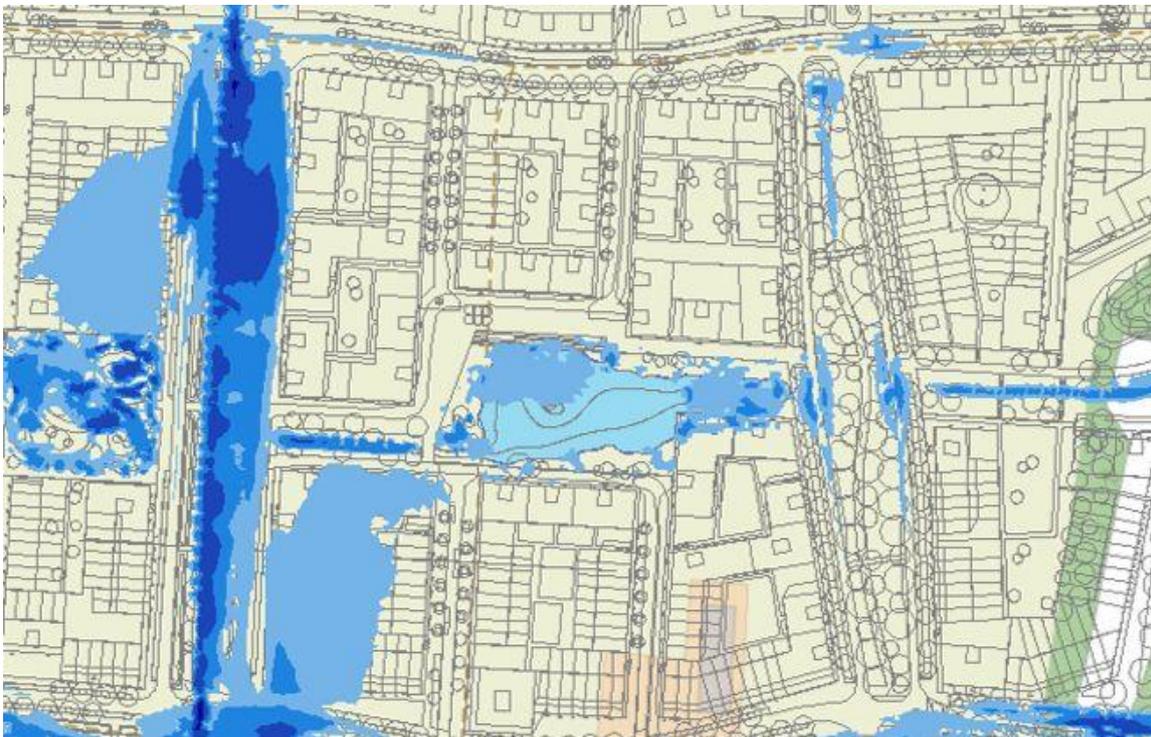


Starkregenanalyse Fischbeker Reethen

Erläuterungsbericht und Handlungsempfehlungen



IBA_HAMBURG

Erläuterungsbericht

Mai 2019

Dieser Bericht wurde im Rahmen des DHI Business-Management-Systems (Bureau Veritas - zertifiziert nach ISO 9001, Qualitätsmanagement) erstellt.



Erstellt von	
X 	16/05/2019
Signed by: 	

Genehmigt von	
X 	16.05.2019
Signed by: 	

Starkregenanalyse Fischbeker Reethen

Erläuterungsbericht und Handlungsempfehlungen

Erstellt für IBA Hamburg

Vertreten durch



Beispiel aus der Starkregenanalyse

Projektmanager	
Projektbearbeitung	

Projektnummer	14804928
Revision	FINAL
Einstufung	Vertraulich

INHALT

1	Veranlassung.....	1
2	Bearbeitungskonzept.....	2
3	Grundlagendaten	3
4	Modellierung der Starkregengefahr	5
4.1	Hydrologisches Modell	5
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	9
4.1.5	Ergebnisse der Berechnungen	11
4.2	Hydrodynamisches Modell	13
4.2.1	Zweck und Ziel der hydrodynamischen Modellierung.....	13
4.2.2	Einsatz des hydrodynamischen Modells MIKE21 FM.....	13
4.2.3	Ermittlung der Randbedingungen	14
4.2.4	Modellaufbau und Parametrisierung	16
4.2.5	Ergebnisse der Berechnungen	17
5	Gefährdungsanalyse.....	18
5.1	Auswertung HQ_{Selten}	19
5.2	Auswertung $HQ_{\text{außergewöhnlich}}$	19
5.3	Auswertung HQ_{extrem}	20
6	Handlungsempfehlungen	20
6.1	Allgemeine Randbedingungen zu den Handlungsempfehlungen.....	21
6.1.1	Technische (T) Maßnahmen.....	21
6.1.2	Nicht-technische (NT) Maßnahmen.....	24
7	Zusammenfassung.....	25
8	Literatur	26

ABBILDUNGEN

Abbildung 1-1: Übersichtskarte Projektgebiet	1
Abbildung 2-1: Bearbeitungskonzept Starkregenanalyse Fischbeker Reethen.....	2
Abbildung 2-2: Modellschematik für die Starkregenanalyse	3
Abbildung 4-1: Übersichtskarte des oberflächigen Einzugsgebiets mit hinterlegten 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	9
Abbildung 4-4: Landnutzungskarte (links) und Bodenübersichtskarte (rechts).....	10

Abbildung 4-5: Berechnete Wassertiefe für HQ_{Extrem} nach 40 min (vor Überströmung des Straßendamms) in der nördlichen Hälfte des EZG	11
Abbildung 4-6: Berechnete Wassertiefe für HQ_{Extrem} nach 130 min (Überströmung des Straßendamms) in der nördlichen Hälfte des EZG	12
Abbildung 4-7: Abflussganglinie HQ_{Extrem} südlich der Cuxhavener Straße	12
Abbildung 4-8 Höhenmodell der Planungen und Lage der Drosseln für das hydraulische Modell.....	15
Abbildung 4-9 Exemplarischer Ausschnitt des Berechnungsnetzes	16
Abbildung 4-10 Modellnetz mit Visualisierung der hinterlegten Höhen.....	17
Abbildung 5-1: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen (Tabelle 3 aus [2])	18
Abbildung 5-2: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten (Tabelle 4 aus [2])	18
Abbildung 5-3: Screenshot der Situation nördlich des Pappelwegs.....	19
Abbildung 6-1: Örtlichkeiten der punktuellen Handlungsempfehlungen	20
Abbildung 6-2: Überlastung der Kanalisation bei Überstau über Gelände (Abbildung 1 aus [1])	23
Abbildung 8-1: Kumulative Flüsse HQ_{Selten}	1
Abbildung 8-2: Kumulative Flüsse $HQ_{\text{Außergewöhnlich}}$	1
Abbildung 8-3: Kumulative Flüsse HQ_{Extrem}	2
Abbildung 8-4: Effektivniederschlag für HQ_{Extrem} zum Zeitpunkt $T = 25$ min	2
Abbildung 8-5: Effektivniederschlag für HQ_{Extrem} zum Zeitpunkt $T = 50$ min	3

TABELLEN

Tabelle 3-1: Grundlagendaten.....	3
Tabelle 4-1: In MIKE SHE abgebildete hydrologische Prozesse und entsprechende numerische Ansätze	7
Tabelle 4-2: Untersuchte Niederschlagsereignisse.....	8
Tabelle 4-3: Kenngrößen aus der hydrologischen Modellierung für die hydrodynamische Modellierung.....	13
Tabelle 4-4 Übersicht der im Planungsgebiet befindlichen, geplanten Drosselklappen	15

ANHANG

ANHANG A: Ergebnisse MIKE SHE Oberflächenabfluss

ANHANG B: Karten der Gefährdungsanalyse

1 Veranlassung

Im Mai 2018 waren die Hamburger Stadtteile Bergedorf und Lohbrügge von heftigen Regenfällen betroffen, welche zu erheblichen Sachschäden führten. In den anderen Stadtteilen war es trocken und es herrschte schönes und warmes Frühjahrs Wetter. Es ist beben das lokale Auftreten und die sehr hohe Intensität, welche Starkregenereignisse auszeichnen. Mittlerweile sind bundesweit [1] und in Baden-Württemberg [2] verschiedene Leitfäden zum Umgang mit solchen Starkregenereignissen aus Sicht des Schutzes und der vorbeugenden Planung veröffentlicht worden.

Aus gegebenem Anlass fordert das für die Bebauung des Stadtteiles Neugraben-Fischbek verantwortliche Bezirksamt Harburg vor der detaillierten Planung des Neubaugebietes Fischbeker Reethen (Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67) eine modellgestützte Starkregenanalyse. Obwohl das Projekt sich erst in der Planung befindet und die Geländehöhen des Gebiets noch nicht festgelegt sind, wurden nicht nur eine Fließpfadanalyse [1], sondern ein dynamisches 2D-Modell für die Berechnung der möglichen Starkregengefahr ausgeschrieben.

Am 21.11.2018 erhielt die DHI WASY GmbH den Auftrag für die entsprechende Gefährdungsanalyse im Projektgebiet Fischbeker Reethen. Es handelt sich dabei um ein komplexes Gebiet am Übergang der Geest zur Marsch. Bei dem Neubauprojekt werden ca. 2.200 bis 2.300 Wohneinheiten und ein Gewerbegebiet mit über 9 ha Nettobauland sowie großzügige Grün- und Freiräume geplant.

Gemessen an der Größe und Bedeutung des Bauvorhabens wird eine belastungsabhängige Methode (Quantifizierung) gemäß [1] angestrebt. Allerdings befindet sich das Projekt hinsichtlich der bisher festgelegten Höhenlagen in einer sehr frühen Phase (Funktionsplanung). Zusammen mit anderen Unsicherheitsquellen (z.B. Abwesenheit von Kalibrierpegeln) führen die Grundlagen zu einer Ungenauigkeit, die es in der Auswertung der Ergebnisse für die Gefährdungsanalyse in der weiteren Planung zu berücksichtigen gilt. Die Untersuchungen werden dazu beitragen, Handlungsempfehlungen für eine Minimierung des Starkregenrisikos zu erarbeiten.

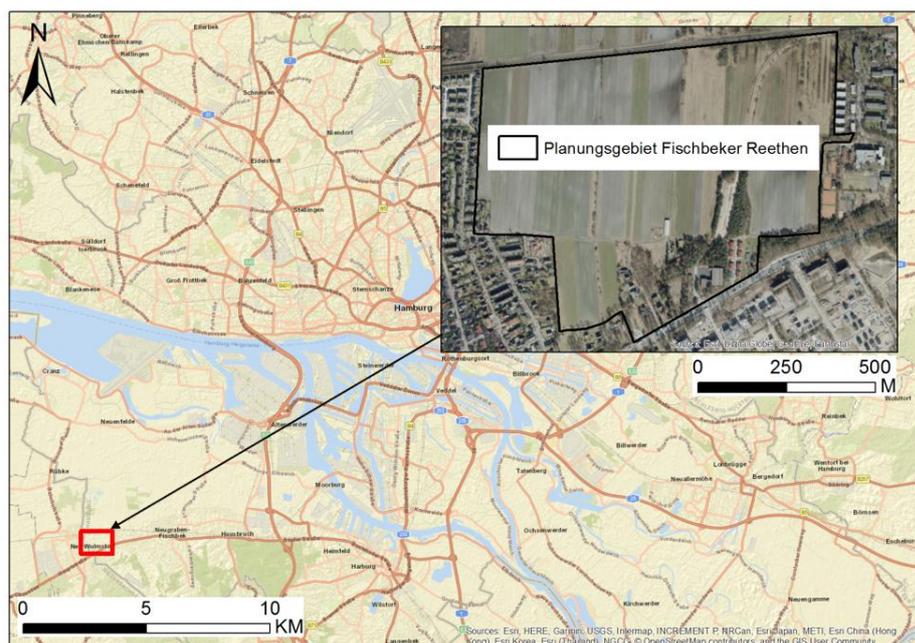


Abbildung 1-1: Übersichtskarte Projektgebiet

2 Bearbeitungskonzept

Das Bearbeitungskonzept wurde aufbauend auf den Empfehlungen des DWA-Merkblatts 119 [1] und des Leitfadens „Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“ [2] abgeleitet. Dabei wird bei diesem Projekt für die Hydraulik der detaillierte Ansatz einer vollständigen zweidimensionalen Oberflächen-Strömungsmodellierung verwendet. Eine integrierte Mitbetrachtung des Kanalnetzes und grüner Infrastruktur ist aufgrund der noch nicht vorhandenen Planungsunterlagen derzeit nicht vorgesehen. Da im Gegensatz zu Baden-Württemberg keine Oberflächenkennwerte für die Abflussbeschickung für Hamburg und Niedersachsen vorliegen, wurde in einem Expertengespräch am 20.12.2019 in Zusammenarbeit mit der Behörde für Umwelt und Energie (Wasser, Abwasser und Geologie) (BUE), Bezirksamt Harburg Abteilung Tiefbau - Wasserwirtschaft und der Auftraggeberin (AG) IBA Hamburg ein Konzept entwickelt, wie bei diesem Projekt mit den Randbedingungen umgegangen werden soll.

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

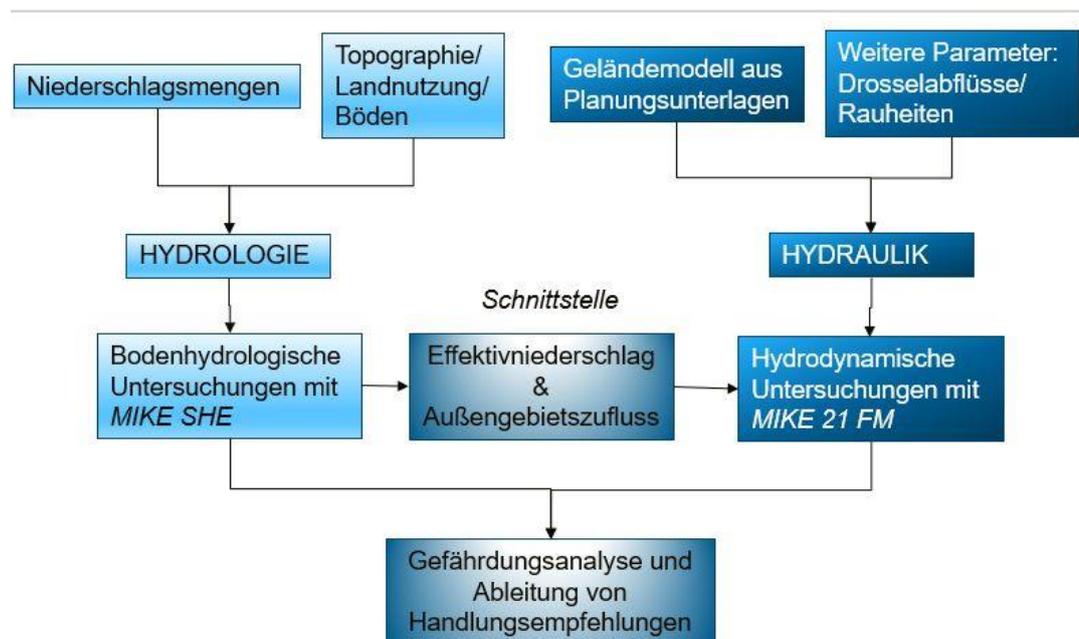


Abbildung 2-1: Bearbeitungskonzept Starkregenanalyse Fischbeker Reethen

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

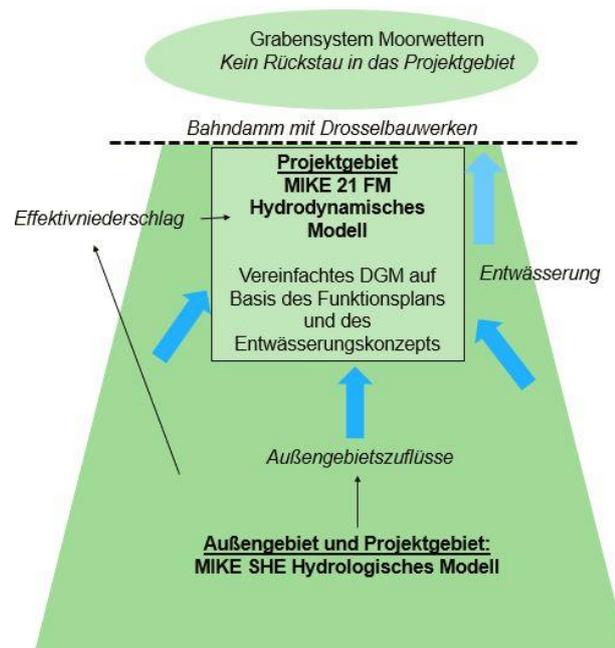


Abbildung 2-2: Modellschematik für die Starkregenanalyse

Mit diesem Bearbeitungskonzept konnten sämtliche für das Projekt relevanten Randbedingungen ermittelt und anschließend entsprechende Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

3 Grundlagendaten

Für die Starkregenanalyse wurden dem AN folgenden Unterlagen zur Verfügung gestellt beziehungsweise wurden von diesem recherchiert (Tabelle 3-1). Der Einflussbereich des Projektgebiets deckt die Bundesländer Hamburg und Niedersachsen ab, weswegen kein einheitlicher Datensatz für dieses Projekt möglich war.

Tabelle 3-1: Grundlagendaten

Daten	Kurzbeschreibung	Herkunft der Daten
DGM1 Hamburg	Geodatenportal Hamburg https://www.hamburg.de/bsw/geodaten/ Digitales Geländemodell der Freie und Hansestadt Hamburg, als rohe *.asc-Dateien verfügbar	Recherche AN
DGM1 Niedersachsen	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen https://www.lgln.niedersachsen.de Kostspflichtige Bestellung von einzelnen Kacheln	Recherche AN
Landnutzungsdaten Hamburg	Geodatenportal Hamburg https://www.hamburg.de/bsw/geodaten/	Recherche AN

Daten	Kurzbeschreibung	Herkunft der Daten
	Daten der Freie und Hansestadt Hamburg *.xml-Dateien	
Landnutzungsdaten Niedersachsen	http://nibis.lbeg.de/cardomap3/ https://www.lbeg.niedersachsen.de/kartenserver/nibis-kartenserver-72321.html	Recherche AN
Bodendaten Hamburg	BUEK200 des BGR im Maßstab 1:200.000	Recherche AN
Bodendaten Niedersachsen	BK50 des Landes Niedersachsen im Maßstab 1:50.000, kostenpflichtige Bestellung beim Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)	Recherche AN
Niederschlagsdaten aus dem KOSTRA Atlas	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_180906.dwg CAD Zeichnung der Funktionsplanung	AG
Entwässerungsplanung	817-11-01.dwg CAD-Zeichnung Entwässerungsplanung	AG
Verkehrsplanung	CAD-Plan der Verkehrswege mit vereinzelt Geländepunkten	AG, Recherche AN

4 Modellierung der Starkregengefahr

4.1 Hydrologisches Modell

Für die Ermittlung der Außengebietszuflüsse und Infiltrationsraten zur Bestimmung des effektiven Niederschlags für die hydrodynamischen Berechnungen im Projektgebiet wurde ein hydrologisches Modell mit der Software MIKE SHE aufgebaut und Berechnungen für die Bemessungsszenarien gemäß [2] 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 Projektgebiets¹ und im Außenbereich² erforderlich.

Außengebietszufluss

Aufbauend auf den Vorarbeiten der hydrologischen Analysen, im Zuge derer auf Basis des DGM5 die maßgebenden Fließpfade 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. Zusammen mit der steilen Topographie (mittleres Gefälle von rd. 2%³) 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.

Effektiv-Niederschlag

Der effektive Niederschlag resultiert vereinfacht aus der Differenz von Gesamtniederschlag minus Interzeption und minus der Infiltration in nicht versiegelte 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 Drosselbauwerks 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

¹ Zu Beurteilung der Gefährdung im Planungsgebiet

² Zur Ableitung von Maßnahmen/Handlungsempfehlungen

³ Höhenunterschied von rd. 100 m über eine Länge von ca. 5,4 km

Abflusskoeffizienten (Verhältnis Effektivniederschlag/Gesamtniederschlag) nicht verwendet werden.

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

Beide Parameter (Außengebietszufluss und Effektivniederschlag) werden in der anschließenden hydrodynamischen Modellierung verwendet (Kapitel 4.2). Das hydrologische Modell selbst liefert aber auch bereits eigenständig wichtige Erkenntnisse zum Starkregen am Fischbeker Reethen und den Außengebieten, auch im Hinblick auf die abzuleitenden Handlungsempfehlungen (Kapitel 6).

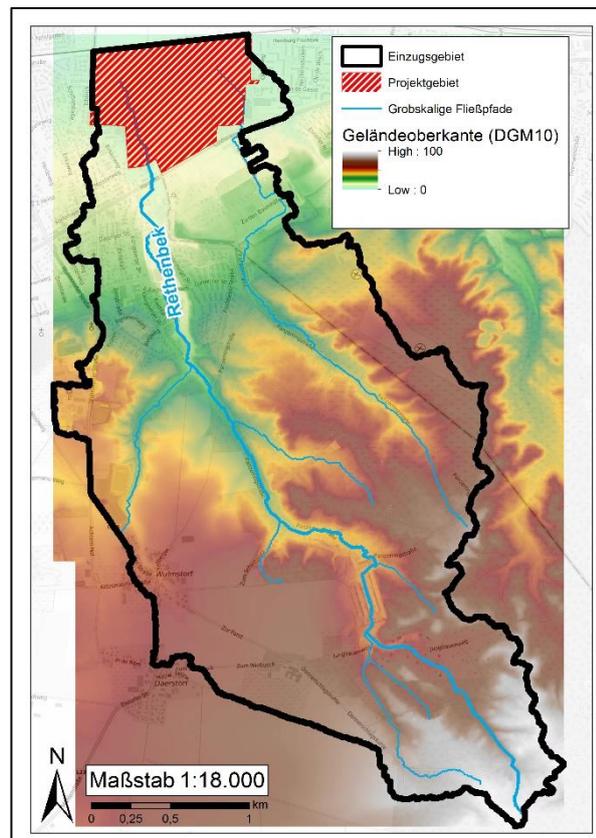


Abbildung 4-1: Übersichtskarte des oberflächigen Einzugsgebiets mit hinterlegten Geländehöhen

4.1.2 Einsatz des hydrologischen Modells MIKE SHE

MIKE SHE ist ein rasterbasiertes Wasserhaushaltsmodell, das alle Kompartimente des Wasserkreislaufs physikalisch berechnen kann. 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 berechnen⁴. Dadurch kann für die hydrologischen Berechnungen eine zusätzliche Kopplung (Übergabe von Austauschgrößen) zweier separater Modelle vermieden werden.

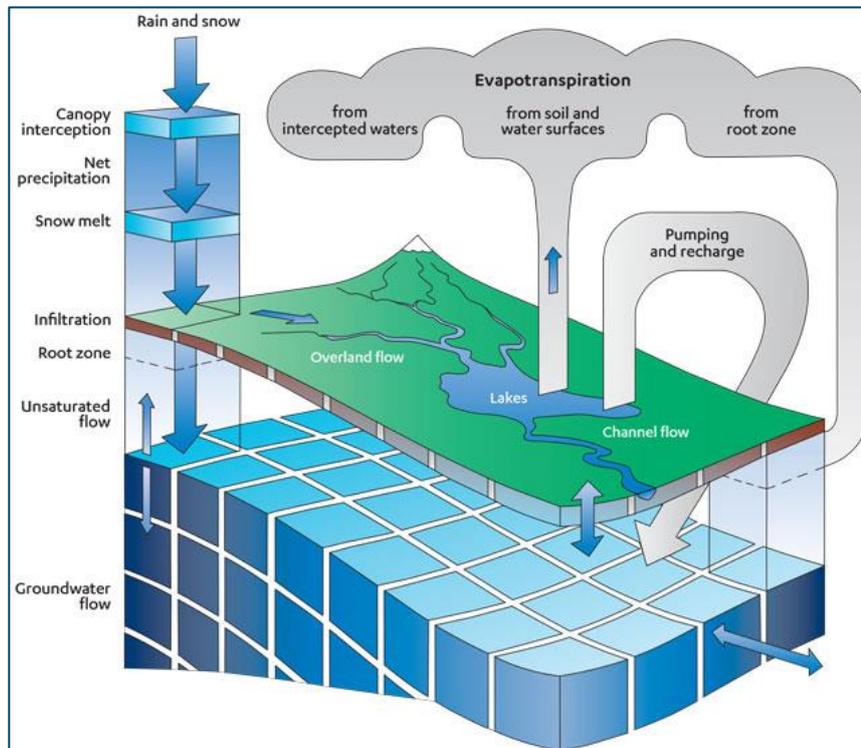


Abbildung 4-2: Modellsystem MIKE SHE mit Beschreibung der berechenbaren Wasserhaushaltskomponenten

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

Tabelle 4-1: In MIKE SHE abgebildete hydrologische Prozesse und entsprechende numerische Ansätze

Prozess	Numerischer Ansatz
Niederschlag	1-dimensional (Zeitreihen) oder räumlich zeitlich (z.B. Niederschlagsradar)
Schneesmelze	Tag-Grad-Verfahren
Oberflächenabfluss	2-dimensional mit der Flachwassergleichung als Diffusive Welle 1-dimensional Saint-Venant-Gleichungen
Infiltration und ungesättigte Bodenzone	1-dimensional Richards-Gleichung

⁴ Der Oberflächenabfluss für das Projektgebiet wird anschließend detaillierter mit dem hydraulischen Modell MIKE21 FM berechnet

Prozess	Numerischer Ansatz
Aktuelle Transpiration und Evaporation	Kristensen & Jensen
Landnutzung, Bewässerung	2- dimensional unter 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

4.1.3 Ermittlung der Randbedingungen

Die einzige Eingangsgröße in das hydrologische Modell stellt der Niederschlag dar. Gemäß [2] und nach Stand der Technik werden für die vorliegende Untersuchung die Niederschlagsereignisse aus dem KOSTRA Atlas mit den Jährlichkeiten HQ_{30} ⁵ und HQ_{100} ⁶ ausschließlich für die Dauerstufe von 60 min verwendet. 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 Anlehnung an den Leitfaden zur Starkregenmodellierung des Landes Baden-Württemberg [2] wird zusätzlich ein extremes Ereignis betrachtet, welches nachfolgend als HQ_{Extrem} bezeichnet wird. In Abstimmung mit dem BUE Hamburg (Email vom 01.02.2019) wurde aufbauend auf den Untersuchungen von HAMBURG WASSER für das außergewöhnliche Ereignis eine Niederschlagsintensität von 64 mm/h vereinbart. Zusammenfassend werden für die Untersuchungen also folgende Intensitäten zu Grunde gelegt (Tabelle 4-2).

Tabelle 4-2: Untersuchte Niederschlagsereignisse

Ereignis	Häufigkeit	Jährlichkeit [Jahre]	Dauer [min]	Niederschlagsintensität [mm/h]
HQ_{30}	selten	30	60	39
HQ_{100}	Außergewöhnlich	100		48
HQ_{Extrem}	Extrem	> 300 (geschätzt)		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 Niederschlagsverteilungen sind in Abbildung 4-3 veranschaulicht:

⁵ In Kombination mit den bodenhydrologischen Eigenschaften gemäß [2] ein HQ_{selten}

⁶ In Kombination mit den bodenhydrologischen Eigenschaften gemäß [2] ein $HQ_{außergewöhnlich}$

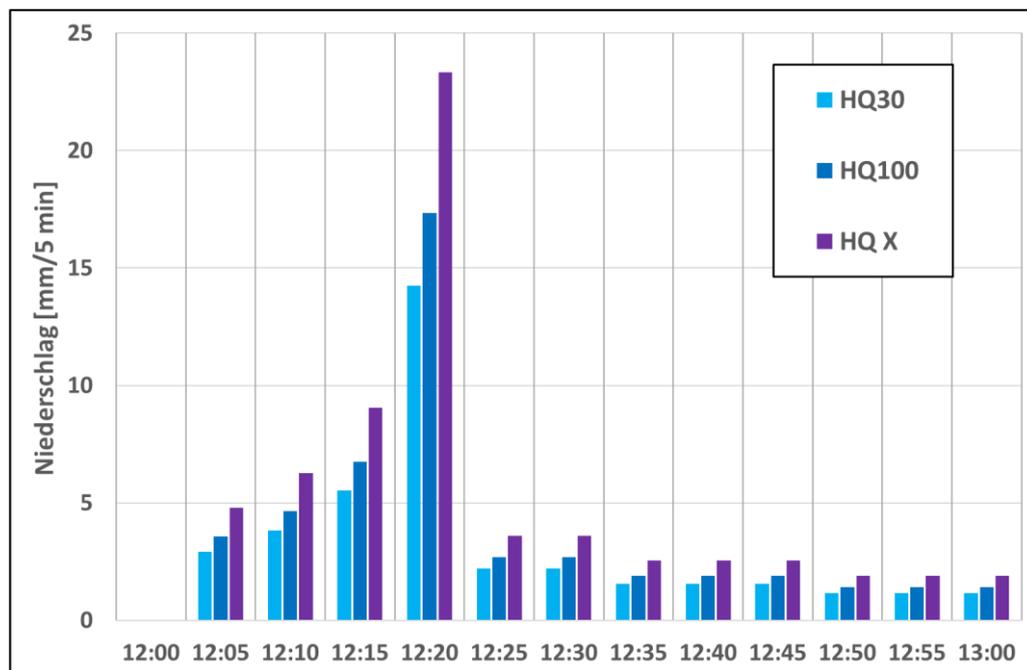


Abbildung 4-3: Intensität der Niederschläge entsprechend der EULER2 Verteilung in 5-minütiger Auflösung

4.1.4 Modellaufbau und Parametrisierung

Die räumliche diskretisierte Modelloberfläche wurde auf der Basis von Geländedaten aus Hamburg und Niedersachsen (Tabelle 3-1) zusammengestellt. Für die hydrologischen Berechnungen wurde das DGM1 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 (Tabelle 3-1). Die beiden den Berechnungen zugrunde liegenden Zuordnungen sind in Abbildung 4-4 dargestellt:

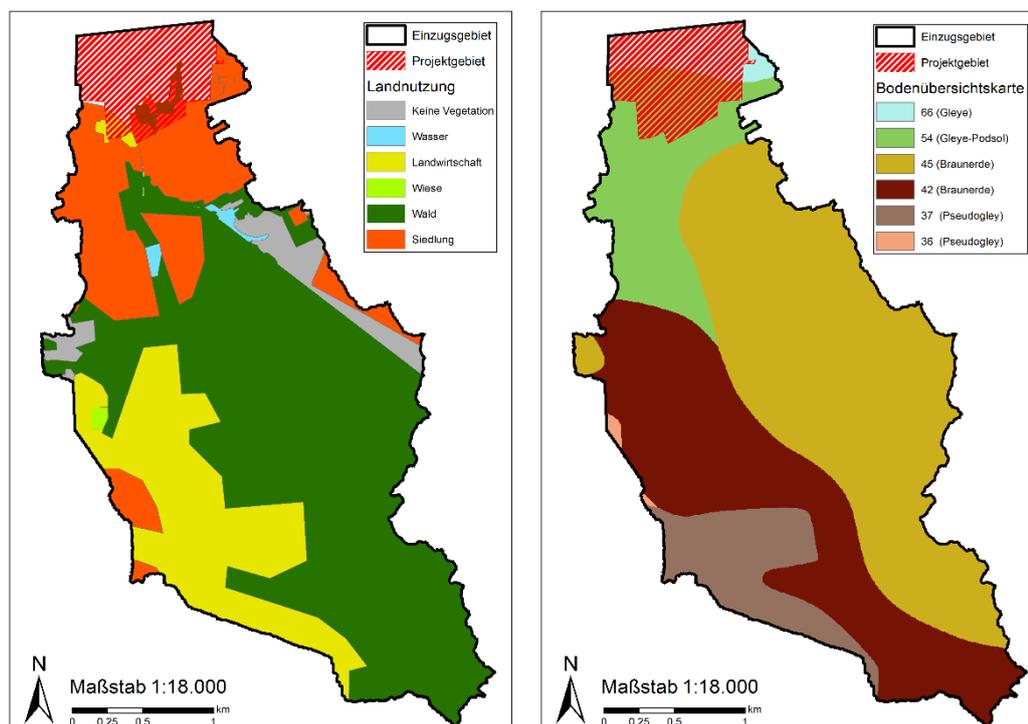


Abbildung 4-4: Landnutzungskarte (links) und Bodenübersichtskarte (rechts)

Anhand der Bodentypen wurden die von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) frei verfügbaren Boden-Leitprofile verwendet, um die hydraulischen Leitfähigkeiten abzuleiten. Die Übertragung nach MIKE SHE erfolgt anhand der Bodenkundlichen Kartieranleitung [5] und der Van Genuchten Parameter, die mit Hilfe der Rosetta-Datenbank [6] parametrisiert wurden. Hiermit wurde die Infiltration physikalisch 1-dimensional mittels der Richard Gleichung im Modell berechnet. Auf eine Verschlammung wurde in Anlehnung an [2] aufgrund der örtlichen Kenntnisse (sandige Böden) verzichtet.

Anhand der Flächennutzung können vegetationsspezifische Parameter, die für die Berechnung der Interzeption (= Retention von Niederschlag durch Vegetation) notwendig sind, und Versiegelungsgrade abgeleitet werden. Für die vegetationsspezifischen Eingangsdaten (LAI und Wurzeltiefe) werden die auf Monatswerten basierenden WASIM-Zeitreihen verwendet [7]. 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.

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 (Tabelle 3-1) angepasst.

4.1.5 Ergebnisse der Berechnungen

Mit dem Modell wurden anhand der Niederschlagsszenarien zunächst der Oberflächenabfluss für die Bemessungsereignisse HQ_{Selten} , $HQ_{\text{Außergewöhnlich}}$ und HQ_{Extrem} ermittelt. Es wird erneut darauf hingewiesen, dass die Datengrundlage eine Kalibrierung des hydrologischen Modells nicht zugelassen hat.

Wird für die Testläufe angenommen, dass der Straßendamm B73 (Cuxhavener Straße) undurchlässig/geschlossen ist, so kann anhand der Berechnungen nachgewiesen werden, dass ein großer Anteil des Niederschlagsvolumens in einer topographischen Senke zwischen dem Stadtteil Neu Wulmstorf (Niedersachsen) und dem Neubaugebiet Fischbeker Heidbrook (Hamburg) zurückgehalten wird. Demnach beträgt der Zufluss in das Projektgebiet durch die Drosselung bei den Lastfällen HQ_{Selten} und $HQ_{\text{Außergewöhnlich}}$ dem des Drosselabflusses (900 l/s). Bei HQ_{Extrem} hingegen wird der Straßendamm überströmt (siehe Abbildung 4-5 und Abbildung 4-6). Der Spitzenabfluss südlich des Projektgebiets wird durch den Retentionsraum von ca. 22 auf rd. 14 m³/s (siehe Abbildung 4-7) reduziert. Dieser Abfluss erreicht durch die Überströmung des Straßendamms und durch das Drosselbauwerk das Planungsgebiet.

Mit dem Modell wurden ebenfalls die Effektivniederschläge für das Projektgebiet berechnet. Diese werden in ihrer zeitlichen Abfolge in kumulativen Flüssen (Anhang A.1) in das hydrodynamische Modell (Kapitel 3.2) eingespeist. Beispiele einer flächigen Darstellung sind Anhang A.2 zu entnehmen.

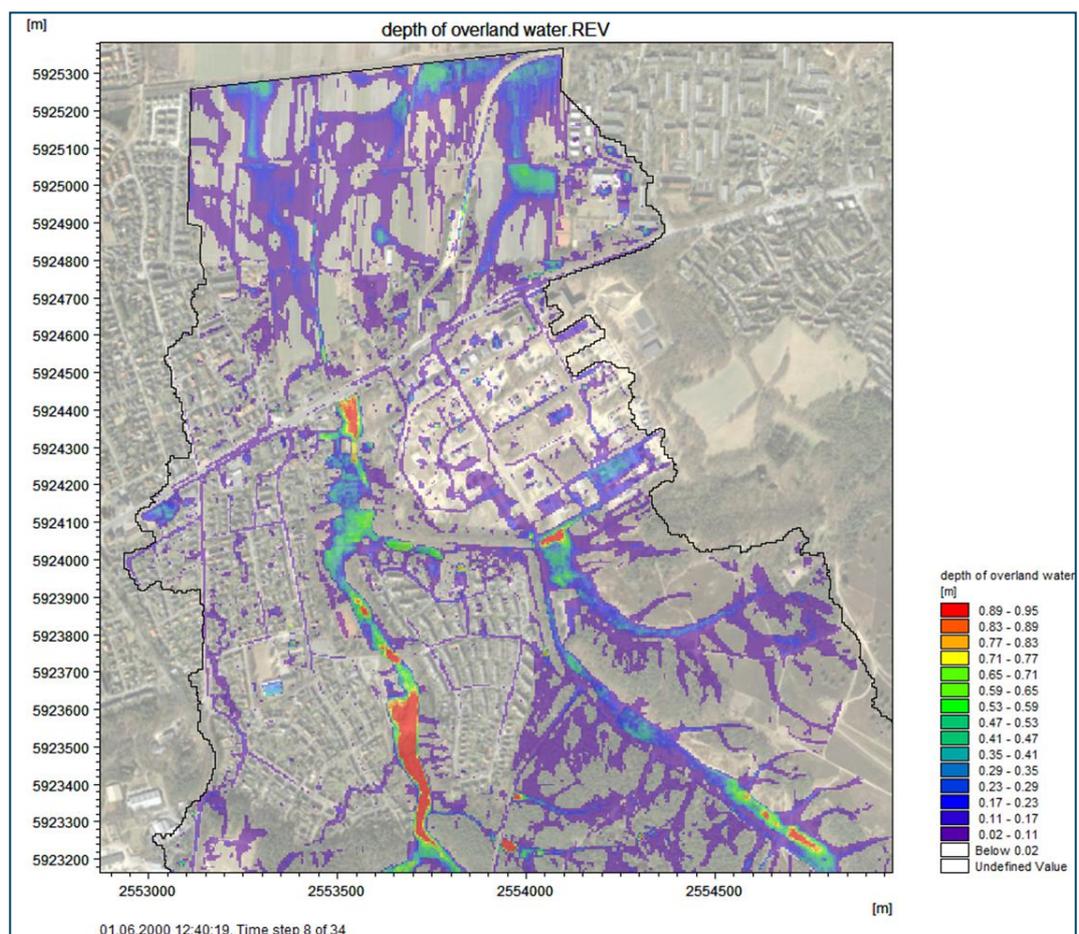


Abbildung 4-5: Berechnete Wassertiefe für HQ_{Extrem} nach 40 min (vor Überströmung des Straßendamms) in der nördlichen Hälfte des EZG

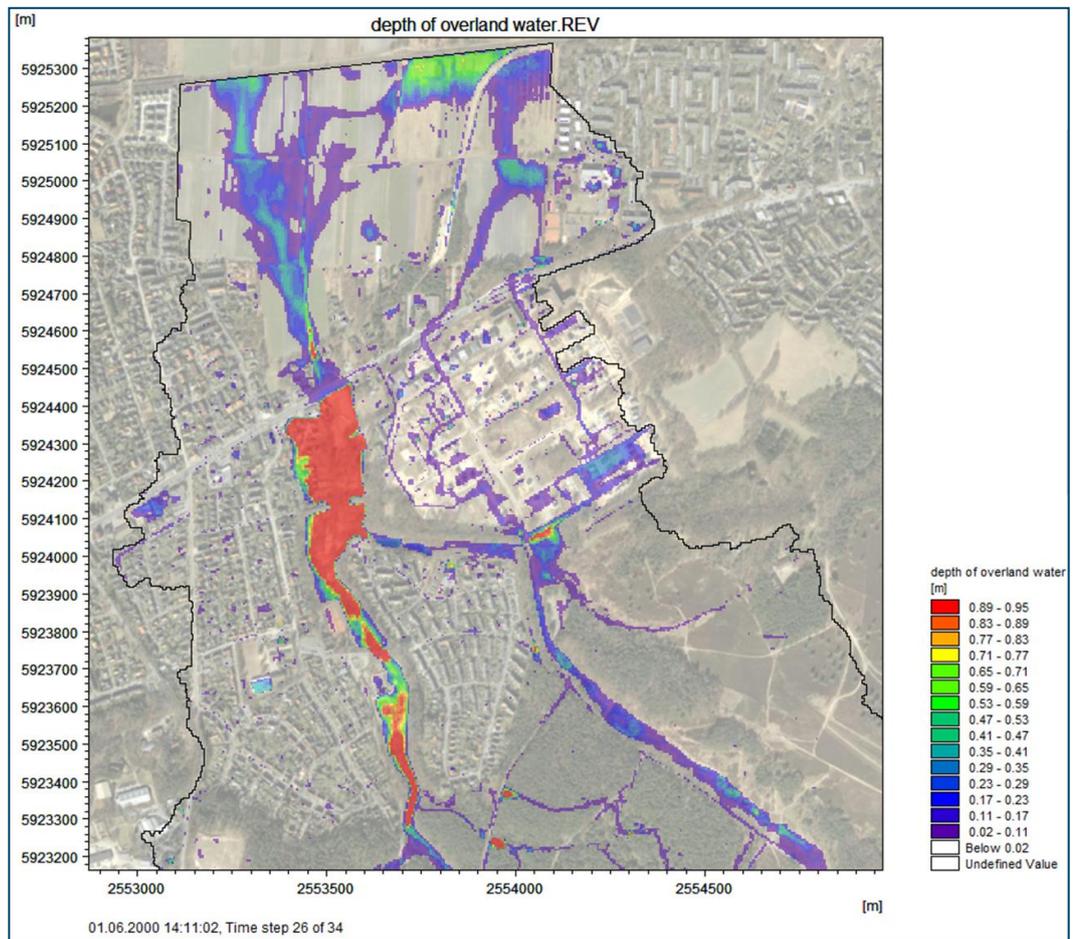


Abbildung 4-6: Berechnete Wassertiefe für HQ_{Extrem} nach 130 min (Überströmung des Straßendamms) in der nördlichen Hälfte des EZG

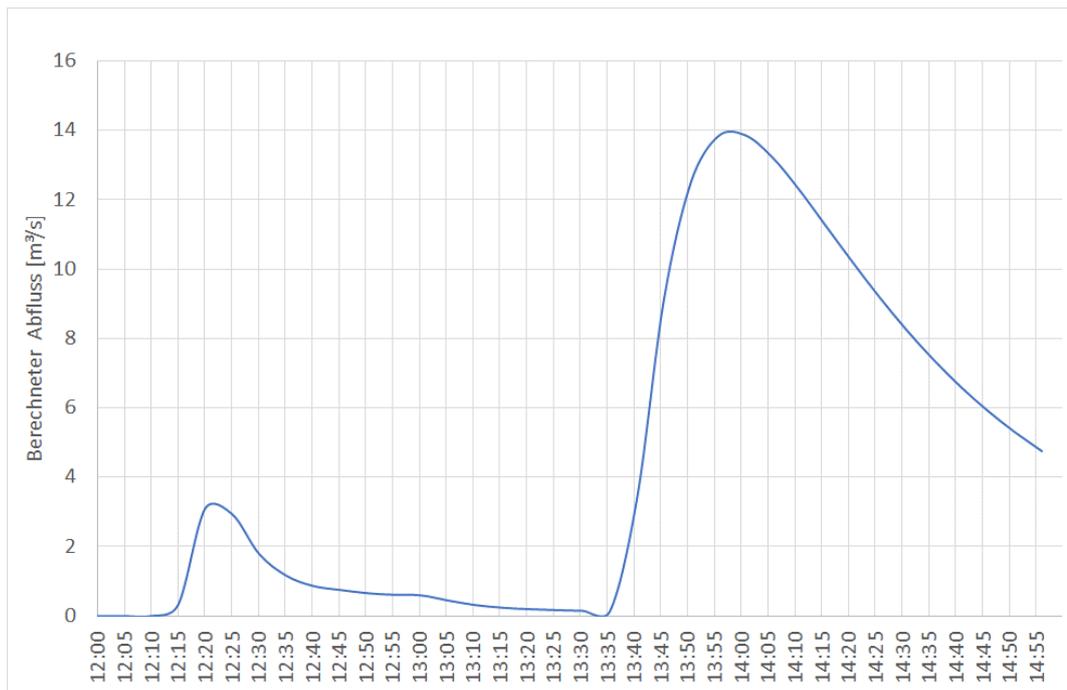


Abbildung 4-7: Abflussganglinie HQ_{Extrem} südlich der Cuxhavener Straße

Zusammenfassend wurden mit dem hydrologischen Modell MIKE SHE die in Tabelle 4-3 aufgezeigten Kenngrößen ermittelt.

Tabelle 4-3: Kenngrößen aus der hydrologischen Modellierung für die hydrodynamische Modellierung

Bemessungsereignis	Spitzenabfluss in das Projektgebiet [m ³ /s]	Effektivniederschlag nach 60 Minuten [%]
HQ _{Selten}	0,9	85
HQ _{Außergewöhnlich}	0,9	86
HQ _{Extrem}	14,8	87

4.2 Hydrodynamisches Modell

Mit dem hydrodynamischen Modell werden die in Kapitel 4.1 mit dem hydrologischen Modell ermittelten Randbedingungen übernommen und die Wassertiefen und Fließwege innerhalb des Projektgebiets mit dem Ziel einer Gefährdungsanalyse ermittelt.

4.2.1 Zweck und Ziel der hydrodynamischen Modellierung

Mit dem hydrodynamischen Modell wurden innerhalb des Projektgebiets die Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten simuliert. In dem Strömungsmodell fanden die Berechnungsergebnisse der hydrologischen Modellierung für die Bemessungsereignisse HQ_{Selten}, HQ_{Außergewöhnlich} und HQ_{Extrem} mit den entsprechenden Zuflüssen aus den Außengebieten und dem effektiven Niederschlag als Eingangsgrößen Berücksichtigung. Das Modell ist in der Lage, den zeitlichen Verlauf der aus einem Starkregenereignis resultierenden Abflussswelle zu simulieren. Neben den maximalen Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen, sowie den finalen Fließwegen können demnach auch zeitliche Komponenten wie Überflutungsdauern hinsichtlich einer Beurteilung der Gefährdung und Ableitung von Handlungsempfehlungen herangezogen werden.

4.2.2 Einsatz des hydrodynamischen Modells MIKE21 FM

Das hydrodynamische Softwaremodul MIKE 21 FM für freie Oberflächengewässer 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 hydraulische Modellierung von oberflächigen Strömungsprozessen entspricht. Für die Abbildung des Fließwiderstandes im

Flussschlauch und auf dem Vorland kann im HD-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 [$m^{1/3}s^{-1}$] angesetzt.

Die Wirbelviskositäten ν_t können als konstanter Wert oder als zeitveränderliche Funktion der lokalen Gradienten der Strömungsgeschwindigkeiten (Ansatz nach Smagorinsky) angegeben werden.

4.2.3 Ermittlung der Randbedingungen

Hydraulisches Geländemodell

Das hydraulische Geländemodell stellt die wichtigste Randbedingung für die hydrodynamische Berechnung bei Starkregenereignissen dar. Zum Zeitpunkt der Starkregenanalyse wurde der Funktionsplan, das Entwässerungskonzept und die Verkehrswegplanung für die Ableitung punktueller Geländehöhen zur Verfügung gestellt. Laut Aussage der AG (E-Mail vom 14.12.2018) ergeben sich die Höhenlagen zwischen den Straßen erst im Zuge der weiteren Planung. Expliziter Wunsch war jedoch, dass die Gefährdungsanalyse vor Festlegung der (weiteren) Höhen durchgeführt wird, um eventuelle Rückschlüsse für die Höhenplanung ziehen zu können.

Das Geländemodell der Planungen wurde auf Basis von drei Datensätzen erstellt:

- DGM1 Hamburg (Tabelle 3-1)
- Lageplan Oberflächenentwässerungskonzept
- Bruchkanten der Straßenplanung

In einem ersten Schritt wurden die Bruchkanten der Straßenplanung und der Lageplan des Oberflächenentwässerungskonzepts in ArcGIS überführt, um mit dieser Software und den entsprechenden Werkzeugen für die Interpolation von punktuellen Geländeinformationen ein flächendeckendes Höhenmodell, welches für die hydrodynamischen Berechnungen benötigt wurde, zu erzeugen.

Der Lageplan des Oberflächenentwässerungskonzepts enthält in den einzelnen geplanten quadratischen Bebauungsflächen an jeder der vier Ecken jeweils nur einen Geländepunkt mit einer Höhenangabe. Des Weiteren werden die Sohlhöhen der Entwässerungsgräben z.T. angegeben. Diese Informationen wurden in die flächige Interpolation mit einbezogen. In den Bereichen, wo keine Höheninformationen in den Planungsunterlagen vorlagen, wurde auf das bestehende Digitale Geländemodell (DGM) des Ist-Zustands zurückgegriffen (Abbildung 4-8). Ein Beispiel hierfür ist der nordöstliche Bereich des Planungsgebietes westlich der Rampe hin zur Bahnstrecke.

Das Geländemodell deckt somit alle wesentlichen Aspekte des Entwässerungskonzeptes und der vorgesehen Höhenlagen (inkl. einer Aufhöhung der Gewerbeflächen im nördlichen Teil des Projektgebietes) ab.

Weitere Parameter

Für die Belegung der Rauheiten (Fließwiderstände) wurde anhand des Manning-Strickler Beiwerts berücksichtigt.

Die Lage und das Durchleitungsvermögen der Drosseln wurden dem Lageplan des Oberflächenentwässerungskonzepts entnommen und als Senken und Quellen in das Modell implementiert. In Tabelle 4-4 sind alle im Planungsgebiet geplanten Drosseln (Lage

in Abbildung 4-8) mit ihrer Maximalleistung aufgeführt⁷. Für das HQ_{Selten} wurde für den Gebietsauslass durch die Rethenbek 101 l/s, über den Abzugsgraben 40 l/s und dem Stargraben 61 l/s angenommen, gemäß des Oberflächenabflusskonzeptes des 30-jährlichen Niederschlagsereignisses.

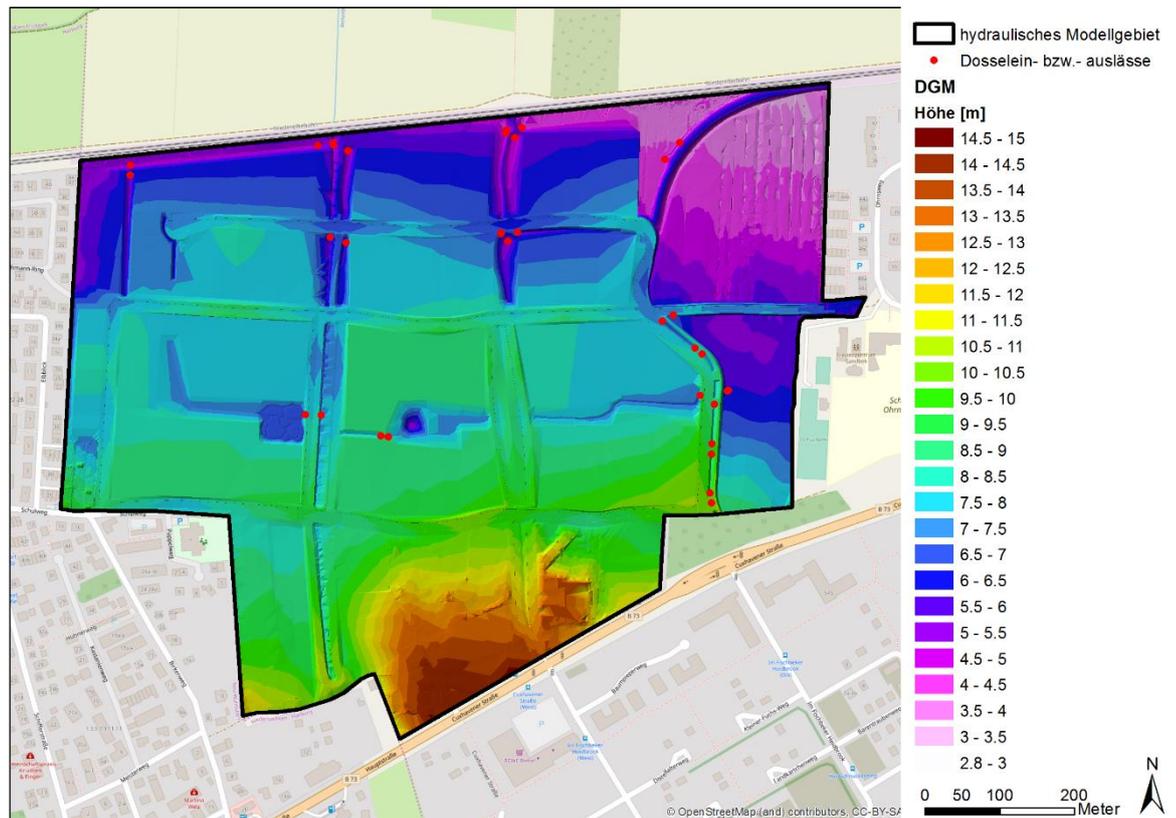


Abbildung 4-8 Höhenmodell der Planungen und Lage der Drosseln für das hydraulische Modell

Tabelle 4-4 Übersicht der im Planungsgebiet befindlichen, geplanten Drosselklappen

Drossel	Maximalleistung [l/s]
Rethenbek	101
Abzugsgraben	40
Stargraben	61
Gewerbe 1	4
Gewerbe 2	12
Gewerbe 3	3
Gewerbe 4	8
Gewerbe 5	7
Gewerbe 6	4
Gewerbe 7	4
Gewerbe 8	4
Gewerbe 9	5
Grün-Blaues Band 1	17

⁷ Quelle: Plan des Oberflächenentwässerungskonzeptes

Grün-Blaues Band 2	35
Grün-Blaues Band 3	22
Straße am Moor 1	6
Straße am Moor 2	2
Straße am Moor 3	6
Straße am Moor 4	4
Straße am Moor 5	2

In den Szenarien wurde davon abgesehen, Verdolungen zu verklausen, da es unter Berücksichtigung der Planungen im Gebiet, sowie der derzeitigen Vegetation südlich des Plangebiets, eine nennenswerte Verklausung durch den Transport von Ästen und Treibgut ausgeschlossen werden kann.

4.2.4 Modellaufbau und Parametrisierung

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

Beim Modellnetz handelt es sich um ein so genanntes flexibles Netz (Flexible Mesh – FM), d.h. die einzelnen Elemente sind je nach Diskretisierung unterschiedlich groß und können nach den Vorgaben des Modellierers angepasst werden. Es besteht die Möglichkeit, die Vermaschung des Netzes anhand von triangulären oder quadrangulären Elementen durchzuführen. Eine Kombination beider Formen ist auch umsetzbar. In diesem Modell wurden die Verkehrswege als Rechteckelemente abgebildet, um das Fließverhalten dort besser abbilden zu können. Die maximale Elementgröße beträgt 10m² bei einer mittleren Kantenlänge von 4,5m (Abbildung 4-9).

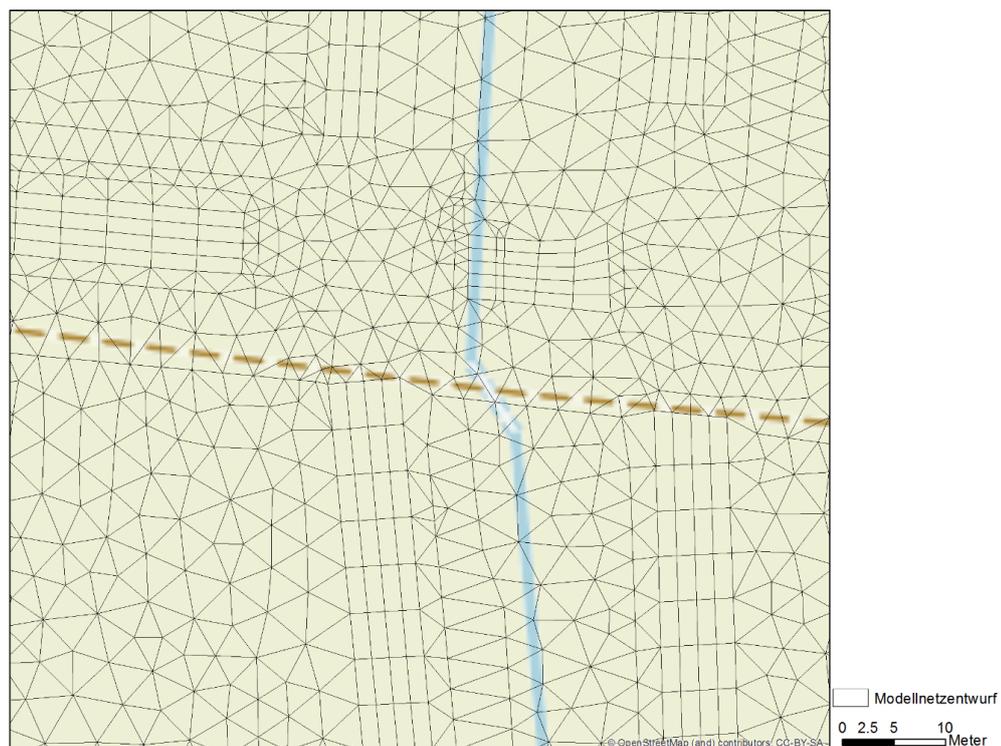


Abbildung 4-9 Exemplarischer Ausschnitt des Berechnungsnetzes

Das Berechnungsnetz wurde an den Elementknoten mit den Höhen der Planungen belegt (Abbildung 4-10). Die Straßendurchlässe wurden als offene Gerinne angenommen. Die Sohlbreite beträgt 1m in diesem Bereich. Der Retentionsraum (Teich) des Grün- Blauen-Bands wurde als gefüllt bei einem Wasserstand von 8 mNN angenommen.

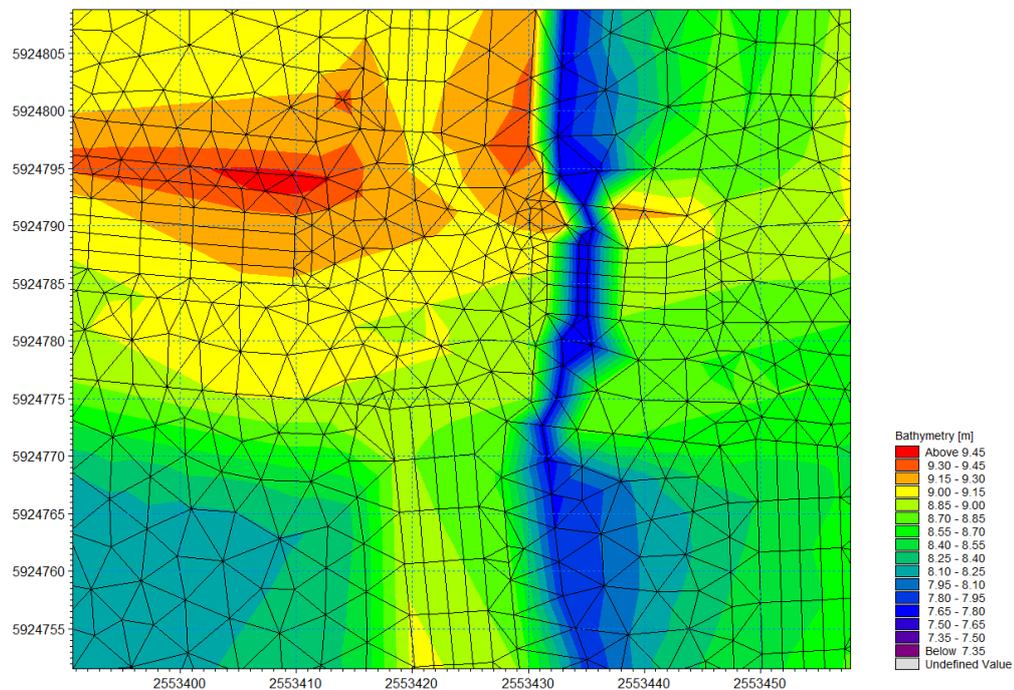


Abbildung 4-10 Modellnetz mit Visualisierung der hinterlegten Höhen

4.2.5 Ergebnisse der Berechnungen

Die Grundlage der Modellläufe bilden die Effektiv-Niederschläge und die Zuläufe aus den Außengebieten, die mit dem hydrologischen Modell berechnet wurden. Der Effektivniederschlag wurde nicht nur zeitlich, sondern räumlich verteilt in den Berechnungen berücksichtigt. Der Außengebietszufluss wurde als punktuelle Quelle angesetzt. Mit dem oben beschriebenen hydrodynamischen Modell wurden Simulationen für einen Berechnungszeitraum von 10 Stunden durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Niederschlagsmengen auch die entsprechenden Senken während der Simulation erreichen.

Die Ergebnisse wurden anhand der maximalen Wassertiefen und Fließvektoren in Gefährdungskarten aufbereitet. Diese werden näher in Kapitel 5 erläutert. Des Weiteren wurden Animationen mit dem zeitlichen Ablauf der drei Bemessungsereignisse erzeugt.

5 Gefährdungsanalyse

Es wurden für die drei Szenarien HQ_{Selten}, HQ_{Außergewöhnlich} und HQ_{Extrem} Gefährdungskarten für die Einschätzung der Starkregengefahr erstellt. Dabei wurden die maximalen Wassertiefen (> 5 cm) und Fließvektoren in entsprechenden Abstufungen zusammen mit dem Funktionsplan als Hintergrund-Layer in A3-Karten dargestellt. Diese sind in Anhang B vorzufinden.

Mit diesen Informationen kann eine Einschätzung der Starkregengefahr gemäß [2] durchgeführt werden. Hierzu können die Tabellen 3 (Abbildung 5-1) und 4 (Abbildung 5-2) des Leitfadens [2] zur besseren Einschätzung der Starkregengefahr hinzugezogen werden.

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

Abbildung 5-1: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen (Tabelle 3 aus [2])

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

Abbildung 5-2: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten (Tabelle 4 aus [2])

5.1 Auswertung HQ_{Selten}

Bei dem Starkregenereignis HQ_{Selten} werden die hohen Niederschlagsmengen zu einem großen Teil in den geplanten Entwässerungsanlagen abgeführt. Vereinzelt kommt es zu Überflutungen von Verkehrswegen und Grundstücken. Insbesondere im südwestlichen Teil des Planungsgebietes kommt es zu einer Füllung einer lokalen topographischen Senke (Abbildung 5-3). Es können dabei Wassertiefen von > 50 cm erreicht werden (Anhang B), was insbesondere für Kleinkinder eine erhebliche Bedrohung darstellt. Die maximale Fülle könnte dabei bereits nach etwa 2 Stunden erreicht werden und eine direkte Entwässerung wäre nicht möglich.

Auch die Entwässerungsanlagen selbst stellen bereits bei einem HQ_{Selten} eine Gefahr dar. Zum Beispiel entwickelt sich die ansonsten als „schlafendes Gewässer“ zu betrachtende Rethenbek zu einem reißenden Strom mit Fließgeschwindigkeiten > 1 m/s und Wassertiefen deutlich über 0,5 m.



Abbildung 5-3: Screenshot der Situation nördlich des Pappelwegs

5.2 Auswertung $HQ_{\text{außergewöhnlich}}$

Bei einem $HQ_{\text{außergewöhnlich}}$ ist kaum mit zusätzlichen Überflutungsflächen im Verhältnis zu dem statistisch deutlich häufigeren HQ_{Selten} zu rechnen (Anhang B). Bis auf vereinzelte Überflutungen, die trotz ihrer geringen Ausdehnung eine nicht zu unterschätzende Gefahr durch die entsprechenden Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten darstellen, wäre das bestehende Entwässerungskonzept inkl. der Entwässerungsgräben Rethenbek, Abzugsgräben und Stargräben bei guter Unterhaltung in der Lage, die anfallenden Regenmassen bei einem außergewöhnlichen Starkregenereignis relativ schadlos aus dem Planungsgebiet abzuführen. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die Drossel an der B71, welche im Zusammenspiel mit der Retentionsfläche südlich des Straßendamms den Außengebietszufluss auf 900 l/s reduziert.

5.3 Auswertung HQ_{extrem}

Bei einem extremen Szenario kommt es zu teils großflächigen Überflutungen von Grundstücken, insbesondere in der südlichen Hälfte des Bebauungsgebietes (Anhang B). Die Wassertiefen auf diesen Flächen liegen größtenteils im Bereich 0,1 – 0,2 m. Sie kommen u.a. durch den hohen Außengebietsabfluss in Kombination mit einem Rückstau an den Überquerungen der Rethenbek zustande. So treten die Überflutungen dort auch erst nach ca. 2,5 Stunden nach Beginn des extremen Starkregenereignisses auf. Dies ist maßgeblich auf die Überströmung des Straßendamms der Cuxhavener Straße zurückzuführen.

An einigen Stellen kommt es bereits etwa 20 Minuten nach Ausbruch des Starkregenereignisses zu einer Überströmung von Verkehrswegen bei Fließtiefen > 10 cm und Strömungsgeschwindigkeiten von > 0,5 m/s. Die Mobilität innerhalb des Planungsgebietes wäre also bei einem solch extremen Szenario deutlich eingeschränkt.

Des Weiteren wären bei einem HQ_{Extrem} auch Gewerbeflächen, zumindest im nördlichen Bereich in der Nähe des Bahndamms bei Überflutungstiefen von z.T. > 0,5 m betroffen.

6 Handlungsempfehlungen

Auf Basis der vorausgehenden Gefährdungsanalyse und Berechnungen wurden für den bisherigen Planungszustand entsprechende Handlungsempfehlungen abgeleitet, wobei zunächst allgemeine Randbedingungen festgehalten werden. Anschließend wird unterschieden zwischen technischen (T) und nicht-technischen (NT) Maßnahmen. Räumlich zuordenbare Empfehlungen sind auf der Übersichtskarte in Abbildung 6-1 eingetragen.

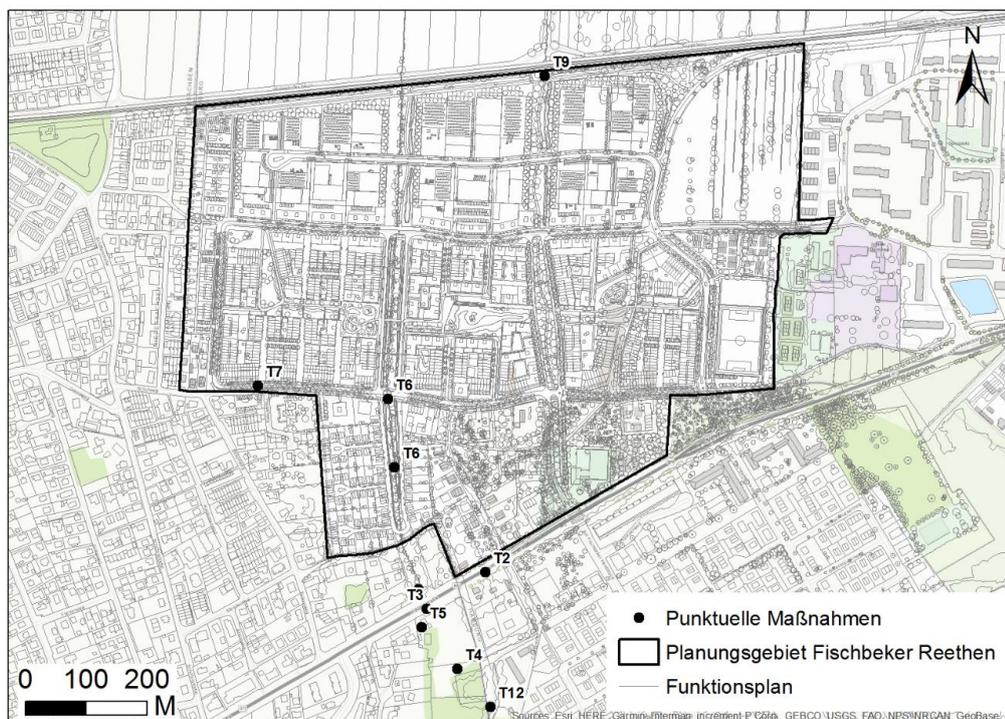


Abbildung 6-1: Örtlichkeiten der punktuellen Handlungsempfehlungen

6.1 Allgemeine Randbedingungen zu den Handlungsempfehlungen

In diesem Kapitel werden auf der Basis von [2] und den Ergebnissen dieser Untersuchungen entsprechende Handlungsempfehlungen formuliert. Diese Empfehlungen bedürfen einer ausführlichen Überprüfung von Experten aus anderen Fachgebieten (z.B. konstruktiven Bauingenieuren) sowie den verantwortlichen Ämtern und haben auch keine rechtliche Grundlage.

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

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

Schließlich ist auch eine Definition der Zielgruppen gemäß [2] zu beachten. In dem Neubaugebiet sind diese vor allem Anwohner und Gewerbe.

Bei den erarbeiteten Handlungsempfehlungen wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

6.1.1 Technische (T) Maßnahmen

1.) Schutz vor Außengebietswasser durch Drosselung der Zuflüsse (T1)

Die größte Gefahr, welches bei diesem Gutachten identifiziert wurde, ist der durch einen intensiven Starkregen hervorgerufene Zufluss aus dem südlichen Außengebiet. Ohne die Drossel an der Kaserne würden dort anstatt $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Spitze etwa $9,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ_{Selten}) bzw. $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($HQ_{\text{Außergewöhnlich}}$) in das Planungsgebiet vordringen und dabei den Hauptvorfluter im Gebiet, die Rethenbek, an die Belastungsgrenze führen. Demnach muss die Funktionstüchtigkeit dieser Drossel unbedingt durch entsprechende Wartungsarbeiten und regelmäßige technische Überprüfungen gewährleistet werden.

2.) Schutz vor Außengebietswasser durch Maßnahmen südlich der B73 (T2-T4)

Bei einem HQ_{Extrem} kann durch Starkregen entsprechend der Ergebnisse der Modellierung ein Spitzenabfluss von $> 13 \text{ m}^3/\text{s}$ im Einzugsgebiet der Rethenbek südlich des Straßendamms entstehen. Zuflüsse dieser Größenordnung können nicht mehr mit dem bestehenden Bauwerk gedrosselt werden. Es kommt zu einem Aufstau am Straßendamm (Cuxhavener Straße) mit anschließender Überströmung.

Zur Vermeidung dieser Überströmung sind ohne Erhöhung des Drosselabflusses (was eine höhere Gefahr bei HQ_{Selten} und $HQ_{\text{Außergewöhnlich}}$ zur Folge hätte) diverse Maßnahmen notwendig.

Grundsätzlich müsste zwischen dem Stadtteil Neu Wulmstorf (Niedersachsen) und dem Neubaugebiet Fischbeker Heidbrook (Hamburg) der bestehende, „wilde“ Retentionsraum mit einem natürlichen Stauraum von $> 100.000 \text{ m}^3$ als Hochwasserrückhaltebecken gemäß DIN 19700 bemessen und geplant werden (T4). Dazu gehören eventuell auch eine Erhöhung und eine Ertüchtigung des Straßendamms (T2 und T3).

Durch die oben beschriebene Situation kann es nämlich bei HQ_{Extrem} zu einer Strömungsbelastung kommen, auf die der Straßendamm aufgrund seiner eigentlichen Funktion als Verkehrsweg gegebenenfalls nicht ausgelegt ist. Aufgestaute Regenmassen können unter Umständen zu einem Sickerbruch und überströmende Wassermassen zu einem Bruch des Straßendamms durch Erosion auf der nördlichen Seite führen. Entsprechende Untersuchungen (Dammbruchsimulationen) können durchgeführt werden, um ein solches (extremes) Szenario zu untersuchen. Als Ergebnis könnten Empfehlungen zu entsprechenden baulichen Maßnahmen abgeleitet werden.

Ebenso soll durch das Neubaugebiet hinsichtlich zur Vermeidung einer Verschärfung der Starkregengefahr ein Stauraumverlust durch das Neubauvorhaben Fischbeker Heidbrook vermieden werden (bauliche Vorsorge).

Die genannten Maßnahmen südlich der B73 sollen zusammen betrachtet werden, da sie bei einzelner Umsetzung den notwendigen Schutz nicht gewährleisten würden.

3.) Schutz vor Außengebietswasser durch Vermeidung der Verklauung des Drosselbauwerks (T5)

Das bewaldete Einzugsgebiet der Rethenbek birgt bei Starkregen die Gefahr des Eintrags von Ästen und Treibgut in die Rethenbek. Insbesondere am Drosselbauwerk könnte diese Situation zu einer Verklauung führen, wobei die Starkregengefahr für das Planungsgebiet bei einem HQ_{Selten} und $HQ_{\text{Außergewöhnlich}}$ zwar entschärft, bei einem HQ_{Extrem} aber verstärkt würde. Es sind Maßnahmen zur Vermeidung einer Verklauungsgefahr zu erarbeiten.

4.) Beibehaltung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Rethenbek (T6)

Innerhalb des Planungsgebiets spielt die Rethenbek eine wichtige Rolle bei der Entwässerung. Bei Starkregen würde eine Reduzierung der hydraulischen Leistungsfähigkeit durch starken Bewuchs sowohl die Entwässerung verlangsamen als auch die Wasserstände dort erhöhen. Zusammen mit einer möglichen Verklauung der Durchlässe an den Verkehrswegen entsteht somit eine zusätzliche Überflutungsgefahr. Vorbeugende Maßnahmen sollen eine hydraulisch glatte Gestaltung des Fließquerschnitts der Rethenbek (regelmäßige Mähungen) und eine großzügige Dimensionierung der Überquerungen an den Verkehrswegen vorsehen.

5.) Vermeidung von lokalen Senken (T7)

Grundsätzlich ist die Entwässerung des Planungsgebiets aufgrund der vorliegenden Höhendaten auch für Starkregen gut ausgelegt. In der Starkregenanalyse wurden einige lokale Senken (Schwachpunkte) identifiziert. Insbesondere die Senke am Verkehrsweg am südwestlichen Rand des Gebietes führt zu einem erhöhten Einstau bei Starkregen. Solche lokalen Senken sind insbesondere hinsichtlich ihres Potenzials einer versteckten Gefahr in der weiteren Planung zu beseitigen.

6.) Detaillierte Betrachtung nach Festlegung der genaueren Planung (T8)

Expliziter Wunsch der AG bei der Erstellung des Gutachtens war es, die Simulationen ohne die genaue Festlegung der Höhenlagen, sondern anhand von interpolierten Höhenangaben, in den zu bebauenden Abschnitten durchzuführen. Ebenso sind auch die Gebäude selbst, welche bei einem Starkregenereignis zu einem Verlust des Stauvolumens führen würden, nicht abgebildet. Es wird empfohlen, die Simulationen nach einer genaueren Planung dieser Informationen erneut durchzuführen (Modellfortschreibung), um mögliche Veränderungen bei der Entwässerung von Starkregen in den Simulationen zu erfassen. Dabei soll auch sichergestellt werden, dass innerhalb des Gebietes keine gegenseitigen Benachteiligungen z.B. durch Verlagerung von Stauräumen entstehen.

7.) Erhöhung des Drosselabflusses Richtung Moorwetteren (T9)

Das Plangebiet entwässert Richtung Norden (Moorwetteren) und der Abfluss dorthin wird gedrosselt. Es wird davon ausgegangen, dass bei der derzeitigen Nutzung der nördlich gelegenen Flächen auch ein höherer Drosselabfluss möglich ist, um eine Entlastung im Plangebiet herbeizuführen.

8.) Objektschutz (T10)

Über die beschriebenen Maßnahmen hinaus besteht die Möglichkeit, unabhängig von der genauen Quelle der spezifischen Starkregengefahr direkten baulichen Objektschutz (z.B. an den Gebäuden) zu betreiben oder die Gefahr durch Synergien an den gemeinschaftlich genutzten Flächen abzufangen.

9.) Überlastung der Kanalisation (T11)

Schließlich ist in der Planung auch die Situation einer Überlastung der Kanalisation zu berücksichtigen. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich bei Starkregenereignissen vereinzelt Senken ausbilden können, die trotz guter Entwässerung zunächst einen weiteren Einstau der Flächen mit sich bringen, auch wenn Flächen mit einem geringen Überstau (< 5 cm) nicht in den Karten gezeigt werden. Das DWA-Merkblatt 119 [1] geht auf diese Thematik ein (Abbildung 6-2) und ist zusätzlich zu dem Leitfaden Baden-Württemberg [2] zu konsultieren.

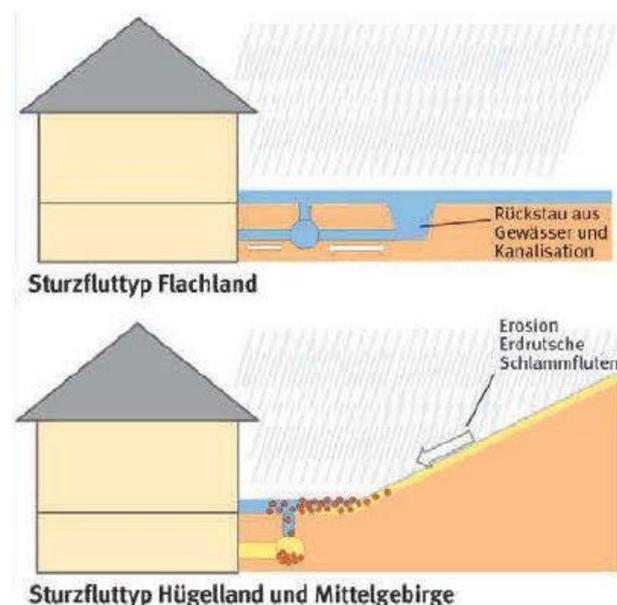


Abbildung 6-2: Überlastung der Kanalisation bei Überstau über Gelände (Abbildung 1 aus [1])

10.) Bereitstellung eines Warnpegels (T12)

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 entsprechen ein Pegelstelle geplant werden, welcher im operativen Betrieb auch für Privatnutzer abrufbar wäre bzw. über eine mobile App Benachrichtigungen aber einer gewissen Warnstufe versendet.

6.1.2 Nicht-technische (NT) Maßnahmen

1.) Informationsvorsorge (NT1)

Die wohl gängigste nicht-technische Maßnahme für den Schutz vor der Starkregengefahr liegt, analog zu 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.

2.) Kennzeichnung der gefährdeten Flächen (NT2)

Nach der Identifizierung der möglicherweise gefährdeten Flächen ist unabhängig von der Kennzeichenpflicht im Flächennutzungs- und Bebauungsplan eine Kennzeichnung der gefährdeten Flächen, zum Beispiel durch entsprechende Warnschilder, in Erwägung zu ziehen.

3.) Berücksichtigung der Starkregengefahr im Krisenmanagementplan (NT3)

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.

4.) Vorbeugende Verhaltensanpassungen (NT4)

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

5.) Zugang zu Radardaten (NT5)

Stand 2019 gibt es diverse kostenlose Apps für das Smartphone oder Tablet, welches auch proaktiv Unwetterwarnungen generieren kann. Die entsprechende App könnte auch aufgerufen werden, wenn zum Beispiel Gewitterwolken am Himmel auftauchen. Turmartige Wolken sind prinzipiell Anzeichen für eine mögliche Unwettergefahr, und konvektive Gewitterzellen bergen das Risiko einer potenziell hohen Starkregengefahr.

7 Zusammenfassung

Das geplante Neubaugebiet Fischbeker Reethen sieht den Bau von 2.300 Wohneinheiten zzgl. Gewerbe auf einer Fläche am Übergang der Geest und der Marsch am südwestlichen Rand von Hamburg vor. Eine Auflage der Planung ist die Durchführung einer modellgestützten Starkregenanalyse, um die Gefährdung durch Sturzfluten besser einschätzen zu können. Die Studie beruft sich dabei auf das DWA Merkblatt 119 [1] und den Kommunalen Leitfaden aus Baden-Württemberg [2].

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 Parametrierung wurde ein hydrologisches Modell mit der Software *MIKE SHE* aufgebaut und die Bemessungsereignisse HQ_{Selten} , $HQ_{\text{Außergewöhnlich}}$ und HQ_{Extrem} gemäß [2] berechnet und plausibilisiert. Für die Kalibrierung standen keine Informationen zur Verfügung.

Parallel dazu wurde ein zweidimensionales, hydrodynamisches Strömungsmodell mit der Software *MIKE21 FM* aufgebaut. Hierzu wurde ein Geländemodell mit punktuellen Höhendaten aus dem bestehenden Funktionsplan, dem Entwässerungskonzept und den Höhenplänen der Verkehrsanlagen erstellt. Es wurde ein Berechnungsnetz aufgebaut, welches die entsprechenden Bruchkanten und Höheninformation in der Diskretisierung berücksichtigt. Weitere wichtige Parameter (Drosselabflüsse, Rauheiten) sind in die Parametrisierung des Modells eingeflossen.

Das hydrodynamische Modell wurde mit den anhand des *MIKE SHE* Modells ermittelten flächendeckenden Effektivniederschlägen und mit den Außengebietszuflüssen für die Ereignisse HQ_{Selten} , $HQ_{\text{Außergewöhnlich}}$ und HQ_{Extrem} berechnet. Die Ergebnisse zeigen den zeitlichen Verlauf der Überflutungen. Zusätzlich wurden die maximalen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten in Karten dargestellt (Anhang B) und eine Gefährdungsanalyse 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 10 technische und 5 nicht-technische Maßnahmen bzw. Empfehlungen identifiziert. Maßnahmen mit einem örtlichen Bezug wurden in eine Karte (Abbildung 6-1) eingetragen. Ein großer Teil der Maßnahmen betrifft den Schutz vor Außengebietszuflüssen, eine Gefahr, die derzeit durch ein Zusammenspiel eines Retentionsraums und Drosselbauwerks an der B73 abgefangen wird. Innerhalb des Planungsgebietes ist die Entwässerung grundsätzlich aufgrund der vorliegenden Höhendaten auch für Starkregen gut ausgelegt.

Das Projekt hat in Hamburg aus gewisser Hinsicht einen Pilotcharakter, da eine solche detaillierte Starkregenanalyse dort bisher noch nicht durchgeführt wurde. Besonderheiten des Projekts liegen zusätzlich in der länderübergreifenden Betrachtung und an der Durchführung in einer frühen Phase der Planung ohne genaue Festlegung der Geländehöhen. Durch die geschickte Kombination der leistungsfähigen Softwarepakete *MIKE SHE* und *MIKE21 FM* sowie eine realistische und fundierte Ableitung von hydrologischen Randbedingungen in Abstimmung mit der BUE, dem Bezirksamt Harburg und der AG konnte trotz dieser Herausforderungen eine Starkregenanalyse nach Stand der Technik durchgeführt werden. Es wird eine Modellfortschreibung bei Vorlage genauer Planungsdaten empfohlen. In Abstimmung mit dem AG lassen sich zum gegenwärtigen

Zeitpunkt keine Schlussfolgerungen und Anforderungen für die Bauleitplanung bzw. das Bebauungsverfahren NF67 ableiten.

8 Literatur

[1] Merkblatt DWA-M 119 (November 2019) – Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen, 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. Grottenthaler; 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

ANHANG

ANHANG A

Ergebnisse MIKE SHE Oberflächenabfluss

A Ergebnisse MIKE SHE Oberflächenabfluss

A.1 Kumulative Flüsse der MIKE SHE Simulationen

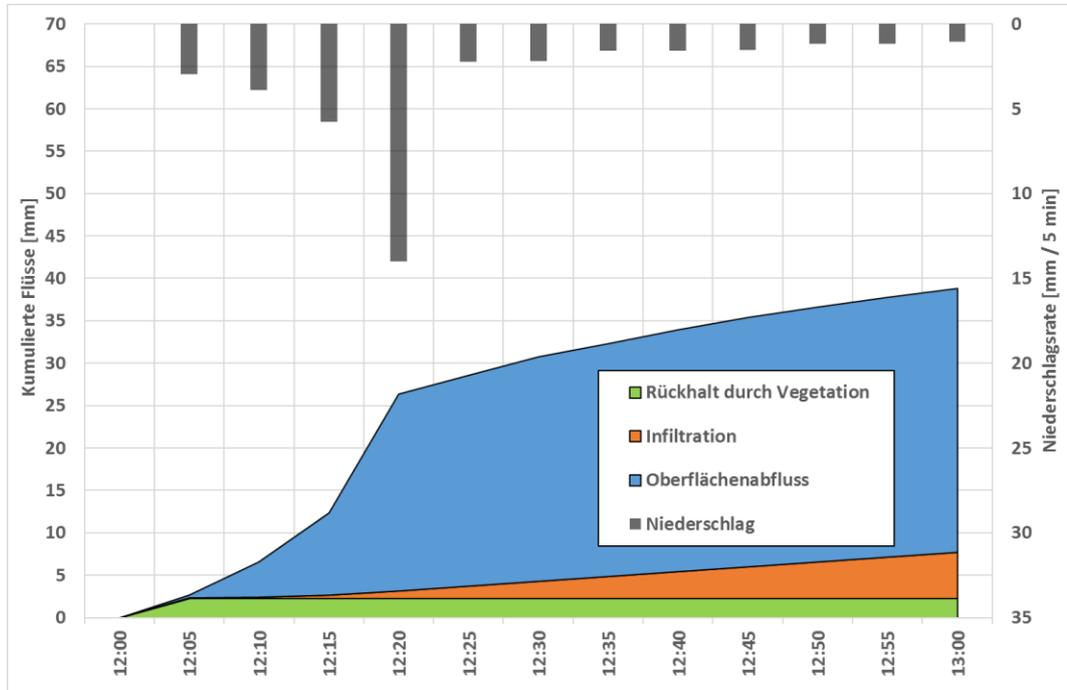


Abbildung 8-1: Kumulative Flüsse HQ_{Selten}

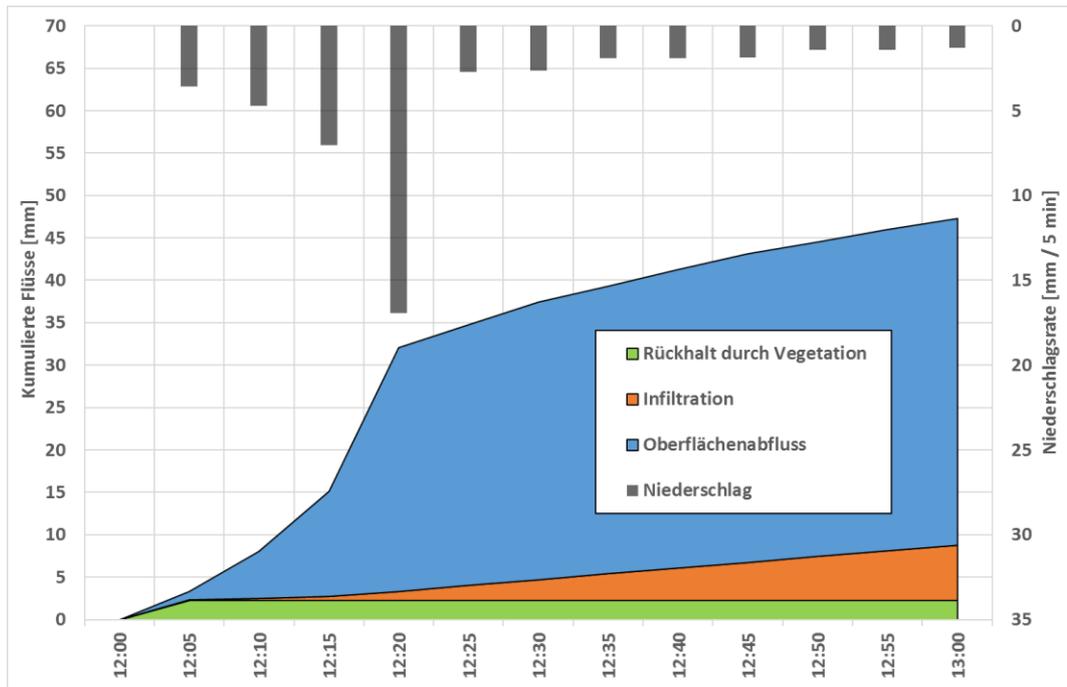


Abbildung 8-2: Kumulative Flüsse HQ_{Außergewöhnlich}

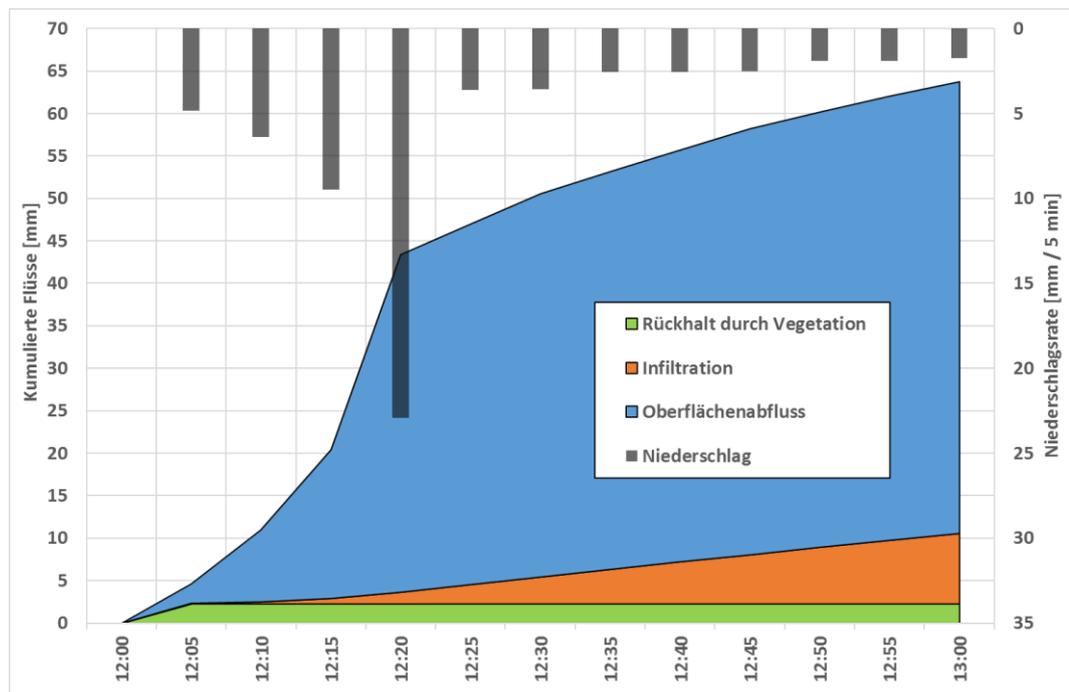


Abbildung 8-3: Kumulative Flüsse HQ_{Extrem}

A.2 Raster der Effektivniederschläge für HQ_{Extrem}

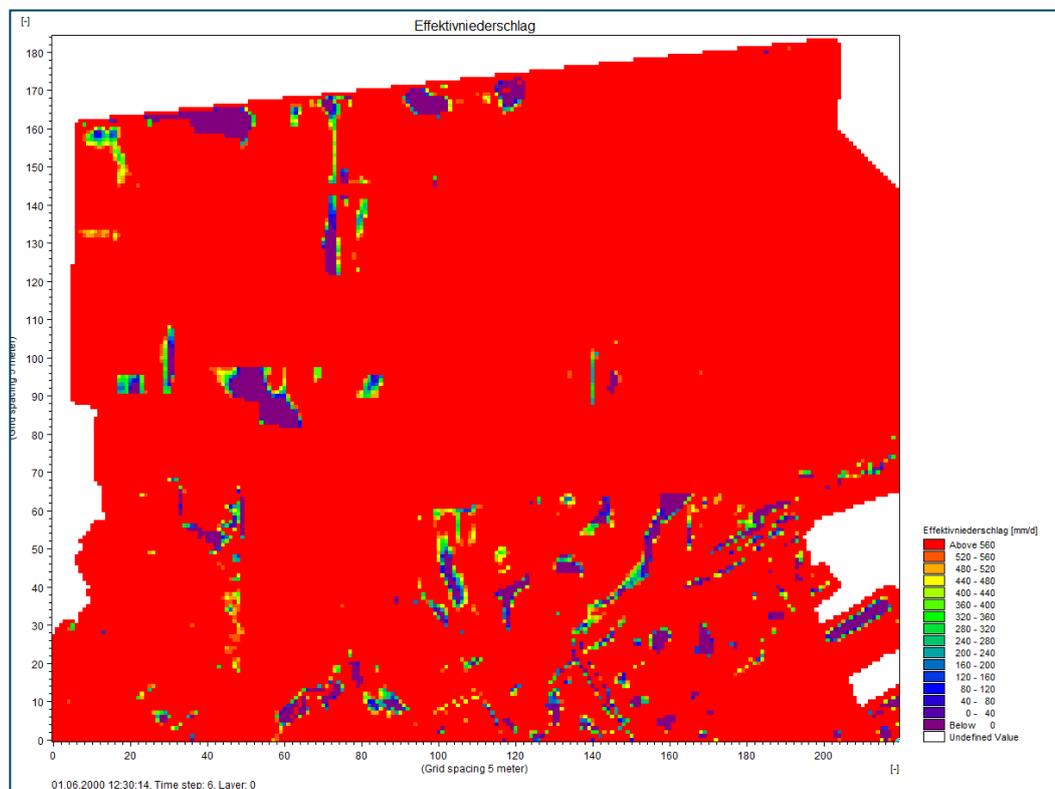


Abbildung 8-4: Effektivniederschlag für HQ_{Extrem} zum Zeitpunkt T = 25 min

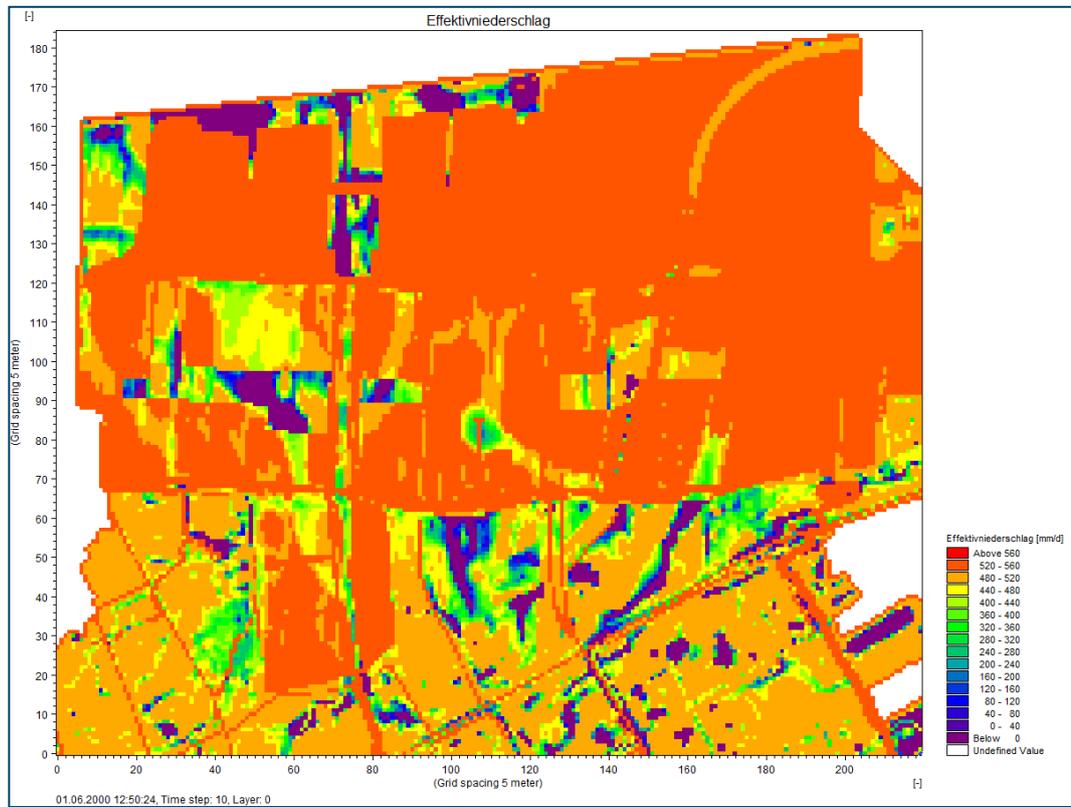
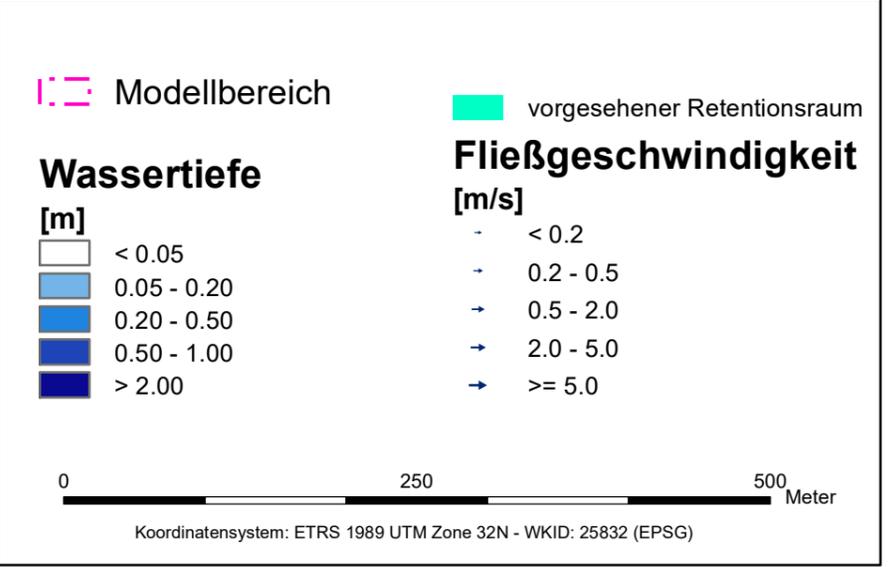


Abbildung 8-5: Effektivniederschlag für HQExtrem zum Zeitpunkt T = 50 min

ANHANG B

Karten der Gefährdungsanalyse

B Karten der Gefährdungsanalyse



Hydraulische Berechnungen: DHI WASY GmbH
Niederlassung Bremen
Knochenhauerstraße 20/25
28195 Bremen
Deutschland
Tel: +49 421 98 88 21 0

Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)
Geobasisdaten der Kommunen und des Landes Hamburg und Niedersachsen
Hintergrundkarte OpenStreetMap, © OpenStreetMap-Mitwirkende

Gez.:	Feb. 2019	■
Gepr.:	Feb. 2019	■
Projekt-Nr.:	14804928	



Fischbeker Reethen
Starkregenanalyse
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67

berechnete Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten bei HQ selten

Bearbeitungsdatum:
Bremen, 22.02.2019

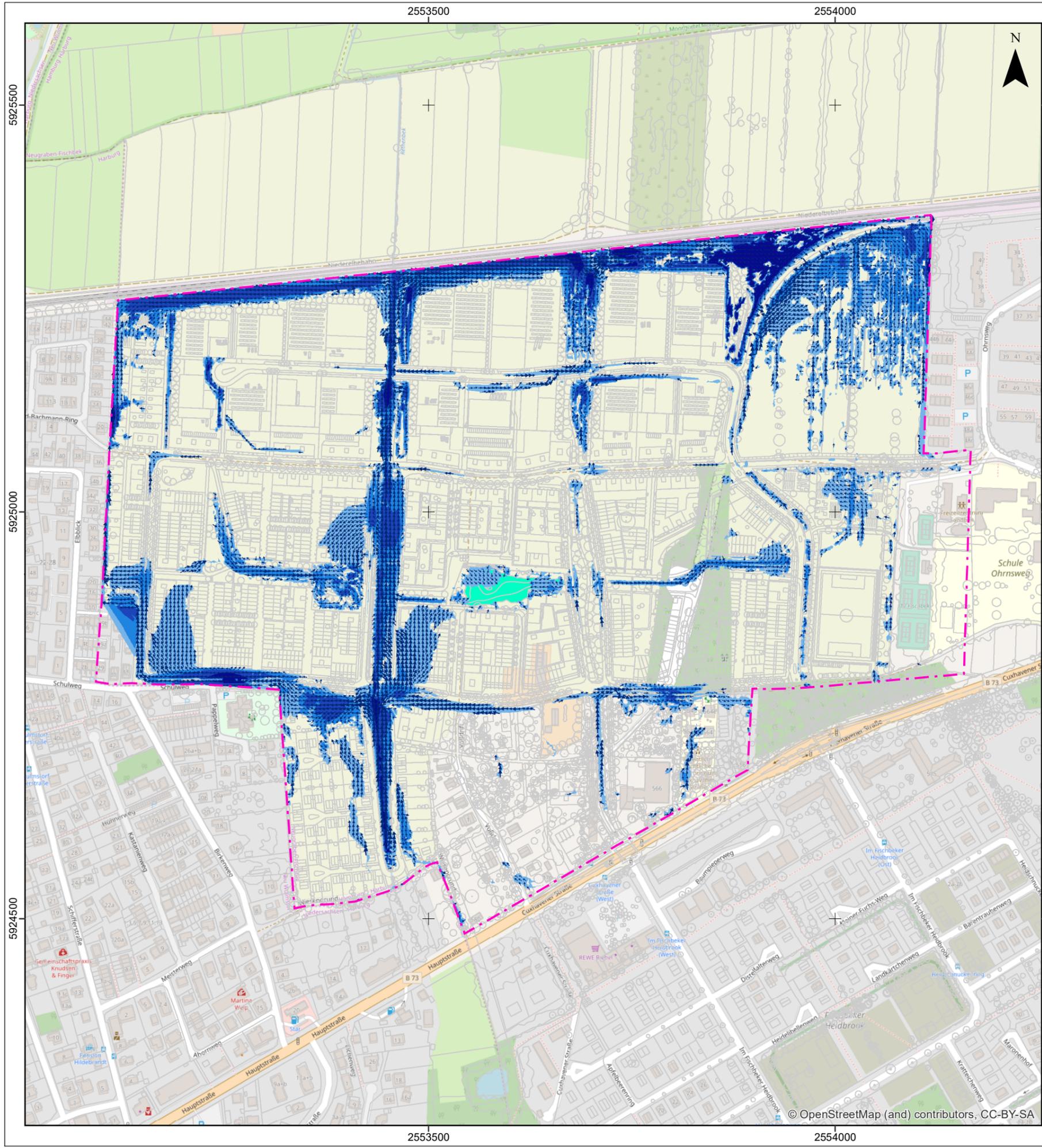
Maßstab: 1:5.000

Entwurf

Anhang B.1

IBA_HAMBURG





 Modellbereich

vorgesehener Retentionsraum

Wassertiefe [m]

- < 0.05
- 0.05 - 0.20
- 0.20 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- > 2.00

Fließgeschwindigkeit [m/s]

- < 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 2.0
- 2.0 - 5.0
- >= 5.0

0 250 500 Meter

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

Hydraulische Berechnungen:	DHI WASY GmbH Niederlassung Bremen Knochenhauerstraße 20/25 28195 Bremen Deutschland Tel: +49 421 98 88 21 0
Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung) Geobasisdaten der Kommunen und des Landes Hamburg und Niedersachsen Hintergrundkarte OpenStreetMap, © OpenStreetMap-Mitwirkende	Gez.: Feb. 2019 ■
	Gepr.: Feb. 2019 ■
	Projekt-Nr.: 14804928



Fischbeker Reethen	
Starkregenanalyse	
Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67	
berechnete Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten bei HQ extrem	Maßstab: 1:5.000
	Entwurf
Bearbeitungsdatum: Bremen, 22.02.2019	Anhang B.3



Modellbereich

Wassertiefe [m]

- < 0.05
- 0.05 - 0.20
- 0.20 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- > 2.00

Fließgeschwindigkeit [m/s]

- < 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 2.0
- 2.0 - 5.0
- ≥ 5.0

vorgesehener Retentionsraum

0 250 500 Meter

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

Hydraulische Berechnungen: DHI WASY GmbH
Niederlassung Bremen
Knochenhauerstraße 20/25
28195 Bremen
Deutschland
Tel: +49 421 98 88 21 0

Datengrundlagen: Ergebnisse hydrodynamisch-numerische Berechnung (2D-Modellierung)
Geobasisdaten der Kommunen und des Landes Hamburg und Niedersachsen
Hintergrundkarte OpenStreetMap, © OpenStreetMap-Mitwirkende

Gez.:	Feb. 2019	■
Gepr.:	Feb. 2019	■
Projekt-Nr.:	14804928	

Fischbeker Reethen

Starkregenanalyse

Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67

berechnete Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten bei HQ außergewöhnlich

Bearbeitungsdatum: Bremen, 22.02.2019

Maßstab: 1:5.000

Entwurf

Anhang B.2