

KLimaAnpassungsStrategie Extreme Regenerereignisse (KLAS)

Schlussbericht des Projektes

„Entwicklung einer neuen Methodik zur vereinfachten, stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung nach Vorgaben des technischen Regelwerks und GIS-basierte Darstellung der Analyseergebnisse zur Berücksichtigung bei kommunalen Planungsprozessen im Rahmen eines zu entwickelnden Auskunftssystems“

Förderung:



gefördert von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt
unter dem AZ: 32372/01

Projektlaufzeit:

Juli 2015 bis Juli 2017

Zuwendungsempfänger:

Dr. Pecher AG
Klinkerweg 5
40699 Erkrath
Tel.: +49 2104 9396-0
Fax: +49 2104 33153
E-Mail: mail.erkrath@pecher.de

Projektleitung:

Holger Hoppe (Dr. Pecher AG)
Tel.: +49 2104 9396-95
E-Mail: holger.hoppe@pecher.de

Projektkoordination:

Michael Jeskulke (Dr. Pecher AG)
Tel.: +49 2104 9396-26
E-Mail: michael.jeskulke@pecher.de

Autoren:

Dr. Holger Hoppe, Michael Jeskulke (Dr. Pecher AG)
Michael Koch, Katrin Schäfer (Freie Hansestadt Bremen, SUBV)
Dietmar Gatke, Katharina Thielking (hanseWasser Bremen GmbH)
Prof. Dr. Jana von Horn, Christina Bonnet (Hochschule Bremen)

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	32372/01	Referat	23	Fördersumme	278.559 €
----	-----------------	---------	-----------	-------------	------------------

Antragstitel **Entwicklung einer neuen Methodik zur vereinfachten, stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung mit GIS-basierter Darstellung der Analyseergebnisse am Beispiel der Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung (KLAS) in Bremen**

Stichworte Starkregen, Klimaanpassung, Überflutungsvorsorge, Überflutungsanalyse, Niederschlagswasser, Auskunftssystem, wassersensible Stadtentwicklung

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
24 Monate	06.07.2015	05.07.2017	

Zwischenberichte

Bewilligungsempfänger	Dr. Pecher AG Klinkerweg 5 40699 Erkrath	Tel	(0 21 04) 93 96-0
		Fax	(0 21 04) 3 31 53
		Projektleitung	
		Dr. Holger Hoppe	
		Bearbeiter	
		Michael Jeskulke, M.Sc.	

Kooperationspartner

- Hochschule Bremen, 28199 Bremen
- Freie Hansestadt Bremen, 28195 Bremen
- hanseWasser Bremen GmbH, 28237 Bremen

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und der damit einhergehenden Zunahme von Starkregenereignissen sind eine nachhaltige Überflutungsvorsorge sowie eine langfristige wassersensible Stadtentwicklung wichtige Bausteine der kommunalen Überflutungsvorsorge im Kontext der Klimaanpassung. Überflutungsvorgänge lassen sich mit Hilfe von gekoppelten Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodellen kleinräumig detailliert abbilden. Eine stadtgebietsweite Einschätzung der Gefährdungslage ist jedoch nur mit hohem Personal- und Kosteneinsatz möglich. Zudem fehlen Auskunftssysteme zur Unterstützung interdisziplinärer Planungsprozesse. Das Ziel ist, belastbare Grundlagen zum Abflussverhalten bei Starkregen mit einer vereinfachten Methodik stadtgebietsweit zu ermitteln und für eine wassersensible Stadtplanung sowie für ein Risikomanagement in einem Auskunfts- und Informationssystem bereitzustellen.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Im Rahmen des bremischen Projekts KLAS (2012-2014) wurde ein vereinfachter Ansatz zur Abbildung von Überflutungsflächen entwickelt. Da der entwickelte Ansatz möglicherweise als vereinfachte, stadtgebietsweite Überflutungsprüfung dienen kann, wurde dieser mit dem Ziel der Übertragbarkeit auf andere Kommunen wissenschaftlich weiter verfolgt. Die Güte des Ansatzes wurde hierbei durch Vergleichsrechnungen mit etablierten Ansätzen zur hydrodynamischen Abflussberechnung geprüft. Darauf aufbauend wurde ein modulares, GIS-basiertes Auskunftssystem konzipiert und exemplarisch umgesetzt. Das System stellt erforderliche Grundlagendaten zielgruppengerecht bereit und ist als eigenständiges webbasiertes Auskunftssystem nutzbar. Die inhaltliche Konzeption des Systems erfolgte in Abstimmung mit den potentiellen Anwendern (Stadtplanern, Infrastrukturträger, etc.). Da die Entwicklung und Umsetzung von Strategien und Maßnahmen ein hohes Maß an Innovationsfähigkeit erfordert, erschien ein fachlicher Austausch auf kommunaler Ebene als besonders wichtig. Daher wurden zwei überregionale und interkommunale Erfahrungsaustausche in Bremen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Durch den Vergleich des vereinfachten Ansatzes zur stadtgebietsweiten Ermittlung von Überflutungsflächen mit etablierten Berechnungsansätzen wurde bestätigt, dass der vereinfachte Ansatz eine gute Möglichkeit darstellt, Überflutungsgefahren auch für große Untersuchungsgebiete und unter Berücksichtigung des Kanalnetzes zu ermitteln. Die Berücksichtigung des Kanalnetzes ist alternativ nur mit Hilfe von gekoppelten Kanalnetz- und Oberflächenmodellen möglich. Für großräumige Untersuchungen sind diese Modelle jedoch nur bedingt geeignet. Da das Kanalnetz als Transport- und Ableitungselemente erheblich Einfluss auf Überflutungsprozesse haben kann, stellt die Möglichkeit zur Berücksichtigung von Einflüssen aus dem Kanal einen deutlichen Fortschritt bei der Abbildung von Überflutungen in großen Gebieten dar. Neben der Abbildung des Kanalnetzes können die Ergebnisse von Überflutungsberechnungen auch durch andere Faktoren beeinflusst werden. Potenzielle Einflüsse wurden für verschiedene Ansätze zur Abflussbildung, die Auflösung des Oberflächenmodells, den Einsatz von Bruchkanten zur Abbildung von Gebäuden, Bordsteinen und Mauern, sowie für die Berücksichtigung von Straßeneinläufen untersucht. Die Ergebnisse wurden in einem veröffentlichten Leitfaden zur „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten, hydrodynamischen Modellen“ zusammengefasst.

Die Bereitstellung von Grundlagendaten und Analyseergebnissen ist eine wichtige Voraussetzung für die effiziente Entwicklung von Konzepten und Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge. Zur Unterstützung entsprechender Planungs- und Entscheidungsprozesse wurde daher ein GIS-basiertes Auskunftssystem Überflutungsvorsorge (AIS) zur Bereitstellung fachspezifischer Daten konzipiert. Die Struktur des AIS wurde an die aus dem bremischen Konzept zur Überflutungsvorsorge stammenden Pfade „Risikomanagement“, „Wassersensible Stadtentwicklung“ und „Öffentlichkeitsarbeit“ angelehnt. Im Rahmen von Pilotprojekten wurden für jeden Pfad unterschiedliche Web Applikationen (WebApps) entwickelt und Daten anwendungsbezogen pilothaft zur Verfügung gestellt. Die inhaltliche und funktionelle Gestaltung der WebApps erfolgte in Abstimmung mit den jeweiligen Anwendern. Für den Pfad „Risikomanagement“ wurde in Zusammenarbeit mit dem örtlichen Stromversorgungsunternehmen eine Vorgehensweise zur Ermittlung von Überflutungsrisiken für Stromversorgungsanlagen abgestimmt. Die Erkenntnisse zur Überflutungsgefährdung wurden hierbei als Kartenwerk aufbereitet und im AIS zur Unterstützung der Risikoanalyse bereitgestellt. Der Online-Zugriff auf die Daten über WebApps erwies sich vor allem im Rahmen der erforderlichen Ortsbegehungen als sehr hilfreich. Im Pfad „Wassersensible Stadtentwicklung“ wurde zusammen mit den Stadtplanern der Stadt Bremen eine WebApp erstellt, die Informationen zu Maßnahmen- und Gefahrenpotentialen bereitstellt. Die Belange der Überflutungsvorsorge können so in die Planungsprozesse der Stadtplanung einfließen. Im Pfad „Öffentlichkeitsarbeit“ wurde ein dreistufiges Konzept zur Information von Grundstückseigentümern zu Überflutungsgefahren auf dem eigenen Grundstück erstellt. Ziel des Informationskonzepts ist die Sensibilisierung von Bürgern und Grundstückseigentümern für Überflutungsgefahren sowie die Stärkung der Eigenvorsorge im Sinne der kommunalen Gemeinschaftsaufgabe „Überflutungsvorsorge“.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Zur Gewährleistung des fachlichen Austauschs wurden innerhalb des Projektes zwei interkommunale Veranstaltungen mit Referenten aus dem In- und Ausland durchgeführt. Der erste Erfahrungsaustausch beschäftigte sich hierbei mit der Veröffentlichung von Informationen zu Starkregengefahren vor dem Hintergrund rechtlicher Rahmenbedingungen. Der zweite Erfahrungsaustausch diente zur Präsentation und Diskussion der Projektergebnisse. Die Ergebnisse des Projekts wurden zudem auf verschiedenen Fachtagungen im In- und Ausland sowie in nationalen und internationalen Veröffentlichungen vorgestellt. Auch zum Thema „Modellierung“ wurde ein Expertenworkshop veranstaltet.

Fazit

Die Vergleichsberechnungen haben gezeigt, dass der vereinfachte Ansatz zur stadtgebietsweiten Ermittlung von Überflutungsflächen belastbare Grundlagen zur Überflutungsgefährdung liefert. Mit Hilfe des entwickelten Auskunftssystem Überflutungsvorsorge können diese den Akteuren der Überflutungsvorsorge zur Unterstützung von Planungsprozessen zur Verfügung gestellt werden. Die Konzeption des AIS und dessen Umsetzung als erste Testversion ist bei allen zielgruppenspezifischen Akteuren in Bremen auf hohes Interesse gestoßen und kann somit als sinnvolles und zentrales Instrument zur kommunalen Überflutungsvorsorge im Kontext der Klimaanpassung beurteilt werden. Auf diesem Erfolg aufbauend ist das AIS dahingehend weiterzuentwickeln, dass es in die Entscheidungsprozesse der Stadtverwaltung und die Beratung/Sensibilisierung von Grundstückseigentümer/-innen direkt eingebunden werden kann und die Überflutungsvorsorge in den Bereichen Risikomanagement, wassersensible Stadtentwicklung und Stärkung der Eigenvorsorge von Grundstückseigentümer/-innen effizient und stetig unterstützt. Zudem haben sich durch Weiterentwicklungen von Modelltechniken Möglichkeiten ergeben, die Datengrundlagen für das AIS maßgeblich zu verbessern und damit auch die Einsatzmöglichkeiten des AIS erheblich zu erweitern.

Inhalt

Projektkennblatt.....	1
Zusammenfassung.....	5
1 Einleitung.....	6
1.1 Ausgangssituation.....	6
1.2 Zielsetzung.....	7
1.3 Aufgabenstellung, Planung und Ablauf	8
2 Arbeitspaket 1: Entwicklung einer vereinfachten Methodik zur stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung.....	12
2.1 Vorgehen	12
2.2 Projektgebiete	12
2.3 Verwendete Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodelle	14
2.4 Modelleinstellungen und Niederschlagsbelastung	14
2.5 Übernahme und Erweiterung der Datengrundlage aus KLAS I	15
2.6 Detailberechnungen mit gekoppelten 1D/2D Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodellen .	15
2.7 Untersuchung und Vergleich der Berechnungsergebnisse	16
2.7.1 Methodisches Vorgehen	16
2.7.2 Aussagen zur Güte des vereinfachten Ansatzes (KLAS I)	16
2.7.3 Auswirkungen ausgewählter Modellparameter auf die Berechnungsergebnisse	19
2.8 Praxisleitfaden zur „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“	20
2.9 Möglichkeiten zur Berücksichtigung des Klimawandels bei Überflutungsbetrachtungen.....	21
3 Arbeitspaket 2: Aufbau eines Auskunfts- und Informationssystems zur Überflutungsvorsorge (AIS) in Bremen	22
3.1 Anforderungen	22
3.2 Konzept.....	23
3.3 Technische Umsetzung.....	24
3.4 Inhaltliche Gestaltung und Pilotprojekte.....	25
3.4.1 AIS-Pfad 1: Risikomanagement	25
3.4.2 AIS-Pfad 2: Wassersensible Stadtentwicklung	27
3.4.3 AIS-Pfad 3: Eigentümerinformation	29
3.5 Übertragbarkeit auf andere Kommunen.....	31
4 Arbeitspaket 3: Interkommunaler Austausch und Kooperation mit anderen Kommunen zur Überflutungsvorsorge	32
4.1 Erfahrungsaustausch „Veröffentlichung von Informationen zu Starkregengefahren“	32

4.2	Erfahrungsaustausch „Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung in Bremen (KLASII)“	33
4.3	Veröffentlichungen der Projektergebnisse	34
5	Fazit und Ausblick.....	37
5.1	Wissenschaftliche- und/oder technische Erfolgsaussichten der Projektergebnisse nach Projektende	37
5.2	Fragestellungen für die Zukunft	38
6	Literatur.....	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Bremer Modell der Überflutungsvorsorge (Bildquellen verändert nach T. Joppig, must städtebau, Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, K. Kreuzer, hanseWasser Bremen GmbH).....	7
Abbildung 2:	Topografie Bremen (Quelle: GeoInfo Bremen) / ausgewählte Projektgebiete	13
Abbildung 3:	Wasserstands-Differenz-Karten, Beispiel: Auswirkungen auf den Wasserstand durch Berücksichtigung von Durchfahrten in Gebäuden.	16
Abbildung 4:	Vergleich der Ergebnisse des vereinfachten Ansatzes mit den Ergebnissen einer reinen Oberflächenberegung (ohne Abbildung des Überstaus)	17
Abbildung 5:	Vergleich der Ergebnisse des vereinfachten Ansatzes mit den Ergebnissen eines gekoppelten 1D/2D Modells (A1).....	18
Abbildung 6:	Entscheidungsbaum zur Auswahl einer Berechnungsmethode in Abhängigkeit des Vorhandenseins bzw. Nicht-Vorhandenseins eines Kanalnetzmodells	19
Abbildung 7:	Auswertungen zu Einflüssen durch die Verwendung von Bordstein-Bruchkanten in gekoppelten 1D/2D Kanalnetz- und Oberflächenmodellen.....	20
Abbildung 8:	Abschätzung möglicher Einflüsse des Klimawandels über eine Sensitivitätsanalyse mit verschiedenen hohen Niederschlagsbelastungen.....	22
Abbildung 9:	Strukturelle Konzeption des AIS in Anlehnung an das Bremer Modell der Überflutungsvorsorge	24
Abbildung 10:	Grundlegende Funktionsmöglichkeiten der Web-Applikationen von ArcGIS Online	25
Abbildung 11:	WebApp zur Bereitstellung von Daten zur Überflutungsgefährdung und Standorten von Stromversorgungseinrichtungen.....	27
Abbildung 12:	Auszug aus den Informationsinhalten des AIS im Pfad "Wassersensible Stadtentwicklung"	29
Abbildung 13:	WebApp zur Bereitstellung von Daten zur Überflutungsgefährdung und Standorten von Stromversorgungseinrichtungen.....	31
Abbildung 14:	Eindrücke vom KLASII- Erfahrungsaustausch am 14. November 2017 in Bremen zum Thema "Veröffentlichung von Informationen zur Starkregengefahren" (Bildquelle: Dr. Pecher AG).....	33
Abbildung 15:	Die KLAS-Projektpartner sowie Vertreter der Deutschen Bundesstiftung Umwelt auf dem Interkommunalen Erfahrungsaustausch "Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung" (KLAS II) am 9. Juli im Alten Pumpwerk in Bremen- Findorff (Bildquelle: Ulf Jacob).....	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wesentliche Arbeitsschritte der Projektpartner und „Produkte“ des Projektes	9
Tabelle 2: Übersicht über die ausgewählten Projektgebiete	13
Tabelle 3: Gewählte Niederschlagsbelastungen	14
Tabelle 4: Durchgeführte Detailberechnungen.....	15

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahre
AIS	Auskunfts- und Informationssystem Überflutungsvorsorge
D	Dauer
DGM	Digitales Geländemodell
1D	eindimensional
2D	zweidimensional
KLAS	KlimaAnpassungsStrategie
KIS	Kanalinformationssystem
km	Kilometer
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
m	Meter
MW	Mischwasser
NHN	Normalhöhennull
SUBV	Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen
T	Wiederkehrzeit
WebApp	Web-Applikation

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und der damit einhergehenden Zunahme von Starkregereignissen sind eine nachhaltige Überflutungsvorsorge sowie eine langfristige wassersensible Stadtentwicklung wichtige Bausteine der kommunalen Überflutungsvorsorge im Kontext der Klimaanpassung. Überflutungsvorgänge lassen sich mit Hilfe von gekoppelten Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodellen kleinräumig detailliert abbilden. Eine stadtgebietsweite Einschätzung der Gefährdungslage ist jedoch nur mit hohem Personal- und Kosteneinsatz möglich. Zudem fehlen Auskunftssysteme zur Unterstützung interdisziplinärer Planungsprozesse. Ziel des Forschungsvorhabens war daher, belastbare Grundlagen zum Abflussverhalten bei Starkregen mit einer vereinfachten Methodik stadtgebietsweit zu ermitteln und für eine wassersensible Stadtplanung sowie für ein Risikomanagement in einem Auskunft- und Informationssystem bereitzustellen.

Im Rahmen des bremischen Projekts KLAS (2012-2014) wurde ein vereinfachter Ansatz zur Abbildung von Überflutungsflächen entwickelt. Da der entwickelte Ansatz möglicherweise als vereinfachte, stadtgebietsweite Überflutungsprüfung dienen kann, wurde dieser mit dem Ziel der Übertragbarkeit auf andere Kommunen wissenschaftlich weiter verfolgt. Die Güte des Ansatzes wurde hierbei durch Vergleichsberechnungen mit etablierten Ansätzen zur hydrodynamischen Abflussberechnung geprüft. Durch den Vergleich des vereinfachten Ansatzes zur stadtgebietsweiten Ermittlung von Überflutungsflächen mit etablierten Berechnungsansätzen wurde bestätigt, dass der vereinfachte Ansatz eine gute Möglichkeit darstellt, Überflutungsgefahren auch für große Untersuchungsgebiete und unter Berücksichtigung des Kanalnetzes zu ermitteln. Die Berücksichtigung des Kanalnetzes ist alternativ nur mit Hilfe von gekoppelten Kanalnetz- und Oberflächenmodellen möglich. Für großräumige Untersuchungen sind diese Modelle jedoch nur bedingt geeignet. Da das Kanalnetz als Transport- und Ableitungselemente erheblich Einfluss auf Überflutungsprozesse haben kann, stellt die Möglichkeit zur Berücksichtigung von Einflüssen aus dem Kanal einen deutlichen Fortschritt bei der Abbildung von Überflutungen in großen Gebieten dar. Neben der Abbildung des Kanalnetzes können die Ergebnisse von Überflutungsberechnungen auch durch andere Faktoren beeinflusst werden. Potenzielle Einflüsse wurden für verschiedene Ansätze zur Abflussbildung, die Auflösung des Oberflächenmodells, den Einsatz von Bruchkanten zur Abbildung von Gebäuden, Bordsteinen und Mauern, sowie für die Berücksichtigung von Straßeneinläufen untersucht. Die Ergebnisse wurden in einem veröffentlichten Leitfaden zur „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“ (HSB, 2017) zusammengefasst.

Die Bereitstellung von Grundlagendaten ist eine wichtige Voraussetzung für die effiziente Entwicklung von Konzepten und Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge. Zur Unterstützung entsprechender Planungsprozesse wurde daher ein GIS-basiertes Auskunft- und Informationssystem Überflutungsvorsorge (AIS) zur Bereitstellung fachspezifischer Daten konzipiert. Die Struktur des AIS wurde an die aus dem bremischen Konzept zur Überflutungsvorsorge stammenden Pfade „Risikomanagement“, „Wassersensible Stadtentwicklung“ und „Stärkung der Eigenvorsorge von Grundstückseigentümern“ angelehnt. Im Rahmen von Pilotprojekten wurden für jeden Pfad unterschiedliche Web Applikationen (WebApps) entwickelt und Daten anwendungsbezogen zur Verfügung gestellt. Für den Pfad „Risikomanagement“ wurde in Zusammenarbeit mit dem örtlichen Stromversorgungsanbieter ein Vorgehen zur Ermittlung von Überflutungsrisiken für Stromversorgungseinrichtungen abgestimmt. Die Erkenntnisse zur Überflutungsgefährdung wurden hierbei als Kartenwerk aufbereitet und im AIS zur Unterstützung der Risikoanalyse bereitgestellt. Im Pfad „Wassersensible Stadtentwicklung“ wurde zusammen mit den Stadtplanern der Stadt Bremen eine WebApp erstellt, die Informationen zu Maßnahmen- und Gefahrenpotentialen bereitstellt. Im Pfad „Stärkung der Eigenvorsorge von Grundstückseigentümern“ wurde ein Konzept zur Information von Grundstückseigentümern zu Überflutungsgefahren auf dem eigenen Grundstück erstellt. Ziel des Konzepts ist die Sensibilisierung von Bürgern und Grundstückseigentümern für Überflutungsgefahren sowie die Stärkung der Eigenvorsorge im Sinne der kommunalen Gemeinschaftsaufgabe „Überflutungsvorsorge“.

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Starkregenereignisse im Sinne der Projektdefinition sind lokal eng begrenzte Niederschlagsereignisse mit hohen Regenhöhen in kurzer Zeit. Sie gehen häufig mit heftigen Sommergewittern einher. Die Überflutungen wirken sich zum Großteil außerhalb und unabhängig von Gewässern aus. Aufgrund der zeitlich und räumlich hoch variablen Niederschlagsverteilung können potenziell alle Regionen von Starkregen betroffen sein. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird die Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen mit dem Klimawandel in Zukunft zunehmen (IPCC, 2014). Die Starkregen- und Überflutungsvorsorge stellt vor diesem Hintergrund derzeit nahezu alle deutschen Kommunen vor eine große Herausforderung.

Starkregen und Überflutungsvorsorge stellt alle Kommunen vor große Herausforderungen

Die Stadtgemeinde Bremen hat nach zwei extremen Starkregenereignissen im Jahr 2011, die zu weitreichenden Schädigungen des öffentlichen Lebens und unzähligen privaten Sachschäden führten, einen Prozess zur Entwicklung einer Anpassungsstrategie gestartet. Das Projekt KLAS – KlimaAnpassungsStrategie Extreme Regenereignisse – wurde in diesem Zusammenhang ins Leben gerufen. Die Aktivitäten Bremens stehen im Kontext nationaler Initiativen und Anforderungen, wie u. a. dem Beschluss der 86. Umweltministerkonferenz zu „Hochwasser und Starkregen“ (UMK, 2016), der LAWA-Arbeitsgruppe zur Erarbeitung einer Strategie zum Starkregenrisikomanagement (LAWA, 2017), Positionspapieren zum Thema Starkregen renommierter Institutionen (z. B. VKU, Dt. Städtetag (2017)), Leitfäden einiger Länder zur Überflutungsvorsorge (u.a. Baden-Württemberg (LUBW, 2016) und NRW (MKULNV, 2016)), den aktuellen Klimaanpassungskonzepten des Bundes, der Länder und vielen Kommunen, der Klimaschutznovelle des BauGB sowie dem aktuellen Regelwerk der Städtentwässerung, wie der DIN-EN 752 (DIN, 2008), dem DWA-A 118 (DWA, 2006) und dem DWA-M 119 (DWA, 2016).

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit förderte das Projekt KLAS von 2012 bis 2014 als kommunales Leuchtturmvorhaben im Rahmen des Förderprogramms „Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel“. Im Zuge des Projektes wurde die Herausforderung gesamtstrategisch angegangen. Die relevanten Bausteine der Überflutungsvorsorge wurden herausgearbeitet und mit ersten konkreten Maßnahmen für die Stadtgemeinde Bremen hinterlegt. Derzeit befindet sich die Überflutungsvorsorge in Bremen in einer Implementierungsphase, die sukzessive einzelne Maßnahmen in eine Umsetzung führt. Das Bremer Modell der Überflutungsvorsorge umfasst die Bausteine „Überflutungsvorsorge im Sinne von Schadensbegrenzung und Risikomanagement“, „Wasser- und klimasensible Stadtentwicklung“ und „Stärkung der Eigenvorsorge von Grundstückseigentümern“ (s. Abbildung 1).

Das Bremer Modell zur Überflutungsvorsorge umfasst die Bereiche „Überflutungsvorsorge im Sinne von Schadensbegrenzung und Risikomanagement“, „Wasser- und klimasensible Stadtentwicklung“ und „Stärkung der Eigenvorsorge von Grundstückseigentümern“

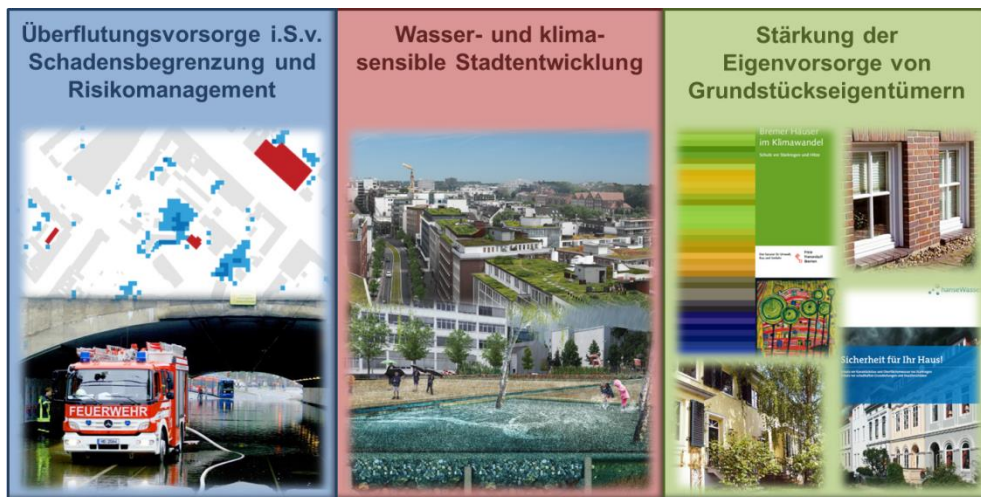


Abbildung 1: Bremer Modell der Überflutungsvorsorge (Bildquellen verändert nach T. Joppig, must städtebau, Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, K. Kreuzer, hanseWasser Bremen GmbH)

Die hohe Bedeutung von stadtgebietsweit vorliegenden Planungs- und Entscheidungsgrundlagen, wie Starkregengefahrenkarten, und ihre Bereitstellung hat sich als wichtiges Handlungsfeld der kommunalen Überflutungsvorsorge herausgestellt. Sie bilden die Basis für die Umsetzung von Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge in allen Arbeitsbereichen.

Grundlagendaten zur Überflutungsgefährdung bilden die Basis für eine effektive Überflutungsvorsorge

Stadtgebietsweite, aussagekräftige Überflutungsberechnungen sind jedoch bisher, insbesondere für große Gebietseinheiten bzw. große Kommunen, aufwändig und kostenintensiv. Hinzukommend fehlte es an einer breiten und implementierten Bereitstellung der bei der Wasserwirtschaft, Stadtentwässerung und Umweltverwaltung vorliegenden Planungsinformationen sowie an etablierten Arbeitsprozessen, die für eine integrative Bearbeitung der Handlungsfelder notwendig sind.

Die stadtgebietsweite Ermittlung von Überflutungsgefahren für große Gebiete ist bisher aufwändig und kostenintensiv

Die zuvor beschriebenen Defizite in der stadtgebietsweiten Berechnung sowie der Bereitstellung von Informationen gaben den Anlass für das vorliegende Förderprojekt. Dabei konnte das Projekt gut auf den in Bremen vorliegenden Ansätzen aufsetzen. Es lagen bereits ein erstes Konzept sowie Berechnungsansätze für eine neue, vereinfachte Methodik zur stadtgebietsweiten Überflutungsberechnung vor, die weiterentwickelt und verifiziert werden musste. Darüber hinaus bot das umfassende Konzept zur Überflutungsvorsorge in Bremen gute Anknüpfungspunkte für die Entwicklung eines auf die kommunalen Akteure zugeschnittenen Auskunftssystems zur Bereitstellung von Planungs- und Entscheidungsgrundlagen.

Entwicklung einer vereinfachten Methode zur stadtgebietsweiten Überflutungsberechnung

Bereitstellung der Daten in Auskunftssystemen

1.2 Zielsetzung

Für die kommunale Überflutungsvorsorge werden fundierte Planungs- und Entscheidungsgrundlagen, z. B. für ein Risikomanagement sensibler/ kritischer Infrastrukturen, für die Berücksichtigung der Belange der Überflutungsvorsorge bei öffentlichen Planungs- und Bauvorhaben im Sinne einer wasser- und klimasensiblen Stadtentwicklung und nicht zuletzt auch für die Umsetzung von (Objekt-schutz-)Maßnahmen im privaten Bereich benötigt.

Das vorliegende Projekt verfolgte daher das Ziel, einen Beitrag zur Institutionalisierung der Überflutungsvorsorge im Kontext der Klimaanpassung zu leisten, indem es die Verfügbarkeit der benötigten Informationsgrundlagen verbessert.

Beitrag zur Institutionalisierung der Überflutungsvorsorge im Kontext der Klimaanpassung

Zum einen sollte ein Beitrag zur Ermittlung von Informationsgrundlagen durch die Entwicklung einer effizienten Methodik zur stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung nach Vorgaben des technischen Regelwerks geleistet werden. Zum anderen sollte die Bereitstellung der Informationsgrundlagen durch die Konzeption eines Auskunftssystems als Planungsgrundlage für eine wassersensible Stadtplanung und -entwicklung unterstützt werden.

Übertragbarkeit auf
andere Städte und
Kommunen

Zentrales Anliegen war es, Methoden bzw. Systeme zu konzipieren, die nicht nur auf die Stadtgemeinde Bremen angepasst, sondern auch auf andere Kommunen übertragbar sind.

Als übergeordnete Einzelziele sind im Wesentlichen zu benennen:

- Entwicklung und wissenschaftliche Bewertung einer neuen übertragbaren Methodik zur vereinfachten, stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung nach Vorgaben der DIN EN752
- Berücksichtigung von vorliegenden Klimaprojektionen und Vulnerabilitätsanalysen im Rahmen der Überflutungsanalysen und Maßnahmenentwicklung (hinsichtlich Starkregen)
- Beschreibung sowie sachliche und organisatorische Bereitstellung fundierter Datengrundlagen als Planungsgrundlage für eine wassersensible Stadtplanung und -entwicklung
- Konzeption eines Auskunftssystems (Inhalte, Darstellung, Lesehilfen) und eines Workflows zur Unterstützung der Stadt- und Verkehrsplaner vor dem Hintergrund klimaangepasster Planungsverfahren
- Beiträge zur Institutionalisierung einer starkregenangepassten Stadtentwicklung vor dem Hintergrund des Klimawandels in Bremen

1.3 Aufgabenstellung, Planung und Ablauf

Aus der zuvor beschriebenen Ausgangslage sowie der Zielstellung, die Verfügbarkeit von Informationsgrundlagen zur Unterstützung der Institutionalisierung der Überflutungsvorsorge im Planungs- und Verwaltungshandeln zu verbessern, hat sich eine konkrete Aufgabenstellung für das Projekt ergeben, die in Kooperation zwischen der Dr. Pecher AG, der hanseWasser Bremen GmbH, der Stadtgemeinde Bremen, vertreten durch den Senator für Umwelt, Bau und Verkehr als öffentliche Verwaltung für Umweltschutz, Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie der Hochschule Bremen als wissenschaftliche Begleitung bearbeitet wurde. An die Zielstellung angelehnt wurden drei aufeinander aufbauende, nachfolgend beschriebene Arbeitspakete (s. Tabelle 1) gebildet, die im Rahmen der zweijährigen Projektlaufzeit von Juli 2015 bis Juli 2017 bearbeitet wurden.

Tabelle 1: Wesentliche Arbeitsschritte der Projektpartner und „Produkte“ (P1 - P3) des Projektes

Dr. Pecher AG	hanseWasser Bremen GmbH	SUBV Referat 33	Hochschule Bremen
Weiterentwicklung stadtgebietsweite Analysen	Aufbereitung der Grundlagendaten zum Kanalnetz	Definition von Anforderungen an die Überflutungsprü- fung und das Auskunfts- und Informationssystem	Wissenschaftliche Begleitung der modelltechnischen Berechnungen
Aufbau detaillierter Modelle mit HS Bremen (++SYSTEMS/DYNA/ GeoCPM)	Aufbau detaillierter Modelle (Hyste- mExtran2D)	Vernetzung der Fachreferate/ Interkommunaler Austausch	Aufbau detaillier- ter Modelle mit Dr. Pecher AG (++SYSTEMS/DYNA /GeoCPM) Zusammenfassung der Modellansätze
P1: Entwicklung eines Verfahrens zur „vereinfachten Überflutungsprüfung“			
P2: Leitfaden „Vereinfachte und detaillierte Modelle im urbanen Raum als Grundlage einer wassersensiblen Stadtentwicklung“			
P3: Konzeption eines GIS-basierten Auskunfts- und Informationssystem Überflutungsvorsorge (AIS) zur wassersensiblen Stadtentwicklung			

Arbeitspaket 1: Entwicklung einer neuen, vereinfachten Methodik zur stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung

Informationen zu Starkregenereignissen gelten als wichtige Planungs- und Entscheidungsgrundlage für die kommunale Überflutungsvorsorge. Die stadtgebietsweite Ermittlung von Überflutungsgefahren war bisher mit vertretbarem Aufwand nur mit hydrodynamischen 2D-Oberflächenabflussmodellen und ohne Berücksichtigung des Kanalnetzes möglich. Da das Kanalnetz jedoch als Transport- und Ableitungselement erheblichen Einfluss auf Überflutungsprozesse nehmen kann, wurden innerhalb des bremischen Projekts „KlimaAnpassungsStrategie Extreme Regenerereignisse“ (KLASI 2012-2014) ein erster Ansatz zur stadtgebietsweiten Ermittlung von Überflutungsgefahren mit einer vereinfachten Abbildung des Kanalnetzes verfolgt. Die Berechnungsergebnisse ließen vermuten, dass dieser Ansatz zu einer neuen Methode zur stadtgebietsweiten Ermittlung von Überflutungsgefahren unter Berücksichtigung des Kanalnetzes (Produkt 1) weiterentwickelt werden kann. Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde dieser daher hinsichtlich seiner Güte und im Hinblick auf den Einfluss wichtiger Modellparameter wissenschaftlich untersucht und bewertet. Durchgeführt wurden zu diesem Zweck umfangreiche Ergebnisvergleiche zwischen dem vereinfachten Ansatz und etablierten hydrodynamischen Berechnungsansätzen. Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in einem Leitfaden zur „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“ (Produkt 2) (HSB, 2017) zusammengefasst.

Vereinfachter Ansatz zur stadtgebietsweiten Ermittlung von Überflutungsgefahren unter Berücksichtigung der Einflüsse des Kanalnetzmodells

Validierung des vereinfachten Ansatzes über Vergleiche mit den Ergebnissen detaillierter Modelle

Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- Weiterentwicklung der aus KLAS I vorliegenden, vereinfachten stadtgebietsweiten Überflutungsberechnung (System MIKE21)

- Zusammenstellung der erforderlichen Grundlagendaten (Kanalnetz, Geländedaten)
 - Aufbau von 2D Oberflächenmodellen und gekoppelten 1D/2D Kanalnetz- und Oberflächenmodellen (etablierte Berechnungsmethoden) für vier verschiedene Untersuchungsgebiete (Misch-/Trennsystem und Innenstadtbereich/ peripherer Siedlungsbereich)
 - Durchführung von Überflutungsberechnungen mit den erstellten Modellen
 - Vergleich und Auswertung der unterschiedlichen Berechnungsergebnisse zur Untersuchung der Güte des vereinfachten Ansatzes
 - Modelltechnische Weiterentwicklung des Ansatzes durch Empfehlung zum Umgang mit wichtigen Modellparameter auf Basis der Untersuchungen zu Einflüssen ausgewählter Modellparameter (s. u.)
- Überprüfung von Einflüsse wichtiger Modellparameter
 - Zusammenstellung und Aufbereitung der Grundlagendaten (Kanalnetz, Geländedaten)
 - Aufbau gekoppelter, hydrodynamischer 1D/2D Kanalnetz- und Oberflächenmodelle unter verschiedentlicher Berücksichtigung ausgewählter Modellparameter (Ansätze zur Abflussbildung, Abbildung von Gebäuden, Bordsteinen, Mauern, Straßeneinläufen) für vier verschiedene Untersuchungsgebiete (Misch-/Trennsystem und Innenstadtbereich/ peripherer Siedlungsbereich) und Durchführung von Überflutungsberechnungen
 - Vergleich und Auswertung der Berechnungsergebnisse und Untersuchung von Einflüssen der ausgewählten Modellparameter (s. o.)
 - Wissenschaftliche Bewertung der Einflüsse und Aussprache von Anwendungsempfehlungen zu den untersuchten Parametern im Rahmen eines Praxisleitfadens (s. u.)
- Erstellung eines Praxisleitfadens „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“
 - Beschreibung hydrodynamischer Modellansätze zur Ermittlung von Überflutungsgefahren
 - Nennung erforderlicher Grundlagendaten
 - Beschreibung von Einflüssen wichtiger Modellparameter auf hydrodynamische Berechnungen
 - Hilfestellungen zur Auswahl einer Berechnungsmethode in Abhängigkeit der Fragestellung
 - Vorschläge zur Berücksichtigung des Klimawandels in Überflutungsberechnungen

Verschiedene Modellparameter können Einfluss auf die Berechnungen nehmen

Praxisleitfaden zur „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“

Arbeitspaket 2: Beitrag zur Institutionalisierung der Überflutungsvorsorge vor dem Hintergrund des Klimawandels in Bremen durch die GIS-basierte Bereitstellung von Analyseergebnissen für städtische Planungsprozesse im Rahmen eines zu entwickelnden Auskunft- und Informationssystems

Durch die Bereitstellung fundierter Informationsgrundlagen kann eine wassersensible Stadtentwicklung maßgeblich vorangetrieben werden. Denn nur auf Grundlage entsprechender Informationen zu Überflutungsgefahren und Anpassungspotentialen lassen sich zielgerichtete Planungen durchführen und Entscheidungen treffen. Hierfür bedarf es eines unkomplizierten Zugangs zu den notwendigen

Entwicklung eines Auskunft- und Informationssystem zur Bereitstellung der Grundlagendaten

Datengrundlagen und Planungsinformationen, wie u. a. Überflutungsverdachtsflächen, Potentialräume für einen vorsorgenden Umgang mit Niederschlagswasser und Maßnahmenpotentialen, z. B. Versickerungspotentialen.

Im Rahmen des Projekts wurde vor diesem Hintergrund ein modulares und GIS-basiertes Auskunftssystem Überflutungsvorsorge (AIS) für städtische Planungsprozesse entwickelt und exemplarisch umgesetzt (Produkt 3). Als Anforderungen wurde definiert, dass das System die erforderlichen Karten bzw. ggf. Kartendienste bereitstellen können und als eigenständiges web-basiertes Auskunftssystem nutzbar sein soll. Insbesondere eine zielgruppengerechte Bereitstellung (Rechteverwaltung) wurde als wichtig erachtet. Grundlage sollte die ArcGIS-Technologie bilden.

Zum Zeitpunkt der Antragstellung standen dabei zunächst städtische Planungs- und Bauvorhaben, die im Bereich von Stadtplanung- und Stadtentwicklungsvorhaben ablaufen, im Fokus. Das Konzept für das Auskunftssystem Überflutungsvorsorge (AIS) wurde in Anlehnung an das Gesamtmodell der Überflutungsvorsorge in Bremen (vgl. 1.1) um das Ziel erweitert, Planungs- und Entscheidungsgrundlagen auch für ein Risikomanagement kritischer Infrastrukturen und für die Eigenvorsorge privater Grundstückseigentümer verfügbar zu machen.

Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- Definition von Anforderungen an das Planungsinformationssystem unter z. T. Einbeziehung der zuständigen Akteure (potentielle Anwender)
 - des Risikomanagements sensibler bzw. kritischer Infrastrukturen/ Infrastrukturträger
 - der Stadt-, Straßen- und Freiraumplanung
 - für die Information und Sensibilisierung von Grundstückseigentümer/-innen für die Notwendigkeit der Eigenvorsorge
- Konzeption des AIS
- Pilothafte Umsetzung bzw. Tests anhand konkreter Fallbeispiele aus Bremen
 - für ausgewählte Infrastrukturen im Arbeitsbereich Risikomanagement
 - für den Arbeitsbereich wassersensible Stadtentwicklung

Pilothafte Umsetzung
des Auskunfts- und
Informationssystems
und Tests anhand von
Fallbeispielen

Die Information und Sensibilisierung von Grundstückseigentümer/-innen zu konkreten, lokalen Überflutungsgefahren hat sich im Zuge der Projektbearbeitung als neues, sinnvolles Bearbeitungsfeld herausgestellt. Im Kontext des vorliegenden Projektes konnte allerdings keine vollumfängliche Bearbeitung erfolgen. Es erfolgte eine Definition von Anforderungen, die intensiv im Zuge zweier interkommunaler Erfahrungsaustausche (vgl. Arbeitspaket 3) diskutiert wurden, sowie die Erst-Konzeption eines Modells für die Beauskunftung und Sensibilisierung.

Arbeitspaket 3: Interkommunaler Austausch und Kooperation mit anderen Kommunen zur Starkregenvorsorg

Derzeit widmen sich viele deutsche aber auch europäische Kommunen der Anpassung an extreme Regenereignisse im Rahmen von Forschungsprojekten oder in der täglichen Arbeit. Allerdings verlangt die Entwicklung von Maßnahmen und Strategien und deren Umsetzung den Kommunen ein hohes Maß an Innovationsfähigkeit ab, denn nur für wenige Herausforderungen steht eine etablierte

Die Entwicklung und
Umsetzungen von
Maßnahmen für den
Überflutungsschutz
verlangt ein hohes
Maß an Innovations-
fähigkeit

Herangehensweise zur Verfügung. Umso wichtiger erscheint somit der fachliche und kollegiale Austausch zwischen den Kommunen. Der interkommunale Austausch und die Kooperation mit anderen Kommunen wurden daher sichergestellt, indem die von den Projektpartnern vorhandenen Zugänge und Kontakte genutzt wurden.

Interkommunale
Erfahrungsaustausche

Während der Projektlaufzeit wurden zwei interkommunale Erfahrungsaustausche in Bremen insb. mit dem Fokus auf die Ermittlung und Bereitstellung bzw. Veröffentlichung fundierter Informationsgrundlagen zu Überflutungsgefahren durchgeführt. Der Entwurf des Praxisleitfadens wurde im Rahmen eines Expertenworkshops vorgestellt.

Das Projektteam hat die Projektansätze und -ergebnisse auf vielen nationalen und einigen internationalen Fachforen vorgestellt und in Fachzeitschriften und Tagungsbänden publiziert.

2 Arbeitspaket 1: Entwicklung einer vereinfachten Methodik zur stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung

2.1 Vorgehen

In Abschnitt 1.3 wurden bereits die zur Untersuchung des vereinfachten Ansatzes zur stadtgebietsweiten Ermittlung von Überflutungsgefahren (KLAS I) vorgenommenen Arbeitsschritte benannt. In den folgenden Abschnitten werden diese z. T. nochmals erläutert und um Angaben zu den durchgeführten Modellberechnungen und untersuchten Parametern ergänzt. Zudem wird die Methodik zum Vergleich der ermittelten Berechnungsergebnisse und das Vorgehen zur Ableitung von Aussagen zur Güte des vereinfachten Ansatzes vorgestellt. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes in einem Praxisleitfaden (HSB, 2017) übersichtlich zusammengefasst. Im vorliegenden Bericht werden diese daher nur auszugsweise vorgestellt.

2.2 Projektgebiete

Der überwiegende Teil Bremens ist flach und weist Höhen zwischen 2 und 11 m ü. NHN auf. Ausschließlich im Norden Bremens ist das Gelände stärker bewegt und besitzt Höhen zwischen 2 und 30 m ü. NHN (s. Abbildung 2).

Bremen entwässert zu ungefähr 50 % im Mischverfahren und 50 % im Trennverfahren. Mischsysteme finden sich in den älteren Bereichen und somit in den dichter besiedelten Gebieten. Die Einzugsgebiete der MW- Hauptpumpwerke sind in der Mehrzahl sehr groß und durch viele Sonderbauwerke geprägt. Trennsysteme finden sich vorwiegend in den Vororten, die durch Ein- und Mehrfamilienhausbebauung geprägt sind. Die Einzugsgebiete sind bedeutend kleiner als in den Mischsystemen und haben nur eine geringe Anzahl an Sonderbauwerken.

Vier Projektgebiete
mit unterschiedlichen
Gebietseigenschaften

Für die durchgeführten Modellvergleiche wurden vier verschiedene Projektgebiete im Bremer Stadtgebiet ausgewählt. Diese sollten eine möglichst große Bandbreite unterschiedlicher Eigenschaften abdecken, um die Übertragbarkeit auf andere Kommunen zu gewährleisten. Folgende drei Kriterien wurden in diesem Zusammenhang festgelegt:

1. flaches oder stark bewegtes Gelände
2. Misch- oder Trennsystem
3. kleines, einfaches oder großes, komplexes Entwässerungsgebiet

Die Auswahl der Projektgebiete erfolgte unter Berücksichtigung der genannten Kriterien auf Grundlage der Berechnungsergebnisse aus der Generalplanung (1D-Kanalnetzberechnung, Niederschlagsbelastung mit einer Wiederkehrzeit von $T = 30$ a) und den Ergebnissen aus der stadtgebietsweiten Überflutungsberechnung aus dem Projekt KLAS I (2012-2014).

Um die Unabhängigkeit der Vergleichsergebnisse von spezifischen Softwareprodukten gewährleisten zu können, wurden die Berechnungen mit zwei verschiedenen Softwareprodukten durchgeführt (HystemExtran und DYNA/GeoCPM; s. Abschnitt 2.3). Da die für Bremen bereits vorliegenden Kanalnetzmodelle mit HystemExtran erstellt worden waren und die Simulation mit DYNA/GeoCPM aufgrund der erforderlichen Datenübertragung einen erhöhten Aufwand bedeutete, wurden die Projektgebiete mit komplexem Kanalnetz weiterhin mit HystemExtran und die mit einem weniger komplexen Kanalnetz mit DYNA/GeoCPM abgebildet. Tabelle 2 und Abbildung 2 zeigen die jeweils ausgewählten Projektgebiete.

Tabelle 2: Übersicht über die ausgewählten Projektgebiete

Projektgebiet	Topografie	Entwässerungsverfahren	Komplexität/Sonderbauwerke	Software
Altstadt	gering bewegt	Mischsystem	gering	DYNA/GeoCPM
Bockhorner Weg	stark bewegt	Trennsystem	gering	DYNA/GeoCPM
Triviranusstraße	gering bewegt	Mischsystem	hoch	HystemExtran
Lüssumer Straße	stark bewegt	Trennsystem	hoch	HystemExtran

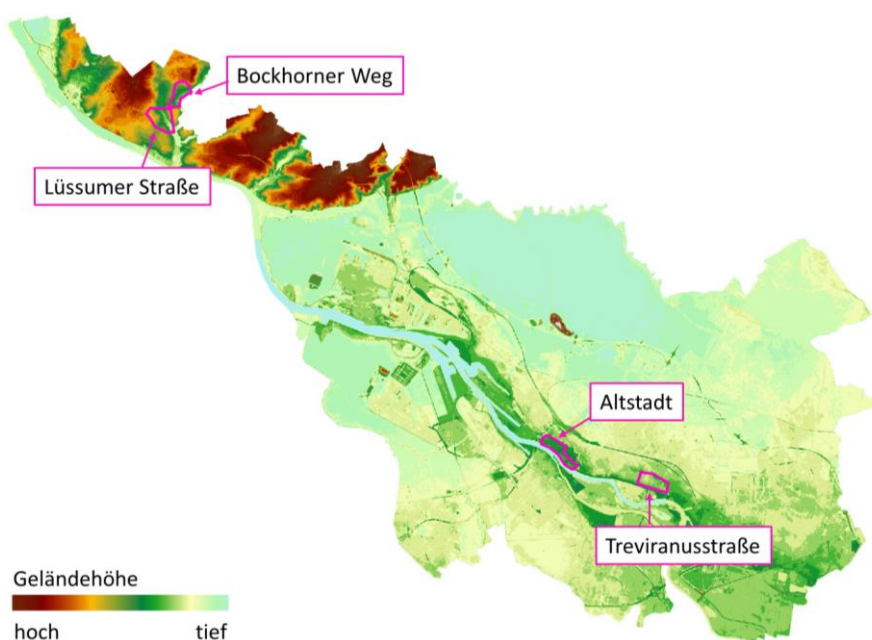


Abbildung 2: Topografie Bremen (Quelle: GeoInfo Bremen) / ausgewählte Projektgebiete

2.3 Verwendete Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodelle

Die in KLAS I und KLAS II eingesetzten Modelle zählen zu den hydrodynamischen Modellen. Diese bilden Abflussprozesse zeitdifferenziert ab und liefern als Ergebnisse Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten. Für die Berechnungen in KLAS I (2012 - 2014) wurde das Modell MIKE21 der Firma DHI verwendet. Als Oberflächenmodell (ohne Kopplung mit einem Kanalnetzmodell) bildet dieses nur Abflussvorgänge auf der Oberfläche ab.

Für die Detailberechnungen hingegen wurden gekoppelte 1D/2D Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodelle eingesetzt. Diese bilden sowohl Abflüsse im Kanalnetz- als auch auf der Oberfläche ab. Als Schnittstelle zwischen beiden Modellen fungieren die Schächte des Kanalnetzmodells. Nach aktuellem Stand der Technik ermöglichen gekoppelte 1D/2D-Modelle die realistischste Abbildung von Überflutungsvorgängen, indem Wasser aus dem Kanalnetz austreten, auf der Oberfläche abfließen und auch wieder in das Kanalnetz eintreten kann. Die Ergebnisse gelten zudem als bestverfügbare Referenzwerte für die Beurteilung vereinfachter Ansätze.

Im Rahmen des Projekts wurden folgende Softwareprodukte zur Berechnung von Überflutungsgefahren eingesetzt:

- ++SYSTEMS (DYNA/GeoCPM), tandler.com GmbH
- HystemExtran/FOG (2D), itwh Hannover

2.4 Modelleinstellungen und Niederschlagsbelastung

Für den Vergleich des vereinfachten Ansatzes mit den Detailberechnungen wurde auf Berechnungsergebnisse für zwei Starkregenereignisse mit den Wiederkehrzeiten von $T = 30$ a und $T = 100$ a zurückgegriffen. Aufgrund der strukturellen und modelltechnischen Unterschiede zwischen den eingesetzten Modellen, dem modelltechnischen Entwicklungsfortschritt der letzten Jahre sowie der Projekthistorie wurden teilweise unterschiedliche Modellregentypen, Niederschlagssummen und Dauern verwendet. Im Zuge der Auswertung der Berechnungsergebnisse wurde dieser Umstand jedoch berücksichtigt, sodass sich hieraus kein Nachteil für die Aussagekraft der Projektergebnisse ergibt. Zudem wurden die Oberflächenabflussberechnungen aus KLAS I für $T = 30$ a nochmals mit dem Euler Modellregen aus KLAS II neu berechnet, um für Teiluntersuchungen eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erreichen. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die verwendeten Niederschlagsbelastungen.

Tabelle 3: Gewählte Niederschlagsbelastungen

Ansatz	vereinfacht (KLAS I)	Detailberechnungen (KLAS II)	vereinfacht (KLAS I)	Detailberechnungen (KLAS II)
Wiederkehrzeit [a]	30	30	100	100
Modellregentyp	Blockregen	Euler Typ II	Blockregen	Euler Typ II
Dauer [D]	60	120	60	120
Niederschlagshöhe [mm]	33,5	38,6	39	45,9

2.5 Übernahme und Erweiterung der Datengrundlage aus KLAS I

Für den Vergleich der Ergebnisse des vereinfachten Ansatzes mit den Ergebnissen der detaillierten Berechnungen wurde für den vereinfachten Ansatz teilweise auf die bereits vorliegenden Daten aus dem Projekt KLAS I (2012-2014) zurückgegriffen. Da sich die Abbildung von Überstau aus dem Kanalnetz jedoch nur auf mischentwässerte Gebiete beschränkte, wurden die Ergebnisse in KLASII durch neue Berechnungen auch auf ausgewählte trennentwässerte Gebiete erweitert. Dies war möglich, da mittlerweile auch für diese Gebiete die erforderlichen Informationen zum Überstauverhalten des Kanalnetzes vorlagen.

Für die ausgewählten und in Abschnitt 2.2 beschriebenen Projektgebiete lagen die Ergebnisse des vereinfachten Ansatzes somit flächendeckend in einer Auflösung von 5 m x 5 m für die Berechnung der Oberflächenabflüsse und in 2 m x 2 m für die Berechnung der oberflächigen Abflüsse durch Überstauungen aus dem Kanalnetz vor. Erläuterungen zum Vorgehen des vereinfachten Ansatzes und zu den entsprechenden Berechnungsmethoden können dem Abschlussbericht zum Projekt KLAS I (SUBV, 2015 a) oder dem im Rahmen dieses Projektes erstellten Leitfaden zur „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“ (HSB, 2017) entnommen werden.

Ergebnisse des
Projekts KLAS I
(2012-2014)

2.6 Detailberechnungen mit gekoppelten 1D/2D Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodellen

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Detailberechnungen mit gekoppelten 1D/2D Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodellen durchgeführt, um Referenzwerte für die Bestimmung der Güte des vereinfachten Ansatzes und Vergleichswerte für die Untersuchung zur Auswirkung ausgewählter Modellparameter auf die Berechnungsergebnisse zu ermitteln. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die durchgeführten Detailberechnungen. Bei allen Berechnungen wurden standardmäßig Gebäudebruchkanten berücksichtigt, da diese wichtigen Fließhindernisse als unbedingt erforderlich erachtet wurden.

Tabelle 4: Durchgeführte Detailberechnungen

Deckelhöhen	BK0_KIS	Deckelhöhen wurden aus KIS übernommen
	BK0_DGM	Deckelhöhen wurden aus DGM übernommen
Bruchkanten	BK1	vereinfachte Berücksichtigung von Bordsteinen auf Grundlage der Verkehrsflächen aus dem ALKIS
	BK2	detaillierte Berücksichtigung von Bordsteinen
	BK3	Berücksichtigung von Durchfahrten an überbauten Verkehrswegen und Durchfahrten in Gebäuden
	BK4	Berücksichtigung von Mauern
Straßeneinläufe	S1	vereinfachten Abbildung von Straßeneinläufen
Abflussbildung	A1	Abflussbildung über das Oberflächen- und Kanalnetzmodell (Dachflächen)
	A2	Abflussbildung nur über das Oberflächenmodell

2.7 Untersuchung und Vergleich der Berechnungsergebnisse

2.7.1 Methodisches Vorgehen

Die Ergebnisse der durchgeführten Überflutungsberechnungen wurden in Form von maximal während der Simulation aufgetretenden Wasserständen ausgegeben. Da die ermittelten Ergebnisse in Abhängigkeit der verwendeten Software raster- oder dreiecksbasiert vorlagen, wurden diese zunächst auf ein einheitliches 1 m x 1 m Raster übertragen. Zum Vergleich zweier Berechnungsvarianten wurden anschließend Differenzen zwischen den ermittelten Wasserständen berechnet und grafisch dargestellt. Auf diese Weise konnten Unterschiede zwischen den Berechnungsergebnissen bestimmt werden. Abbildung 3 verdeutlicht das Vorgehen zur anschließenden Analyse und Auswertung der Wasserstands-Differenz-Karten.



Abbildung 3: Wasserstands-Differenz-Karten, Beispiel: Auswirkungen auf den Wasserstand durch Berücksichtigung von Durchfahrten in Gebäuden.

Um Aussagen über die Güte des vereinfachten Ansatzes machen zu können wurden die mit dem vereinfachten Ansatz ermittelten Wasserständen mit denen der Detailvariante BKO_KIS (s. Tabelle 4) verglichen. Ebenso wurde BKO_KIS als Referenzzustand für die Untersuchungen der Auswirkungen der unterschiedlichen Modellparameter verwendet.

2.7.2 Aussagen zur Güte des vereinfachten Ansatzes (KLAS I)

Im Ergebnis stellt der vereinfachte Ansatz eine gute Möglichkeit dar, Überflutungsgefahren auch für große Einzugsgebiete (> 50 km²) und unter Berücksichtigung des Kanalnetzes zu ermitteln.

Aus dem Vergleich der Ergebnisse des vereinfachten Ansatzes mit den Ergebnissen einer alleinigen Berechnung der Oberfläche (ohne Abbildung des Überstaus aus dem Kanalnetz) geht hervor, dass der vereinfachte Ansatz deutlich besser zur Identifizierung von Überflutungsschwerpunkten geeignet ist. Da Überstau aus dem Kanalnetz maßgeblich Einfluss auf das Ausmaß der Überflutungsgefährdung

haben kann, sollte Kanalnetzüberstau möglichst bei der Berechnung von Überflutungsgefahren berücksichtigt werden (s. Abbildung 4).

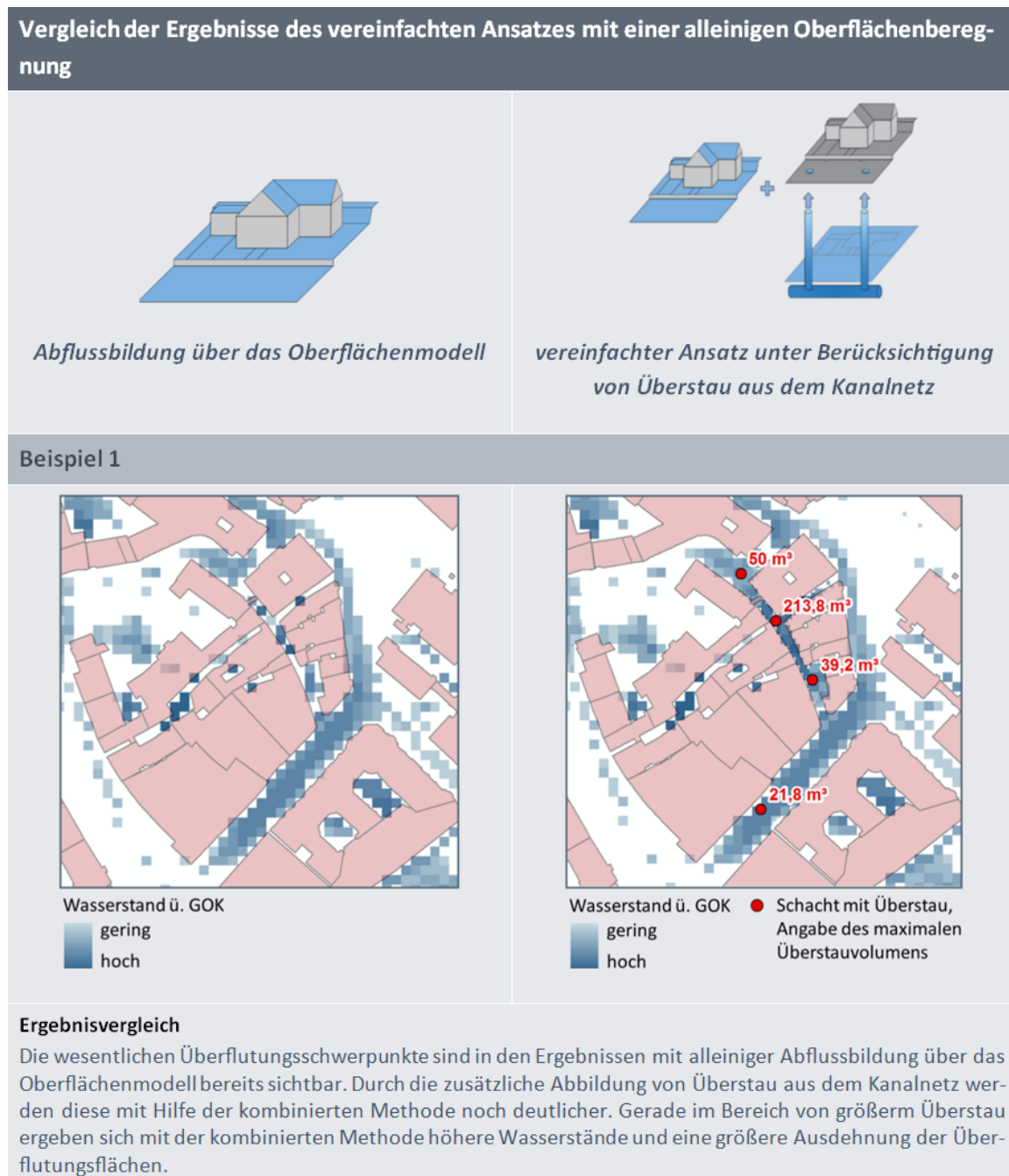
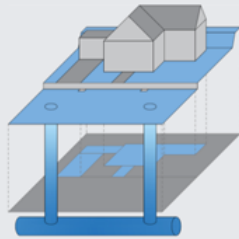


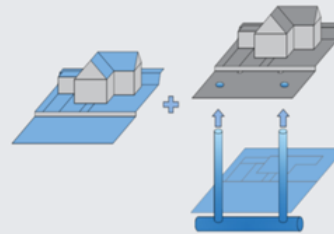
Abbildung 4: Vergleich der Ergebnisse des vereinfachten Ansatzes mit den Ergebnissen einer reinen Oberflächenberegung (ohne Abbildung des Überstaus)

Für Detailuntersuchungen sollte der Einsatz von gekoppelten Methoden geprüft werden. Durch die interaktive Abbildung des Kanalnetzes und die Möglichkeit zur flächendifferenzierten Abbildung der Abflussbildung, werden Überflutungsprozesse in einer gekoppelten Berechnung realitätsnäher abgebildet (s. Abbildung 5).

Vergleich des vereinfachten Ansatzes mit Ergebnissen der Detailberechnung (A1)



gekoppeltes 1D/2D Modell (A1)



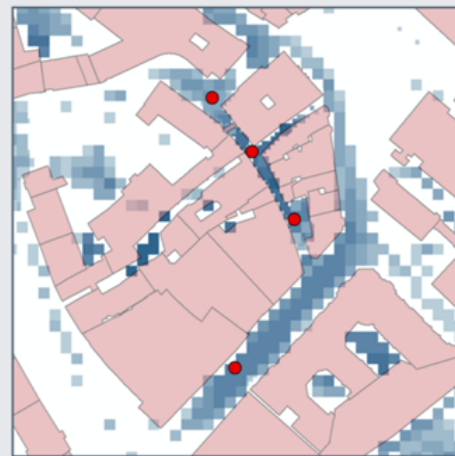
vereinfachter Ansatz unter Berücksichtigung von Überstau aus dem Kanalnetz

Beispiel 1



Wasserstand ü. GOK
 gering
 hoch

● Schacht ohne Überstau
 ● Schacht mit Überstau
 — Haltung



Wasserstand ü. GOK
 gering
 hoch

● Schacht mit Überstau aus Kanalnetzberechnung

Ergebnisvergleich

Die Ergebnisse beider Methoden stimmen grundsätzlich gut überein. Es fällt jedoch auf, dass sich bei der gekoppelten Berechnung (GeKO) ein differenziertes Überstaubild ergibt. Aus diesem resultieren weitere Überflutungsflächen, die von der kombinierten Methode nicht abgebildet werden.

Abbildung 5: Vergleich der Ergebnisse des vereinfachten Ansatzes mit den Ergebnissen eines gekoppelten 1D/2D Modells (A1)

Abbildung 6 verdeutlicht nochmal das Anwendungsgebiet des vereinfachten Ansatzes (auch im Kontext anderer Berechnungsmethoden). Sie ist Teil des im Projekt entwickelten Leitfadens und soll eine Hilfestellung bei der Auswahl einer für die jeweilige Fragestellung geeigneten Berechnungsmethode geben. Mögliche Fragestellungen, bei denen der vereinfachte Ansatz Anwendung finden kann sind z. B.

- die Erstellung urbaner Gefahrenkarten,
- die Durchführung von Risikoanalysen,
- und die Bereitstellung und Veröffentlichung von Informationen zu Überflutungsgefahren, z. B. über ein Auskunftssysteme.

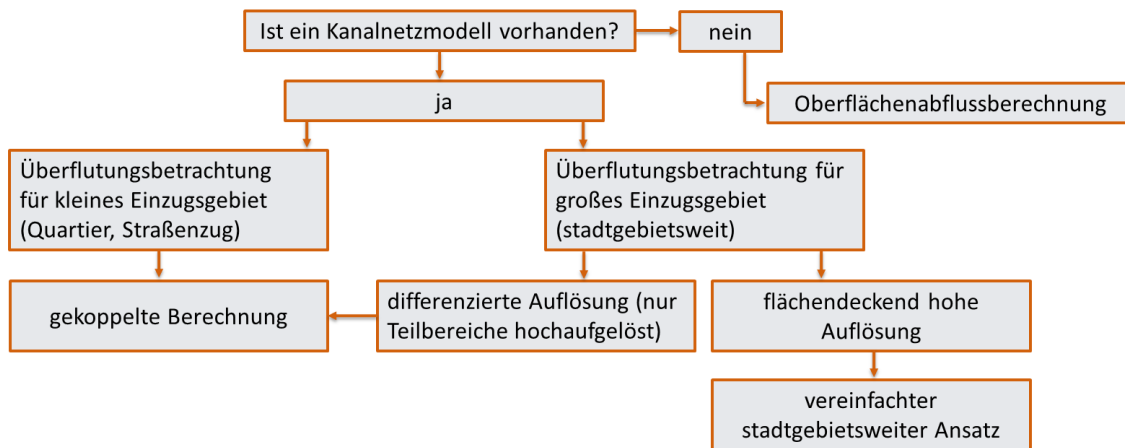


Abbildung 6: Entscheidungsbaum zur Auswahl einer Berechnungsmethode in Abhängigkeit des Vorhandenseins bzw. Nicht-Vorhandenseins eines Kanalnetzmodells

2.7.3 Auswirkungen ausgewählter Modellparameter auf die Berechnungsergebnisse

In den Abschnitten 1.3 und 2.6 wurden die untersuchten Modellparameter bereits benannt. Eine umfassende Zusammenstellung der Ergebnisse enthält der im Projekt erstellte Leitfaden. Hier werden auch Handlungsempfehlungen für den Umgang mit den entsprechenden Modellparametern gegeben. Im Folgenden wird beispielhaft die Verwendung von Bordsteinbruchkanten in einem gekoppelten 1D/2D Kanalnetz- und Oberflächenmodell erläutert.

Bordsteinkanten können Einfluss auf das Abflussgeschehen haben und mit Hilfe von Bruchkanten im Modell abgebildet werden. Durch die Implementierung von Bruchkanten werden die im DGM oftmals nur unscharf abgebildeten Bordsteinstrukturen deutlicher profiliert. Für die Abbildung von Bruchkanten kann vereinfacht auf Daten aus dem ALKIS (Verkehrsflächen) oder auch auf detaillierte Vermessungsdaten zurückgegriffen werden. Die Beispiele in Abbildung 7 beschreiben mögliche Einflüsse von Bordstein-Bruchkanten auf die Berechnungsergebnisse.

Einflüsse von Bordstein-Bruchkanten auf Berechnungsergebnisse



Erläuterungen

Die Untersuchungen haben ergeben, dass Bordstein-Bruchkanten meist nur einen geringen Einfluss auf die Höhe des Wasserstands von wenige Zentimeter haben. Zudem beschränken sich die beobachteten Veränderungen meist auf das nahe Umfeld der Bruchkanten. Weiträumigere Einflüsse sind bei geringen Wasserständen und in Bereichen mit ausgeprägtem Gefälle möglich (s. rot umkreiste Bereiche).

Fazit

Ob Bordstein-Bruchkanten berücksichtigt werden sollten, hängt stark vom Genauigkeitsanspruch der jeweiligen Aufgabenstellung und dem Aufwand zur Implementierung der Bruchkanten ab. Der Aufwand zur Berücksichtigung von Bordstein-Bruchkanten ist je nach Datengrundlage und Software unterschiedlich. Kosten und Nutzen sollten daher fallspezifisch bewertet und gegeneinander abgewogen werden.

Abbildung 7: Auswertungen zu Einflüssen durch die Verwendung von Bordstein-Bruchkanten in gekoppelten 1D/2D Kanalnetz- und Oberflächenmodellen

2.8 Praxisleitfaden zur „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“

Die durchgeführten Untersuchungen zur Güte des vereinfachten Ansatzes (s. Abschnitt 2.7.2) und zur Auswirkung verschiedener Modellparameter auf die Berechnungsergebnisse (s. Abschnitt 2.7.3) bilden die Grundlage für den im Projekt erstellten Leitfaden zur „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“ (HSB, 2017). Aufbauend auf den Ausführungen des DWA-M 119 (DWA, 2016) zum methodischen Vorgehen bei der Ermittlung von Überflutungsgefahren hat dieser zum Ziel

Der Praxisleitfaden baut auf dem DWA-M 119 auf

- eine Übersicht über derzeit verfügbare hydrodynamische Berechnungsmethoden zur Ermittlung von Überflutungsgefahren zu geben und diese zu er-

- klären,
- die erforderlichen Grundlagendaten zur Durchführung von Überflutungsrechnungen zu nennen,
- die Unterschiede zwischen den jeweils zu erwartenden Ergebnissen zu beschreiben,
- den Einfluss wichtiger Berechnungsparameter auf die Ergebnisse darzustellen,
- den Aufwand von Überflutungsberechnungen abzuschätzen,
- Möglichkeiten zur Berücksichtigung des Klimawandels in Überflutungsberechnungen aufzuzeigen und
- die Auswahl einer geeigneten Methode zur Ermittlung von Überflutungsgefahren in Abhängigkeit der jeweiligen Fragestellung zu unterstützen.

Mögliche Aufgabenstellungen sind:

- die Identifikation von Überflutungsschwerpunkten,
- die Erarbeitung urbaner Gefahren- und Risikokarten,
- detaillierte Überflutungsanalysen,
- Maßnahmenplanungen und
- die Information der Öffentlichkeit

Der Leitfaden richtet sich somit an Akteure der Überflutungsvorsorge, die mit der Bearbeitung entsprechender Aufgaben betraut sind und ermöglicht anderen Kommunen auf übersichtliche Weise den Zugang zu den im Projekt gewonnenen Erkenntnissen. Im Rahmen der durchgeführten Erfahrungsaustausche und eines Expertentreffens ist der Leitfaden bereits auf großes Interesse gestoßen.

2.9 Möglichkeiten zur Berücksichtigung des Klimawandels bei Überflutungsbetrachtungen

Nach DIN EN 752 (DIN, 2008) sind mögliche Auswirkungen des Klimawandels im Rahmen der Bemessung von Entwässerungssystemen in Betracht zu ziehen. Dies gilt auch für den Nachweis der zulässigen Überflutungshäufigkeiten. Es stellt sich daher die Frage, in welcher Form die möglichen Auswirkungen des Klimawandels bei der Berechnung von Überflutungsgefahren berücksichtigt werden können und wie die Ergebnisse zu bewerten sind.

Aus einer Studie des LANUV NRW (LANUV, 2010) geht hervor, dass Untersuchungen zur Auswirkung des Klimawandels niemals pauschal und isoliert, sondern nur im Rahmen von Sensitivitäts- und Risikoanalysen erfolgen sollten. Eine pauschale Vorgabe von Bemessungszuschlägen (Klimafaktor) wird als nicht zielführend beschrieben, da diese bei Planern, Betreibern und der Bevölkerung ein „falsches“ Sicherheitsgefühl hervorrufen könnte. Innerhalb des Forschungsprojekts SaMuWa „Die Stadt als hydrologisches System im Wandel - Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts“ (ILPÖ, 2016) wird vor diesem Hintergrund eine Vorgehensweise vorgestellt, bei der Klimatrends mit Hilfe regionaler Klimamodelle auf Niederschlagsreihen übertragen und in die Bemessungsgrößen integriert werden.

Im Projekt KLAS wurde eine Sensitivitätsuntersuchung durchgeführt. Dabei wurden zusätzlich zu den bestehenden Berechnungen mit einer Wiederkehrzeit

von T = 30 a Berechnungen mit einer Niederschlagsbelastung für die Wiederkehrzeit von T = 100 a durchgeführt. Auf diese Weise können Informationen zur Überflutungsgefahr bei extremen Starkregen ermittelt und die Sensitivität der Ereignisse bewertet werden (s. Abbildung 8).

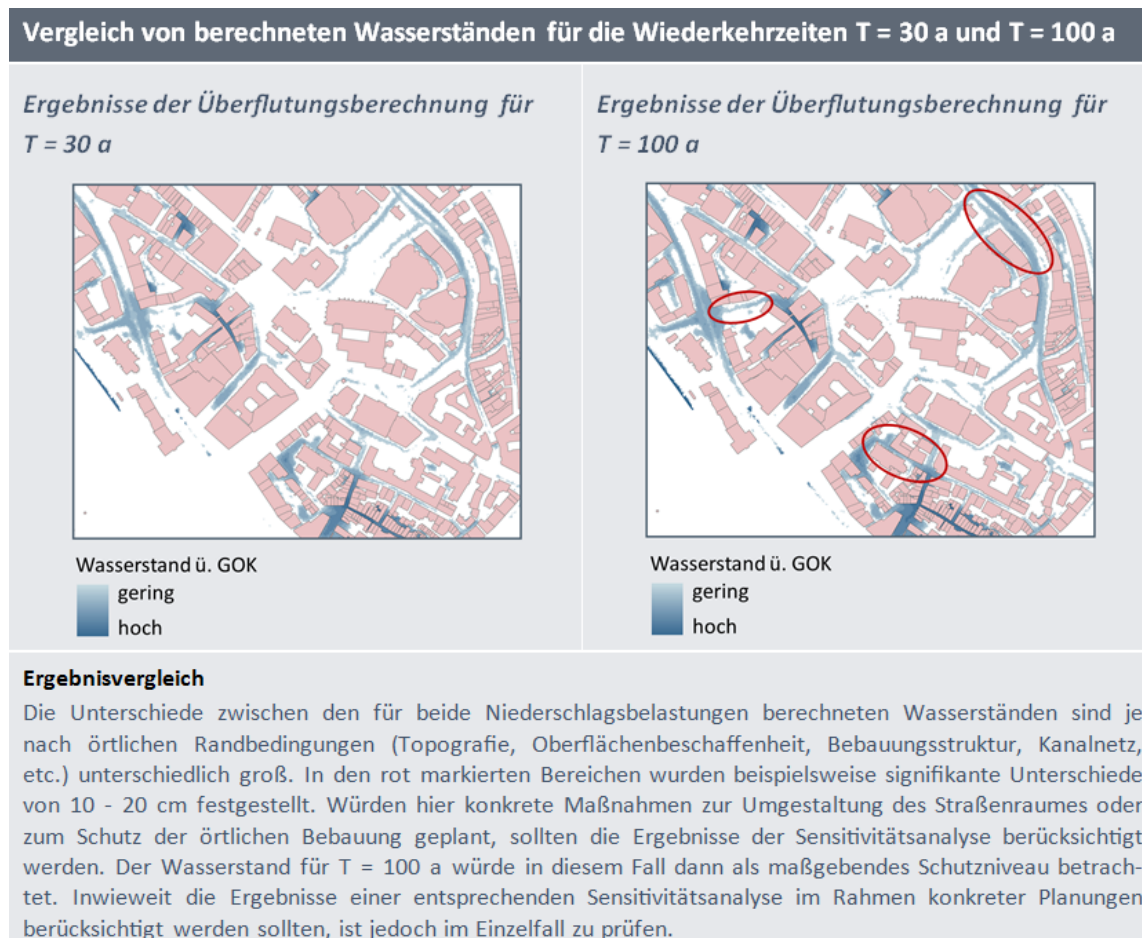


Abbildung 8: Abschätzung möglicher Einflüsse des Klimawandels über eine Sensitivitätsanalyse mit verschiedenen hohen Niederschlagsbelastungen

3 Arbeitspaket 2: Aufbau eines Auskunft- und Informationssystems zur Überflutungsvorsorge (AIS) in Bremen

3.1 Anforderungen

Nachhaltige Planungen und Entscheidungen über Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge können nur auf der Basis fundierter Informationsgrundlagen erfolgen. Für die Stadtgemeinde Bremen lagen zu Projektbeginn bereits viele relevante Grundlagendaten, Berechnungsergebnisse sowie Auswertungen und Analysen zu Überflutungsgefahren, Risiken und Anpassungspotentialen im Sinne einer Überflutungsvorsorge vor. Der vereinfachte, stadtgebietsweite Ansatz zur Überflutungsberechnung hat die Ermittlung von Grundlageninformationen und darauf aufbauende Auswertungen maßgeblich befördert.

Ziel des Projektes war es, die vorhandenen Informationsgrundlagen zum einen zu managen und zum anderen zielgruppengerecht, d.h. für verschiedene öffentlich-rechtliche und private Akteure als Planungs- und Entscheidungsgrundlage zur Verfügung zu stellen. Die Daten lagen teilweise nur dezentral vor, sind bisher nicht

für alle relevanten Stellen zugänglich und bedürfen z. T. einer speziellen Software zur Visualisierung und Verwendung. Daher wurden für ein zu entwickelndes Auskunftssystem zunächst nachfolgend aufgeführte Anforderungen definiert:

- Zentrale Datenbereitstellung
- Aktualität der Daten
- Kartenansicht unabhängig von der softwaretechnischen Ausstattung des Arbeitsplatzes
- Verwaltung von Nutzungsrechten und somit Zugang zu den z. T. Datenschutzrechten unterliegenden Daten nur mit Berechtigung
- Erleichterung des Austauschs und der Zusammenarbeit der Beteiligten
- Unterstützung von Arbeitsprozessen durch zielgruppengerechte und anwendungsorientierte Bereitstellung
- Für den Laien verständlich durch aufbereitete Darstellung und Erläuterungen
- Kombination von grafischen und sachlichen Informationen

3.2 Konzept

Konzeptionell lehnt sich das Auskunftssystem an das Bremer Modell der Überflutungsvorsorge an (s. Abschnitt 1.1). Für die drei wesentlichen Bausteine der Überflutungsvorsorge „Risikomanagement“, „Wassersensible Stadtentwicklung“ und „Stärkung der Eigenvorsorge von Grundstückseigentümern“ wurde herausgearbeitet, was die wesentlichen Arbeits- und Handlungsschwerpunkte sind und wie das AIS mit der Bereitstellung von Planungs- und Entscheidungsgrundlagen die Prozesse unterstützen kann. Dabei wurden die zuständigen Akteure identifiziert, ihre Aufgaben im Sinne der Überflutungsvorsorge analysiert und ermittelt, welche Inhalte bzw. welche Informationsgrundlagen zur Unterstützung benötigt werden. Darüber hinaus wurde abgestimmt, welche Funktionen das System leisten können muss und wie das AIS in die Arbeitsprozesse eingebunden werden kann. Die konzeptionelle Entwicklung erfolgte dabei in enger Abstimmung mit den jeweils zuständigen Stellen, den zukünftigen „Anwender/-innen“ des AIS. Abbildung 9 leitet in das Konzept ein, indem die drei Aufgabenbereiche und die wesentlichen Funktionen des AIS zur Unterstützung der Prozesse der Überflutungsvorsorge dargestellt werden. Im nachfolgenden Abschnitt 3.4 wird die inhaltliche Gestaltung des Auskunftssystem für die drei Pfade ausgeführt und mit praktischen Pilotprojekten belegt.

Die Konzeption des
Auskunfts- und
Informationssystems
lehnt sich an das
bremische Konzept
zur Überflutungsvor-
sorge an

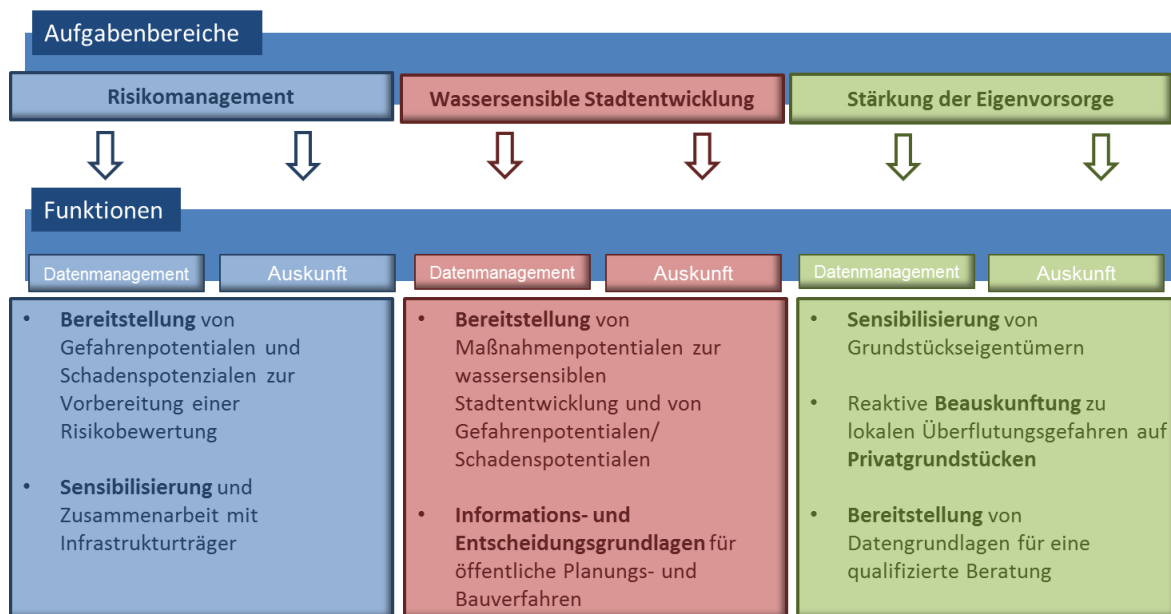


Abbildung 9: Strukturelle Konzeption des AIS in Anlehnung an das Bremer Modell der Überflutungsvorsorge

3.3 Technische Umsetzung

Bei den in Bremen vorliegenden Informationsgrundlagen handelt es sich ausschließlich um geografische Daten, die kartografisch visualisiert werden können und die größtenteils mit weiteren Sachdaten (Attributen) hinterlegt sind. Die technische Umsetzung des AIS erfolgte daher mit der Hilfe der Software ArcGIS Online der Esri GmbH. ArcGIS Online ermöglicht, geografische Daten online, anwendungsbezogen und nutzerspezifisch über Web Applikationen (WebApps) bereitzustellen und zu visualisieren. WebApps sind einfach zu bedienende Web-Anwendungen, die ohne spezielle Software über jeden Internetbrowser und alle mobilen Geräte mit Internetzugang aufgerufen werden können. Bei Bedarf kann der Zugang durch ein Passwort geschützt werden. Neben grundlegenden Funktionen zur Darstellung und Verwaltung der bereitgestellten Daten (Layerverwaltung, Zeichenerklärung) und zur Navigation (Adresssuche, Standortbestimmung) können je nach Anforderungen weitere nützliche Funktionen wie z. B. die Druckfunktion oder Pop-up-Informationen integriert werden. Auch kann der direkte Zugriff auf die sich hinter den angezeigten Inhalten stehenden Daten ermöglicht werden. Über eine Attributtabelle lassen sich die Daten eines Fachthemas ansehen, sortieren, auswählen und bei Bedarf auch exportieren. Zur Erklärung der Inhalte wurden für jedes Fachthema Erläuterungstexte verfasst, die ergänzend in den WebApps zum Abruf bereitstehen. Um die Verständlichkeit der Texte zu gewährleisten, wurden diese in Abstimmung mit den jeweiligen Nutzergruppen erstellt. Auch der Funktionsumfang jeder WebApp wurde in enger Abstimmung mit den späteren Nutzern festgelegt. Die entwickelten Funktionsmöglichkeiten des AIS sind in Abbildung 10 dargestellt.

Pilothafte Umsetzung
des AIS über Web
Applikationen

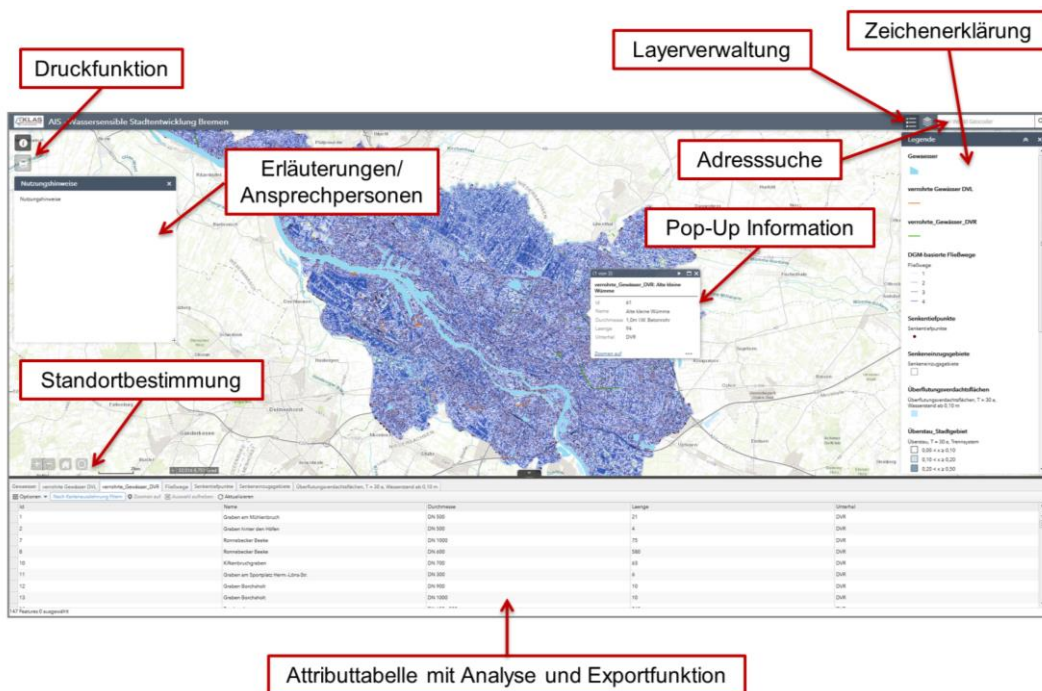


Abbildung 10: Grundlegende Funktionsmöglichkeiten der Web-Applikationen von ArcGIS Online

3.4 Inhaltliche Gestaltung und Pilotprojekte

3.4.1 AIS-Pfad 1: Risikomanagement

Sensible bzw. kritische Infrastrukturen, wie z. B. die Verkehrsinfrastruktur, die Versorgungsinfrastruktur oder die soziale Infrastruktur können bei Starkregeneignissen Schäden mit besonderen Auswirkungen für das öffentliche Leben nehmen und sind damit im Sinne der Überflutungsvorsorge vorrangig zu betrachten. Im ersten Pfad unterstützt das AIS den Baustein „Risikomanagement“, indem es Informationen zu Überflutungsgefahren und -risiken bereitstellt, die ein Risikomanagement für überflutungsgefährdete Infrastrukturen befördern und bei zukünftigen Infrastrukturplanungen berücksichtigt werden können. Als Hauptakteur für die Nutzung der bereitgestellten Informationen wurden die öffentlich-rechtlichen Infrastrukturträger identifiziert. Mit der Bereitstellung von Daten zu Gefahren- und Schadenspotentialen unterstützt das AIS die Durchführung von Risikoanalysen und -bewertungen für kritische Infrastrukturen. Zur Einschätzung der Überflutungsgefahr hält das AIS die für Bremen berechneten Überflutungsflächen vor und gibt Auskunft über die zu erwartenden Wasserstände. Zudem stellt es die Ergebnisse der topografischen Analyse in Form von DGM-basierten Fließwegen, Senkentiefpunkten und Senkeneinzugsgebieten bereit. Mit Hilfe weiterer Grundlagendaten zur Topografie, zu Gewässern und zum Kanalnetz sind erste Einschätzungen zur Beziehung zwischen Ursache und Wirkung der Überflutungsgefahren möglich. Für die Analyse des Überflutungsrisikos sind darüber hinaus Daten zum Schadenspotential der jeweiligen Nutzungen erforderlich. Denn erst, wenn eine sensible Nutzung mit einer Überflutungsgefahr aufeinander trifft, besteht ein tatsächliches Risiko. Die Einschätzung des Schadenspotentials obliegt dem Träger der jeweils betrachteten Infrastruktur, da nur bei diesem die erforderliche, differenzierte Fachkenntnis vorhanden ist. Die ermittelten Schadenspotentiale können als Fachthema zur Verschneidung mit dem Gefahrenpotential in das AIS integriert werden.

Mit der Bereitstellung von Grundlagendaten unterstützt das AIS die Durchführung von Risikoanalysen für kritische Infrastrukturen

Im Projekt KLASII wurde das dahingehend entwickelte AIS im Rahmen eines Pilotprojekts zur Ermittlung des Überflutungsrisikos für Stromversorgungseinrichtungen im Bremer Stadtteil Findorff eingesetzt. Es diente zur Bereitstellung und zum Austausch von Daten zur Überflutungsgefährdung und erwies sich als hilfreiches Werkzeug im Zuge der bei einer Ortsbegehungen durchgeführten Risikoanalyse und -bewertung (s. Abbildung 11).

Die Analyse und Bewertung des Überflutungsrisikos wurden in enger Zusammenarbeit mit der in Bremen für die Stromversorgung zuständigen wesernetz Bremen GmbH vorgenommen. Aufgrund der hohen Anzahl von Stromversorgungseinrichtungen in Findorff wurde die Analyse des Überflutungsrisikos zunächst auf Stromversorgungseinrichtungen mit einer hohen Überflutungsgefährdung begrenzt. Da die Standortinformation der einzelnen Stromversorgungseinrichtungen lediglich gebäudescharf vorlag, wurde auch die Ermittlung und Klassifizierung der Überflutungsgefährdung gebäudescharf vorgenommen. Mit Hilfe eines eigens entwickelten Algorithmus wurde für alle Gebäude mit verzeichneter Stromversorgungseinrichtung der maximal am Gebäude anstehende Wasserstand berechnet. Im Zuge der Bewertung und Klassifizierung der Wasserstände wurde zudem die örtliche Nähe eines Gebäudes zu bedeutsamen DGM-basierten Fließwegen berücksichtigt. Die Ergebnisse der Analyse wurden im Anschluss daran allen beteiligten Akteuren über das AIS bereitgestellt.

Analyse und
Bewertung des
Überflutungsrisikos
für Stromversor-
gungseinrichtungen

Die Einschätzung des Überflutungsrisikos erfolgte anschließend im Rahmen von Ortsbegehungen hoch gefährdeter Standorte, die das Projektteam gemeinsam mit dem Infrastrukturträger exemplarisch durchführte. Die bauliche und funktionelle Ausgestaltung der begangenen Anlagen und das damit verbundene Schadenspotential stellten sich als sehr divers dar. Bewertungen zum Schadenspotential und zum Überflutungsrisiko können daher nicht ohne umfassende Orts- und Anlagenkenntnisse vorgenommen werden. Die berechnete Überflutungsgefährdung erwies sich im Zuge der örtlichen Überprüfung weitgehend als plausibel. Es zeigte sich jedoch, dass die Aussagekraft durch eine höhere Auflösung der Berechnungsergebnisse (aktuell im Raster von 5 m x 5 m) noch deutlich verbessert werden sollte. Zudem könnte die Priorisierung der Wasserstände durch bessere Standortinformationen (Lage im Gebäude, etc.) geschärft werden.

Zusammenfassend hat sich anhand dieses Pilotprojektes zur Unterstützung der Risikoanalyse und -bewertung für die Stromversorgungsinfrastruktur gezeigt, dass die Bereitstellung von bisher bei den Infrastrukturträgern nicht vorhandenen Informationsgrundlagen die Umsetzung von Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge befördern kann. Das AIS stellt sich hierbei als Instrument zur Gefahren- und Risikokommunikation heraus und hilft den Zuständigen dabei, Entscheidungen über die Umsetzung von Maßnahmen auf der Basis fundierter Datengrundlagen treffen zu können. Durch die Integration der Informationen zur Überflutungsgefährdung in Planungs- und Betriebsprozesse bei den Infrastrukturträgern ergeben sich zudem hohe Synergiepotenziale.

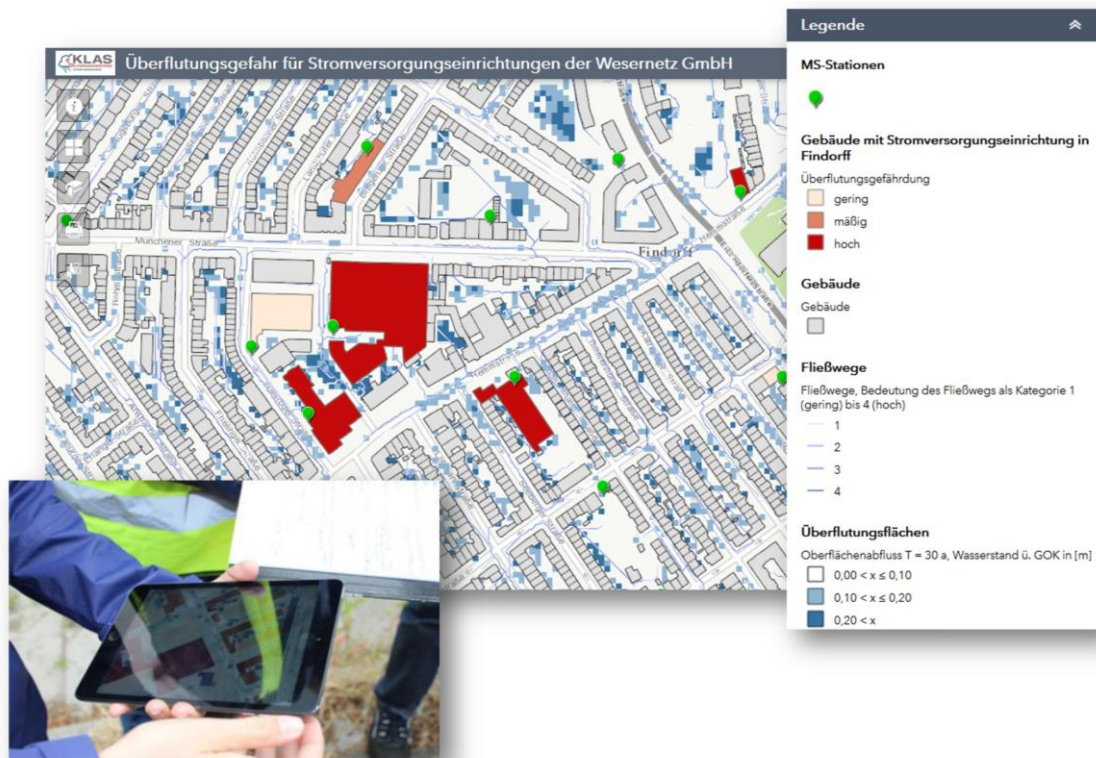


Abbildung 11: WebApp zur Bereitstellung von Daten zur Überflutungsgefährdung und Standorten von Stromversorgungseinrichtungen

3.4.2 AIS-Pfad 2: Wassersensible Stadtentwicklung

Öffentliche Planungs- und Bauvorhaben, wie z. B. die Bauleitplanung oder Straßengrundsaniierungen, bieten einen sinnvollen Anknüpfungspunkt, um Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge umsetzen zu können. Im Zuge dieser Verfahren können Maßnahmen wie eine Gestaltung der Oberfläche zur schadlosen Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser, gezielte Objektschutzmaßnahmen oder abflussmindernde Maßnahmen im Sinne eines naturnahen Umgangs mit Regenwasser festgesetzt bzw. umgesetzt werden. Diese Maßnahmen bringen zusätzlich viele positive Synergien z. B. für den Gebietswasserhaushalt, das Lokalklima und die Lebensqualität mit sich. Wenn es langfristig und kontinuierlich gelingt, die Belange der Überflutungsvorsorge in die Planungsverfahren einzubringen, kann das Stadtgebiet sukzessive an Starkregenereignisse angepasst werden. Fundierte Informationsgrundlagen können dabei helfen, die Gefahren und Risiken, die vermieden werden sollen, sichtbar zu machen und Potentiale zur Anpassung aufzuzeigen.

Die Berücksichtigung der Belange der Überflutungsvorsorge bei öffentlichen Planungs- und Bauvorhaben im Sinne einer wassersensiblen Stadtentwicklung wird in der Stadtgemeinde Bremen derzeit institutionalisiert. Ziel ist eine kontinuierliche Einbringung der Belange in die Verfahren der Bauleitplanung und in weitere, räumlich relevante Planungsvorhaben, wie z. B. den Straßenbau.

An diesen Bedarf kann das Auskunftssystem anknüpfen, in dem es umfassende Daten

Berücksichtigung der Belange der Überflutungsvorsorge bei öffentlichen Planungs- und Bauvorhaben

- zu vorhandenen Überflutungsgefahren (Oberflächenabfluss, Kanalüberstau, Wasserstände),
- zur Topografie (digitales Geländemodell, Fließwege, Senken),

- zu Schadenspotentialen (Flächennutzung, Gebäude, Gebäudenutzung),
- zu Anpassungspotentialen (Niederschlagssensibilität, Entwicklungspotentiale zur Anpassung an den Klimawandel (Bremischer Beiplan zum Flächennutzungsplan), Versickerungspotentiale, Gewässerreaktivierungspotentiale) sowie
- weitere, räumlich relevante Grundlageninformationen (Entwässerungsverfahren, Gewässer, Stadtplan, Straßenkarte, Luftbilder)

bereitstellt (s. Abbildung 12). Die Planungsinformationen aus dem AIS können so frühzeitig erste Hinweise für besondere Gefahren und Potentiale im Plangebiet geben und im Detail über die Behördenbeteiligung mittels fundierter Stellungnahmen und Hinweisen für die Planung in die Verfahren eingebracht werden.

Darstellung von
Gefahren- und
Maßnahmen-
potentialen

Im vorliegenden Projekt wurde das dahingehend entwickelte AIS im Rahmen von Pilotvorhaben zur Einbringung der Belange der Überflutungsvorsorge in die Bauleitplanung eingesetzt und einem Praxistest unterzogen. Für ausgewählte Planungsverfahren wurden mit Hilfe der Informationen aus dem AIS Stellungnahmen im Rahmen der frühzeitigen und formalen Behörden- und Trägerbeteiligung erstellt. So konnten auf Grundlage fundierter und abwägungssicherer Informationen Hinweise auf besondere Überflutungsgefahren und -risiken gegeben werden. Darüber hinaus konnte auf Anpassungsoptionen, wie vorhandene Versickerungsmöglichkeiten oder zu reaktivierende Gewässerabschnitte hingewiesen werden.

Im konkreten Beispiel stand u.a. eine Bauleitplanung zur Entwicklung einer rund 10 ha großen Fläche zu einem Stiftungsdorf und zu einem Wohnstandort für einen Praxistest des AIS zur Verfügung. Über mündliche und schriftliche Stellungnahmen wurden die Informationen aus dem AIS in das Scoping und die Behördenbeteiligung eingebracht. So konnten entsprechende Planungshinweise für eine wassersensible Gestaltung des Planungsraumes gegeben werden. Für das Gebiet wurde ein dezentrales Entwässerungskonzept über private und öffentliche Mulden entwickelt sowie Retentionsräume für seltene Starkregenereignisse in das Freiraumkonzept integriert. Zusätzlich sollen abflussmindernde Maßnahmen, wie die Begrünung von Flachdächern und die wasserdurchlässige Gestaltung von Oberflächenbefestigungen umgesetzt werden.

Neben einem Praxistest im Zuge der Behördenbeteiligung an weiteren, öffentlichen Planungsverfahren (insb. Bauleitplanung, Straßengrundsanie rung) wurde der Entwicklungsstand des AIS für den Pfad „Wassersensible Stadtentwicklung“ auf zwei Workshops mit den Stadtplaner/-innen diskutiert und Hinweise bzgl. der notwendigen, fachlichen Inhalte, der Darstellungsweise, den Erläuterungsbedarfen sowie dem Funktionsumfang des Systems aufgenommen. Zum Beispiel wurde noch der Bedarf formuliert, das im vorangehenden KLAS-Projekt (2012-2014) erarbeitete „Merkblatt für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung in Bremen“ (SUBV, 2015 b) in das System einzubinden. Da die Nachfrage nach dem Merkblatt über das AIS erhöht wurde, wurde ergänzend eine Printversion des Merkblattes gedruckt und verteilt.

Merkblatt für eine
wassersensible Stadt-
und Freiraum-
gestaltung in Bremen

Zusammenfassend kann die Bereitstellung von Planungs- und Entscheidungsgrundlagen über das Auskunftssystem Überflutungsvorsorge als sinnvolles und notwendiges Instrument im Kontext der Implementierung einer wassersensiblen Stadtentwicklung beurteilt werden. Der derzeitige Entwicklungsstand hat sich im Praxistest bewährt und kann auf dieser Grundlage bis zur

Umsetzungsreife weiter entwickelt werden. Insbesondere im Hinblick auf eine Anwenderunterstützung zur implementierten Einbindung des AIS in die Planungsprozesse ist eine weitere Ergänzung notwendig. Dann stellt sich das AIS als wesentlicher Institutionalierungsbaustein einer wassersensiblen Stadtentwicklung dar.

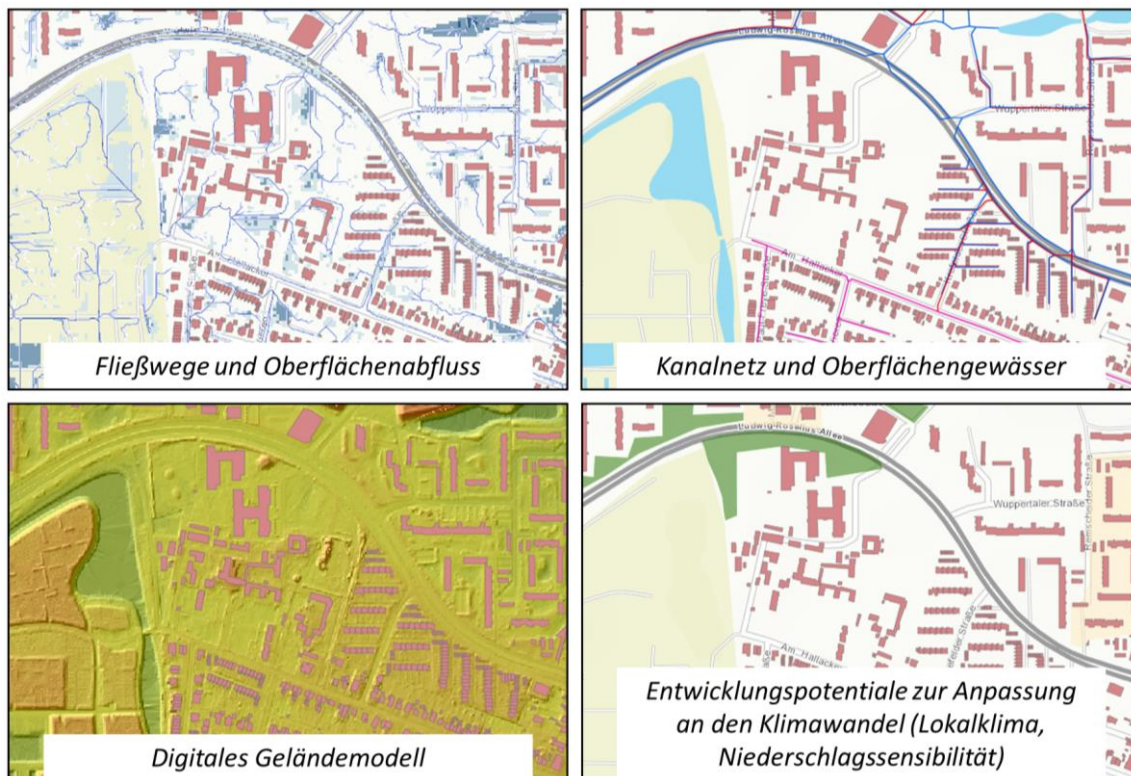


Abbildung 12: Auszug aus den Informationsinhalten des AIS im Pfad "Wassersensible Stadtentwicklung"

3.4.3 AIS-Pfad 3: Eigentümerinformation

Trotz umfassender Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge im öffentlichen Raum im Zuge des Risikomanagements und der wassersensiblen Stadtentwicklung kann ein vollumfänglicher Schutz vor Überflutungen von privaten Grundstücken auch langfristig nicht hergestellt werden. Ein Restrisiko für Überflutungen besteht in jedem Fall, sodass die Grundstückseigentümer/-innen aufgefordert sind, Eigenvorsorge zu betreiben, um sich selbst und ihre Sachwerte angemessen zu schützen.

Restrisiko: der vollumfängliche Schutz von Privatgrundstücken ist nicht möglich

Die starkregenbedingten Überflutungsgefahren sind nicht immer offensichtlich für die Bevölkerung erkennbar, sodass ein Betroffenheitsgefühl ohne leidliche, eigene Erfahrung bei einem Starkregenereignis in der Vergangenheit, nicht vorausgesetzt werden kann. Die kartenbasierte Beauskunftung der Bevölkerung zu lokalen Überflutungsgefahren kann ein Mittel sein, um für Starkregengefahren und -risiken zu sensibilisieren und Interesse wie auch Verständnis bei den Grundstückseigentümer/-innen zu erzeugen.

In Deutschland gibt es bisher keinen gesetzlichen Rahmen zur Erstellung und Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten. Dadurch besteht ein gesetzlicher Graubereich, sodass sich die Kommunen selbst entscheiden müssen, ob und in welchem Umfang Informationen zu Starkregengefahren für die Öffentlichkeit

zugänglich gemacht werden.

In Anlehnung an das Bremer Modell zur Überflutungsvorsorge (s. Abschnitt 1.1) wurde daher im Rahmen des vorliegenden Projektes auch ein Konzept für die Bereitstellung von Informationen zu Überflutungsgefahren zur Stärkung der Eigenvorsorge von Grundstückseigentümer/-innen entwickelt.

Es wurden fünf verschiedene Modelle diskutiert, nach denen eine Beauskunftung von Grundstückseigentümern grundsätzlich möglich ist (s. Abbildung 13). Als Ziel jedes Auskunftmodells wurde die persönliche und fachkundige Beratung von Grundstückseigentümern auf dem eigenen Grundstück angesehen. Diese bietet optimale Möglichkeiten, die komplexen thematischen Zusammenhänge anschaulich und verständlich zu erklären. Auch kann gezielt auf mögliche Maßnahmen zur Eigenvorsorge hingewiesen werden. Die Aufmerksamkeit der Grundstückseigentümer auf das Beratungsangebot kann hierbei entweder aus der Betroffenheit aus einem Ereignis und dem anschließenden Informationsbedarf resultieren (Modell 1) oder aber durch die gezielte Bewerbung und die generelle Sensibilisierung der Öffentlichkeit für das Thema „Überflutungsgefahr bzw. -vorsorge“ aktiv gewonnen werden (Modell 2 - 5).

Fünf verschiedene
Modelle zur
Beauskunftung von
Grundstückseigentü-
mern

Als wichtiges Werkzeug zur Sensibilisierung wird die Veröffentlichung von ermittelten Starkregengefahren gesehen. Möglich ist dies z. B. mit einer im Internet frei zugänglichen Starkregengefahrenkarte, die potenzielle Überflutungsflächen großmaßstäblich als Übersicht (Modell 2 und 4) oder aber detailliert bis auf die Grundstücksebene (Modell 5) zeigt. Da es sich bei Grundstücken um personenbezogene Daten handelt, ist hierbei nach Paragraph §9 des Umweltinformationsgesetzes (BMJV, 2014), abzuwägen, ob die Interessen der Betroffenen durch die Veröffentlichung der Daten erheblich beeinträchtigt werden (z. B. durch wirtschaftliche Nachteile wie höhere Versicherungsbeiträge, Wertverlust, etc.) oder das öffentliche Interesse an der Bekanntmachung überwiegt (Daseinsvorsorge, Risikomanagement, Eigenvorsorge).

Veröffentlichung von
Informationen zu
Überflutungsgefahren

Unter Berücksichtigung der datenschutzrechtlichen Belange wurde für die Beauskunftung der Grundstückseigentümer in Bremen das Modell 4 als Vorzugsmodell gewählt. In einem ersten Schritt soll hier die Aufmerksamkeit der Grundstückseigentümer über eine frei zugängliche Übersichtskarte gewonnen und das Interesse an weitergehenden Informationen geweckt werden. Nach einem Identitätsnachweis können anschließend detaillierte Informationen zum eigenen Grundstück beantragt werden. Diese können z. B. aus Detailkarten, Erläuterungen und weitergehendem Informationsmaterial bestehen und Hinweise auf die Möglichkeit zur persönlichen Beratung beinhalten.

Sensibilisierungskarte

Im Rahmen des Projektes wurde bereits ein erster Entwurf einer Sensibilisierungskarte mit Hilfe einer WebApp erstellt. Auch wurden testweise Layouts verschiedener Kartenausschnitte für eine detaillierte Beauskunftung im Rahmen der persönlichen Kundenberatung der hanseWasser Bremen GmbH durchgeführt. Das AIS bietet in diesem Zusammenhang die Möglichkeiten des Datenmanagements und der Bereitstellung von Informationen zu Überflutungsgefahren für die Sensibilisierungskarte, für die detaillierte Beauskunftung sowie für eine qualifizierte Beratung vor Ort. Zur Umsetzung des Vorzugsmodells sind die entwickelten Ansätze jedoch noch zu konkretisieren und auszugestalten. Zudem sollte die Veröffentlichung und Bereitstellung entsprechender Informationen in ein umfassendes Kommunikationskonzept eingebettet werden.

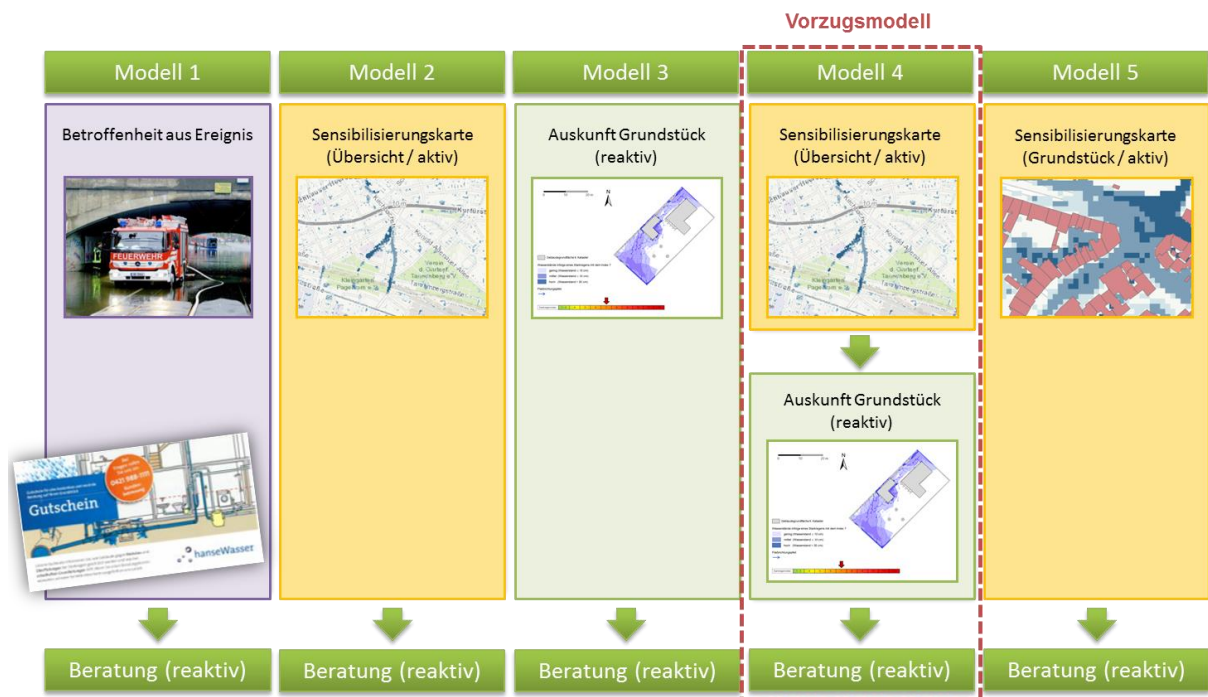


Abbildung 13: Mögliche Modelle zur Beauskunftung von Grundstückseigentümern

3.5 Übertragbarkeit auf andere Kommunen

Die Bereitstellung von fundierten Planungs- und Entscheidungsgrundlagen ist ein wichtiges, wenn nicht das wichtigste Instrument zur Beförderung der kommunalen Überflutungsvorsorge. Im Zuge der im Rahmen des Projektes durchgeführten Erfahrungsaustausche (s. Abschnitt 4) ist deutlich geworden, dass die Frage der Kommunikation von Gefahren und Risiken sowie der Bereitstellung zielgerichteter Informationen für ein Risikomanagement, für die wassersensible Stadtentwicklung sowie für die Öffentlichkeit bzw. die Grundstückseigentümer vielerorts diskutiert und für besonders wichtig erachtet wird.

Das im vorliegenden Projekt entwickelte Auskunfts- und Informationssystem Überflutungsvorsorge stellt erstmals einen gesamtstrategischen Ansatz der Bereitstellung von Informationsgrundlagen im Sinne einer Gefahren- und Risikokommunikation für alle Bausteine bzw. Aufgabenbereiche der kommunalen Überflutungsvorsorge dar. Ergänzend bietet es Ansätze zur institutionalisierten Einbindung der Informationen in die jeweiligen Arbeitsprozesse, da es zielgruppengerecht und anwendungsbezogen konzipiert ist. Hierin liegt der Vorteil der einzelnen WebApps im Gegensatz zu einem allumfassenden Stadt-GIS. Jeder Anwender erhält genau die Informationen, die für die spezifische Fragestellung benötigt werden sowie passgenaue Erläuterungen und Hinweise. Das AIS bietet somit zum einen eine Hilfestellung für die Beauskunftung öffentlich-rechtlicher Akteure und zum anderen kann es die Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten mit dem entwickelten, gestuften Modell zur Beauskunftung von Grundstückseigentümern zur Stärkung der Eigenvorsorge unterstützen.

Im Zuge der Konzeption ist darüber hinaus deutlich geworden, welche Datengrundlagen und weitergehende Analysen für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgaben benötigt werden. Diese Erkenntnis kann auch anderen Kommunen bei der Erstellung von Informationsgrundlagen hilfreich sein. In vielen Behörden wird mittlerweile mit georeferenzierten Daten gearbeitet und die softwareunabhängige Online-GIS-Lösung kann grundsätzlich in jedem Tätigkeitsfeld angewandt

Gesamtstrategischer Ansatz der Bereitstellung von Informationsgrundlagen im Sinne einer Gefahren- und Risikokommunikation für alle Aufgabenbereiche der kommunalen Überflutungsvorsorge

werden.

Das Auskunftssystem und Informationssystem ist im Gesamten zur Unterstützung einer umfassenden kommunalen Überflutungsvorsorge mit allen Bausteinen aber auch in einzelnen Pfaden auf andere Kommunen bzw. zuständige Gebietskörperschaften (z. B. Landkreise) übertragbar.

4 Arbeitspaket 3: Interkommunaler Austausch und Kooperation mit anderen Kommunen zur Überflutungsvorsorge

4.1 Erfahrungsaustausch „Veröffentlichung von Informationen zu Starkregengefahren“

Mit dem Ziel, weiteren Input für den Pfad „Stärkung der Eigenvorsorge von Grundstückseigentümern“ im Zusammenhang mit der Entwicklung des AIS zu erhalten, wurde unter dem Titel „Veröffentlichung von Informationen zu Starkregengefahren“ am 14. November 2016 in Bremen ein Erfahrungsaustausch durchgeführt. Eingeladen waren Vertreter/-innen ausgewählter Kommunen, die bereits Ansätze oder konkrete Projekte zum Thema aufweisen können. Insgesamt nahmen 22 Fachexperten und -expertinnen aus Bremen, Bremerhaven, Dresden, Erkrath, Heidelberg, Innsbruck (Österreich), Karlsruhe, Köln und Oldenburg teil. Gemeinsam wurde erörtert, welche Darstellungs- und Kommunikationsformen für die Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten zielführend sind und welchen (rechtlichen) Rahmenbedingungen die Veröffentlichung unterliegt. Darüber hinaus wurden die mögliche Wirkung der Informationen auf die Bevölkerung und die Einbindung der Erkenntnisse in Planungs- und Entscheidungsprozesse für Maßnahmen der kommunalen Überflutungsvorsorge erörtert. Für einen interessanten Input sorgten Impulsvorträge zu konkreten Projektvorhaben, die zu einer Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten geführt haben bzw. führen sollen (s. Abbildung 14). Zu folgenden Projekten wurden Impulsvorträge gehalten:

22 Fachexperten und -expertinnen aus Bremen, Bremerhaven, Dresden, Erkrath, Heidelberg, Innsbruck (Österreich), Karlsruhe, Köln und Oldenburg

- starkregengefahr.de - Internetplattform zum Thema Starkregen im Einzugsgebiet der Glems
- Visualisierung der Simulationsergebnisse aus dem Projekt DynAlp in einem WEB-GIS
- Veröffentlichung der Überflutungsgefährdung bei Starkregen im Themenstadtplan Dresden
- Auskunftssystem Überflutungsvorsorge für die Stadtgemeinde Bremen

Darüber hinaus gab es zahlreiche, interessante Redebeiträge zu den Aktivitäten in Köln (<https://www.steb-koeln.de/hochwasser-und-ueberflutungsschutz/akutes-hochwasser/die-hochwassergefahrenkarte/die-hochwassergefahrenkarte.jsp#HGFK4>), Karlsruhe und Oldenburg.

Im Ergebnis des Erfahrungsaustausches kann festgehalten werden, dass eine Bereitstellung und Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten maßgeblich dazu beitragen wird, die Überflutungsvorsorge bei kommunalen Planungs- und Entscheidungsprozessen voranzutreiben und die Eigenvorsorge der Grundstückseigentümer zu stärken. Die Veröffentlichung unterliegt nur wenigen, datenschutzrechtliche Einschränkungen und ist vor dem Hintergrund des Schutzes personenbezogener Daten abzuwägen bzw. entsprechend zu gestalten. Aus fachlicher Sicht ist die Veröffentlichung durch eine gute Kommunikationskampagne zu begleiten.

Die Veröffentlichung von Überflutungsgefahren unterliegt nur wenigen, datenschutzrechtliche Einschränkungen und ist vor dem Hintergrund des Schutzes personenbezogener Daten abzuwägen

Individuelle Beratungsangebote helfen zudem, die Erkenntnisempfänger bei der Interpretation der Gefährdungslage zu unterstützen.



Abbildung 14: Eindrücke vom KLASII- Erfahrungsaustausch am 14. November 2017 in Bremen zum Thema "Veröffentlichung von Informationen zur Starkregengefahren" (Bildquelle: Dr. Pecher AG)

4.2 Erfahrungsaustausch „Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung in Bremen (KLASII)“

Zur Vorstellung und Diskussion der Projektergebnisse vor dem Hintergrund der Übertragungsmöglichkeiten auf andere Kommunen wurde am 9. Juni 2017 ein interkommunaler Erfahrungsaustausch mit dem Titel „Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung in Bremen (KLAS II)“ durchgeführt. Die Teilnahme war für den interessierten Teilnehmerkreis geöffnet. Rund 30 kommunale und institutionelle Vertreter/-innen sowie Vertreter der DBU kamen in das Alte Pumpwerk nach Bremen-Findorff (s. Abbildung 15).

Thematisch lehnte sich die Veranstaltung an den Arbeitsschwerpunkten des Projektes KLAS an. In einem ersten Vortragsblock wurde die Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten Modellen thematisiert. Neben einem Überblick zu den Grundlagen der modellbasierten Berechnungsmethoden wurde ein Vergleich zwischen vereinfachten und detaillierten Modellen angestellt und die Vor- und Nachteile sowie Einsatzzwecke des neuen, vereinfachten, stadtgebietsweiten Berechnungsansatzes dargelegt. Der Praxisleitfaden, in den die Erkenntnisse einfließen, wurde angekündigt.

Der zweite Vortragsblock hatte das Auskunftssystem Überflutungsvorsorge (AIS) zum Inhalt. Anhand praktischer Beispiele wurde erläutert, wie die Bereitstellung von Informationsgrundlagen die Prozesse der kommunalen Überflutungsvorsorge fundiert unterstützen kann. Neben einem Beispiel für die Anpassung der Stromversorgungsinfrastruktur an Starkregenereignisse im Sinne eines Risikomanagements wurde ein praktisches Beispiel aus der Bauleitplanung

für eine wassersensible Stadtentwicklung gezeigt. Darüber hinaus wurden die Anforderungen und erste Konzepte zur Sensibilisierung von Grundstückseigentümer/-innen für eine Eigenvorsorge gegenüber starkregenbedingten Gefahren aufgerufen.

Im Rahmen des interdisziplinären Austausches ergänzte ein Vortrag zur multifunktionalen Flächennutzung und einer dafür entwickelten Arbeitshilfe des Schwesterprojektes MURIEL (MUST Städtebau GmbH, 2017) die Veranstaltung.

Zusammenfassend haben die Diskussions- und Redebeiträge im Rahmen des Erfahrungsaustausches gezeigt, dass der in Bremen entwickelte, vereinfachte, stadtgebietsweite Ansatz zur Überflutungsberechnung nachvollzogen werden kann und belastbar ist. Die Ergebnisse der stadtgebietsweiten Berechnung werden als wichtige Grundlage für eine Sensibilisierung von Akteuren und die Gefahren und -risikokommunikation im Kontext der Überflutungsvorsorge angesehen. Der Strategie zur Institutionalisierung einer wassersensiblen Stadtentwicklung in Bremen mit den Bausteinen „Kümmern-Funktion im Rahmen der Behördenbeteiligung bei Planungsverfahren“ und AIS wurde ein hohes Übertragungspotential zugesprochen. Die Teilnehmer/-innen stellten darüber hinaus im Besonderen die Notwendigkeit der Sensibilisierung von Grundstückseigentümern zur Stärkung der Eigenvorsorge heraus. Die Umsetzung des Auskunft- und Informationssystems Überflutungsvorsorge wird in allen drei Pfaden als besonders sinnvoll erachtet.

DBU-Projekt MURIEL:
Entwicklung einer
Arbeitshilfe zur
multifunktionalen
Flächennutzung



Abbildung 15: Die KLAS-Projektpartner sowie Vertreter der Deutschen Bundesstiftung Umwelt auf dem Interkommunalen Erfahrungsaustausch "Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung" (KLAS II) am 9. Juli 2017 im Alten Pumpwerk in Bremen- Findorff (Bildquelle: Ulf Jacob)

4.3 Veröffentlichungen der Projektergebnisse

Die Ergebnisse des Projekts wurden auf verschiedenen Fachtagungen im In- und Ausland sowie in nationalen und internationalen Veröffentlichungen vorgestellt:

Veröffentlichungen

Behnken, K.; Koch, M.; Jeskulke, M.; Hoppe, H. (2017): KLASII - Erfahrungsaustausch in Bremen zur Veröffentlichung von Informationen zu Starkregengefahren.

Korrespondenz Abwasser, Abfall 2017 (64), Nr. 3, S. 198.

Behnken, K.; Koch, M.; Jeskulke, M.; Hoppe, H. (2017): KLASII - Erfahrungsaustausch in Bremen zur Veröffentlichung von Informationen zu Starkregengefahren. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2017 (10), Nr. 1, S. 11.

InKoKa (2016): Überflutungsvorsorge in Bremen – KLAS II. Informationsbeitrag, Newsletter Nr. 8, Interkommunalen Koordinierungsstelle Klimaanpassung, September 2016

Jeskulke, M.; Hoppe, H.; Massing, C.; Stokman, A.; Koch, M.; Behnken, K.; Gatke, D.; Thielking, K.; Wurthmann, J. (2017): Flood risks in urban areas - data analysis, communication and mitigation. FIG Working Week 2017, 31. Mai 2017, Helsinki, Finnland.

Koch, M.; Behnken, K.; Hoppe, H.; Jeskulke, M.; Gatke, D.; Thielking, K.; von Horn, J. (2016): Weiterentwicklung der KLimaAnpassungsStrategie Extreme Regen in Bremen: KLASII – Projektergebnisse, Modellbetrachtungen und Entwicklung eines Auskunfts- und Informationssystems Überflutungsvorsorge. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2016 (9), Nr. 7, S. 402 - 407.

Vorträge

Behnken, K. (2017): Bremer Häuser im Klimawandel Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung in Bremen (Projekt KLAS). DIfU-Fortbildung Praxis-Wissen-Erfahrungsaustausch, Klimaangepasst bauen und sanieren – Kommunen informieren ihre Bürgerschaft, 20.02.2017 in Berlin.

Behnken, K. (2016): Auskunfts- und Informationssystem Überflutungsvorsorge für die Stadtgemeinde Bremen. KLAS Erfahrungsaustausch „Veröffentlichung von Informationen zu Starkregengefahren“, 14.11.2016 in Bremen.

Behnken, K.; Schneider, B. (2016): Projekt KLAS – Überflutungsvorsorge als Beitrag zur Klimaanpassung in Bremen. Gründach-Forum Bremen, 25.10.2016 in Bremen.

Behnken, K. (2016): KLAS-KLimaAnpassungsStrategie Extreme Regenereignisse. Vernetzungstreffen der Projekte des DAS-Förderprogramms „Anpassung an den Klimawandel“, Moderierter Poster-Rundgang, 09.06.2016 in Bonn.

Behnken, K. (2016): A strategy for Bremen's adaption to extreme climate change-related rainfall events- the KLAS project. Einführungsseminar der Klimaschutzstipendiaten der Alexander von Humboldt- Stiftung, 17.03.2016 in Bremen.

Behnken, K. (2016): Überflutungsvorsorge als Beitrag zur Klimaanpassung (KLAS) in Bremen. Sustainable Built Environment Conference, Session 3E DBU – Klimafolgenanpassung und Regenwassermanagement, 10.03.2016 in Hamburg.

Hoppe, H.; Behnken, K. (2017): Entwicklung einer neuen Methodik zur vereinfachten, stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung mit GIS- basierter Darstellung der Analyseergebnisse am Beispiel der Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung (KLAS) in Bremen. Stipendiatenakademie der DBU „Naturschutz und Wasser“, 08.03.-11.03.2017 in Osnabrück.

Jeskulke, M. (2017): Ermittlung der Überflutungsgefährdung von Stromversorgungseinrichtungen der wesernetz GmbH im Bremer Stadtteil Findorff. KLAS Erfahrungsaustausch „Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung in Bremen (KLASII)“, 09.06.2017 in Bremen.

Jeskulke, M.; Hoppe, H.; Koch, M.; Behnken, K. ; Gatke, D.; Thielking, K.; von Horn, J. (2017): Entwicklung eines Auskunft- und Informationssystems Überflutungsvorsorge (AIS) in Bremen. TAH-Veranstaltung „Mut zu neuen Wegen“, 2. Februar 2017 in Lünen.

Koch, M. (2017): Überflutungsvorsorge im Kontext der Klimaanpassung in Bremen (Projekt KLAS). LANUV- Erfahrungsaustausch F&E Vorhaben zum Thema Stadtentwässerung und Starkregen, 15.02.2017 in Düsseldorf.

Koch, M.; Behnken, K. (2016): Anpassungsstrategien an den Klimawandel – Projekte KLAS I und II. 17. Kölner Kanal und Kläranlagen Kolloquium, 14.09.2016 in Köln.

Koch, M. (2016): Merkblatt für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung. IFAT 2016, Forum „Sponge City“, 30.05.2016 in München.

Koch, M. (2015): Überflutungsvorsorge als Beitrag zur Klimaanpassung (KLAS). DBU-Innovationsforum Wasserwirtschaft „Aus der Forschung in die Praxis“, 18.11.2015 in Osnabrück.

Koch, M., Behnken, K., Hoppe, H., Benden, J. (2015): KLAS – Überflutungsvorsorge als Beitrag zur Klimaanpassung in Bremen. DWA-KlimaTag „Folgen erkennen – dynamisch planen – jetzt umsetzen“, 29.09.2015 in Essen.

Schäfer, K. (2017): Konzept des Auskunft- und Informationssystems Überflutungsvorsorge (AIS) für Bremen. KLAS Erfahrungsaustausch „Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung in Bremen (KLASII)“, 09.06.2017 in Bremen.

Schäfer, K. (2017): AIS und Wassersensible Stadtentwicklung – Pilotprojekte aus Bremen. KLAS Erfahrungsaustausch „Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung in Bremen (KLASII)“, 09.06.2017 in Bremen.

Thielking, K. (2017): Anlass, Grundlagen und Berechnungsmethoden. KLAS Erfahrungsaustausch „Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung in Bremen (KLASII)“, 09.06.2017 in Bremen.

Thielking, K. (2017): Klimaanpassungsstrategie (KLAS) in Bremen Welchen Mehrwert kann KLAS für Architekten bieten? Starkregen und Grundstücksentwässerung – Vertiefungsseminar der Architektenkammer Bremen / Ingenieurkammer Bremen, 09.05.2017 in Bremen.

von Horn, J. (2017): Entwicklung eines Leitfadens zur stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung im Rahmen des Projekts KLASII in Bremen. KLAS Erfahrungsaustausch „Überflutungsvorsorge und Klimaanpassung in Bremen (KLASII)“, 09.06.2017 in Bremen.

von Horn, J. (2017): Entwicklung eines Leitfadens zur stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung im Rahmen des Projektes KLAS II in Bremen. Expertenworkshop Überflutungsmodellierung, 03.05.2017 in Gelsenkirchen.

Veröffentlichungen von anderen Stellen (nicht Projektteam)

DBU (2015): Folgen des Klimawandels jetzt und für zukünftige Generationen besser managen. Pressemitteilung 18. August 2015, Nr. 52/2015, Osnabrück.

DWA (2017): Extremwetter: Neuer Leitfaden Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung veröffentlicht. Korrespondenz Abwasser, Abfall 2017 (64), Nr. 2, S. 93.

DWA (2015): DBU fördert Überflutungsvorsorge in Bremen. Korrespondenz Abwasser, Abfall 2015 (62), Nr. 12, S. 1053.

EUWID (2015): Deutsche Bundesstiftung Umwelt fordert bessere Bewältigung des Klimawandels. EUWID WASSER UND ABWASSER 35.2015, S. 7.

Menz, V.; Jacob, U. (2016): Aus der Forschung in die Praxis - Fünftes Innovationsforum Wasserwirtschaft. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2016 (9), Nr. 3, S. 137-140.

5 Fazit und Ausblick

5.1 Wissenschaftliche- und/oder technische Erfolgsaussichten der Projektergebnisse nach Projektende

Im Rahmen des Projekts wurden wichtige Grundlagendaten zur Überflutungsvorsorge identifiziert, zusammen getragen, aufbereitet, z. T. neu entwickelt und in einem GIS-basierten Auskunftssystem (AIS) fach- und aufgabenspezifisch ausgewählten Akteuren der Überflutungsvorsorge im Rahmen von Pilotprojekten zur Verfügung gestellt. Da die Aufbereitung und Bereitstellung der Daten in Absprache mit den späteren Anwendern erfolgte, konnten die Inhalte gezielt auf die jeweiligen Aufgaben zugeschnitten und das Interesse an dem neuen Planungswerkzeug geweckt werden. Die Rückmeldung der beteiligten Akteure war durchweg positiv, sodass das pilothaft umgesetzte AIS bereits jetzt aktiv in einzelnen Bereichen eingesetzt wird. Vor diesem Hintergrund wurde das AIS auch der Verwaltungsleitung in Bremen vorgestellt, die eine Weiterentwicklung des AIS bis zur Umsetzungsreife klar befürwortet. Um die notwendigen Entwicklungen bis zur Umsetzungsreife durchführen zu können, wurde bereits ein weitergehender Förderantrag an die DBU gestellt. Im Fokus steht hierbei nicht nur die technische Umsetzung, sondern vor allem auch die Entwicklung einer begleitenden Kommunikationsstrategie zum Thema Starkregen. Als wesentliche Punkte gelten hierbei auch die Beauskunftung von Grundstückseigentümern und die generelle Information der Öffentlichkeit zum Thema „Starkregen und Überflutungsvorsorge“.

Der im Projekt validierte und fortentwickelte Ansatz zur vereinfachten stadtgebietsweiten Überflutungsprüfung liefert belastbare Grundlagendaten für alle Planungs- und Entscheidungsprozesse im Bereich der Überflutungsvorsorge. Mit der Einbindung der Ergebnisdaten in das AIS finden die ermittelten Gefahrenpotentiale Eingang in das Risikomanagement kritischer Infrastrukturen, öffentliche

Der vereinfachte
Ansatz zur stadtge-
bietsweiten Ermitt-
lung von Überflu-
tungsflächen liefert
belastbare Ergebnisse

Planungs- und Bauvorhaben im Sinne einer wassersensiblen Stadtentwicklung und dienen der Stärkung der Eigenvorsorge von Grundstückseigentümer/-innen. Eine derart umfassende Gefahrenkommunikation wäre für eine so große Gebietskörperschaft wie die Stadtgemeinde Bremen ohne den entwickelten stadtgebietsweiten Ansatz nicht möglich gewesen. Ergänzend zu den Ergebnissen der Generalentwässerungsplanung, die in Bremen erst in einigen Jahren flächendeckend vorliegen werden, unterstützen die Ergebnisse des vereinfachten Ansatzes bereits heute die Ermittlung von Überflutungsschwerpunkten und ermöglichen bedarfsorientiert Detailbetrachtungen und die Entwicklungen gezielter Überflutungsschutzmaßnahmen. Vor- und Nachteile des vereinfachten Ansatzes sowie grundsätzliche Hinweise zur Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen können dem im Projekt entwickelten Leitfaden entnommen werden (HSB, 2017). Dieser knüpft an die Ausführungen der aktuellen Regelwerke (insbesondere DWA-M 119 (DWA, 2016)) an und erleichtert anderen Kommunen die Auswahl passender Berechnungsmethoden (detailliert/vereinfacht) für die unterschiedlichsten Fragestellungen. Die wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse des Projekts werden auf diesem Wege über die Grenzen der Stadtgemeinde Bremen hinaus auch in andere Städte und Kommunen verbreitet.

5.2 Fragestellungen für die Zukunft

Im Zuge der Projektbearbeitung ergaben sich verschiedene Fragestellungen, die Bestandteil weitergehender Betrachtungen und Forschungsprojekte sein können. So ist beispielsweise die Validierung der simulierten Überflutungsgefahren (Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten, Überflutungsflächen) mit empirisch ermittelten Werten kaum möglich. Zwar können Daten der Feuerwehr oder auch Fotos und Videos von Bürgern helfen, die Ergebnisse stichprobenartig zu überprüfen, jedoch fehlt es an Möglichkeiten zur großräumigen und wissenschaftlich Aufnahme und Dokumentation. Die innerhalb dieses Projekts getroffenen Aussagen zur Güte des vereinfachten stadtgebietsweiten Ansatzes beruhen daher auf Vergleichen mit detaillierten Modellen, die die Realität nach aktuellem Kenntnisstand bestmöglich abbilden.

Eine Verbesserung der Ergebnisse des stadtgebietsweiten Ansatzes könnte jedoch unabhängig davon bereits durch die gezielte Berücksichtigung von Gewässern II. Ordnung erreicht werden. Da diese in Bremen als Ableitungs- und Retentions-elemente maßgeblich Einfluss auf Abflussvorgänge auf der Oberfläche haben, ist es sinnvoll, diese detaillierter als bisher in die Gefahrenanalyse mit einzubeziehen. Die erforderliche Datengrundlage wird derzeit in Bremen erstellt.

Neben der Simulation von Überflutungsprozessen bestand eine wesentliche Aufgabe in der Projektarbeit in der Entwicklung von Konzepten zur Bereitstellung und Kommunikation der ermittelten Gefahren. Es hat sich gezeigt, dass die alleinige Bereitstellung von Daten nicht zielführend ist. So bedarf es begleitender Erklärungstexte, um die Inhalte auch fachfremden Akteuren (z. B. Feuerwehr, Infrastrukturträger, etc.) verständlich machen zu können. Im Rahmen des Projekts wurden bereits entsprechende Texte für ausgewählte Bereiche entwickelt. Zudem wurden die Daten in Abstimmung mit den jeweiligen Akteuren anwendungsspezifisch aufbereitet und zusammengestellt. Die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen sollten nun eingesetzt werden, um die Daten auch in anderen Bereichen zugänglich zu machen und weitere Risikoanalysen durchzuführen. Hierzu sind z. T. neue wissenschaftliche Ansätze (z. B. zur differenzierten Ermittlung von Überflutungsgefahr für Gebäude) erforderlich, die es noch zu entwickeln

Validierung von
Simulationsergebnis-
sen mit empirisch
ermittelten Daten

Die Ausdehnung der
Risikoanalysen
erfordert z. T. die
Entwicklung neuer
wissenschaftlicher
Ansätze

gilt.

Im Kontext der wassersensiblen Stadtentwicklung gilt es darüber hinaus, Konzepte zur rechtsverbindlich Festsetzung von Gefahrenbereichen in der Bauleitplanung zu entwickeln. Erste Ansätze wurden hierzu z. B. im Rahmen des Projekts KLAS I (2012-2014) mit der Erstellung von Beiplänen zum Flächennutzungsplan verfolgt. Die Veröffentlichung von Informationen zu Starkregengefahren befindet sich derzeit jedoch in einem „rechtlichen Graubereich“. Dies hat sich vor allem auch im Rahmen des interkommunalen Erfahrungsaustauschs zur Veröffentlichung von Überflutungsgefahren (im Kontext der Beauskunftung von Grundstückseigentümern) gezeigt. Nach dem Umweltinformationsgesetz sind hierbei stets öffentliche und private Belange gegeneinander abzuwiegen. Die Förderung des öffentlichen Interesses an Informationen zur Überflutungsgefahr, z. B. durch die Entwicklung von Informationsbroschüren, Sensibilisierungskarten, etc., kann die Schaffung einer Gesetzesgrundlage zur Veröffentlichung von Überflutungsgefahren voranbringen.

In der Zukunft steht somit nicht mehr nur die Frage nach Möglichkeiten und Methoden zur Ermittlung von Überflutungsgefahren im Vordergrund sondern vor allem auch nach Wegen, diese den Akteuren der Überflutungsvorsorge anwendungsspezifisch und verständlich zur Verfügung zu stellen.

6 Literatur

BMJV (2014): Umweltinformationsgesetz. in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Oktober 2014 (BGBl. I S. 1643), Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz

Deutscher Städtetag, Deutscher Städte- und Gemeindebund, Deutscher Landkreis- tag & Verband Kommunalen Unternehmen e.V. (2017): Starkregen und Sturzfluten- Globalen Auswirkungen lokal begegnen. Gemeinsame Position von kommunalen Spitzenverbänden und VKU, Berlin, online abrufbar unter: https://www.vku.de/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1504173768&hash=d938de8eada968c11d7960e2e59d7fd2ddb7f599&file=fileadmin/media/Dokumen- te/Wasser_Abwasser/Umwelt/Niederschlagswasser/Lobbyblatt_Starkregen_2017_WEB.PDF, zuletzt abgerufen am 31.08.2017

DIN (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. DIN EN 752, Deutsches Institut für Normung e.V., April 2008, Berlin

DWA (2016): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen. DWA Merkblatt 119, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Dezember 2016, Hennef

DWA (2006): Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. DWA Arbeitsblatt 118, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Dezember 2006, Hennef

HSB (2017): Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen. Praxisleitfaden, erstellt im Rahmen des Forschungsprojekts „KLASII, Lehrgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Hochschule Bremen, Oktober 2017

ILPÖ (2016): Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung - Handlungsstrategien und Maßnahmenkonzepte zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetter. Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart. Online abrufbar unter:
http://www.samuwa.de/img/pdfs/leitfaden_wassersensible_stadtentwicklung.pdf, zuletzt abgerufen am 04.10.2017.

IPCC (2014): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II, III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016

LANUV (2010): Klimawandel und Kanalnetzberechnung (KUK) - Auswertung von Überflutungsereignissen in NRW und Hinweise zur Bemessung von Entwässerungssystemen vor dem Hintergrund des Klimawandels. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt IF 18, 2., bearbeitete Auflage, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, Februar 2010

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2016): Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg, Karlsruhe, online abrufbar unter:
https://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/261161/leitfaden_kommunales_starkregenrisikomanagement__hauptteil.pdf?command=downloadContent&filename=leitfaden_kommunales_starkregenrisikomanagement__hauptteil.pdf, zuletzt abgerufen am 31.08.2017

LAWA (2017): Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser- Jahresbericht 2016, Stuttgart, online abrufbar unter: [http://www.lawa.de/documents/20170209_LAWA_Jahresbericht_2016_end_\(1\)_469.pdf](http://www.lawa.de/documents/20170209_LAWA_Jahresbericht_2016_end_(1)_469.pdf), zuletzt abgerufen am 31.08.2017

MKULNV (2016): Konzept Starkregen NRW, Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr NRW & Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, online abrufbar unter:
https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/starkregen_konzept.pdf, zuletzt abgerufen am 31.08.2017

MUST Städtebau GmbH (2017): MURIEL – Multifunktionale Flächen in der Stadt, online abrufbar unter: <http://www.must.nl/de/projecten/muriel-multifunktionale-flaechen-in-der-stadt/>, zuletzt abgerufen am 31.08.2017

SUBV (2015 a): KlimaAnpassungsStrategie Extreme Regenereignisse (KLAS) - Umgang mit Starkregenereignissen in der Stadtgemeinde Bremen. Projektabschlussbericht, Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Freie Hansestadt Bremen, Juni 2015, Bremen, online abrufbar unter: www.klas-bremen.de (zuletzt abgerufen am 13.06.2017)

SUBV (2015 b): Merkblatt für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung - Empfehlungen und Hinweise für eine zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung und eine Überflutungsvorsorge bei extremen Regenereignissen in Bremen. Der

Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Freie Hansestadt Bremen, Juni 2015, Bremen, online abrufbar unter: www.klas-bremen.de (zuletzt abgerufen am 31.08.2017)

UMK (2016): Ergebnisprotokoll-86. Umweltministerkonferenz am 17. Juni 2016 in Berlin, online abrufbar unter https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/UMK-Protokoll_Juni_2016.pdf, zuletzt abgerufen am 31.08.2017