

# Eine Starkregenmodellierung für zentrale Bereiche des Stadtgebiets Geesthacht unter Nutzung des Modells HEC-RAS

CITY SERIES 04





# **Eine Starkregenmodellierung für zentrale Bereiche des Stadtgebiets Geesthacht unter Nutzung des Modells HEC-RAS**

Steffen Bender, Markus Groth, Thea Wübbelmann, Joshua Bockbreder

Februar 2023

Titelbild: GERICS 2023.

Zitierhinweis: Bender, S., Groth, M., Wübbelmann, T. & Bockbreder, J. (2023): Eine Starkregenmodellierung für zentrale Bereiche des Stadtgebiets Geesthacht unter Nutzung des Modells HEC-RAS, Climate Service Center Germany (GERICS), Hamburg.

Erscheinungsdatum: Februar 2023.

Dieser Report ist auch online unter [www.climate-service-center.de](http://www.climate-service-center.de) erhältlich.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Methodik</b> .....	<b>6</b>
2.1. Niederschlag-Abfluss-Modellierung.....	6
2.2. Das Modellgebiet „Stadt Geesthacht“.....	7
2.3. Niederschlag-Abfluss-Szenarien .....	8
2.4. Kartendarstellung .....	10
<b>3. Simulationsergebnisse für das Modellgebiet „Stadt Geesthacht“</b> .....	<b>11</b>
3.1. Ergebnisse: Starkregen „Stadt Geesthacht“ – Szenario #1 .....	11
3.2. Ergebnisse: Extremer Starkregen „Stadt Geesthacht“ – Szenario #2 .....	13
<b>4. Simulationsergebnisse für das Modellteilgebiet „Geesthacht Straße“</b> .....	<b>17</b>
4.1. Das Modellteilgebiet .....	17
4.2. Ergebnisse: Starkregen Modellteilgebiet „Geesthachter Straße“ – Szenario #1 .....	17
<b>5. Simulationsergebnisse für das Modellteilgebiet „Hansastraße“</b> .....	<b>21</b>
5.1. Das Modellteilgebiet .....	21
5.2. Ergebnisse: Starkregen Modellteilgebiet „Hansastraße“ – Szenario #1 .....	21
5.3. Möglicher Einfluss einer Nachverdichtung auf das Niederschlags-Abflussverhalten.....	23
5.4. Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Starkregenmengen .....	26
<b>6. Ergebnisse auf einen Blick</b> .....	<b>29</b>
<b>7. Literatur</b> .....	<b>30</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: HEC-RAS-Modellgebiet „Stadt Geesthacht“ im Luftbild (Google Maps 2021) .....	7
Abb. 2: Topographische Karte des Modells auf Basis des DGM1 .....	8
Abb. 3: Schematische Einteilung der Modellierung in vier Phasen: Phase 1: Trocken-Phase, Phase 2: Starkregen-Phase, Phase 3: Abfluss-Phase, Phase 4: Infiltrationsphase .....	9
Abb. 4: Verteilung der Niederschlagsmenge für das Szenario #1 basierend auf den Daten der Station Boizenburg/Elbe .....	10
Abb. 5: Simulation Starkregen „Stadt Geesthacht“, Phase 2a (Hauptniederschlagsmenge).....	11
Abb. 6: Simulation Starkregen „Stadt Geesthacht“, Phase 3 (Abfluss-Phase) .....	12
Abb. 7: Simulation Starkregen „Stadt Geesthacht“, Phase 4 (Infiltrations-Phase).....	13
Abb. 8: Simulation extremer Starkregen „Stadt Geesthacht“, Phase 2a (Hauptniederschlagsmenge)...	14
Abb. 9: Simulation extremer Starkregen „Stadt Geesthacht“, Phase 4 (Infiltrations-Phase) .....	15
Abb. 10: Lage im Modellgebiet (oben links), Topographie (links) und Landnutzung (rechts) des Modellteilgebietes „Geesthachter Straße“ .....	17
Abb. 11: Simulation Starkregen Modellteilgebiet „Geesthachter Straße“, Phase 3 (Abfluss-Phase).....	18
Abb. 12: Simulation Starkregen Modellteilgebiet „Geesthachter Straße“, Phase 4 (Infiltrations-Phase)	19
Abb. 13: Abflussverhalten am Beispiel von drei Akkumulationsbereichen im Modellteilgebiet „Geesthachter Straße“ .....	20
Abb. 14: Lage im Modellgebiet (oben links), Topographie (links) und Landnutzung (rechts) des Modellteilgebietes „Hansastraße“ .....	21
Abb. 15: Simulation Starkregen Modellteilgebiet „Hansastraße“, Phase 3 (Abfluss-Phase).....	22
Abb. 16: Simulation Starkregen Modellteilgebiet „Hansastraße“, Phase 4 (Infiltrations-Phase) .....	23
Abb. 17: Modellaufbau der Referenzbebauung und der fiktiven Bebauungssituation .....	24
Abb. 18: Vergleich der Simulationsergebnisse für die aktuelle Bebauung und das Bebauungsszenario #1: Starkregen Modellgebiet („Hansastraße-Bebauung). Phase 2a (Hauptniederschlagsmenge).....	24
Abb. 19: Vergleich der Simulationsergebnisse für die aktuelle Bebauung und das Bebauungsszenario #1: Starkregen Modellgebiet („Hansastraße-Bebauung). Phase 3 (Abfluss-Phase) .....	25
Abb. 20: Vergleich der Simulationsergebnisse für die aktuelle Bebauung und das Bebauungsszenario #1: Starkregen Modellgebiet („Hansastraße-Bebauung“), Phase 4 (Infiltrations-Phase).....	26
Abb. 21: Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Starkregenintensität auf Überflutungen im Modellbereich „Hansastraße“, Phase 3 (Abfluss-Phase). Links: hineingezoomte Ergebnisse (Szenario #1); rechts: kleinräumige Modellierung (Szenario #3) .....	27
Abb. 22: Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Starkregenintensität auf Überflutungen im Modellbereich „Hansastraße“, Phase 4 (Infiltrations-Phase).....	28

## 1. Einleitung

Der Klimawandel und seine Folgen sind weltweit, aber auch in Deutschland, bereits spürbar (IPCC 2022; IPCC 2021; Jacob et al. 2021, Kahlenborn et al. 2021; Umweltbundesamt 2019; IPCC 2018). So hat sich in Deutschland die mittlere bodennahe Lufttemperatur seit Beginn der systematischen und flächendeckenden Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 bis heute bereits deutlich erhöht. Beispielsweise war das zurückliegende Jahrzehnt rund 2°C wärmer als die ersten Jahrzehnte der Aufzeichnungen (1881-1910), was auch bedeutet, dass die Temperaturen in Deutschland deutlich stärker angestiegen sind als im weltweiten Durchschnitt (IPCC 2021; Kaspar et al. 2020).

Weiterhin sind in Deutschland in vielen Regionen Veränderungen der Niederschlagsregime zu beobachten, wobei vor allem eine Zunahme der Niederschlagsmengen im Winter – der zudem seltener als Schnee fällt – sowie trockenere Sommer zu erkennen sind (Deutschländer & Mächel 2017; DWD 2017). Eine mögliche Folge des Klimawandels ist auch die Zunahme von Starkregenereignissen, was regional bereits zu erkennen ist (Papalexiou & Montanari 2019, Fischer & Knutti 2016, Westra et al. 2014). Besonders viele dieser Ereignisse traten im 2018 auf, was zugleich durch lange Phasen mit sehr geringen Niederschlägen und hohen Verdunstungsraten aufgrund hoher Temperaturen geprägt war (Jacob et al. 2021). Eine Zunahme von Starkregenereignissen entspricht auch dem physikalischen Zusammenhang, dass die erhöhte Wasserdampfaufnahme der Atmosphäre durch die globale Erwärmung konvektive Niederschläge verstärken kann. Dahm et al. (2019) zeigten, dass es bei kurzen Ereignissen im Sommer sogar möglich ist, dass die Luft die doppelte Menge an Wasserdampf aufnehmen kann. Ist ausreichend Wasserdampf in der Atmosphäre vorhanden, so ist es grundsätzlich auch wahrscheinlich, dass Starkregenereignisse zunehmen (Allen & Ingam 2002). Es gibt zudem Hinweise, dass im Sommer die Zahl aufeinanderfolgender Trockentage zunehmen kann. Beide Tendenzen hätten zur Folge, dass sich hydroklimatische Gefahren wie Dürren und Überschwemmungen erhöhen, wobei in diesem Zusammenhang für die Zukunft vor allem ein Trend hin zu intensiveren Starkregenereignissen zu sehen ist (Giorgi et al. 2019; Giorgi et al. 2011).

Mit den Folgen des Klimawandels sind zudem umfassende ökonomische Konsequenzen beispielsweise in Form von Schadenskosten verbunden, wobei ein Großteil der Schäden auf Extremwetterereignisse – wie außergewöhnliche Hitze-, Dürre-, Hochwasser- oder Starkregenereignisse – zurückzuführen ist, die beispielsweise zu Ernteaufschlägen, Infrastrukturschäden oder steigenden Gesundheitskosten führen (Trenczek et al. 2022a; Trenczek et al. 2022b).

Insbesondere Flusshochwasser und Überschwemmungen durch Starkregen und Sturzfluten waren in Deutschland bislang die kostenträchtigsten Extremwetterereignisse. Dabei waren neben zerstörten Gebäuden und Verkehrsinfrastrukturen auch die Industrie sowie das Gewerbe von überfluteten Produktionshallen oder gestörten Lieferketten betroffen. Insgesamt entstanden so seit dem Jahr 2000 über 70 Mrd. Euro Schäden (Trenczek et al. 2022a; Trenczek et al. 2022c).

Besonders hervorzuheben sind in diesem Kontext die Überschwemmungen im Ahrtal und an der Erft im Juli 2021, auf die im weiteren Verlauf der hier vorgenommenen Modellierung als ein Extremszenario auch noch einmal eingegangen wird. Diese Überschwemmungen waren mit mindestens 40 Mrd. Euro Schäden das schadensträchtigste Extremwetterereignis in Deutschland (Trenczek et al. 2022c). Weitere bedeutende Ereignisse waren beispielsweise das August-Hochwasser im Jahr 2002 mit Schäden von

rund 18,5 Mrd. Euro sowie die Fluten des Juni 2013 mit 9,5 Mrd. Euro. Hierbei ist jedoch sowohl zu beachten, dass Schäden von Überflutungen und Starkregenereignissen stark von den lokalen geografischen und topografischen Gegebenheiten abhängig sind als auch, dass nicht alle durch Überschwemmungen und Flutereignisse auftretenden Schäden monetär bewertbar sind, so dass davon auszugehen ist, dass die tatsächlichen Schadenskosten mitunter deutlich höher sein können (Trenczek et al. 2022a; Trenczek et al. 2022b; Trenczek et al. 2022c).

Vor dem Hintergrund dieser und weiterer noch zu erwartender Folgen des Klimawandels sowie den sich daraus ergebenden Herausforderungen, wird deutlich, dass es zukünftig – auch auf kommunaler Ebene – verstärkt darum gehen muss, Klimaschutz, Anpassung an die Folgen des Klimawandels und Nachhaltigkeit viel konsequenter zusammenzudenken, um die Transformation hin zu einer ressourcenschonenden, nachhaltigen, klimaneutralen und -angepassten Gesellschaft erreichen zu können (Jacob et al. 2021). Dabei bieten für den urbanen Raum insbesondere die Raum- und Stadtplanung zahlreiche Möglichkeiten für entsprechende integrative Ansätze (Bender et al. 2022).

Um Kommunen hierbei zu unterstützen, werden im Rahmen einer prototypischen Produktentwicklung bedarfsgerecht neue Module für den GERICS-Stadtbaukasten (Bender et al. 2017)<sup>1</sup> in Zusammenarbeit mit der Stadt Geesthacht entwickelt und angewendet. Ein zentrales Ziel ist es, kleineren Kommunen zu veranschaulichen, dass die Verwendung – auch vereinfachter – digitaler Modelle der Kommune gute Planungswerkzeuge sein können, um mögliche Folgen des Klimawandels abzuschätzen und damit heutige und zukünftige Betroffenheiten kleinräumig aufzeigen zu können. Darauf aufbauend können im Rahmen der Stadtentwicklung Anpassungsmaßnahmen geplant, begründet und umgesetzt werden.

Damit werden auch zentrale Aspekte der "Agenda 2030" (United Nations 2015) – vor allem die Notwendigkeit, eine widerstandsfähige Infrastruktur aufzubauen und zu erhalten (Ziel 9) und Städte und Siedlungen sicher, widerstandsfähig und nachhaltig zu machen (Ziel 11) – adressiert. Darüber hinaus steht dieser Gesamtansatz im Einklang mit der "Neuen Leipzig-Charta" (Europäische Kommission 2020). Darin wird nicht nur die Notwendigkeit betont, die transformative Kraft der Städte zu aktivieren, sondern es werden auch Partizipation und Ko-Kreation als Schlüsselprinzipien für eine gute städtische Governance hervorgehoben, die die Einbeziehung der breiten Öffentlichkeit sowie lokaler Experten – sozialer, wirtschaftlicher und anderer Interessengruppen – erfordert, um deren Anliegen und Wissen zu berücksichtigen.

Zur Beantwortung von Fragen aus dem Bereich „Starkregen und urbane Überflutungen“ – einer häufig als zentral genannten kommunalen Herausforderung (Bender et al. 2022) – wird exemplarisch das frei verfügbare Niederschlag-Abfluss-Modell HEC-RAS verwendet. In Absprache mit dem Fachbereich Umwelt und Bauen der Stadt Geesthacht werden Starkregenereignisse für den zentralen Bereich des Stadtgebiets Geesthacht und die Modellteilgebiete „Geesthachter Straße“ und „Hansastraße“ betrachtet.

---

<sup>1</sup> Weitere Informationen und Publikationen zum GERICS-Stadtbaukasten sind online verfügbar: [https://www.gerics.de/products\\_and\\_publications/toolkits/stadtbaukasten/index.php.de](https://www.gerics.de/products_and_publications/toolkits/stadtbaukasten/index.php.de).

Mit diesem Modellierungsansatz sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wo sind die Bereiche im Stadtgebiet, die vorwiegend/häufig nach Starkregenereignissen überflutet werden und wo Anpassungsmaßnahmen schon heute notwendig sind?
- In welchen Bereichen der Stadt können bauliche Maßnahmen – wie beispielsweise eine Nachverdichtung der vorhandenen Bebauung – Überflutungen verstärken?
- Welche Fließwege des Oberflächenabflusses treten bei Starkregenereignissen auf?

Zur Beantwortung dieser und weiterer Fragen werden im Rahmen der Modellierung verschiedene Szenarien verwendet, die sich im Hinblick auf die räumliche Ausdehnung, die betrachteten Starkregenereignisse und die angenommene Bebauung unterscheiden.

## 2. Methodik

### 2.1. Niederschlag-Abfluss-Modellierung

Zur Simulation des Abflussverhaltens ausgewählter Starkregenereignisse im Stadtgebiet von Geesthacht kommt das vom „Hydrologic Engineering Center“ entwickelte und freiverfügbare Modell „River Analysis System“ (HEC-RAS) der U.S. Army Corp of Engineers zum Einsatz. Auch wenn dieses Modell normalerweise zur Simulation von Flussgebieten eingesetzt wird, liefert es auch in Städten und Stadtquartieren nützliche Ergebnisse, um die Folgen von Starkregenereignissen abschätzen zu können (Schütze et al. 2021).

Die hydraulischen Berechnungen basieren auf der Navier-Stokes-Gleichung, die Massen- und Energieerhaltung berücksichtigt. Detaillierte Informationen dazu finden sich in Brunner (2016a). Beim Aufbau des Modells hat es sich bewährt, die Eingangsdaten mit einem geografischen Informationssystem – beispielsweise ArcGis Pro von ESRI – aufzubereiten, da Elemente wie Häuser, Deiche oder andere Fließhindernisse leicht entfernt oder eingefügt werden können.

Als Eingangsdaten werden verwendet:

- Oberflächenmodell als Rasterdaten. Dies dient als Basis für die Rasterzellengröße, wobei im städtischen Raum für viele Fragestellungen ein DGM1 zu bevorzugen ist (Gitterweite 1 m).
- Gebäudedaten als Shape-File: Allen Gebäuden wird hier eine fiktive Höhe von 3 m zugeordnet, damit sie als Fließhindernis fungieren können. Diese Höhe wird unter der Annahme gewählt, dass sich bei den Simulationen keine höheren Wasserstände einstellen (was sich im Nachhinein auch als richtig herausgestellt hat). Als Dachformen werden zur Vereinfachung Flachdächer verwendet. Alle Informationen werden im digitalen Oberflächenmodell (DOM) zusammengeführt. Prinzipiell können hier auch komplexere Ansätze gewählt werden, indem beispielsweise reale Gebäudehöhen und Dachneigungen oder die Rückhaltekapazität berücksichtigt werden.
- Landnutzungsdaten als Shape-File oder Feature Class: Hiermit werden Infiltrationsraten abhängig von der jeweiligen Landnutzung festgelegt. Die Abschätzung der Oberflächenrauigkeit erfolgt nach der „Manning n Klassifikation“ von Chow (1959). Die beschreibenden Werte sind in Brunner (2016a, 2016b) aufgelistet.
- Bodenhydrologische Informationen (Ross et al. 2018a): Sie werden benötigt, um Abflussbeiwerte zu ermitteln, die zur Berechnung der Infiltration herangezogen werden. Werte dazu finden sich beispielsweise in Brunner (2016a, 2016b).
- Zeitlicher Verlauf eines Niederschlag-Abfluss-Ereignisses mit definierten Zeitschritten.

Als Randbedingungen werden Auslassstellen für den Abfluss festgelegt, damit sich das Modell nicht mit Wasser auffüllt. Als geeignete Auslässe werden Straßen verwendet, deren Verläufe über den Modellrand hinausgehen, was im Modell damit zu begründen ist, dass Straßen geringe Rauigkeitswerte aufweisen und von Fließhindernissen (Gebäuden) begrenzt sind, wodurch das Oberflächenwasser bevorzugt dort abfließt.

## 2.2. Das Modellgebiet „Stadt Geesthacht“

Das HEC-RAS-Modellgebiet für den zentralen Teil des Stadtgebiets Geesthacht ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Südgrenze verläuft in Höhe des Freibads an der Elbe, die Westgrenze liegt in etwa auf der Linie „Elbstieg (im Süden) – Steglitzer Straße – Binsenstein (im Norden)“. Die Nordgrenze verläuft auf der Linie „Kreuzung Altonaer Ring/Geesthachter Straße (B404) – Kreuzung Eichweg/Marktsweg (B404)“. Die Ostgrenze liegt etwas östlich der Linie Kreisverkehr Hansastrasse/Landstraße (im Norden) – Staubecken, Berliner Straße (im Süden).

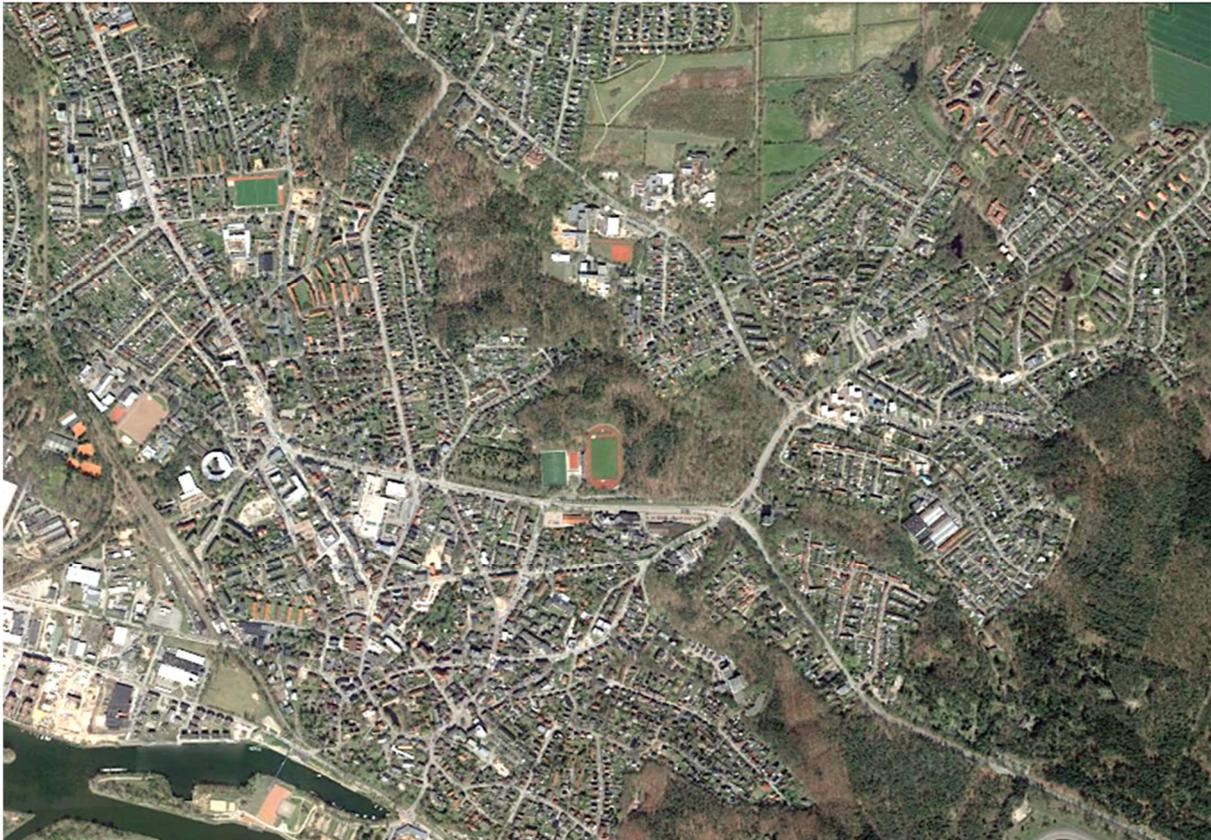


Abb. 1: HEC-RAS-Modellgebiet „Stadt Geesthacht“ im Luftbild (Google Maps 2021)

Eine wichtige steuernde Komponente für den Oberflächenabfluss ist die Topographie. Abbildung 2 zeigt die Topographie im Untersuchungsgebiet mit flacheren Stellen in grünlichen Tönen und größeren Höhen in braunen bis grauen Farben. Das Gelände fällt generell in westliche bis südwestliche Richtung ab, mit dem tiefsten Punkt an der Elbe und den höchsten Punkten im zentralen Bereich (Westteil der Oberstadt) sowie am südöstlichen Teil des Modellgebiets.

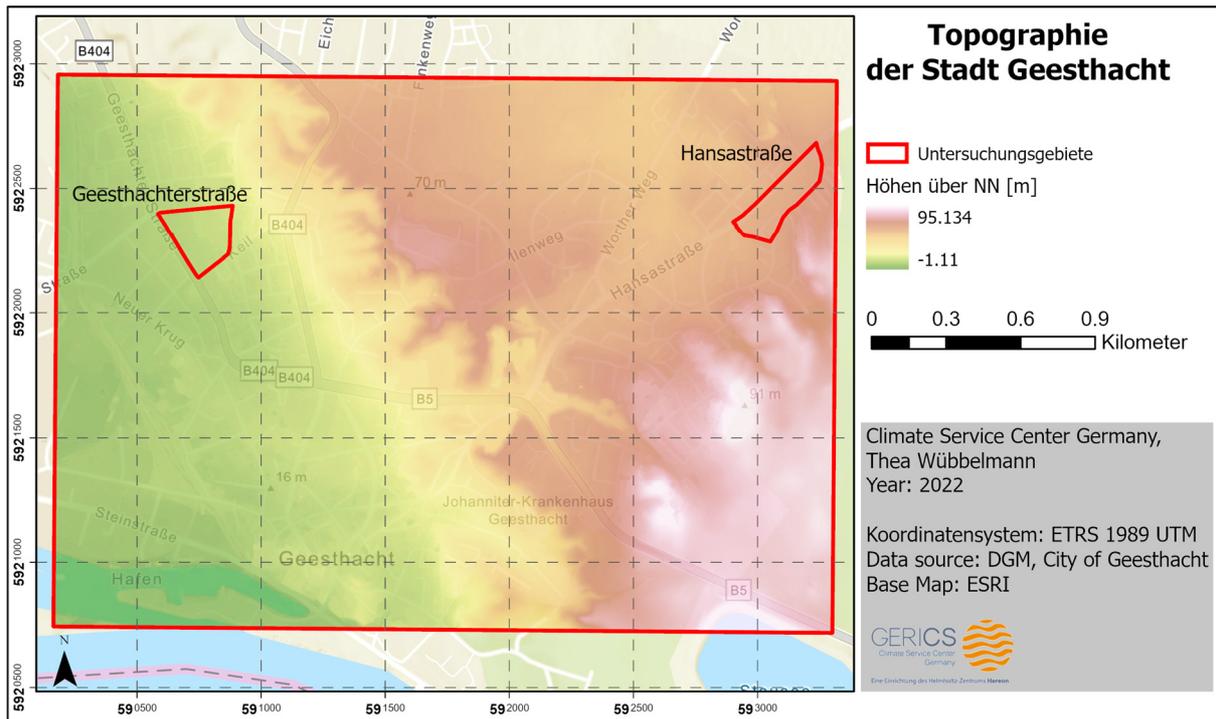


Abb. 2: Topographische Karte des Modells auf Basis des DGM1

### 2.3. Niederschlag-Abfluss-Szenarien

Für alle Szenarien werden Regenereignisse über mehrere Stunden bis zu zwei Tagen mit einer zeitlichen Auflösung von einer Minute bis zu einer Stunde simuliert, um die zeitliche und räumliche Entwicklung urbaner Überflutungen aufzuzeigen. Der Niederschlag fällt im Modell gleichmäßig über das Gebiet verteilt. Für die Kanalisation wird vereinfacht angenommen, dass sie schon nach kurzer Zeit kein Regenwasser mehr aufnehmen kann, womit sie für die Entwässerung keine entscheidende Rolle spielt.

Die Modellierungen lassen sich jeweils vereinfacht in vier Phasen einteilen (Abb. 3), die je nach Simulation unterschiedliche Zeitintervalle aufweisen. Zur Visualisierung werden hier die folgenden Zeiträume verwendet:

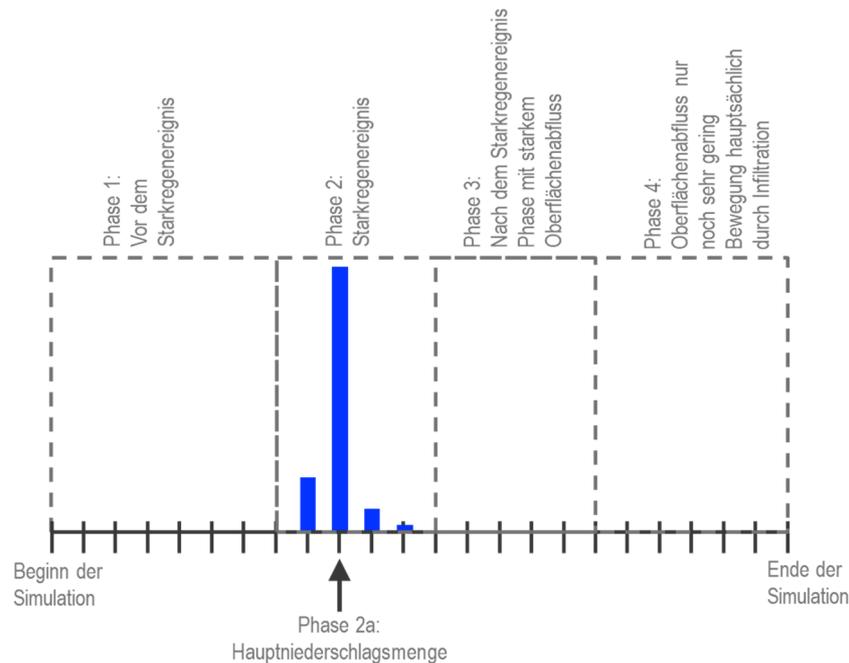


Abb. 3: Schematische Einteilung der Modellierung in vier Phasen: Phase 1: Trocken-Phase, Phase 2: Starkregen-Phase, Phase 3: Abfluss-Phase, Phase 4: Infiltrationsphase

In Absprache mit den Projektpartnern der Stadt Geesthacht werden folgende Szenarien simuliert:

- **Szenario #1: Aktueller Starkregen (Messung Boizenburg/Elbe)**

- Das erste Szenario basiert auf Beobachtungsdaten einer Messstation, um die Auswirkungen eines historischen Ereignisses zu simulieren. Da aus der Umgebung von Geesthacht keine aktuellen Messdaten in benötigten zeitlichen Auflösungen verfügbar sind, wird stellvertretend für die Region das Starkregen-Ereignis vom 15.07.2007 verwendet, das an der nächstliegenden Station Boizenburg/Elbe gemessen wurde. Innerhalb des gesamten Niederschlagsereignisses fielen 92,5 mm Niederschlag, wobei die Hauptmenge (51,6 mm) in einer Stunde gemessen wurde (Abb. 4). Das Ereignis spiegelt einen Niederschlagsverlauf wider, wie er sich auch aktuell erneut ereignen könnte. Simuliert wurde das Ereignis vom 15.06.2007 (16:00h) bis zum 16.06.2007 (23:00h), wobei exemplarisch drei Zeitabschnitte (Abb. 3) betrachtet wurden:

- a) Phase 2a, der Zeitpunkt mit dem Maximum der Niederschlagsmenge (15.06.2007; 18:00h),
- b) Phase 3, nach Beendigung des Niederschlags, wenn der Hauptteil des Regenwassers an der Oberfläche abfließt und sich in Senken akkumuliert (15.06.2007; 20:00h),
- c) Phase 4, nach weitestgehendem Abschluss des Oberflächenabflusses, wenn sich die finalen Überflutungsbereiche (potentielle Hot-Spots) zeigen (16.06.2007; 08:00h).

- **Szenario #2: Extremer Starkregen (Ahrtal)**

- Das zweite Szenario entspricht dem eingangs schon angesprochenen Starkregenereignis, das sich im Juli 2021 im Ahrtal ereignete und dort aufgrund der topographischen Gegebenheiten zu großen Zerstörungen führte. Damals fielen innerhalb weniger Stunden 162 mm Niederschlag. Als Modellzeitraum werden zwölf Stunden (14.07.2021 – 12:00h bis 15.07.2021 – 00:00h) simuliert.

Dabei werden nachfolgend die Phase 2a (entspricht im Modell 14.07.2021 (19:00h)) und die Phase 4 (entspricht im Modell 14.07.2021 (23:30h)) betrachtet.

- **Szenario #3: Extremer Starkregen (fiktiv: etwa dreifache Menge der Boizenburg/Elbe-Messung)**
  - Das dritte Szenario wird nur für das Modellteilgebiet „Hansastraße“ gewählt, um einen Eindruck zu bekommen, mit welchen Auswirkungen beim Abflussverhalten zu rechnen wäre, wenn sich die Niederschlagsmengen im Extremfall deutlich erhöhen würden. Dazu wurden alle Werte von Szenario#1 verdreifacht.

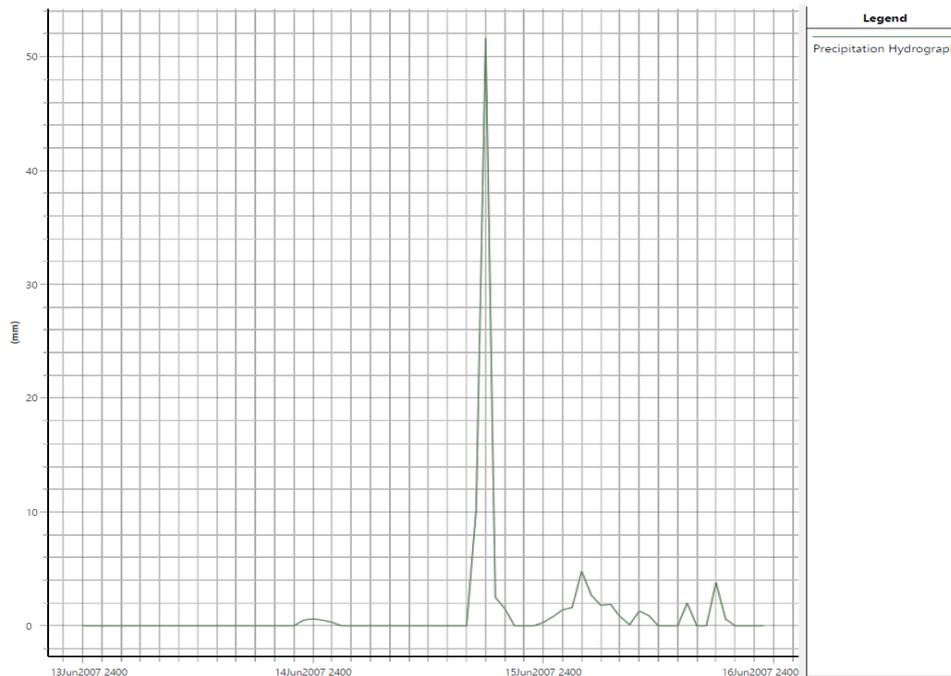


Abb. 4: Verteilung der Niederschlagsmenge für das Szenario #1 basierend auf den Daten der Station Boizenburg/Elbe

## 2.4. Kartendarstellung

Jede Karte zeigt neben der räumlichen Verteilung des Oberflächenwassers eine Zeitmarke, die anzeigt, welcher Zeitabschnitt aus dem kontinuierlichen Simulationsverlauf zur Visualisierung herangezogen wird. Zur besseren Einordnung wird zusätzlich die zugehörige Modell-Phase (Abb. 3) genannt. Die Hintergrundkarte entspricht in Farbabstufungen den im Modell verwendeten Höhenklassen des DGM1. Zu beachten ist hierbei, dass die nachfolgend betrachteten Modellierungen „Geesthacht“ und „Hansastraße – Bebauung“ unterschiedliche Farbverteilungen aufweisen, da das DGM-Spektrum in beiden Modellen unterschiedlich ist und die Skalierung von HEC-RAS automatisch angepasst wird. In allen Karten wird eine blaue Legende verwendet, um die akkumulierten Wasserhöhen in Metern ablesen zu können. Um die Darstellung übersichtlicher zu machen, beginnt diese Skala bei 0,02 m, so dass nicht alle Straßen und Freiflächen blau eingefärbt werden.

### 3. Simulationsergebnisse für das Modellgebiet „Stadt Geesthacht“

#### 3.1. Ergebnisse: Starkregen „Stadt Geesthacht“ – Szenario #1

Zum Zeitpunkt, an dem die Hauptmenge des Niederschlags im Modellgebiet fällt, sind auf der Karte fast auf dem gesamten Straßennetz und einem Großteil der unbebauten Flächen Wasseransammlungen von wenigen Zentimetern Höhe zu sehen (Abb. 5). Die Wasseransammlungen auf den Straßen und in den steileren Bereichen im zentralen Teil des Modellgebiets (dargestellt durch die bräunliche Färbung) sind nicht durchgängig, da das Abfließen an der Oberfläche bereits eingesetzt hat. Infolgedessen bewegt sich das Wasser der Topographie folgend in westliche beziehungsweise südwestliche Richtung. Dieses Fließverhalten lässt sich sehr gut in der Animation des zeitlichen Ablaufs nachvollziehen. Auf den Karten sind am südlichen Rand zwei abgedeckte Bereiche zu erkennen – die Elbe und das Staubecken. Die Abdeckung wurde gewählt, da das Modell dort ebenfalls Wassersansammlungen modelliert, die in der Realität jedoch nicht auftreten, da das Regenwasser zum einen durch die Elbe abtransportiert wird und zum anderen das Wasserreservoir auffüllt.

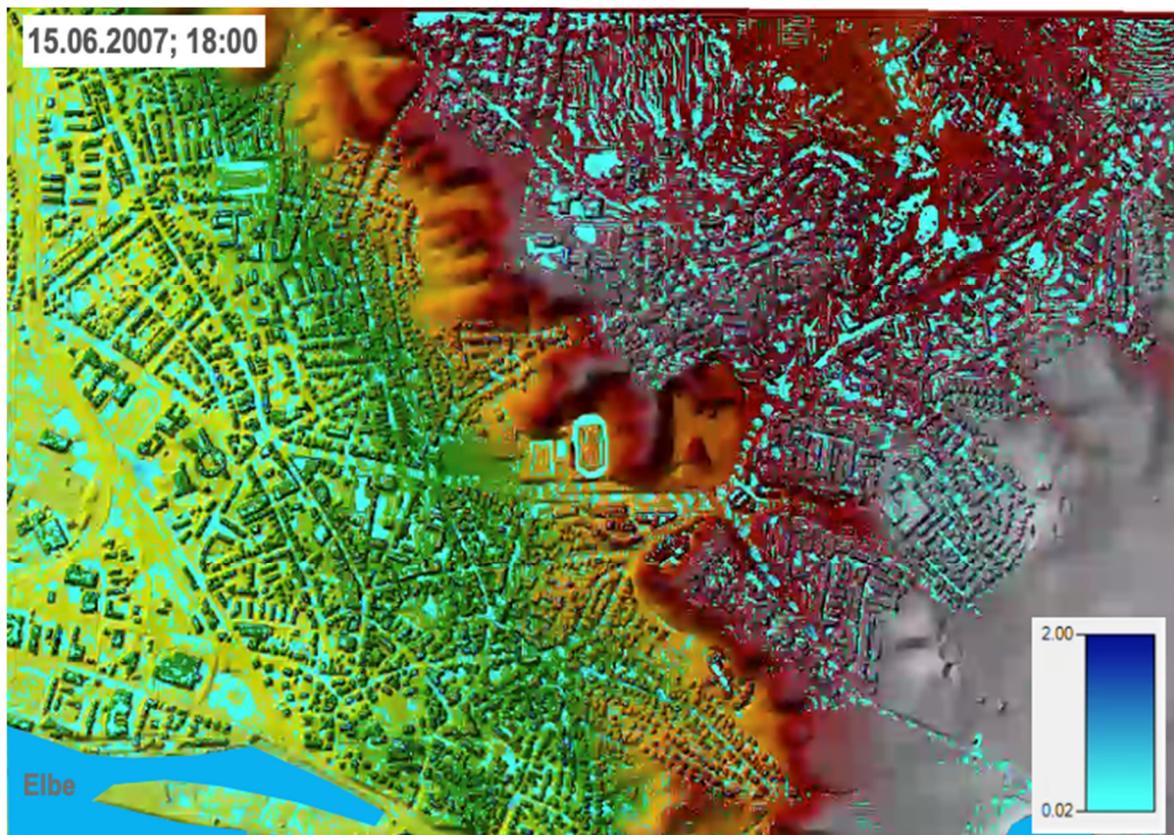


Abb. 5: Simulation Starkregen „Stadt Geesthacht“, Phase 2a (Hauptniederschlagsmenge)

Nach den Niederschlägen fließt das Regenwasser, was nicht im Boden infiltriert, entlang der Straßen in tiefergelegene Bereiche und füllt dort Senken auf. Bei den Abflussprozessen wird neben dem Oberflächenabfluss nur die Infiltration als weitere Komponente betrachtet. Der Einfluss der Kanalisation bleibt unberücksichtigt, da davon auszugehen ist, dass während des kurzen Zeitraums, in dem Niederschläge fallen, das Kanalnetz so schnell gefüllt wird, dass es nur zu einem geringen Anteil zum

Abtransport des Regenwassers zur Verfügung steht. Dieser vereinfachte Ansatz ist beim Einsatz vieler hydrologischer Modelle gängige Praxis (Groth et al. 2020), da vielerorts keine genauen kartographischen Angaben zum Aufbau des Kanalnetzes vorliegen oder bereitgestellt werden können.

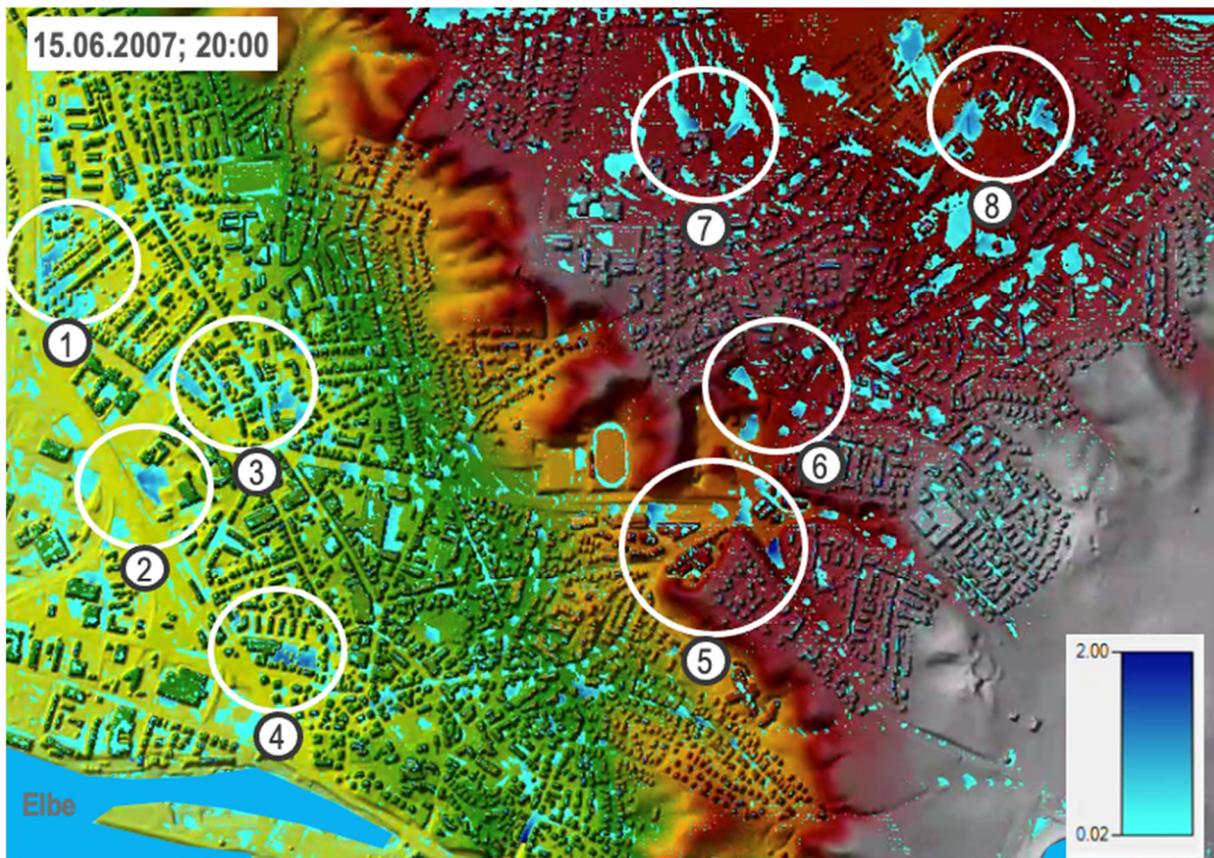


Abb. 6: Simulation Starkregen „Stadt Geesthacht“, Phase 3 (Abfluss-Phase)

Der vorliegende Modellansatz basiert auf DGM1-Daten, bei denen nicht alle in der Realität vorhandenen Straßendurchlässe oder möglichen Abflusswege im Modell enthalten sind. Gleiches gilt auch für aktuell nicht passierbare Stellen, an denen beispielsweise Durchlässe blockiert sein können. Um den Detaillierungsgrad des Modells zu erhöhen und neben qualitativen auch quantitative Aussagen zu ermöglichen, müsste das Modell durch eine Vor-Ort Begehung verifiziert werden.

Da der simulierte Regen aber über dem gesamten Modellgebiet gleichmäßig gefallen ist, können auch ohne die beschriebene Feinjustierung acht potentielle Akkumulationsbereiche (Hot-Spots für Überflutungen) identifiziert werden, in denen sich abfließendes Regenwasser aufstauen kann. Im vorliegenden Modell werden dort Wassertiefen von bis zu 2 m erreicht, was grundsätzlich einem erhöhten Gefährdungspotential entspricht (Abb. 6).

Die acht Bereiche sind: 1) Düneberger Straße / Neuer Krug, 2) Wäldchen und Senke nördlich der Grenzstraße, 3) Geesthachter Straße – Querstraße, 4) Sandstraße – Schillerstraße, 5) Berliner Straße – Hansa Straße, 6) Holtersche Kiesgrube (aktuell bewaldete Senke), 7) Bereich nördlich des Dialogwegs und 8) Ostlandsiedlung.

Rund 14 Stunden nach dem Niederschlagsereignis endet im Modell der sichtbare Oberflächenabfluss. Wasserbewegungen finden dann nur noch per Infiltration statt. Innerhalb des Modellgebiets haben sich in dieser Phase sechs Bereiche herausgebildet, in denen sich immer noch größere Wassermengen akkumuliert haben (Abb. 7). In den eingekreisten Bereichen 2, 4, 5, 8 zeigen die Modellergebnisse Wasserhöhen von über 1,5 bis 2,0 m. Hier liegt somit der höchste Handlungsbedarf vor, den es vor Ort aber zu verifizieren gilt, zum Beispiel indem Durchlässe bei einer Begehung geprüft und historische Daten zu Überflutungen herangezogen werden. Für den überwiegenden Teil des Stadtgebiets Geesthacht, zeigt die Starkregensimulation dagegen nur geringe Beeinflussungen, die zumeist nur kurzzeitig auftreten.

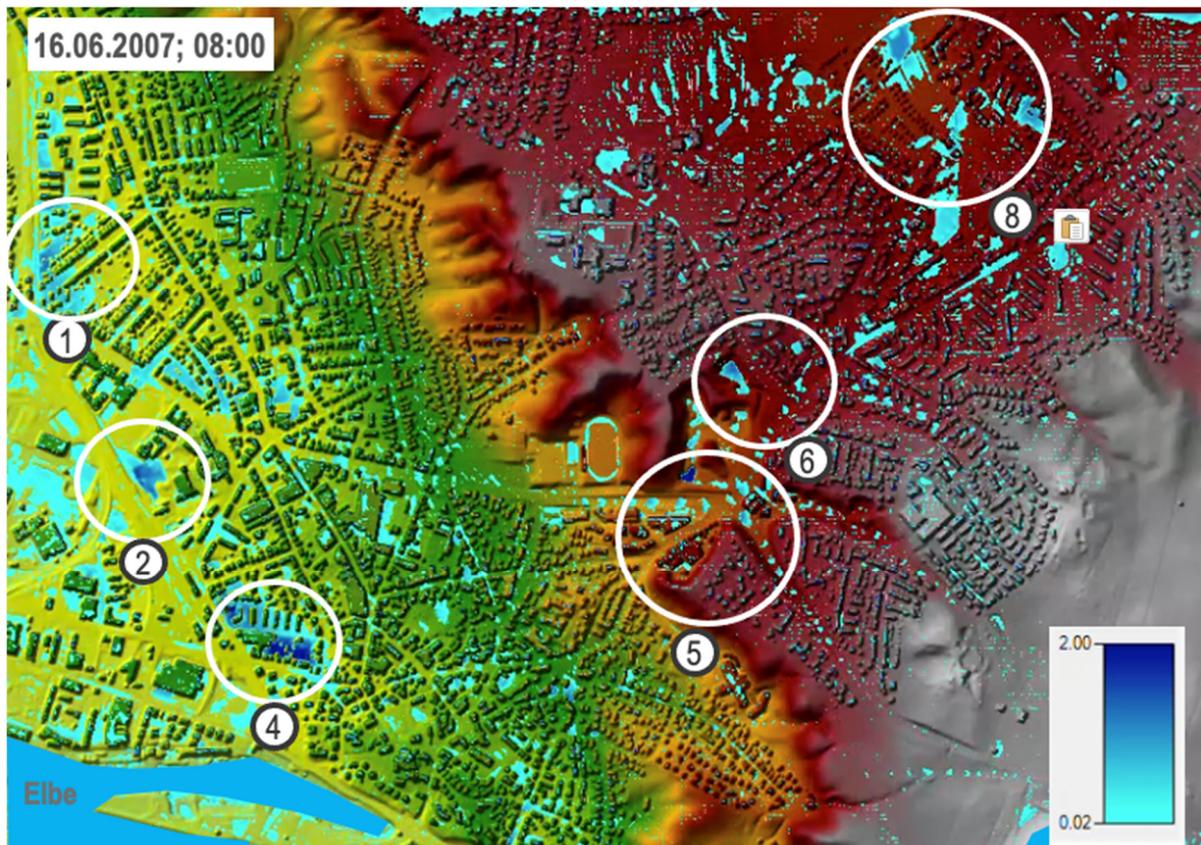


Abb. 7: Simulation Starkregen „Stadt Geesthacht“, Phase 4 (Infiltrations-Phase)

### 3.2. Ergebnisse: Extremer Starkregen „Stadt Geesthacht“ – Szenario #2

In dem zweiten Starkregen-Szenario wird die Regenmenge nochmals weiter gesteigert, um die Auswirkungen eines extremen Starkregenereignisses zu simulieren. Dass auch diese sehr seltenen Ereignisse aktuell in Deutschland möglich sind, hat der Starkregen im Sommer 2021 im Ahrtal und an der Erft gezeigt. Um zu untersuchen, welche Bereiche im Stadtgebiet von Geesthacht nach einem extremen Starkregen überflutet werden könnten, werden die Niederschlagsmengen im Vergleich zu Szenario #1 in etwa verdreifacht. Der zeitliche Verlauf entspricht ungefähr dem Ereignis aus dem Ahrtal.

Im Simulationsergebnis wird die größere Niederschlagsmenge im Stadtgebiet deutlich sichtbar, da sich im Vergleich zu Szenario #1 zunächst mehr Wasserflächen ausbilden und größere Wassermengen auf den Straßen in Richtung Elbe abfließen (Abb. 8).

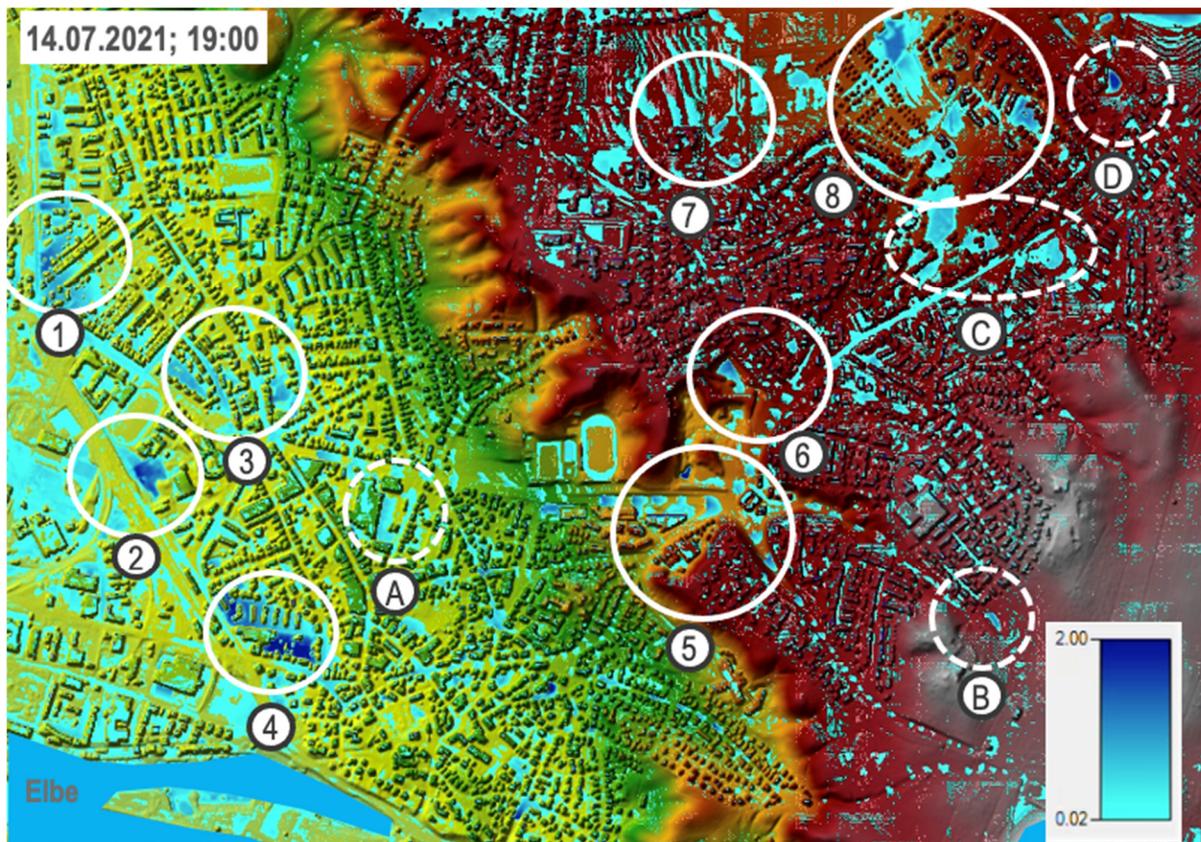


Abb. 8: Simulation extremer Starkregen „Stadt Geesthacht“, Phase 2a (Hauptniederschlagsmenge)

An den Hotspots 1-8, die sich bereits im Szenario #1 gezeigt haben, sammeln sich nun größere Wassermengen an, die dort entweder zu größeren Wasserhöhen oder ausgedehnteren Überflutungsflächen führen. Darüber hinaus bilden sich vier neue Hotspots (A - D) aus, die entweder eine Wasseraufstauhöhe von rund 1 m aufweisen (A, C) oder räumlich eng begrenzte Bereiche mit Wasserhöhen bis zu 2 m zeigen (B, D). Die vier neuen Hot-Spots lassen sich wie folgt verorten: am Parkplatz Norderstraße (A), südlich des Lerchenwegs (Wald) (B), im Bereich zwischen Hanseatenweg – Farmsener Weg (C) und im Bereich Horner Kamp (D).

Nach Ablauf der Hauptmenge des Gebietsniederschlags bilden sich sieben Bereiche aus, in denen sich das Wasser im Modell bis zu einer Höhe von 2 m angesammelt hat (Abb. 9). Besonders hervorzuheben sind hier die Bereiche 2 und 4 im Westteil des Modellgebiets. Der im Modell gezeigte Wasseraufstau im Bereich 2 ist Vor-Ort als unproblematisch zu bewerten, da das Wasser einer bewaldeten Senke zufließt und dort schadlos versickern kann. Ein besonderes Augenmerk gilt hier der Sporthalle an der Grenzstraße, da dort schon heute Feuchtigkeitsschäden im Fußboden aufgetreten sind. Im Bereich 4 könnte das Modell weiter optimiert werden, in dem man nicht erfasste Straßendurchlässe oder wasserstauende Elemente kartiert und in das Modell einpflegt. Damit könnten die Richtung des Wasserflusses und die auftretenden Wassermengen besser simuliert werden. Darüber hinaus könnte geprüft werden, ob es dort in der Vergangenheit bereits Überflutungen gegeben hat.

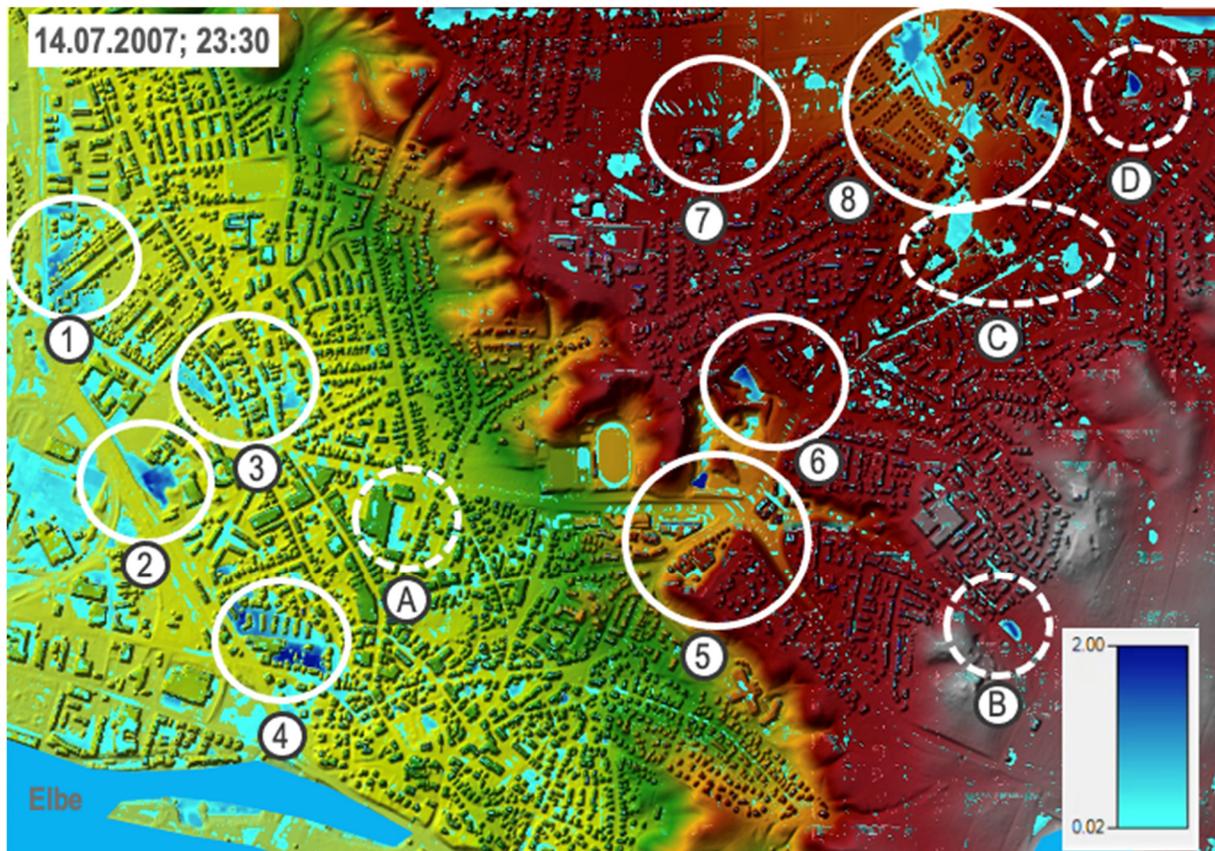


Abb. 9: Simulation extremer Starkregen „Stadt Geesthacht“, Phase 4 (Infiltrations-Phase)

Während Hot-Spot B, der sich nur bei dem extremen Starkregenereignis zeigt, als unkritisch zu bewerten ist, da er im Waldgebiet liegt und von ihm nur ein geringes Gefährdungspotential ausgeht, zeigen sich entlang der Hansastrasse (6 und C) Bereiche, in denen sich größere Wassermengen sowohl in der Fläche als auch in der Aufstauhöhe ansammeln können. Der Akkumulationsbereich 6 – Kiesgrube des ehemaligen Hartsandsteinwerks (Holertsche Kiesgrube) – ist aktuell eine bewaldete Senke. Sie könnte als temporärer Retentionsraum genutzt werden. Hierzu sollten die temporären Notwasserwege, auf denen das Wasser der Senke zufließen kann, freigehalten werden. Für Teile der Ostlandsiedlung (8) und entlang der Hansastrasse (C) sollte die Notwendigkeit für Anpassungsmaßnahmen überprüft werden, da die Modellergebnisse hier auf ein höheres Gefährdungspotential durch Überflutungen hinweisen. Neben baulichen Veränderungen, wie erhöhte Schwellen als Hindernis für das Wasser oder

Rückstausicherungen, sollten die Bewohner:innen auf ein mögliches Überflutungsrisiko hingewiesen werden.

## 4. Simulationsergebnisse für das Modellteilgebiet „Geesthacht Straße“

### 4.1. Das Modellteilgebiet

Ein besonderer Schwerpunkt wurde im Rahmen der Modellierungen auf den Bereich der Geesthachter Straße zwischen den Straßen Silberberg und Gerstenblöcken gelegt (Abb. 10). Hier plant die Stadt Geesthacht im Rahmen der Innenraumentwicklung den Umbau des Stadtquartiers inklusive des Baus weiterer Gebäude. Da die Zunahme der Anzahl (Pfeifer et al. 2021) und Intensität (Allen & Ingram 2002) von Starkregenereignissen wahrscheinlich ist, soll durch die hydrologische Modellierung untersucht werden, ob in diesem Bereich der Stadt ein potentielles Überflutungsrisiko nach Starkregenereignissen besteht, welches es in der weiteren Planung zu berücksichtigen gilt. Die nachfolgenden Detailkarten für das Modellteilgebiet sind jeweils vergrößerte Ausschnitte von Niederschlag-Abfluss-Modellierungen, die für das gesamte Stadtgebiet durchgeführt und in Kapitel 3 betrachtet wurden.



Abb. 10: Lage im Modellgebiet (oben links), Topographie (links) und Landnutzung (rechts) des Modellteilgebietes „Geesthachter Straße“

### 4.2. Ergebnisse: Starkregen Modellteilgebiet „Geesthachter Straße“ – Szenario #1

Etwa eine Stunde nach dem Fallen der Hauptmenge des Starkregens (Phase 3) sind im Bereich des Modellteilgebietes die Fließwege des oberirdisch ablaufenden Regenwassers (blaue Pfeile) gut zu erkennen (Abb. 11). Das Wasser nutzt dabei hauptsächlich die Straßen als Fließweg. Eine Ausnahme davon bildet der Zentralteil des Modellteilgebietes, in dem Wasser aus Richtung der Hugo-Otto-Zimmer Straße über die Fläche des Quartiers in Richtung der Geesthachter Straße abfließt (gestrichelter Pfeil in Abb. 11). Die im Modell gezeigten Wasserhöhen sind an dieser Stelle jedoch sehr niedrig und stellen nur ein geringes Gefährdungspotential dar. Schon nach kurzer Ablaufzeit des Wassers zeigen die Modellergebnisse größere Wasseransammlungen mit Wassertiefen von über 1 m im südlichen Teil des Modellteilgebietes sowie angrenzender Bereiche (G1). Weitere großflächige Wasseransammlungen im

Umfeld des Stadtquartiers treten westlich davon auf (G2 bis G4). Hervorzuheben ist hierbei der Bereich G4 (Neuer Krug – Waldstraße), der im Modell eine Fließverbindung zum Südteil des Stadtquartiers aufweist.

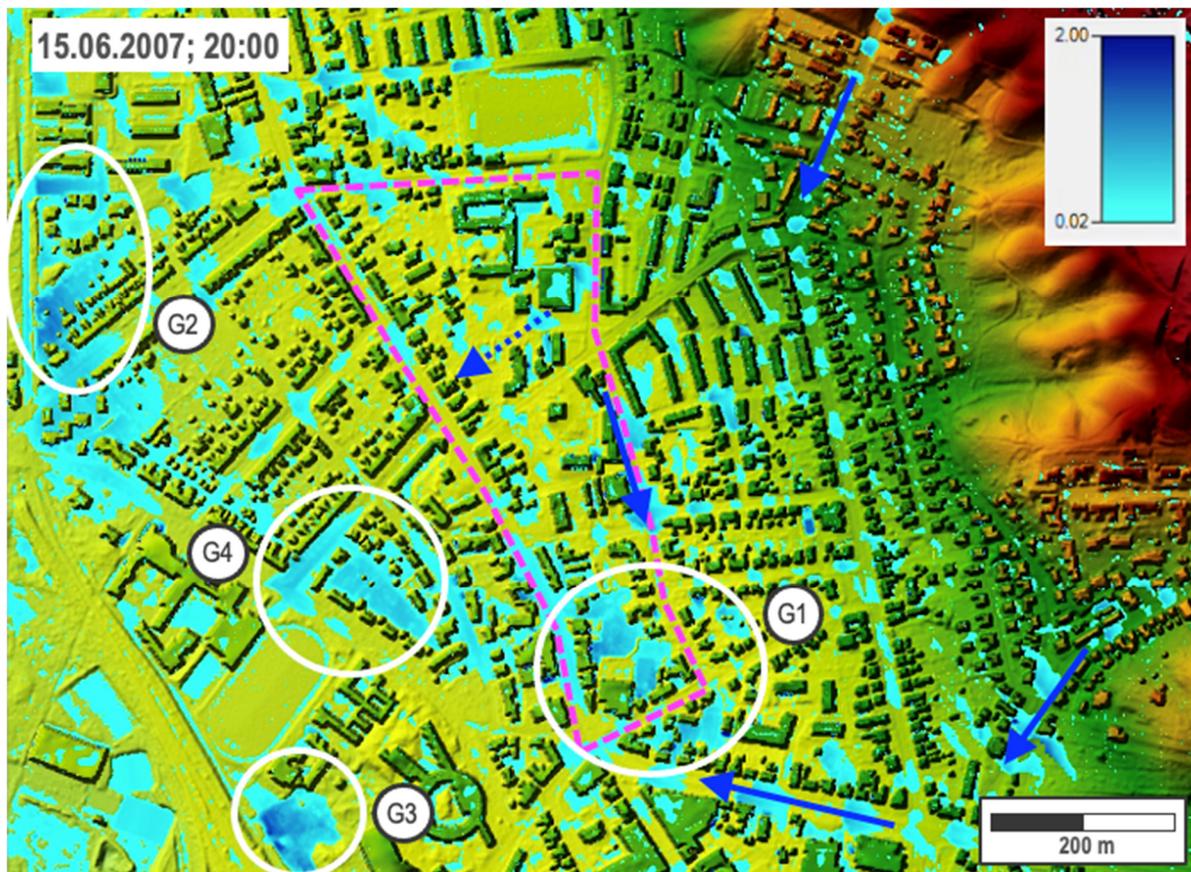


Abb. 11: Simulation Starkregen Modellteilgebiet „Geesthachter Straße“, Phase 3 (Abfluss-Phase)

Am Ende des Simulationszeitraums (Phase 4) verbleiben in dem Modellteilgebiet vier Wasseransammlungen (Abb. 12). Die Wasserstände im Südteil des Stadtquartiers (G1) und dem durch die Fließwege auf den Straßen verbundenen Bereich G4 bewegen sich im unteren Dezimeterbereich. Deutlich höhere Wasserstände zeigt die Simulation in den Bereichen G2 und G3 – dort werden im Modell Höhen von bis zu 2 m erreicht. Hier zeigt sich ein großer Handlungsbedarf für Anpassungsmaßnahmen. Da das Wasser hauptsächlich um das Stadtquartier herumläuft, wird eine Bebauung dort nur einen geringen Einfluss auf das Abflussverhalten des Wassers sowie auf die Wasserstände im Abstrombereich haben. Um die Plausibilität der Modellergebnisse zu überprüfen, wird auch hier eine Kontrolle der Modellparametrisierung mit den Verhältnissen vor Ort zum Beispiel durch Begehungen empfohlen.



Abb. 12: Simulation Starkregen Modellteilgebiet „Geesthachter Straße“, Phase 4 (Infiltrations-Phase)

Dass die zeitliche Entwicklung der Wasserstände (Wasserstand-Ganglinien) stark von der Lage des Messpunktes und der topographischen Ausprägung der Messumgebung abhängt, wird exemplarisch an drei Akkumulationsbereichen (Res1 bis Res3) gezeigt, die sich alle auf dem Gebiet des relevanten Stadtquartiers befinden (Abb. 13). Der direkte Vergleich der Ganglinien zeigt, dass der Anstieg der Wasserstände zu unterschiedlichen Zeitpunkten einsetzt. Im Fall von Res2 und Res3 werden, typisch für einen Starkregen, sehr schnell hohe Wasserstände von über 0,5 m beziehungsweise 1,5 m erreicht. Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass zur Anpassung an die Folgen von Überflutungen vorsorgliche Maßnahmen getroffen werden müssen, die schon vor dem Auftreten des Ereignisses vorhanden und funktionsfähig sind. Durch die Kürze der Zeit zwischen Ereignisstart und der Überflutung besteht bei Maßnahmen, die erst während des Ereignisses aktiviert beziehungsweise installiert werden, ein hohes Risiko, dass der Schutz nicht im vollen Umfang gewährleistet werden kann. Dies betrifft unter anderem den Einsatz mobiler Wände zum Überflutungsschutz.

Neben den Wasserhöchstständen ist auch zu berücksichtigen, wie lange das Wasser benötigt, um wieder abzufließen oder zu infiltrieren, da auch wassergefüllte Senken – die erst nach Stunden oder Tagen wasserfrei sind – größere Herausforderungen mit sich bringen können.

Generell gilt, dass kleinere Wasseransammlungen wie in Res1 in der Regel keine großen Handlungsnotwendigkeiten nach sich ziehen. Dagegen müssen Wasserhöhen oberhalb eines bauwerkspezifischen, individuellen Grenzwasserstandes vermieden werden, da dadurch Wasser über verschiedene Wege in Gebäude oder Garagen gelangen und dort zu größeren Schäden führen kann. Die

verschiedenen Möglichkeiten, wie Wasser in ein Gebäude gelangen kann, könnten beispielsweise mit Hilfe eines online bereitgestellten Informationsflyers an die Hausbesitzer:innen kommuniziert werden.<sup>2</sup>

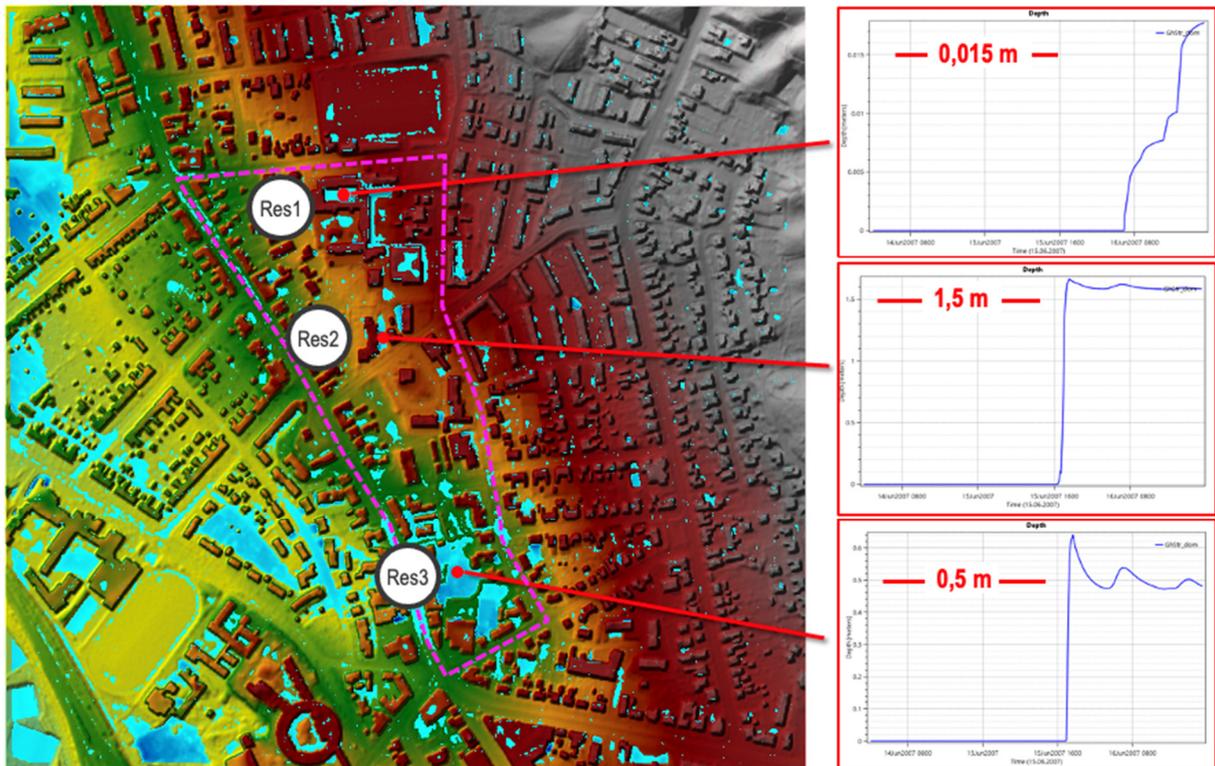


Abb. 13: Abflussverhalten am Beispiel von drei Akkumulationsbereichen im Modellteilgebiet „Geesthachter Straße“

<sup>2</sup> Ein Beispiel für einen solchen Informationsflyer ist der seitens des GERICS zusammen mit der Stadt Bleckede erstellte Flyer „Starkregen und Sturzfluten – GERICS Informationsflyer für Hausbesitzer“: [https://www.climate-service-center.de/about/news\\_and\\_events/news/076082/index.php.de](https://www.climate-service-center.de/about/news_and_events/news/076082/index.php.de).

## 5. Simulationsergebnisse für das Modellteilgebiet „Hansastraße“

### 5.1. Das Modellteilgebiet

Ein weiterer Schwerpunkt der Modellbetrachtungen wurde auf den Bereich der Hansastraße am nordöstlichen Rand des Modellgebiets „Stadt Geesthacht“ gelegt (Abb. 14). Eine potentielle Innenraumentwicklung berücksichtigend, wird exemplarisch analysiert, welchen Einfluss eine größere Bebauungsdichte auf das Abflussverhalten von Starkregen ausüben kann und was diesbezüglich bei Planungen beachtet werden sollte. Die nachfolgend gezeigten Detailkarten für das Modellteilgebiet sind jeweils vergrößerte Ausschnitte von Niederschlag-Abfluss-Modellierungen, die für das gesamte Stadtgebiet durchgeführt und bereits in Kapitel 3 betrachtet wurden.

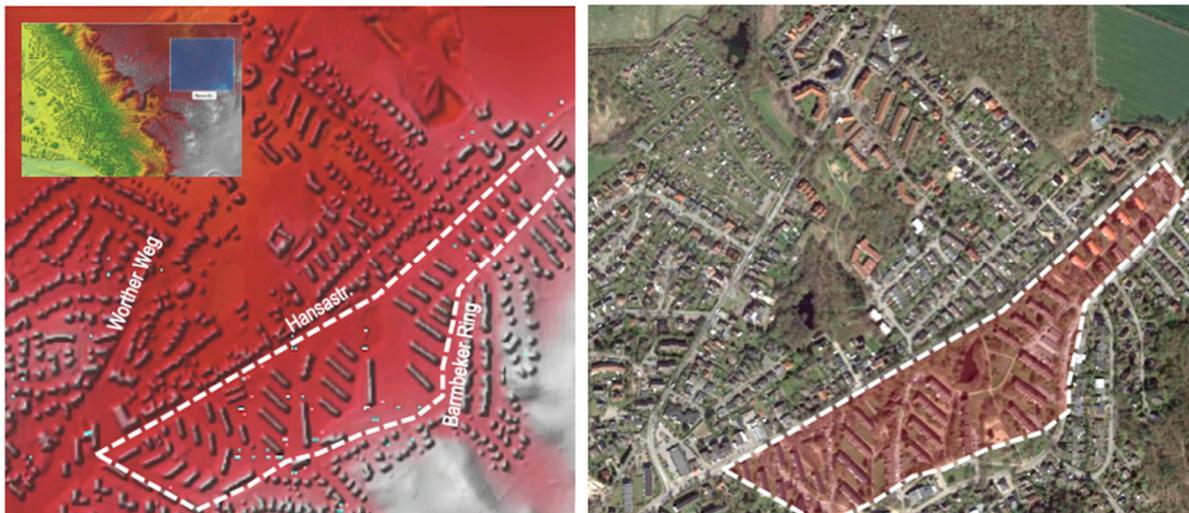


Abb. 14: Lage im Modellgebiet (oben links), Topographie (links) und Landnutzung (rechts) des Modellteilgebietes „Hansastraße“

### 5.2. Ergebnisse: Starkregen Modellteilgebiet „Hansastraße“ – Szenario #1

Etwa eine Stunde nachdem die Hauptniederschlagsmenge gefallen ist (Phase 2a) zeichnen sich mehrere oberirdische Fließwege ab (gelbe Pfeile), die für das Auffüllen von Senken in den Bereichen H1, H4 und H5 verantwortlich sind (Abb. 15). Darunter fungiert auch die Hansastraße als temporärer Entwässerungsweg, der das Wasser dem Gefälle folgend in südwestliche Richtung abfließen lässt. Ein Teil des Oberflächenabflusses fließt in Richtung des Bereiches H1 (Verlängerung Immental), von dem aus sich das Wasser in westliche Richtung weiterbewegt. Auch im nahe gelegenen Bereich H2 (Worther Twiete) zeigt das Modell flache Wasserflächen. Deutlich tiefere Wasseransammlungen zeigt die Simulation bei H4 (Ostlandsiedlung) sowie in seinem Zulauf – H5 (Worther Weg) und H6 (Uhrbrookring). Als besondere Charakteristika zeigen sich im Zentrum von H5 ein Graben mit einer Abflussleitung zur Hansastraße. Eine weitere auffallende Struktur ist eine tiefe Depression bei H6.

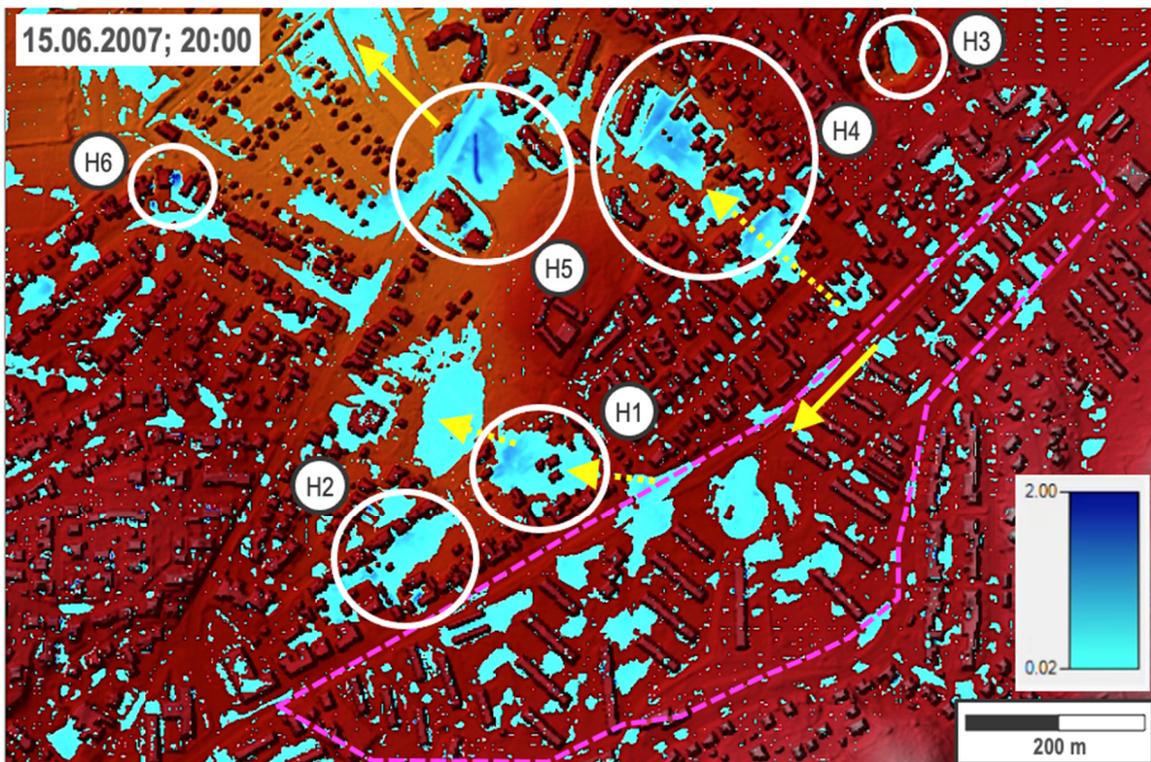


Abb. 15: Simulation Starkregen Modellteilgebiet „Hansastraße“, Phase 3 (Abfluss-Phase)

Nach dem Abfließen des Regens bleiben in der Simulation vier größere Wasseransammlungen zurück (Abb. 16). Im Bereich der Ostlandsiedlung (H4) und südlich des Weißbuchenwegs (H7) zeigen die Modellergebnisse die größten Wasserflächen mit den höchsten Wassertiefen, die stellenweise mehr als 1 m betragen. Weitere Flächen, in denen sich das Wasser sammelt, sind bei H3 (Hilmersche Kiesgrube) und im nordwestlichen Abflussbereich von H5 am Wulfsweg zu finden. Der Bereich zwischen der Hansastraße und dem Barmbeker Ring weist dagegen keine nennenswerten Überflutungsbereiche mit Wasserständen von über 10 cm auf, da das Regenwasser schnell über die Hansastraße in tieferliegende Bereiche abgeleitet wird.

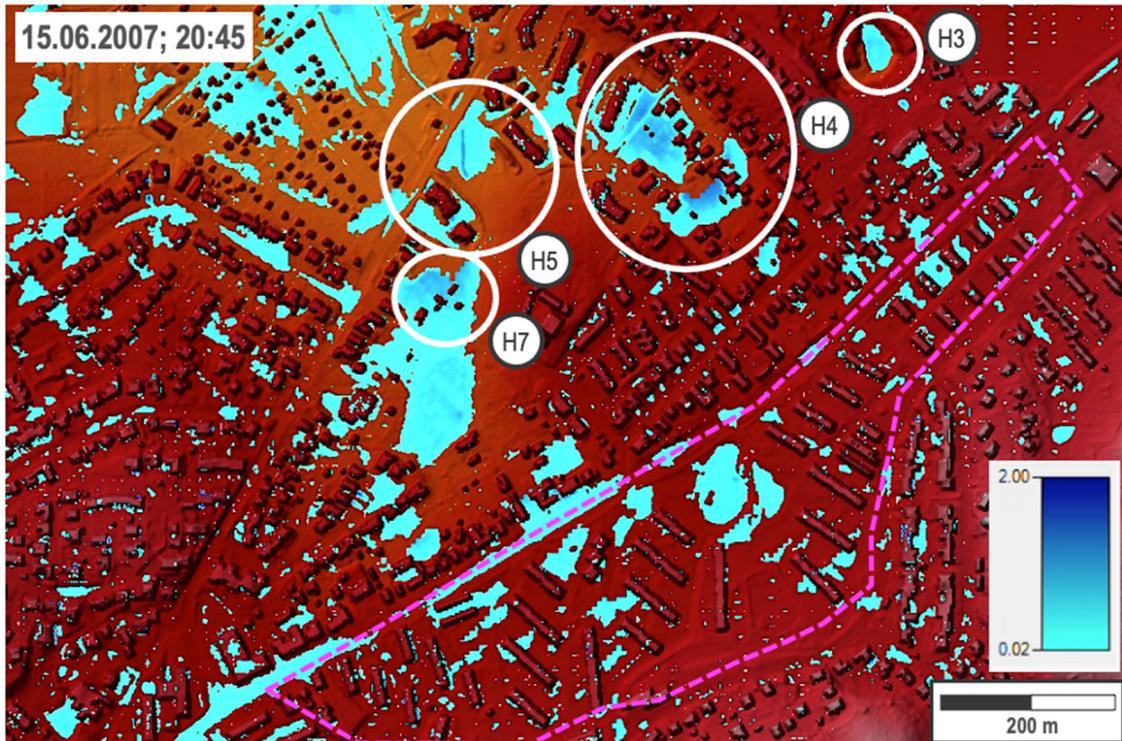


Abb. 16: Simulation Starkregen Modellteilgebiet „Hansastraße“, Phase 4 (Infiltrations-Phase)

### 5.3. Möglicher Einfluss einer Nachverdichtung auf das Niederschlags-Abflussverhalten

Aus stadtplanerischer Sicht unterstützt die Nachverdichtung die von vielen Städten angestrebte Innenentwicklung. Als weitere Vorteile dieser Maßnahme werden häufig eine bessere Auslastung vorhandener Infrastruktur, das Wegfallen von Erschließungskosten, die Vermeidung weiterer Flächeninanspruchnahme oder die Entwicklung hin zur „Stadt der kurzen Wege“ angeführt, welche bei guter Nutzungsmischung einen Beitrag zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten kann. Allerdings sorgt die mit der Nachverdichtung verbundene Flächenversiegelung auch zu einem Verlust von Grünflächen und Freiräumen in den verdichteten Bereichen. Dies führt zum einen zu einer Verschlechterung stadtklimatischer Bedingungen – da die Luftzirkulation eingeschränkt wird, was die weitere Erwärmung der Stadt begünstigt – sowie einer Erhöhung des Überflutungsrisikos nach Starkregen – da der Oberflächenabfluss zu- und die Versickerungsmengen abnehmen.

Dies berücksichtigend ist die für den Klimaschutz wichtige Nachverdichtung immer auch unter den Gesichtspunkten der Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu betrachten und dementsprechend eine auch der Klimaanpassung zuträgliche Planung und Ausgestaltung des nachverdichteten Gebiets anzustreben. Um ein Gefühl für die möglichen Auswirkungen der Nachverdichtung auf das Abflussverhalten im Starkregenfall zu erhalten, werden in einem kleinen Modellgebiet („Hansastraße-Bebauung“) zwei Bebauungsszenarien miteinander verglichen. Neben dem Ist-Zustand, der als Referenz dient, wird ein fiktives Bebauungsszenario verwendet, in dem zehn neue Häuser zum Bestand hinzugefügt werden (Abb. 17). Die große Gebäudeanzahl mit geringen Abständen zu benachbarten Häusern wird gewählt, um einen „Worst-Case“ zu simulieren, in dem der Oberflächenabfluss durch viele

Gebäude als Fließhindernisse auf wenige Fließwege konzentriert wird, wodurch dort große Abflussmengen entstehen.

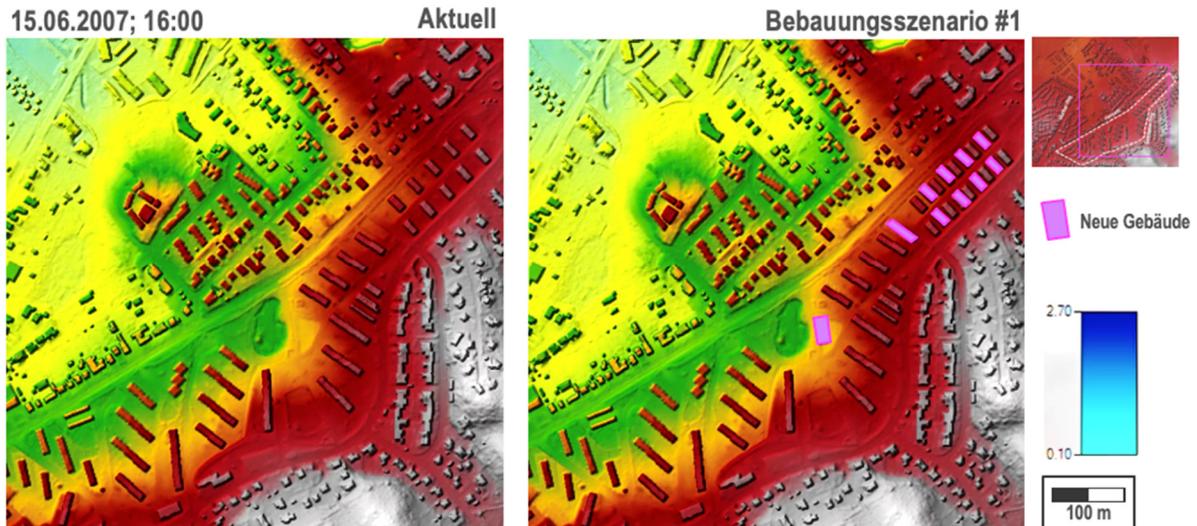


Abb. 17: Modellaufbau der Referenzbebauung und der fiktiven Bebauungssituation

Vergleicht man die Ergebnisse der Modellierungen für beide Bebauungsszenarien im Starkregen-Szenario #1, fallen bereits während der Phase, in der die Hauptmenge des Niederschlags fällt, in vier Bereichen Unterschiede auf. So bilden sich bei dem Bebauungsszenario #1 im Bereich von H\*1 (Hansastraße, Verlängerung Farmsener Weg), H\*2 (Hammer Kamp), H\*3 (Ostlandsiedlung) und H\*4 (Weißbuchenweg) im Modell deutlich höhere Wassertiefen bis über 2 m aus (Abb. 18). Dagegen sind im Bereich der neuen dichten Bebauung – trotz des geringen Raums für Wasser – kleinere Wassermengen und somit kein Wasseraufstau zu erkennen.

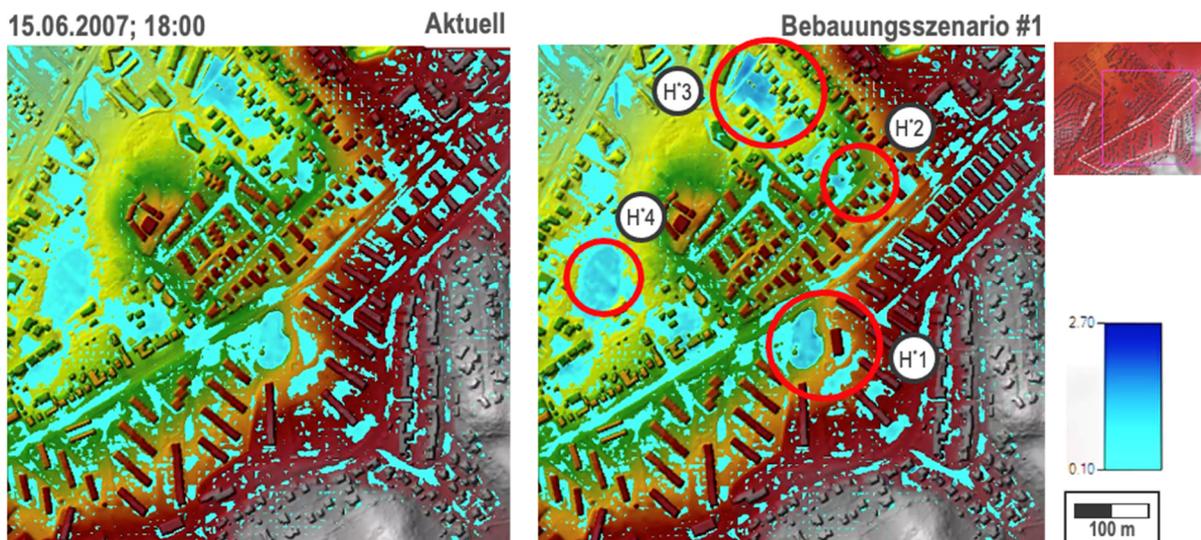


Abb. 18: Vergleich der Simulationsergebnisse für die aktuelle Bebauung und das Bebauungsszenario #1: Starkregen Modellgebiet („Hansastraße-Bebauung). Phase 2a (Hauptniederschlagsmenge)

Nach etwa 2 Stunden Simulationszeit ist das Oberflächenwasser im Modell weitestgehend abgelaufen und hat sich in einigen Senken akkumuliert (Abb. 19). Im Vergleich zum Referenz-Szenario treten im Bebauungsszenario #1 vor allem im Bereich H\*3 (Ostlandsiedlung) deutlich größere Wasservolumina auf, wobei lokale Wasserhöhen von über 2,5 m im Modell zu erkennen sind. Im Bereich H\*1 (Hansastraße, Verlängerung Farmsener Weg) und H\*4 (Weißbuchenweg) sind die Wasseransammlungen ebenfalls erhöht, mit Wasserständen im Bereich von 1 m. Besonders hervorzuheben ist der Bereich H\*5 (Hanseatenweg) der bei beiden Bebauungsszenarien Wasseransammlungen an fast allen Häuser zeigt. Dies ist vermutlich auf Zugänge wie Garagen zurückzuführen, über die das Wasser von der Straße in diese tiefergelegeneren Bereiche fließen kann. Da bereits im Referenz-Szenario ein größeres Gefährdungspotential für Überflutungen im Modell ersichtlich ist, könnte eine erste Anpassung an die Folgen von Starkregenereignissen dadurch erfolgen, dass die Anwohner:innen für diese mögliche Gefahr sensibilisiert werden.

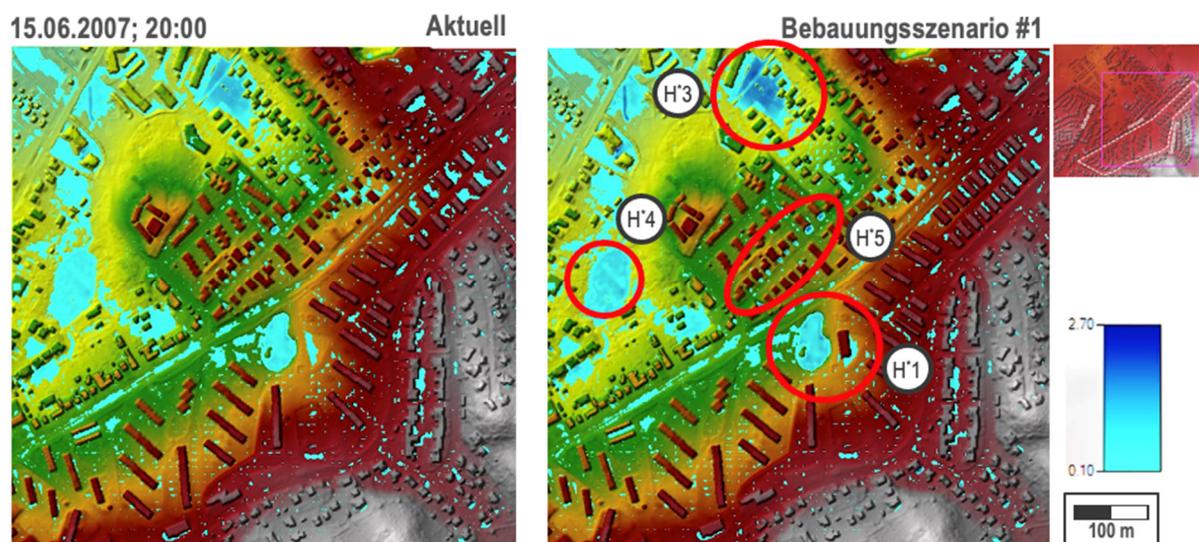


Abb. 19: Vergleich der Simulationsergebnisse für die aktuelle Bebauung und das Bebauungsszenario #1: Starkregen Modellgebiet („Hansastraße-Bebauung). Phase 3 (Abfluss-Phase)

Nach etwa 5 Stunden Simulationszeit zeigen die Modellergebnisse ein ähnliches Ergebnis, wobei im Bebauungsszenario #1 größere Wassermengen in den morphologischen Senken zu erkennen sind (Abb. 20). Deutliche höhere Wasserstände treten im Bereich H\*3 (Ostlandsiedlung) auf. Dies ist vor allem interessant, da dies zeigt, dass eine neue Bebauung nicht die direkte Umgebung beeinflussen muss. Viel mehr können die Wassermengen, die wegen der Bebauung den Oberflächenabfluss verstärken, auch in andere Gebiete fließen und dort für ein höheres Überflutungsrisiko sorgen.

Die größeren Wassermengen im Bereich H\*1 (Hansastraße, Verlängerung Farmsener Weg) sind als prinzipiell unproblematisch anzusehen, da dort keine Gebäude direkt von der Überflutung bedroht sind und sich die Wasserhöhen im Dezimeterbereich bewegen.

Generell besteht aufgrund der modellierten Wasseransammlung in diesem Bereich grundsätzlich jedoch ein erhöhtes Gefährdungspotential für Keller und tiefergelegeneren Garagen. Aktuell sorgt die Aufkantung zur Straße für einen Abfluss des Oberflächenwassers aus diesem Bereich. Inwieweit dieser Schutz auch bei stärkeren Starkregenereignissen ausreicht, kann nur schwer abgeschätzt werden. Aus diesen Grund wäre es sinnvoll, die Anwohner:innen auf diese Problematik hinzuweisen. Dies gilt vor allem, da

Baumaßnahmen in höher gelegenen Bereichen einen direkten Einfluss auf diesen Teil des Hanseatenwegs (H\*5) haben können. Dies zeigt sich beispielsweise bei der Betrachtung der lokalen Wasseransammlungen, die im Rahmen des Bebauungsszenarios #1 auftreten können (Abb. 20).

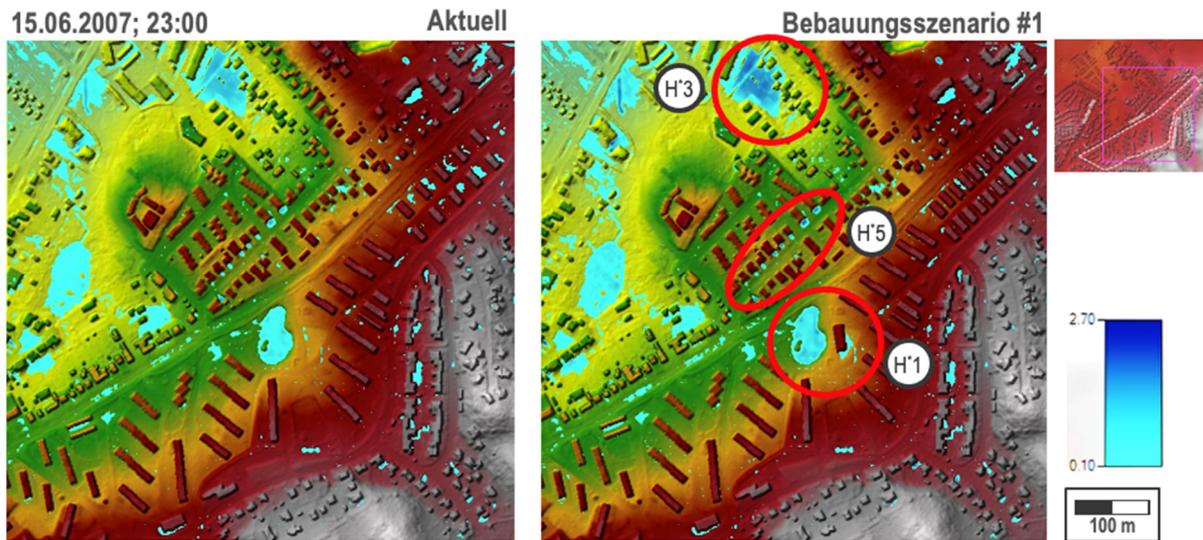


Abb. 20: Vergleich der Simulationsergebnisse für die aktuelle Bebauung und das Bebauungsszenario #1: Starkregen Modellgebiet („Hansastraße-Bebauung“), Phase 4 (Infiltrations-Phase)

#### 5.4. Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Starkregensmengen

Am Beispiel des Modellteilgebiets „Hansastraße“ werden exemplarisch die Unterschiede der zeitlichen und räumlichen Überflutung zwischen einem Starkregenereignis (Szenario #1) und einem extremen Starkregenereignis (Szenario #3) sowie verschiedenen Bebauungsszenarien aufgezeigt. Um die Bandbreite unterschiedlicher Modellansätze in den Vergleich miteinzubeziehen – und damit zu berücksichtigen, dass in der Praxis oftmals die Ergebnisse verschiedener Modelle Anwendung finden – werden nachfolgend a) die hineingezoomten Ergebnisse der Modellierung für das gesamte Stadtgebiet Geesthacht (Szenario #1) und b) die Ergebnisse einer kleinräumigen Modellierung mit Fokus auf die Hansastraße (Szenario #3) herangezogen (Kap.2.4).

**Box 1** Wichtige Unterschiede zwischen den Modellansätzen:

- Die visuellen Unterschiede bei der Topographie sind darauf zurückzuführen, dass sich die Farbcodierung einmal auf den Höhenunterschied im gesamten Stadtgebiet Geesthacht und einmal auf das Modellgebiet „Hansastraße“ bezieht.
- Da beide Modellierungen mit unterschiedlichen Zeitschritten durchgeführt wurden, werden nachfolgend nur zwei Zeiträume verglichen, in denen die zeitlichen Abläufe annähernd gleich waren: a) Verteilung des Oberflächenwassers nach 2 beziehungsweise 2,5 Stunden Abflusszeit und b) nach Beendigung der Abfluss-Phase, wo Wasserbewegungen primär nur noch durch Infiltrationsprozesse erfolgen.

Exemplarisch wird zum Vergleich ein extremes Starkregenereignis simuliert, das die dreifache Niederschlagsmenge des ebenfalls modellierten Starkregens aufweist. Beide Niederschlagsereignisse laufen in einem ähnlichen Zeitintervall ab.

Auch noch nach rund 2 Stunden, nachdem es keine Niederschlagseinträge mehr gibt und das Wasser nur noch abfließt, wird beim Vergleich deutlich, dass sich bei Szenario #3 mehr Wasser im Modell befindet. So fließt das Wasser hier immer noch entlang der Straßen, die als Entwässerungswege fungieren, in tendenziell südwestlich Richtung ab (Abb. 21). Zusätzlich weisen mehr Flächen eine Wasserbedeckung von 10 cm und mehr auf. Besonders hohe Wasserstände von bis zu 2,7 m treten im Bereich der Ostlandsiedlung (S3) auf. Auffällig ist auch das Umfeld eines Grabens mit Überlauf in den Kanal am Wulfsweg (S4), das sich bei beiden Modellen zeigt. Aufgrund der unterschiedlichen Zeitscheiben weist das Ergebnis des Starkregen-Szenarios dort höhere Wassertiefen auf.

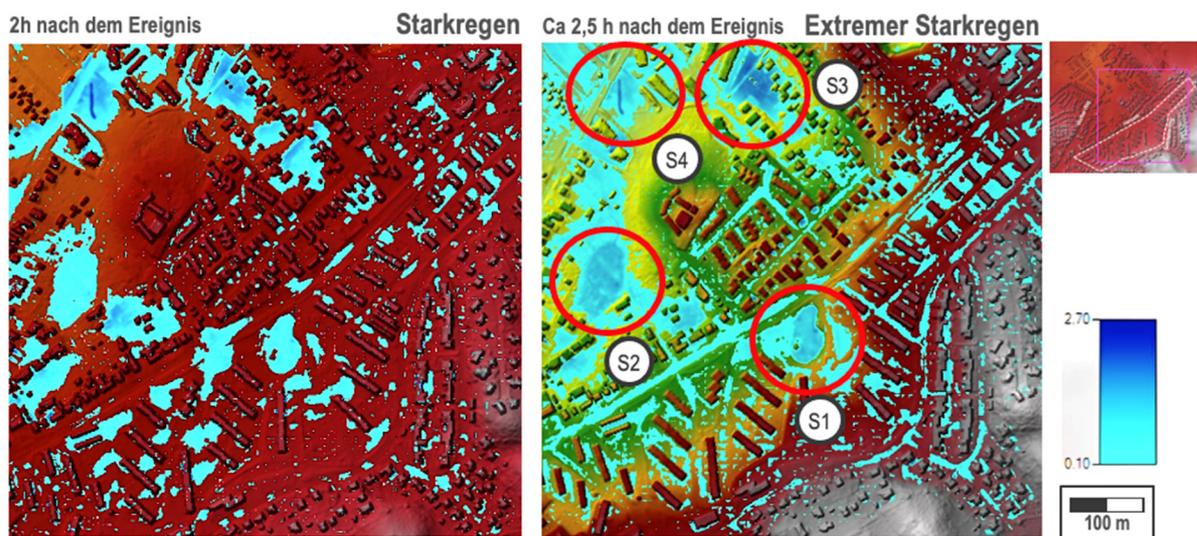


Abb. 21: Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Starkregenintensität auf Überflutungen im Modellbereich „Hansastraße“, Phase 3 (Abfluss-Phase). Links: hineingezoomte Ergebnisse (Szenario #1); rechts: kleinräumige Modellierung (Szenario #3)

Da zum Vergleich in Szenario #3 zu einem späteren Abfluss-Zeitpunkt dort niedrigere Werte trotz eines höheren Niederschlagseintrags zu beobachten sind, kann man in diesem Modellbereich davon ausgehen, dass das Oberflächenwasser hier schnell abfließt. Aufgrund der hohen Wassersäulen in den Modellierungen, sollte die „Rinnenstruktur“ jedoch durch eine Vor-Ort-Begehung hinsichtlich der Plausibilität der Eingangsdaten (DGM1) überprüft werden. Weitere relevante Wasservolumina treten beim extremen Starkregenereignis in den aktuell unbewohnten Bereichen S1 (Hansastraße, Verlängerung Farmsener Weg) und S2 (Weißbuchenweg) auf.

Am Ende der Starkregenmodellierung – in der Infiltrations-Phase – hat der überwiegende Teil des Regenwassers entweder das Modellgebiet verlassen oder ist in vorhandene Senken geflossen. Beim direkten Vergleich der Modellierungen zeigt die Simulation des extremen Starkregens aufgrund des dreifach höheren Niederschlagseintrags auch gegen Ende des Ereignisses die größeren Wasseransammlungen sowohl in der Fläche als auch im Volumen (Abb. 22).

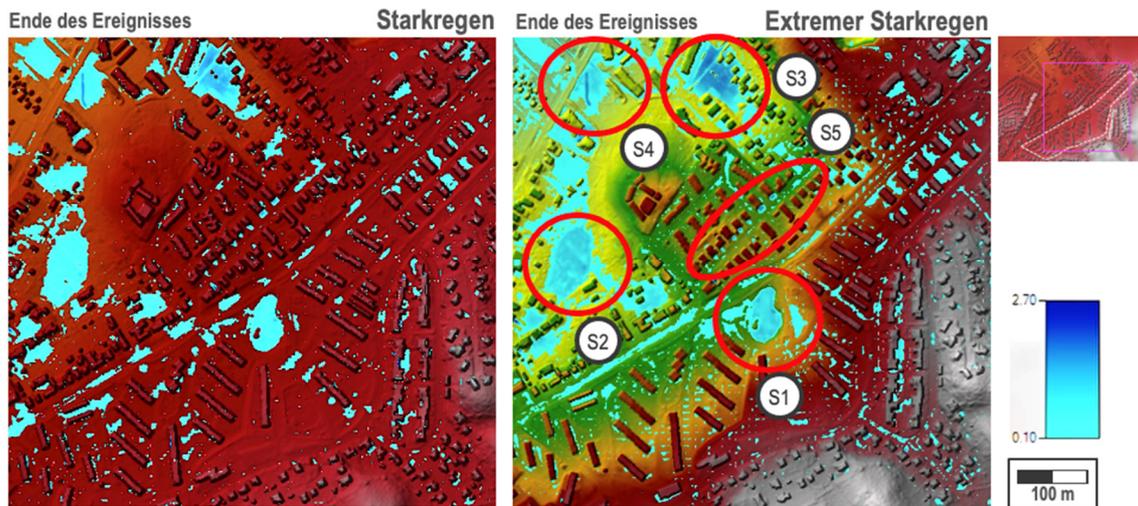


Abb. 22: Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Starkregenintensität auf Überflutungen im Modellbereich „Hansastraße“, Phase 4 (Infiltrations-Phase)

In beiden Modellansätzen treten die höchsten Wasserstände im Bereich der Ostlandsiedlung (S3) auf. Hier werden im „Starkregen-Szenario“ Wasserstände von rund 1,5 m und im „Extremen Starkregen-Szenario“ bis zu 2,7 m erreicht. Daher wird in diesem Bereich eine Verifikation der Modellergebnisse durch eine Vor-Ort-Begehung und im Falle der Bestätigung ihrer Plausibilität, die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zum Schutz vor potentiellen Überflutungen empfohlen. Weitere potentielle Hot-Spots, die in Abhängigkeit des Starkregenereignisses Überflutungshöhen von 1 m und mehr aufweisen können, liegen in den aktuell unbewohnten Bereichen S1 (Hansastraße, Verlängerung Farmsener Weg) und S2 (Weißbuchenweg) sowie in den Senken entlang des Hanseatenweges (S5). Vor allem im Bereich des Hanseatenweges, in dem sich viele Häuser mit Senken (vermutlich Garageneinfahrten oder Kellerabgängen) befinden, wird auch hier empfohlen, die Hausbesitzer:innen – zum Beispiel durch Informationsflyer – auf die potentielle Überflutungsproblematik hinzuweisen.

## 6. Ergebnisse auf einen Blick

Wie die mit dem Modell HEC-RAS durchgeführten Starkregen-Abfluss-Modellierungen zeigen, werden Ort und Ausmaß der Überflutungen nach starken Niederschlägen vor allem von der Topographie, der Morphologie, der Flächennutzung (einschließlich der Flächenversiegelung) und vorhandenen Fließhindernissen beeinflusst. Für das betrachtete Stadtgebiet lassen sich auf der Grundlage der Modellierungen zusammenfassend folgende praktische Erkenntnisse ableiten:

- Bei den vorliegenden Modellierungen wird ein einfacher Ansatz gewählt, mit dem Ziel, potentielle Überflutungsbereiche aufzuzeigen. Der Einfluss der Kanalisation sowie der Regenrückhalt durch Dachflächen und Begrünung sind nicht berücksichtigt.
- Für den größten Teil des modellierten Stadtgebiets besteht im aktuellen Bebauungszustand nur eine geringe Überflutungsgefahr nach Starkregenereignissen. Dies gilt auch für extreme Starkregenereignisse.
- Die Modellierungen zeigen acht Hot-Spots, für die das Modell nochmals verifiziert werden sollte, um belastbare Aussagen zu ermöglichen. Rein qualitativ kann man in diesen Bereichen aber schon jetzt über planerische Maßnahmen zur Minderung eines potentiellen Überflutungsrisikos nachdenken. Die acht Hot-Spot Bereiche sind: 1) Düneberger Straße – Neuer Krug, 2) Bewaldete Senke nördlich der Grenzstraße, 3) Geesthachter Straße – Querweg, 4) Sandstraße – Schillerstraße, 5) Berliner Straße – Hansa Straße, 6) Bewaldete Senke (Holertsche Kiesgrube), 7) Bereich nördlich des Dialogwegs (Kreisberufsschule) und 8) Ostlandsiedlung.
- Im Modellteilgebiet „Geesthachter Straße“ zeigen sich nennenswerte Wassermengen nur im südlichen Teil. Ob der Wasseraufstau dort nur modelbedingt erfolgt oder durch die Gebäude, die als Fließhindernis fungieren, ist im Detail vor-Ort zu überprüfen.
- Im Modellteilgebiet „Hansastraße“ zeigen die Modellierungen, dass sich bei einer weiteren Nachverdichtung in diesem Bereich das Abflussverhalten in der Art verändern wird, dass der Oberflächenabfluss über die Hansastraße ansteigt und das Wasser in westlich gelegene Bereiche abfließt – Hammer Kamp, Ostlandsiedlung und Weißbuchenweg – und dort für höhere Wassertiefen bis über 2 m sorgen kann. Dagegen treten am direkten Ort der Bebauung keine höheren Wasserstände auf.
- Die Detailuntersuchungen der Auswirkungen eines Starkregens und eines extremen Starkregens zeigen im Modellteilgebiet „Hansastraße“, dass sich keine neuen Hot-Spots ausbilden. Allerdings können die Wassertiefen aufgrund der größeren Wassermengen deutlich ansteigen, was zu einem höheren Schadenspotential führen kann.
- Im Modellteilgebiet „Hansastraße“ zeigt sich ein wichtiger Aspekt zur Vermeidung von Schäden durch Überflutungen. Entlang des Hanseatenwegs zeigen die Modellierungen Senken an fast jedem Haus, in denen sich das abfließende Regenwasser sammeln und akkumulieren kann. Stellenweise werden dort Wasserhöhen von 1,5 m und mehr simuliert, was auf ein großes Schadenspotential hinweist. In diesem Bereich sollten die Hausbesitzer:innen auf die mögliche Gefährdung vorsorglich hingewiesen werden. Gleiches gilt für den Bereich der Ostlandsiedlung, da hier grundsätzlich ebenfalls ein großes Überflutungspotential besteht, für das sensibilisiert werden sollte.

## 7. Literatur

- Allen, M.R. & Ingram, W.J. (2002): Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. In: *Nature*, 419, 6903, S. 224-232.
- Bender, S., Groth, M., Seipold, P. & Gehrke, J.M. (2022): Klimaschutz und Anpassung an die Folgen des Klimawandels – Synergien und Zielkonflikte im Rahmen kommunaler Konzepte und Strategien. Climate Service Center Germany (GERICS), Helmholtz-Zentrum Hereon. Helmholtz-Klima-Initiative (HI-CAM):  
[https://www.gerics.de/imperia/md/assets/net\\_zero/dokumente/gerics\\_netto-null\\_report\\_anpassung\\_klimaschutz-final-screen.pdf](https://www.gerics.de/imperia/md/assets/net_zero/dokumente/gerics_netto-null_report_anpassung_klimaschutz-final-screen.pdf).
- Bender, S., Brune, M., Cortekar, J., Groth, M. & Remke, T. (2017): Anpassung an die Folgen des Klimawandels in der Stadtplanung und Stadtentwicklung – Der GERICS-Stadtbaukasten. GERICS-Report 31. Climate Service Center Germany (GERICS), Hamburg:  
<https://www.gerics.de/imperia/md/content/csc/report31.pdf>.
- Brunner, G.W. (2016a): HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual. US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf>.
- Brunner, G.W. (2016b): HEC-RAS, River Analysis System User's Manual. Version 5. US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Users%20Manual.pdf>.
- Chow, V.T. (1959): *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, New York.
- Dahm, R., Bhardwaj, A., Sperna Weiland, F., Corzo, G. & Bouwer, L.M. (2019): A Temperature-Scaling Approach for Projecting Changes in Short Duration Rainfall Extremes from GCM Data. In: *Water*, 11, 313: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/2/313>.
- Deutschländer, T. & Mächel, H. (2017): Temperatur inklusive Hitzewellen. In: Brasseur, G. P., D. Jacob, S. Schuck-Zöller (2017): *Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven*, S. 48-56.
- DWD (2017): *Nationaler Klimareport (3. Korr. Auflage)*. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.
- European Commission (2020): *New Leipzig Charter - The transformative power of cities for the common good*: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/newsroom/news/2020/12/12-08-2020-new-leipzig-charter-the-transformative-power-of-cities-for-the-common-good](https://ec.europa.eu/regional_policy/en/newsroom/news/2020/12/12-08-2020-new-leipzig-charter-the-transformative-power-of-cities-for-the-common-good).
- Fischer, E.M. & Knutti, R. (2016): Observed heavy precipitation increase confirms theory and early models. In: *Nature Clim. Change* 6, S. 986-991.
- Giorgi, F., Raffaele, F. & Coppola, E. (2019): The response of precipitation characteristics to global warming from climate projections. In: *Earth Syst. Dynam.*, 10, S. 73-89.
- Giorgi, F., Im, E.-S., Coppola, E., Diffenbaugh, N.S., Gao, X.J., Mariotti, L. & Shi, Y. (2011): Higher Hydroclimatic Intensity with Global Warming. In: *Journal of Climate*, 24, 20, S. 5309-5324.
- Groth, M., Bender, S. & Wübbelmann, T. (2020): Starkregen und Sturzfluten – Anwendung des GERICS-Stadtbaukasten in Bleckede. Report 34, Climate Service Center Germany (GERICS), Hamburg: <https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/report34.pdf>.
- IPCC (2022): *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. IPCC WGII Sixth Assessment Report*. Verfügbar unter: [https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf).

- IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University.
- IPCC (2018): Global warming of 1.5°C. Special Report. IPCC with World Meteorological Organisation (WMO), and United Nations Environmental Program (UNEP), Geneva, Switzerland 2018.
- Jacob, D., Görl, K., Groth, M., Haustein, K., Rechid, D., Sieck, K. & Wolff, W. (2021): Naturwissenschaftlicher Hintergrund der Erderwärmung: Wo stehen wir zurzeit? In: Wirtschaftsdienst – Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, 101 (5), S. 330-334.
- Kahlenborn, W., Porst, L., Voß, M., Fritsch, U., Renner, K., Zebisch, M., Wolf, M., Schönthaler, K. & Schauser, I. (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Kurzfassung. UBA Climate Change 26/2021: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10\\_cc\\_26-2021\\_kwra2021\\_kurzfassung.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10_cc_26-2021_kwra2021_kurzfassung.pdf).
- Kaspar, F., Friedrich, K. & Imbery, F. (2020): 2019 global zweitwärmstes Jahr: Temperaturentwicklung in Deutschland im globalen Kontext. Deutscher Wetterdienst. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20200128\\_vergleich\\_global.pdf;jsessionid=89602D4244C99BD3B6B3078B7BAEA6B4.live31084?blob=publicationFile&v=4](https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20200128_vergleich_global.pdf;jsessionid=89602D4244C99BD3B6B3078B7BAEA6B4.live31084?blob=publicationFile&v=4).
- Papalexioiu, S.M. & Montanari, A. (2019): Global and Regional Increase of Precipitation Extremes under Global Warming. In: Water Resources Research, 55, S. 4901-4914.
- Pfeifer, S., Bathiany, S. & Rechid, D. (2021): Klimaausblick Geesthacht - Boizenburg. 19 S, Version 1.0 (Juni 2021). Unveröffentlichter Report. Climate Service Center Germany (GERICS).
- Ross, C., Prihodko, L., Anchang, J., Kumar, S., Ji, W. & Hanan, N.P. (2018): HYSOGs250m, global gridded hydrologic soil groups for curve-number-based runoff modeling. In: Sci Data 5, 180091: <https://www.nature.com/articles/sdata201891>.
- Schütze, A., Banning, A. & Bender S. (2021): Kartierung und Simulation von Überschwemmungsflächen in urbanen Räumen nach Starkregenereignissen. In: Grundwasser, 26(1), S.87-97.
- Trenczek, J., Lühr, O., Eiserbeck, L., Sandhövel, M. & Leuschner, V. (2022a): Übersicht vergangener Extremweterschäden in Deutschland. Methodik und Erstellung einer Schadensübersicht. Projektbericht „Kosten durch Klimawandelfolgen“: [https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos\\_KlimawandelfolgenDeutschland\\_%C3%9Cbersicht%20vergangener%20Extremwetersch%C3%A4den\\_AP2\\_1.pdf](https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_%C3%9Cbersicht%20vergangener%20Extremwetersch%C3%A4den_AP2_1.pdf).
- Trenczek, J., Lühr, O., Eiserbeck, L. & Leuschner, V. (2022b): Schadenswirkungen von Überschwemmungen und Sturzfluten sowie Hitze und Dürre. Ein Vergleich der Extremereignistypen. Projektbericht „Kosten durch Klimawandelfolgen“: [https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos\\_KlimawandelfolgenDeutschland\\_Vergleich%20Flut%20und%20Hitze\\_AP2\\_3c.pdf](https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Vergleich%20Flut%20und%20Hitze_AP2_3c.pdf).
- Trenczek, J., Lühr, O., Eiserbeck, L. & Leuschner, V. (2022c): Schäden der Sturzfluten und Überschwemmungen im Juli 2021 in Deutschland. Eine ex-post-Analyse Projektbericht „Kosten

- durch Klimawandelfolgen“: [https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos\\_KlimawandelfolgenDeutschland\\_Detailuntersuchung%20Flut AP2 3b .pdf](https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Detailuntersuchung%20Flut_AP2_3b_.pdf).
- Umweltbundesamt (2019): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung:  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das\\_monitoringbericht\\_2019\\_barrierefrei.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf).
- United Nations (2015): Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development:  
<https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981>.
- Westra, S., Fowler, H.J., Evans, J.P., Alexander, L.V., Berg, P., Johnson, F., Kendon, E.J., Lenderik, G., & Roberts, N.M. (2019): Future Changes to the Intensity and Frequency of Short-Duration Extreme Rainfall. In: Rev. Geophys., 52, S. 522-555.

**Kontakt:**

Climate Service Center Germany (GERICS)  
Chilehaus, Eingang B  
Fischertwiete 1  
20095 Hamburg

Tel. 040-226 338-0  
Fax. 040-226 338-163

[www.climate-service-center.de](http://www.climate-service-center.de)

ISSN 2625-7408

Eine Einrichtung des

