

BEISPIELHAFTHE ÜBERTRAGUNG DES EXTREMEN REGENEREIGNISSES IM AHRTAL VON JULI 2021 AUF HAMBURG

Bericht des Landesbetriebes Straßen, Brücken und Gewässer und
Hochwasserschutz Nr. 19/2022



LSBG
Landesbetrieb Straßen,
Brücken und Gewässer
Hamburg



Hamburg

Vorwort

Am 14. Juli 2021 und den darauf folgenden Tagen wurden Teile Westdeutschlands und der Nachbarländer, insbesondere aber das Ahrtal in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz von einer Flutkatastrophe von einem damals für viele nicht vorstellbaren Ausmaß heimgesucht. Das extreme Regenereignis im Ahrtal und dessen Auswirkungen haben erneut die Wichtigkeit des vorbeugenden Hochwasserschutzes und der Starkregenvorsorge als Daueraufgabe verdeutlicht.

Hamburg arbeitet seit Jahren intensiv daran, seine Bürgerinnen und Bürger vor den Folgen von Überschwemmungen und Überflutungen zu schützen. Dies erfolgt insbesondere auch durch Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie. Im Rahmen des Hochwasserrisikomanagements werden alle Aspekte des Hochwasserschutzes betrachtet: vom vorbeugenden bis zum nachsorgenden Hochwasserschutz. Zu den Aufgaben des vorbeugenden Hochwasserschutzes gehört auch die Starkregenvorsorge mit der Analyse und Auswertung bedeutender Hochwasser- und Starkregenereignisse. Die Auswirkungen von Hochwasser- und Starkregenereignissen werden nicht nur durch meteorologische, morphologische und hydrologische Randbedingungen beeinflusst. Auch lokale und regionale Besonderheiten spielen eine prägnante Rolle (Versiegelungsgrad, sensible Infrastrukturen, Urbanität, Rückhaltevolumen etc.).

Extreme Regenereignisse, wie im Westen Deutschlands im Juli 2021, bestehend aus ergiebigem Dauerregen mit eingelagerten Starkregenereignissen, sind sehr selten, aber aus meteorologischer Sicht grundsätzlich überall in Deutschland möglich. Allerdings kann keine konkrete Aussage getroffen werden, wann und wo ein derartiger Niederschlag in Hamburg eintreten könnte.

Bei der vorliegenden Untersuchung der beispielhaften Übertragung des extremen Regenereignisses im Ahrtal von Juli 2021 auf Hamburg, die der LSBG erarbeitet hat, wird ein modellbasierter Ansatz verwendet, um die möglichen Auswirkungen in Hamburg abzuschätzen. Die Übertragung des extremen Regenereignisses wurde beispielhaft für die Einzugsgebiete der Kollau, der Alster und für den Wellingsbütteler Grenzgraben durchgeführt. Diese Untersuchung ist eine wertvolle Ergänzung der von der BUKEA mit dem LSBG bisher im Rahmen des Hochwasserrisikomanagements durchgeführten Betrachtungen.

Die Simulationsergebnisse bestätigen die grundsätzlichen Aussagen des Hochwasserrisikomanagements zu den Auswirkungen seltener Hochwasserereignisse in Hamburg, welche in den Gefahren- und Risikokarten aus dem Jahr 2019 und den Karten der Überschwemmungsgebiete ab dem Jahr 2015 dargestellt werden. Sie zeigen aber auch, dass die Hochwassergefahr infolge Abflussmengen, Strömungsgeschwindigkeiten, Überschwemmung und Überflutung höher wäre und dass die Auswirkungen des untersuchten extremen Regenereignisses in Hamburg daher schwerwiegend wären. Verglichen mit den von der Flutkatastrophe im Ahrtal am stärksten betroffenen Regionen wäre in Hamburg wegen der unterschiedlichen Geländebeschaffenheit bei den untersuchten Einzugsgebieten jedoch eine weniger ausgeprägte Hochwasserdynamik mit geringeren Fließgeschwindigkeiten zu erwarten. Ein direkter Vergleich mit der Schadensbilanz im gesamten Ahrtal ist anhand der beispielhaften Berechnungen in Hamburg nicht möglich.

Ich bedanke mich beim LSBG für diesen wertvollen Fachbeitrag.

Dr. jur. Andreas Finckh

Abteilungsleitung
Wasserwirtschaft
Amt Wasser, Abwasser und Geologie
Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft
Freie und Hansestadt Hamburg

Einleitung

Starkregen- und Hochwasserereignisse sind eine Herausforderung der Gegenwart. Als Naturereignis entstehen sie hinsichtlich der Niederschläge (Verteilung und Menge), Abflussmengen und Überschwemmung bzw. Überflutung unverhofft. Seit je her ist es eine Aufgabe der Hydrologie, der Lehre und Wissenschaft vom Wasser, seinen Eigenschaften und seinen Erscheinungsformen, abgelaufene Ereignisse auszuwerten und daraus zu lernen.

Der LSBG betreibt zahlreiche verschiedene computerbasierte Gewässermodelle und hat auf dieser Grundlage mit seiner fachlichen und technischen Kompetenz das Ahrereignis für Hamburg beispielhaft ausgewertet. Die originalen Niederschläge aus dem Ahrtal wurden in die computerbasierten Gewässermodelle des LSBG eingegeben. Mit diesem Verfahren wird der Wasserhaushalt vom Niederschlag, Verdunstung und Abfluss mit seinen Überschwemmungen bzw. Überflutungen vollständig abgebildet. Die Übertragung Ahrniederschläge wurde für die Einzugsgebiete der Kollau, der Alster und für den Wellingsbütteler Grenzgraben durchgeführt.

Der Übertragungsansatz des LSBG hinsichtlich der Niederschläge ist meteorologisch zutreffend. Allerdings kann keine Aussage getroffen werden, ob, wann und wo ein derartiger Niederschlag in Hamburg niedergeht. Im nächsten Schritt sind Gewässer und Infrastruktur zu betrachten. Die Hochwassergefahr infolge Abflussmengen, Strömungsgeschwindigkeiten und Überschwemmung bzw. Überflutung wäre höher und komplexer, als sie die Gefahren- und Risikokarten aus dem Jahr 2019 und die Überschwemmungsgebiete ab dem Jahr 2015 aufzeigen. Eine Vergrößerung dieser Gebiete kann daraus nicht abgeleitet werden, da hierfür nur die tatsächlichen Niederschläge in den jeweiligen Gewässereinzugsgebieten Verwendung finden.

Die Untersuchung des LSBG zeigt, dass wasserwirtschaftliche und wasserbauliche Kompetenz durch jahrzehntelange Erfahrung aufgebaut und vorgehalten wird. Die Kenntnis der regionalen Hydrologie der Hamburger Gewässer ist für die Beratung von zuständigen Stellen der FHH Voraussetzung für die Bewältigung von Hochwasserereignissen. Der LSBG wird sein Können und Können weiter ausbauen.

Zahlreiche Instrumente der Hochwasser- und Starkregenvorsorge werden durch verschiedene Aufgabenträger der FHH umgesetzt. Die Erfordernis für diese Investitionen wird durch diese Untersuchung bestätigt.

Ich bedanke mich bei der BUKEA für die gemeinsame Erarbeitung des Berichtes.

Dr.-Ing. Olaf Müller

Geschäftsbereichsleitung
Gewässer und Hochwasserschutz
Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer
Behörde für Verkehr und Mobilitätswende
Freie und Hansestadt Hamburg

Inhalt

1	Veranlassung	7
2	Kurzbeschreibung der Hintergründe der Hochwassersituation im Juli 2021 im Westen Deutschlands	9
2.1	Meteorologische Ausgangssituation	9
2.2	Regenmengen und -Intensität	9
2.3	Bodenvorfeuchte	10
2.4	Topographie und Hochwasserwelle.....	10
2.5	Einordnung des Scheitelabflusses	11
3	Randbedingungen für Hochwasserereignisse in Hamburg	12
3.1	Regenmengen- und Intensitäten	13
3.2	Bodenvorfeuchte und Versiegelung	13
3.3	Topographie	13
3.4	Weitere Einzelfaktoren.....	14
3.5	Vulnerabilität – Mensch und Infrastruktur.....	14
4	Modellberechnungen in Hamburg	15
4.1	Untersuchungsgebiete	15
4.1.1	Alster	15
4.1.2	Kollau.....	18
4.1.3	Wellingsbütteler Grenzgraben	19
4.2	Methodik	20
4.3	Ergebnisse	22
4.3.1	Hochwasserabflüsse- und Spenden	23
4.3.2	Überschwemmungen und Betroffenheiten	23
4.3.2.1	Alster.....	25
4.3.2.2	Kollau.....	27
4.3.2.3	Wellingsbütteler Grenzgraben	32
4.4	Auswertungen und Interpretation der Ergebnisse	33
4.4.1	Hochwasserabflüsse- und Spenden	33
4.4.2	Flächige Ergebnisse und betroffene Gebäude	34
4.4.2.1	Alster.....	34
4.4.2.2	Kollau.....	34
4.4.2.3	Wellingsbütteler Grenzgraben	35

5	Instrumente der Hochwasser- und Starkregenvorsorge in Hamburg	36
5.1	Umsetzung des WHG auf Basis der EG-Richtlinie zum Hochwasserrisikomanagement in Hamburg	37
5.2	Instrumente der Gefährdungsanalyse.....	37
5.2.1	Festsetzung von Überschwemmungsgebieten.....	37
5.2.2	Starkregengefährdungs- und Maßnahmenanalyse.....	38
5.3	Hochwasservorhersagen und -Warnungen.....	39
5.4	Das Online-Anwendungstool der Starkregenindexkarte	39
5.5	Eigenvorsorge und -sicherung.....	39
6	Zusammenfassung.....	41
7	Literatur	43
	Impressum	45

1 Veranlassung

Die Freie und Hansestadt Hamburg (FHH) ist in der Vergangenheit von heftigen Niederschlagsereignissen und Binnenhochwasser mit teils erheblichen Schäden betroffen gewesen. Abb. 1 zum Beispiel zeigt die durch einen lokalen Starkregen ausgelösten Schäden im Stadtteil Lohbrügge. Auch Flusshochwasser an der Alster (1998, 2002, 2007, 2011 und 2014) führten zu Ausuferungen innerhalb des Hamburger Stadtgebiets, und im urban geprägten Einzugsgebiet der Kollau kommt es häufig zu Überschwemmungen.

Auf Grundlage des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) hat die BUKEA Gefahren- und Risikokarten für verschiedene Hochwasserereignisse bis zu einem Wiederkehrintervall von 200 Jahren veröffentlicht. Das Ahrhochwasser ist ein Extremereignis, welches Politik und Öffentlichkeit auch in Hamburg in hohem Maße beschäftigt.

Aus diesen Gründen untersucht der Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG) am Beispiel des Ereignisses vom Juli 2021 im Westen Deutschlands die potenziellen Auswirkungen eines solchen Regenereignisses für Gewässer der FHH und stellt die Ergebnisse im Vergleich zu der Ausdehnung, den Wassertiefen und den Fließgeschwindigkeiten eines hundertjährigen und eines zweihundertjährigen Hochwasserereignisses dar.

Das Regenereignis vom Juli 2021 im Ahrtal wird als „Ergiebiger Dauerregen mit eingelagerten Starkregenereignissen“ beschrieben (CEDIM, 2021). Es wird im Kontext der vorliegenden Untersuchungen als „extremes Regenereignis“ bezeichnet, um es von den festgelegten Definitionen eines Bemessungshochwasser- oder Starkregenereignisses abzugrenzen.

Das langanhaltende und großflächige Regenereignis in weiten Teilen von Nordrhein-Westfalen (NRW) und Rheinland-Pfalz (RP) vom 14. bis 16. Juli 2021 und den Nachbarländern hat gezeigt, dass die daraus resultierenden Hochwassersituationen nicht nur das Ergebnis statistischer Extrapolationen darstellen, sondern auch faktisch auftreten können.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel der vorliegenden Untersuchung eine fachliche Bewertung, welche Auswirkungen ein extremes Regenereignis der Größenordnung vom Julihochwasserereignis im Einzugsgebiet der Ahr auf die Hochwassersituation der Hamburger Gewässer haben könnte.



Abb. 1: Schäden durch Überschwemmung an der Glinder Au auf Grund von Starkregen am 10. Mai 2018 (ca. 50 mm pro Stunde), Bereich Steinbeker Teich (LSBG)

Hierfür wird beispielhaft der gemessene Regen einer Wetterstation aus dem Einzugsgebiet der Ahr flächendeckend auf zwei Einzugsgebiete (Alster und Kollau) in Hamburg übertragen und die fluviale Überschwemmung der gewässerangrenzenden Flächen erläutert.

Zusätzlich erfolgt für das Einzugsgebiet des Wellingsbütteler Grenzgrabens eine Betrachtung der pluvialen Überflutung durch wild abfließendes Wasser auf der Oberfläche.

- Die Hintergründe der Hochwassersituation Juli 2021 im Ahrtal werden in Kapitel 2 beschrieben.
- Kapitel 3 führt die grundsätzlichen Voraussetzungen für die Entwicklung und Ausprägung eines bedeutenden Hochwasserereignisses aus fachlicher Sicht auf.
- In Kapitel 4 werden die beispielhaften Modellsimulationen in Hamburg durch Übertragung des extremen Regenereignisses Juli 2021 an der Ahr beschrieben und erläutert.
- In Kapitel 5 werden die in Hamburg bereits bestehenden Instrumente der Hochwasser- und Starkregenvorsorge aufgeführt.
- In der Zusammenfassung (Kapitel 6) werden die wesentlichen Erkenntnisse der Untersuchung aufgelistet.

2 Kurzbeschreibung der Hintergründe der Hochwassersituation im Juli 2021 im Westen Deutschlands

Die Entstehung von Hochwassersituationen ist das Ergebnis einer Vielzahl von unterschiedlichen Randbedingungen und dynamischen Prozessen. Grundsätzlich begünstigen eine Vorrückung der Böden, ein hoher Versiegelungsgrad, steile Topographie und hohe Regenmengen- und Intensitäten die Ausprägung einer Hochwassersituation.

2.1 Meteorologische Ausgangssituation

Beim Hochwasserereignis (HW-Ereignis) Juli 2021 im Westen Deutschlands näherte sich aus meteorologischer Sicht in der ersten Julihälfte 2021 von Frankreich her zunächst ein Höhentief, welches zu einer instabilen Schichtung der Troposphäre führte.

Dies ermöglichte sehr feuchten Luftmassen aus dem Mittelmeerraum um das Bodentief „Bernd“ nach Deutschland einzudringen. Die Luftmassen wurden durch Wind und Topographie zu einer Hebung gezwungen, und der Stau an den westlichen Mittelgebirgen führte letztendlich vom 12. bis 15. Juli großflächig (siehe Kapitel 3.2) zu wiederkehrendem Starkregen und anhaltendem Dauerregen (DWD, 2021) bei einer sogenannten meteorologischen „Blocking“ Situation (CEDIM, 2021). Als weiterer Faktor wird die Lenkung der Luftmassen über die im Verhältnis kühlere und schwere Luft über der südlichen Ostsee genannt.

2.2 Regenmengen und -Intensität

Gemäß Auswertung des Deutschen Wetterdienstes (DWD, 2021) setzten sich die hohen Regenmengen von ca. 135 – 165 mm über 48 Stunden aus zunächst aufeinanderfolgenden Starkregenereignissen (Dauerstufen von 1 bis 6 Stunden) und anschließend einer Kombination wiederkehrender und anhaltender Ereignisse zu einem Dauerregen mit eingelagerten Starkregenereignissen über 48 Stunden zusammen (CEDIM, 2021). In Hamburg würde das Regenereignis dem Starkregenindex 10 zugeordnet werden (Hamburg Wasser, 2022).

Auf Basis der Darstellung in Abb. 2 hat der LSBG ein zusammenhängendes Gebiet von rund 3.600 km² ermittelt, wo an allen Niederschlagsmessstationen mindestens ein hundertjährliches Regenereignis für die Dauerstufen 9 bis 48 Stunden gemessen wurde.

Zum Vergleich: Die im Juli 2021 stark betroffene Ahr (NRW und RP) entwässert ein Gebiet von etwa 900 km² und das Einzugsgebiet der Alster (Kapitel 4.1.1) misst in etwa 600 km².

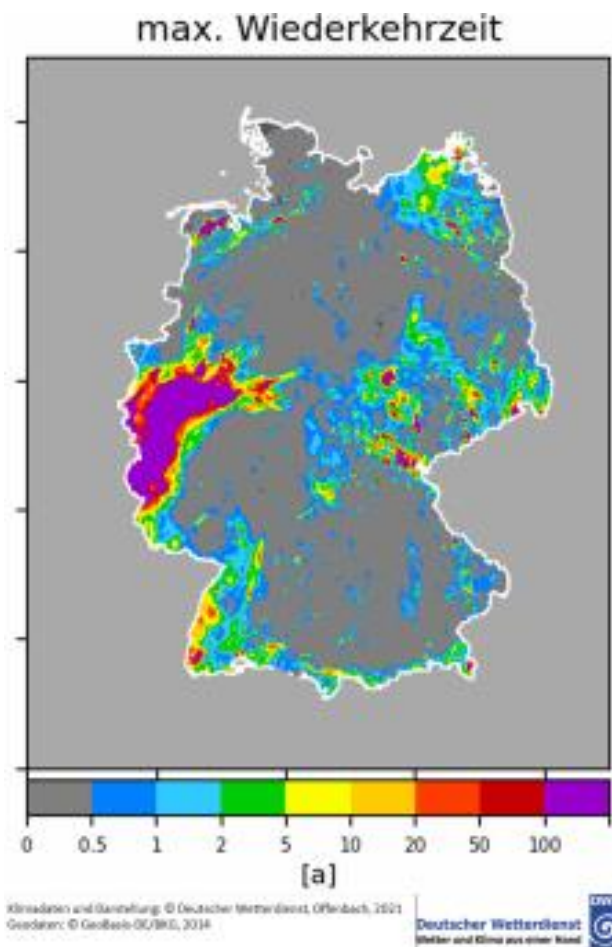


Abb. 2: Darstellung der Zone mit Regensummen > 100-jährliches Regenereignis 12. – 15. Juli 2021 (Quelle: DWD, 2021)

2.3 Bodenvorfeuchte

Neben den Regenmengen spielte bei dem Hochwasserereignis Juli 2021 in den größtenteils ländlich geprägten Gebieten auch die Bodenvorfeuchte eine wichtige Rolle. Durch flächendeckend wiederkehrende Regenereignisse im Vorfeld der Hochwassersituation waren die freien Bodenspeicher in Rheinland-Pfalz vor Einsetzen der intensiven Regenereignisse bereits auf 10 mm reduziert, und auch in NRW nur bedingt aufnahmefähig (ca. 75 mm freier Bodenspeicher) (DWD, 2021). Aufgrund der hohen Bodenvorfeuchte in Kombination mit der Intensität und Dauer der Regenereignisse war die Aufnahmefähigkeit des Bodens gering und das Regenwasser wurde unmittelbar abgeleitet.

2.4 Topographie und Hochwasserwelle

Die Kombination der oben genannten Faktoren (Regenmenge- und Intensität, großflächige Beregnung und hohe Bodenvorfeuchte) führte zu einer ausgeprägten Abflussbildung. Durch die Topographie der Mittelgebirgsregion, charakterisiert durch enge (abschüssige) Flusstäler, kam es zu einer rapiden Sammlung der Wassermassen in den Vorflutern und der Ausbildung hoher Fließgeschwindigkeiten.

Im Ergebnis beschrieb die Hochwasserwelle einen beschleunigten Anstieg des Abflusses und des Wasserstandes. Die betroffenen Flüsse, insbesondere die Ahr und Erft, stiegen in der Folge schnell an, was an vielen Punkten entlang dieser Täler zu einer hohen Schadenswirkung geführt hat.

Trotz der vorsorglichen Absenkung des Wasserpegels bei Talsperren zur Erhöhung des potenziellen Wasserrückhalts und Dämpfung der Spitzenabflüsse musste aus Schutz vor einer Überströmung bei manchen Talsperren auch kurzfristig Wasser in den Unterlauf abgelassen werden, mit der Folge dass manche Flusspegel im Unterlauf zeitweise noch schneller anstiegen.

Durch die engen Täler erreichte die Hochwasserwelle auch hohe Fließgeschwindigkeiten, was zu einer hohen Schadenswirkung bei den betroffenen Ortschaften und Städten geführt hat.

2.5 Einordnung des Scheitelabflusses

Die meisten Abflusspegel an der Ahr beim Hochwasserereignis Juli 2021, insbesondere auch die wichtige Messstation Ahrtal, waren vor dem Scheitelwert ausgefallen. Eine Rekonstruktion des Hochwasserwellenverlaufs (CEDIM, 2021) deutet darauf hin, dass die Abflussspitze um den Faktor 2,9 höher lag als das berechnete hundertjährige Hochwasserabflussereignis.

Die Extremwertstatistik beruht auf einer verhältnismäßig langen Zeitreihe (seit 1947) – allerdings sind die bisher drei größten Hochwasserereignisse im Ahrtal aufgrund fehlender Messdaten nicht in der Berechnung der Hochwasserstatistik berücksichtigt worden. Es handelt sich hierbei um (1) das Juli 2021 Hochwasserereignis selbst (Ausfall des Pegels), sowie die auf Basis von Hochwassermarken ermittelten, größeren Ereignisse der Jahre (2) 1804 und (3) 1910 (vor Beginn der Messzeitreihe) (CEDIM, 2021).

3 Randbedingungen für Hochwasserereignisse in Hamburg

In Hamburg sind Dezember 2013 (Sturmflut), Februar 2002 (Binnenhochwasser Alster) und Mai 2018 (Starkregen) Daten, die größere und bekanntere Hochwasserereignisse widerspiegeln.

In der Metropolregion Hamburg entstehen die meisten Überschwemmungen durch Sturmfluten oder niederschlagsgespeiste Binnenhochwasser. Auch eine Kombination beider Hochwassersituationen ist nicht auszuschließen (LSBG, 2019). Zusätzlich können die Überlastung von Abwassersystemen, Oberflächenabfluss bei Starkregen, das Versagen von wasserwirtschaftlichen Anlagen und zu Tage tretendes Grundwasser im Stadtgebiet Hamburg zu Überflutungen führen.

In diesem Kapitel wird die Frage behandelt, ob von den grundsätzlichen Randbedingungen her in Hamburg ein Regenereignis des Ausmaßes vom Juli 2021 im Ahrtal eine bedeutende Hochwassersituation auslösen könnte. Die Ergebnisse dieser Überprüfung sind in Tab. 1 zusammengefasst und werden in diesem Kapitel näher erläutert.

Tab. 1: Randbedingungen für extreme Hochwassersituationen

Randbedingung	Bemerkung
Regenmengen- und Intensität	Die meteorologischen Voraussetzungen unterscheiden sich geographisch zwischen dem Einzugsgebiet (EZG) des Ahrtals und dem Stadtgebiet Hamburg. Diese können in beiden Regionen aber zu gleichen Niederschlagskennwerten führen. Die Regenintensität- und Dauer des Ereignisses Juli 2021 ist in Hamburg möglich.
Geringe Aufnahmefähigkeit der Böden	Die Böden in Hamburg können analog zum Ahrtal nach längeren Regenphasen eine geringe Aufnahmefähigkeit aufzeigen. Ein hoher Versiegelungsgrad in vielen Bereichen verhindert eine Versickerung.
Topographie und Einzugsgebiete	Das EZG des Ahrtals ist topographisch geprägt als Mittelgebirgsregion. Charakterisiert wird dies durch enge (abschüssige) Flusstäler, wodurch die Ausbildung hoher Fließgeschwindigkeiten und Abflussspitzen begünstigt wird. Hamburg liegt im Norddeutschen Tiefland und hat damit nicht die topographischen Eigenschaften eines Mittelgebirges. Es liegt lokal/vereinzelt steiles/abschüssiges Terrain vor, wie zum Beispiel an den Geesthängen oder durch spezielle Bauweisen.
Weitere Einzelfaktoren	Eine örtliche Verschärfung einer Hochwassersituation durch Verklausung, Treibgut und dichte Bebauung ist grundsätzlich nicht auszuschließen. Die Eintragspfade dieser Störfaktoren sind vielfältig und von den lokalen und regionalen Bedingungen abhängig.
Vulnerabilität von Mensch und Infrastruktur	Sowohl im Ahrtal als auch in Hamburg ist eine hohe Anzahl an älteren, denkmalgeschützten Gebäuden vorzufinden. Für Menschen ist in beiden Untersuchungsgebieten von der gleichen Vulnerabilität auszugehen.

3.1 Regenmengen- und Intensitäten

Sowohl ergiebiger Dauerregen (Februar 2022, Dove Elbe), Dauerregen mit eingelagerten Starkregenereignissen (Alsterhochwasser, Juli/August 2002), als auch einzelne Starkregenereignisse (z.B. Bergedorf, Mai 2018) haben in der Vergangenheit in Hamburg zu Überschwemmungen und Überflutungen geführt. Eine extrem ungünstige Kombination von lang anhaltenden Serien wiederkehrender Starkregenereignisse in der Größenordnung des Juli 2021 Hochwasserereignisses in Rheinland-Pfalz ist bisher in Hamburg nicht beobachtet worden.

Meteorologische Randbedingungen, welche auch ohne topographischen Effekte zu entsprechend hohen Regensummen führen können, sind allerdings nicht auszuschließen (DWD und Hydrometeo, persönliches Gespräch).

3.2 Bodenvorfeuchte und Versiegelung

Eine hohe Bodensättigung durch anhaltende Niederschläge ist in Hamburg, unabhängig von der Jahreszeit, möglich. Hinzu kommt ein hoher Versiegelungsgrad, insbesondere in Bereichen dichter Bebauung und Infrastruktur.

3.3 Topographie

In Hamburg führt die allgemein flachere Topographie tendenziell nicht zu der hohen Abflussdynamik eines Mittelgebirges.

Im Ahrtal entwässert der Trierbach (größter Zufluss der Ahr) ein Einzugsgebiet von 117 km² und überwindet dabei einen Höhenunterschied von 320 m auf einer Fließstrecke von 25 km (mittleres Fließgefälle: 1,3 %).

Zum Vergleich entwässert die Tarpenbek, ein wichtiger westlicher Nebenfluss der Alster, ca. 85 km² Einzugsgebietsfläche auf einer Länge von 21 km und überwindet dabei etwa 36 Höhenmeter (mittleres Fließgefälle: 0,18 %).

Nur im Süden Hamburgs sind die Fließgefälle etwas stärker ausgeprägt. Dort entspringt z.B. der Falkengraben (Einzugsgebiet von ca. 14 km²) in den Harburger Bergen mit Höhenlagen von bis zu 120 m NHN. Der 5,6 km lange Falkengraben überwindet ca. 40 m Höhenunterschied (Fließgefälle von ca. 0,71 %) und hat dabei ein etwa halb so starkes Gefälle wie der Trierbach. Die Einzugsgebietsfläche ist indessen etwa achtmal geringer im Vergleich zum Trierbach.

Während hinsichtlich der Abflussbildung insbesondere die flachere Topographie im Norddeutschen Tiefland gegen eine Hochwasserdynamik mit solch hohen Fließgeschwindigkeiten und mit schnell ansteigenden Wasserständen wie im Ahrtal spricht, können aus *hydraulischer* Sicht in Hamburg bei starken Niederschlagsereignissen lokal Fließwege mit einem ausgeprägten Fließgefälle entstehen. Auch Engstellen bei schmalen Routen in Gebieten mit dichter Infrastruktur können zu einer Konzentrierung der Fließwege mit einem erhöhten Schadenspotenzial für die menschliche Gesundheit, Straßen und Infrastruktur führen.

3.4 Weitere Einzelfaktoren

In dicht bebauten Gebieten besteht grundsätzlich die Gefahr, dass aufgestautes Hochwasser nicht ungehindert abfließen kann (LSBG, 2019). Eine solche Situation führt zu einer Ansammlung von Wassermassen, und somit zu einem Aufstau mit im Vergleich zu einem freien Wasserspiegelgefälle erhöhten Wassertiefen. Eine Verklausung an Bauwerken (z.B. durch Treibgut) ist in Hamburg nicht auszuschließen. Eine Räumung von blockierten Brücken während eines Hochwasserereignisses kann unmittelbar zu starken Strömungen im Gewässer und auf dem ufernahen Vorland führen. In manchen Stausituationen kann das Wasser schnell ansteigen, weil Entlastungsmöglichkeiten ggf. nicht vorhanden sind (Sackgasse) oder blockiert werden.

Die exakten Randbedingungen der Entstehung solcher Situationen sind komplex und im Einzelfall von den lokalen und regionalen Bedingungen abhängig.

3.5 Vulnerabilität – Mensch und Infrastruktur

Ältere Gebäude in Hamburg sind im Vergleich zu Neubauten mit Kellergeschossen aus wasserundurchlässigem Beton bei einem länger andauernden Hochwasserstau durch den erhöhten Wasserdruck besonders gefährdet.

Straßen und Infrastruktur sind bei Hochwasser zudem durch möglicherweise starke hydraulische Belastungen und Strömungsgeschwindigkeiten gefährdet. Eine Gefahr für den Menschen und die Infrastruktur ist gem. LUBW (2018) ab Wassertiefen von 5 cm und Strömungsgeschwindigkeiten ab 0,2 m/s zu erwarten. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass auch geringe Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten bei Hochwasser an ungünstigen Stellen bereits eine Gefahr bedeuten, insbesondere für Kleinkinder.

4 Modellberechnungen in Hamburg

In den vorangehenden Kapiteln wurde das Julihochwasser 2021 im Westen Deutschlands beschrieben und die möglichen Voraussetzungen für ein derartiges Ereignis in Hamburg erläutert.

Da diese Randbedingungen insbesondere im Hinblick auf die möglichen Regenmengen- und Intensitäten in Hamburg möglich sind, können Simulationen mit den Regendaten vom Julihochwasser im Westen Deutschlands, übertragen auf die FHH, wichtige Erkenntnisse zu extremen Hochwassersituationen liefern.

Vom LSBG wurden in den letzten Jahren hydrologische und hydrodynamische Computermodelle im Zuge der Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie und für die Untersuchung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen erarbeitet.

Diese Modelle können auch eingesetzt werden, um mit veränderten Eingangsdaten verschiedene fiktive Hochwasserszenarien zu untersuchen. Durch die Verknüpfung der Modelle mit der Niederschlagszeitreihe vom Juli 2021 an der Station Wipperfürth-Gardeweg (NRW) können die resultierenden Hochwasserabflüsse und hydraulischen Auswirkungen bei einer Übertragung des extremen Regenereignisses Juli 2021¹ auf Hamburg untersucht werden.

Im Zuge dieser Betrachtung wurden die möglicherweise resultierenden Flusshochwasserereignisse für die Hamburger Gewässerabschnitte der Kollau und der Alster untersucht. Zusätzlich wurde eine sogenannte Sturzflut (pluviale Überflutung) durch eine Direktberegung (siehe auch Kapitel 5.2) im Stadtgebiet rund um den Wellingsbütteler Grenzgraben betrachtet.

4.1 Untersuchungsgebiete

Die Datenreihe des Niederschlagsschreibers im Ahrtal (Station Wipperfürth-Gardeweg (NRW); siehe Abb. 8) wird für die Modellberechnungen flächendeckend auf folgende Untersuchungsgebiete (Fallstudien) übertragen: Alster, Kollau und Wellingsbütteler Grenzgraben.

4.1.1 Alster

Die Alster ist ein Nebengewässer der Elbe und entspringt in Schleswig-Holstein (Gemeinde Henstedt-Ulzburg). Sie mündet nach ca. 56 km Fließlänge in die Elbe und hat ein Fließgefälle von ca. 26 Höhenmetern. Der obere Teil des insgesamt 600 km² großen Einzugsgebiets (davon 282 km² innerhalb des Stadtgebiets Hamburg) ist ländlich geprägt. Im Unterlauf der Wulksfelder Schleuse, auf Höhe des Pegels Hoopredder (Abb. 4) durchquert die Alster das Hamburger Stadtgebiet. Unterhalb des Zulaufs der Ammersbek durchfließt die Alster die Endmoränenlandschaft des Alstertals. Im weiteren Verlauf münden in verschiedenen Naturschutzgebieten die Drosselbek, Bredenbek, Rodenbek, Horstbek und Saselbek in die Alster. Das Einzugsgebiet innerhalb des Stadtgebiets Hamburg ist größtenteils urban und durch einen Talraum ohne ausgedehnte Niederungen geprägt. Die Untersuchung beschränkt sich auf den Gewässerabschnitt von der Grenze zu Schleswig-Holstein bis zur

¹ Eine Erläuterung des extremen Regenereignisses Juli 2021 ist in Kapitel 1 aufgeführt.

Fuhlsbütteler Schleuse (ca. 18.5 km). In diesem Abschnitt hat es auch in der Vergangenheit schon öfters Überschwemmungen gegeben, z.B. im Februar 2002, Dezember 2007 und 2014, sowie Februar 2011 (Abb. 3).



Abb. 3: Beispiel eines Hochwassers an der Alster 07.02.2011 (LSBG), Poppenbütteler Schleuse.

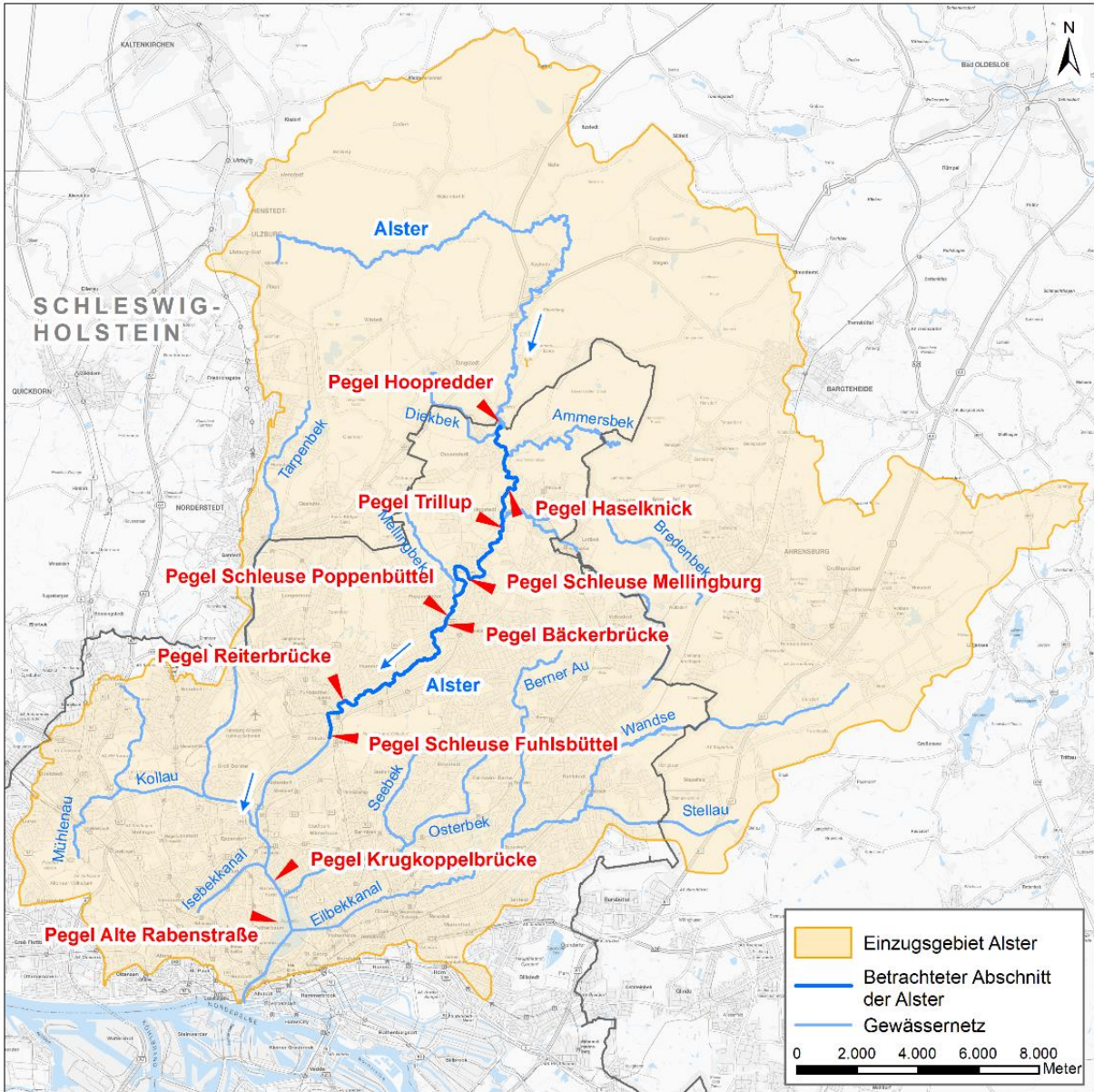


Abb. 4: Untersuchungsraum Alster (Kartengrundlage LGV)

4.1.2 Kollau

Das Einzugsgebiet der Kollau (34 km²) ist größtenteils urban geprägt. Die Entwässerung der urbanen Flächen erfolgt überwiegend über das städtische Kanalnetz. Die Quelle des ca. 7,3 km langen Gewässers liegt im Hamburger Stadtteil Schnelsen etwa 50 m westlich der Bundesautobahn (BAB) A7. Die wichtigsten Nebenflüsse der Kollau sind die Mühlenau, die Schillingsbek, der Schippelmoorgraben, die Geelenbek und die Alte Kollau (Abb. 5). Die Kollau überwindet zwischen dem Quellbereich und der Mündung in die Tarpenbek etwa 7,3 Höhenmeter und durchquert dabei mehrere Niederungen und Hochwasserrückhaltebecken. Auch an der Kollau hat es in der Vergangenheit Überschwemmungen gegeben, z.B. im Juli 2002, Dezember 2007 und Mai 2013.

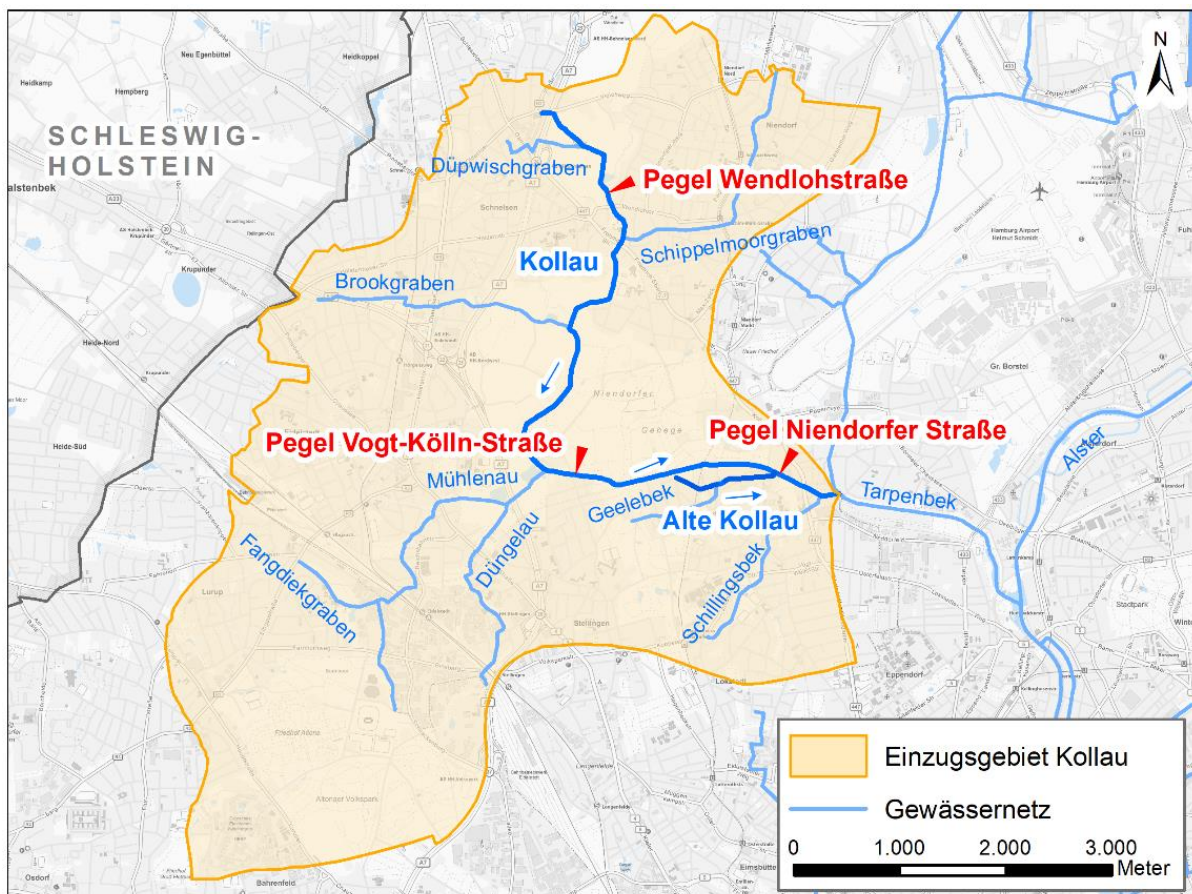


Abb. 5: Untersuchungsraum Kollau (Kartengrundlage LGV)

4.1.3 Wellingsbütteler Grenzgraben

Der Wellingsbütteler Grenzgraben entwässert ein urbanes Einzugsgebiet von etwa 4,3 km² und verläuft auf einer Strecke von ca. 1,78 km entlang der Grenze zwischen den Stadtteilen Wellingsbüttel, Sasel und Bramfeld (Abb. 6). Kurz vor der Mündung in die Berner Au über das dort vorhandene Hochwasserrückhaltebecken mündet der Saseler Graben (ca. 1,8 km Fließlänge). Das Gebiet rund um den Wiesenweg ist überflutungsgefährdet.

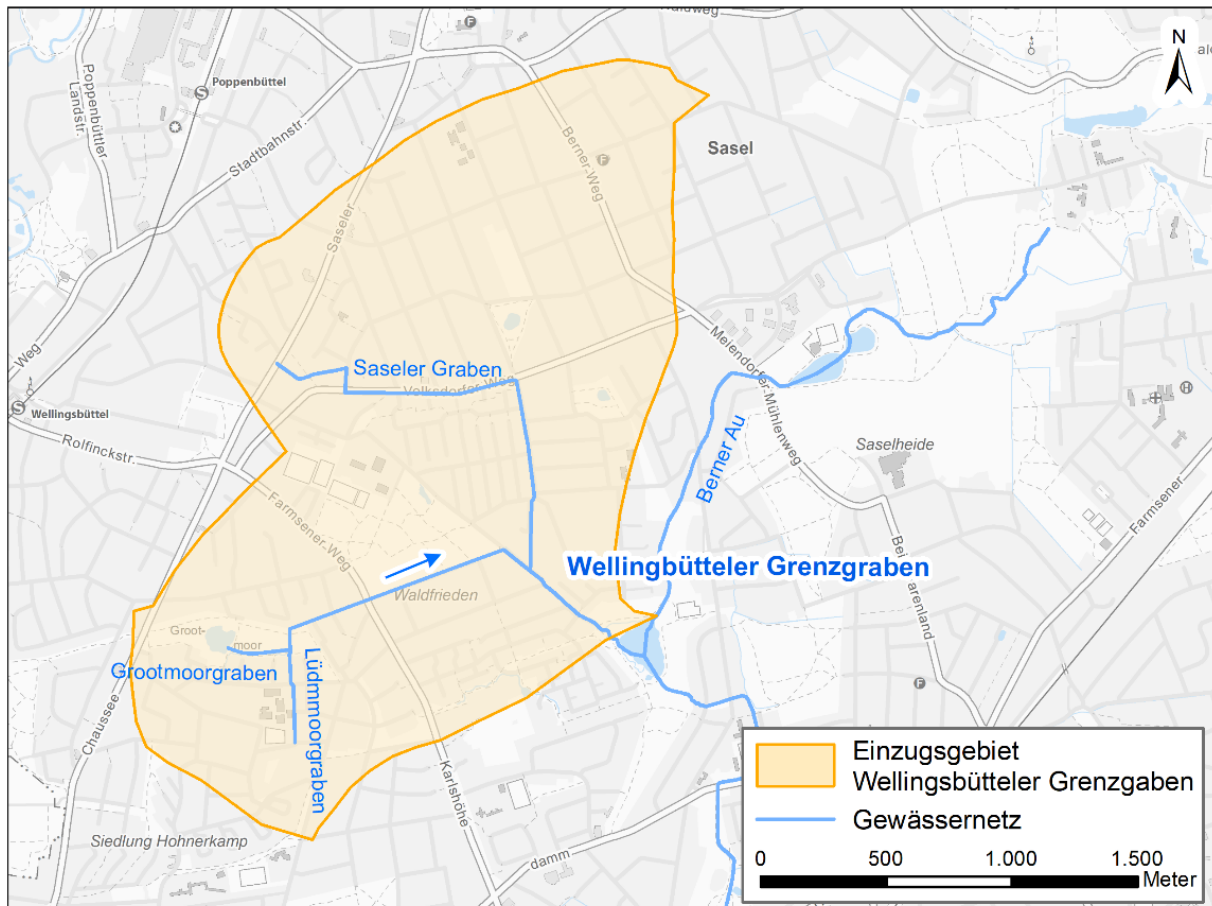


Abb. 6: Untersuchungsraum Wellingsbütteler Grenzgraben (Kartengrundlage LGV)

4.2 Methodik

Es wurden Modellsimulationen durchgeführt. Als Eingangsdaten wurden die im Juli 2021 an der DWD-Wetterstation Wipperfürth-Gardeweg (Bergisches Land) gemessenen Regenmengen flächendeckend als Randbedingung für die in Kapitel 4.1 genannten Untersuchungsgebiete (Fallstudien) angesetzt.

Die Vorgehensweise wird in dem folgenden Diagramm grafisch dargestellt (Abb. 7) und die einzelnen Prozesse werden in diesem Kapitel erläutert.

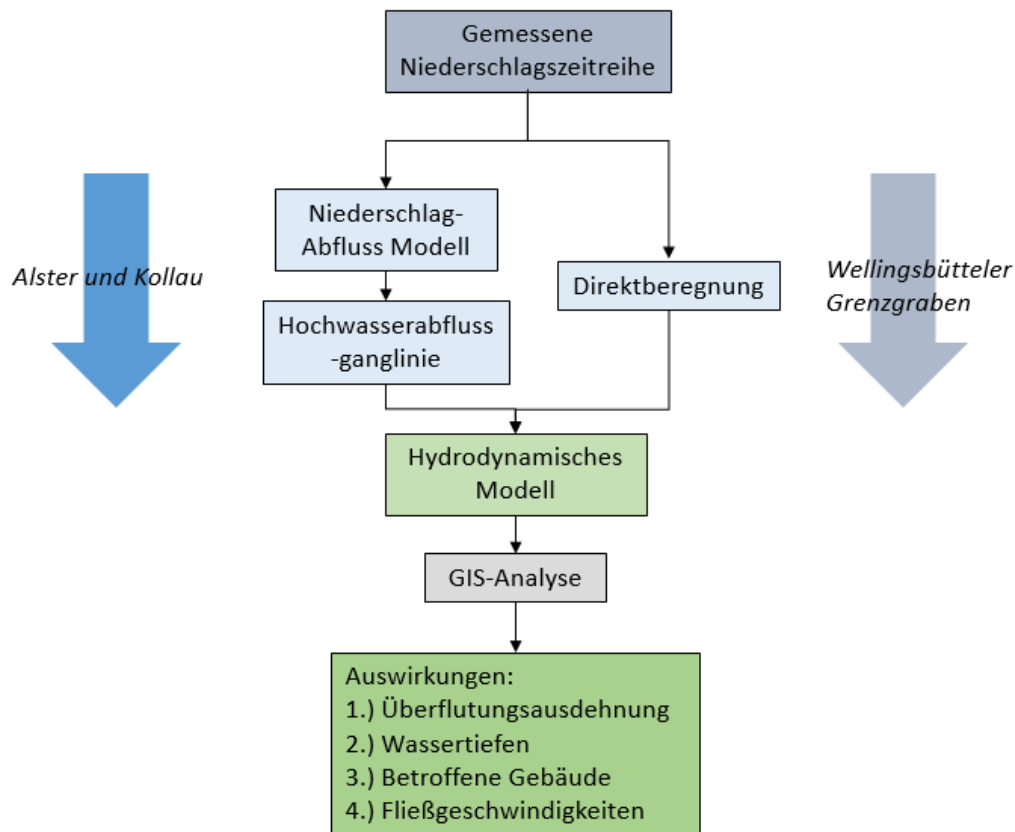


Abb. 7: Vorgehensweise bei den Modellberechnungen

Für die hydrologische Modellierung wurden kalibrierte, deterministische, konzeptionelle Niederschlag-Abfluss (N-A) Modelle (Software Kalypso) eingesetzt. Dabei werden alle wichtigen Prozesse der Abflussbildung (Belastungsbildung- und Verteilung, Versickerung, Verdunstung), Abflusskonzentration und Wellentransport gemäß Stand der Technik in einem Systemplan abgebildet und die durch die Belastung ausgelösten Hochwasserganglinien an vordefinierten Berechnungsknoten ermittelt. Die Abflussbildung wird mit einem semi-distributiven Ansatz berechnet und umfasst als kleinste räumliche Berechnungseinheit Hydrotope (Flächen mit ähnlichen hydrologischen Eigenschaften). Die Anfangsbodenfeuchten für die Ereignissimulation Juli 2021 werden anhand einer vorgelagerten Langzeitsimulation mit den Belastungsdaten der Station Wipperfürth-Gardeweg vorberechnet. Das bedeutet, das extreme Regenereignis trifft analog zu der Situation im Ahrtal (Kapitel 2.3) in der Simulation für Hamburg auf Böden mit einer starken Vorsättigung und damit einer geringen Aufnahmefähigkeit.

In einem zweiten Schritt wurden hydrodynamische (HD) Berechnungen mit einem kalibrierten, zweidimensionalen Strömungsmodell (2D-Modell mit tiefengemittelten Flachwassergleichungen - Software: Delft3D FM) durchgeführt. In den Berechnungen werden die Navier-Stokes-Gleichungen unter Anwendung der Impulserhaltung an einem infinitesimalen Volumenelement hergeleitet. Für den Modellaufbau ist somit der Aufbau eines Finite-Elemente-Netzes erforderlich, welches die Flussbathymetrie und die Vorlandtopographie den Messdaten entsprechend mit mehr oder weniger hoch aufgelösten Gitterzellen (Elementen) abbildet. Des Weiteren sind eine räumlich verteilte Abbildung der Fließwiderstände und die Implementierung der Wirkweise von Querbauwerken und Rückhaltebecken für die Abbildung der hydraulischen Prozesse im Modell unentbehrlich.

Zweidimensionale hydrodynamische Modelle, welche für die Berechnung der Strömungen und Wasserstände in einem Flusssystem aufgebaut wurden, erfordern als Randbedingung u.a. Zuflussganglinien. Für die hydrodynamischen Berechnungen an der Alster und Kollau wurden diese vorab anhand der Niederschlag-Abfluss Modelles generiert (siehe oben).

In kleineren, urbanen Gebieten ohne signifikantes Einzugsgebiet wird in dieser Studie angenommen, dass bei Starkregen die hydrologischen Prozesse zur Berechnung von abfließendem Oberflächenwasser eine untergeordnete Rolle spielen (siehe auch: LUBW, 2018), da Versickerung, Verdunstung und Zwischenspeicherung bei sehr starken Niederschlagsintensitäten im urbanen Raum die Gesamtbilanz nur geringfügig beeinflussen. In diesem Fall kann die Technik der *Direktberechnung* beim hydrodynamischen Modell (ohne eine Vorab-Berechnung durch das N-A Modell) eingesetzt werden, wobei die Belastung im Rechenlauf anhand einer Niederschlagszeitreihe für das gesamte Modellgebiet, und nicht durch eine Abflussganglinie erfolgt. Dieses Verfahren wird aufgrund des benötigten sehr fein aufgelösten Modellnetzes und der damit verbundenen langen Rechenzeiten in dieser Studie nur für ein kleines Untersuchungsgebiet verwendet.

Sowohl für das Niederschlag-Abfluss Modell (Alster und Kollau) als auch das 2D-Modell mit Direktberechnung (Wellingsbütteler Grenzgraben) wurden in den Modellberechnungen als Eingangsgröße die Niederschlagszeitreihe der Station Wipperfürth-Gardeweg für den Juli 2021 verwendet (Abb. 8). Am 13. und 14. Juli 2021 (48 Stunden) wurde an dieser Station eine Niederschlagsmenge von 165 mm gemessen.

Zum Vergleich:

- Die 48-Stunden-Niederschlagssummen für die größten Hochwasserereignisse an der Alster (Februar 2002 und Dezember 2007) betragen lediglich 48 mm bzw. 40 mm.
- Dem KOSTRA-Atlas (ITWH, 2017) sind bei einer Dauerstufe von 48 Stunden für das nördliche Hamburger Stadtgebiet statistische, hundertjährige Niederschlagsmengen von 94,8 bis 101,0 mm zu entnehmen.

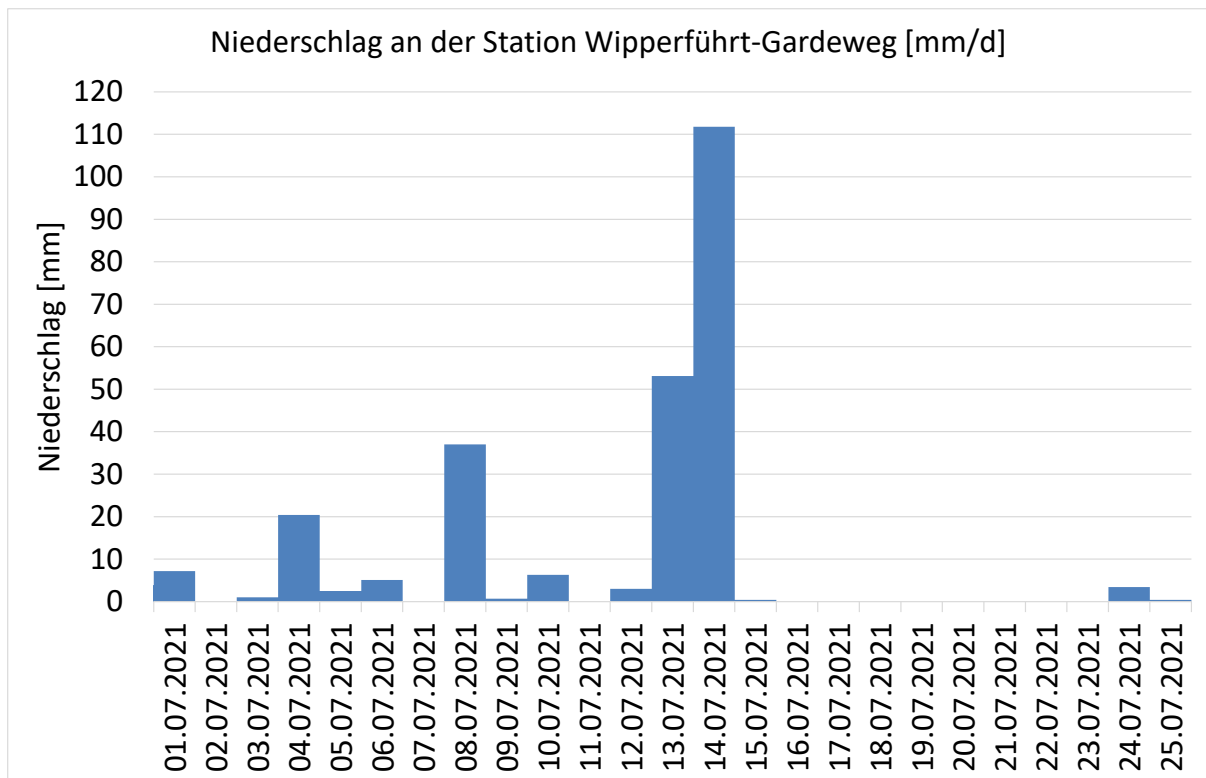


Abb. 8: Niederschlagsmengen an der Station Wipperfürth-Gardeweg

Anhand der Berechnungsergebnisse wurden die maximalen Überschwemmungsflächen, Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten mit einem Geografischen Informationssystem (GIS) ermittelt und die Anzahl der betroffenen Gebäude durch eine räumliche Abfrage berechnet. Dabei erfolgte keine Unterscheidung der Gebäudetypen. Vor allem im Gebiet der Kollau umfasst die räumliche Abfrage auch eine hohe Anzahl von Kleingärten und betrachtet deren Lauben als Gebäude. Die Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

4.3 Ergebnisse

Dieses Kapitel stellt die Berechnungsergebnisse in absoluten, und bei entsprechender Datenverfügbarkeit im Vergleich zu dem Hochwasserereignis im Westen Deutschlands sowie Bemessungsereignissen in Hamburg dar.

Es werden die überschwemmten Flächen dargestellt, welche bei einer Übertragung des Regenereignisses Juli 2021 vom Ahrtal auf Hamburg simuliert werden. Diese Flächen werden mit den Ergebnissen des HQ₂₀₀ verglichen (Alster und Kollau). Der Vergleich mit dem Bemessungsereignis HQ₂₀₀ wird gewählt, weil dieser Lastfall bei der Umsetzung der europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWRML) in Hamburg zur Ermittlung der Risikokulisse bei einem seltenen Hochwasserereignis verwendet wird. Weitere Informationen zum Hintergrund der Bemessungsereignisse sind Kapitel 2 zu entnehmen.

Bei der gesonderten Sturzflutbetrachtung für den Wellingsbütteler Grenzgraben ist ein Vergleich mit bestehenden Berechnungsergebnissen nicht möglich. Aus diesem Grund werden bei diesem Untersuchungsgebiet die Ergebnisse des übertragenen Hochwasserereignisses Juli 2021 ohne entsprechenden Vergleich dargestellt.

4.3.1 Hochwasserabflüsse- und Spenden

In Tab. 2 sind die Ergebnisse der Niederschlag-Abfluss (NA) Simulationen zusammenfassend aufgeführt. Für den Wellingsbütteler Grenzgraben werden aufgrund der Methodik (Direktberechnung) keine Abflüsse ermittelt.

Es wird bewusst nicht die Eintrittswahrscheinlichkeit für die modellierten Spitzenabflüsse des übertragenen Ereignisses Juli 2021 berechnet. Die bestehenden Pegelstatistiken müssten unter Einbezug des Simulationsergebnisses des Hochwasserereignisses Juli 2021 neu aufgestellt werden, um anschließend die Jährlichkeiten für Hochwasserabflüsse neu zu berechnen. Aus dem gleichen Grund wird auch in der Fachliteratur auf eine Festlegung der Eintrittswahrscheinlichkeit beim Scheitelabfluss an der Ahr zunächst verzichtet (CEDIM, 2021).

Tab. 2: Kennwerte der hydrologischen Modellergebnisse

Pegel	Ahrtal	Haselknick	Niendorfer Straße
Einzugsgebiet am Pegel [km ²]	746	269	29
Gewässer	Ahr	Alster	Kollau
Einzugsgebiet gesamt [km ²]	900	600	34
Mittleres Fließgefälle [%]:	0,49	0,06	0,09
Scheitelabfluss bei HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	241	42	6,6
Scheitelabfluss bei HQ ₂₀₀ [m ³ /s]	-	47	7,2
Scheitelabfluss beim HQ _{Juli 2021} [m ³ /s]	700	113	10,0
Abflussspende bei Hq ₁₀₀ [l/s*km ²]	323	156	224
Abflussspende bei Hq ₂₀₀ [l/s*km ²]	-	175	245
Abflussspende beim Hq _{Juli 2021} [l/s*km ²]	938	420	340
Faktor HQ _{Juli 2021} /HQ ₁₀₀	2,90	2,69	1,51
Faktor HQ _{Juli 2021} /HQ ₂₀₀	-	2,40	1,39
Anmerkung: Das Zeichen „-“ bedeutet, dass die Werte zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht verfügbar waren.			

4.3.2 Überschwemmungen und Betroffenheiten

Bei der Ergebnisauswertung werden die maximalen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten erfasst und die Anzahl der betroffenen Gebäude beim Szenario HQ₂₀₀ und dem berechneten Juli 2021 Hochwasserereignis durch eine räumliche Abfrage ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tab. 3 zusammengefasst.

Dabei ist zu beachten, dass bei der Alster und Kollau lediglich die vom Flusshochwasser ausgelösten (fluvialen) Überschwemmungen betrachtet werden, während bei der Untersuchung zum Wellingsbütteler Grenzgraben auch flächige (pluviale) Überflutungen durch wild abfließendes Wasser (LUBW, 2020) im Einzugsgebiet erfasst werden.

Tab. 3: Kennwerte der hydrodynamischen Modellergebnisse

Gewässer/Gebiet	Alster	Kollau	Wellingsbütteler Grenzgraben
Überschwemmte Fläche bei HQ ₂₀₀ [ha]	172	35	Szenario HQ ₂₀₀ nicht berechnet
Überschwemmte Fläche beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 [ha]	294	68	215 (davon 148 ha > 0,05 m Wassertiefe)
Räumlich gemittelte maximale Überflutungstiefen bei HQ ₂₀₀ [m]	0,67	0,22	Szenario HQ ₂₀₀ nicht berechnet
Räumlich gemittelte maximale Überflutungstiefen beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 [m]	1,61	0,32	0,15
Räumlich gemittelte maximale Fließgeschwindigkeiten bei HQ ₂₀₀ [m/s]	0,23	0,14	Szenario HQ ₂₀₀ nicht berechnet
Räumlich gemittelte maximale Fließgeschwindigkeiten beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 [m/s]	0,28	0,11	0,13
Anzahl der betroffenen Gebäude bei HQ ₂₀₀	23	18	Szenario HQ ₂₀₀ nicht berechnet
Anzahl der betroffenen Gebäude beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021	124	107	301 – davon 148 ab einer Überflutungstiefe von 0,05 m
Dauer der Überschwemmung bei HQ ₂₀₀ [Tage]	3	1	Szenario HQ ₂₀₀ nicht berechnet
Dauer der Überschwemmung beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 [Tage]	5	2	2
Hinweise:			
<ol style="list-style-type: none"> 1.) Die Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten (Alster und Kollau) wurden nur für das Vorland (ohne Flussschlauch) räumlich gemittelt. 2.) Bei der Starkregenanalyse Wellingsbütteler Grenzgraben (Modellberechnung mit Direktberechnung) werden die Gebäude umströmt und nicht von den Überschwemmungen umschlossen. Ein Vergleich mit den betroffenen Gebäuden bei einem Flusshochwasser wäre nicht sachgerecht. 3.) Betroffene Gebäude ohne Garagen, Gartenhäuser, Ställe u.ä. 			

In Tab. 3 sind die zusammenfassenden Kennzahlen der hydrodynamischen Berechnungen und anschließender GIS-Analyse dargestellt. In den folgenden Abbildungen werden die Unterschiede in den überschwemmten Flächen anhand von beispielhaften Kartenausschnitten aufgezeigt (HQ₂₀₀ als rote Linie, Ergebnis des übertragenen Regenereignisses Juli 2021 als blaue Linie). Diese Darstellungen werden in Tab. 4 anhand von maßgeblichen Kennwerten zusammengefasst.

4.3.2.1 Alster

In den vom Talraum topographisch begrenzten Abschnitten der Alster in Hamburg (z.B. Abb. 10, südliche Seite der Alster) kommt es in vielen Bereichen nicht zu einer maßgeblich größeren Ausdehnung der Überschwemmungsflächen bei der Übertragung der Regenmengen vom Juli 2021 zur Berechnung des fiktiven Hochwasserereignisses vom Juli 2021 im Vergleich zum berechneten HQ_{200} . Allerdings liegen die Wassertiefen und Strömungsgeschwindigkeiten beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 auf dem Vorland der Alster grundsätzlich deutlich höher als bei einem HQ_{200} (siehe Tab. 4). Die Wassertiefen erhöhen sich an den Auswertungspunkten in den Ausuferungsbereichen (Vorland) von 0,70 – 1,00 m auf 2,10 – 2,30 m (siehe auch Tab. 4). Die Fließgeschwindigkeiten an diesen Beobachtungspunkten (Vorland) erhöhen sich von 0,20 – 0,30 m/s auf 0,30 bis 0,60 m/s (Tab. 4) (siehe Kapitel 4.4.2.1).

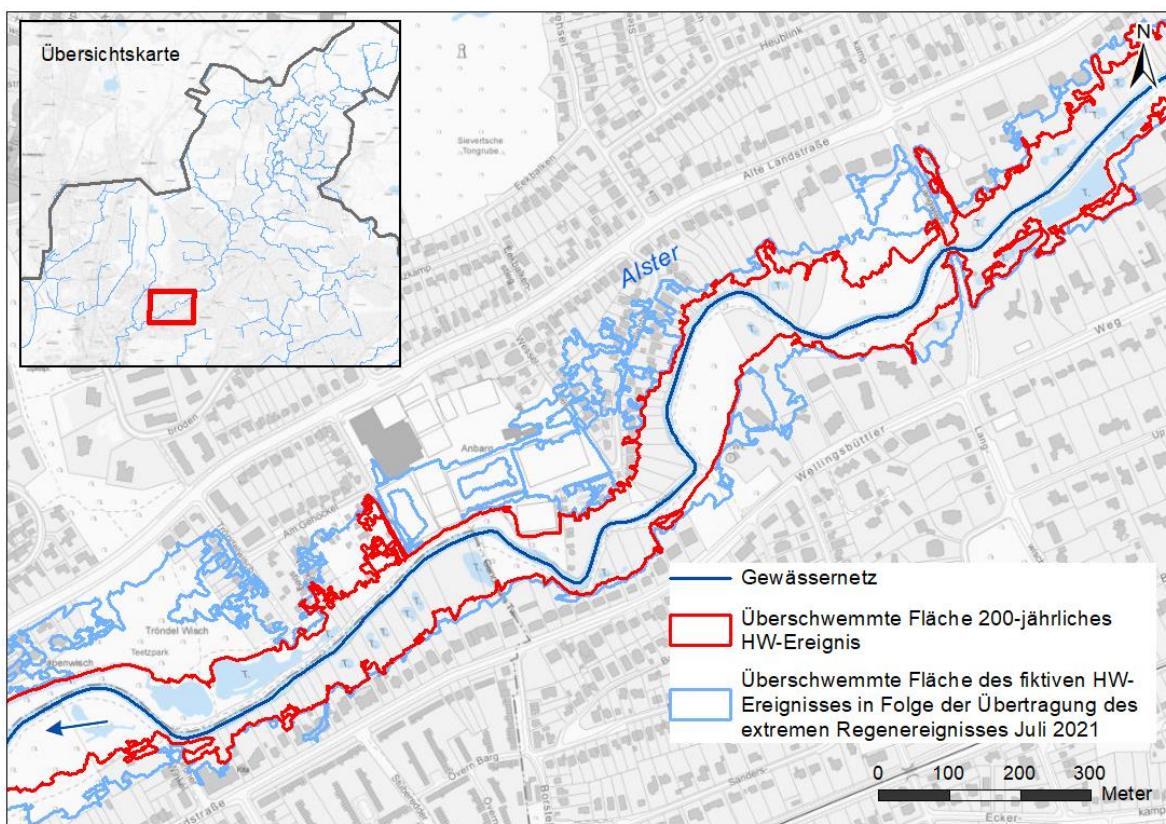


Abb. 9: Vergleich der Ausdehnung der überschwemmten Flächen des 200-jährlichen HW-Ereignisses und des HW-Ereignisses in Folge des übertragenen extremen Regenereignisses Juli 2021, an der Wellingsbütteler Landstraße (Kartengrundlage LGV)

An einigen Stellen werden zudem durch die höheren Abflüsse beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 lokal neue Fließwege erschlossen, was zu zusätzlichen Überschwemmungen an der Alster führt. Eine solche Situation ist in Abb. 11 dargestellt, wo das übertragene Regenereignis vom Juli 2021 aus dem Ahtal eine Hochwassergefahr für das Albert-Schweitzer-Gymnasium auslösen würde. Es handelt sich hierbei um eine Schule, die aufgrund der bisherigen Berechnungen sogar bei einem seltenen Hochwasserereignis (HQ_{200}) als sicher galt. Für das fiktive HW-Ereignis Juli 2021 werden Wassertiefen in einem räumlichen Mittel von 0,1 – 0,7 m und Fließgeschwindigkeiten von ca. 0,4 m/s in der unmittelbaren Nähe des Gebäudes berechnet.

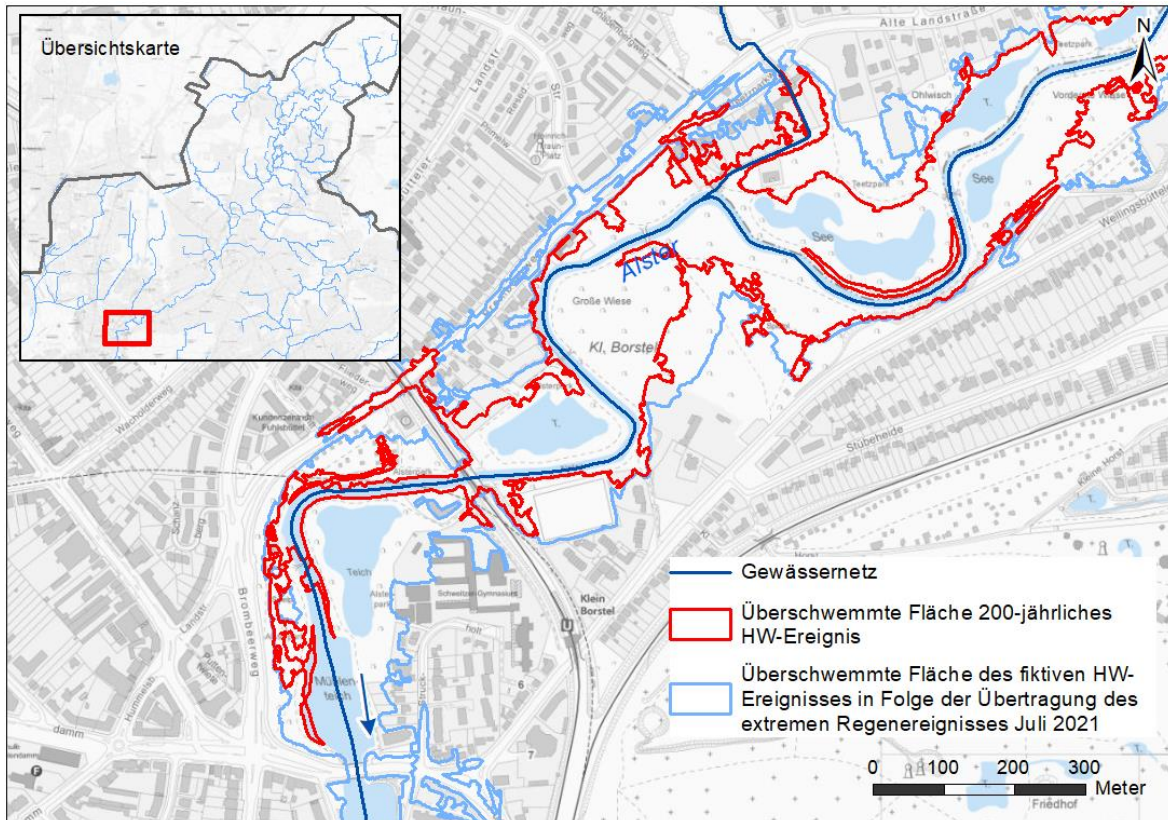


Abb. 10: Vergleich der Ausdehnung der überschwemmten Flächen des 200-jährlichen HW-Ereignis und des HW-Ereignisses in Folge des übertragenen extremen Regenereignisses Juli 2021, am Ratsmühlendamm (Kartengrundlage LGV)

Auch nördlich des Saseler Damms (Abb. 11) wird eine Situation aufgezeigt, wo Gebäude, die bisher aufgrund ihrer Lage auf einer Anhöhe als sicher gelten, bei einem Hochwasserabfluss der Größenordnung des übertragenen extremen Regenereignisses Juli 2021 als gefährdet betrachtet werden müssen. In unmittelbarer Nähe von Gebäuden erhöhen sich die Wassertiefen von 0,2 (HQ₂₀₀) auf 1,6 m (fiktives HW-Ereignis Juli 2021), die Fließgeschwindigkeiten von 0,1 m/s (HQ₂₀₀) auf 0,2 m/s (fiktives HW-Ereignis Juli 2021).

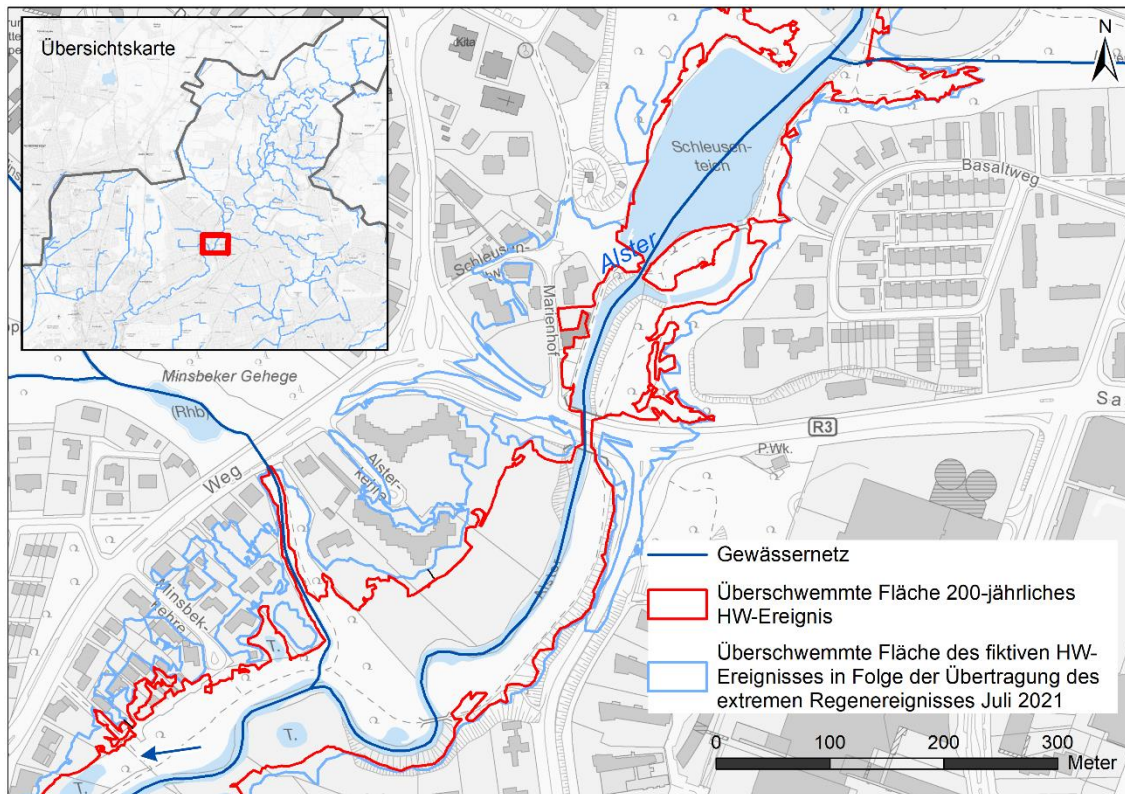


Abb. 11: Vergleich der Ausdehnung der überschwemmten Flächen des 200-jährlichen HW-Ereignis und des HW-Ereignisses in Folge des übertragenen extremen Regenereignisses Juli 2021, am Saseler Damm (Kartengrundlage LGV)

4.3.2.2 Kollau

Der Oberlauf der Kollau flussaufwärts der Wendlohstraße (Abb. 12) zeigt eine geringfügig größere Ausdehnung der Überschwemmungsfläche beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 im Vergleich zum HQ_{200} auf. Trotz der Erhöhung des Spitzenabflusses bei dem fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 von $7,2$ auf $10,0 \text{ m}^3/\text{s}$ und eines Anstiegs der maximalen Wasserstände um fast $0,10 \text{ m}$ (absolute Wassertiefe: $0,30 \text{ m}$) werden die zusätzlichen Überschwemmungen aufgrund des Rückhaltebeckens Jägerdamm und des Kollauteichs, sowie der ausgedehnten Niederung in diesem Gebiet auf Grünflächen begrenzt. Es werden also in diesem Abschnitt keine Betroffenheiten von Wohngebieten ausgelöst.

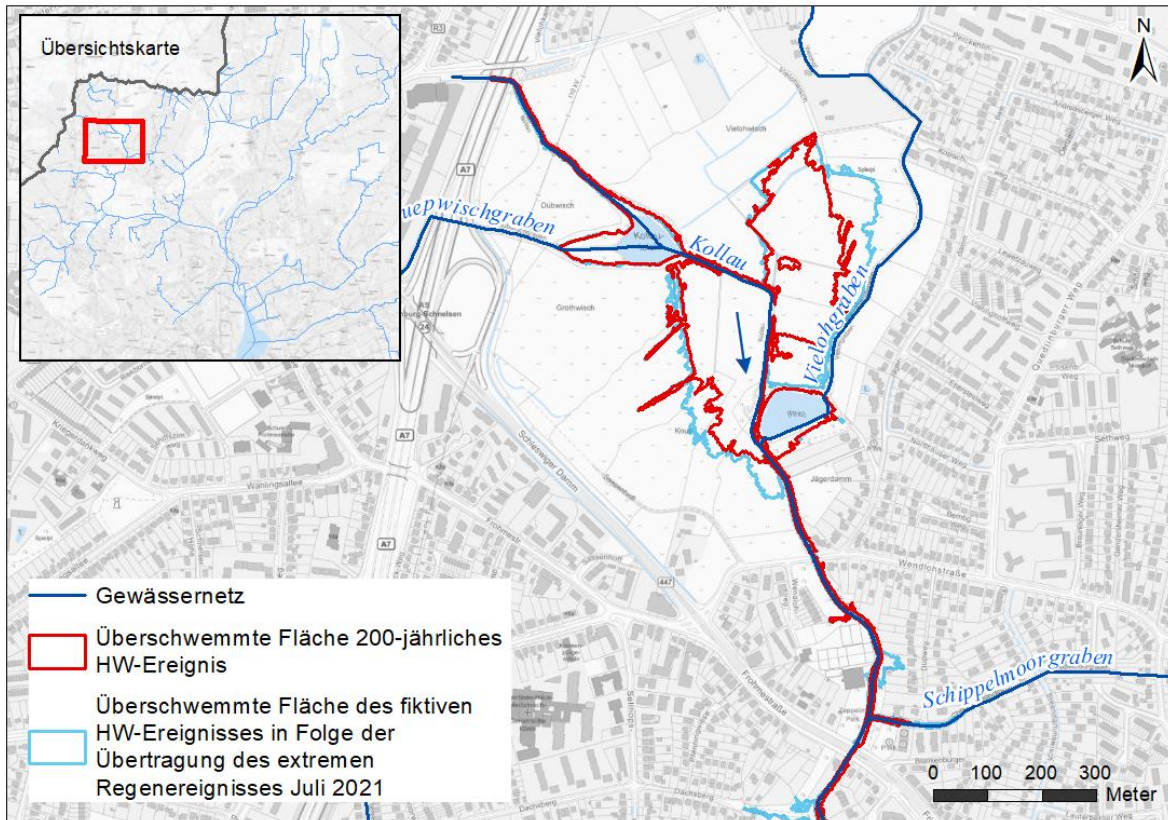


Abb. 12: Vergleich der Ausdehnung der überschwemmten Flächen des 200-jährlichen HW-Ereignisses und des HW-Ereignisses in Folge des übertragenen extremen Regenereignisses Juli 2021, Oberlauf Kollau (Kartengrundlage LGV)

Hingegen würde das fiktive HW-Ereignis Juli 2021 weiter flussabwärts im Vergleich zum HQ_{200} zu mehreren Ausuferungsflächen führen, zu denen auch die Wohngebiete an der Frohmestraße gehören (Abb. 13). Als potenzielle Auslöser für diese Überschwemmungen werden neben den erhöhten Hochwasserabflüssen die eingeschränkte Leistungskapazität und der Rückstau der Fußgängerbrücke (ein Bauwerk, das beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 überströmt werden würde) an der Mündung des Brookgrabens identifiziert. In diesem Bereich wird ein Anstieg des Wasserspiegels von bis zu 0,50 m (absolute Wassertiefe: 0,70 m) im Vergleich zum HQ_{200} berechnet.

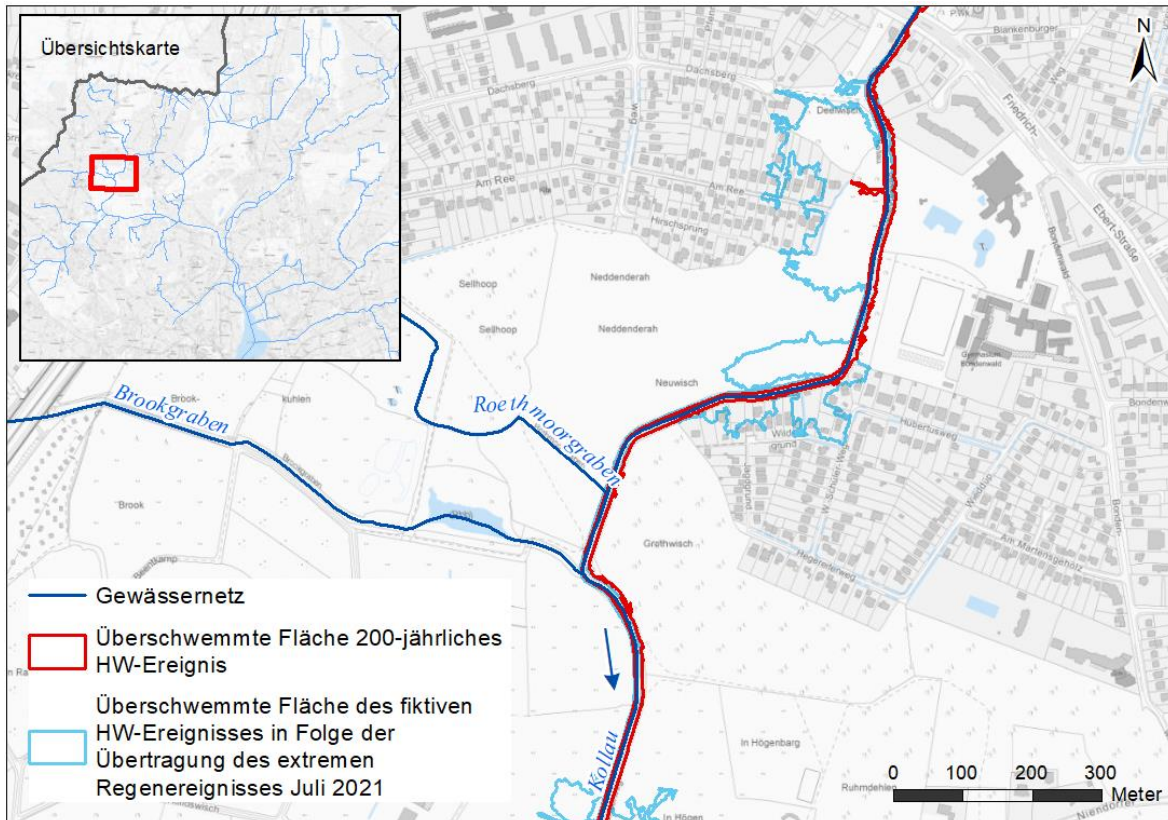


Abb. 13: Vergleich der Ausdehnung der überschwemmten Flächen des 200-jährlichen HW-Ereignisses und des HW-Ereignisses in Folge des übertragenen extremen Regenereignisses Juli 2021, an der Brücke Frohmestraße (Kartengrundlage LGV)

Die in Abb. 14 dargestellte zusätzliche Ausdehnung der überschwemmten Flächen im Vergleich zum HQ_{200} kann neben der Erhöhung der Abflüsse und damit der Wasserstände bei dem übertragenen extremen Regenereignis Juli 2021 auch auf den Einstau der Niendorfer Gehege Brücke zurückgeführt werden. Die Wasserstände erhöhen sich dabei um ca. 0,5 m beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 relativ zum HQ_{200} .

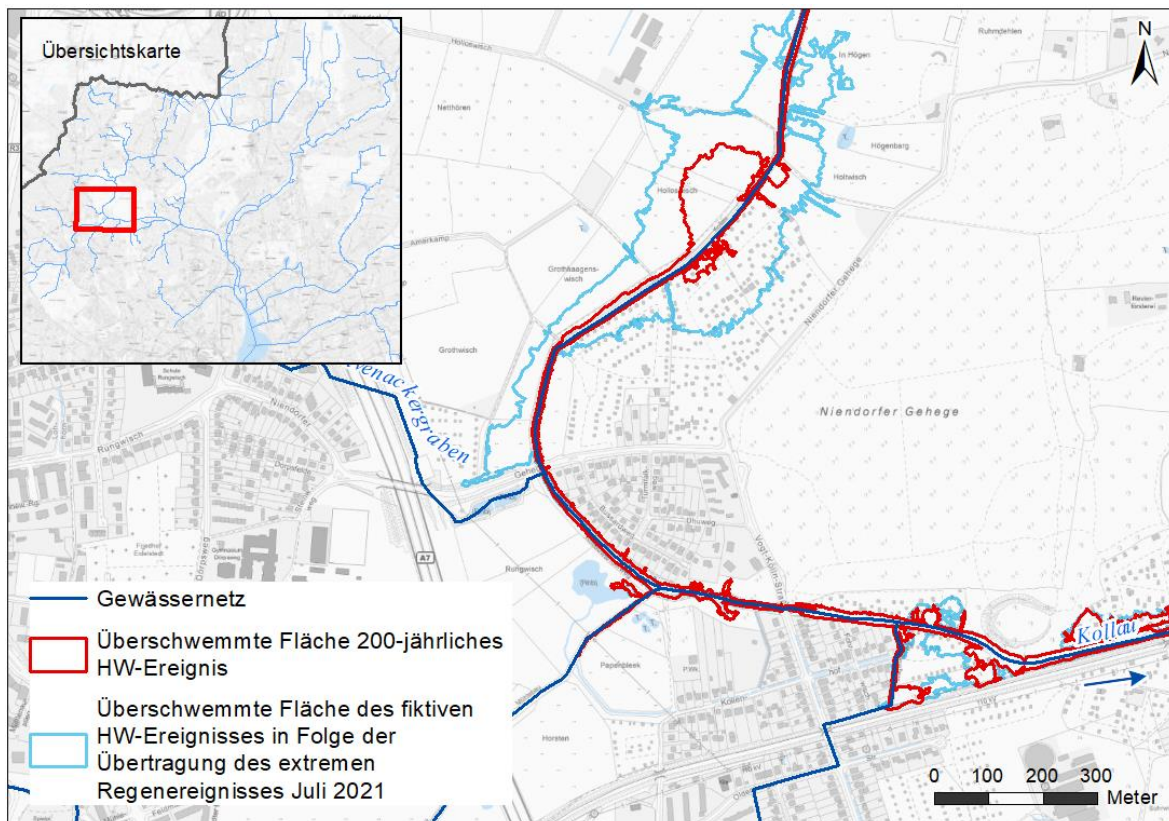


Abb. 14: Vergleich der Ausdehnung der überschwemmten Flächen des 200-jährlichen HW-Ereignisses und des HW-Ereignisses in Folge des übertragenen extremen Regenereignisses Juli 2021, an der Brücke Niendorfer Gehege (Kartengrundlage LGV)

Schließlich führen die erhöhten Wasserstände bei dem übertragenen Hochwasserereignis im Unterlauf der Kollau, an dieser Stelle ca. 0,20 m höher als beim HQ_{200} (absolute Wassertiefe: 0,50 m), zu einer Vergrößerung der bestehenden überschwemmten Flächen (Abb. 15). Besonders hervorzuheben sind die zusätzlich überschwemmten Wohngebiete an der Alten Kollau und dem Mündungsbereich. Hier werden Fließgeschwindigkeiten beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 von rd. 0,2 m/s und beim HQ_{200} von $< 0,1$ m/s erreicht.

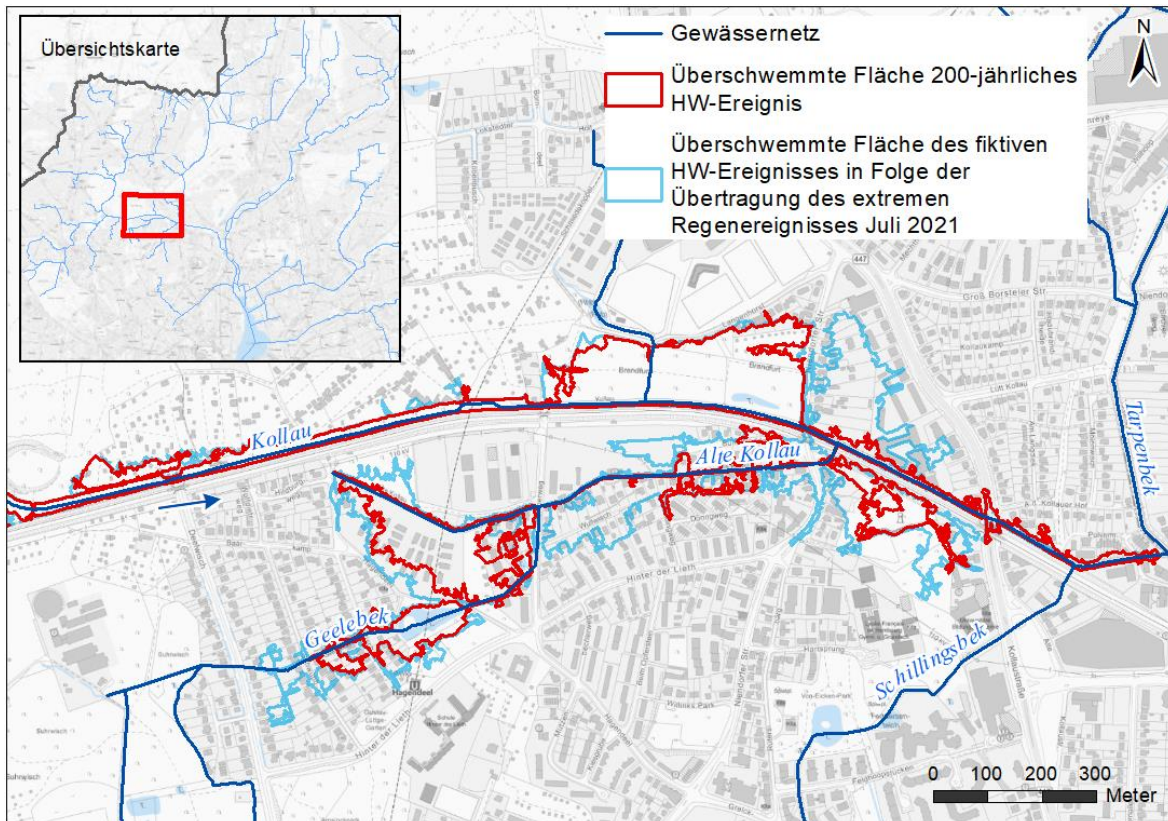


Abb. 15: Vergleich der Ausdehnung der überschwemmten Flächen des 200-jährlichen HW-Ereignisses und des HW-Ereignisses in Folge des übertragenen extremen Regeneignisses Juli 2021, Kollau Unterlauf (Kartengrundlage LGV)

Tab. 4: Hydraulische Auswirkungen der überschwemmten Flächen (Vorland) in Folge des übertragenen extremen Regeneignisses Juli 2021 im Vergleich zum HQ_{200} in ausgesuchten Abschnitten der Alster und Kollau

Gew.	Lage/Bereich	Mittlere Wassertiefen bei HQ_{200} [m]	Mittlere Wassertiefen beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 [m]	Differenz mittlerer Wassertiefen [m]	Mittlere Fließgeschwindigkeiten bei HQ_{200} [m/s]	Mittlere Fließgeschwindigkeiten beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 [m/s]	Differenz der mittleren Fließgeschwindigkeiten [m/s]
Alster	Am Ratsmühlendamm	0,80	2,30	1,50	0,20	0,30	0,10
Alster	Saseler Damm	0,70	2,20	1,50	0,30	0,60	0,30
Alster	Wellingsbütteler Landstraße	1,10	2,10	1,00	0,30	0,60	0,30
Kollau	Oberlauf	0,20	0,30	0,10	0,02	0,03	0,01

Gew.	Lage/Bereich	Mittlere Wassertiefen bei HQ ₂₀₀ [m]	Mittlere Wassertiefen beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 [m]	Differenz mittlerer Wassertiefen [m]	Mittlere Fließgeschwindigkeiten bei HQ ₂₀₀ [m/s]	Mittlere Fließgeschwindigkeiten beim fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 [m/s]	Differenz der mittleren Fließgeschwindigkeiten [m/s]
Kollau	Brücke Frohmestraße	0,20	0,70	0,50	0,03	0,04	0,01
Kollau	Brücke Niendorfer Gehege	0,30	0,80	0,50	0,03	0,05	0,02
Kollau	Unterlauf	0,30	0,50	0,20	0,15	0,17	0,02

4.3.2.3 Wellingsbütteler Grenzgraben

In Abb. 16 werden die maximalen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten bei dem auf Hamburg übertragenen extremen Regenereignis vom Juli 2021 in dem städtischen Gebiet rund um den Wellingsbütteler Grenzgraben dargestellt.

Für diese fiktive, berechnete Situation können folgende Ergebnisse festgehalten werden:

- Es ist zu unterscheiden zwischen Fließwegen (mit geringen Wassertiefen < 0,05 m) und maßgeblichen Senken (Wassertiefen > 0,20 m). Der Mittelwert der Wassertiefen (Tab. 4) beträgt für das übertragene Juli 2021 Regenereignis in diesem Gebiet etwa 0,15 m. Allerdings werden Wohngebiete z.T. großflächig bei Wassertiefen von über 0,20 m bei dem übertragenen Regenereignis vom Juli 2021 eingestaut.
- Hervorzuheben sind die Wassertiefen für das Gebiet südlich des Wiesenwegs (ca. 0,60 m), den Volksdorfer Weg (ca. 0,50 m) und die Parkanlage Hühnermoor (> 1,30 m).
- Erhöhte Fließgeschwindigkeiten sind vor allem entlang der Nord-Süd Achse parallel zum Saseler Graben (> 0,80 m/s), am Volksdorfer Weg (ca. 0,60 m/s) und am Wiesenweg (östlich des Unterlaufs des Saseler Grabens) mit ca. 0,90 m/s bei einer Übertragung des Regenereignisses vom Juli 2021 zu beobachten.
- Da größere Wassertiefen sich z.T. mit erhöhten Fließgeschwindigkeiten räumlich decken, ist während der Entstehung von Senken lokal von stärkeren Strömungen bei Starkregen auszugehen.



Abb. 16: Maximale Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten im Bereich des Wellingsbütteler Grenzgrabens bei der Berechnung des Hochwasserereignisses in Folge des extremen Regenereignisses Juli 2021 (Kartengrundlage LGV)

4.4 Auswertungen und Interpretation der Ergebnisse

4.4.1 Hochwasserabflüsse- und Spenden

In den betrachteten Einzugsgebieten der Alster und Kollau sind die höchsten Hochwasserabflüsse (Scheitelabflüsse) bei einem auf Hamburg übertragenen extremen Regenereignis vom Juli 2021 bei einem Faktor von $2,4 \times HQ_{200}$ ($2,7 \times HQ_{100}$) an der Alster und $1,3 \times HQ_{200}$ ($1,5 \times HQ_{100}$) an der Kollau deutlich höher als bei den Bemessungsfällen HQ_{100} und HQ_{200} .

An der Alster ist dieses Verhältnis zu einem hundertjährigen Hochwasserereignis vergleichbar mit dem Faktor von $2,9 \times HQ_{100}$, der für das Hochwasserereignis Juli 2021 im Ahrtal abgeleitet wurde: (CEDIM, 2021). Aus Sicht der relativen Hochwasserabflüsse wäre ein Ereignis der Größenordnung vom Juli 2021 im Westen Deutschlands an der Alster ähnlich einzuordnen wie an der Ahr.

Allerdings liegen die berechneten Abflussspenden im Alstertal (siehe auch Kapitel 3) mit $420 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ niedriger als im Ahrtal ($938 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$). Weniger Abfluss pro km^2 bedeutet aus hydrologischer Sicht grundsätzlich eine langsamere, dafür länger anhaltende Abflusswelle im Flusstal.

An der Kollau ist das Verhältnis zum bemessenen HQ_{100} (Faktor 1,5) geringer als an der Alster und im Ahrtal. Obwohl starker Regen im urbanen Einzugsgebiet der Kollau durch die hohe Abflussdynamik erfahrungsgemäß bereits bei geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten häufig zu Ausuferungen führen kann, bewirken die dort z.T. vorhandenen, ausgeprägten,

flachen Niederungen eine Retention bei signifikanten Hochwasserwellen. Aus diesem Grund ist die berechnete spezifische Abflussspende an der Kollau bei dem fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 mit 340 l/s auch geringer als an der Alster.

Bei der Starkregenbetrachtung im Einzugsgebiet des Wellingsbütteler Grenzgrabens wird aus den oben genannten Gründen (Kapitel 4.2) keine Auswertung der Hochwasserabflüsse durchgeführt.

4.4.2 Flächige Ergebnisse und betroffene Gebäude

4.4.2.1 Alster

Im betrachteten Abschnitt der Alster ist im Verhältnis zu einem HQ_{200} bei einem Regenergeignis des Ausmaßes vom Juli 2021 im Westen Deutschlands von einer zusätzlich überschwemmten Fläche von 122 ha auszugehen und es wären etwa 100 zusätzliche Gebäude betroffen (Tab. 3). Diese Betroffenheiten werden insbesondere an den Stellen ausgelöst, wo das Hochwasser nicht innerhalb des Talraums steigt, sondern wo Hörschwellen überschritten werden, die zur Überschwemmung von weiteren Niederungen führen. In solchen Situationen können zusätzliche Gefahrenpunkte entstehen, da das Hochwasser in bisher nicht überschwemmte Gebiete eindringen kann.

Auf dem Vorland im Talraum ist der Wasserstand bei einem übertragenen Regenereignis Juli 2021 im Verhältnis zu einem HQ_{200} abschnittsweise bis zu etwa 1,50 m höher, wobei sich Wassertiefen von > 2,00 m einstellen können. Dabei steigen die Strömungsgeschwindigkeiten im Verhältnis zum HQ_{200} von etwa 0,30 m/s auf 0,60 m/s (Tab. 4). Gem. LUBW (2018) kann ab einer Fließgeschwindigkeit von 0,5 m/s von folgenden Gefahren ausgegangen werden:

- Gefahr für Leib und Leben beim Versuch, sich durch den Abflussstrom zu bewegen
- Möglicher Bruch von Wänden durch Kombination von hohen statischen und dynamischen Druckkräften

Auf Basis der untersuchten Ganglinien ist an der Alster von Ausuferungen auf der gesamten betrachteten Strecke und damit verbundenen Beeinträchtigung von Verkehr und Infrastruktur von ca. 5 Tagen auszugehen. Beim Bemessungsereignis HQ_{200} liegt die Überflutungsdauer bei etwa 2-3 Tagen.

4.4.2.2 Kollau

Die für das fiktive HW-Ereignis Juli 2021 berechneten überschwemmten Flächen an der Kollau beschränken sich größtenteils auf die in den bisherigen Berechnungen (bis HQ_{200}) überschwemmten Niederungen und führen im Gegensatz zur Alster nicht am gesamten Gewässerabschnitt zu Ausuferungen.

Allerdings sind die Ausuferungsflächen bei dem fiktiven HW-Ereignis Juli 2021 um etwa 33 ha höher als bei einem berechneten HQ_{200} , was fast einer Verdoppelung der überschwemmten Fläche im Verhältnis zum HQ_{200} gleichkommt.

In den Niederungen ist mit Einstautiefen von bis zu 0,80 m zu rechnen, was einen Anstieg von maximal ca. 0,50 m relativ zum HQ_{200} bedeutet. Obwohl auch verhältnismäßig geringe Wassertiefen vom Gefahrenpotenzial her nicht zu unterschätzen sind (siehe auch Kapitel

3.5), deuten die Kennwerte an der Kollau im Verhältnis zur Alster auf eine geringere flächige Hochwassergefahr bei gleichen Randbedingungen hin.

Unterstützt wird diese Folgerung durch die Tatsache, dass mit Ausnahme des Unterlaufs die Vorlandströmungen auch bei dem übertragenen Regenereignis Juli 2021 deutlich unter 0,05 m/s liegen. Insbesondere in den Niederungen ist bei den Ausuferungsflächen an der Kollau nicht mit starken Strömungen zu rechnen. Neben dem teilweise flachen Sohlgefälle führt auch der Rückstauereffekt an verschiedenen Bauwerken zu einer Abschwächung der Fließgeschwindigkeiten.

Allerdings ist durch die Überschwemmung von Wohngebieten an der Kollau rechnerisch mit einer ähnlichen Anzahl von betroffenen Gebäuden bei einem übertragenen Niederschlagsereignis Juli 2021 im Vergleich zur Alster auszugehen. Die zusätzlichen Betroffenheiten im Vergleich zum HQ₂₀₀ werden insbesondere im Unterlauf an der Alten Kollau ausgelöst.

Auf Basis der untersuchten Ganglinien ist an der Kollau von abschnittsweise großräumigen Überschwemmungen und einer damit verbundenen Beeinträchtigung von Verkehr und Infrastruktur von ca. zwei Tagen auszugehen. Beim Bemessungsereignis HQ₁₀₀ liegt die Dauer der Überschwemmung bei etwa einem Tag.

4.4.2.3 Wellingsbütteler Grenzgraben

Die Modellberechnung mit Direktberechnung im Einzugsgebiet des Wellingsbütteler Grabens zeigt, dass im Hamburger Stadtgebiet nicht nur eine Gefahr von einem ausufernden Flusshochwasser ausgeht, sondern dass bei einem extremen Regenereignis auch Flächen jenseits von Fließgewässern gefährdet sein können. Diese Überschwemmungsgefahr entsteht durch sogenanntes wild abfließendes Wasser auf der Oberfläche, welches in steileren Gebieten auch als Hangwasser bezeichnet wird (LUBW, 2020).

Die Berechnungen haben gezeigt, dass bei den Regenmengen und der Intensität der Ereignisse vom Juli 2021 im Westen Deutschlands selbst in einem kleinen Einzugsgebiet wie beim Wellingsbütteler Grenzgraben durch den hohen Versiegelungsgrad, die dichte Bebauung und schnelle Bildung von Fließsenken potenziell mehrere hundert Gebäude betroffen sein können.

Allerdings sind die maximal erreichten Wassertiefen oft nur von kurzer Dauer und die Fließwege nehmen meist die Form eines sogenannten Dünnsfilms anstatt eines voll ausgebildeten Strömungsfelds an. Aus diesem Grund ist die Gefährdung von Gebäuden anders zu bewerten als bei einem Flusshochwasser.

Die Wassertiefen bei der Übertragung des Juli 2021 Regenereignisses würden in diesem Einzugsgebiet etwa zwei Tage bestehen, wobei zahlreiche Senken über einen längeren Zeitraum eingestaut wären.

Die Berechnungen haben sowohl Bereiche mit Fließgeschwindigkeiten bis zu 2,0 m/s als auch Wassertiefen bis zu 1,5 m identifiziert. In solchen Hotspots ist von einer erhöhten Gefahr für den Menschen und auch einem Gefährdungspotenzial für Gebäude und Infrastruktur auszugehen (LUBW, 2018).

5 Instrumente der Hochwasser- und Starkregenvorsorge in Hamburg

Hochwasser führt zu Risiken für die Menschen, die Umwelt, die Kulturgüter und die Wirtschaft. Zur Gefährdungsminderung hat Hamburg bereits umfangreiche Instrumente der Hochwasser- und Starkregenvorsorge erarbeitet, die unter Einbindung der verschiedenen Akteure fortlaufend weiterentwickelt werden. Der nachfolgende Überblick fasst die wesentlichen bisherigen Entwicklungen in Hamburg zusammen und verweist auf weiterführende Informationen. Öffentlich zugängliche Online Anwendungen sind in Tab. 5 aufgeführt.

Tab. 5: Online Anwendungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz

Beschreibung	Anwendungsbereich	Website
Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BKK), 2022a. Warn-App NINA	Deutschland	https://www.bbk.bund.de/DE/Warnung-Vorsorge/Warn-App-NINA/warn-app-nina_node.html
Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2022b. Naturgefahr: Starkregen,	Deutschland	https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Risiko-management/Baulicher-Bevoelkerungsschutz/Schutz-vor-Naturgefahren/Starkregen/starkregen_node.html
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), 2022. Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten in Deutschland (Status 2019)	Deutschland	Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten in Deutschland (Status 2019) (bafg.de)
FHH, 2022a. Vermeidung, Schutz, Vorsorge, Regeneration – Hochwasserrisikomanagementplan	Hamburg	https://www.hamburg.de/hochwasserrisikomanagementplan/
Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten	Hamburg	https://geoportal-hamburg.de/hochwasserrisikomanagement/
Interaktive Karte: Überschwemmungsgebiete in Hamburg	Hamburg	https://www.hamburg.de/uebersichtskarte-uesg/
Planungshilfe Starkregenhinweiskarte	Hamburg	https://www.hamburg.de/starkregenhinweiskarte/
Regeninfrastrukturangepassung RISA	Hamburg	https://www.risa-hamburg.de/startseite
Ihre Fragen - unsere Antworten zur Starkregenvorsorge	Hamburg	https://www.hamburg.de/faq-starkregenvorsorge/

Beschreibung	Anwendungsbereich	Website
Starkregenindex Hamburg	Hamburg	https://sri.hamburgwasser.de/
Warndienst Binnenhochwasser Hamburg	Hamburg	https://www.wabiha.de/

5.1 Umsetzung des WHG auf Basis der EG-Richtlinie zum Hochwasserrisikomanagement in Hamburg

Um einen europaweit einheitlichen Rahmen für die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken zu setzen, gibt die europäische Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWRM-RL) konkrete Arbeitsschritte vor, die durch die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union umgesetzt werden müssen.

Zur Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie erfolgt in einem Zyklus von sechs Jahren die Aktualisierung der Risikobewertung, der Gefahren- und Risikokarten und des Hochwasserrisikomanagementplans. Dieser Plan fasst u. a. die Ziele und umgesetzte sowie geplante Maßnahmen zur Vermeidung von Risiken, zum Schutz vor Hochwasser, zur Vorsorge vor Hochwasserschäden und zur Wiederherstellung und Regeneration nach Hochwasserereignissen zusammen.

Hintergrundinformationen sowie der aktuelle Stand zur Umsetzung der EG-Richtlinie zum Hochwasserrisikomanagement in Hamburg sind auf der Website der FHH (2022a) zusammengefasst. Die Gefahren- und Risikokarten sind im nationalen Kartenportal der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG, 2022) veröffentlicht und spezifisch im Landeskartenportal der FHH (2022b) aufgeführt.

5.2 Instrumente der Gefährdungsanalyse

Die Hochwassergefährdungsanalyse in Hamburg vereint verschiedene Instrumente des vorbeugenden Hochwasserschutzes. Diese sind in den folgenden Abschnitten zusammengefasst.

5.2.1 Festsetzung von Überschwemmungsgebieten

Der formale Prozess zur Festsetzung eines Überschwemmungsgebietes ist im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) geregelt. Er umfasst die Ermittlung und Darstellung, die rechtliche Festsetzung und die Bekanntmachung eines Überschwemmungsgebietes. Für die Ermittlung eines Überschwemmungsgebietes werden entlang eines Fließgewässers die Flächen betrachtet, für die ein signifikantes Hochwasserrisiko gem. der EG-HWRM-RL (FHH, 2022a) besteht. Die Grundlagen für die Ermittlung dieser Flächen werden vom LSBG auf Basis der fortgeschriebenen Daten und unter Verwendung von N-A-Modellen und HN-Modellen nach dem Stand der Wissenschaft und Technik berechnet.

Diese Flächen werden im WHG als *Risikogebiet* definiert. Dabei beinhaltet das Risiko zum einen die Wahrscheinlichkeit, mit der das Gebiet von Überschwemmungen betroffen ist und zum anderen die nachteiligen Folgen, die eine Überschwemmung in diesem Gebiet für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten und Sachwerte hätte.

Innerhalb eines Risikogebietes ist ein Überschwemmungsgebiet in der Regel derjenige Bereich, der im statistischen Mittel einmal in hundert Jahren von einem Binnenhochwasser betroffen ist (hundertjährige Eintrittswahrscheinlichkeit). Dies bedeutet, dass es statistisch betrachtet an der Grenze eines Überschwemmungsgebietes einmal in 100 Jahren zu einer Überschwemmung kommt. Bereiche *innerhalb* des Überschwemmungsgebietes können je nach Geländehöhe und Abflussverhalten entsprechend häufiger überschwemmt werden.

Nach § 5 (2) WHG ist „jede Person, die durch Hochwasser betroffen sein kann, im Rahmen des ihr Möglichen und Zumutbaren verpflichtet, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen nachteiligen Folgen für Mensch, Umwelt oder Sachwerte durch Hochwasser anzupassen.“ Bürgerinnen und Bürger haben die Möglichkeit, sich vor der endgültigen Festsetzung zu dem Gebiet zu äußern. Weitere Informationen sind unter FHH (2022c) und die Karten online abrufbar (FHH, 2022d).

5.2.2 Starkregengefährdungs- und Maßnahmenanalyse

Die im Juni 2021 veröffentlichte Starkregenhinweiskarte (FHH, 2022e) ist eine wasserwirtschaftliche Planungshilfe. Sie dient einer ersten Beurteilung möglicher Gefährdungen, die sich bei Starkregen durch oberflächliche Fließwege und Senken ergeben kann. Die Starkregenhinweiskarte ist über den Landesbetrieb für Geoinformation und Vermessung (LGV) und das Hamburger Geoportal veröffentlicht und dort frei zugänglich (LGV, 2022). Weiterführende und aktuelle Informationen zu den Instrumenten der Gefährdungsanalyse durch Starkregen sind auf der Website der FHH (2022j) aufgeführt.

Starkregenvorsorge und die Anpassung der Regeninfrastruktur (RISA) an die Folgen des Klimawandels sind Teil des Hamburger Klimaplanes. Mit RISA werden u.a. der Erhalt und die Verbesserung des naturnahen Wasserhaushalts durch eine standortangepasste dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (Konzept der „Schwammstadt“) verfolgt. Ziel ist es, eine ausreichende Resilienz der Stadt gegenüber Starkregen zu schaffen. Gleichzeitig werden der lokale Wasserhaushalt und das sommerliche Stadtklima durch sogenannte blau-grüne Infrastrukturelemente verbessert. Hierbei wird die sogenannte Multikodierung von Flächen (FHH, 2022g) als eine nachhaltige Strategie angesehen: Vorhandene Freiflächen werden dabei multifunktional genutzt und erfüllen vielfältige Nutzungskombinationen.

Als Unterstützung für die Planung einer RISA-konformen dezentralen Regenwasserbewirtschaftung dienen folgende Aktivitäten und Dienstleitungen:

- Planungshilfen wie die Starkregenhinweiskarte und die Broschüre „Hamburg schützt sich vor Starkregen“ (FHH und Hamburg Wasser, 2020)
- Beratungsangebote zum Thema Starkregenvorsorge und Klimaanpassungschecks der Energielotsen.
- Informationsveranstaltungen zur Planung von Entwässerungsanlagen und die Umsetzung von Einleitbeschränkungen.

5.3 Hochwasservorhersagen und –Warnungen

In Abhängigkeit von der Art und dem Ausmaß eines vorhergesagten Binnenhochwasserereignisses wird der Bevölkerung in Hamburg über mehrere Informationskanäle der Zugang zu Meldungen und Warnungen ermöglicht: Radio, Lautsprecher, Sirenen, Internetauftritt, elektronische Benachrichtigungen und Warn-Apps.

In Hamburg stellen der Betrieb und die kontinuierliche Verbesserung des vom LSBG betriebenen Warndienstes Binnenhochwasser Hamburg (WaBiHa) zentrale Daueraufgaben dar. Der Warndienst Binnenhochwasser (LSBG, 2022) zeigt an 39 Pegelstandorten in Hamburg die aktuellen Wasserstände, Niederschlagsmessungen und Niederschlagsprognosen.

Die Warn-App des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BKK) trägt die Bezeichnung Notfall-Informations- und Nachrichten-App des Bundes (NINA) (BKK, 2022). Sie wird vom Bund, von der Polizei und der Feuerwehr Hamburg, dem Hamburger Sturmflutwarndienst, dem deutschen Wetterdienst (DWD) und den Hochwasserzentralen der Länder über das Modulare Warnsystem (MoWaS) mit Warnungen und Informationen versorgt.

5.4 Das Online-Anwendungstool der Starkregenindexkarte

Die Starkregenindexkarte Hamburg ist eine interaktive Online-Kartenanwendung, die in Echtzeit anzeigt, ob, wo und in welchem Ausmaß es im Großraum Hamburg regnet. Bei einem Regenereignis färbt sich die Live-Starkregenkarte im entsprechenden Gebiet von hellblau bis violett (extremer Starkregen) ein.

Für die Darstellung von Starkregenereignissen wird ein zwölfstufiger Starkregenindex (SRI) verwendet, der den Regen nach Dauer, Niederschlagsmenge und statistischer Wiederkehrzeit bewertet. Die Online-Kartenanwendung zur Einschätzung der Starkregengefahr und weiterführende Informationen können über Hamburg Wasser (2022) abgerufen werden.

5.5 Eigenvorsorge und -sicherung

Auf der Grundlage des §5 (2) WHG sind potenziell durch Hochwasser betroffene Personen zur Eigenvorsorge und vor dem Schutz von Auswirkungen durch Hochwasser aufgerufen.

Zur Eigenvorsorge und -sicherung stellen der Bund und die FHH zahlreiche Informationen zur Verfügung. Empfehlungen sind u.a. der Broschüre „Hamburg schützt sich vor Starkregen“ (FHH et al., 2020) zu entnehmen. Schutzmaßnahmen umfassen verschiedene bauliche Konstruktionen, um zu verhindern, dass Oberflächenwasser in ein Gebäude gelangt. Dazu

zählen die Geländegestaltung, Schwellen, Aufkantungen und Abdichtungen. Ergänzend werden auch mobile Schutzelemente wie Barriersysteme oder Fensterklappen, die vor einem Starkregen- und Hochwasserereignis aufgebaut werden können, aufgeführt.

Unabhängig von der baulichen Vorsorge gilt, dass beim Schutz vor Binnenhochwasser die Eigensicherung prioritär im Fokus steht. Hinweise zum richtigen Verhalten während Starkregenereignissen sind zum Beispiel auf der Seite des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK, 2022) aufgeführt.

6 Zusammenfassung

Die Beschreibung des Julihochwassers im Westen Deutschlands, die Erläuterungen zu den Randbedingungen für Hochwasserereignisse in Hamburg und die Modellberechnungen für Hamburg zeigen, dass ein Regenereignis mit der Menge und Intensität, die zu der Flutkatastrophe Juli 2021 im Westen Deutschlands führte, trotz der vielfältigen Unterschiede bei den Randbedingungen zwischen dem Ahrtal und der FHH für Hamburg erkennbar nachteilige Auswirkungen hätte.

Die fachlichen Erkenntnisse für Hamburg sind in diesem Kapitel und die Kennwerte der Auswertungen in Tab. 5 zusammengefasst.

Tab. 6: Zusammenfassung der Kennwerte für das Hochwasserereignis Juli 2021 an der Ahr und der Simulationsergebnisse durch eine Übertragung des extremen Regenereignisses² auf repräsentative Hamburger Einzugsgebiete.

Parameter ³	Ahr	Alster	Kollau	Wellingsbütteler Grenzgraben
Referenzpegel (Lage)	Altenahr	Haselknick	Niendorfer Str.	-
Einzugsgebiet am Pegel [km ²]	746	269	29	-
Einzugsgebiet gesamt [km ²]	900	600	34	4,3
Bemessungsabfluss HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	241	42	6,6	Nicht berechnet
Abfluss HQ _{Juli 2021} [m ³ /s]	700	113	10	Nicht berechnet
Zunahme max. HQ _{Juli 2021} relativ zu max. HQ ₁₀₀	2,9	2,7	1,5	Nicht berechnet
Abflussspende Hq ₁₀₀ [l/s*km ²]	323	156	224	Nicht berechnet
Abflussspende Hq _{Juli 2021} [l/s*km ²]	938	420	340	Nicht berechnet
Räumlich gemittelte Wassertiefen WT _{Juli 2021} [m]	-	1,6	0,3	0,15
Wassertiefen WT ₂₀₀ [m]	-	0,7	0,2	-
Fließgeschwindigkeiten v _{Juli 2021} [m/s]	-	0,3	0,1	0,13 bis >2,00
Fließgeschwindigkeiten v ₂₀₀ [m/s]	-	0,2	0,1	Nicht berechnet
Überschwemmte Fläche A _{Juli 2021} [ha]	-	294	68	215, davon 148 > 5 cm
Überschwemmte Fläche A ₂₀₀ [ha]	-	172	35	Nicht berechnet

² Eine Beschreibung des „extremen Regenereignisses“ vom Juli 2021 im Ahrtal ist Kapitel 2 zu entnehmen,

³ Für die Interpretation der Ergebnisse sind die Erläuterungen in den entsprechenden Kapiteln zu beachten. Für das Ahrtal wurden die Kennwerte nur dort aufgeführt, wo sie zum Zeitpunkt der Berichterstellung vorlagen.

Parameter ³	Ahr	Alster	Kollau	Wellingsbütteler Grenzgraben
Anzahl betroffene Gebäude BG _{Juli 2021}	-	124	107	301 bzw. 148
Anzahl betroffene Gebäude BG ₂₀₀	-	23	18	Nicht berechnet
Dauer der Überschwemmung UD ₂₀₀ [Tage]	-	3	1	Nicht berechnet
Dauer der Überschwemmung UD _{Juli 2021} [Tage]	-	5	2	2
Anmerkung: Das Zeichen „-“ bedeutet, dass die Werte zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht verfügbar waren.				

Auf Basis der Untersuchungen und Kennwerte in Tab. 5 resultieren folgende Erkenntnisse:

- 1.) Die Regenmengen des Julihochwasserereignisses 2021 an der Ahr aus ergiebigem Dauerregen mit eingelagerten Starkregenereignissen können auf Hamburg beispielhaft für die Berechnung einer Hochwassersituation durch extreme Regenereignisse übertragen werden, da sie meteorologisch und hydrologisch möglich sind.
- 2.) Regenereignisse des Ausmaßes vom Juli 2021 im Ahrtal können in Hamburg zu einer höheren und komplexeren Hochwassergefahr führen, als die bisherige Ermittlung der Gefahren- und Risikokarten für ein HQ₂₀₀ aufgezeigt hat.
- 3.) Der Hochwasserabfluss der Hamburger Gewässer wäre bei einem derartigen Ereignis mehrfach höher als bei den Hochwasserereignissen HQ₁₀₀ bzw. HQ₂₀₀, welche zur Ermittlung von Risiko- und Überschwemmungsgebieten zugrunde gelegt werden.
- 4.) In den überschwemmten Flächen von Kollau und Alster werden bei einem extremen Regenereignis der Größenordnung des Ahrhochwassers Juli 2021 Wassertiefen von > 0,50 m berechnet. In der Spitze werden Fließgeschwindigkeiten von > 0,50 m/s innerhalb der überschwemmten Flächen ermittelt. Eine Gefahr für den Menschen, sowie mögliche Gebäudeschäden, sind gem. LUBW (2018) bei diesen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten in einer gefährdeten Ortslage nicht auszuschließen.
- 5.) Die für das übertragene extreme Regenereignis Juli 2021 berechnete Dauer der Überschwemmung liegt in Hamburg bei zwei bis fünf Tagen. In Kombination mit den Wassermengen sind bei dieser Dauer eine Beeinträchtigung des Verkehrs und Schäden an der Infrastruktur nicht auszuschließen. In dicht besiedelten Gebieten würde die Dauer des Hochwasserereignisses die Rettungsdienste vor besondere Herausforderungen stellen und Evakuierungsmöglichkeiten erschweren.
- 6.) Die Fläche der überschwemmten Gebiete bei der Übertragung des extremen Regenereignisses Juli 2021 auf Hamburg würde die Fläche der ermittelten Risikogebiete des HQ₂₀₀ an den in Kapitel 4 gezeigten Stellen überschreiten. Die Anzahl der betroffenen Gebäude in den Untersuchungsgebieten der Alster und Kollau würde um das Fünffache steigen. Bei Übertragung auf alle Risikogebiete wäre mit mehreren hundert betroffenen Gebäuden zu rechnen.

Zahlreiche Instrumente der Hochwasser- und Starkregenvorsorge werden in Hamburg umgesetzt. Hierzu gehören u.a. die Erstellung von Gefahren- und Risikokarten gem. WHG, die Ermittlung und Festsetzung von Überschwemmungsgebieten, die Starkregenvorsorge, Hochwasservorhersagen- und Warnungen, das Online-Anwendungstool der Starkregendeckkarte sowie Empfehlungen zur Eigenvorsorge- und Sicherung. Hochwasserschutz ist und bleibt in Hamburg eine Daueraufgabe. Daher investiert der Senat seit vielen Jahren in den Hochwasserschutz (FHH, 2022i).

7 Literatur

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BKK), 2022a. Warn-App NINA, https://www.bbk.bund.de/DE/Warnung-Vorsorge/Warn-App-NINA/warn-app-nina_node.html, aufgerufen am 26.06.2022.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2022b. Naturgefahr: Starkregen, https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Risikomanagement/Baulicher-Bevoelkerungsschutz/Schutz-vor-Naturgefahren/Starkregen/starkregen_node.html, aufgerufen am 26.06.2022.

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), 2022. Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten in Deutschland (Status 2019), [Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten in Deutschland \(Status 2019\) \(bafg.de\)](https://www.bfmg.de/Hochwassergefahren-und-Hochwasserrisikokarten-in-Deutschland-Status-2019), aufgerufen am 26.06.2022.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2016. Hochwasserschutzfibel – Objektschutz und bauliche Vorsorge.

BWK (18.08.2021): Erfahrungsbericht zum Hochwasserereignis 2021 in der Nordeifel und dem Eifelvorland, Online-Veranstaltung

Centre for Disaster Management and Risk Reduction (CEDIM), 2021. Hochwasser Mitteleuropa, Juli 2021 (Deutschland).

Deutscher Wetterdienst (DWD), 2021. Hydro-klimatologische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Bernd“ vom 12. bis 19. Juli 2021, Geschäftsbereich Klima und Umwelt.

FHH, 2022a. Vermeidung, Schutz, Vorsorge, Regeneration – Hochwasserrisikomanagementplan, <https://www.hamburg.de/hochwasserrisikomanagementplan/>, aufgerufen am 26.06.2022.

FHH, 2022b. Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten, <https://geoportal-hamburg.de/hochwasserrisikomanagement/>, aufgerufen am 26.06.2022.

FHH, 2022c. Überschwemmungsgebiete, <https://www.hamburg.de/ueberschwemmungsgebiete/>, aufgerufen am 26.06.2022.

FHH, 2022d. Interaktive Karte: Überschwemmungsgebiete in Hamburg, <https://www.hamburg.de/uebersichtskarte-uesg/>, aufgerufen am 26.06.2022.

FHH, 2022e. Planungshilfe Starkregenhinweiskarte, <https://www.hamburg.de/starkregenhinweiskarte/>, aufgerufen am 26.06.2022.

FHH, 2022f. Gemeinsam bessere Gewässer – Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Hamburg, <https://www.hamburg.de/wrrl/>, aufgerufen am 26.06.2022.

FHH, 2022g: Regeninfrastrukturanpassung RISA, 2022, <https://www.risa-hamburg.de/startseite>, aufgerufen am 26.06.2022.

FHH, 2022h. Webinar: Expertenkreis: Multikodierte Flächen – neue Potenziale für die verdichtete Stadt, <https://www.hamburg.de/energielotsen/veranstaltung/13885016/2020-06-10-multikodierte-flaechen/>, aufgerufen am 29.06.2022

FHH, 2022i. Hochwasserschutz in Hamburg. <https://www.hamburg.de/hochwasser/>, aufgerufen am 29.06.2022

FHH, 2022j. Ihre Fragen - unsere Antworten zur Starkregenvorsorge . <https://www.hamburg.de/faq-starkregenvorsorge/>, aufgerufen am 30.06.2022.

FHH und Hamburg Wasser, 2020. Hamburg schützt sich vor Starkregen.

Hamburg Wasser, 2022. Starkregenindex Hamburg, <https://sri.hamburgwasser.de/>, aufgerufen am 24.06.2022.

HKC (HochwasserKompetenzCentrum) und DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.), 2021. Umgang mit hydrologischen Belastungsgrößen in Zeiten des Klimawandels, Hochwasser und Starkregen, HKC Werkstattbericht.

ITWH (Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH), 2017. KOSTRA-DWD 2010R 3.2.2.

Landesbetrieb für Geoinformation und Vermessung (LGV), 2022. Geoportal Hamburg, <https://geoportal-hamburg.de/geo-online/>, aufgerufen am 26.06.2022.

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), 2018. Hinweise zur Berechnung von Starkregengefahrenkarten und Bemessung baulicher Maßnahmen in der Gebietskulisse des Starkregenrisikomanagement.

Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG), 2018. Hochwasserrisikomanagement, Risikobewertung – Projektbericht Gewässer- und Hochwasserschutz Nr. 02a/2018 – Überprüfung der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos und der Risikogebiete, Umsetzung des 2. Zyklus (2016-2021).

Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG), 2019. BMBF-Projekt STUCK Abschlussbericht Aufstockung 2018-2019, Projektbericht.

Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG), 2022. Warndienst Binnenhochwasser Hamburg, <https://www.wabiha.de/>, aufgerufen am 26.06.2022.

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), 2020. Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg.

Roggenkamp, T. und Herget, J., 2015. Historische Hochwasser an der Ahr – Die Rekonstruktion ausgewählter Ahr-Hochwasser, Heimatjahrbuch Kreis Ahrweiler 2015.

Schüttrumpf, H., 2021. Das Juli-Hochwasser 2021 in NRW – Ein erster Erfahrungsbericht, Wasser und Abfall Heft 7-8, August 2021

Impressum

Herausgeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG)
Sachsenfeld 3-5
20097 Hamburg

und

Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA)
Amt Wasser, Abwasser und Geologie
Neuenfelder Straße 19
21109 Hamburg

V.i.S.d.P.

Christina Wittich
E-Mail: info@lsbg.hamburg.de

Verfasser:

Francois Leesch, Christina Gayk, Stefan Kraatz, Victoria Lounder,
Dietlind Haf, Dieter Ackermann, Jan-Moritz Müller,
Luis Manuel López Zárate, Gabriele Gönnert und Olaf Müller (alle LSBG)
sowie

Sandra Hellmers, Frank Nohme und Stefanie Schäfermeyer-Gomm (alle BUKEA)

Grafiken:

Sonja Peters und Bärbel Schoenrade (alle LSBG)

Stand: Juli 2022

Titelbild:

Regenereignis Juli 2021 (RADOLAN-Daten) übertragen auf Hamburg (Visualisierung: LSBG)

ISSN 1867-7959

Haftungsausschluss

Alle Angaben des Berichtes wurden sorgfältig geprüft. Die Ausführungen basieren auf gesetzlichen Grundlagen, Gerichtsurteilen und Regelwerken. Dennoch ist das Auftreten von Fehlern nicht völlig auszuschließen. Eine Garantie für die Vollständigkeit, Richtigkeit und letzte Aktualität kann daher nicht übernommen werden. Die Nutzung und Anwendung des Berichtes geschieht auf eigene Gefahr. Der Nutzer ist verpflichtet, die von ihm ergriffenen Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen und – falls erforderlich – an veränderte Gegebenheiten anzupassen. Der LSBG ist nicht verantwortlich und übernimmt keinerlei Haftung für Schäden, unter anderem für direkte, indirekte, zufällige, vorab konkret zu bestimmende oder Folgeschäden, die angeblich durch den oder in Verbindung mit dem Zugang und / oder der Benutzung und Anwendung des Berichtes aufgetreten sind.

Anmerkung zur Verteilung

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Senats der Freien und Hansestadt Hamburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel.

Untersagt ist ebenfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl dem Empfänger diese Schrift zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung der eigenen Mitglieder zu verwenden.

Bisher erschienene Berichte:

Nr. 1/2009 Hochwasserschutz in Hamburg, Baumaßnahmen

Nr. 2/2009 Sturmfluten zur Bemessung von Hochwasserschutzanlagen

Nr. 3/2009 Hochwasserschutz für die Hamburger Binnengewässer

Nr. 4/2009 Hochwasserschutz in Hamburg, Schulungszentrum Deichverteidigung 2009

Nr. 5/2009 Proceedings of the SAWA-Midtherm Conference in Gothenburg

Nr. 6/2011 Hochwasser an Hamburgs Binnengewässern am 6. und 7. Februar 2011

Nr. 7/2011 Hochwasserschutz in Hamburg, Anleitung Deichverteidigung (aktualisierte Auflage 2015)

Nr. 8/2011 Planungswerkstatt Lichtsignalanlagen am 17.09.2011 – Dokumentation

Nr. 9/2012 Proceedings of the Flood Risk Management Conference –North Sea Region. SAWA Final Conference in Hamburg

Nr. 10/2012 Sturmflutschutz in Hamburg gestern-heute-morgen

Nr. 11/2012 Internationaler Vergleich der Bemessungsverfahren im Küstenschutz

Nr. 12/2012 Ermittlung des Sturmflutbemessungswasserstandes für den öffentlichen Hochwasserschutz in Hamburg

Nr. 13/2012 Verfahren zur Fortschreibung von Sturmflutbemessungswasserständen

Nr. 14/2012 Gewässer und Hochwasserschutz in Zahlen

Nr. 15/2014 Überschwemmungsgebiete in Hamburg

Nr. 16/2014 Die Sturmflut nach dem Tief Xaver vom 5. Bis 7. Dezember 2013

Nr. 17/2019 BMBF-Forschungsprojekt Stuck

Nr. 18/2021 Gefährdungsbeurteilung für Regenwasserbehandlungsanlagen

