Fischbeker Reethen (Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67 – NF67) im Stadtteil Neugraben-Fischbek im Bezirk Harburg (Abbildung 1-1).

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. Außerdem wurde bereits im Jahr 2016 ein Gebiet am Scheidebach im Bezirk Harburg als Überschwemmungsgebiet ausgewiesen. Aufgrund der vergleichbaren Geländekubatur und der ähnlichen Gewässerstruktur beim Neubaugebiet NF67 zum Gebiet am Scheidebach, hat die Wasserwirtschaftsamt des Bezirksamtes Harburg eine modellgestützte Starkregengefährdungsanalyse des Neubaugebiet NF67 gefordert.

Bereits Ende 2019 bis Anfang 2020 wurde in diesem Kontext von der DHI WASY GmbH, im Weiteren „DHI“ genannt, ein Modell für die Simulation von Starkregenereignissen in Anlehnung an den bundesweiten Leitfaden (DWA, 2019) und an den Leitfaden in Baden-Württemberg (LUBW, 2016) aufgebaut und verschiedene Szenarien berechnet (Starkregengefährdungsanalyse I). In dieser Phase des Bauvorhabens waren die Geländehöhen noch nicht festgelegt, weswegen die Berechnungen nur auf einem indikativen Geländemodell beruhen.

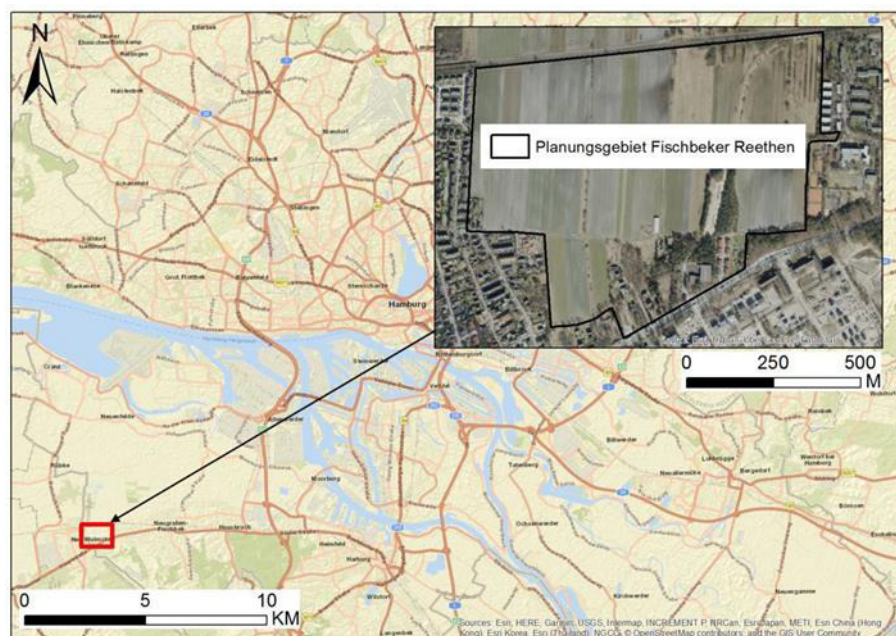


Abbildung 1-1: Übersichtskarte Projektgebiet

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 die IBA am 12.11.2020 DHI beauftragt, eine hydraulische Gefährdungsanalyse für das geplante Neubaugebiet NF67 basierend auf den aktuellen Planungsdaten durchzuführen, inklusiv der Durchführung einer Risikobewertung und der Ableitung von Handlungsempfehlungen für eine Minimierung des Starkregenrisikos (Starkregengefährdungsanalyse II). 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 erneut beauftragt, die berechneten Außengebietszuflüsse zu plausibilisieren, sowie die Regenrückhaltebecken (RRB) Paul und Paulina in das hydrologische Modell einzubauen, und anschließend die Gefährdungsanalyse inkl. Anpassung der Risikobewertung und der Handlungsempfehlungen erneut durchzuführen (Starkregengefährdungsanalyse III).

Trotz Plausibilisierung der Außengebietszuflüsse, Berücksichtigung der RRB Paul und Paulina und der Anpassungen des Planungsgebiets wurden mehrere neuralgische Punkte festgestellt, für die Maßnahmen empfohlen wurden. Aus gegebenem Anlass wurde DHI am 17.02.2023 erneut beauftragt, die Starkregengefährdungsanalyse, die Risikobewertung sowie die Handlungsempfehlungen auf Basis aktualisierter Planungsunterlagen zu aktualisieren, um u.a. die Wirksamkeit der geplanten Maßnahmen überprüfen zu können.

Über die Erläuterung der Methodik, die getroffenen Annahmen und die Anwendung der Modelle im Abschlussbericht vom Dezember 2020 (DHI WASY GmbH, 2020) und November 2022 (DHI WASY, 2022) hinaus, 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. Das Kanalnetz sowie Regenwassersiele in Niedersachsen sind im hydronumerischen Modell nicht berücksichtigt worden.

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, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA), 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 mit einem gekoppelten Modellansatz 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).

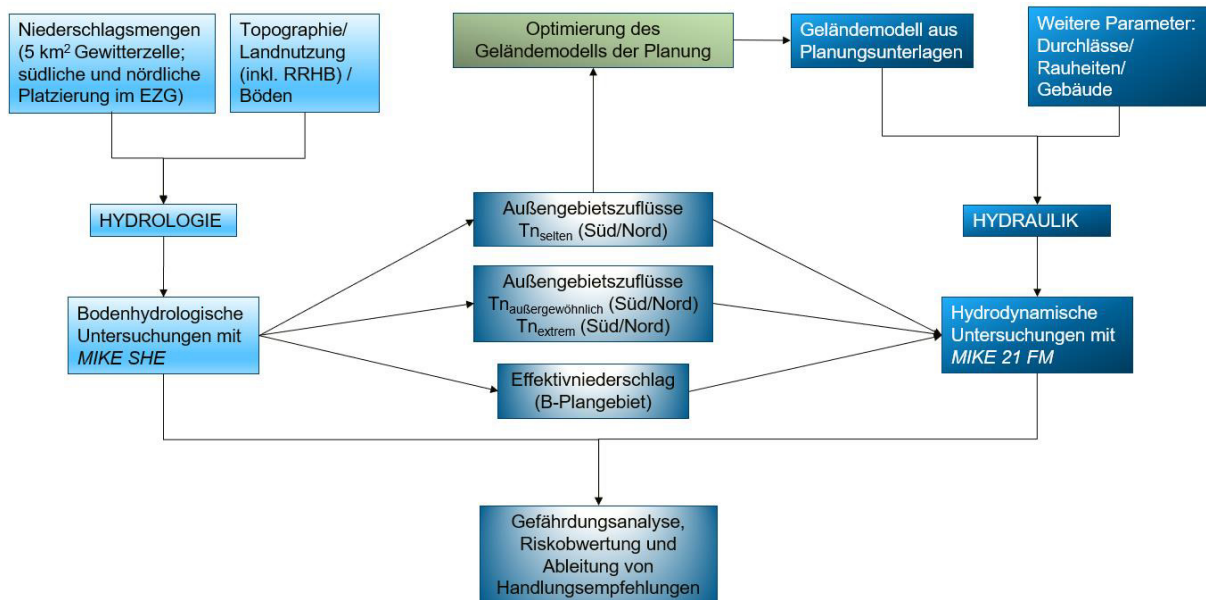


Abbildung 2-1: Bearbeitungskonzept Starkregenanalyse Fischbeker Reethen¹

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.

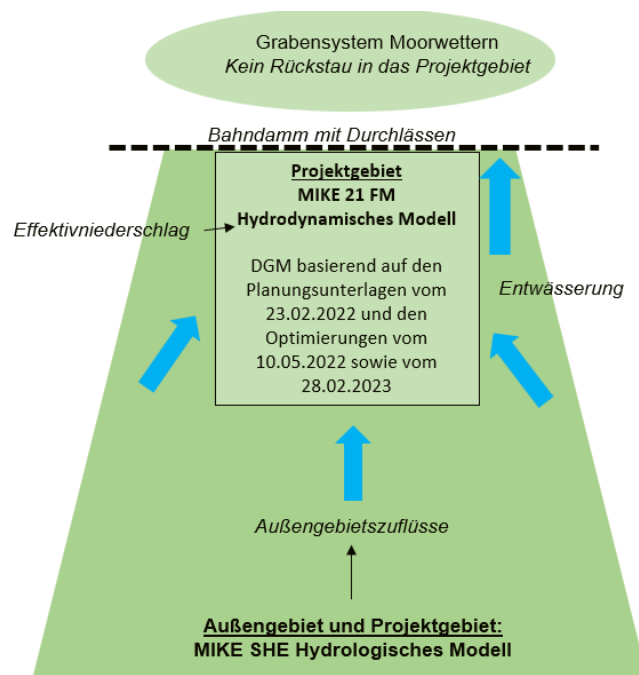


Abbildung 2-2: Modellschema für die Starkregenanalyse

¹ Quelle DGM: IPRO Consult GmbH

Aufgrund der zu hoch 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 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 $T_{n_{\text{selten}}}$, $T_{n_{\text{außergewöhnlich}}}$ und $T_{n_{\text{extrem}}}$ 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.

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 $T_{n_{\text{selten}}}$ 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 bzw. durch diesen recherchiert. Der Einflussbereich des Projektgebiets deckt die Bundesländer Hamburg und Niedersachsen ab, weswegen kein einheitlicher Datensatz für dieses Projekt zu Grunde liegt.

4 Modellierung der Starkregengefährdung

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 zu

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

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

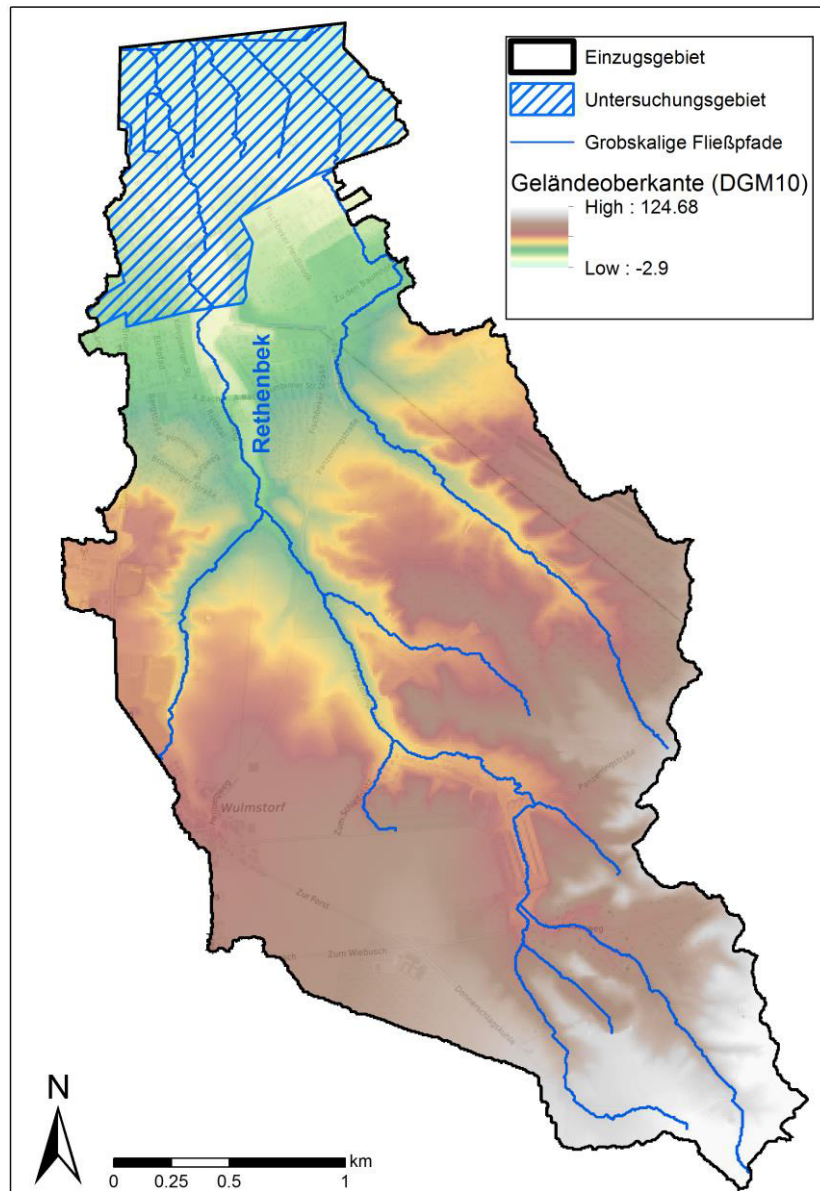


Abbildung 4-1: Übersichtskarte des Einzugsgebiets Rethenbek mit Geländehöhen

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.

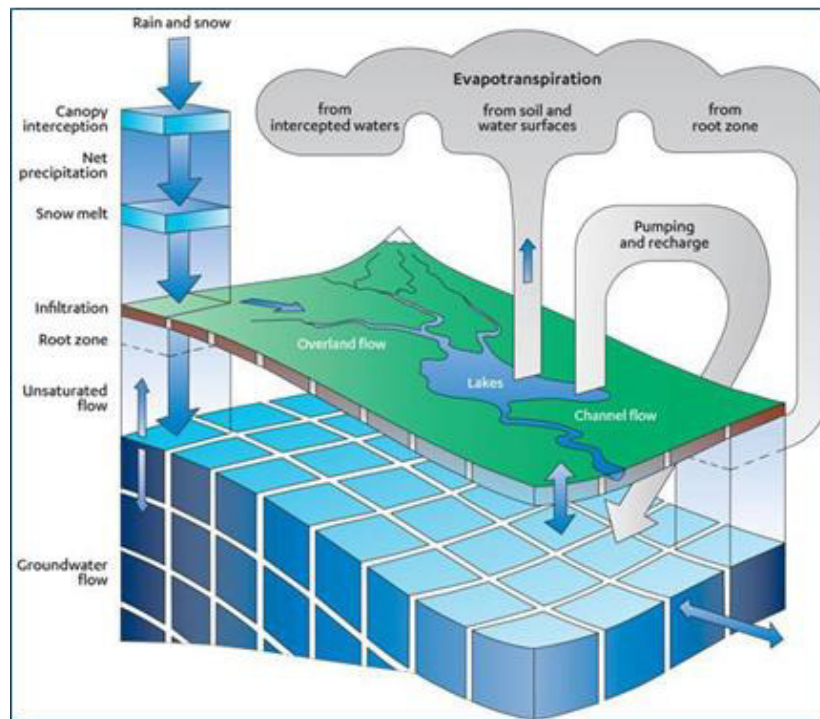


Abbildung 4-2: Modellsystem MIKE SHE mit Beschreibung der berechenbaren Wasserhaushaltskomponenten

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 LUBW (2016) 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 $T_{n\text{extrem}}$ 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 der BUKEA 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]
T_n selten	30	60	39
T_n außergewöhnlich	100	60	48
T_n 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.

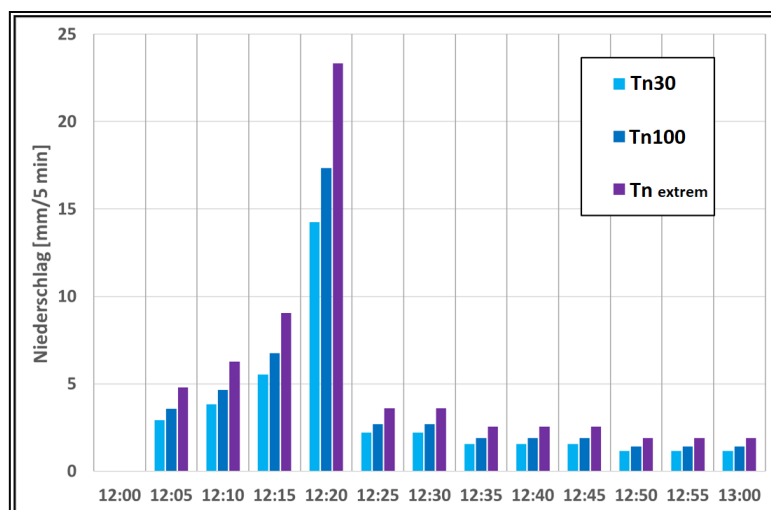


Abbildung 4-3: Intensität der Niederschläge entsprechend der EULER2 Verteilung in 5-minütiger Auflösung

⁶ In Kombination mit den bodenhydrologischen Eigenschaften gemäß LUBW (2016) ein $T_{n\text{selten}}$

⁷ In Kombination mit den bodenhydrologischen Eigenschaften gemäß LUBW (2016) ein $T_{n\text{außergewöhnlich}}$

Da das untersuchte Einzugsgebiet größer als 5 km² ist, wird für die räumliche Niederschlagsverteilung in Anlehnung an den Leitfaden zum Kommunalen Starkregenrisikomanagement des Landes Baden-Württemberg eine maximal 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 der 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 mm/h 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.

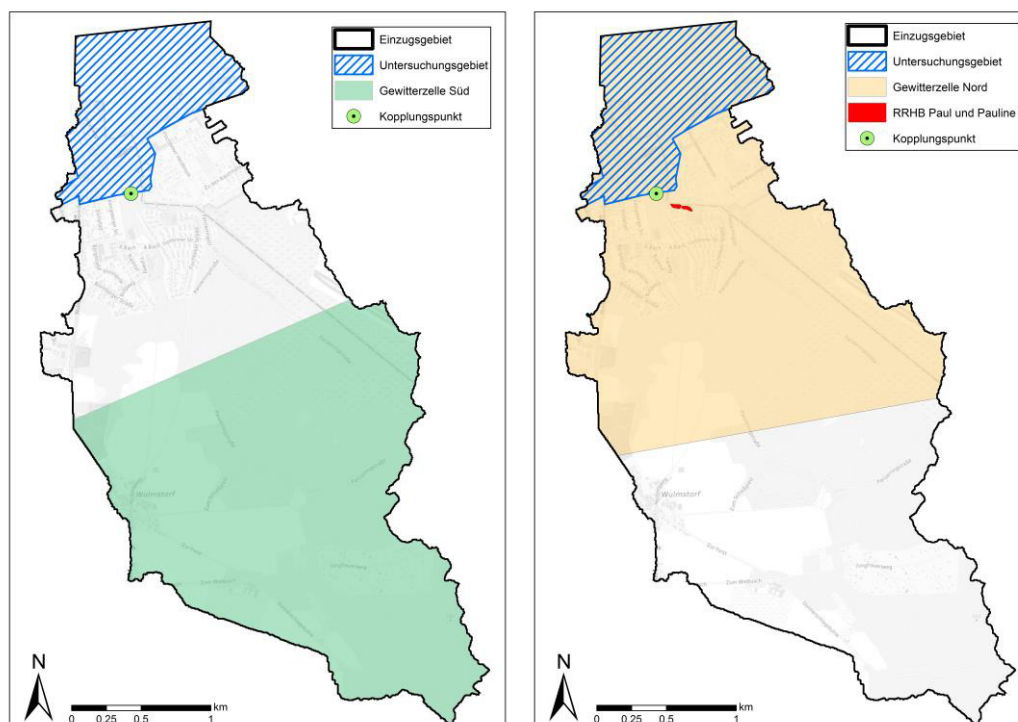


Abbildung 4-4: Platzierung der 5 km² großen Gewitterzelle (Links: Szenario A; Rechts: Szenario B)

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.

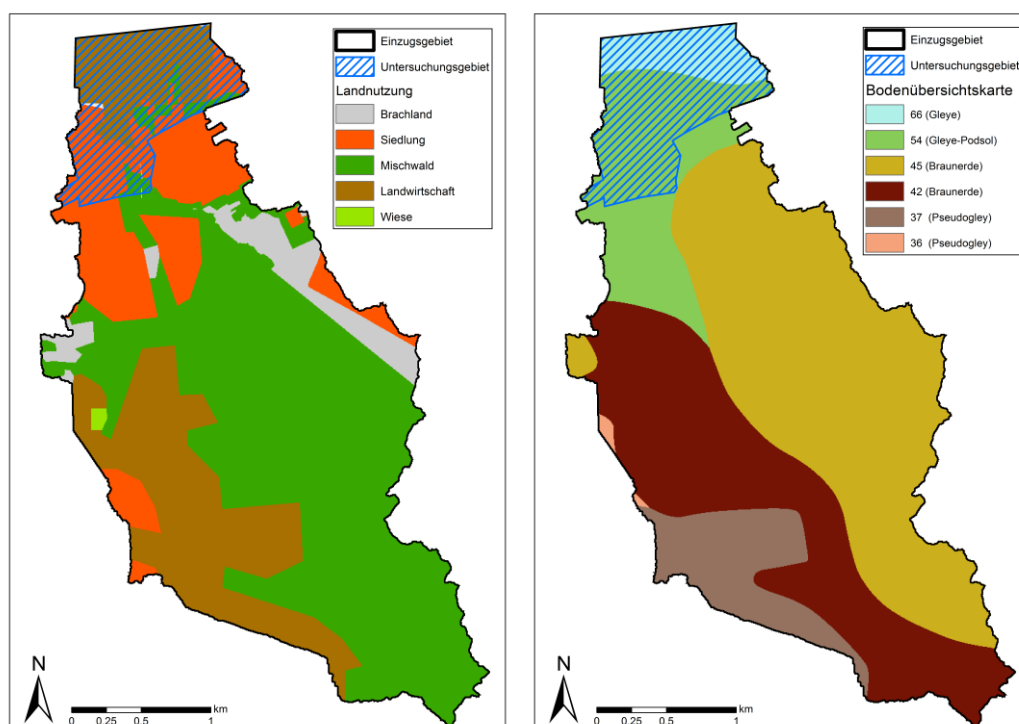


Abbildung 4-5: Landnutzungskarte (links) und Bodenübersichtskarte (rechts)⁸

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

⁸ Quellen: Geodatenportal Hamburg und Landesamt Für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (siehe Tabelle A-1)

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 Leakage-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 ($T_{n\text{selten}}$, $T_{n\text{außergewöhnlich}}$ und $T_{n\text{extrem}}$) jeweils für beide Lagen der Gewitterzelle (vgl. Abbildung 4-4) ermittelt. Insgesamt wurden sechs Simulationen ausgeführt.

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 km² 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.

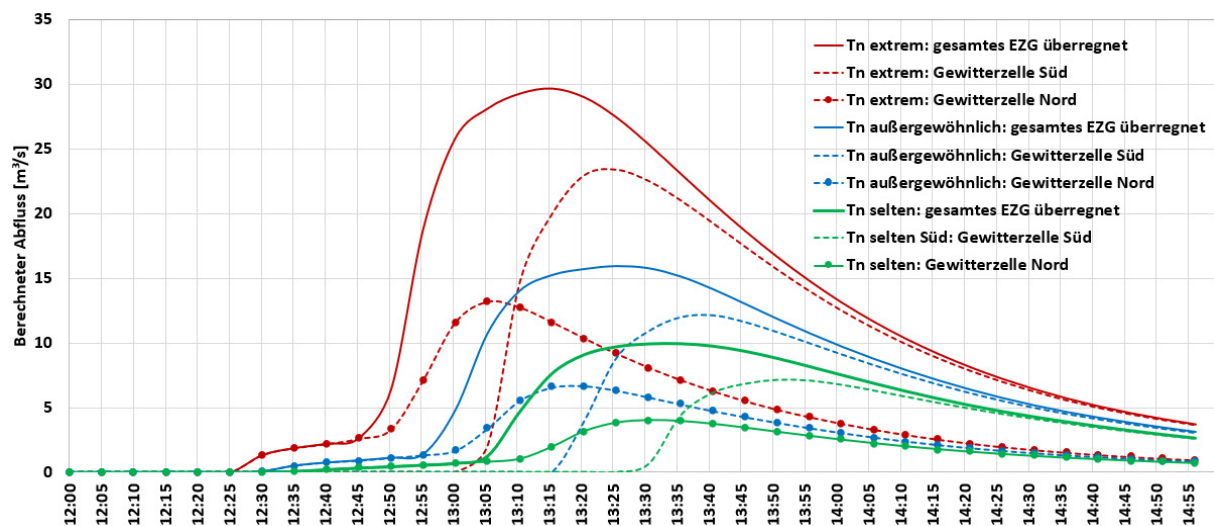


Abbildung 4-6: Außengebietszuflüsse am Übergabepunkt zum hydronumerischen Modell

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 [m³/s]	Abnahme des Spitzenabflusses im Bezug zur gesamten Überregnung des EZG [%]
Tn selten	Gesamtes EZG	9,91	-
	Gewitterzelle Süd	7,17	27,6
	Gewitterzelle Nord	4,02	59,5
Tn außergewöhnlich	Gesamtes EZG	15,94	-
	Gewitterzelle Süd	12,16	23,73
	Gewitterzelle Nord	6,68	58,11
Tn 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 ausgedehnte Überflutungsflächen im Untersuchungsgebiet selbst ergeben. Tritt die Gewitterzelle im Süden des EZG auf, erreicht die Hochwasserwelle 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 als bilanzierte Abflüsse (**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 T_nselten, T_naußergewöhnlich und T_nextrem 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 sehr 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. Die Geländehöhen der Baugebiete außerhalb des B-Plangebiets sind über das DGM1 repräsentiert. Hierbei wurde das Modellnetz zusätzlich um angrenzende Straßenverläufe und Gebäude erweitert und verfeinert.

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 wurde 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.

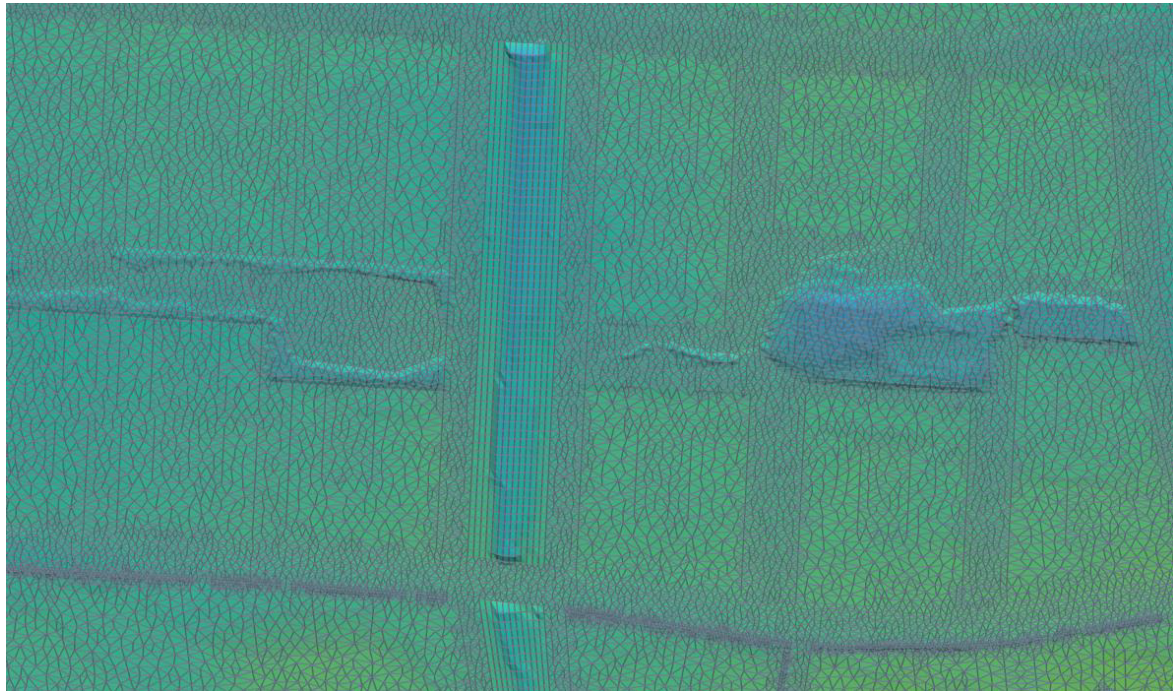


Abbildung 4-7: Modellnetz (Ausschnitt Rethenbek, Blau-Grünes-Band und angrenzende Flächen)

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 $15 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ (Wald) und $40 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ (Verkehrswege) angesetzt.

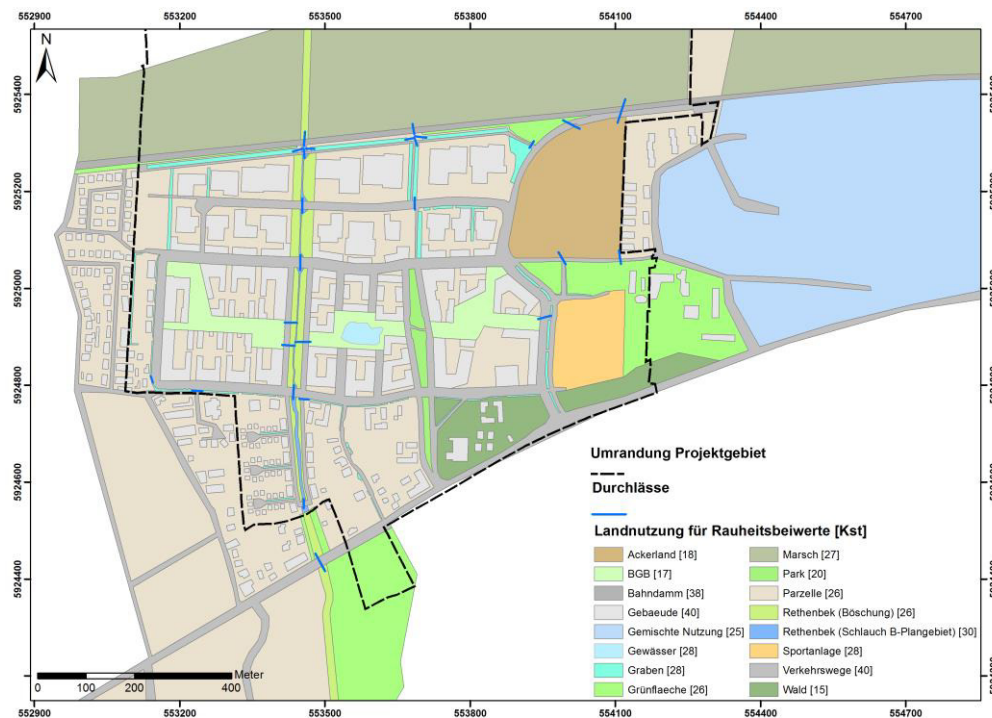


Abbildung 4-8: Landnutzung, Gebäude und relevante Durchlässe im Projektgebiet

Gebäudeumrisse

Die Abflusswirksamkeit der Dachflächen der Gebäude innerhalb des Neubaugebiets NF67 wurde zu 100 % angesetzt. Der gefallene Niederschlag über Dachflächen wird vollständig aufgenommen und unverzüglich an die angrenzenden Flächen (Dachränder) abgeleitet und modelltechnisch anhand einer Wehrfunktion an die umliegenden Modellelemente verteilt. 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.

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 4-9). 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.

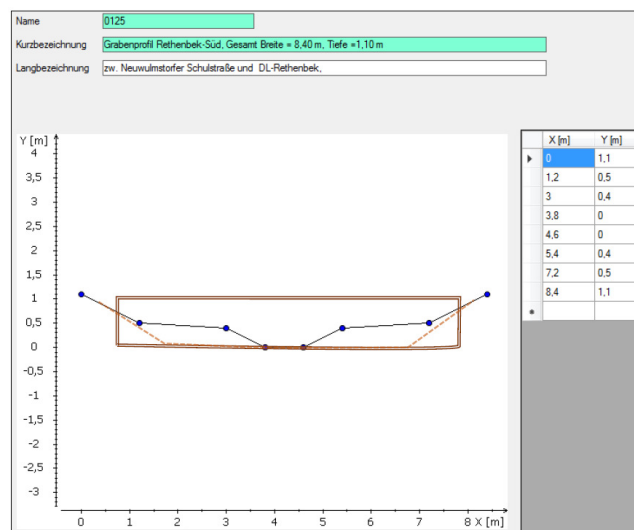


Abbildung 4-9: Beispiel eines Grabenprofils der Rethenbek-Süd, südlich der NWS⁹

In Anlehnung an LUBW (2016) wurden Durchlässe bzw. Verbindungsrohre mit einem Durchmesser kleiner als DN500 als verlegt (hydraulisch nicht wirksam) im 2D-Modell angesetzt. Um die Gefahr einer Verklausung zu minimieren, wurden die Durchlässe BGB-West 1, BGB-Mitte, BGB-West 2 und BGB-Ost mit einem Durchmesser DN500 in Abstimmung mit dem AG und mit IPRO Consult GmbH in das 2D-Modell eingepflegt, um den Entwässerungsvorgang des BGB zu plausibilisieren.

Niederschlag und Außengebietszuflüsse

Im 2D-Modell fanden die Berechnungsergebnisse der hydrologischen Modellierung für die Bemessungsereignisse $T_{n\text{selten}}$, $T_{n\text{außergewöhnlich}}$ und $T_{n\text{extrem}}$ 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 (Süd) wurde der Nettoniederschlag über dem B-Plangebiet 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 (Kopplungspunkte Abbildung 4-4). Der Durchlass an der B73 (Abbildung 4-10) 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.

⁹ Quelle: IPRO Consult GmbH; NWS: Neuwulmstorfer Schulstraße



Abbildung 4-10: Bestandsdurchlass der Rethenbek an der B73

Durch den entsprechenden Einstau des Durchlasses und die Retentionswirkung des südlichen Talraums wird die Zuflusswelle abgedämpft und leicht verzögert, was sich durch den Unterschied zwischen der orangenen und blauen Ganglinien entnehmen lässt (Abbildung 4-11).

Außerdem sind bei einer Platzierung der Gewitterzelle im nördlichen Bereich zwei Zuflussspitzen im betrachteten Zeitraum zu erkennen. Die erste Zuflussspitze bildet sich aufgrund des gefallenen Niederschlags unmittelbar oberhalb des Durchlasses (über dem Berechnungsgitter im 2D-HN-Modell). Die zweite Zuflussspitze ist die Hochwasserwelle aus dem Außengebietszufluss (obere Randbedingung aus dem hydrologischen Modell) (Abbildung 4-11).

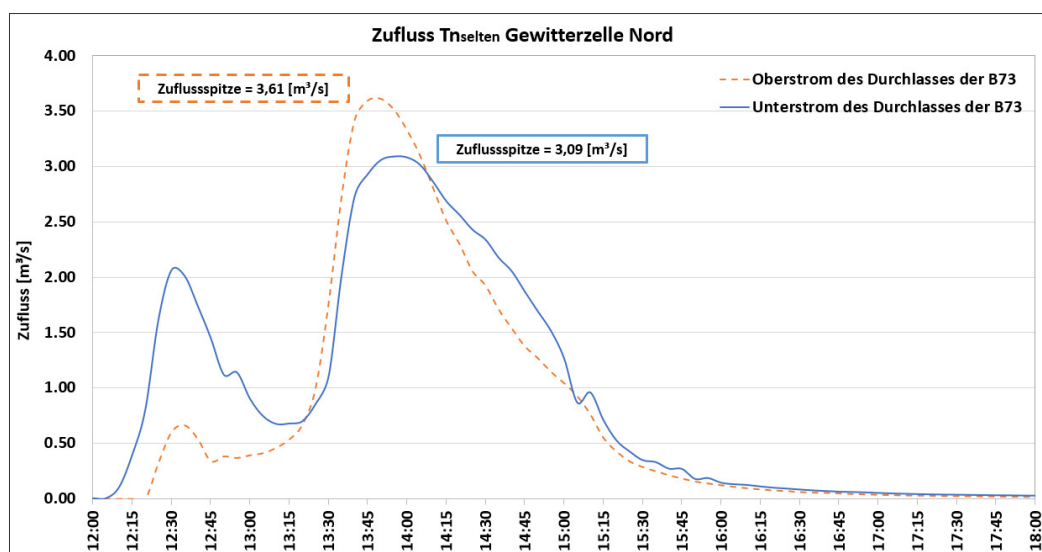


Abbildung 4-11: Vergleich der Zuflussganglinien $T_{nselten}$ Nord Ober- und Unterstrom der B73

5 Berechnungsergebnisse und Risikoanalyse

Im folgenden 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) nur für den Fall der Platzierung der Gewitterzelle über das B-Plangebiet (Nord) und für die drei Szenarien $T_{n\text{selten}}$, $T_{n\text{außergewöhnlich}}$ und $T_{n\text{extrem}}$ erfolgt.

Die Berechnungsergebnisse sind anhand der maximalen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten in A3-Karten (**Anhang C**) dargestellt. Für die farbliche Klassifizierung der Strömungsparameter (Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe) werden dabei die in LUBW (2016) empfohlenen Abstufungen berücksichtigt (Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2). Im vorliegenden Bericht wurden die neuralgischen Punkte, welche nach Einschätzung der DHI WASY GmbH das höchste Gefahrenpotenzial bieten, 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 in Anlehnung an LUBW (2016) 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 Starkregengefahr 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 $T_{n\text{selten}}$) eine wichtige Rolle bezüglich der Retention.

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 Abbildung 5-1 mit Überflutungsmechanismen beim Ereignis $T_{n\text{extrem}}$ Nord - Wassertiefen). Alle Starkregenkarten sind dem **Anhang C** in einem größeren Format zu entnehmen.

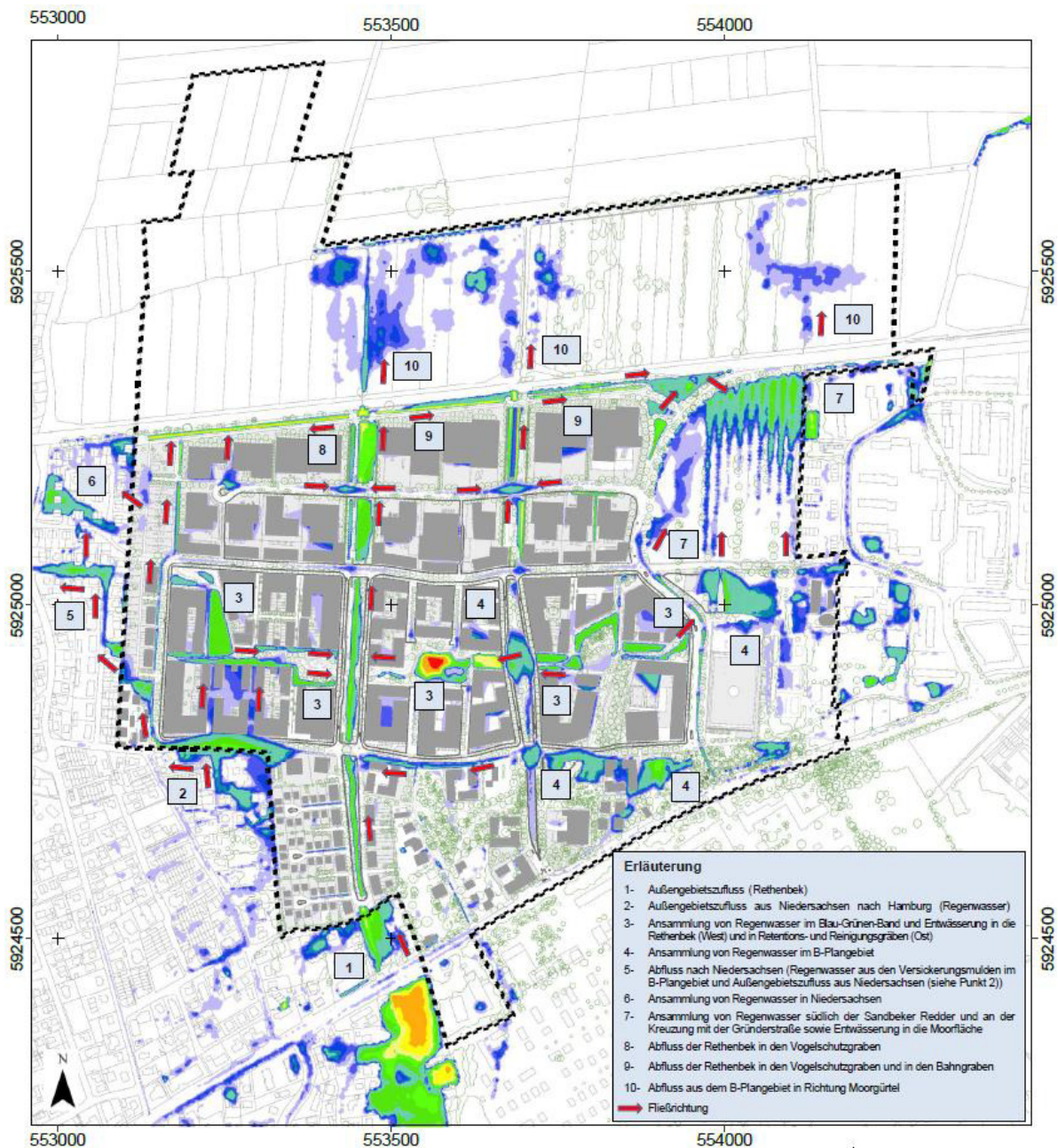


Abbildung 5-1: Schematische Darstellung der Überflutungsmechanismen (T_{nextrem} Nord)

Das Gefahrenpotenzial bei Starkregenereignissen im B-Plangebiet NF67 resultiert aus mehreren gleichzeitig auftretenden Überflutungsmechanismen. Das im Außengebiet gefallene Niederschlagswasser fließt an zwei Stellen in das B-Plangebiet (Außengebietszuflüsse im Flussschlauch der Rethenbek 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 RE DL-1) in das Projektgebiet hineinströmen können. Die Topografie (Talraum) im Abschnitt der Rethenbek direkt nördlich des Durchlasses an der B73 begünstigt in Kombination mit einem temporären Aufstau Oberstrom des

Durchlasses an der Straße Rethenbek eine weitere Dämpfung der Hochwasserabflusswelle durch eine Retention in einem südlich des Durchlasses gelegenen unbebauten Abschnitts. Die Hochwasserwelle des südlichen Außengebietes erreicht das Planungsgebiet verzögert mit einem leicht reduzierten Spitzenabfluss (siehe Abbildung 4-11). Das untersuchte T_{selten} -Ereignis hat gezeigt, dass keine Überflutung der Oberlieger aufgrund des geplanten Durchlasses stattfindet. Bei den Lastfällen $T_{\text{außergewöhnlich}}$ und T_{extrem} ist die Leistungsfähigkeit des Durchlasses an der Straße Rethenbek überschritten. Infolgedessen staut sich das Wasser Oberstrom des Durchlasses temporär auf und die Rethenbek ufer über die rechte Uferlinie aus, wobei hier Wassertiefen bis zu 0,8 m im T_{extrem} erreicht werden. Nach ca. 2 Stunden findet bei abnehmendem Abfluss die Rückströmung des ausgeferten Wassers in den Gewässerschlauch der Rethenbek statt.

Auf der südwestlichen Seite des B-Plangebiets entsteht ab T_{selten} ein weiteres Gefahrenpotential durch einen zusätzlichen Außengebietszufluss in Form von wild abfließendem Wasser aus Niedersachsen in Richtung Hamburg, welches durch die in Punkt 2 der Abbildung 5-1 beschriebenen Mechanismen dargestellt wird. Die Abflussmengen aus den nahe gelegenen Baugebieten südlich der NWS spielen bei Starkregen eine große Rolle. Das Regenwasser fließt entlang des Birkenwegs, des Pappelwegs und entlang der Grenze zwischen beiden Bundesländern in Richtung des südwestlichen Bereichs der NWS. In diesem Bereich verbinden DN500-Rohre die Versickerungsmulden südlich der NWS miteinander, damit das in der Senke auf der NWS gesammelte Wasser in Richtung Nordwest abgeführt werden kann. Das Wasser fließt außerdem in diesem Bereich vorläufig in Richtung BGB. Das BGB entwässert im Nachgang lediglich in Richtung Rethenbek beim Ereignis T_{selten} und zusätzlich in Richtung Vogelschutzgraben (VSG) bei den Ereignissen $T_{\text{außergewöhnlich}}$ und T_{extrem} .

Westlich der Straße Süd-Nord-Verbindung der NWS übersteigt bereits ab einem T_{selten} das anfallende Wasservolumen die Kapazität der Versickerungsmulden und fließt ungehindert über die Kleingartenanlagen und Bestandsgrundstücke in Richtung Niedersachsen (Straße Elbblick) ab (Mechanismus 5 in Abbildung 5-1). In diesem Bereich stellen sich maximale Wassertiefen von bis zu 0,6 m ein. Die Überflutungsdauer beträgt ca. 3 Stunden.

Das im Außengebiet und im B-Plangebiet gesammelte Regenwasser wird hauptsächlich in Richtung Norden durchgeleitet, wobei es teilweise aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel über die Bestandsdurchlässe Bahnlinie Rethenbek (RE DEL-5) und Bahnlinie-Abzugsgraben (KP DL-3) sowie teilweise zunächst nach Osten in Richtung Moorfläche über die DN500-Rohre im VSG und über die Panzerrampe (KP DL-5) und anschließend in Richtung Moorgürtel über den Bestandsdurchlass Stargraben (RE DL-7) abfließt (Mechanismen 9 und 10 in Abbildung 5-1).

Durch eine Einschnürung des Fließquerschnitts am Übergang vom Durchlass Wartungs- und Schauweg Rethenbek (RE-DL-6, Gesamt-Lichtbreite 12 m und Lichthöhe 0,8 m) zum Bestandsdurchlass Bahnlinie-Rethenbek (RE DL-5, Gesamt-Lichtbreite 4,05 m und Lichthöhe 0,8 m) staut sich das Wasser in allen betrachteten Lastfällen temporär auf und fließt anschließend über die DN500-Rohre in den VSG. Der mittlere Abschnitt des VSG zwischen der Rethenbek und des Fischbeker Boulevards wird vollständig gefüllt (Ausnahme T_{selten} Süd). Aus diesem Grund ufer das Wasser in Richtung Bahngraben aus und fließt anschließend in Richtung Moorgürtel gefahrlos über den Bestandsdurchlass Bahnlinie-Abzugsgraben (KP DL-3) ab (Mechanismus 9). Außerdem ufer das Wasser im östlichen Bereich des VGS ebenfalls in den Bahngraben aus (Ausnahme T_{selten} Süd), wobei es aufgrund der topographischen Gegebenheiten in Richtung Moorfläche im Osten und anschließend in den Moorgürtel gefahrlos abgeleitet wird (Mechanismus 9 in Abbildung 5-1).

Neben der Gefährdung durch Außengebietszuflüsse bildet das im B-Plangebiet gefallene Regenwasser einen zusätzlichen Risikofaktor. Die Überflutungsmechanismen 3 und 4 in

Abbildung 5-1 weisen auf eine Ansammlung von Regenwasser im B-Plangebiet hin. Im Fall des Mechanismus 3 handelt es sich um eine Kombination von Regenwasser und Außengebietszuflüssen aus Niedersachsen im westlichen Bereich des BGB. Das aus Niedersachsen in die NWS überströmte Außengebietswasser fließt entlang der geplanten Wege in Richtung BGB. Auf diesem Weg können einigen Innenhöfe temporär mit maximalen Wassertiefen bis zu 0,2 m für ca. 1,5 Stunden überflutet werden. Dennoch sammelt sich das Wasser nicht in den Innenhöfen, sondern fließt weiter in das BGB, wobei es sowohl in Richtung Rethenbek in den Lastfällen $T_{n_{\text{selten}}}$ und $T_{n_{\text{außergewöhnlich}}}$, als auch in Richtung Retentions- und Reinigungsgraben westlich der NWS im Lastfall $T_{n_{\text{extrem}}}$ abgeführt wird. Darüber hinaus wird das im B-Plangebiet gesammelte Regenwasser gefahrlos in Richtung Rethenbek durch den Durchlass BGB-Mitte und durch den Durchlass BGB-Ost in Richtung Retentions- und Reinigungsgraben (RRG) an der Straße Am Moor abgeführt (Mechanismus 7 in Abbildung 5-1).

Des Weiteren sind kleine lokale Senken im Gebiet vorhanden, in welchen sich das gefallene Regenwasser aus unmittelbar angrenzenden Verkehrs- und Grünflächen sammelt, und ein temporär Einstau stattfindet (Mechanismus 4). Nach ca. 1 Stunde entwässert das eingestaute Regenwasser entweder in die Versickerungsmulden südlich der NWS oder durch die geplanten Durchlässe an der Sandbeker Redder in die Moorfläche nordöstlich des B-Plangebiets (Mechanismus 7 in Abbildung 5-1). Andere kleinere topographische Senken sind ebenfalls vorhanden. Dennoch sind sie weniger großflächig und tief eingestaut und erlauben eine bessere Zuwegung. Aufgrund der geringeren Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten stellen sie kein maßgebliches Risiko dar.

Ein Teil des Außengebietszuflusses und ein Teil des im BGB gesammelten Regenwassers überströmt die Gründerstraße im westlichen Bereich des B-Plangebiets an der Süd-Nord-Verbindung der NWS mit maximalen Wassertiefen bis zu 0,15 m und wird anschließend über den RRG in Richtung VSG abgeleitet. Das DN400-Rohr im RRG westlich der Gewerbestraße wurde in Anlehnung an LUBW (2016) im Starkregenfall als verklaust angenommen. Aus diesem Grund überströmt das Wasser den RRG und fließt über die geplanten Kleingartenanlagen in Richtung VSG (Lastfall $T_{n_{\text{selten}}}$) und in den Lastfällen $T_{n_{\text{außergewöhnlich}}}$ und $T_{n_{\text{extrem}}}$ zusätzlich in Richtung Niedersachsen (Mechanismus 6 in Abbildung 5-1).

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 (2016) 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 Überflutungstiefen¹⁰

Überflutungstiefe	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben	Potenzielle Gefahren für Infrastruktur und Objekte
5 – 10 cm	▪ Volllaufende Keller können das Öffnen von Kellertüren gegen den Wasserdruck verhindern ▪ Eingeschlossenen Personen droht das Ertrinken	▪ 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	▪ s.o. ▪ für (Klein-)Kinder besteht die Gefahr des Ertrinkens bereits bei niedrigen Überflutungstiefen	▪ Wassereintritt auch durch höher gelegene Kellerfenster möglich
50 – 100 cm	▪ s.o. ▪ für (Klein-)Kinder besteht die Gefahr des Ertrinkens bereits bei niedrigen Überflutungstiefen	▪ Wassereintritt auch bei erhöhten Eingängen möglich
> 100 cm	▪ Gefahr für Leib und Leben bei statischem Versagen und Bruch von Wänden ▪ Gefahr des Ertrinkens für Kinder und Erwachsene	▪ Mögliches Versagen von Bauwerksteilen

Tabelle 5-2: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten¹¹

Fließgeschwindigkeit	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben	Potenzielle Gefahren für Infrastruktur und Objekte
> 0,2 – 0,5 m/s	▪ Gefahr für ältere, bewegungseingeschränkte Bürger oder Kinder beim Queren des Abflusses	▪ Versagen von Türdichtungen durch erhöhten Druck
> 0,5 – 2 m/s	▪ Gefahr für Leib und Leben beim Versuch, sich durch den Abflussstrom zu bewegen	▪ Möglicher Bruch von Wänden durch Kombination von hohen statischen und dynamischen Druckkräften
> 2 m/s	▪ 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	▪ Mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch hohe dynamische Druckkräfte ▪ Mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch mitgeführte Feststoffe ▪ Beschädigung der Bausubstanz durch Unterspülung

¹⁰ Quelle: LUBW (2016)

¹¹ Quelle: LUBW (2016)

5.2.1 Neuralgischer Punkt nördlich der Neuwulmstorfer Schulstraße

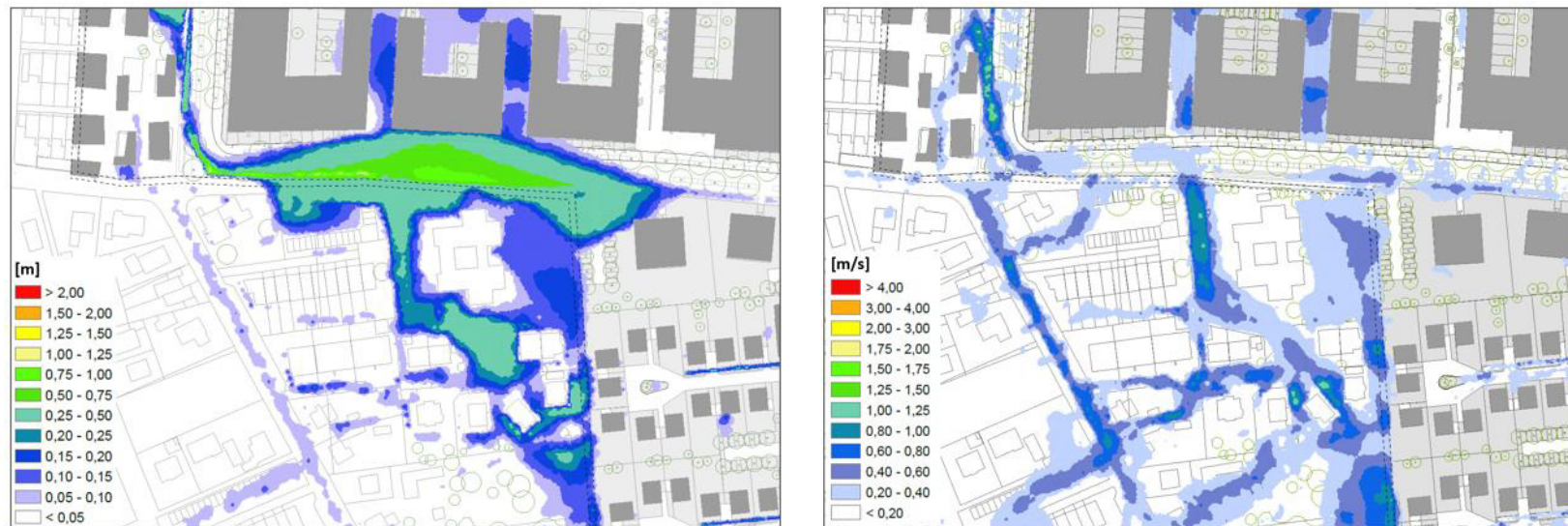


Abbildung 5-2: Max. Wassertiefen (links) und Max. Fließgeschwindigkeiten (rechts) an der NWS (T_{nextrem} Nord)

Die Fahrbahn der NWS kann am südwestlichen Rand des B-Plangebiet bis zu 0,77 m bei T_{selten} und bis zu 0,85 m bei T_{extrem} eingestaut werden (Abbildung 5-2). Die Gründe hierfür wurden zuvor im Abschnitt 5.1 zum Überflutungsmechanismus 2 erklärt (vgl. ebenfalls Kapitel 2 „Bearbeitungskonzept“ zur Berücksichtigung der öffentlichen Kanalisation in Niedersachsen). Das Wasser strömt unmittelbar nach der Überflutung teilweise in das BGB und teilweise in die Versickerungsmulden.

Eine Ausuferung der Rethenbek findet an dieser Stelle nicht statt. 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.

Des Weiteren zeigen die Modellberechnungen eine Fließroute an den geplanten Straßen in Richtung BGB mit maximalen Wassertiefen von bis zu 0,20 m und Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 0,80 m/s bei T_{extrem}. Die Überflutungsdauer beträgt ca. 2 Stunden.

5.2.2 Neuralgischer Punkt an der Parkanlage Blau-Grünes Band

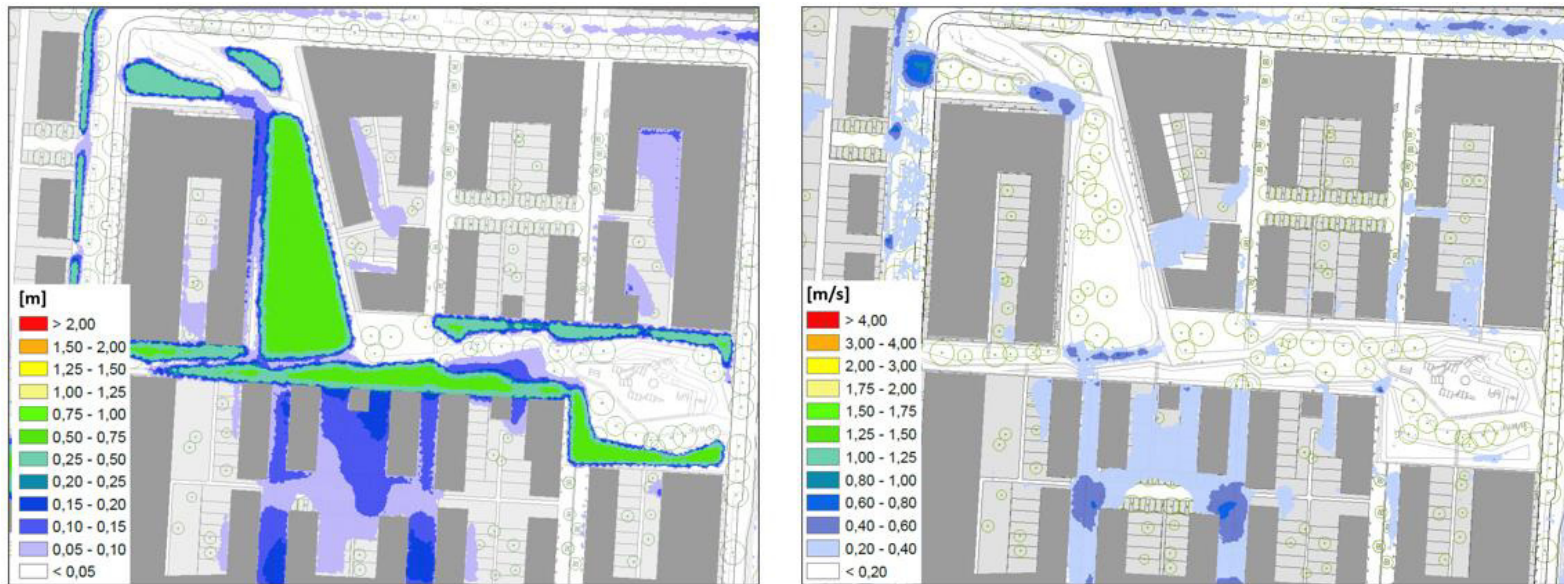


Abbildung 5-3: Max. Wassertiefen (links) und Max. Fließgeschwindigkeiten (rechts) am BGB (T_{nextrem} Nord)

Der Außengebietszufluss aus dem vorherigen neuralgischen Punkt fließt über zwei Süd-Nord ausgerichteten Wege zwischen Bebauungen südlich der Parkanlage BGB (Abbildung 5-3). Durch diesen Zustrom werden die Innenhöfe der südlich angrenzenden Bebauungen temporär überflutet. Es stellen sich Wassertiefen unter 0,10 m bei einem T_{selten} und unter 0,18 m bei einem T_{nextrem} ein. Somit ist mit Wassereintritt durch ebenerdige Kellerfenster oder tieferliegende Gebäudeteile zu rechnen. Dahingegen sind die Fließgeschwindigkeiten im Allgemeinen geringer als 0,40 m/s mit Ausnahme von zwei lokal begrenzten Stellen an Gebäuden, an welchen Fließgeschwindigkeiten von bis zu 0,70 m/s auftreten können. Die Gefahr kann durch die im Kapitel 6.3.3 und 6.3.5 vorgeschlagenen Maßnahmen vermieden bzw. verringert werden.

Diese Wasseransammlung ist als temporär zu betrachten, da das Wasser anschließend (ca. 2 Stunden nach dem Starkregenereignis) wieder aus den Innenhöfen in Richtung BGB abfließt. Neben dem Außengebietszufluss sammelt sich Regenwasser im BGB aus den umliegenden Bebauungen. Es ist mit Wassertiefen von bis zu 0,65 m (T_{selten}) bzw. 0,75 m T_{nextrem} auszugehen. Die maximalen Fließgeschwindigkeiten sind in diesem Bereich eher gering.

Das BGB entwässert anschließend über zwei geplante Durchlässe (BGB-West 1 und BGW-West 2) in Richtung Rethenbek (siehe Abbildung 4-8) und ab einem Ereignis T_{nextrem} ebenfalls in Richtung RRG westlich des BGB.

5.2.3 Neuralgischer Punkt entlang der Rethenbek

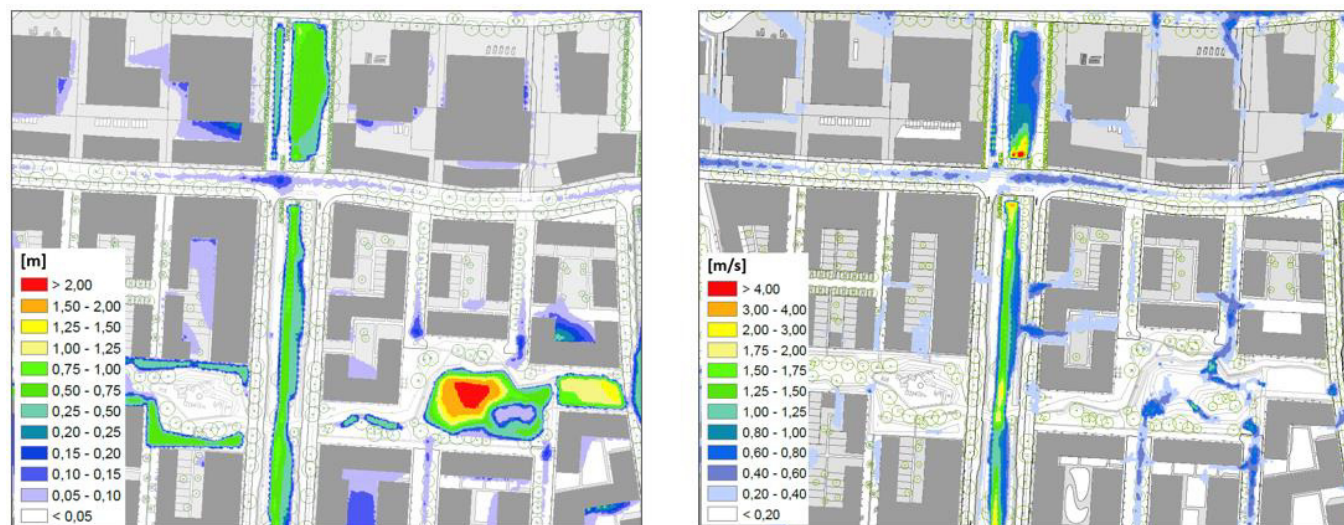


Abbildung 5-4: Max. Wassertiefen (links) und Max. Fließgeschwindigkeiten (rechts) an der Rethenbek (T_{extrem} Nord)

Bei einem Ereignis T_{extrem} stellen sich in der Rethenbek im Abschnitt zwischen der NWS und der Gründerstraße maximale Wassertiefen von bis zu ca. 1,0 m und Fließgeschwindigkeiten von bis zu ca. 2,0 m/s für eine Dauer von ca. 1,5 Stunden ein. Obwohl die Abflusswelle aus dem Außengebiet bei einem T_{extrem} vollständig im Gewässerbett der Rethenbek abgeführt wird und es zu keiner Ausuferung im B-Plangebiet kommt, wird die Grünfläche links und rechts der Rethenbek innerhalb des Doppeltrapezprofils als gefährdet betrachtet. Zwischen dem Archipelago-Spielplatz und dem Fischbeker Teich ist ein Anschlussweg geplant, der die Rethenbek überquert. Aus diesem Grund könnten Fußgänger, die sich zum gleichen Zeitpunkt in diesem Bereich befinden, beim Eintreffen einer Hochwasserwelle gefährdet sein.

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. Diese Gefahr kann durch Informationsvorsorge der Einwohner minimiert werden (siehe Kapitel „6 Handlungsempfehlungen“).

5.2.4 Neuralgische Punkte am Fischbeker Boulevard und an Geländesenken

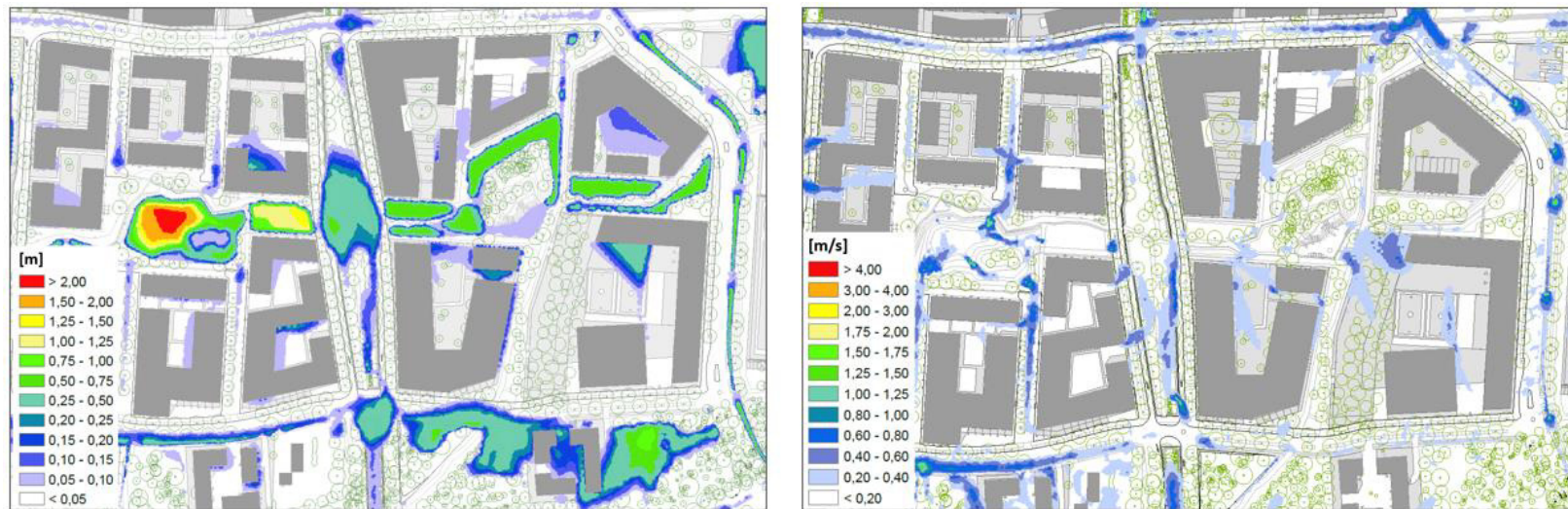


Abbildung 5-5: Max. Wassertiefen (links) und Max. Fließgeschwindigkeiten (rechts) am Fischbeker Boulevard ($T_{\text{extrem Nord}}$)

Die Parkanlage Fischbeker Boulevard zeigt eine ausgeprägte Mulde an der Querung des BGB auf. Ab einem T_{extrem} ist dort temporär mit Einstautiefen von bis zu 0,55 m für ca. 1,5 Stunden zu rechnen. In anderen Senken wie z.B. südlich der NWS vor der Kreuzung mit der Straße Am Moor stellen sich maximale Wassertiefen von bis zu 0,95 m ein.

Mit maximalen Wassertiefen im südlichen Bereich des geplanten Hügelspielplatz von ca. 0,05 m bei einem Starkregenereignis T_{selten} und ca. 0,09 m bei T_{extrem} und nahezu stehendem Wasser ist eine Überquerungsmöglichkeit des Spielplatzes gegeben und somit als Evakuierungsrouten möglich.

Auf der anderen Seite des Fischbeker Boulevards befindet sich der Fischbeker Teich. Das bis zu 0,20 m tief eingestaute Regenwasser zwischen den nördlich des Fischbeker Teichs angrenzenden Gebäuden fließt teilweise Richtung Boulevard und teilweise Richtung Fischbeker Teich ab.

5.2.5 Neuralgischer Punkt an der westlichen Planungsgrenze zu Niedersachsen

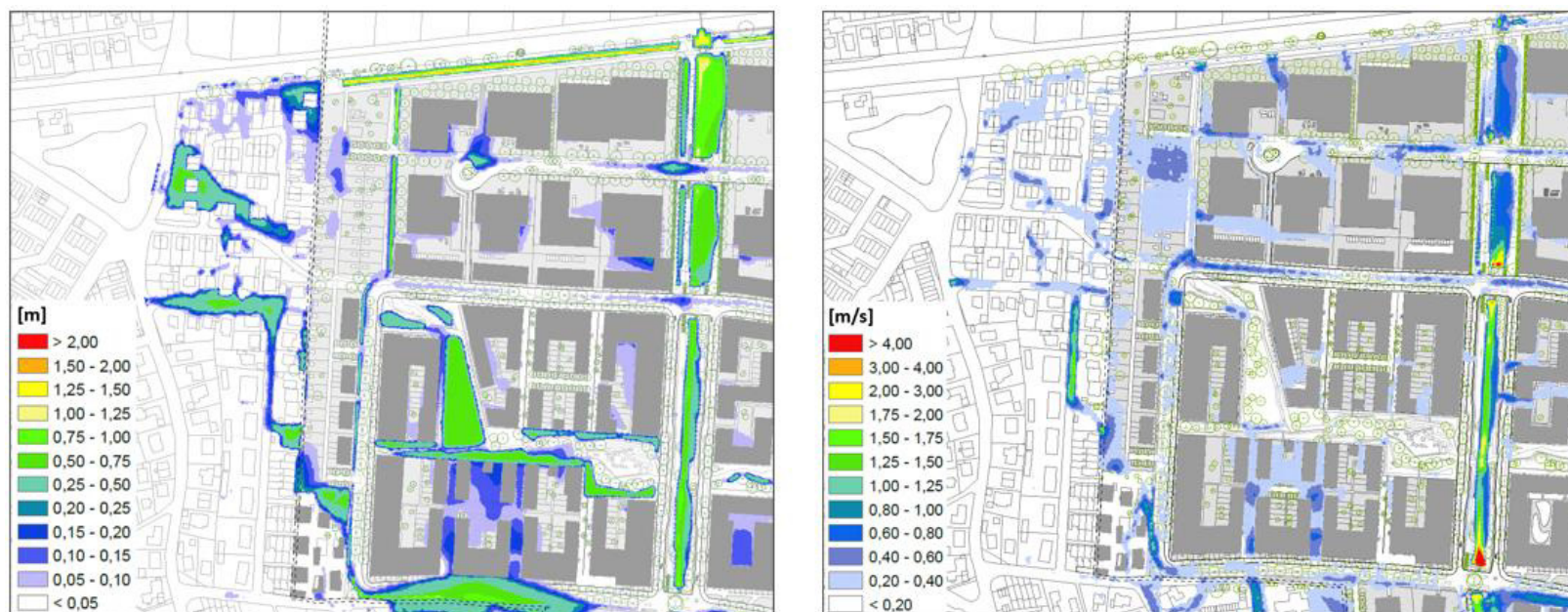


Abbildung 5-6: Max. Wassertiefen (links) und Max. Fließgeschwindigkeiten (rechts) an der Planungsgrenze (T_{extrem} Nord)

An der westlichen Planungsgrenze zu Niedersachsen (Kleingartenanlage) sind die Versickerungsmulden mit gesammeltem Außengebietswasser aus Niedersachsen südlich der NWS (Mechanismus 2) und Regenwasser im B-Plangebiet vollständig gefüllt. Das Wasser kann nicht weiter in Richtung VSG fließen, weshalb das Wasser an einer Stelle westlich der Süd-Nord-Verbindung der NWS ausfert und ungehindert über die Kleingartenanlage und die Bestandsgebäude in Richtung Niedersachsen abfließt. In diesem Bereich stellen sich maximalen Wassertiefen von bis zu ca. 0,60 m und Fließgeschwindigkeiten von bis zu 2,20 m/s bei einem T_{extrem} ein. Die Überflutung dauert ca. 3 Stunden.

Außerdem wird der RRG am Zulauf zum DN400-Rohr westlich der Gewerbestraße überströmt. Da das Rohr kleiner als DN500 ist, wurde es in Abstimmung mit der BUKEA und dem Bezirksamt Harburg sowie in Anlehnung an den LUBW (2016) als verklaust angenommen. Anschließend fließt das gesammelte Wasser über geplante Kleingartenanlagen und Bestandsbebauung in Richtung Niedersachsen mit maximalen Wassertiefen von bis zu 0,17 m und Fließgeschwindigkeiten von bis zu ca. 0,50 m/s bei einem T_{extrem} ab (Mechanismus 6). Die Überflutung dauert ca. 1,5 Stunden. Lösungsansätze zur Vermeidung bzw. Verringerung der aufgezeigten Überflutungsvorgänge sind in Kapitel 6.3.3 erläutert.

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 zuordbare Empfehlungen sind auf der Übersichtskarte in eingetragen.

6.1 Allgemeine Randbedingungen zu den Handlungsempfehlungen

In diesem Kapitel werden auf der Basis von LUBW (2016) 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 Starkregengefährdung 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 Starkregengefährdung und bei den dazugehörigen Verantwortlichkeiten zu vermeiden.

Bei der Erarbeitung von Handlungsempfehlungen sind sowohl technische als auch nicht technische 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. Im vorliegenden Neubaugebiet sind diese vor allem Anwohner und Gewerbe.

6.2 Entwässerungskonzept

Im Entwässerungskonzept sind eine Vielzahl von Maßnahmen für die schadlose Abführung von Niederschlagswasser basierend auf einer Überflutungsprüfung für das $T_{n_{\text{selten}}}$ gemäß DWA A-118 in Verbindung mit DIN EN 752 vorgesehen. Die Straßenräume werden als Fließwege genutzt und es sind grüne Flächen, Parkanlagen und naturnahe Rückhalteräume zur dezentralen Retention und Zwischenspeicherung im Entwässerungskonzept eingeplant. Außerdem sind Versickerungsmulden und RRG berücksichtigt, die das Regenwasser abführen bzw. versickern lassen.

Grundsätzlich reduzieren diese Maßnahmen auch die Starkregengefährdung. Dennoch wird die Leistungsfähigkeit von geplanten Maßnahmen im Rahmen des kommunalen Überflutungsschutzes vor allem bei Starkregenereignissen geringerer Wahrscheinlichkeit

($T_{\text{außergewöhnlich}}$ oder seltener) häufig überschritten (LUBW, 2016). Aus diesem Grund können zusätzliche Gefahren entstehen, wofür weitere Maßnahmen empfohlen werden können, um diese Gefahren zu vermeiden bzw. zu minimieren.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Annahmen für ein T_{seltener} 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 in 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 im Einzugsgebiet der Rethenbek in Anlehnung an LUBW (2016) hat das Gefahrenpotenzial einer Zuflussschwelle durch Starkregen aus den Außengebieten deutlich verringert. Mit einer maximalen Zuflussspitze bei einem T_{seltener} Nord Unterstrom des Durchlasses an der B73 von 3,09 m³/s ist diese ca. 56 % kleiner als die mit ca. 7 m³/s ermittelte Zuflussspitze bei Betrachtung des gesamten Einzugsgebiets. 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 kurzfristige und temporäre Ausuferungen entlang der Rethenbek ab einem $T_{\text{außergewöhnlich}}$ auf, wobei die Wassermengen nach dem Ereignis aufgrund der lokalen Topografie in die Rethenbek zurückfließen können. Aus diesem Grund wird von einem

steuerbaren Wehr oder einem Drosselbauwerk abgesehen, was dazu beitragen würde, die Gefahr eines Aufstaus südlich der B73 und eine Belastung des Straßendamms zu vermeiden. Stattdessen kann durch Wälle (Bodenmaterial oder Rasen-/Gehölzschnitt) eine gewisse Schutzwirkung für einzelne der unmittelbar an der Rethenbek errichteten Gebäude zwischen der B73 und der Straße Rethenbek Süd geschaffen werden, um den Wassereintritt in diese Flächen zu vermeiden. Da das Retentionsvolumen im Gewässerschlauch der Rethenbek nicht verändert wird, sind negative Effekten auf Oberlieger auszuschließen. Das Wasser fließt kurz nach dem Überschreiten des Hochwasserscheitels wieder in den Gewässerschlauch der Rethenbek ein.

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. Der Standort der Messstation bzw. die Vorlaufzeit sollte lang genug sein, um eine gewisse Reaktionszeit der Anwohner zu ermöglichen. Eine detaillierte Ausarbeitung eines Monitoring-Programms ist in dieser Starkregenanalyse nicht vorgesehen.

Außerdem werden aktuelle und prognostizierte Starkregenindices (SRI) im Hamburgerraum veröffentlicht (z.B. HAMBURG WASSER). Es wird empfohlen, bei vorhergesagten Starkregenereignissen in der Region die SRI rechtzeitig zu sichten und entsprechende Vorbereitungsmaßnahmen zu ergreifen. Andere Informationsquellen sind z.B. Wetterwarnungen und Regenradarbilder des DWD.

6.3.3 Ableitung der Außengebietszuflüsse an der NWS (C)

Bei der Ableitung der Außengebietszuflüsse aus dem Pappelweg und der Schulstraße (Niedersachsen) in Richtung B-Plangebiet soll insbesondere auf die Freihaltung der Hauptfließwege des Regenwassers geachtet werden. In diesem Sinne wird vorgeschlagen, die Versickerungsmulden zu vergrößern und die Durchmesser der Muldenverbindungsrohre so auszuwählen, dass die Außengebietszuflüsse aus Niedersachsen in Form von wild abfließendem Wasser bei einem $T_{n\text{selten}}$ unter Berücksichtigung der Wirkung der öffentlichen Regenwassersiele in Niedersachsen schadlos abgeleitet werden können.

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 warnen. Diese Maßnahme entspricht den

Richtlinien des LUBW (2016) zur Schilderung von Starkregengefahren im Flächennutzungsplan. Außerdem sollen neben der Kennzeichnung der Gefahrenstellen Informationstafeln zu Überflutungsflächen infolge von Starkregenereignissen inklusive Hinweise zur korrekten Verhaltensweise im Starkregenfall angebracht werden.

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 Reethenbek sollen regelmäßig im Rahmen der Inspektionen nachträglich eingebaute abflusshindernden Brücken, Zäune, Mauer, usw. beseitigt werden.

6.3.5 Schutz der Straßenräume und Evakuierungsrouten (E)

Insbesondere die NWS und einige Zuwegungen zu Innenhöfen können bei Starkregen überflutet werden und die Zuwegung der Feuerwehr und Rettungsdienste erschweren. Dies soll bei einem Evakuierungsplan in Abstimmung mit den zuständigen Behörden berücksichtigt werden. Ggf. ist auch eine Erhöhung der Fahrbahn oder eine entsprechend dimensionierte Bordsteinkanten in Betracht zu ziehen.

6.3.6 Schutz einzelner Objekte (F)

Grundsätzlich soll die Erschließungsplanung einer Überflutung von Grundstücken und damit einer Gefährdung von Grundstücken bei einem Niederschlagsereignis $T_{n_{\text{selten}}}$ vorbeugen. Es gilt zu überprüfen, inwiefern entsprechende Vorgaben auch für ein Starkregenereignis $T_{n_{\text{außergewöhnlich}}}$ 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

Das Ziel dieser Maßnahme ist es, Außengebietswasser und Regenwasser im B-Plangebiet rechtzeitig abzuleiten, um den Abfluss auf öffentlicher Infrastruktur sowie in bewohnten Bereichen zu verhindern und dadurch Schäden zu vermeiden. Dies könnte zum Beispiel durch die Unterbrechung der Fließrouten gemäß Kapitel 6.3.3 und 6.3.5 bei den neuralgischen Punkten an der NWS, in der Parkanlage BGB und am Fischbeker Boulevard ggf. auch in Kombination mit erhöhten Bordsteinkanten gewährleistet werden.

- Eindringen von Wasser vermeiden

Bei dieser Maßnahme ist durch baulichen Objektschutz das Eindringen von Wasser zu vermeiden, wenn eine Fernhaltung von Starkregen nicht realisierbar ist oder sich sehr schwer umsetzen lässt. Da die Reaktionszeit bei Starkregenereignissen im Regelfall sehr kurz ist, bieten sich vor allem permanente bauliche Schutzmaßnahmen an. Zum Beispiel die Anpassung des Geländemodells in Kombination mit Verwallungen sowie Schutzmauern, die Abriegelung von Kellerfenstern und die Identifizierung und Beseitigung von objektspezifischen Schwachpunkten. Zentral bei der Planung solcher Maßnahmen ist es, die Barrierefreiheit zu gewährleisten.

- Schaden minimieren

Im Falle von Starkregenereignissen geringerer Wahrscheinlichkeit (z.B. beim $T_{n_{\text{außergewöhnlich}}}$) 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 Rückhaltung und Ableitung von Regenwasser im B-Plangebiet (G)

Die im westlichen Bereich gelegenen Versickerungsmulden sollen neu dimensioniert bzw. erhöht werden, um den Abfluss nach Niedersachsen aus dem B-Plangebiet zu vermeiden.

Der Durchmesser des Grabenverbindungsrohrs des RRG westlich der Gewerbestraße soll nicht kleiner als DN500 sein, um Verklausungen bei einem Starkregenereignis $T_{n_{\text{selten}}}$ im B-Plangebiet zu vermeiden. Somit kann das im B-Plangebiet gefallene Regenwasser schadlos in Richtung VSG abgeleitet werden.

Zusätzlich könnte die Geländetopografie der Kleingartenanlage so angepasst werden, dass das gefallene Regenwasser in Richtung Osten zum RRG entwässert und von dort in Richtung VSG abgeleitet wird.

6.3.8 Kennzeichnung von lokalen Senken

Grundsätzlich ist die Entwässerung des B-Plangebiet aufgrund der vorliegenden Höhendaten auch für Starkregen gut ausgelegt. In der Starkregenanalyse wurden allerdings einige lokale Senken (Schwachpunkte) identifiziert, z.B. 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 Ausführungsplanung zu berücksichtigen, z.B. durch klare Kennzeichnung (Beschilderung und Informationsvorsorge), durch Sicherstellung von Evakuierungswegen (z.B. beim Archipelago-Spielplatz und beim Hügelplatz) sowie durch eine genauere Modellierung dieser Bereiche. Bei lokalen Maßnahmen wäre zu berücksichtigen, wohin das Hochwasser abgeleitet wird, um durch die Vorkehrungen nicht weitere Gefahrenpunkte zu schaffen. Es darf nicht zu einer Beeinträchtigung der Grundstücke kommen.

6.3.9 Überlastung der Entwässerungsinfrastruktur vermeiden

Schließlich ist in der Planung auch die Situation einer Überlastung der Entwässerungsstruktur zu berücksichtigen. 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 der Abflusskapazität zu gewährleisten.

6.3.10 Dachbegrünung

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 bzw. Retentions Gründächer mit einer gezielten gedrosselten Ableitung von den Dachflächen bei einem Starkregenereignis einen maßgeblichen Anteil des Niederschlags temporär zurückhalten kann und somit einen erheblichen Teil der Abflussspenden (bis zu $T_{n_{\text{selten}}}$) der Dächer bis zum Zeitpunkt nach Ablauf der Hochwasserwelle verzögern kann. Eine Dachbegrünung hat somit einen großen Einfluss auf die Minimierung der Starkregengefahr im B-Plangebiet.

6.3.11 Informationsvorsorge

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. Außerdem können Informationsblätter zur Sensibilisierung bzgl. der Starkregengefahr und zur Informationsvorsorge in den Kaufverträgen der Grundstücke enthalten sein.

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.

6.3.12 Berücksichtigung der Starkregengefahr im Krisenmanagementplan

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.

6.3.13 Vorbeugende Verhaltensanpassungen

In Anbetracht der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit eines $T_{n_{\text{extrem}}}$ 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 in einem Gebiet am Übergang der Geest und der Marsch am südwestlichen Rand von Hamburg an der Grenze zu Niedersachsen (Neu Wulmstorf). Eine Auflage der Planung ist die Durchführung einer modellgestützten Starkregenanalyse, um die Gefährdung durch Starkregenereignisse 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 $T_{n\text{selten}}$, $T_{n\text{außergewöhnlich}}$ und $T_{n\text{extrem}}$ gemäß LUBW (2016) berechnet und plausibilisiert.

In Abstimmung mit dem AG, der BUKEA sowie dem Bezirksamt Harburg wurden Randbedingungen aus den Vorgängerprojekten „Gefährdungsanalyse Starkregen NF67 II“ und „Gefährdungsanalyse Starkregen NF67 III“ verwendet.

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: 28.02.2023) 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 $T_{n\text{selten}}$, $T_{n\text{außergewöhnlich}}$ und $T_{n\text{extrem}}$ für die jeweiligen Platzierungen der Gewitterzelle berechnet. Die Ergebnisse der 3 Lastfälle bei der Platzierung der Gewitterzelle im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets wurden aufbereitet und zeigen das Ausmaß der Überflutungen. 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 Maßnahmen bzw. Empfehlungen technischer und nichttechnischer Natur identifiziert. 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 sich weitere technische Handlungsempfehlungen insbesondere auf den Schutz der Gebiete nördlich des westlichen Teils der NWS.

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.
- /9/ DHI WASY GmbH (2022). Fischbeker Reethen Starkregengefährdungsanalyse III – Starkregenmodellierung für das geplante Neubaugebiet NF67. Abschlussbericht der DHI WASY GmbH für die IBA Hamburg GmbH.

ANHANG

A. Grundlagedaten

Tabelle A-1: Grundlagedaten

Daten	Kurzbeschreibung	Herkunft der Daten
DGM1 Hamburg	Geodatenportal Hamburg (https://www.hamburg.de/bsw/geodaten/). Digitales Geländemodell der Freien 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 Freien und Hansestadt Hamburg *.xml-Dateien	Recherche AN
Landnutzungsdaten Niedersachsen	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

Daten	Kurzbeschreibung	Herkunft der Daten
Verkehrsplanung	CAD-Plan der Verkehrswege mit vereinzelt Geländepunkten	AG, Recherche AN
Bauwerksplan der DB (Abzug Stand 24.02.2022)	Erneuerung des Durchlasses (Grundriss, Querschnitt, Längsschnitt)	AG
Aktualisiertes Geländemodell der Planung (Stand 28.02.2023)	NF67-DGM.zip (CAD-Plan mit 3D-Polylinien)	IPro Consult GmbH
Geländemodell der Planung (Stand 28.02.2023)	Shapefile mit Polylinien, Polygonen und Punkte	IPro Consult GmbH
Aktualisierter Lageplan der geplanten Durchlässe (Stand 07.03.2023)	NF67_EW_UELP-Durchlässe-an-DHI.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

B. Ergebnisse MIKE SHE Oberflächenabfluss

B ERGEBNISSE MIKE SHE OBERFLÄCHENABFLUSS

B.1 Komponenten der MIKE SHE Simulationen

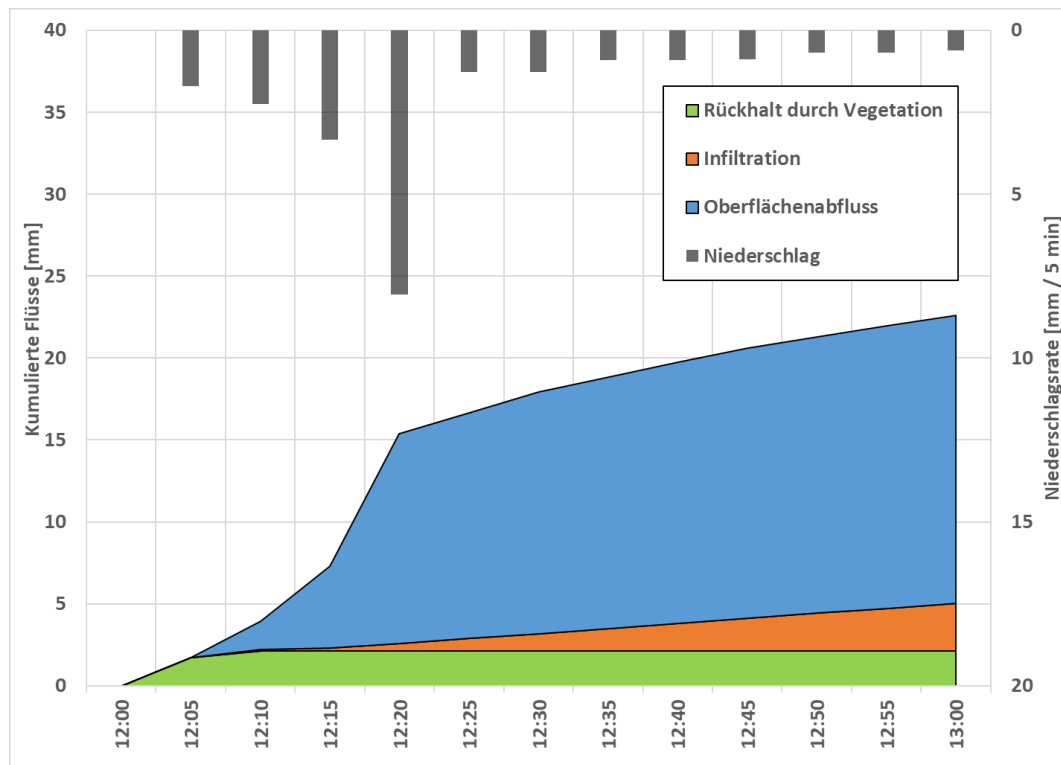
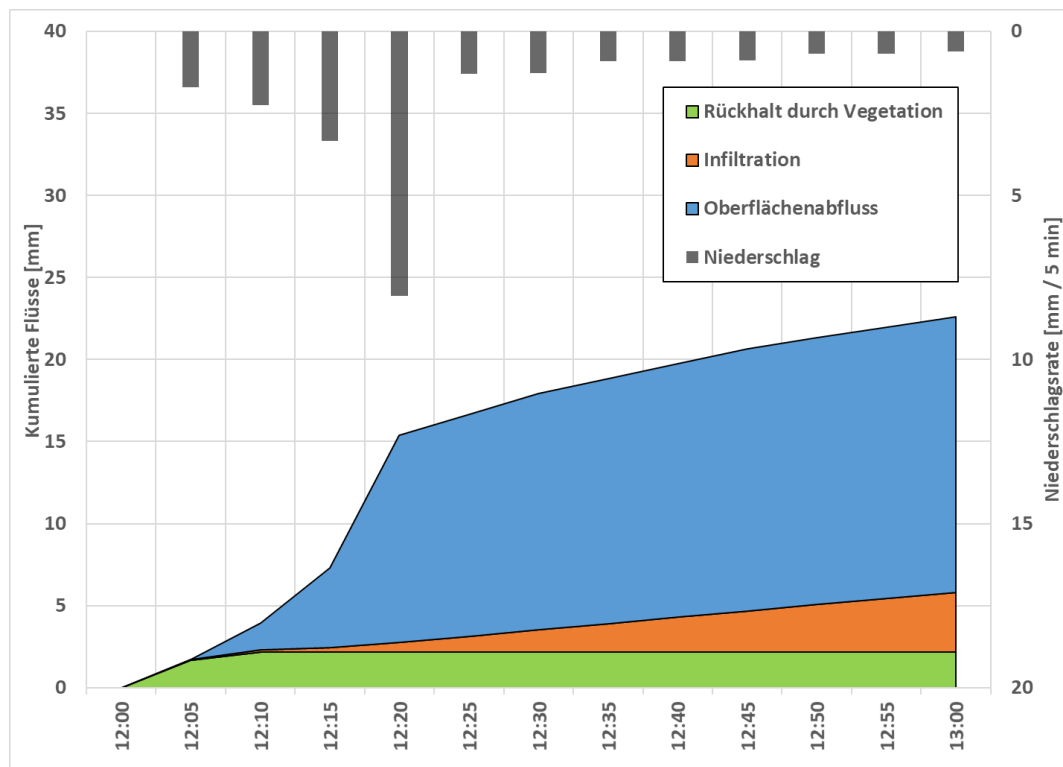
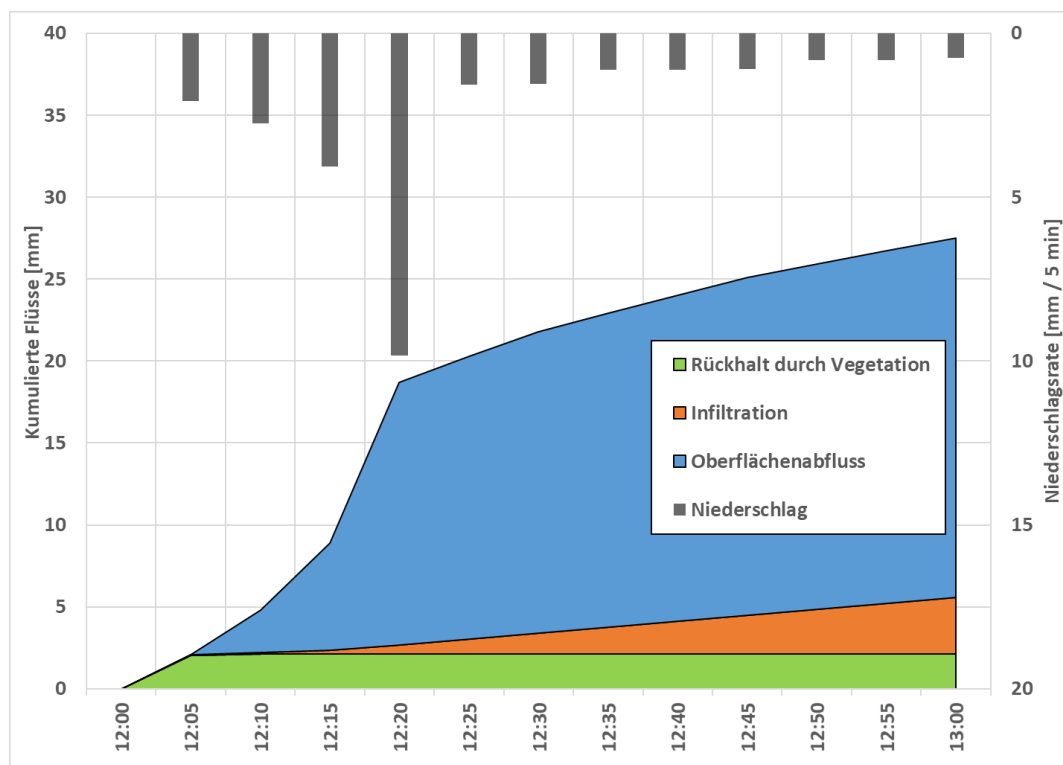


Abbildung B-1: Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei T_nselten, Gewitterzelle Nord

Abbildung B-2: Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei $T_{n_{\text{selten}}}$, Gewitterzelle SüdAbbildung B-3: Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei $T_{n_{\text{außergewöhnlich}}}$, Gewitterzelle Nord

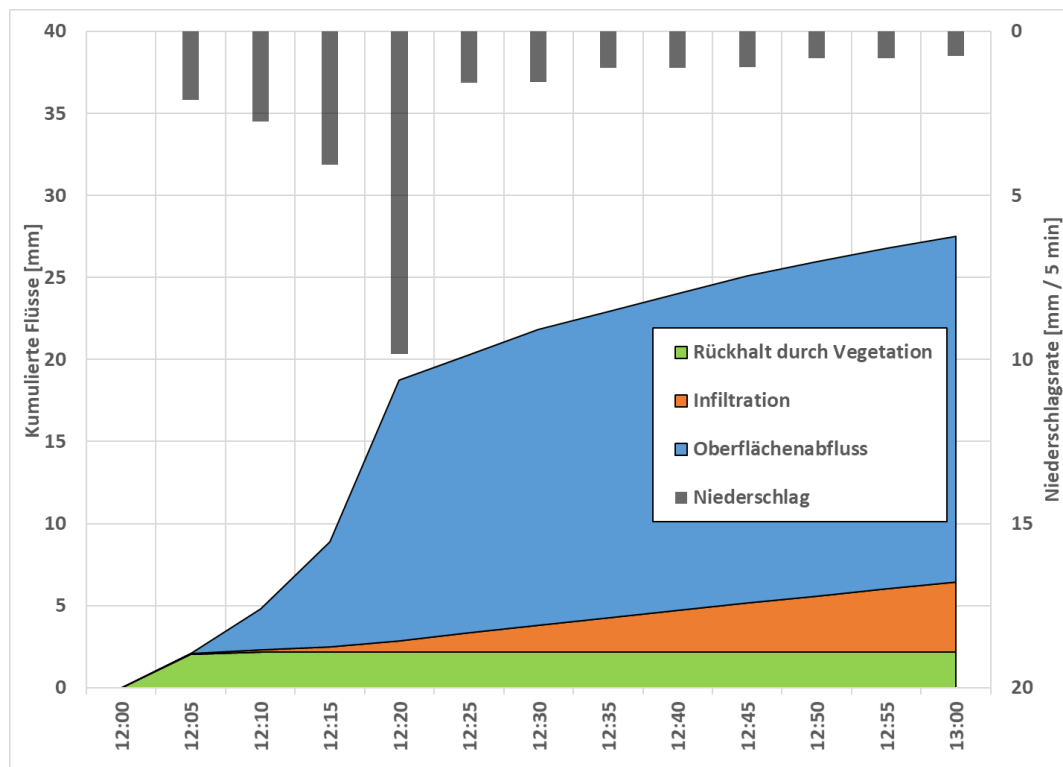


Abbildung B-4: Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei $T_{\text{naußergewöhnlich}}$, Gewitterzelle Süd

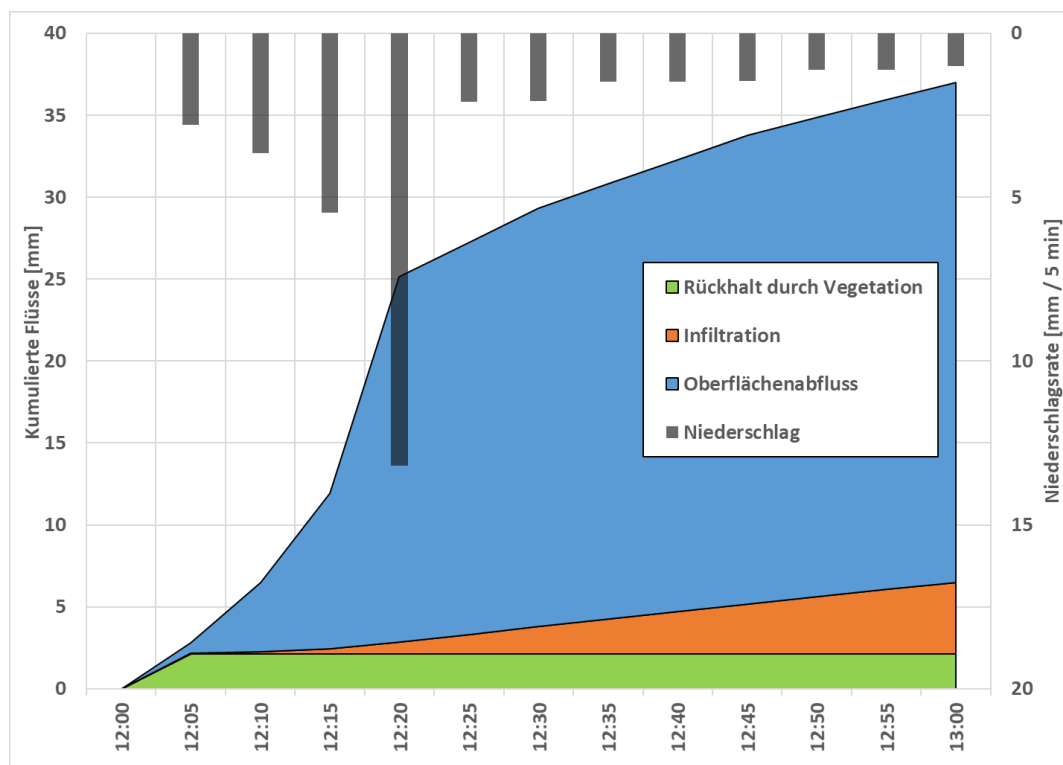


Abbildung B-5: Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei T_{nextrem} , Gewitterzelle Nord

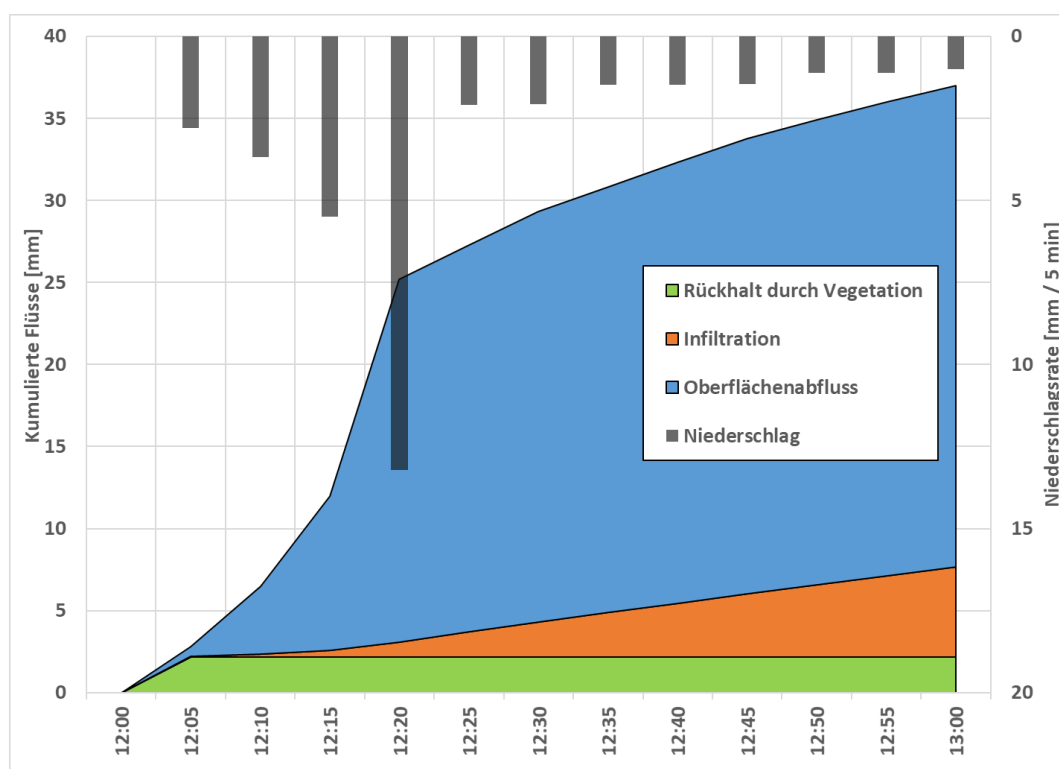


Abbildung B-6: Komponenten der MIKE-SHE-Simulation bei T_{extrem} , Gewitterzelle Süd

B.2 Raster der Effektivniederschläge für T_{extrem}

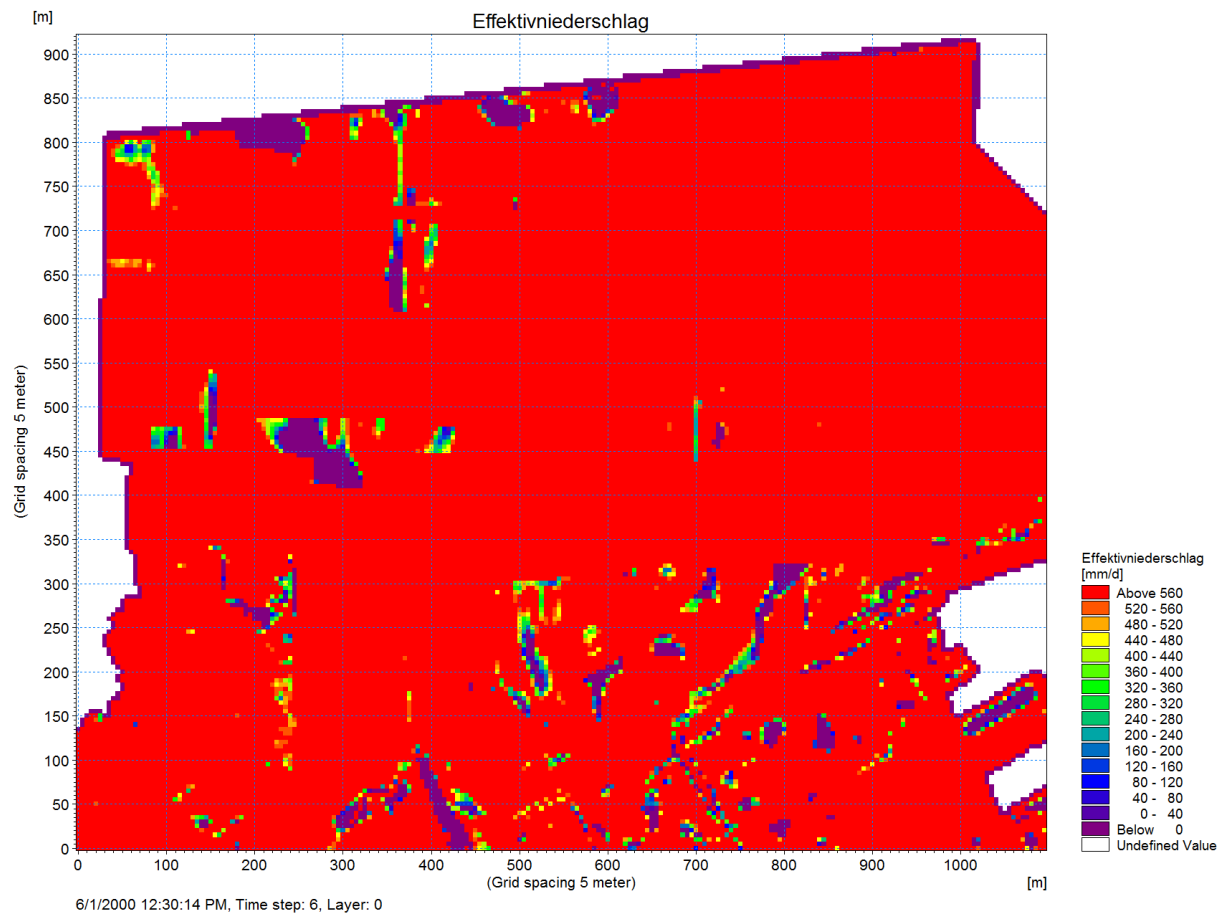


Abbildung B-7: Effektivniederschlag für T_{extrem} zum Zeitpunkt $T = 25$ Minuten

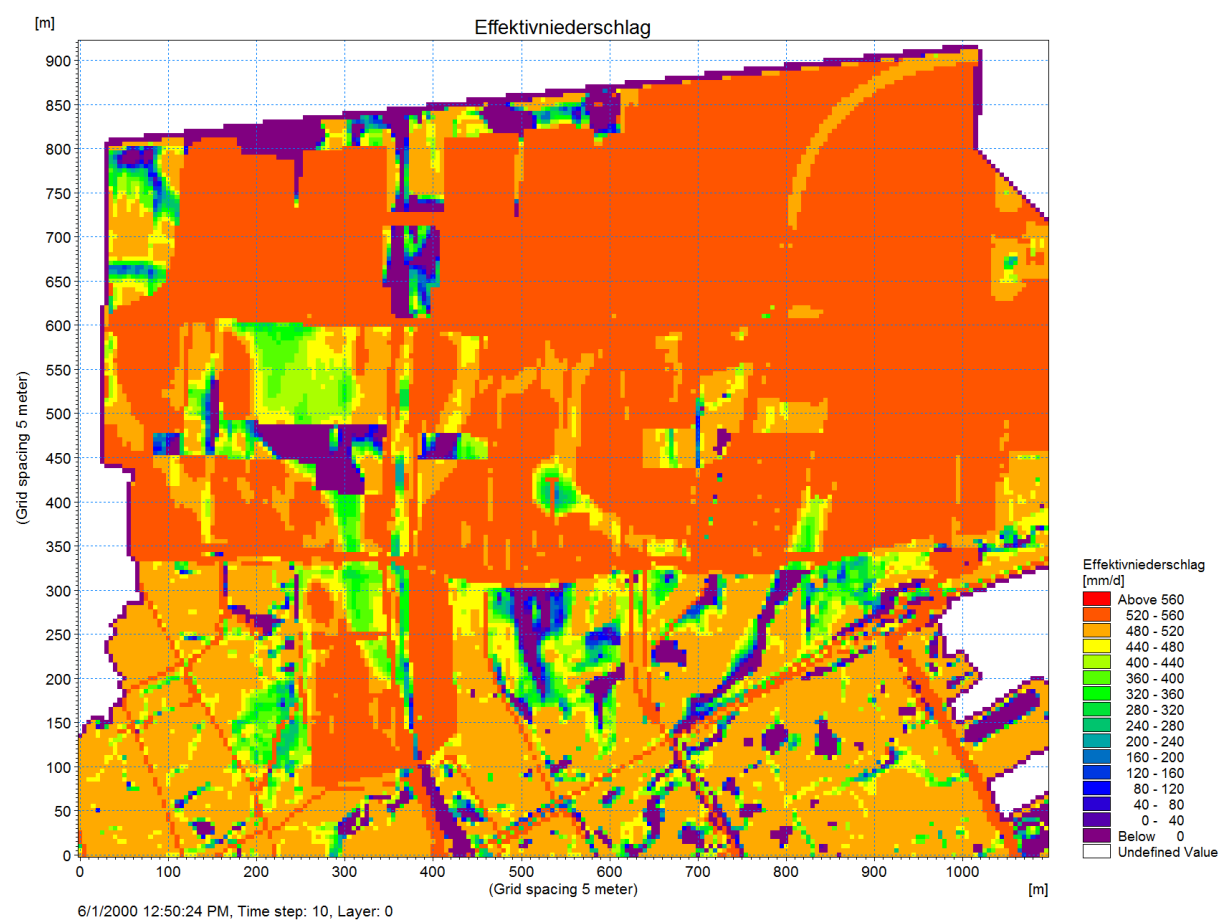


Abbildung B-8: Effektivniederschlag für T_{extrem} zum Zeitpunkt $T = 50$ Min

B.3 Ergebnisse der MIKE SHE Oberflächenabfluss (Karten)

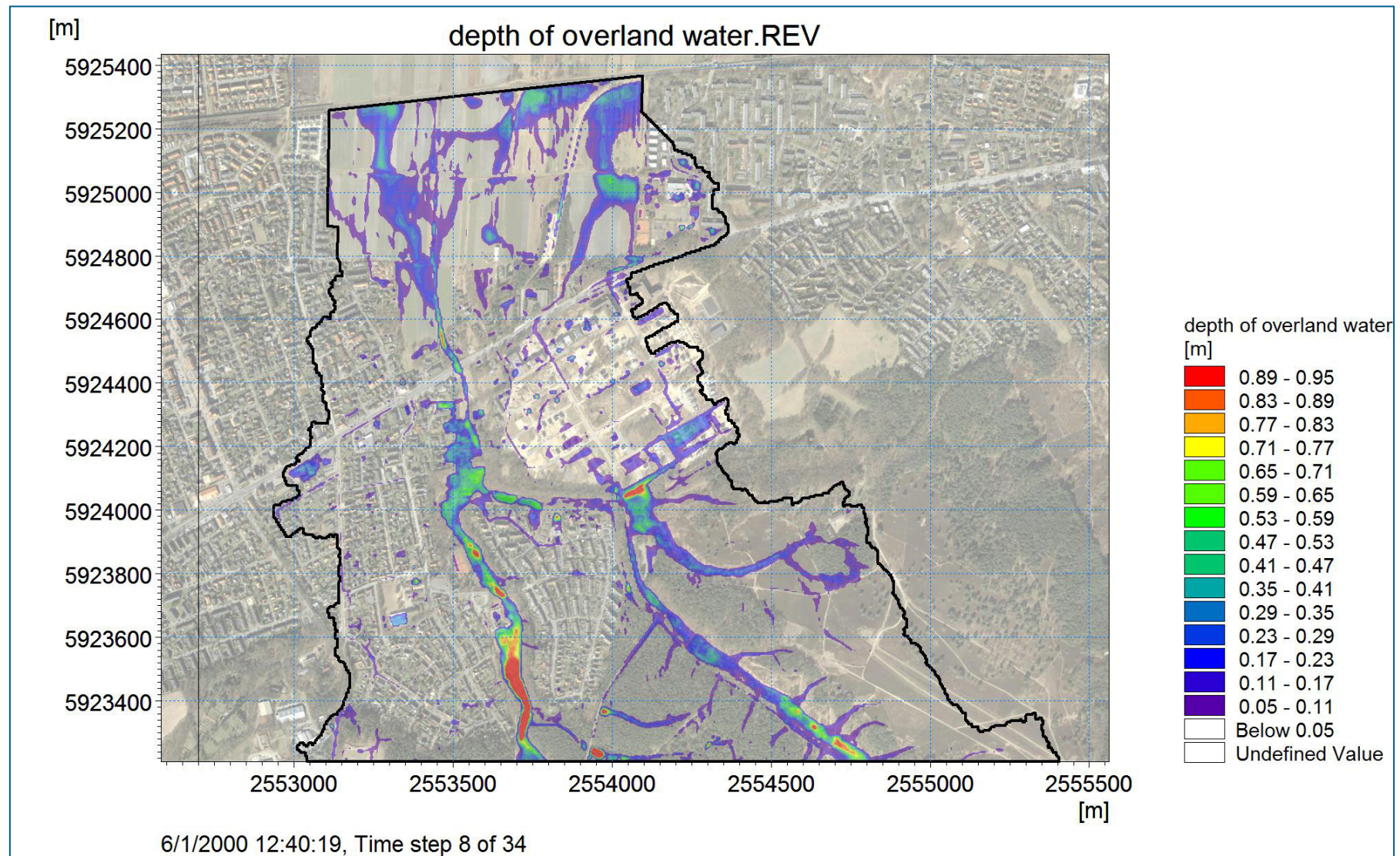


Abbildung B-9: Berechnete Wassertiefen ($T_{nextrem}$) mit nördlich platzierter Gewitterzelle nach 40 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG

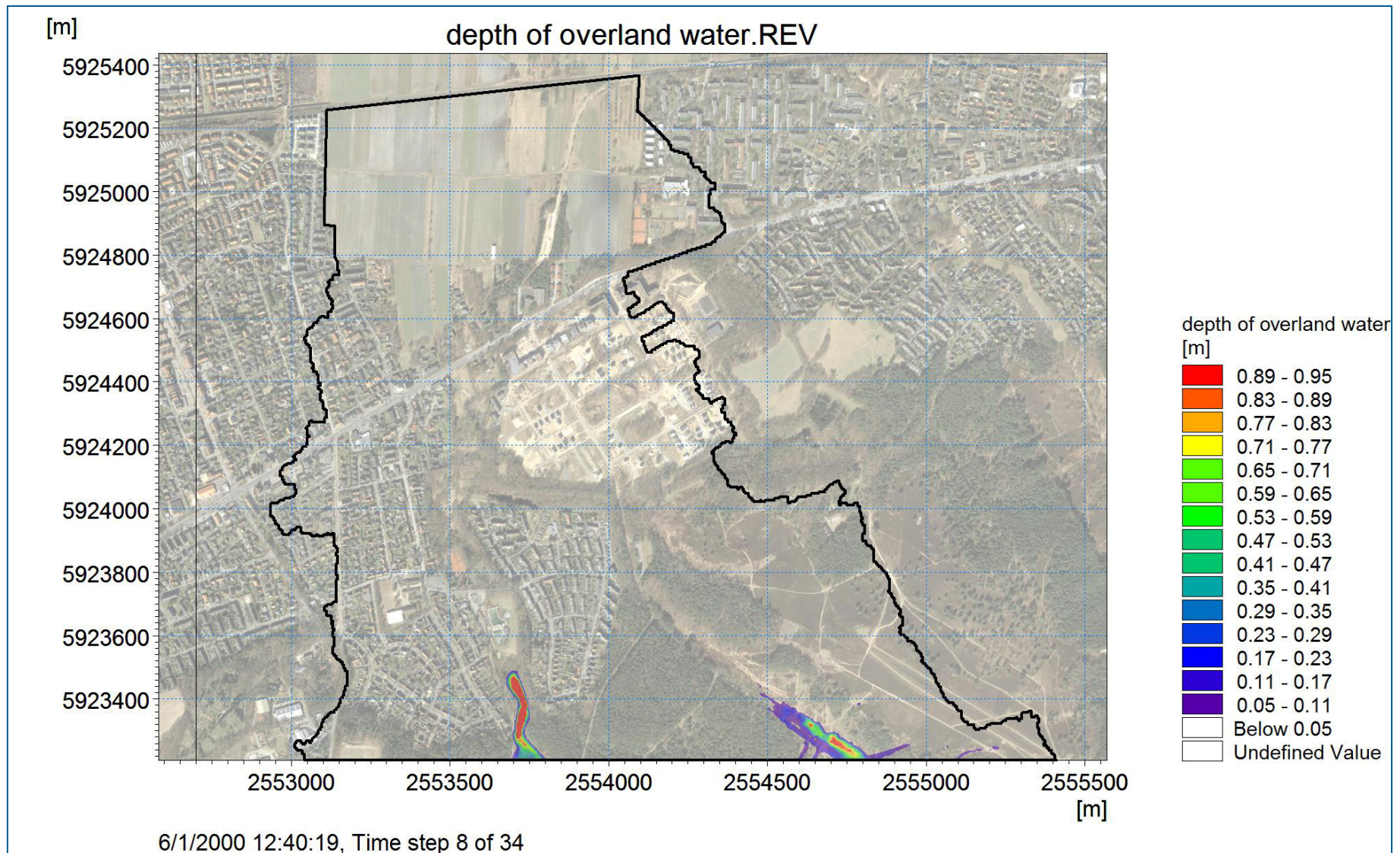


Abbildung B-10: Berechnete Wassertiefen (T_{extrem}) mit südlich platzierter Gewitterzelle nach 40 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG

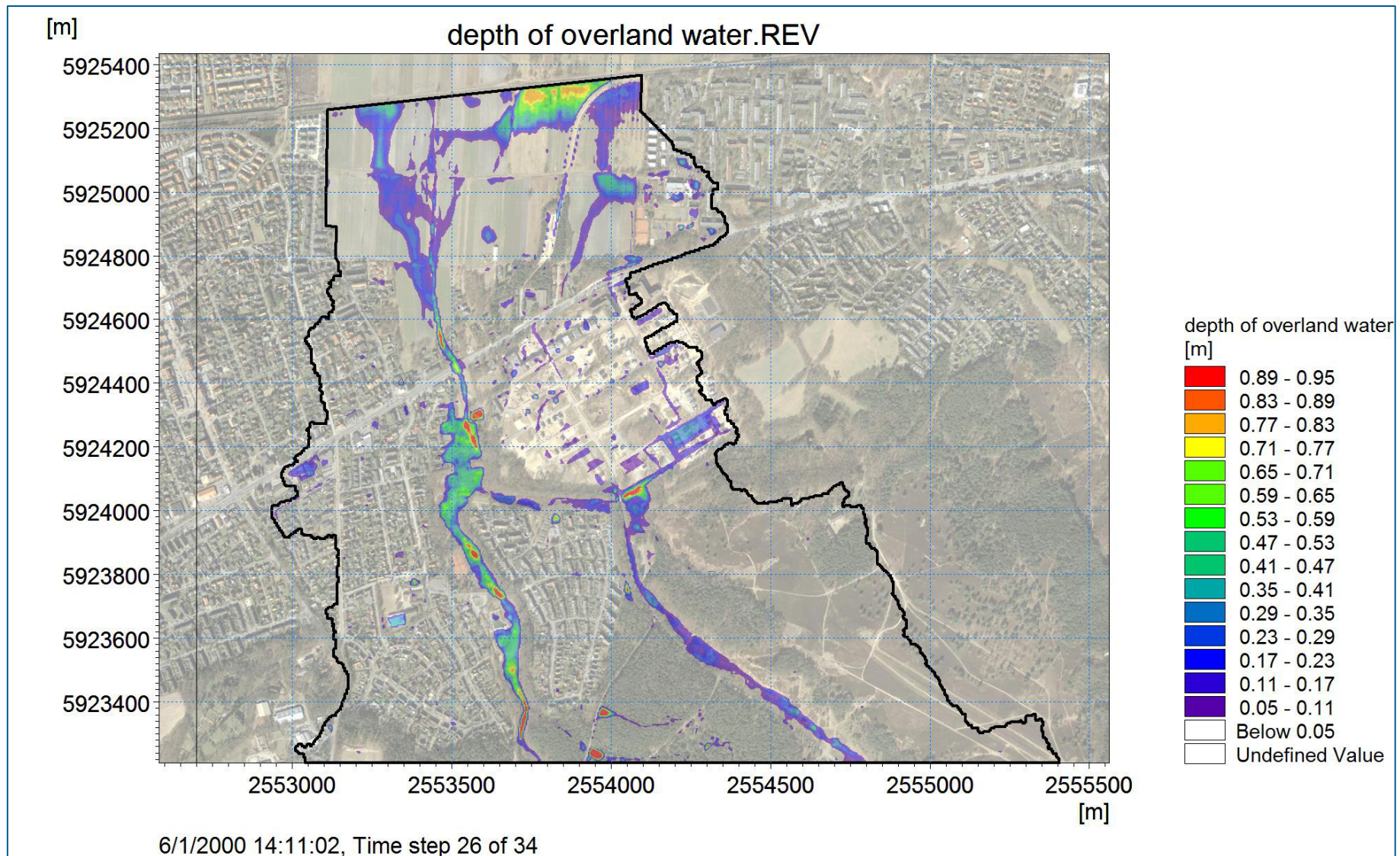


Abbildung B-11: Berechnete Wassertiefen (T_{nextrem}) mit nördlich platzierter Gewitterzelle nach 130 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG

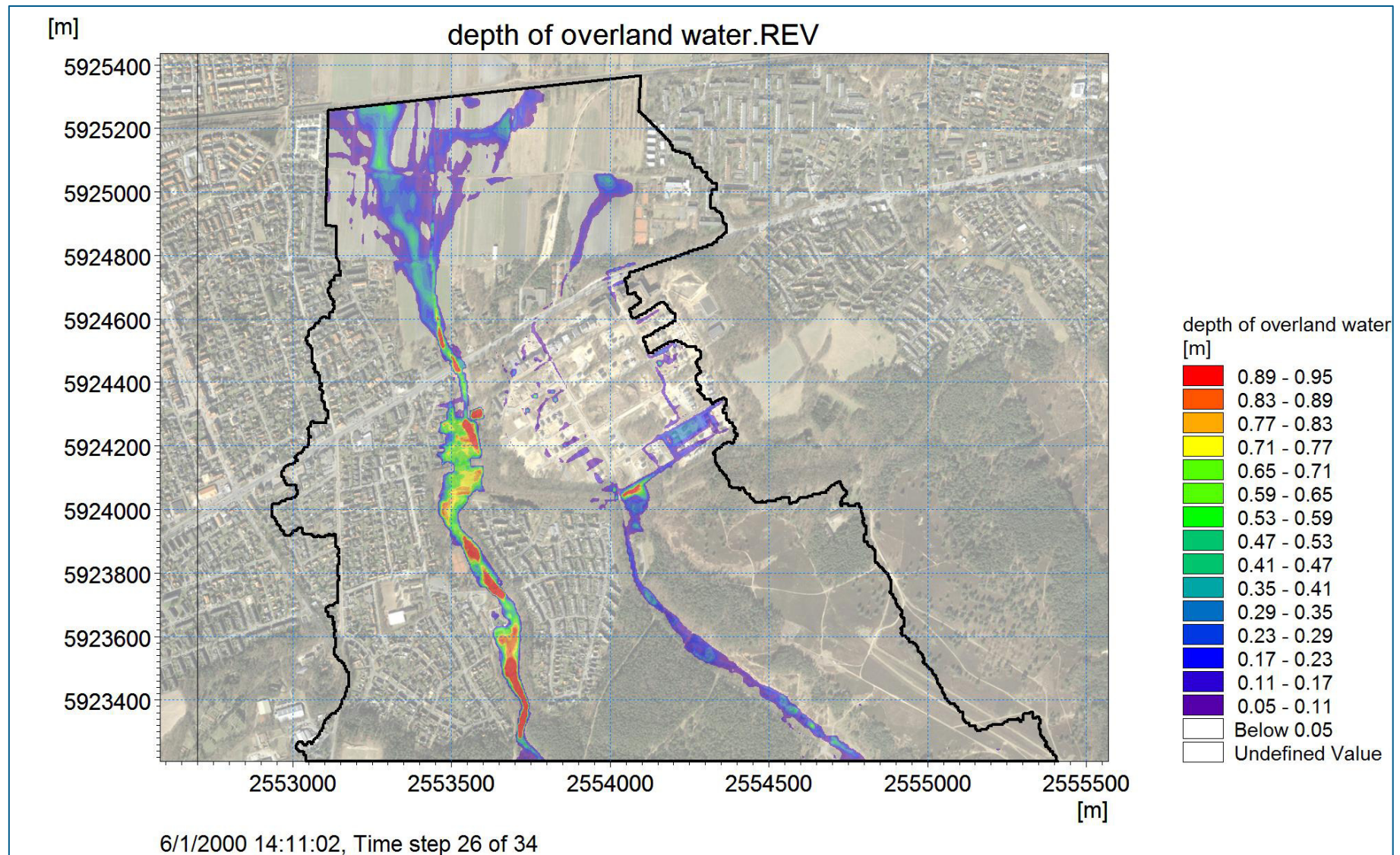
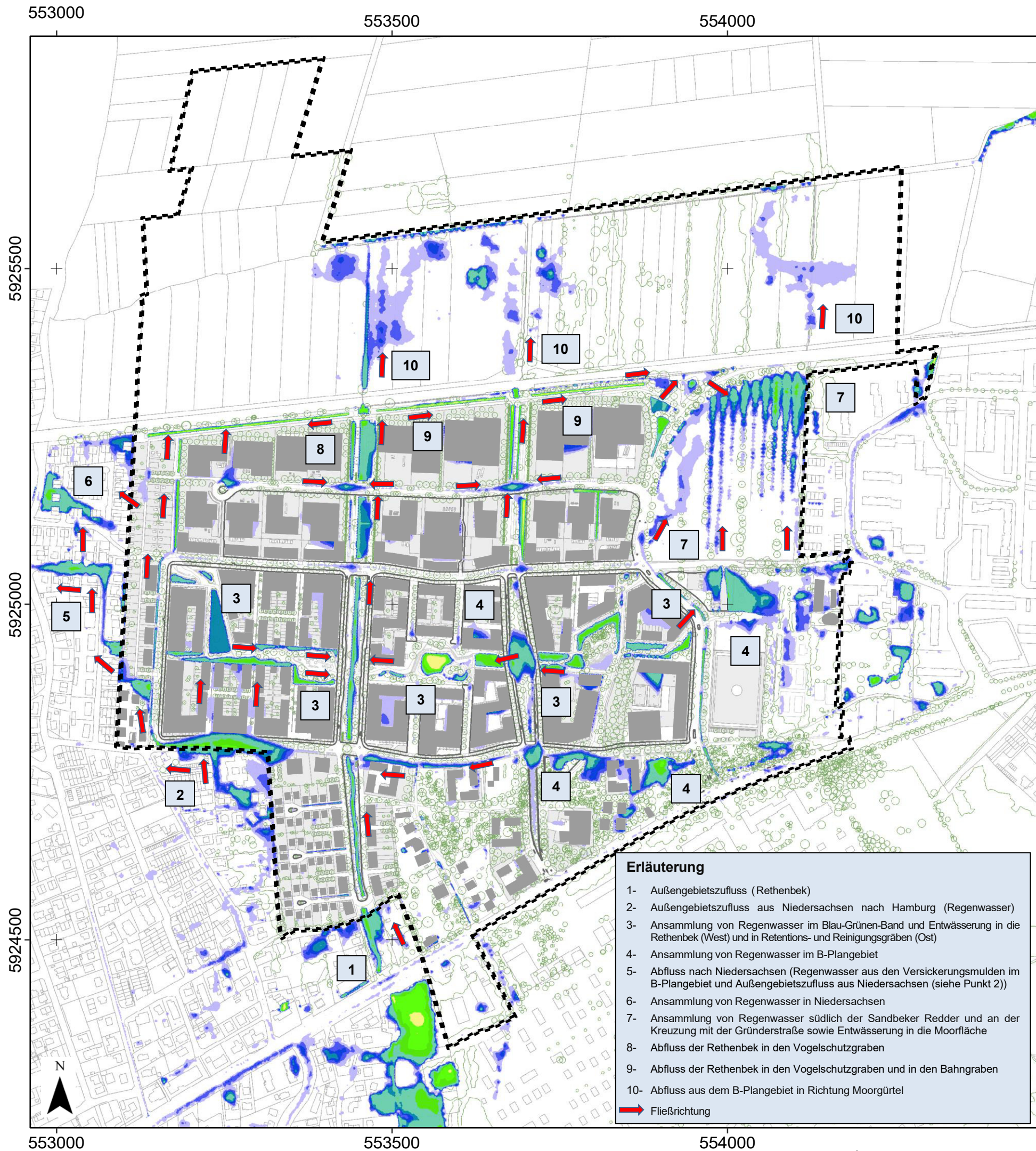


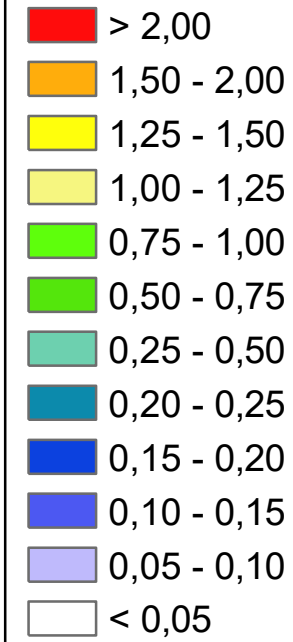
Abbildung B-12: Berechnete Wassertiefen ($T_{nExtrem}$) mit südlicher Platzierung der Gewitterzelle nach 130 Minuten in der nördlichen Hälfte des EZG

C. Starkregenkarten



Maximale Wassertiefen [m]

Tn selten Nord



- - - - Neubaugebiet Neugraben-Fischbek 67

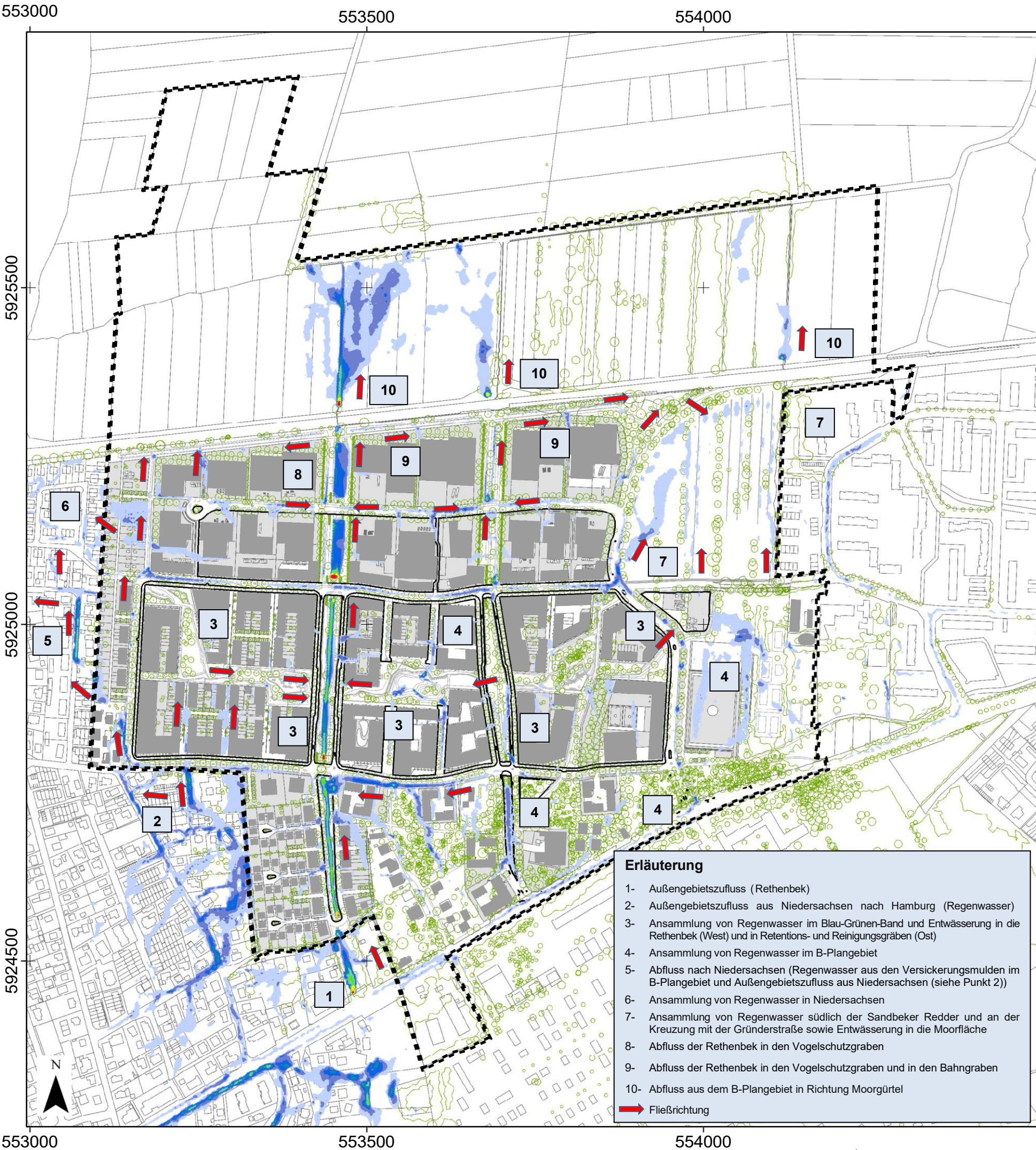


Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
WKID: 25832 (EPSG)

Hydraulische Berechnungen:	DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
	Datengrundlagen:	Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.: Juli 2023	
	Hintergrundkarte:	NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Gepr.: Juli 2023	
		Projekt-Nr.:	14807090	

Fischbeker Reethen		
Starkregenanalyse IV		
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67		
Berechnete Wassertiefen bei Tn_{30} (selten)		
Bearbeitungsdatum: Bremen, 27.07.2023		

- Erläuterung**
- 1- Außengebietszufluss (Rethenbek)
 - 2- Außengebietszufluss aus Niedersachsen nach Hamburg (Regenwasser)
 - 3- Ansammlung von Regenwasser im Blau-Grünen-Band und Entwässerung in die Rethenbek (West) und in Retentions- und Reinigungsgräben (Ost)
 - 4- Ansammlung von Regenwasser im B-Plangebiet
 - 5- Abfluss nach Niedersachsen (Regenwasser aus den Versickerungsmulden im B-Plangebiet und Außengebietszufluss aus Niedersachsen (siehe Punkt 2))
 - 6- Ansammlung von Regenwasser in Niedersachsen
 - 7- Ansammlung von Regenwasser südlich der Sandbeker Redder und an der Kreuzung mit der Gründerstraße sowie Entwässerung in die Moorfläche
 - 8- Abfluss der Rethenbek in den Vogelschutzgraben
 - 9- Abfluss der Rethenbek in den Vogelschutzgraben und in den Bahngraben
 - 10- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- Fließrichtung



Maximale Fließgeschwindigkeiten [m/s]
Tn selten 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

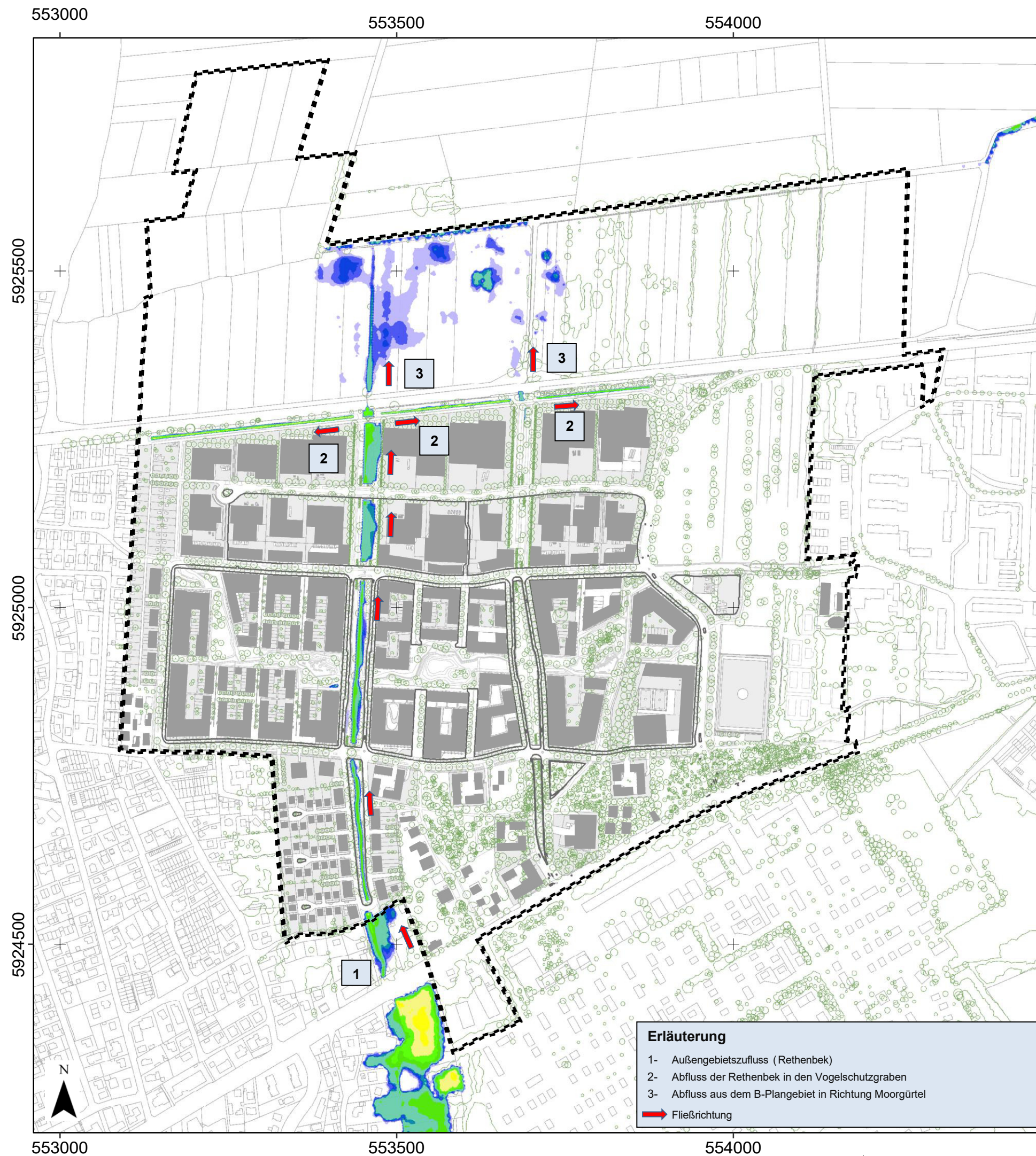
----- Neubaugebiet Neugraben-Fischbek 67

0 250 500 Meter

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
WKID: 25832 (EPSG)

Hydraulische Berechnungen:		DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2023			
	Gepr.:	Juli 2023			
	Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022		Projekt-Nr.: 14807090		

Fischbeker Reethen Starkregenanalyse IV Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67			
Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei Tn ₃₀ (selten)			
Bearbeitungsdatum: Bremen, 27.07.2023			



Maximale Wassertiefen [m]
Tn selten Süd

> 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

--- Neubaugebiet Neugraben-Fischbek 67

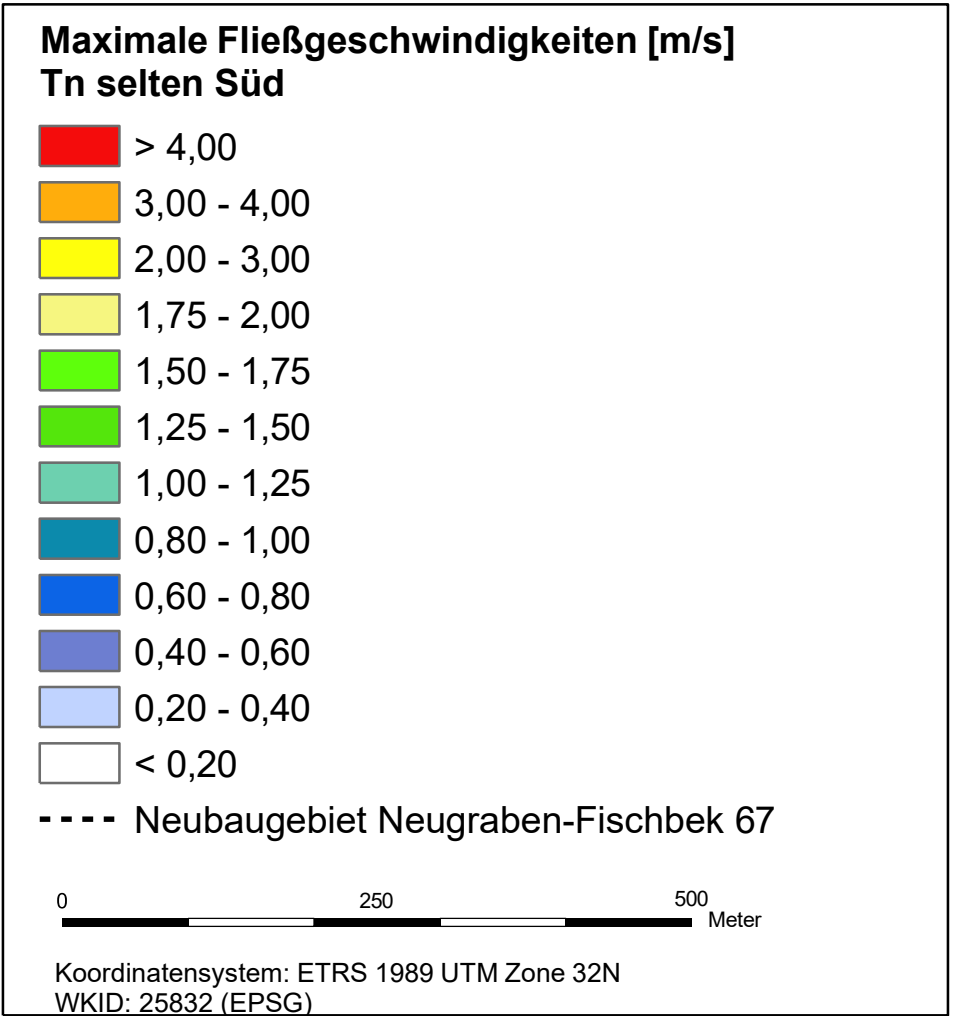
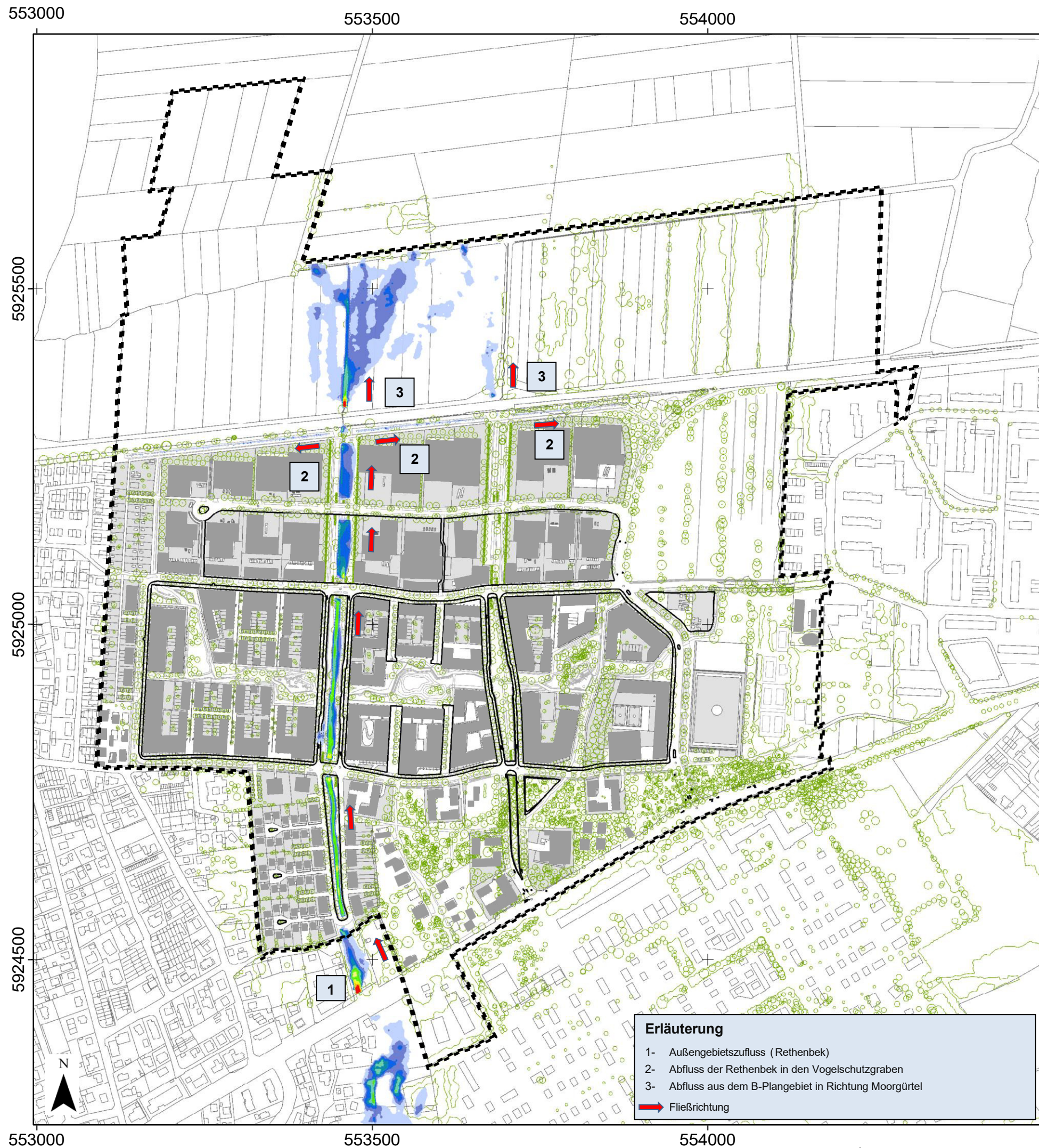
0 250 500 Meter

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
WKID: 25832 (EPSG)

Hydraulische Berechnungen:	DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
	Datengrundlagen:	Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.: Juli 2023	
	Hintergrundkarte:	NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Gepr.: Juli 2023	
		Projekt-Nr.:	14807090	

Fischbeker Reethen Starkregenanalyse IV Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67 	
Berechnete Wassertiefen bei Tn ₃₀ (selten)	
Bearbeitungsdatum: Bremen, 27.07.2023	

- Erläuterung**
- 1- Außengebietszufluss (Rethenbek)
 - 2- Abfluss der Rethenbek in den Vogelschutzgraben
 - 3- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
 - Fließrichtung

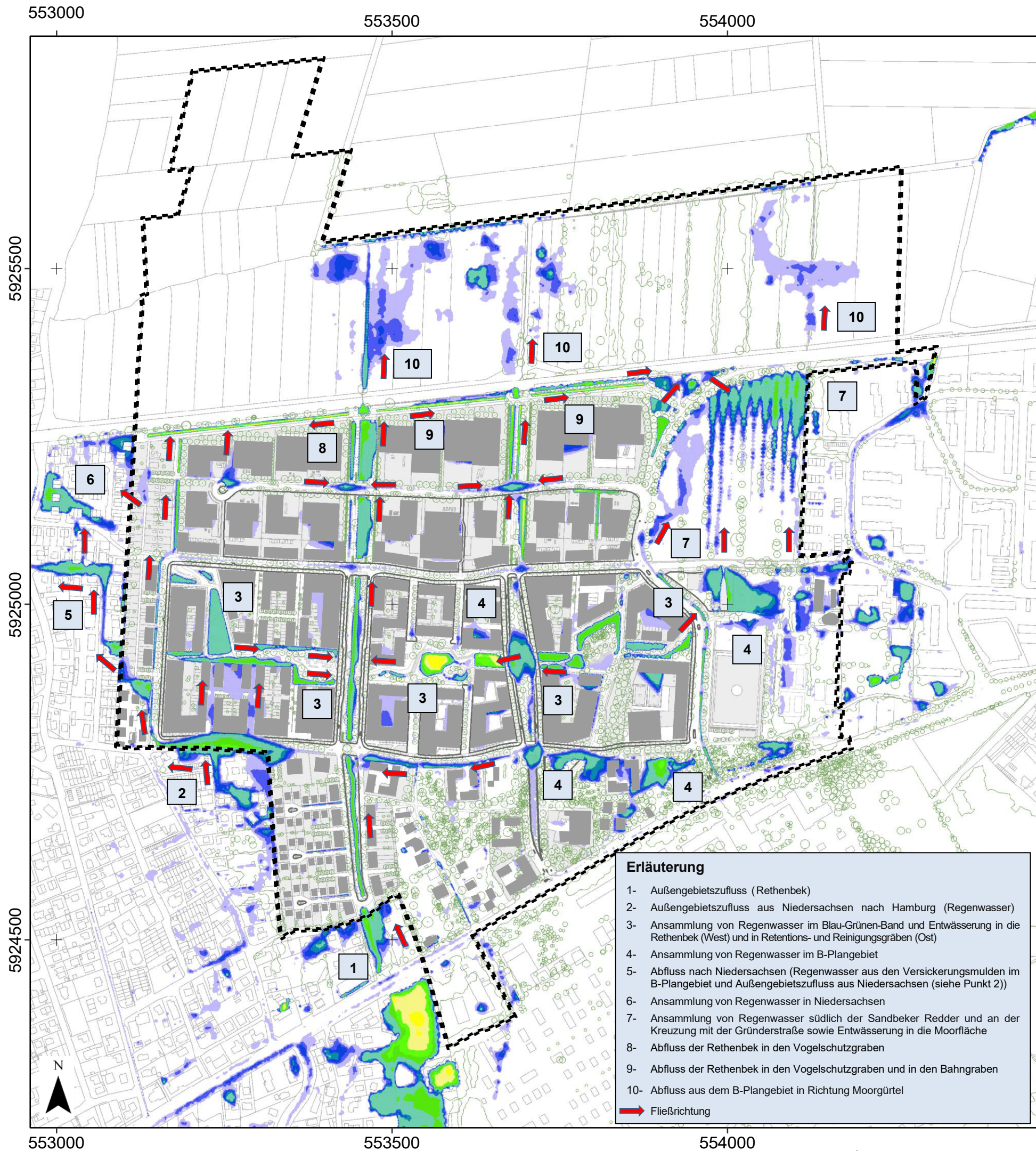


Hydraulische Berechnungen:		DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2023			
	Gepr.:	Juli 2023			
	Projekt-Nr.: 14807090				
Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022					

Fischbeker Reethen Starkregenanalyse IV Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67 	
Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei Tn ₃₀ (selten)	
Bearbeitungsdatum: Bremen, 27.07.2023	

Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss (Rethenbek)
- 2- Abfluss der Rethenbek in den Vogelschutzgraben
- 3- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- Fließrichtung



Maximale Wassertiefen [m]
Tn außergewöhnlich Nord

> 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

Neubaubereich Neugraben-Fischbek 67

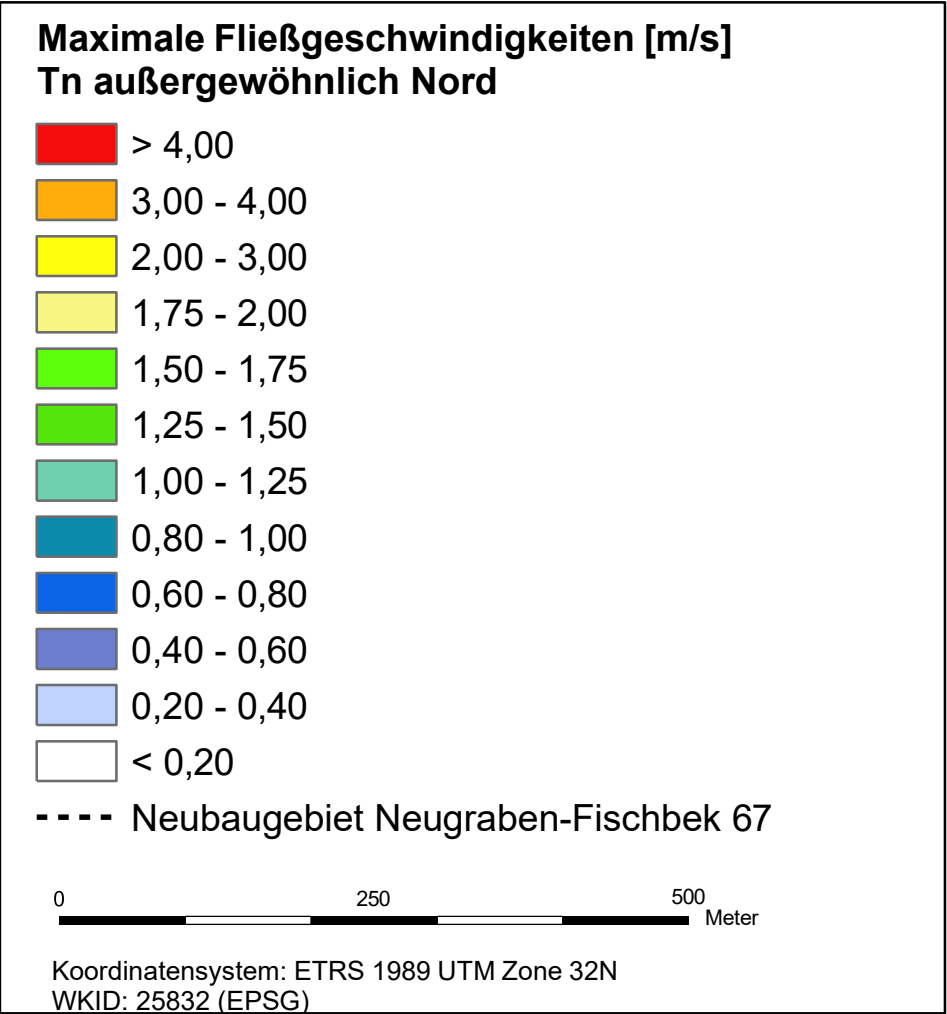
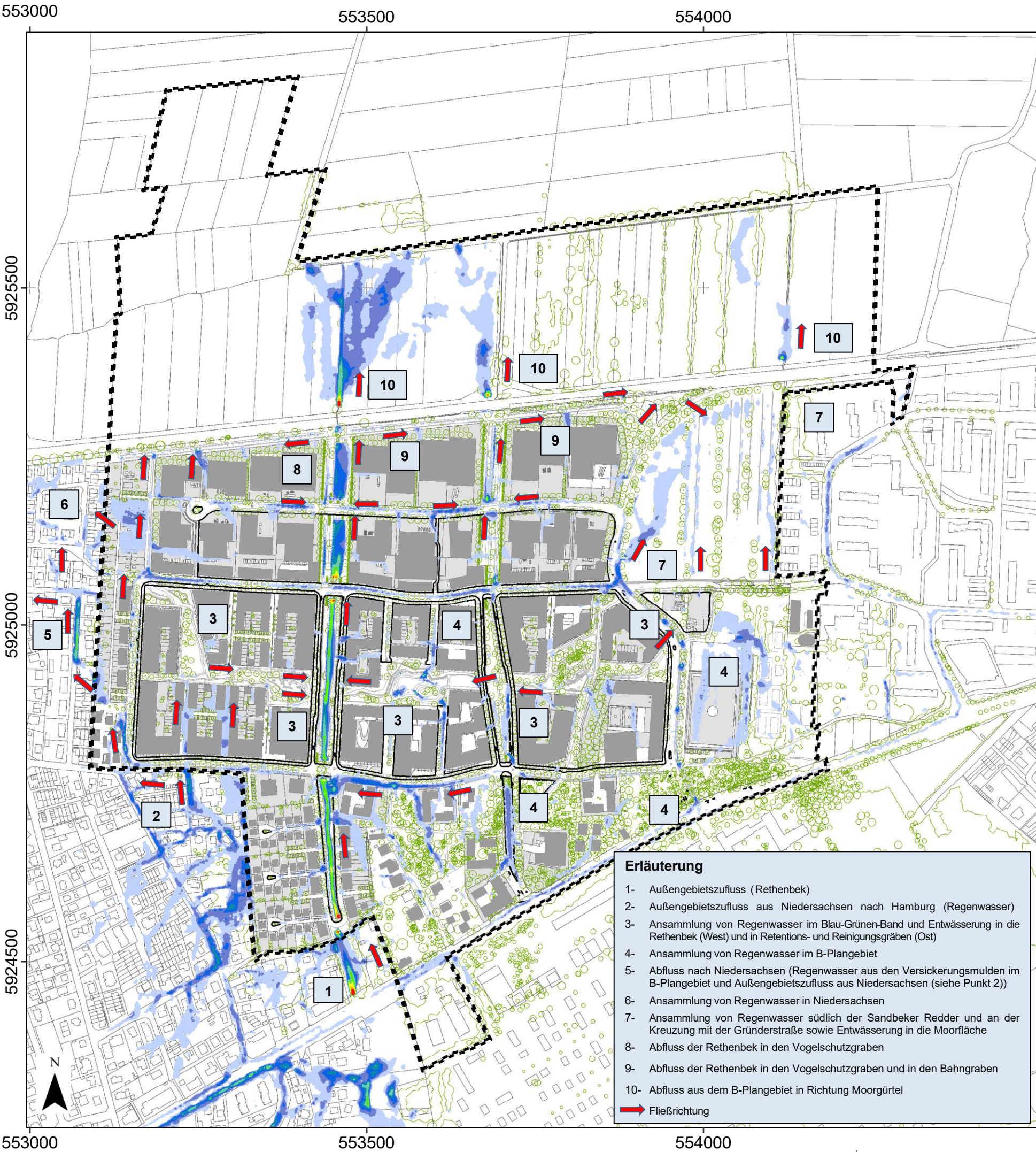
0250500Meter

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N

WKID: 25832 (EPSG)

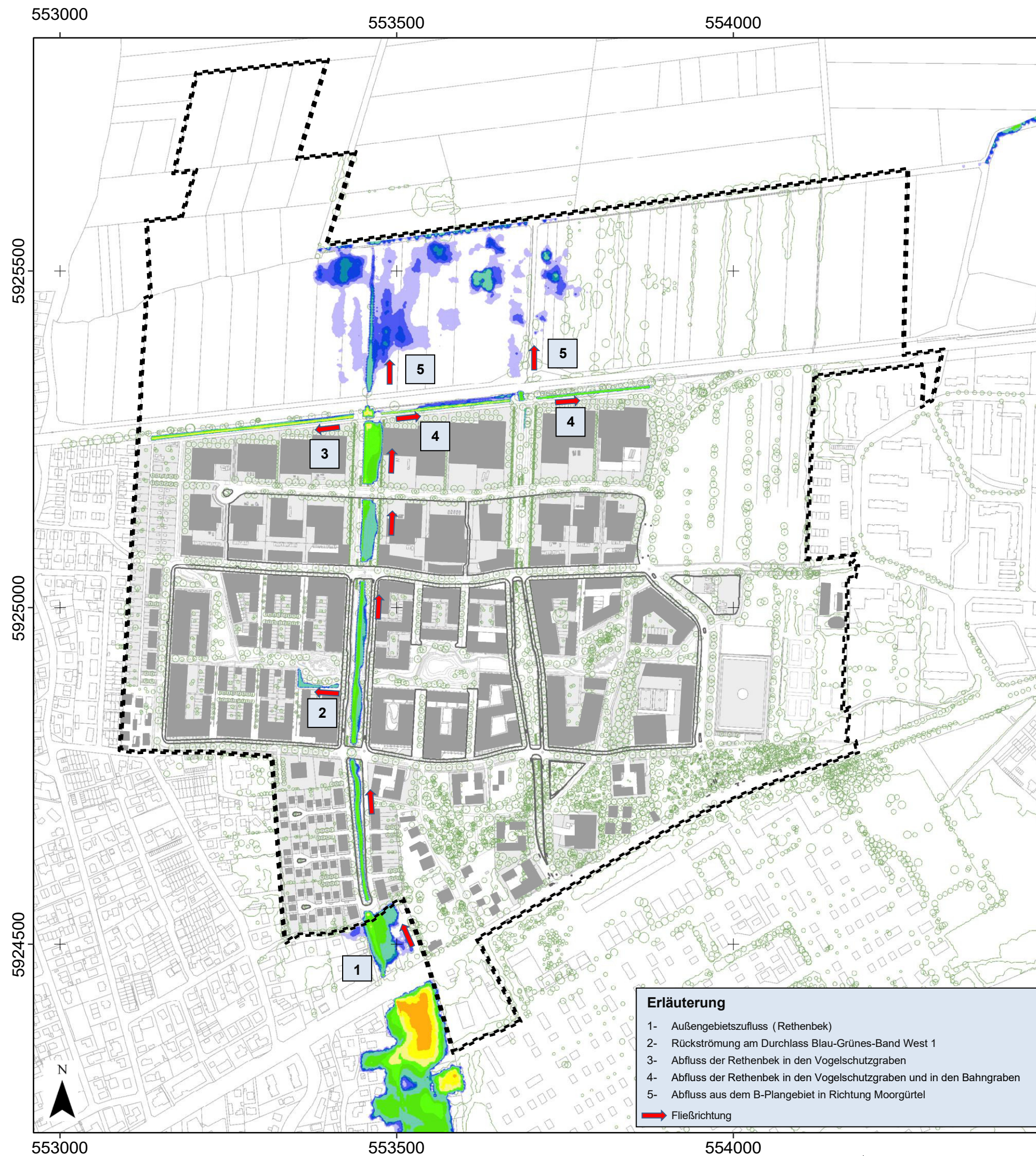
Hydraulische Berechnungen: DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung) Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Gez.:	Juli 2023	
	Gepr.:	Juli 2023	
	Projekt-Nr.:	14807090	

Fischbeker Reethen Starkregenanalyse IV Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67	
Berechnete Wassertiefen bei Tn ₁₀₀ (außergewöhnlich)	
Bearbeitungsdatum: Bremen, 27.07.2023	



Hydraulische Berechnungen:		DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2023			
	Gepr.:	Juli 2023			
	Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022		Projekt-Nr.: 14807090		

Fischbeker Reethen Starkregenanalyse IV Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67			
Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei Tn ₁₀₀ (außergewöhnlich)			
Bearbeitungsdatum: Bremen, 27.07.2023			



Maximale Wassertiefen [m]
Tn außergewöhnlich Süd

Red	> 2,00
Orange	1,50 - 2,00
Yellow	1,25 - 1,50
Light Yellow	1,00 - 1,25
Light Green	0,75 - 1,00
Green	0,50 - 0,75
Teal	0,25 - 0,50
Dark Teal	0,20 - 0,25
Blue	0,15 - 0,20
Dark Blue	0,10 - 0,15
Light Blue	0,05 - 0,10
White	< 0,05

--- Neubaubereich Neugraben-Fischbek 67

0 250 500 Meter

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
WKID: 25832 (EPSG)

Hydraulische Berechnungen: DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
	Gez.:	Juli 2023	
	Gepr.:	Juli 2023	
Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022		Projekt-Nr.: 14807090	

Fischbeker Reethen Starkregenanalyse IV Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67 	
Berechnete Wassertiefen bei Tn ₁₀₀ (außergewöhnlich)	
Bearbeitungsdatum: Bremen, 27.07.2023	

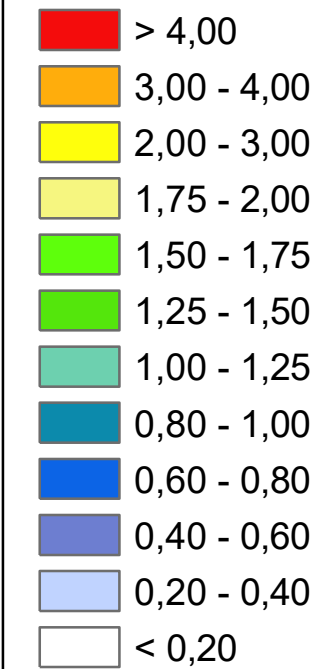
Erläuterung

- 1- Außengebietszufluss (Reethenbek)
- 2- Rückströmung am Durchlass Blau-Grünes-Band West 1
- 3- Abfluss der Reethenbek in den Vogelschutzgraben
- 4- Abfluss der Reethenbek in den Vogelschutzgraben und in den Bahngraben
- 5- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel

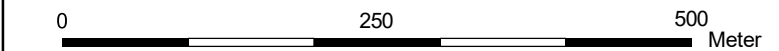
➔ Fließrichtung



Maximale Fließgeschwindigkeiten [m/s] Tn außergewöhnlich Süd



--- Neubaubereich Neugraben-Fischbek 67



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
WKID: 25832 (EPSG)

Hydraulische Berechnungen:		DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland		
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2023	■	
	Gepr.:	Juli 2023	■	
	Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Projekt-Nr.:	14807090	

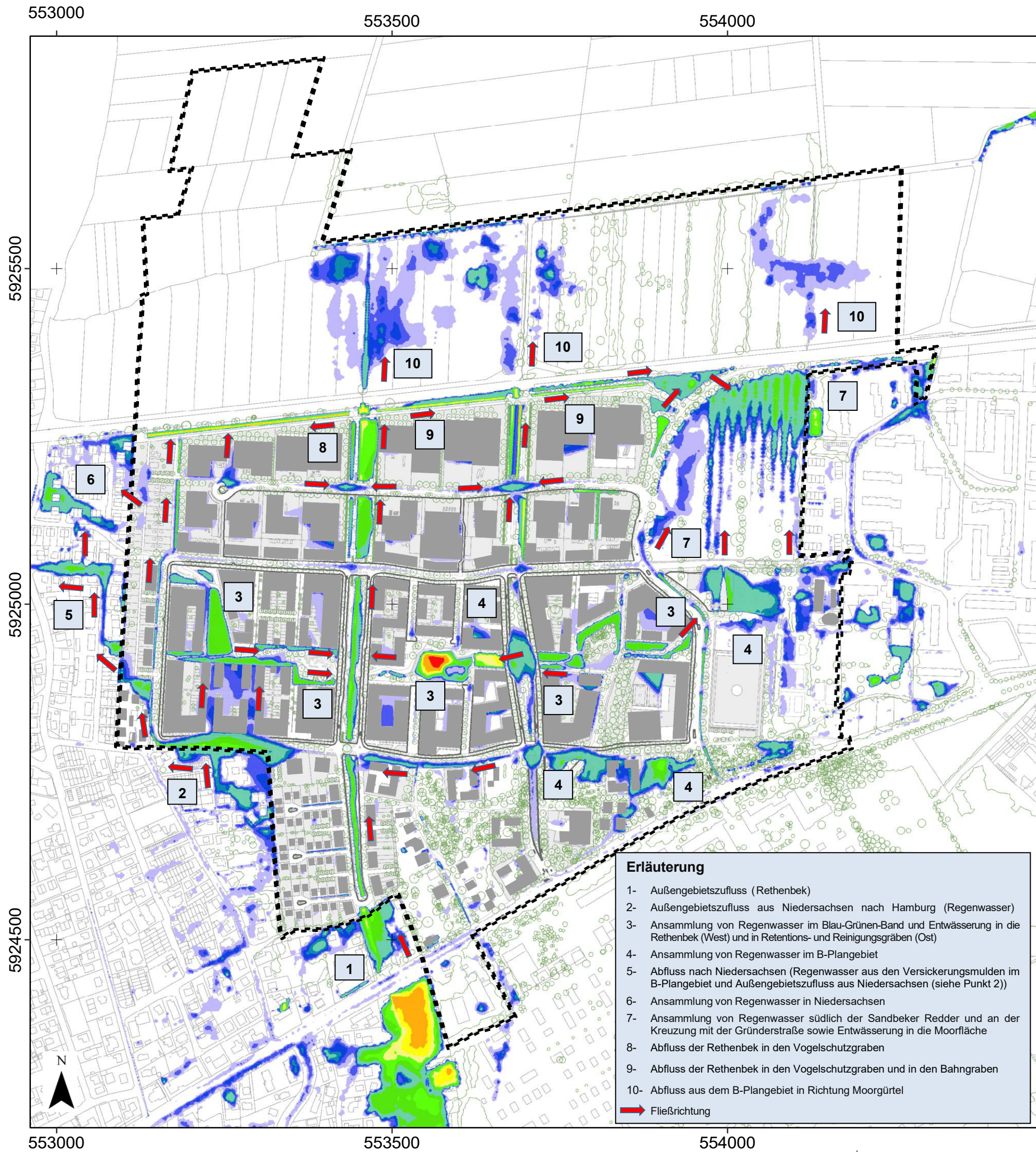


Fischbeker Reethen Starkregenanalyse IV Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67



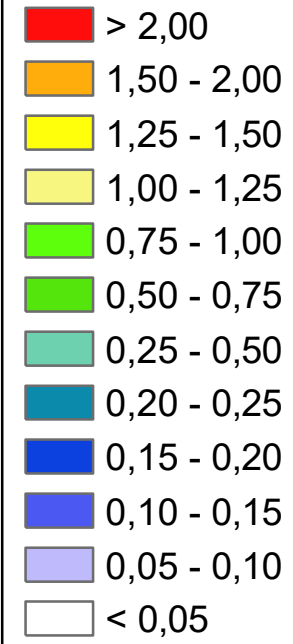
Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei Tn₁₀₀ (außergewöhnlich)

Bearbeitungsdatum:
Bremen, 27.07.2023

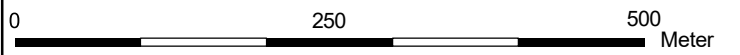


Maximale Wassertiefen [m]

Tn extrem Nord



- - - - Neubaugebiet Neugraben-Fischbek 67



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
WKID: 25832 (EPSG)

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



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

Gez.:	Juli 2023	■
Gepr.:	Juli 2023	■

Hintergrundkarte:
NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022

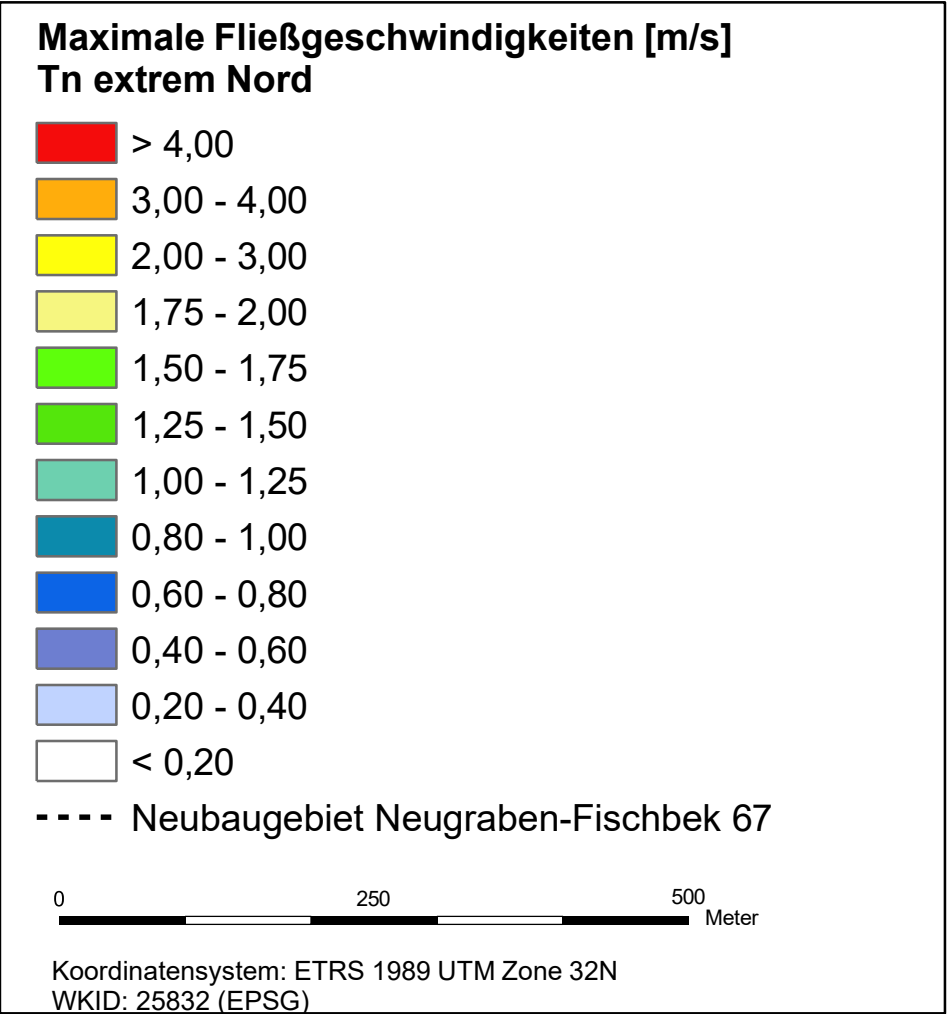
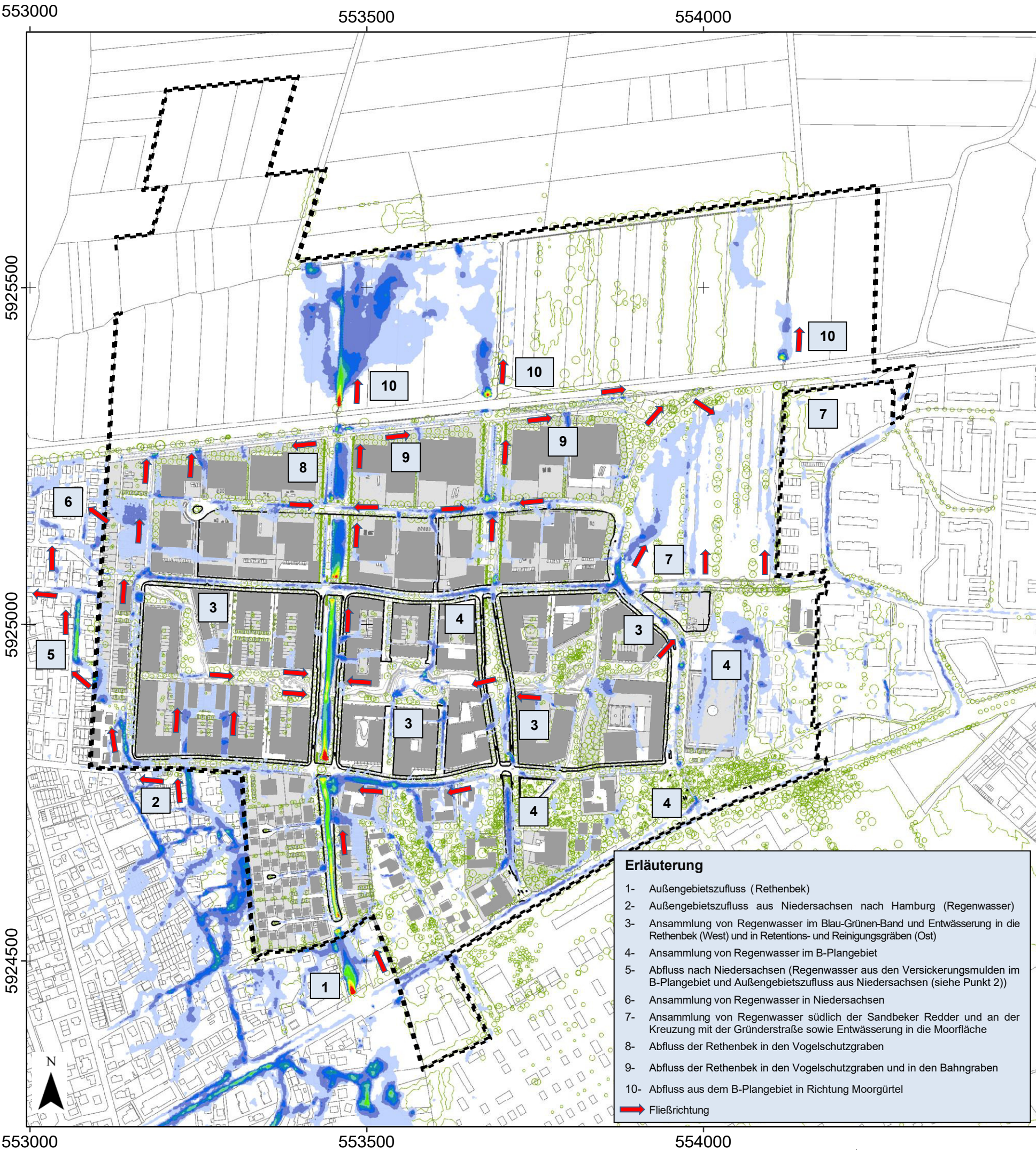
Projekt-Nr.: 14807090

Fischbeker Reethen
Starkregenanalyse IV
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67



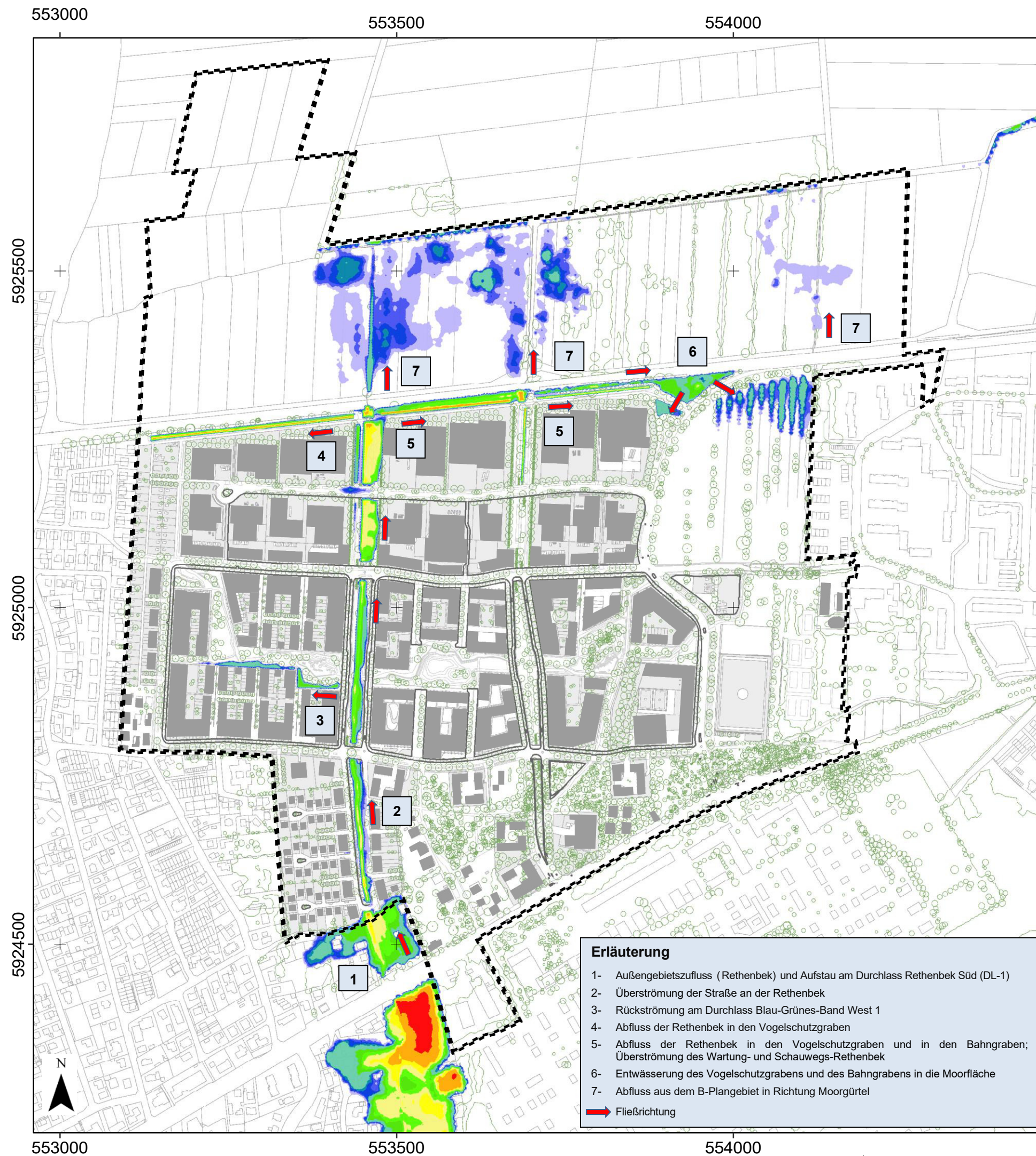
Berechnete Wassertiefen bei Tn>300 (extrem)

Bearbeitungsdatum:
Bremen, 27.07.2023



Hydraulische Berechnungen:		DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2023			
	Gepr.:	Juli 2023			
	Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022		Projekt-Nr.: 14807090		

Fischbeker Reethen Starkregenanalyse IV Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67			
Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei Tn>300 (extrem)			
Bearbeitungsdatum: Bremen, 27.07.2023			



Maximale Wassertiefen [m]
Tn extrem Süd

> 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

Neubaubereich Neugraben-Fischbek 67

0

250

500

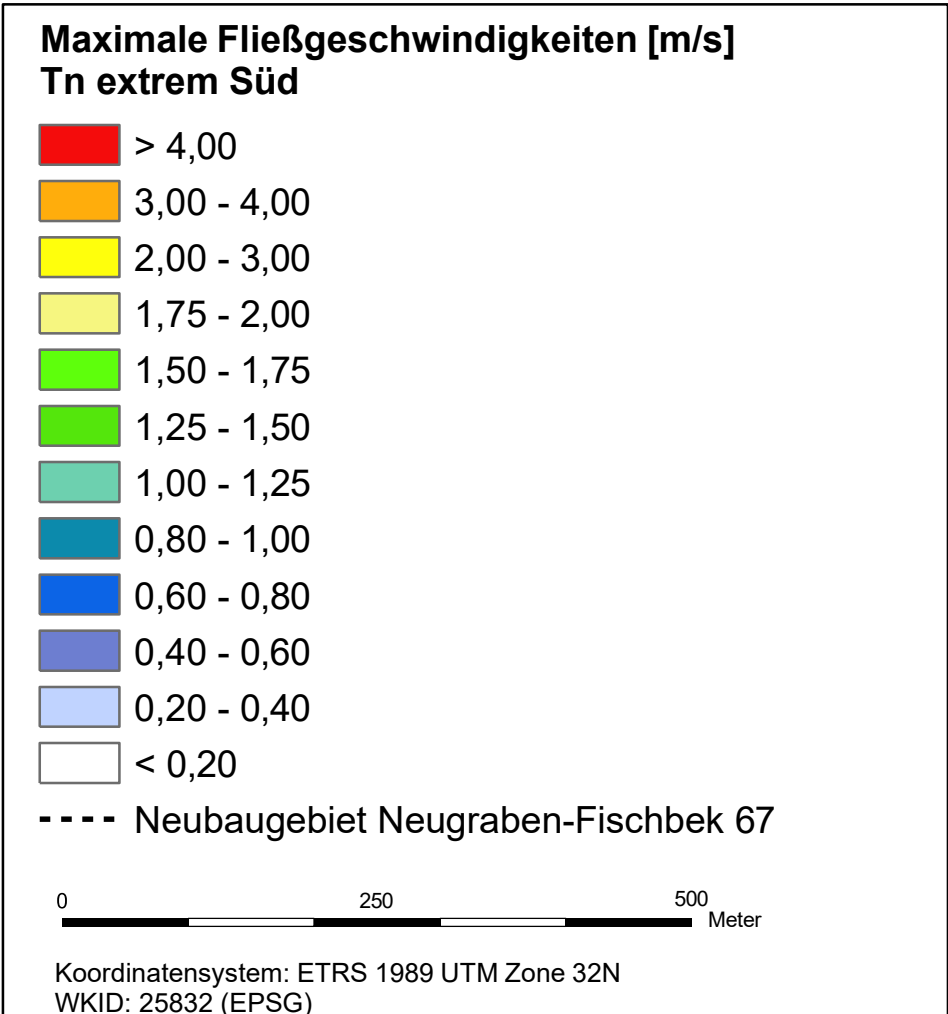
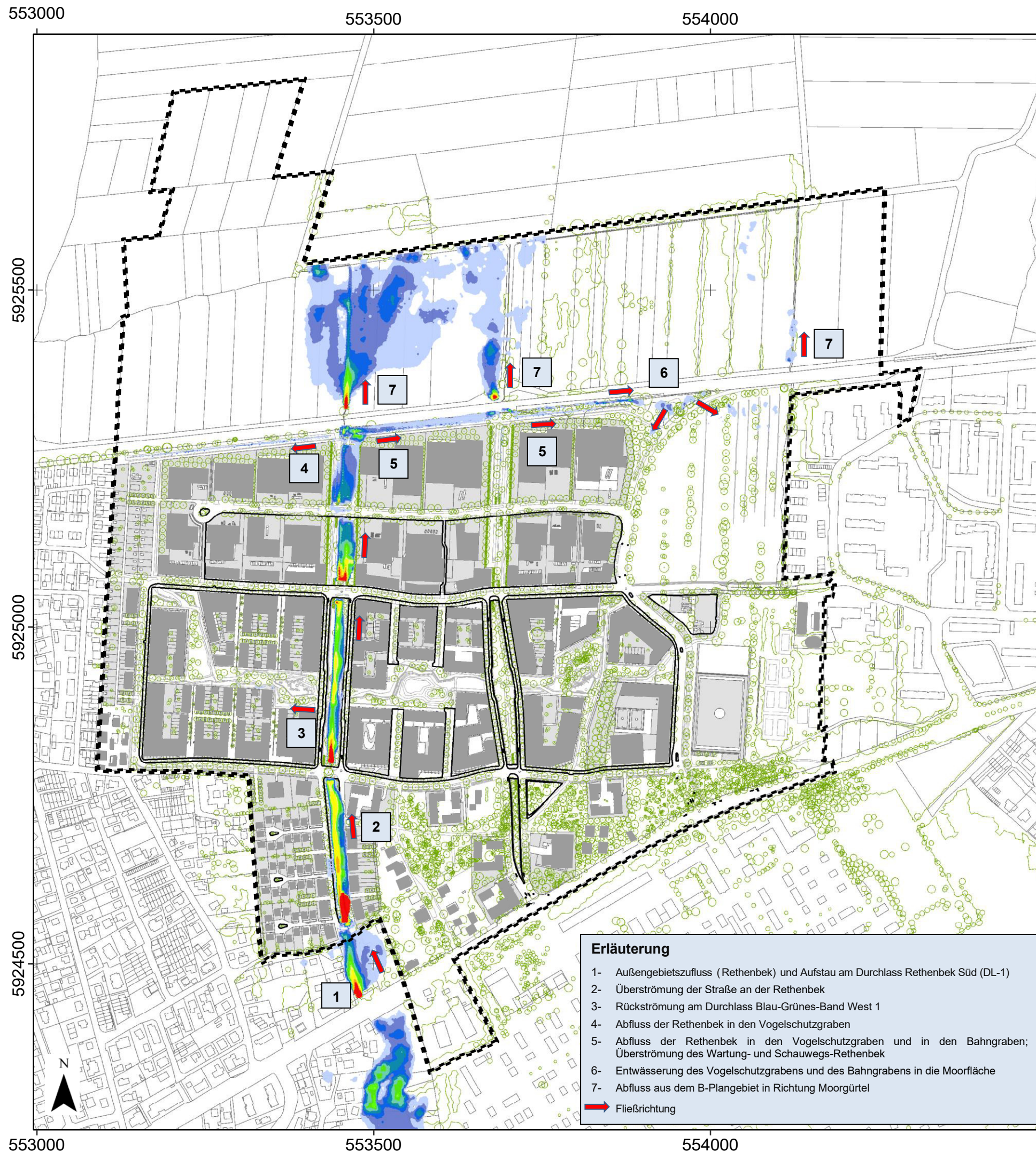
Meter

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N

WKID: 25832 (EPSG)

Hydraulische Berechnungen:	DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
	Datengrundlagen:	Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.: Juli 2023	
	Hintergrundkarte:	NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022	Gepr.: Juli 2023	
			Projekt-Nr.: 14807090	

Fischbeker Reethen Starkregenanalyse IV Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67		
Berechnete Wassertiefen bei Tn>300 (extrem)		
Bearbeitungsdatum: Bremen, 27.07.2023		



Hydraulische Berechnungen:		DHI WASY GmbH Büro Bremen Knochenhauerstr. 20/25 28195 Bremen Deutschland			
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)	Gez.:	Juli 2023	■		
	Gepr.:	Juli 2023	■		
	Hintergrundkarte: NF67 Funktionsplan vom 04.05.2022		Projekt-Nr.: 14807090		

Fischbeker Reethen Starkregenanalyse IV Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67			
Berechnete Fließgeschwindigkeiten bei Tn>300 (extrem)			
Bearbeitungsdatum: Bremen, 27.07.2023			

- Erläuterung**
- 1- Außengebietszufluss (Reethenbek) und Aufstau am Durchlass Reethenbek Süd (DL-1)
 - 2- Überströmung der Straße an der Reethenbek
 - 3- Rückströmung am Durchlass Blau-Grünes-Band West 1
 - 4- Abfluss der Reethenbek in den Vogelschutzgraben
 - 5- Abfluss der Reethenbek in den Vogelschutzgraben und in den Bahngraben; Überströmung des Wartung- und Schauwegs-Reethenbek
 - 6- Entwässerung des Vogelschutzgrabens und des Bahngrabens in die Moorfläche
 - 7- Abfluss aus dem B-Plangebiet in Richtung Moorgürtel
- ➔ Fließrichtung