TEXTE
55/2019

Vorsorge gegen Starkregenereignisse und Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung – Analyse des Standes der Starkregenvorsorge in Deutschland und Ableitung zukünftigen Handlungsbedarfs

Abschlussbericht

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

TEXTE 55/2019

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3716 48 202 0
UBA-FB 002764

Vorsorge gegen Starkregenereignisse und Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung – Analyse des Standes der Starkregenvorsorge in Deutschland und Ableitung zukünftigen Handlungsbedarfs

Abschlussbericht

von

Christian Kind, Theresa Kaiser (Kapitel 1, 3 und 5)
adelphi, Berlin

Miriam Riese, Philip Bubeck, Eva Müggenburg, Annegret Thieken
(Kapitel 1, 4 und 5)
UP Transfer an der Universität Potsdam, Potsdam

Lynn Schüller, Regina Fleischmann, Annegret Thieken (Kapitel 2, 3 und 5)
Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V., Bonn

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:
adelphi
Alt-Moabit 91
10559 Berlin

UP Transfer an der Universität Potsdam
Am Neuen Palais 10,
14469 Potsdam

Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V.
Friedrich-Ebert-Alle 38
53113 Bonn

Abschlussdatum:
März 2018

Redaktion:
Fachgebiet II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden
Corinna Baumgarten

Publikationen als pdf:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Mai 2019

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des UBA-Forschungsvorhabens „Vorsorge gegen Starkregenereignisse und Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung“ zusammen. Das Vorhaben hatte drei übergreifende Ziele: E*rstens* sollte der aktuelle Stand der Starkregenvorsorge in Deutschland erhoben und analysiert werden. *Zweitens* sollte überprüft werden, welche Hemmnisse und Synergien bei einer möglichen Integration des Starkregenrisikos in die drei Bearbeitungsschritte der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) beziehungsweise der nationalen Regelungen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) bestehen. *Drittens* sollten aufbauend auf dem identifizierten Handlungsbedarf Lösungsmöglichkeiten zur Verbesserung des Starkregenrisikomanagements in Deutschland abgeleitet werden.

In der Einleitung des Berichts thematisieren die Autoren die Definition von „Starkregen“ und den Stand der Wissenschaft zum Auftreten dieses Phänomens. Kapitel 2 vertieft den letztgenannten Aspekt und präsentiert den aktuellen Stand des Wissens zu geographischen Starkregen-Hotspots sowie Evidenz zu Umweltwirkungen ausgewählter Ereignisse. In der Folge wenden sich die Autoren Aspekten der Starkregenvorsorge zu: Kapitel 3 liefert einen Überblick zu den unterschiedlichen Arten von Maßnahmen, die zur Starkregenvorsorge in Deutschland umgesetzt werden. Die anschließenden Abschnitte fokussieren auf ausgewählte Maßnahmentypen: Starkregen-Gefahrenkarten, multifunktionale Flächennutzung, Warnungen und Kommunikationsmaßnahmen. Dabei werden jeweils Anwendungsbeispiele, Barrieren und Empfehlungen vorgestellt. In Kapitel 4 diskutiert das Projektteam die Möglichkeiten zur Adressierung von Starkregenvorsorge über die Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL), bevor im fünften Kapitel zehn übergreifende Empfehlungen zur Optimierung der Starkregenvorsorge vorgestellt werden.

Abstract

The present report summarises the results of the UBA research project "Preparedness for heavy rainfall events and measures for water-sensitive urban development". The project had three overarching goals: First, to summarise and analyse current state of heavy rain preparedness in Germany. Secondly, to examine the obstacles and synergies that exist to possibly integrate the risk of heavy rain into the three processing steps of the EU Flood Risk Management Directive (HWRM-RL) or into the national regulations of the Water Resources Act (WHG). Third, based on the identified needs for action, the project derived possible solutions for improving heavy rain risk management in Germany.

In the introduction to the report, the authors discuss the definition of "heavy rain" and the state of science on the occurrence of this phenomenon. Chapter 2 elaborates on the latter aspect and presents the current state of knowledge on geographic heavy rainfall hotspots and evidence on environmental impacts of selected events. Subsequently, the authors turn to aspects of heavy rain preparedness: Chapter 3 provides an overview of the different types of measures that are being implemented for heavy rain preparedness in Germany. The following sections focus on selected types of measures: heavy rain hazard maps, multifunctional land use, warnings and communication measures. In each case, application examples, barriers and recommendations are presented. In chapter 4, the project team discusses the options for addressing heavy rain preparedness via the Flood Risk Management Directive (HWRM-RL), before presenting in the fifth chapter ten overarching recommendations for optimising heavy rain preparedness.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 10
Tabellenverzeichnis 11
Abkürzungsverzeichnis 13
Zusammenfassung 14
Summary 26
1 Einleitung 37
1.1 Über diesen Bericht 37
1.2 Eingrenzung der Starkregenthematik 37
1.2.1 Definition von Starkregen 37
1.2.2 Zunehmende Relevanz des Themas 38
2 Starkregen-Hotspots und Umweltwirkungen 41
2.1 Starkregen-Hotspots 41
2.1.1 Entwicklungen beim Auftreten von Starkregenereignissen 41
2.2 Umweltwirkungen 43
2.2.1 Zielsetzungen 43
2.2.2 Identifizierung der Starkregenereignisse: Datengrundlagen und Methodik 43
2.2.3 Ausgewählte Starkregenereignisse 44
2.2.4 Zusammenfassung der Umweltwirkungen der Starkregenereignisse 48
2.2.5 Resultierende Handlungsempfehlungen 50
3 Übersicht zum Stand der Starkregenvorsorge in Deutschland 52
3.1 Arten von Maßnahmen 52
3.1.1 Recherche relevanter Forschungsprojekte und Maßnahmenbeispiele 52
3.1.2 Kategorisierung von Maßnahmen 52
3.1.2.1 Kategorie Flächenwirksame Vorsorge 54
3.1.2.2 Kategorie finanzielle Risikovorsorge 54
3.1.3 Analyse der recherchierten Maßnahmen 55
3.2 Starkregen-Gefahrenkarten 59
3.2.1 Anwendungsbeispiele 60
3.2.2 Darstellung 60
3.2.3 Modellierungsansätze 60
3.2.4 Weitere Starkregengefahrenkarten 61
3.2.5 Empfehlungen 62
3.3 Multifunktionale Flächennutzung 63
3.3.1 Umsetzungsbeispiele 64

3.3.1.1 Freiflächen 66
3.3.1.2 Verkehrsflächen 68
3.3.2 Barrieren und Lösungsvorschläge 70
3.3.2.1 Zuständigkeiten und Finanzierung 70
3.3.2.2 Sicherheit und Verkehrssicherheit 71
3.3.2.3 Barrierefreiheit 71
3.3.2.4 Hygiene und Gesundheit 71
3.3.2.5 Umweltschutz 72
3.3.3 Überlegungen zu Potenzialen 72
3.4 Warnungen 73
3.4.1 Einführung: Unwetterwarnung in Deutschland 73
3.4.2 Auswertung von Warnungen bei Starkregenereignissen 76
3.4.2.1 Vorhergesagte und gemessene Niederschläge 77
3.4.2.2 Häufigkeit der Warnungen und die Eingrenzung der betroffenen Gebiete 78
3.4.2.3 Vorwarnzeit 78
3.4.2.4 Betroffenenbefragungen 78
3.4.3 Fazit 81
3.5 Weitere Kommunikationsinstrumente 82
3.5.1 Arten von Kommunikationsinstrumenten 82
3.5.1.1 Starkregengefahrenkarten 83
3.5.1.2 Handbücher, Leitfäden, Broschüren und Flyer 84
3.5.1.3 Webseiten, Online-Tools und Datenbanken 85
3.5.1.4 Kampagnen und Beratung 85
3.5.2 Zielgruppen 85
3.5.3 Räumliche Verteilung 86
3.5.4 Empfehlungen zu Kommunikationsmaßnahmen 88
4 Synergien und Hemmnisse einer möglichen Integration von Starkregen in die Bearbeitung der europäischen Hochwasserrisikomanagementrichtlinie 90
4.1 Einführung 90
4.2 Methodisches Vorgehen 91
4.2.1 Untersuchungsmatrix 91
4.2.2 Erstellung des Interviewleitfadens 93
4.2.3 Durchführung und Auswertung der Interviews 94
4.2.3.1 Auswahl der InterviewpartnerInnen 94
4.2.3.2 Durchführung der Interviews 95
4.2.3.3 Auswertung 95

4.3 Ergebnisse 95
4.3.1 LAWA-Definition zu Starkregen 96
4.3.2 Synergien und Hemmnisse im ersten Bearbeitungsschritt: vorläufige Risikobewertung 97
4.3.2.1 Überprüfung der Risikogebiete 101
4.3.2.2 Beschreibung und Darstellung des Einzugsgebietes 102
4.3.2.3 Potenziell nachteilige Folgen künftiger Ereignisse 102
4.3.2.4 Beschreibung aufgrund vergangener Ereignisse 102
4.3.2.5 Ermittlung der Gebiete und Küstenabschnitte mit signifikantem Risiko 103
4.3.2.6 Nachteilige Folgen gemäß Signifikanzkriterien 103
4.3.2.7 Berücksichtigung des Klimawandels 104
4.3.2.8 Übergeordnete Zuständigkeit für die vorläufige Bewertung 104
4.3.2.9 Dokumentation vergangener Ereignisse 104
4.3.2.10 Plausibilisierung durch ExpertInnen 105
4.3.3 Rechtliche Aspekte bei der vorläufigen Risikobewertung 105
4.3.4 Synergien und Hemmnisse des zweiten Bearbeitungsschrittes 106
4.3.4.1 Hydrologische Modellierung 113
4.3.4.2 Niederschlagsdaten 114
4.3.4.3 Digitales Geländemodell 114
4.3.4.4 Rauheit der Geländeoberfläche 115
4.3.4.5 Hydraulische Modelle 115
4.3.4.6 Verwendete Szenarien 116
4.3.4.7 Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung 117
4.3.4.8 Darstellung in der Gefahrenkarte 117
4.3.4.9 Informationen zum Risiko 118
4.3.4.10 Zuständigkeit und Finanzierung der Erstellung der Gefahren- und Risikokarten 118
4.3.4.11 Durchführung der Modellierung 119
4.3.4.12 Inhaltsgestaltung der Gefahren- und Risikokarten 119
4.3.4.13 Veröffentlichung der Karten 120
4.3.4.14 Maßstab 120
4.3.5 Rechtliche Aspekte im Hinblick auf Gefahren und Risikokarten 120
4.3.6 Synergien und Hemmnisse des dritten Bearbeitungsschrittes 120
4.3.6.1 Darstellung der Risikogebiete 126
4.3.6.2 Auswertung der Gefahren- und Risikokarten 126
4.3.6.3 Festlegung angemessener Ziele für das gesamte Risikomanagement 126
4.3.6.4 Ist-Ziel Vergleich 127

4.3.6.5 Identifizierung möglicher Maßnahmen 127
4.3.6.6 Zusammenfassung der Maßnahmen und deren Rangfolge 128
4.3.6.7 Abstimmung mit anderen Richtlinien 128
4.3.6.8 Überwachung der Umsetzung 129
4.3.6.9 Öffentlichkeitsbeteiligung und aktive Einbeziehung der interessierten Stellen 129
4.3.6.10 Strategische Umweltprüfung (SUP) 129
4.3.6.11 Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung 130
4.3.6.12 Liste zuständiger Behörden 130
4.3.6.13 Übergeordnete Zuständigkeit 130
4.3.6.14 Umsetzung von Maßnahmen 131
4.3.6.15 Finanzierung von Maßnahmen 131
4.3.7 Rechtliche Aspekte im Hinblick auf die Risikomanagementpläne 132
4.3.8 Vorschläge zur Verbesserung des Starkregenrisikomanagements in Deutschland 132
4.4 Diskussion 133
4.4.1 LAWA-Definition zu Starkregen 133
4.4.2 Synergien und Hemmnisse in den Bearbeitungsschritten der HWRM-RL 134
4.5 Synthese 136
5 Übergreifende Empfehlungen zur Verbesserung der Starkregenvorsorge in Deutschland 138
5.1 Einheitliches Begriffsverständnis schaffen 138
5.2 Risikokommunikation und Bewusstsein der Bevölkerung stärken 138
5.3 Eigenvorsorge der Bevölkerung stärken 139
5.4 Potenziale von Planungsinstrumenten ausschöpfen 140
5.5 Starkregenereignisse und Schäden systematisch erfassen 140
5.6 Starkregengefahren- und Risikokarten für urbane Räume erstellen und öffentlich zugänglich machen 141
5.7 Warnsysteme fachlich und technisch weiterentwickeln 141
5.8 Finanzierungsmöglichkeiten schaffen 142
5.9 Wissenslücken schließen 144
6 Quellenverzeichnis 145
7 Anhänge 157
7.1 Umweltwirkungen 157
7.2 Starkregengefahrenkarten 165
7.2.1 Köln 165
7.2.2 Glems-Einzugsgebiet 166
7.2.3 Dresden 167

7.2.4 Unna 168
7.2.5 Dortmund-Hörde 169
7.2.6 Remscheid 170
7.2.7 Worms 171
7.3 Warnungen 172
7.4 Integration des Starkregenrisikomanagements in die Umsetzungsschritte der HWRM-RL 181
7.5 Liste der Interviewten 196

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Suchanfragen bei Google zu „Starkregen“ in Deutschland von 2004 bis Februar 2018. 39

Abbildung 2: Elemente des Überflutungsschutzes kommunaler Entwässerungssysteme in unterschiedlichen Belastungsbereichen 40

Abbildung 3: Modellierung von Starkregenrisikokarten für Deutschland (Ansatz des GDV) 42

Abbildung 4: Lage der ausgewählten Starkregenereignisse 47

Abbildung 5: Das zeitlich dreistufige Warnmanagement des DWD, angefangen von Stufe 1 (48 -120 h vor dem Unwetterereignis) über Stufe 2 (12 bis 48 h) zu Stufe 3 (0-12 h) 74

Abbildung 6: Angaben von betroffenen Privathaushalten, wie sie auf das Ereignis aufmerksam wurden (Mehrfachantworten möglich). 79

Abbildung 7: Antworten von betroffenen Haushalten auf die Frage, ob sie wussten, wie sie sich und ihren Haushalt vor Starkregen (2013: vor Hochwasser) schützen können 80

Abbildung 8: Angaben der Befragten zu durchgeführten Notmaßnahmen zur Schadensminderung 81

Abbildung 9: Typen von Kommunikationsinstrumenten 83

Abbildung 10: Starkregengefahrenkarte Köln (Ausschnitt) 165

Abbildung 11: Starkregengefahrenkarte Markgröningen im Einzugsgebiet der Glems (Ausschnitt) 166

Abbildung 12: Überflutungsgefährdung aus der Kanalisation bei Starkregen und Elbhochwasser in Dresden (Ausschnitt) 167

Abbildung 13: Starkregengefahrenkarte Unna (Ausschnitt) 168

Abbildung 14: Starkregengefahrenkarte Dortmund-Hörde (Ausschnitt) 169

Abbildung 15: Starkregengefahrenkarte Remscheid (Ausschnitt) 170

Abbildung 16: Starkregengefahrenkarte Worms (Ausschnitt) 171

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorisierung der Maßnahmen zur Starkregenvorsorge in Deutschland (gekürzt) 16

Table 2: Categorising heavy rain preparedness measures in Germany (shortened) 27

Tabelle 3: Kategorisierung der Maßnahmen zur Starkregenvorsorge in Deutschland 53

Tabelle 4: Identifizierte Maßnahmentypen zur Starkregenvorsorge in Deutschland 56

Tabelle 5: Warnstufen basierend auf meteorologische Schwellenwerte bei Starkregen 75

Tabelle 6: Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen der Warnungen (Klein 2009-2016) im Hinblick auf folgenden Aspekte: Niederschläge, Anzahl der Warnungen, geographische Eingrenzung, Warnstufe, Vorwarnzeit. 76

Tabelle 7: Übersicht über recherchierte Starkregen-Gefahrenkarten 83

Tabelle 8: Kommunikationsinstrumente zur Starkregenvorsorge auf Landesebene 87

Tabelle 9: Legende des Untersuchungsrasters: 92

Tabelle 10: Auszug aus der Untersuchungsmatrix (Teil 2.1. zu Bearbeitungsschritt 1) 92

Tabelle 11: Ergebnismatrix zur vorläufigen Bewertung 97

Tabelle 12: Ergebnismatrix zu Hochwassergefahren- und -risikokarten. 107

Tabelle 13: Ergebnismatrix zu Hochwasserrisikomanagementplänen 121

Tabelle 14: Handlungsempfehlungen für das Starkregenrisikomanagement 138

Tabelle 15: Auswertung der Umweltwirkungen für die 20 ausgewählten Starkregenereignisse innerhalb Deutschlands im Zeitraum von 2005-2017 157

Tabelle 16: Detaillierte Übersicht über die Warnungen zu sechs Starkregenereignissen zwischen 2005 und 2017. 172

Tabelle 17: Untersuchungsmatrix mit der ersten Bewertung von Synergien und Hemmnissen des ersten Bearbeitungsschrittes (vorläufige Bewertung) und Grundlage für die ExpertInneninterviews, Änderungen der Bewertung werden in Kap. 4.3.2 dargestellt. 181

Tabelle 18: Untersuchungsmatrix mit der ersten Bewertung von Synergien und Hemmnissen des zweiten Bearbeitungsschrittes (Hochwassergefahren und –risikokarten) und Grundlage für die ExpertInneninterviews, Änderungen der Bewertung werden in Kap. 4.3.4 dargestellt. 185

Tabelle 19: Untersuchungsmatrix mit der ersten Bewertung von Synergien und Hemmnissen des dritten Bearbeitungsschrittes (HWRM-Pläne) und

Grundlage für die ExpertInneninterviews, Änderungen der Bewertung werden in Kap. 4.3.6 dargestellt. 191

Abkürzungsverzeichnis

ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
CORINE	Coordination of Information on the Environment
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
FGE	Flussgebietseinheit
GEOMAR	Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
GFZ	Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum
HWGK	Hochwassergefahrenkarte
HWRM-RL	Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie)
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
SUP	Strategische Umweltprüfung
UBA	Umweltbundesamt
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
WHG	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz)
WRRL	Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie)

Zusammenfassung

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten haben Überschwemmungen durch Starkniederschläge in Deutschland wiederholt zu erheblichen Sachschäden geführt und auch Menschenleben gefordert. Allein zwei Sturmtiefs mit starken Regenfällen (Elvira und Friederike) im Mai und Juni 2016 verursachten 800 Millionen Euro versicherte Schäden und gehören damit zu den teuersten Starkregenereignissen der letzten Jahre (GDV 2017; S. 8; 30). Im Zuge dieser Ereignisse scheint das öffentliche Bewusstsein für das Thema Starkregen in den letzten Jahren gestiegen zu sein. Auch auf politischer Ebene spiegelt sich die zunehmende Bedeutung wider: Die Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) entwickelt im Auftrag der Umweltministerkonferenz eine „Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement"; Verbände positionieren sich ebenfalls zu dem Thema (etwa Deutscher Städtetag et al. 2017).

Von Starkregen spricht man, wenn innerhalb kurzer Zeit außergewöhnlich große Mengen an Niederschlag auftreten. Starkregen entstehen aus konvektiven Niederschlägen, die in den Sommermonaten häufig in Verbindung mit Gewitterzellen auftreten. In relativ kurzer Zeit fällt eine sehr große Menge an Niederschlag, die zu hohen Wasserständen und Überflutungen (wildabfließenden Wasser) führen kann (DWD 2017); zudem gehen vor allem mit länger anhaltendem Starkregen oft auch Bodenerosion und Hangrutschungen einher. Für Starkregen gibt es keine allgemeingültige Definition, da charakteristische Niederschlagsmengen von der jeweiligen Klimazone abhängen (Baumgartner & Liebscher 1996).

Die Definition des Deutschen Wetterdienstes (DWD) basiert auf Intensität und Niederschlagsmenge. Der DWD spricht von starkem Regen ab einer Niederschlagshöhe von 10 mm in 60 Minuten bzw. einer Niederschlagshöhe ab 1,7 mm in 10 Minuten (DWD 2016a).

Starkregen-Hotspots und Umweltwirkungen

Starkregen-Hotspots

Für die Entwicklung eines Starkregenrisikomanagements ist die Gefährdungseinschätzung eine wichtige Grundlage. Auf Bundesebene ist relevant, ob es innerhalb Deutschlands verschiedene Gefahrenzonen gibt. Bislang geht man (d. h. die Versicherungswirtschaft, aber auch die Wasserwirtschaft vertreten durch die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) davon aus, dass überall in Deutschland das Starkregenrisiko gleich hoch ist. Im Gegensatz zu Fluss- und Küstenhochwasser kann eine Gefährdung durch solche Starkregenereignisse auch abseits von Gewässern auftreten und ist nicht von der geographischen Lage abhängig (Winterrath et al., 2017, S. 45). In Folge dessen bedeutet das Auftreten eines großen Schadensereignisses an einem Ort nicht grundsätzlich eine höhere Starkregengefährdung dort für die Zukunft. Vielmehr ist die Eintrittswahrscheinlichkeit an Orten, die zuvor nicht von Starkregen betroffen waren, gleichermaßen hoch (LAWA, 2017, S. 8 f.). Für Trendanalysen von Starkregenereignissen mit Dauerstufen von weniger als 24 Stunden besteht im Besonderen die Problematik, dass gerade die intensiven kleinräumigen (Sommer-)Niederschläge bisher nicht immer von den zu weit auseinanderliegenden meteorologischen Messstationen erfasst werden können. (Becker et al., 2016, S. 2). Die Auswirkungen von vermehrten Starkregenereignissen in Folge des Klimawandels können insbesondere urbane Gebiete wie z. B. das Ruhrgebiet bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad, treffen.

Umweltwirkungen

Der GDV titelt, dass sich „Schäden durch Starkregen verzehnfacht" haben. Dies bezieht sich auf die verzeichnete Schadenssumme von Unwettern mit Starkregen im Jahr 2016 im Vergleich zum Vorjahr (GDV 2017). Starkregenereignisse ziehen vielfältige Schäden nach sich: Neben Sachschäden an Gebäuden oder Verkehrswegen sind vor allem Umweltwirkungen weit verbreitet, werden aber

oftmals nicht (systematisch) quantifiziert oder bleiben gar unerwähnt. Um einen ersten Eindruck über das Ausmaß und die Häufigkeit von Umweltwirkungen zu erhalten, wurden von 20 ausgewählten Starkregenereignissen in Deutschland im Zeitraum von 2005 bis 2017 die aufgetretenen Umweltwirkungen exemplarisch ausgewertet.

Die Auswahl der Starkregenereignisse orientierte sich dabei an drei Kriterien: Überschreitung des vom Deutschen Wetterdienstes definierten Schwellenwertes, zeitliche sowie räumliche Repräsentativität. Es sind sowohl Starkregenereignisse aus urbanen Räumen (Dortmund, Hamburg, Münster, Köln), aber auch aus ländlichen Gebieten (Alsfeld, Riestedt, Braunsbach, Simbach) vertreten.

Folgende Umweltwirkungen wurden bei diesen Starkregenereignissen analysiert: Bodenerosion, Sediment- und Geröllablagerungen, aufgeweichte Böden, Schäden an Stadtbäumen und Grünanlagen, Ausuferung von und Schäden an Kleinstgewässern, Überlaufen von Mischkanalisation, Kontamination sowie Freisetzung weiterer Schadstoffe.

Bei der Auswertung zeigt sich, dass bei 16 von 20 Starkregenereignissen aufgeweichte Böden und damit einhergehende Konsequenzen auftraten. An zweiter Stelle steht die Ausuferung von und Schäden an Kleinstgewässern (14 von 20 Ereignissen). Aber auch das Überlaufen der Mischkanalisation kam bei 13 von 20 Ereignissen vor. Alle anderen Umweltwirkungen traten bei 10 oder weniger Ereignissen auf.

Abschließende Handlungsempfehlungen zur Vermeidung von durch Starkregenereignisse ausgelöste Umweltwirkungen schließen nachfolgende Aspekte ein: Regelmäßige und fachgerechte Pflegearbeiten und Monitoring des Zustands von Stadtgrün, Erhaltung und Pflege des Gewässerbettes, Schützen des Öltanks einer Heizung, Reduzierung des Oberflächenabflusses und Erhöhung der Versickerungsflächen.

Auch wenn Umweltwirkungen nicht immer monetarisiert werden können, so stellen sie doch einen gravierenden Eingriff in das natürliche System dar. Maßnahmen zur Abminderung von Umweltwirkungen sind demnach von großer Bedeutung.

Übersicht zum Stand der Starkregenvorsorge in Deutschland

Arten von Maßnahmen

Dieses Kapitel präsentiert einen Überblick über die Vielfalt der umgesetzten Maßnahmen und Instrumente zur Starkregenvorsorge in Deutschland und illustriert, mit welchen Mitteln unterschiedliche Akteure sich bereits der Starkregenvorsorge widmen. Für die Identifikation von Maßnahmen, Instrumenten und Forschungsprojekten wurde zwischen Januar und April 2017 eine online-Recherche durchgeführt. Ergebnis ist eine Excel-Tabelle mit knapp 100 Einträgen. Auf Basis der Rechercheergebnisse sowie unter Berücksichtigung der Zielsetzung des Projektes hat das Projektteam Kategorien zur Strukturierung der Ergebnisse entwickelt. Die entwickelten Kategorien lehnen sich stark an die Kategorien des DWA-Hochwasseraudits[1] an, wurden allerdings zur besseren Handhabbarkeit der bereits recherchierten Maßnahmen und Projekte angepasst. Es wurden vier Hauptkategorien gebildet, welche wiederum in sechs Unterkategorien eingeteilt sind. Die Kategorien sind in Tabelle 1 dargestellt.

[1] Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) hat 2010 mit dem DWA-Merkblatt M551 Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet“ einen Rahmen für ein Audit zur Hochwasservorsorge im lokalen Kontext vorgelegt. Mehr Informationen unter: DWA Hochwasseraudit

Tabelle 1: Kategorisierung der Maßnahmen zur Starkregenvorsorge in Deutschland (gekürzt)

Kategorie	
I	**II**
Flächenwirksame Vorsorge	Bauliche Maßnahmen (inkl. Versickerung und Ableitung)
	Planerische, konzeptionelle/strategische und rechtliche Maßnahmen
Bauvorsorge	Objektschutz
Verhaltenswirksame Vorsorge	kurzfristige Warnungen
	Informationen zur Verhaltensvorsorge
Risikovorsorge	Eigenverantwortung und Versicherungsschutz

Einige Erkenntnisse der übergreifenden Analyse der recherchierten Maßnahmen werden im Folgenden zusammengefasst. Hier geht es vor allem um die Frage nach besonders häufigen oder innovativen Maßnahmen:

- Multifunktionale Flächennutzung: Als besonders innovativ können Maßnahmen der multifunktionalen Flächennutzung gelten, da diese relativ neue Form der Starkregenvorsorge gerade in dichter bebauten Gebieten hohes Vorsorgepotenzial hat (Benden 2014a). Hier hat die Recherche allerdings ergeben, dass diese Form der Starkregenvorsorge in Deutschland noch eher selten ist und bisher lediglich in einigen Pilotprojekten erprobt wurde. In Kapitel 3.3. wird ausführlich auf das Thema der Multifunktionalen Flächennutzung, Beispiele, Hemmnisse und Erfolgsfaktoren sowie Handlungsempfehlungen eingegangen.
- Kurzfristige Warnungen: Bis vor einigen Jahren gab es, unter anderem aufgrund der technischen Möglichkeiten und der geringeren Aufmerksamkeit für Starkregenereignisse, kaum Informationssysteme für Warnungen vor dieser Gefahr. In den letzten Jahren sind nun einige Angebote zur kurzfristigen Warnung vor Starkregen bereitgestellt worden. In Kapitel 3.4. wird das Thema Warnungen nochmals vertieft betrachtet.
- Starkregen in kommunalen und regionalen Strategien: In den letzten Jahren erhielt das Thema Starkregen verstärkt Aufmerksamkeit und fand Berücksichtigung in regionalen und kommunalen Strategien und Plänen. Beispielsweise geht es in der Hamburger Gründachstrategie von 2014 unter anderem um den zukunftsfähigen Umgang mit Regenwasser und Starkregenvorsorge. Auch im Stadtentwicklungsplan Klima der Stadt Berlin von 2016[2] ist *urbane Überflutungen nach Starkregen* eines von zwei zentralen Leitthemen. Auf Länderebene findet das Thema ebenfalls verstärkt Beachtung, so wurde beispielsweise 2016 das Konzept Starkregen NRW des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr sowie des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen veröffentlicht.[3]
- Starke Überschneidungen mit Maßnahmen zum Schutz vor fluvialem Hochwasser: Generell lässt sich bei der Analyse der recherchierten Projekte, Maßnahmen und Instrumente

2 Link zum Stadtentwicklungsplan Klima der Stadt Berlin: Stadtentwicklungsplan Berlin

3 Link zum Konzept: Starkregen Konzept NRW

feststellen, dass eine strikte Trennung zwischen Maßnahmen zur Vorsorge für Starkregenereignissen und Maßnahmen zur Vorsorge für fluviale Hochwasserereignisse nicht immer möglich ist. So fanden sich bei der Recherche zwar häufig Maßnahmen, die entweder der einen oder der anderen Kategorie zugeordnet waren, letztendlich aber für beide Arten der Hochwasservorsorge (fluvial und pluvial) geeignet sind.

- Evaluation der Wirkung von Maßnahmen: Bei der Analyse der recherchierten Maßnahmen und Instrumente fällt auf, dass nur sehr wenige Instrumente auf ihre Wirkungen hin überprüft wurden. Nur vereinzelt gibt es Ansätze einer Wirkungsevaluation.
- Besonders häufige Maßnahmen: Kommunikationsinstrumente wurden bei der Recherche relativ häufig gefunden. Auf diese wird deshalb in einem gesonderten Kapitel (s. 3.5) detailliert eingegangen.

Starkregen-Gefahrenkarten

Ein wichtiges Instrument der Risikokommunikation sind Starkregengefahrenkarten, wie sie einige Kommunen in den letzten Jahren bereits erstellt haben. In Starkregengefahrenkarten werden die Flächen dargestellt, die bei einem Starkregenereignis überflutet werden könnten. Für die Erstellung der Karten gibt es in Deutschland bislang keine einheitlichen Empfehlungen oder verbindliche Vorgaben, so dass große Unterschiede zwischen den Karten bestehen. Um einen Überblick über die bestehenden Starkregengefahrenkarten und ihre Darstellungsform, Datengrundlage und Modellierungskonzepte zu erarbeiten, wurde im Rahmen einer Internetrecherche nach frei verfügbaren Starkregengefahrenkarten gesucht. Für die identifizierten Karten wurde für jeden Kartentyp ein Steckbrief erstellt.

Anwendungsbeispiele

Es konnten lediglich sieben online frei zugängliche Starkregengefahrenkarten recherchiert werden. In allen sieben Karten wird die potenzielle Überschwemmungsfläche dargestellt. Zusätzlich wird die Überflutungstiefe in mehrere Klassen farblich unterteilt. Die Schwellenwerte, das heißt der Wasserstand ab dem eine Überflutung angezeigt wird, unterliegen einer Bandbreite von 0 cm bis 20 cm. In keiner der verfügbaren Starkregengefahrenkarten werden Fließrichtung und/oder Fließgeschwindigkeiten dargestellt.

Auch bei den Modellierungsansätzen bestehen bislang große Unterschiede zwischen den recherchierten Starkregengefahrenkarten, aufgrund derer überregionale Analysen mangels Vergleichbarkeit derzeit kaum möglich sind. Zur Modellierung der Starkregengefährdung wurde für fünf Karten ein hydrologisch-hydraulischer Ansatz gewählt und auch das Kanalnetz berücksichtigt. In Köln (Kanalnetz nicht berücksichtigt) und Dresden (keine Informationen zu Kanalnetz) wurde eine Modellierung des Oberflächenabflusses durchgeführt.

Es gibt einige weitere Kommunen, die Karten erstellt, aus juristischen oder anderen Gründen aber bislang nicht veröffentlicht haben.

Empfehlungen

Durch eine einheitliche Erarbeitung und Darstellung der Starkregengefahrenkarten werden sie für die BürgerInnen und Anwender der verschiedenen Fachbereiche verständlich und ein notwendiges Hilfsmittel im Starkregenrisikomanagement. Um den hohen Detailgrad Rechnung tragen zu können, sollte ein hydrologisch-hydraulischer Ansatz bei der Modellierung verfolgt werden. In der Darstellung werden die Überflutungsfläche, die Überflutungstiefe (in vier Klassen) und die Nennung des zugrundeliegenden Ereignisses als ausreichend betrachtet.

Multifunktionale Flächennutzung

Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Urbanisierung und der damit einhergehenden steigenden Flächenkonkurrenz kommt der multifunktionalen Nutzung urbaner Flächen für die Starkregenvorsorge eine besondere Bedeutung zu (Deister et al. 2016). Multifunktional nutzbare Flächen können einen wichtigen Beitrag zur urbanen Überflutungsvorsorge leisten: v.a. durch Rückhalt von Wasser in der Fläche, durch Versickerung und durch Ableitung von Regenwasser. Hierfür können sich Freiflächen, Verkehrsflächen oder Flächen auf Gebäuden eignen.

Es kann zwischen zwei Arten von Multifunktionalität unterschieden werden:

- Multifunktional im Sinne einer vorrübergehenden Nutzung, die den vorrangigen Nutzungszweck einschränkt .Dies kann etwa eine Verkehrsfläche sein, die auch als Retentionsfläche genutzt werden kann, dann allerdings nicht mehr befahrbar ist.
- Multifunktional im Sinne einer zeitlich parallelen Nutzung, die den vorrangigen Nutzungszweck nicht einschränkt. Hierunter fällt etwa ein Spielplatz, der auch für den Rückhalt von Regenwasser genutzt wird und bei bzw. nach Starkniederschlage trotzdem – vielleicht auch in anderer Form – als Spielplatz genutzt werden kann.

Die Attraktivität der multifunktionalen Flächennutzung für Starkregenvorsorge liegt vor allem darin, dass man zusätzliche Flächen für die Retention oder die Versickerung von Regenwasser schaffen kann, ohne Flächenkonkurrenzen zu verschärfen. Abhängig von der Art der multifunktionalen Flächennutzung und der Alternativen zum Umgang mit Starkregen kann diese Art der Vorsorge Kosten sparen und positive Nebeneffekte liefern, etwa für das Stadtklima oder für die Naherholung.

Zu aktuellen Umsetzungsbeispielen, die explizit als „multifunktionale Flächen“ kommuniziert werden, gehören die geplante Anpassung der Bodenmodellierung für eine Festwiese in Köln, die bei Starkregen das Wasser aus der Umgebung aufnehmen soll, die Umsetzung einer natürlichen Versickerungsmulde in einem Park sowie eines Wasserspielplatzes in Hamburg oder einen „Wasserplatz“, der als Aufenthaltsort und zum Wasserrückhalt bei Starkregen in Rotterdam angelegt wurde.

Häufige Barrieren bei der Umsetzung sind die Folgenden:

- Die Zuständigkeiten für die Anlage und Pflege der Fläche sind strittig oder ungeklärt, z.B. zwischen Grünflächenamt und Entwässerungsbetrieben.
- Ab gewissen Einstautiefen müssen Vorkehrungen getroffen werden, um Gefährdungen (z.B. Ertrinkungsgefahr) zu vermeiden.
- Wahrung der Barrierearmut von Wegen und öffentlichen Plätzen
- Sicherung der Hygiene, etwa bei Wasserspielplätzen, die als Überflutungsflächen genutzt werden

Die Potenziale der multifunktionalen Flächennutzung lassen sich nur individuell im jeweiligen Kontext bestimmen und hängen u.a. von der Topographie und der Lage der Überflutungsbereiche ab. Kostenvorteile bei der Starkregenvorsorge durch multifunktionale Flächennutzung lassen sich besonders dann ausspielen, wenn sich bei geplanten oder laufenden räumlichen Umgestaltungen eine Gelegenheit bietet, einzelne Flächen auch noch für die Starkregenvorsorge zu nutzen.

Warnungen

Bei rechtzeitiger Warnung vor einem Starkregenereignis können Katastrophenschutz oder Betroffene Maßnahmen ergreifen, um Schäden zu vermeiden oder zu verringern. Während bei Hochwasser an größeren Flüssen mittlerweile Vorwarnzeiten von mehreren Tagen erreicht werden können, beträgt die Vorwarnzeit bei konvektiven Ereignissen wie Starkregen oft nur wenige Stunden; manchmal bleibt die Warnung aus oder ist fehlerhaft.
Unerlässlich für eine gute Vorsorge sind Warnungen, die möglichst exakt das warnwürdige Ereignis in Bezug auf die physikalischen Parameter und die räumliche Verortung vorhersagen sowie der Erhalt und das Verständnis der Warnungen durch die Bevölkerung.

Sechs Starkregenereignisse von 2005 bis 2017 in Deutschland wurden auf folgende Aspekte untersucht:

- 1. Vorhergesagte und gemessene Niederschläge
- 2. Häufigkeit der Warnungen und die Eingrenzung der betroffenen Gebiete
- 3. Vorwarnzeit

Die Untersuchung zeigt, dass es weiterhin schwierig ist, Starkregenereignisse hinsichtlich der Vorwarnzeit, der geographischen Verortung und der zu erwartenden Niederschläge adäquat vorherzusagen. Umso wichtiger ist eine technische und inhaltliche Weiterentwicklung der Vorhersagemodelle. Darüber hinaus ist die Kommunikation zwischen Vorhersagedienst einerseits und Katastrophenschutz und Bevölkerung andererseits weiter zu verbessern. Insbesondere die allgemeine Bevölkerung scheint zurzeit unvorbereitet auf Starkregen zu sein. Daher sollte die Selbsthilfefähigkeit und Eigenvorsorge der Bevölkerung durch die Verknüpfung von Warnungen zu konkreten Verhaltenshinweisen vor, während und nach einem Ereignis gestärkt werden. Damit sichergestellt werden kann, dass die Warnungen die Bevölkerung und den Katastrophenschutz nicht nur zuverlässig erreichen, sondern auch verstanden werden, sollten weitere Studien zum Verständnis von Warnungen und Vorsorge-/Verhaltenshinweisen durchgeführt werden.

Ein anderer Ansatz bestünde in einem Zwei-Wege-Warnsystem. Im derzeitigen Warnsystem ist der Ansatz, dass der DWD als verantwortliche Behörde eine Warnung veröffentlicht. Jedoch können Starkregenereignisse nicht immer erfasst werden, da diese zum Teil sehr kleinräumig und lokal auftreten. Hier könnten Plattformen geschaffen werden, auf denen aktuell unmittelbar betroffene Bürgerinnen und Bürger oder entsprechend Verantwortliche den DWD und/oder die Bevölkerung auf das Ereignis in einem Bottom-Up-Ansatz hinweisen bzw. warnen. So könnten der Katastrophenschutz und die Bevölkerung sich schneller auf das Ereignis einstellen und entsprechende Maßnahmen treffen.

Weitere Kommunikation

Bei der Analyse von Maßnahmen zur Starkregenvorsorge wurden verschiedene Arten von Kommunikationsinstrumenten identifiziert (insgesamt 48 von 99 Maßnahmen). Dabei lässt sich die Vielzahl an Instrumenten in folgende Kategorien einteilen:

- Handbuch, Leitfaden, Flyer oder ähnliche Produkte
- Kampagne
- Beratung
- Gefahrenkarte
- Webseite, Online-Tool oder Datenbank

Dabei fällt ein Großteil der Kommunikationsinstrumente in die Kategorie Handbuch, Leitfaden, Flyer oder ähnliche Publikation. Die Bandbreite reicht dabei vom einfachen Flyer bis zum umfangreichen Handbuch. Veröffentlicht wurden diese Produkte von Akteuren auf verschiedenen Ebenen: so gibt es Publikationen zum Thema Starkregenvorsorge von Institutionen auf Bundes- und Länderebene sowie von Akteuren auf regionaler und kommunaler Ebene.

In die Kategorie Webseiten, Online-Tools und Datenbanken fallen beispielsweise Warn-Apps, wie die Warn-App NINA des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) über welche Bürger wichtige Warnmeldungen erhalten. Auf starkregengefahr.de, einer Webseite des Projektes KliStaR Anpassung an den Klimawandel im Einzugsgebiet der Glems, können Bürgerinnen und Bürger in eine interaktive Karte bzw. Datenbank aufgetretene Schäden bzw. Vermeidungsmaßnahmen eintragen.

In den Kategorien Kampagnen und Beratung wurden jeweils nur wenige Beispiele für Maßnahmen und Instrumente gefunden. Kampagnen gibt es vor allem im Versicherungsbereich: beispielsweise die Elementarschadenkampagne des Umweltministeriums NRW in Zusammenarbeit mit dem

Gesamtverband der Deutschen Versicherer (GDV) oder die Kampagne „Voraus Denken – Elementar Versichern“ des bayerischen Wirtschaftsministeriums, ebenfalls in Zusammenarbeit mit dem GDV.

Auch in der Kategorie Beratung gibt es nur wenige Maßnahmen. An der Schnittstelle zur Kategorie Kampagne ist beispielsweise das HKC Infomobil zu nennen, ein mobiles Infozentrum des HochwasserKompetenzCentrum e.V. (HKC).

Die recherchierten Kommunikationsinstrumente richten sich an eine Reihe von Zielgruppen. Folgende Zielgruppen von Kommunikationsinstrumenten konnten identifiziert werden:

- Haus- und Grundstückseigentümer
- Bürgerinnen und Bürger
- Katastrophenschutz
- Kommunalverwaltung
- Regionalplanung
- Architekten
- Wasserwirtschaft
- Land- und Forstwirtschaft
- Vereine

Dabei richten sich fast alle Instrumente an mindestens zwei oder mehr Zielgruppen. Oft ist die Zielgruppe der Instrumente für Außenstehende auch nicht eindeutig zu bestimmen.

Übergreifend können aus der Analyse der Kommunikationsinstrumente folgende Empfehlungen abgeleitet werden:

Bei der online-Recherche konnten nur sehr wenige Beratungsmöglichkeiten für Haushalte mit explizitem Bezug zu Starkregenvorsorge gefunden werden. Mehr und offensivere Angebote zur persönlichen Beratung von Privatpersonen zur Starkregenvorsorge (nicht nur durch Vertreter von Kommunen) könnten dazu beitragen, das Vorsorgeniveau zu erhöhen.

Die Vielzahl und Bandbreite der verfügbaren Broschüren und Leitfäden zum Thema Starkregenvorsorge lässt den Schluss zu, dass die Veröffentlichung weiterer allgemeiner Publikationen zum Thema Starkregen keinen größeren Mehrwert schafft. Allerdings muss hier eine etwas differenziertere Betrachtung erfolgen. Weniger allgemeine, dafür praxisorientierte Leitfäden mit konkreten Vorlagen und Handlungsempfehlungen erscheinen weiterhin als eine sinnvolle Ergänzung des bestehenden Angebots. Zu empfehlen ist außerdem eine Bündelung hilfreicher Materialien an zentraler Stelle.

Durch die Erfahrungen aus dem Hochwasserrisikomanagement ist bekannt, dass die Visualisierung von Gefahren und Risiken (vorwiegend auf Karten) eine erfolgsversprechende und bewährte Möglichkeit ist, kommunale (politische) Entscheidungsträger zu sensibilisieren und zur Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung beizutragen. Die Erarbeitung von Starkregengefahren- und ggf. auch Starkregenrisikokarten auf kommunaler Ebene sollte daher intensiviert werden (s. auch Kapitel 3.2).

Integration von Starkregen in die Bearbeitung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie der EU

Mit der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie der EU (HWRM-RL) wurde 2007 ein einheitliches Vorgehen zur Minderung von Hochwasserrisiken auf europäischer Gemeinschaftsebene eingeführt, welches 2009 in Deutschland durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) umgesetzt wurde.

Die HWRM-RL sieht für alle Mitgliedsstaaten ein dreistufiges Verfahren vor. In der ersten Stufe wurden bis Dezember 2011 Gewässerabschnitte einer vorläufigen Bewertung unterzogen, um Gebiete mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko zu identifizieren. In der zweiten Stufe wurden bis Dezember 2013 für die identifizierten Gebiete Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten

erstellt. Im dritten Schritt wurden dann bis Dezember 2015 Hochwasserrisikomanagementpläne erarbeitet und an die EU gemeldet. Diese sollen verbindliche Ziele und Maßnahmen zur Verringerung des Hochwasserrisikos beinhalten. Für alle drei Bearbeitungsschritte sieht die HWRM-RL eine regelmäßige Überprüfung im Abstand von sechs Jahren vor (Artikel 14). Hiermit wurde erstmals ein innovatives Instrument eingeführt, welches die Anwendung des Risikomanagement-Zyklus aus Wiederherstellung nach Schadensereignissen, Überprüfung/ Risikoanalyse sowie Schutz, Vorsorge und Vermeidung nachteiliger Folgen für die festgelegten Schutzgüter (menschliche Gesundheit, wirtschaftliche Aktivitäten, Kulturerbe und Umwelt) ermöglicht.

Der Schwerpunkt der Richtlinie und des WHG liegt auf Fluss- und Küstenhochwassern. So werden Hochwasser in Artikel 2 (1) der Richtlinie definiert als „zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist. Diese umfasst Überflutungen durch Flüsse, Gebirgsbäche, zeitweise ausgesetzte Wasserströme im Mittelmeerraum sowie durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser“. Eine Berücksichtigung von Hochwasserereignissen aufgrund von Starkregenereignissen kann optional erfolgen. Aufgrund der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit und der lokalen Begrenztheit des Hochwasserrisikos durch Starkregenereignisse wurde dieser Überflutungstyp (anders als Fluss- und Küstenhochwasser) im ersten Zyklus der Umsetzung der HWRM-RL in Deutschland nicht systematisch berücksichtigt (Vgl. § 72 WHG). Auch die Mehrzahl der anderen Mitgliedsstaaten hat sich für dieses Vorgehen entschieden (European Commission 2015).

Für den zweiten Bearbeitungszyklus der HWRM-RL verständigten sich die Bundesländer darauf, dass Starkregen als generelles, nicht aber „signifikantes“ Hochwasserrisiko bewertet wird. Zur Vorsorge und Minderung der Schäden werden Starkregenereignisse im zweiten Zyklus der Umsetzung der HWRM-RL in den Maßnahmen der Hochwasserrisikomanagementpläne berücksichtigt (LAWA 2017b; S. 2f.). Die Entwicklung einer Starkregenrisikomanagementstrategie in Anlehnung an die HWRM-RL durch die LAWA wurde in der 86. Umweltministerkonferenz beschlossen (UMK 2017; S. 64). Vor dem Hintergrund der bereits heute substanziellen Schäden durch Starkregenereignisse (GDV 2017b) und dem erwarteten Anstieg der Gefährdung aufgrund des Klimawandels stellt sich die Frage, ob mittelfristig die Hochwasserart Überflutung durch Oberflächenabfluss ausgelöst durch Starkregen (pluviale Überflutung) in die systematische Umsetzung der HWRM-RL integriert werden sollte.

Ziel des vorliegenden Berichts ist es aufzuzeigen, welche Hemmnisse und Synergien bei einer weitergehenden Integration des Starkregenrisikos in die Umsetzungsschritte der HWRM-RL (vorläufige Bewertung, Gefahren- und Risikokarten, Risikomanagementpläne) beziehungsweise des WHG bestehen.

Methodisches Vorgehen

Für die Umsetzung aller drei Bearbeitungsschritte der HWRM-RL hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) Leitlinien entwickelt, um ein einheitliches Vorgehen in Deutschland zu erreichen (LAWA 2010; LAWA 2013). Um mögliche Synergien und Hemmnisse herauszuarbeiten, wurden der bisherige Stand der Bearbeitung der HWRM-RL und die Umsetzungsempfehlungen der LAWA zu Flusshochwasser und Küstenhochwasser einer möglichen zusätzlichen Bearbeitung des Starkregenthemas gegenübergestellt und in einer gut aufbereiteten Übersichtstabelle (= Untersuchungsmatrix) zusammengefasst. Bewertet wurden sowohl fachliche als auch administrativ-institutionellen Gesichtspunkte innerhalb der drei Bearbeitungsschritte.

Eine erste Bewertung erfolgte auf der Grundlage der LAWA-Leitlinien, weiterführender Literatur sowie Vorgesprächen mit ausgewählten ExpertInnen. In Abhängigkeit der Bewertung wurden die betrachteten fachlichen und administrativ-institutionellen Gesichtspunkte innerhalb der drei Bearbeitungsschritte je nach Synergien/Hemmnissen in der Untersuchungsmatrix in den Ampelfarben eingefärbt. Mit der Farbe Grün wurden die Aspekte eingefärbt, bei denen die Übertragbarkeit der HWRM-RL auf Starkregenereignisse für möglich gehalten wurde. Wurde die Übertragbarkeit aufgrund methodischer Unterschiede und/oder erhöhtem Aufwand als eingeschränkt übertragbar angesehen,

wurde das Feld gelb markiert. Rot wurden die Gesichtspunkte eingefärbt, bei denen die Übertragbarkeit nicht für möglich gehalten wurde. Dies war der Fall, wenn die methodischen Unterschiede zu groß waren und/oder der erforderliche Aufwand nicht leistbar wäre.

Zur Absicherung und Ergänzung der erarbeiteten und in der Untersuchungsmatrix dargestellten Bewertung wurden mit 15 ausgewählten ExpertInnen Telefoninterviews durchgeführt. Die identifizierten InterviewpartnerInnen aus Landesministerien, Kommunen/Städten, Wissenschaft, Wasserwirtschaftsverbänden/Vereinen, Stadt- und Regionalplanung sowie Privatwirtschaft sind alle im Bereich Hochwasserrisikomanagement (HWRM) und/oder Starkregenrisikomanagement tätig. Neben einer guten regionalen Verteilung der ExpertInnen wurde bei der Auswahl der InterviewpartnerInnen darauf geachtet, dass alle drei Bearbeitungsschritte der HWRM-RL abgedeckt werden konnten.

Ergebnisse

Für eine Bearbeitung von Starkregen nach den Vorgaben der HWRM-RL spräche, dass an einen bestehenden Rahmen angeknüpft werden könnte. Die Erfahrungen des ersten Zyklus bei Flusshochwasser könnten genutzt werden, um die Umsetzung im Starkregenrisikomanagement qualifiziert durchzuführen. Besonders in der Frage der übergeordneten Zuständigkeit, den Informationen zum Risiko (§ 74 Absatz 4 WHG gemäß Artikel 6 Absatz 5 HWRM-RL), der Öffentlichkeitsbeteiligung und den Zielen des Risikomanagements liegen Synergien vor, und es könnte auf bestehende Arbeiten aufgebaut werden.

Bei vielen anderen Aspekten würde eine systematische Integration des Starkregenrisikos in die Bearbeitung der HWRM-RL hingegen zu einem kaum leistbaren Mehraufwand führen. In vielerlei Hinsicht erscheint dieser aufgrund methodischer Herausforderungen derzeit nicht möglich.

Eine erste zentrale Herausforderung bestünde in der Abgrenzung der Risikogebiete. Die Beschreibung und Darstellung erfolgt bei Flusshochwasser auf Ebene der Flusseinzugsgebietseinheiten (FGE) auf Grundlage vorhandener oder leicht abzuleitender Informationen. Meist werden Einzugsgebiete ab einer Größe von 10 km^2 betrachtet, da dies die Forderung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist und somit Synergien innerhalb der Wassergesetzgebung geschaffen werden (Anhang II 1.2.1 WRRL). Die Festlegung der Risikogebiete, die grundlegend für alle Bearbeitungsschritte der HWRM-RL ist, stellt eine große Schwierigkeit bei Starkregen dar. Dadurch, dass Starkregen überall auftreten kann, ist eine räumliche Abgrenzung nicht möglich. Die Eingrenzung von Gebieten lässt sich nicht von Flusshochwasser auf Starkregen übertragen, da diese kleinteiligere und grundsätzlich alle urbanen Gebiete betreffen. Zudem sind Starkregenereignisse schwer vorherzusagen und führen abseits von Gewässern zu Überflutungen. Die FGE können daher nicht als Bezug dienen (LAWA 2017b). Notwendig wäre eine kleinräumigere und gewässernetzunabhängige Betrachtung, die auf kommunaler Ebene erfolgen könnte. Da für die Betrachtung von Starkregenereignissen eine Loslösung vom Gewässernetz erfolgen müsste, müssten stattdessen die oberflächlichen Fließwege im gesamten Untersuchungsgebiet berücksichtigt werden. Dies würde allerdings eine völlig neue Beschreibung der Einzugsgebiete und somit einen erheblichen Mehraufwand erfordern. Geht man davon aus, dass sich die Risikogebiete nicht über den Niederschlag bestimmen lassen, wäre theoretisch die ganze Bundesrepublik ein Risikogebiet. Diesem Ansatz kann aufgrund der sich daraus ergebenen Bearbeitungsausmaße nicht gefolgt werden.

Ein weiteres zentrales Hemmnis stellt die Ausweisung eines 100-jährlichen Überflutungsszenarios dar. Gemäß Artikel 6 Absatz 3b (§ 74 Absatz 2 WHG) schreibt die HWRM-RL in ihrer derzeitigen Form die Ausweisung eines solchen Ereignisses und dessen Auswirkungen auf die Schutzgüter (Risikokarten) rechtlich verbindlich vor. Dies ist für Starkregenereignisse methodisch derzeit nicht möglich. Ein zentraler Unterschied zu Flusshochwassern besteht darin, dass die statistische Eintrittswahrscheinlichkeit des Oberflächenabflusses bei Starkregenereignissen derzeit nicht bestimmt werden kann, da keine sicheren Methoden zur Abschätzung der räumlichen Abgrenzung und

der Auftretenswahrscheinlichkeit vorhanden sind (LAWA 2017a; S. 8). Derzeit kann lediglich dem Niederschlag eine Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet werden, nicht aber dem hieraus resultierenden Oberflächenabfluss.

Erhebliche Hemmnisse ergeben sich auch aus dem bei Starkregen erforderlichen höheren Detailgrad der verwendeten Daten, Modelle und Verfahren. Im Rahmen der Überprüfung der vorläufigen Bewertung ist z.B. eine Plausibilisierung durch fach- und ortskundigen MitarbeiterInnen vorgesehen (LAWA 2017a). Da bei Starkregenereignissen die Teileinzugsgebiete viel kleinräumiger sind als bei Flusshochwasser, ist der Aufwand bei der Plausibilisierung erheblich höher, wird aber von den befragten ExpertInnen als zentral angesehen. Außerdem müsste bedacht werden, dass auch Kommunen betroffen sein können, die zuvor mangels Gewässerbezug von der HWRM-RL nicht betroffen waren. Demnach wäre wahrscheinlich auch die Anzahl benötigter ExpertInnen um einiges größer.

Bei der Erstellung der Gefahren- und Risikokarten stellt die Ausweisung von Überflutungsflächen und Wassertiefen im Überflutungsgebiet gemäß Artikel 6 Absatz 4 HWRM-RL eine Mindestanforderung an die zu erstellenden Gefahren- und Risikokarten dar. Diese Information kann nicht aus vereinfachten Gefährdungsanalysen mit Hilfe geografischer Informationssysteme abgeleitet werden (z.B. Ausweisung von Senken), sondern erfordert eine Überflutungssimulation mittels hydraulischer Modelle, die aus konkreten Niederschlagsbelastungen resultieren und auch die Wechselwirkungen mit dem Kanalnetz oder Gewässern berücksichtigen (DWA 2013; S. 15; Assmann et al. 2012). Aufgrund der großen Bedeutung der Mikrotopografie bei Starkregenereignissen und der schwierigen Abgrenzung von Risikogebieten hätte dies einen flächendeckend kaum leistbaren Mehraufwand zur Folge. Dies betrifft unter anderem die räumliche Auflösung der Daten (z.B. des digitales Geländemodells) und die Notwendigkeit, hydraulisch relevante Bauwerke wie Brücken, Unterführungen, Durchfahrten oder auch U-Bahnschächte terrestrisch zu vermessen.

Nach § 75 WHG i.V.m. § 14b Abs. 1 Nr. 1; Anlage 3 Nr. 1.3 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) muss für die Hochwasserrisikomanagementpläne eine strategische Umweltprüfung (SUP) durchgeführt werden. So wird gewährleistet, dass aus der Durchführung von HWRM-Plänen resultierende Umweltauswirkungen bereits frühzeitig bei der Ausarbeitung und vor der Annahme des Plans systematisch berücksichtigt werden (LAWA 2013a; S. 61). Dazu müssen die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten berücksichtigt werden. Dies ist aufgrund der derzeit fehlenden Abgrenzung von Starkregenrisikogebieten nicht möglich. Unter der Voraussetzung, dass man Risikogebiete für Starkregen ableiten könnte, kämen bei einer Integration von Starkregenereignissen die neu ermittelten Risikogebiete und die daraus abgeleiteten Maßnahmen zu den HWRM-Plänen hinzu.. In der Praxis würde dies zu einem erheblichen Mehraufwand führen.

Synthese

Nach Bewertung der Literatur, der Interviewergebnisse und der Diskussion der Ergebnisse kommen wir zu dem generellen Schluss, dass neben einigen Synergien doch erhebliche Hemmnisse hinsichtlich einer systematischen Integration des Starkregenrisikos in die Umsetzung der HWRM-RL existieren. Zum einen wäre eine Integration mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden, da aufgrund des mikrotopografischen urbanen Bezugsraums höher aufgelöste Daten recherchiert und verarbeitet sowie detailliertere Modelle verwendet werden müssten. Dieser erhebliche Mehraufwand erscheint kaum leistbar und steht nicht im Verhältnis zum erhofften Mehrwert einer systematischen Bearbeitung des Starkregenrisikos nach den Vorgaben der HWRM-RL. Zum anderen bestehen grundlegende methodische Herausforderungen, die eine analoge Anwendung beim derzeitigen Stand des Wissens als unmöglich erscheinen lassen. Hierzu gehört die gemäß Artikel 6 Absatz 3b HWRM-RL vorgeschriebene Berechnung 100-jährlicher Überflutungsflächen. Hier ist vor allem die Bestimmung der Jährlichkeit dieses Szenarios derzeit unklar (diese kann nur für den Niederschlag, nicht für den

Oberflächenabfluss erfolgen). Auch die Mindestanforderung bezüglich der Ausweisung von Überflutungstiefen ist nur durch eine detaillierte hydraulische 2D-Modellierung zu erzielen, was aufgrund des großen Risikogebietes zu einem erheblichen Mehraufwand führt.

Die derzeitige Vereinbarung, Starkregen in den Hochwasserrisikomanagementplänen zu berücksichtigen und konkrete Maßnahmen zu planen, sowie die Erarbeitung einer Starkregenstrategie durch die LAWA (LAWA 2018) scheinen vor diesem Hintergrund ein geeigneter Weg, das wichtige Thema der Starkregenrisikomanagement stärker im Bewusstsein staatlichen und privaten Handels zu verankern. Dies zeigt sich auch daran, dass in einigen Bundesländern und Kommunen das Starkregenrisikomanagement schon weit fortgeschritten ist. Es sind umfangreiche Leitfäden und Starkregengefahrenkarten entstanden, und es werden konkrete Maßnahmen der Vorsorge ergriffen. Nach der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (zuletzt geändert am 18.07.2017) ist zudem die Berücksichtigung von Starkregen bei der Ausweisung von Hochwasserentstehungsgebieten (§ 78d Absatz 1) möglich. Darüber hinaus können für die Schaffung eines eigenen Regelwerkes für Starkregen folgende rechtliche Empfehlungen ausgesprochen werden: Es ist dringend erforderlich, eine gesetzliche Regelung für die Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten zu schaffen. Im Moment bestehen hier zu viele Unsicherheiten, was die Rechtsfolgen für Kommunen und EigentümerInnen betrifft. Zurzeit werden schon vorhandene Starkregengefahrenkarten von den Kommunen aus diesem Grund nicht veröffentlicht, wodurch die BürgerInnen nicht die Möglichkeit haben, sich über ihre Gefährdung zu informieren und angemessen vorzusorgen.

Übergreifende Empfehlungen zur Verbesserung der Starkregenvorsorge in Deutschland

Die Schadensereignisse der letzten Jahre zeigen, dass das Thema Vorsorge gegen Starkregen von großer Bedeutung ist und weiter vorangetrieben werden sollte, auch wenn die HWRM-RL aufgrund des erheblichen Mehraufwandes und methodischer Herausforderungen nicht das richtige Instrument dafür zu sein scheint. Auf der Grundlage des vorliegenden Berichts können zehn Handlungsempfehlungen für die Bearbeitung und Minderung von Starkregenrisiken in Deutschland abgeleitet werden.

Einheitliches Begriffsverständnis schaffen: Bisher wird der Begriff „Starkregen“ von verschiedenen Fachbereichen und Akteuren unterschiedlich verwendet. Dies führt zu Problemen bei der Verständigung und Vergleichbarkeit von Ereignissen und Aussagen zwischen den handelnden Akteuren und Institutionen. Es sollte eine allgemeingültige und von allen Fachbereichen akzeptierte Definition ausgearbeitet werden, die für die Bevölkerung eindeutig und leicht verständlich ist.

Risikokommunikation und Bewusstsein in der Bevölkerung stärken: Um die Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung weiter zu stärken, ist es notwendig, den Unterschied zwischen Flusshochwassern und Überflutungen durch Starkregen zu vermitteln (Überflutungen auch abseits von Gewässern möglich, geringe Vorwarnzeiten). Zudem sollte darauf hingewiesen werden, dass die Entwässerungssysteme bei großen Niederschlagsmengen keinen umfassenden Schutz bieten können.

Eigenvorsorge der Bevölkerung stärken: Damit die Bevölkerung notwendige präventive Maßnahmen ergreifen kann, muss das Wissen um die Möglichkeiten, Kosten und Effektivität der Vorsorge verbessert werden. Hier ist es wichtig, dass eine systematische Verknüpfung der Gefahreninformation mit den Vorsorgeinformationen erfolgt. Hierzu ist eine rege Öffentlichkeitsarbeit durch verschiedene Akteure wie lokale Ansprechpartner hilfreich.

Potenziale von Planungsinstrumenten ausschöpfen: Auch (Bau-) Planer und Architekten müssen für das Thema sensibilisiert werden und können so einen großen Teil zur Vorsorge, z.B. durch Leitfäden, Regelwerke und gesetzliche Vorgaben, beitragen. Durch die Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (2017) können Flächen für den Hochwasserschutz und die Starkregenvorsorge in Bauleit- und Bebauungsplänen festgelegt werden.

Starkregenereignisse und Schäden systematische erfassen: Um das Ausmaß und die Häufigkeit von Starkregen und verursachten Schäden und Umweltwirkungen besser quantifizieren zu können, sollte auch in Deutschland eine Datenbank zur Dokumentation (vergangener) Starkregenereignisse, einschließlich Informationen über das Ereignis, Schäden und Umweltwirkungen, erstellt werden. Die erhobenen Daten können genutzt werden, um Modelle zu validieren, mit denen Karten und Risikoabschätzungen erstellt werden.

Starkregengefahren- und Starkregenrisikokarten für urbane Räume erstellen und öffentlich zugänglich machen: Grundsätzlich sollte die Erstellung und Veröffentlichung von (zielgruppenspezifischen) Starkregengefahrenkarten gefördert und ggf. gesetzlich eingefordert werden. Eine gesetzliche Regelung für die Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten ist zu schaffen, da derzeit zu viele Unsicherheiten über die Rechtsfolgen für Kommunen und EigentümerInnen bestehen.

Warnsysteme fachlich und technisch weiterentwickeln: Die Vorhersage- und Vorwarnzeiten sind bei Starkregenereignissen deutlich kürzer als bei Flusshochwassern. Einsatzkräften bleibt kaum Zeit, um auf die Situation zu reagieren und auch die Bevölkerung wird häufig unvorbereitet getroffen. Neben der fachlichen und technischen Weiterentwicklung zur Vorhersage von Starkregenereignissen ist auch die Verbesserung in der Koordination und Zuständigkeitsregelung zwischen den Diensten erforderlich. Dies schließt auch die Warnungen für die Bevölkerung z.B. über Warn-Apps mit ein sowie eine Überprüfung der Verständlichkeit von Warnungen.

Finanzierungsmöglichkeiten schaffen: Über finanzielle Unterstützung von Projekten und Eigenvorsorge kann die Akzeptanz und Motivation zur Umsetzung von Maßnahmen erhöht werden. Mit dem Angebot einer Reduktion der Niederschlagswassergebühren bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Vorsorge können Anreize für Grundstücksbesitzer geschaffen werden. Um die Bereitschaft innerhalb der Kommunalpolitik für Ausgaben zur Starkregenvorsorge erhöhen, bietet es sich zudem an, Maßnahmen hervorzuheben, die auch zu einer attraktiveren, lebenswerten Stadt beitragen.

Behördenübergreifende Kooperationen verbessern: Für ein erfolgreiches Starkregenrisikomanagement ist eine gut abgestimmte Kooperation zwischen den Ländern und Kommunen sowie innerhalb der Kommunen in Bezug auf Zuständigkeiten, Verantwortlichkeiten zur Durchführung von Maßnahmen sowie finanzielle Regelungen notwendig. Für die Verbesserung der Kooperation zwischen Verwaltungseinheiten kann es sich auch lohnen, die Regelungen bei der Haushaltsführung in Kommunen genauer zu untersuchen und die Strukturen dort gegebenenfalls flexibler zu gestalten.

Wissenslücken schließen: Im Bereich Starkregen bestehen weiterhin große Unsicherheiten und Wissenslücken, die in den kommenden Jahren im Rahmen von Forschungsprojekten identifiziert und durch entsprechende Forschungsvorhaben gezielt adressiert werden sollten. Hierzu gehören eine Verbesserung der Vorhersage von Starkregenereignissen, die Auswirkungen des Klimawandels auf das Auftreten (Häufigkeit, Intensität) und die räumliche Verteilung von Starkregenereignissen.

Summary

Introduction

In recent decades, flooding caused by heavy rainfall in Germany has repeatedly led to considerable damage to property and has also taken human lives. Two low pressure systems with heavy rainfall events (Elvira and Friederike) in May and June 2016 caused 800 million euros in insured losses, making them one of the most expensive heavy rainfall events in recent years (GDV 2017, p. 8; 30). As a result of these events, public awareness of heavy rain has appeared to have risen in recent years. On the political level, too, the increasing importance is reflected: the Federal Water Cooperation Group (LAWA) is developing a "strategy for effective heavy rain risk management" on behalf of the Conference of Environment Ministers; associations are also issuing official positions on the subject (e.g. Deutscher Städtetag et al., 2017).

Heavy rain is when large amounts of precipitation occur within a short time. Heavy rainfall comes from convective precipitation, which often occurs in the summer months in conjunction with thunderstorm cells. In a relatively short time, a very large amount of precipitation falls, which can lead to high water levels and floods (wild runoff water) (DWD 2017); in addition, prolonged heavy rain especially is often accompanied by soil erosion and landslides. For heavy rain, there is no general definition, since characteristic precipitation amounts depend on the respective climatic zone (Baumgartner & Liebscher 1996).

The definition used by the German Weather Service (DWD) is based on intensity and rainfall. The DWD speaks of heavy rain from a precipitation depth of 10 mm in 60 minutes or a precipitation depth of 1.7 mm in 10 minutes (DWD 2016a).

Heavy rain hotspots and environmental impacts

Heavy rain hotspots

Risk assessment is an important basis for developing heavy rain risk management. At the federal level, it is relevant whether there are various hazard zones within Germany. So far, actors (i.e., the insurance industry, but also the water industry represented by the federal/state working group on water) work on the assumption that the risk of heavy rainfall is the same everywhere in Germany. In contrast to river and coastal floods, a risk from such heavy rain events can also occur away from bodies of water and does not depend on the geographical location (Winterrath et al., 2017, p. 45). As a result, the occurrence of a large incident at one location does not generally indicate that there is a higher risk of heavy rain there in the future. Rather, the probability of occurrence in places that have not previously been affected by heavy rainfall is equally high (LAWA, 2017, p. 8 f.). For trend analyses of heavy rain events within periods of less than 24 hours, there is the particular problem that intensive small-scale (summer) precipitation in particular is not always detected by the meteorological measuring stations, which are too far apart. (Becker et al., 2016, p. 2). The effects of increased heavy rainfall events as a consequence of climate change can affect urban areas such as the Ruhr region, due to the large extent of impervious surfaces.

Umweltwirkungen

The GDV uses the headline that "damages caused by heavy rain have increased tenfold". This refers to the recorded damages caused by storms with heavy rainfall in 2016 compared to the previous year (GDV 2017). Heavy rainfall events cause a great deal of damage: In addition to material damage to buildings or traffic routes, environmental effects are widespread, but are often not (systematically) quantified, or are even left unmentioned. In order to get a first impression of the extent and frequency of environmental impacts, 20 of the selected heavy rainfall events in Germany in the period 2005 to 2017 were used as cases to evaluate the environmental impacts that occurred.

The selection of the heavy rain events was based on three criteria: exceeding the threshold defined by the German Weather Service, temporal as well as spatial representativeness. Included are heavy rain events from both urban areas (Dortmund, Hamburg, Münster, Cologne), and from rural ones (Alsfeld, Riestedt, Braunsbach, Simbach).

The following environmental impacts were analysed for each of these heavy rain events: soil erosion, sediment and gravel deposits, oversaturated soils, damage to urban trees and green spaces, overflow and damage to micro-water bodies, overflow of mixed sewerage, contamination and release of other pollutants.

The evaluation shows that in 16 of 20 heavy rainfall events, oversaturated soils and related impacts occurred. Second most often was the overflow of and damage to micro-water bodies (14 out of 20 events). Overflow of mixed sewerage occurred in 13 out of 20 events. All other environmental effects occurred in 10 or fewer events.

Final recommendations for action to avoid environmental effects of heavy rain events include: regular and proper maintenance and monitoring of the condition of city green spaces, conservation and care of stream beds, protecting heater oil tanks, reducing surface runoff and increasing infiltration surfaces.

Although environmental impacts cannot always be monetised, they are a serious encroachment on the natural system. Measures to mitigate environmental impacts are therefore of great importance.

Overview of the Status of Heavy Rain Preparedness in Germany

Types of measures

This chapter presents an overview of the diversity of implemented measures and instruments for heavy rain preparedness in Germany and illustrates the means by which different actors are already working on heavy rain preparedness. An online search was carried out between January and April 2017 to identify measures, instruments and research projects. The result is an Excel spreadsheet with almost 100 entries. Based on the research results and taking into account the objective of the project, the project team developed categories for structuring the results. The developed categories are strongly based on the categories of the DWA flood audit[4], but have been adapted to better manage the already researched measures and projects. There are four main categories, which in turn are divided into six subcategories. The categories are shown in Table 1.

Table 2: Categorising heavy rain preparedness measures in Germany (shortened)

Category	
I	II
Preparation of surfaces	Construction measures (incl. infiltration and drainage)
	Planning, conceptual/strategic and legal measures
Building preparedness	Protection of property
Behavioural measures	Short-notice warnings
	Information on behavioural measures

4 The Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) presented a framework for auditing flooding preparedness in the local context with its 2010 DWA-Merkblatt M551 Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet“. More information can be found at: DWA Hochwasseraudit

Category	
Risk preparedness	Personal responsibility and insurance coverage

Some findings of the overarching analysis of the researched measures are summarised below. Here, the focus is mainly on particularly frequent or innovative measures:

- Multifunctional land use: Measures of multifunctional land use can be regarded as particularly innovative as this relatively new form of heavy rain preparedness has a high preventative potential, especially in densely built-up areas (Benden 2014a). Here, however, the research has shown that this form of heavy rain preparedness is still rather rare in Germany and has so far only been tested in some pilot projects. In chapter 3.3. the topic of multifunctional land use, examples, obstacles and success factors as well as recommendations for action are discussed in detail.
- Short-notice warnings: Until a few years ago, there were few information systems for issuing warnings about this type of danger, partly because of the technical possibilities as well as less attention paid to heavy rainfall events. In recent years, some offers have been made available for providing short-term warnings of heavy rain. The subject of warnings will be considered in more detail in chapter 3.4.
- Heavy rain in municipal and regional strategies: In recent years, the topic of heavy rain has received increased attention and has been taken into account in regional and municipal strategies and plans. For example, the 2014 Hamburg Green Roof Strategy addresses, among other things, the sustainable use of rainwater and heavy rainfall preparedness. The 2016 Berlin Climate Urban Development Plan[5] also has *urban flooding after heavy rainfall* as one of two key themes. At the state level, the topic is also attracting increasing attention; in 2016, for example, the Heavy Rain NRW concept of the Ministry of Construction, Housing, Urban Development and Transport and the Ministry for Climate Protection, Environment, Agriculture, Nature and Consumer Protection of North Rhine-Westphalia was published. [6]
- Strong overlaps with measures to protect against fluvial floods: In general, the analysis of the researched projects, measures and instruments shows that a strict separation between measures to prepare for heavy rain events and measures to prepare for fluvial flood events is not always possible. For example, the research frequently found measures that were either assigned to one category or the other, but were ultimately suitable for both types of flood prevention (fluvial and pluvial).
- Evaluation of the impact of measures: When analysing the researched measures and instruments, it is striking that very few instruments have been reviewed for their effects. Impact evaluation approaches are found only occasionally.
- Particularly frequent measures: Communication tools were found relatively frequently by the research. These are therefore dealt with in detail in a separate chapter (see 3.5)

Heavy Rain Hazard Maps

An important instrument of risk communication is heavy rain hazard maps, which some municipalities have already created in recent years. Heavy rain hazard maps show the areas that could be flooded in a heavy rain event. So far, there are no uniform recommendations or binding guidelines for the preparation of the maps in Germany, so that there are great differences between the maps. In order to

5 Link to plan: Stadtentwicklungsplan Berlin

6 Link to concept: Starkregenkonzept NRW

obtain an overview of the existing heavy rain hazard maps and their presentation, data basis and modelling concepts, internet research was carried out seeking freely available heavy rain hazard maps. A profile was created for each identified map type.

Application Examples

Only seven online open access heavy rain hazard maps could be found. All seven maps show the potential floodplain. In addition, the flood depth is divided into several classes via colour. The threshold values, i.e. the water level from which flooding is indicated, are subject to a range of 0 cm to 20 cm. None of the available heavy rain hazard maps show flow direction and/or flow velocities.

Even in the modelling approaches, there are still large differences between the researched heavy rain hazard maps, making supra-regional analyses currently barely possible due to a lack of comparability. A hydrological-hydraulic approach was chosen for five maps and the drainage/sewer system was also considered in modelling the heavy rain hazard. In Cologne (sewer system not considered) and Dresden (no information on sewer system) the surface runoff was modelled.

There are a few other municipalities that have created maps that have not yet been published for legal or other reasons.

Recommendations

By uniformly elaborating and presenting the heavy rain hazard maps, they become understandable for the citizens and expert users from various fields, and a necessary aid in the management of heavy rain hazards. In order to account for the high degree of detail, a hydrological-hydraulic approach should be followed in the modelling. In the presentation, the flooding area, the flood depth (in four classes) and naming the underlying event are considered sufficient.

Multifunctional Land Use

Given increasing urbanization and the concomitant increasing competition for space, the multifunctional use of urban areas is of particular importance for heavy rain preparedness (Deister et al., 2016). Multifunctionally utilisable areas can make an important contribution to urban flooding prevention: primarily by retaining water in the area, by infiltration and by drainage of rainwater. For this purpose, open spaces, traffic surfaces and surfaces on buildings may be suitable.

There are two types of multifunctionality:

- Multifunctional in the sense of a temporary use, which restricts the primary purpose of use. This can, for example, be a traffic surfaces that can also be used as a retention area, but which is then no longer passable.
- Multifunctional in the sense of a simultaneous use that does not restrict the primary purpose of use. This includes, for example, a playground that is also used for the retention of rainwater and can still be used as a playground during or after heavy precipitation - perhaps in another form.

The attraction of multifunctional land use for heavy rain preparedness is primarily that it can create additional land surface for the retention and infiltration of rainwater without aggravating surface competition. Depending on the type of multifunctional land use and the alternatives for dealing with heavy rainfall, this type of preparedness can save costs and provide positive side effects, such as for the urban climate or local recreation.

Current implementation examples explicitly communicated as "multifunctional surfaces" include the planned adaptation of the ground surface modelling for an event meadow in Cologne that is to absorb the water from the area during heavy rainfall, the implementation of a natural infiltration well in a park, a water playground in Hamburg, and a "water place" created as an area for residents and water retention for heavy rain in Rotterdam.

Frequent barriers to implementation are:

- The responsibilities for the installation and maintenance of the area are disputed or unexplained, e.g. between the office for parks and green spaces and the drainage companies.
- From certain depths, precautions must be taken to avoid hazards (e.g. drowning).
- Preserving the accessibility of paths and public places
- Ensuring hygiene, for example at water playgrounds used as flooding retention areas

The potentials of multifunctional land use can only be determined individually in the respective context and depend, for example, on the topography and the location of the flood areas. Cost advantages in the case of heavy rainfall preparedness through multifunctional land use can especially be exploited if, during planned or ongoing spatial redesigns, there is an opportunity to use individual land areas for heavy rainfall preparedness.

Warnings

With timely warning in case of a heavy rain event, civil protection or stakeholders can take action to prevent or reduce damage. While warning times of several days are now possible for flooding on larger rivers, the early warning time for convective events such as heavy rainfall is often only a few hours; sometimes, there is no warning, or it is incorrect.

Essential to good preparedness are warnings that predict the critical event in terms of physical parameters and location as accurately as possible, as are the receipt and understanding of warnings by the public.

Six heavy rain events in Germany from 2005 to 2017 were analysed for the following aspects:

- 1. Predicted and measured precipitation
- 2. Frequency of warnings and delimitation of affected areas
- 3. Early warning time

The study shows that it is still difficult to adequately predict heavy rainfall events in terms of early warning time, geographic location and expected rainfall. All the more important is therefore further developing the predictive models technically and in terms of content. In addition, the communication between forecasting services on the one hand and civil protection agencies and the population on the other hand should be further improved. In particular, the general population currently seems to be unprepared for heavy rain. Therefore, the ability to engage in self-help and personal preparedness on the part of the population should be strengthened by linking warnings to concrete behavioural advice before, during and after an event. In order to ensure that the warnings not only reliably reach but are also understood by the population and civil protection agencies, further studies should be undertaken on the understanding of warnings and precautionary/behavioural advice.

Another approach would be a two-way warning system. In the current warning system, the approach is that the DWD as the responsible authority issues a warning. However, heavy rainfall events can not always be recorded, as they sometimes occur locally on a very small-scale. Platforms could thus be created that currently directly affected citizens or those responsible in some way could use to alert the DWD and/or the population to the event in a bottom-up approach. For example, civil protection and the population could react more quickly to the event and take appropriate action.

Further Communications

When analysing measures for heavy rain preparedness, various types of communication tools were identified (a total of 48 out of 99 measures). The multitude of instruments can be divided into the following categories:

- Handbook, guide, flyers or similar publications
- Campaigns

- Advice
- Hazard map
- Websites, online tool, or database

Most of the communication tools fall into the category manual, guide, flyers or similar publications. The spectrum ranges from a simple flyer to a comprehensive manual. These products were released by actors at various levels: there are publications on the topic of heavy rain preparedness for federal and state institutions as well as regional and local actors.

The category web pages, online tools and databases include, for example, warning apps, such as the NINA warning app of the Federal Office for Civil Protection and Disaster Assistance (BBK), via which citizens receive important alerts. On starkregengefahr.de, a website of the project KliStaR adaptation to climate change in the catchment area of Glems, citizens can enter damages incurred or preparedness measures into an interactive map or database.

Only a few examples of measures and instruments were found that could be assigned to the campaigns and advice categories. Above all, there are campaigns in the insurance sector: for example, the natural hazards damage campaign of the Ministry of the Environment in cooperation with the General Association of German Insurers (GDV), or the campaign "Vordenken Denken - Elementar Versichern" of the Bavarian Ministry of Economic Affairs, also in cooperation with the GDV.

In the advice category, too, there are only a few measures found. Bordering on the campaign category is, for example, the HKC Infomobil, a mobile information centre of the HochwasserKompetenzCentrum e.V. (HKC).

The researched communication tools are aimed at a number of target groups. The following target groups of communication tools could be identified:

- House and property owners
- Citizens
- Disaster preparedness
- Municipal government
- Regional planning
- Architects
- Water sector
- Agriculture and forestry
- Associations

Almost all instruments are aimed at at least two or more target groups. Often, the target group of instruments can not be clearly defined from the outside.

Overall, the following recommendations can be derived from the analysis of the communication instruments:

In the course of the online research, very few advice options could be found for households with an explicit reference to heavy rain preparedness. More and more proactive initiatives offering personal advice to individuals on heavy rain preparedness (not only by community representatives) could help raise the level of coverage.

The number and variety of brochures and guides on heavy rain preparedness available leads to the conclusion that the publication of other general publications on heavy rain preparedness would create no added value. However, a somewhat differentiated observation must follow. Less general, but more practice-oriented guidelines with concrete templates and recommendations for action continue to appear as a useful supplement to the existing range. We also recommend bundling helpful materials at a central location.

Experience from flood risk management has shown that the visualization of hazards and risks (mainly on maps) is a promising and proven way to raise awareness among local (political) decision-makers

and to raise public awareness. The development of heavy rain hazard and, if applicable, heavy rain risk maps at municipal level should therefore be intensified (see also Chapter 3.2).

European Flood Risk Management Directive

The EU Flood Risk Management Directive (HWRM-RL) introduced a uniform procedure for reducing flood risks at the European Community level in 2007, and was implemented in Germany in 2009 by the Water Resources Act (WHG).

The HWRM Directive provides for a three-stage procedure for all member states. In the first stage, by December 2011, sections of waters were provisionally assessed to identify areas of potentially significant flood risk. In the second stage, flood hazard and flood risk maps were prepared for the identified areas by December 2013. In the third step, flood risk management plans were drawn up and reported to the EU by December 2015. These were to include binding targets and measures to reduce the risk of flooding. For all three processing steps, the HWRM Directive provides for a periodic review at intervals of six years (Article 14). It introduced, for the first time, an innovative tool that allows the application of the risk management cycle of disaster recovery, verification/risk analysis, as well as protection, preparedness and avoidance of adverse effects on protected assets (human health, economic activities, heritage and environment).

The focus of the Directive and the WHG is on river and coastal flooding. For example, floods are defined in Article 2 (1) of the Directive as "temporary flooding of land that is not normally covered by water. This includes flooding caused by rivers, mountain streams, temporarily exposed water flows in the Mediterranean region and seawater penetrating into coastal areas." Consideration of flood events due to heavy rain events can be optional. Due to the low likelihood of occurrence and the local limitation of the flood risk due to heavy rainfall events, this type of flooding (unlike river and coastal flooding) was not systematically considered in the first cycle of the implementation of the HWRM Directive in Germany (see § 72 WHG). The majority of the other member states have also opted for this approach.

For the second processing cycle of the HWRM-RL, the federal states agreed that heavy rain is rated as a general, but not "significant" flood risk. For the prevention and reduction of damages, heavy rain events are taken into account in the second cycle of the implementation of the HWRM Directive in the measures of the flood risk management plans (LAWA 2017b, p. 2f.). The development of a heavy rain risk management strategy by the LAWA based on the HWRM Directive was decided at the 86th Conference of Environment Ministers (UMK 2017, p. 64). Against the background of the already significant damage caused by heavy rainfall events (GDV 2017b) and the expected increase in risk due to climate change, the question arises as to whether flooding by surface runoff caused by heavy rainfall (pluvial flooding) should be integrated into the systematic implementation of the HWRM Directive in the medium term.

The purpose of this report is to show what obstacles and synergies exist in further integrating the heavy rain risk into the implementation steps of the HWRM Directive (preliminary assessment, hazard and risk maps, risk management plans) and the WHG.

Methodological Procedure

For the implementation of all three processing steps of the HWRM-RL, the federal/state Water Working Group (LAWA) has developed guidelines to achieve a uniform approach in Germany (LAWA 2010, LAWA 2013). In order to identify possible synergies and obstacles, the previous status of the HWRM-RL and the implementation recommendations of the LAWA on river and coastal floods were compared with possible additional treatment of the heavy rain issue and summarised in a well-prepared overview table (= investigation matrix). Both technical and administrative-institutional aspects were evaluated within the three processing steps.

An initial assessment was based on the LAWA guidelines, further literature and preliminary talks with selected experts. Depending on the evaluation, the technical and administrative-institutional aspects considered were coloured in the traffic light colours within the three processing steps depending on synergies/inhibitions in the examination matrix. The aspects in which the transferability of the

HWRM-RL to heavy rain events was considered possible were coloured green. If transferability was considered limited due to methodological differences and/or increased efforts necessary, the field was highlighted in yellow. Those aspects where transferability was not considered possible were coloured red. This was the case when the methodological differences were too large and/or the required effort would not be affordable.

In order to solidify and supplement the evaluation developed and presented in the examination matrix, telephone interviews were conducted with 15 selected experts. The identified interviewees from state ministries, municipalities/cities, academia, water management associations, urban and regional planning as well as the private sector are all involved in flood risk management (HWRM) and/or heavy rain risk management. In addition to a good regional distribution of the experts, care was taken in the selection of interviewees that all three processing steps of the HWRM-RL be covered.

Results

It is sensible to address heavy rain hazards and risks according to the specifications of the HWRM Directive in connection with an existing framework. The experiences of the first cycle addressing river floods could be used to implement heavy rain risk management in a qualified manner. Synergies exist, in particular with regard to the question of ultimate responsibility, information on risk (Article 74 (4) of the WHG pursuant to Article 6 (5) of the FRMH Directive), public participation and risk management objectives, and it could be based on existing work.

For many other aspects, however, systematically integrating the heavy rain risk into the implementation of the HWRM Directive would lead to almost unaffordable additional expenditures. In many ways, due to methodological challenges, this does not currently seem possible.

A first key challenge would be the delimitation of the risk areas. The description and presentation is conducted in the case of river floods at the level of the catchment area units (FGE) on the basis of existing or easily derivable information. Catchment basins with a size of more than 10 km^2 are most often considered, since this is the requirement of the Water Framework Directive (WRRL), thus creating synergies within the water legislation (Annex II 1.2.1 WRRL). Determining the risk areas, which is fundamental for all processing steps of the HWRM-RL, represents a great difficulty in the case of heavy rain. Due to the fact that heavy rainfall can occur anywhere, a spatial demarcation is not possible. The delimitation of areas can not be transferred from river floods to heavy rains, as these are smaller-scale and include basically all urban areas. In addition, heavy rain events are difficult to predict and lead to flooding away from bodies of water. The FGEs cannot serve as a reference (LAWA 2017b). It would be necessary to have a smaller-scale and water network-independent consideration that could be made at the municipal level. Since heavy rain events would have to be considered detached from the water network, the superficial flow paths in the entire investigation area would have to be considered. However, this would require a completely new description of the catchment areas and thus considerable additional effort. Assuming that the risk areas cannot be determined via precipitation, theoretically the whole Federal Republic would be a risk area. This approach cannot be pursued due to the resulting workload.

Another central obstacle is the designation of a 100-year flood scenario. In accordance with Article 6 (3b) (Section 74 (2) of the WHG), the current version of the HWRM Directive legally stipulates the designation of such an event and its effects on the protected assets (risk maps). This is methodologically not currently possible for heavy rain events. A key difference to river floods is the fact that the statistical probability of occurrence of surface runoff in heavy rainfall events cannot be determined as there are no reliable methods for estimating the spatial delineation and the probability of occurrence (LAWA 2017a, p. 8) at this time. Currently, the precipitation can only be assigned a probability of occurrence, but not the resulting surface runoff.

Substantial obstacles also arise from the higher level of detail of the data, models and procedures necessary when considering heavy rain events. As part of the preliminary evaluation review, plausibility check provided by expert and local staff, for example, is stipulated (LAWA 2017a). Since the partial catchment areas are much smaller in the case of heavy rainfall events than in the case of floods, the plausibility burden is considerably higher, but is considered to be central by the experts

interviewed. It should also be considered that communities may be affected that have previously not been affected by the HWRM-RL for lack of water bodies. Accordingly, the number of experts needed would probably be much larger.

When creating hazard and risk maps, the designation of floodplain areas and water depths in the floodplain area in accordance with Article 6 (4) of the FRMD is a minimum requirement. This information cannot be derived from simplified hazard assessments using geographic information systems (e.g. designation of sinks), but requires a flood simulation by means of hydraulic models that result from concrete precipitation loads while also taking into account the interactions with the sewer network and bodies of water (DWA 2013, p. 15, Assmann et al., 2012). Due to the great importance of micro-topography in heavy rain events and the difficulty demarcating risk areas, this would lead to almost unaffordable extra costs. This concerns, among other things, the spatial resolution of the data (for example, of the digital terrain model) and the need to terrestrially survey hydraulically relevant structures such as bridges, underpasses, passageways and subway shafts.

According to § 75 WHG in connection with Section 14b (1) no. 1; Annex 3, no. 1.3 of the Environmental Impact Assessment Act (UVPG) a strategic environmental assessment (SEA) is required to be carried out for the flood risk management plans. This ensures that environmental impacts resulting from the implementation of FRM plans are systematically taken into account at an early stage in the preparation and adoption of the plan (LAWA 2013a, p 61). In doing so, the assets of human health, the environment, cultural heritage and economic activities must be taken into account. Assuming it is possible to derive risk areas for heavy rain events, and that there was a desire to integrate them, the newly identified risk areas and the resulting measures would be added to the HWRM plans. From a legal point of view, the workload of the SUP would initially be negligible. In practice, however, this would lead to a considerable additional workload. In order to make SUPs more practicable in the area of heavy rainfall, the lack of significance and the lack of predictability of heavy rain events could possibly be taken into account by changing the depth and decreasing the extent of the SUP.

Synthesis

Following the literature review, the interview results and the discussion of the results, we come to the general conclusion that, in addition to some synergies, there are considerable obstacles to the systematic integration of the risk of heavy rain into the implementation of the HWRM Directive. On the one hand, integration would be associated with considerable additional effort since, due to the micro-topographic urban reference area, higher-resolution data would have to be researched and processed and more detailed models would have to be used. This considerable additional expenditure seems unaffordable and is not in relation to the desired added value derived from systematically addressing the heavy rain risk according to the specifications of the HWRM Directive. Secondly, there are fundamental methodological challenges that make analogue applications seem impossible given the current state of knowledge. This includes the calculation of 100-year flood plains required by Article 6 (3b) of the HWRM Directive. In particular, the determination of the annuality of this scenario is currently unclear (this can only be done for precipitation, not for surface runoff). Also, the minimum requirement for designating flood depths can only be achieved via detailed 2D hydraulic modelling, which leads to a considerable additional effort due to the large risk area.

The current agreement to consider heavy rain events in the flood risk management plans and to plan concrete measures, as well as the elaboration of a heavy rain strategy by the LAWA (LAWA 2018), seems a suitable way of anchoring the important topic of heavy rain risk management in the consciousness of public and private actors. This is also reflected in the fact that, in many states and municipalities, heavy rain risk management is already well advanced. Comprehensive guides and heavy rain hazard maps have been developed, and concrete precautionary measures are being taken. According to the amendment to the Water Resources Act (last amended on 18.07.2017), considering heavy rainfall in the designation of flood generation areas (§ 78d (1)) is also possible. In addition, the following legal recommendations can be made for the creation of a dedicated set of regulations for heavy rains: It is urgently necessary to create a legal regulation for the publication of heavy rain

hazard maps. At the moment, there are too many uncertainties about the legal consequences for local authorities and property owners. For the time being, even existing heavy rain hazard maps are not distributed by the municipalities, which means that citizens do not have the opportunity to inform themselves about their dangers and to make appropriate provisions.

Comprehensive recommendations for improving heavy rain preparedness in Germany

The damaging events of recent years show that the issue of preparedness for heavy rain is of great importance and should be further promoted, even though the HWRM Directive does not appear to be the right instrument due to the considerable additional effort and methodological challenges. On the basis of this report, ten recommendations for addressing and reducing heavy rain risks in Germany can be derived.

Creating a shared understanding of the term: Thus far, the term "heavy rain" has been used differently by different departments and actors. This leads to problems in understanding and comparing events and statements between actors and institutions. A generally accepted *definition* acceptable to all disciplines should be developed, one which is clear and easy to understand for the population.

Strengthening the communication of risks and public awareness: In order to further *increase awareness among the population*, it is necessary to convey the difference between river floods and flooding caused by heavy rainfall (flooding also being possible away from bodies of water, short early warning times). It should also be noted that drainage systems cannot provide comprehensive protection against large amounts of precipitation.

Strengthening the public's own preparedness: In order for the population to be able to take necessary preventive measures, knowledge about the possibilities, costs and effectiveness of such measures must be improved. Here it is important to systematically link hazard information with information on preparedness. For this purpose, active lively public relations work by various actors, such as local contact persons, is helpful.

Exhausting the potential of planning instruments: Even (building) planners and architects must be made aware of the subject, thus considerably contributing to preparedness, e.g. through guidelines, regulations and legal requirements. Due to the amendment of the Water Resources Act (2017), areas for flood protection and heavy rain preparedness can be defined in construction and development plans.

Systematically recording heavy rain events and damages: In order to better quantify the extent and frequency of heavy rain events, damage and environmental effects, a database for documenting (past) heavy rainfall events, including information on the event, damage and environmental impacts, should be prepared in Germany. The collected data can be used to validate models used to create maps and risk estimates.

Creating publicly accessible heavy rain hazard and risk maps for urban areas: In principle, creating and publishing (target group specific) heavy rain hazard maps should be promoted and, if necessary, legally mandated. A legal regulation for the publication of heavy rain hazard maps is to be created, as at present there are too many uncertainties about the legal consequences for municipalities and owners.

Further developing early warning systems: Forecasting and early warning times are significantly shorter for heavy rainfall events than for river floods. Task forces have little time to react to the situation and the population is often hit unprepared. In addition to the technological and expert advancement in predicting heavy rain events, improved coordination and defining of responsibilities between agencies is required. This also includes warnings for the population, e.g. via warning apps, as well as ensuring the alerts are understandable.

Creating financing options: By means of financial support for projects and private preparedness, the acceptance of and motivation to implement measures can be increased. Incentives for landowners can be created by offering to reduce precipitation water charges when implementing preparedness measures. In addition, to increase willingness among municipal politicians to invest in heavy rain preparedness, it is appropriate to highlight measures that also contribute to a more attractive, liveable city.

Improving cross-agency cooperation: Successful heavy rain risk management requires well-coordinated cooperation between the states and municipalities as well as within the municipalities with regard to responsibilities for carrying out measures as well as financial regulations. In order to improve cooperation between administrative units, it may also be worthwhile to examine in more detail the rules of budget management in municipalities and, where appropriate, to make structures more flexible there.

Closing knowledge gaps: In the area of heavy rainfall, there are still major uncertainties and gaps in knowledge that should be identified and targeted in the coming years by appropriate research projects. These include improving forecasting of heavy rain events, the effects of climate change on the occurrence (frequency, intensity) and spatial distribution of heavy rain events.

1 Einleitung

1.1 Über diesen Bericht

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des UBA-Forschungsvorhabens „Vorsorge gegen Starkregenereignisse und Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung“ zusammen. Das Vorhaben hatte drei übergreifende Ziele: *Erstens* sollte der aktuelle Stand der Starkregenvorsorge in Deutschland erhoben und analysiert werden. *Zweitens* sollte überprüft werden, welche Hemmnisse und Synergien bei einer möglichen Integration des Starkregenrisikos in die drei Bearbeitungsschritte der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) beziehungsweise der nationalen Regelungen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) bestehen. *Drittens* sollten aufbauend auf dem identifizierten Handlungsbedarf Lösungsmöglichkeiten zur Verbesserung des Starkregenrisikomanagements in Deutschland abgeleitet werden.

In der Einleitung des Berichts thematisieren die Autoren die Definition von „Starkregen“ und den Stand der Wissenschaft zum Auftreten dieses Phänomens. Kapitel 2 vertieft den letztgenannten Aspekt und präsentiert den aktuellen Stand des Wissens zu geographischen Starkregen-Hotspots sowie Evidenz zu Umweltwirkungen ausgewählter Ereignisse. In der Folge wenden sich die Autoren Aspekten der Starkregenvorsorge zu: Kapitel 3 liefert einen Überblick zu den unterschiedlichen Arten von Maßnahmen, die zur Starkregenvorsorge in Deutschland umgesetzt werden. Die anschließenden Abschnitte fokussieren auf ausgewählte Maßnahmentypen: Starkregen-Gefahrenkarten, multifunktionale Flächennutzung, Warnungen und Kommunikationsmaßnahmen. Dabei werden jeweils Anwendungsbeispiele, Barrieren und Empfehlungen vorgestellt. In Kapitel 4 diskutiert das Projektteam die Möglichkeiten zur Adressierung von Starkregenvorsorge über die Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL), bevor im fünften Kapitel zehn übergreifende Empfehlungen zur Optimierung der Starkregenvorsorge vorgestellt werden.

1.2 Eingrenzung der Starkregenthematik

1.2.1 Definition von Starkregen

Treten innerhalb kurzer Zeit außergewöhnlich große Mengen an Niederschlag auf, spricht man von Starkregen. Starkregen entstehen aus konvektiven Niederschlägen, die in den Sommermonaten häufig in Verbindung mit Gewitterzellen auftreten. In relativ kurzer Zeit fällt eine sehr große Menge an Niederschlag, die zu hohen Wasserständen und Überflutungen (wildabfließenden Wasser) führen kann (DWD 2017); zudem gehen vor allem mit länger anhaltendem Starkregen oft auch Bodenerosion und Hangrutschungen einher. Für Starkregen gibt es keine allgemeingültige Definition, da charakteristische Niederschlagsmengen von der jeweiligen Klimazone abhängen (Baumgartner & Liebscher 1996).

Die Definition des Deutschen Wetterdienstes (DWD) basiert auf Intensität und Niederschlagsmenge. Der DWD spricht von starkem Regen ab einer Niederschlagshöhe von 10 mm in 60 Minuten bzw. einer Niederschlagshöhe ab 1,7 mm in 10 Minuten (DWD 2016a).

Eine Wetterwarnung vor Starkregen erfolgt, wenn voraussichtlich folgende Schwellenwerte überschritten werden:

Regenmengen ≥ 10 mm / 1 Std. oder ≥ 20 mm / 6 Std. (Warnung vor markantem Wetter)

Regenmengen ≥ 25 mm / 1 Std. oder ≥ 35 mm / 6 Std. (Unwetterwarnung)

Regenmengen ≥ 40 mm / 1 Std. oder ≥ 60 mm / 6 Std. (Extremes Unwetter)

(DWD 2016b).

Gerade im Bereich der Klimaforschung werden allerdings hauptsächlich Tagesdaten verwendet. Es werden in der Regel Schwellenwerte für den Tagesniederschlag definiert, bei deren Überschreitung man von Starkniederschlag spricht.

Von Starkregen zu unterscheiden sind Überflutungen, die durch die Überlastung der Kanalisation entstehen, wenn Regenwasser nicht in ein Entwässerungssystem eintreten kann oder aus diesem entweicht und auf der Oberfläche verbleibt. Der Überstau kommt zustande, wenn der Wasserstand ein bestimmtes Bezugsniveau (Geländekante) überschreitet (DWA 2015; S. 8f). Auch verhalten sich Sturzfluten in hügeligen Landschaften anders als Starkregen im urbanen Raum. In letzterem wird das Abflussverhalten vor allem durch die baulichen Gegebenheiten an der Oberfläche, Verkehrsflächen und Bebauungsstrukturen beeinflusst (DWA 2015; S. 14). Von Sturzfluten wird gesprochen, wenn ein Starkregenereignis in einem Gebiet mit einem hohen Gefällegradienten (Hügelland, Gebirge) stattfindet und der Abfluss größtenteils abseits der Gewässer auf der Oberfläche erfolgt (LUBW 2016b; S. 7f). Hierbei entstehen hohe Kräfte, die große Massen erodierten Materials und Treibgut mitreißen und zu erheblichen Schäden führen können.

Im Gegensatz zu Fluss- und Küstenhochwasser, für die entlang der Gewässer bzw. Küsten Gefahrenzonen mit unterschiedlicher Wiederkehrzeiten festgelegt werden können, können Starkregenereignisse und damit verbundene Überflutungen überall in Deutschland auftreten und somit auch Städte, Gemeinden und Haushalte treffen, die – möglicherweise aufgrund mangelnder Hochwassererfahrung – nicht auf derartige Ereignisse vorbereitet sind. Ein weiterer wichtiger Unterscheid zu Flusshochwasser besteht bezüglich der Vorhersage: Während Warnungen vor Flusshochwasser oftmals viele Stunden oder sogar Tage vor dem Eintritt des Ereignisses ausgegeben werden können, sind die Warnzeiten für Starkregenereignisse deutlich kürzer und mit größeren Unsicherheiten behaftet.

1.2.2 Zunehmende Relevanz des Themas

In den letzten Jahrzehnten haben Überschwemmungen durch Starkniederschläge in Deutschland wiederholt zu erheblichen Sachschäden geführt und auch Menschenleben gefordert. Beispiele sind die Ereignisse in Lohmar 2005 (Castro, 2008), Osnabrück 2010 (Rözer et al., 2016), Münster 2014 (Spekkers, Rözer, Thieken, Veldhuis & Kreibich, 2017), Braunsbach 2016 (Bronstert et al., 2017; Vogel et al. 2017), Simbach 2016 (LfL 2017) und Berlin 2017 (Becker et al., 2017). Allein zwei Sturmtiefs mit starken Regenfällen (Elvira und Friederike) im Mai und Juni 2016 verursachten 800 Millionen Euro versicherte Schäden und gehören damit zu den teuersten Starkregenereignissen der letzten Jahre (GDV 2017; S. 8; 30).

Im Zuge dieser Ereignisse scheint das öffentliche Bewusstsein für das Thema Starkregen in den letzten Jahren gestiegen zu sein. Ein Indiz ist die Auswertung der Suchanfragen bei der Suchmaschine Google, die einen deutlichen Anstieg der Suchanfragen mit dem Stichwort „Starkregen“ in den letzten Jahren verzeichnet (siehe Abbildung 1). Die Werte geben das Suchinteresse relativ zum höchsten Punkt im Diagramm für den dargestellten Zeitraum an, das heißt der Wert 100 steht für den Zeitpunkt mit den meisten Suchanfragen, der Wert 50 bedeutet, dass nach diesem Begriff zu diesem Zeitpunkt nur halb so oft gesucht wurde.

Abbildung 1: Suchanfragen bei Google zu „Starkregen“ in Deutschland von 2004 bis Februar 2018.

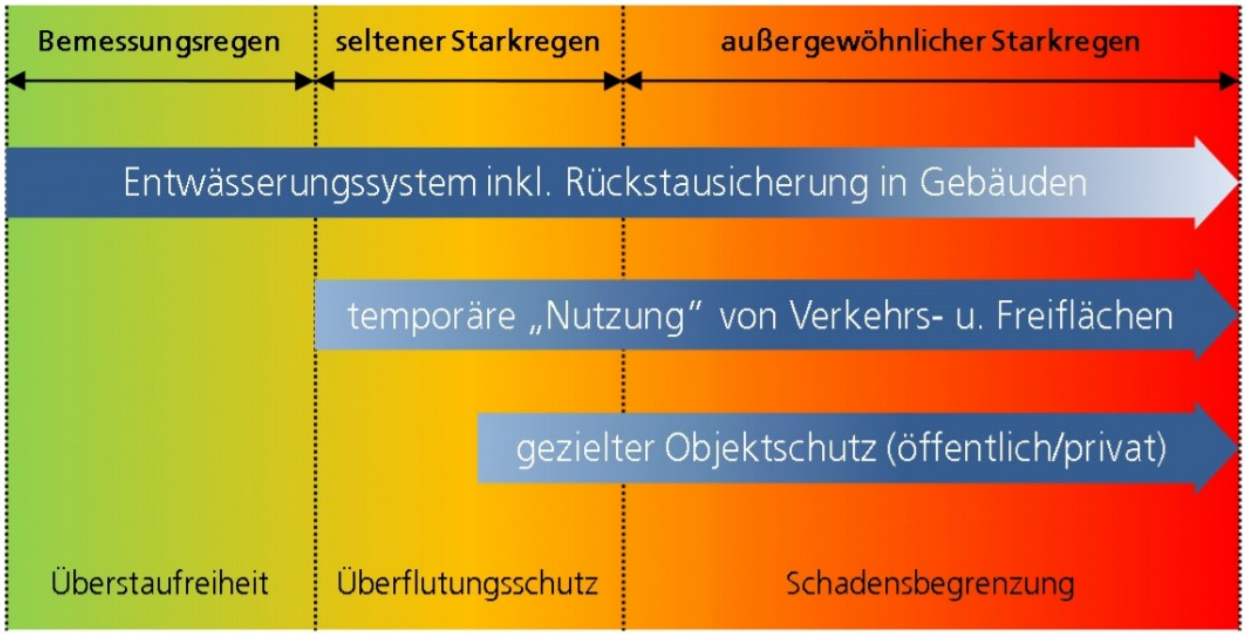
Quelle: Google Trends (trends.google.de) Daten abgerufen am 28.02.2018

Die meisten Suchanfragen mit dem Begriff Starkregen gab es im Juni 2016. Auffällig ist, dass, mit Blick auf den Jahresverlauf, die meisten Anfragen jeweils in den Sommermonaten erfolgt sind (Juli 2017, Juni 2016, August 2015, Juli 2014, Juni 2013, Juli 2012). Dies könnte unter anderem auf besonders extreme Starkregenereignisse in den jeweiligen Monaten zurückzuführen sein. In 2016 traten, wie oben kurz erwähnt, vor allem in Süddeutschland, innerhalb kürzester Zeit an verschiedenen Orten heftige Starkregenereignisse auf, zum Beispiel in Braunsbach (Baden-Württemberg) am 30.05.2016 und in Simbach (Bayern) am 01.06.2016 sowie in Stromberg (Rheinland-Pfalz) am 24. Juni. Im Juli 2014 wurden Nordrhein-Westfalen (NRW) und Baden-Württemberg (BW) von heftigen Unwettern mit Starkregen getroffen. In Münster fielen 292 Liter Regen pro Quadratmeter innerhalb von 7 Stunden, auch Düsseldorf, Köln, Essen und Krefeld waren betroffen. In Tuttlingen und Rottweil (BW) gab es, ebenfalls im Juli 2014, erhebliche Schäden nach einem Starkregenereignis. Im Sommer 2017 waren hingegen Niedersachsen, Brandenburg und Berlin stark betroffen.

Die zunehmende Bedeutung spiegelt sich auch auf politischer Ebene wider. Die Bund-Länderarbeits-gemeinschaft Wasser (LAWA) entwickelt im Auftrag der Umweltministerkonferenz die „LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement“ (LAWA 2018); Verbände positionieren sich ebenfalls zu dem Thema (etwa Deutscher Städtetag et al. 2017).

Für den Umgang mit Starkregen ist eine Kombination von Elementen des Überflutungsschutzes notwendig, wie die untenstehende Abbildung zeigt. Beim Auftreten außergewöhnlicher Starkregen geht es vor allem um Schadensbegrenzung, da auch die Kombination der in der Abbildung 2 gezeigten Elemente keinen absoluten Schutz bieten kann.

Abbildung 2: Elemente des Überflutungsschutzes kommunaler Entwässerungssysteme in unterschiedlichen Belastungsbereichen



(aus TU Kaiserslautern o.J., in Anlehnung an DWA, 2008)

2 Starkregen-Hotspots und Umweltwirkungen

2.1 Starkregen-Hotspots

Starkregenereignisse resultieren meist aus konvektiven Prozessen mit räumlich sehr geringer Ausdehnung, die zeitlich von wenigen Minuten bis mehrere Stunden andauern können. Sie treten zumeist im Sommerhalbjahr auf und können zu erhöhtem Oberflächenabfluss, schnell ansteigenden Wasserständen und/oder Überschwemmungen führen (DWD, o. J.b). In Gebieten mit einer hohen Reliefenergie, z. B. in Gebirgslagen, können durch Starkregen ausgelöste Oberflächenabflüsse eine starke Erosionskraft entfalten und eine Sturzflut nach sich ziehen. Aber auch in flacheren und urbanen Gebieten können die in kurzer Zeit anfallenden Wassermengen die Bemessungsgrenzen von Kanalnetzen/Kanalisationssystemen, Grundstücksentwässerungen oder lokalen Fließgewässern übersteigen und weiträumige Flächen überfluten. Insbesondere in Senken gelegene Gebäude und Infrastruktursysteme können dadurch erhebliche Schäden erleiden (Ahlhelm et al., 2016, LUBW, 2016, S. 12).

Für die Entwicklung eines Starkregenrisikomanagements ist die Gefährdungseinschätzung eine wichtige Grundlage. Auf Bundesebene ist relevant, ob es innerhalb Deutschlands verschiedene Gefahrenzonen gibt. Bislang geht man (d. h. die Versicherungswirtschaft, aber auch die Wasserwirtschaft vertreten durch die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) davon aus, dass überall in Deutschland das Starkregenrisiko gleich hoch ist. Im Folgenden wird der Stand der Forschung dazu zusammengefasst.

2.1.1 Entwicklungen beim Auftreten von Starkregenereignissen

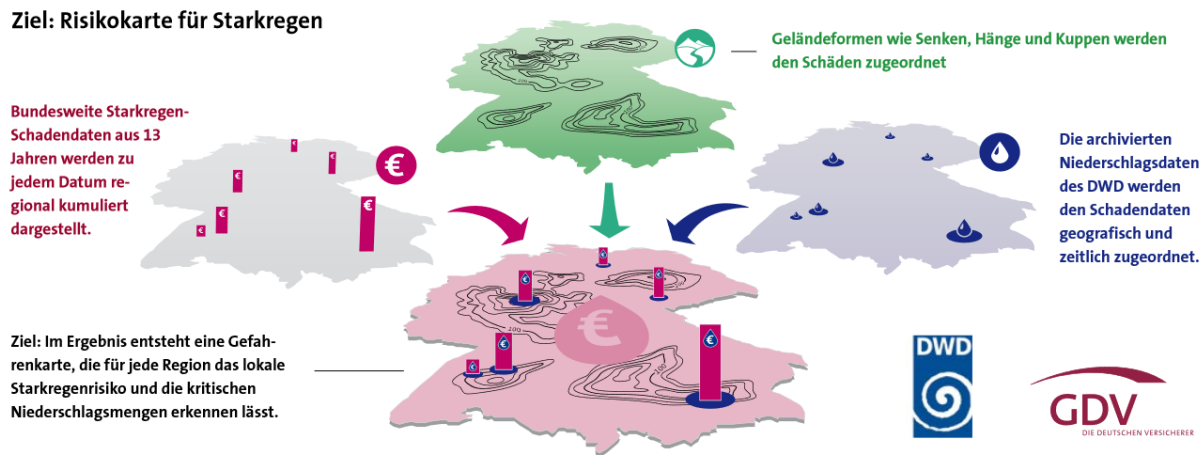
Aktuelle Auswertungen des DWD zur radargestützten Niederschlagsklimatologie in Deutschland zeigen, dass im betrachteten Zeitraum von 2001 bis 2016 Starkregenereignisse kurzer Dauer in nahezu allen Regionen aufgetreten sind. Im Gegensatz zu Fluss- und Küstenhochwasser kann eine Gefährdung durch solche Starkregenereignisse auch abseits von Gewässern auftreten und ist nicht von der geographischen Lage abhängig (Winterrath et al., 2017, S. 45). In Folge dessen bedeutet das Auftreten eines großen Schadensereignisses an einem Ort nicht grundsätzlich eine höhere Starkregengefährdung dort für die Zukunft. Vielmehr ist die Eintrittswahrscheinlichkeit an Orten, die zuvor nicht von Starkregen betroffen waren, gleichermaßen hoch (LAWA, 2017, S. 8 f.). Daraus wird die Empfehlung abgeleitet, insbesondere Städte und Gemeinden mit bisher wenig oder keiner Erfahrung durch Starkregen für die potenzielle Gefährdung zu sensibilisieren.

Neben dem möglichen Einfluss des Klimawandels können für ansteigende Schäden durch Starkregen weitere Treiber in einer zunehmenden Verstädterung und Verdichtung urbaner Gebiete identifiziert werden. Der Weltklimarat geht im IPCC-Synthesebericht „Klimaänderung 2014“ davon aus, dass extreme Niederschlagsereignisse in Europa sehr wahrscheinlich bis zum Ende des Jahrhunderts an Häufigkeit und Intensität zunehmen werden (IPCC, 2014, S. 8). Becker et al. (2016, S. 1) beschreiben, dass aus physikalischer Sicht mit steigenden Temperaturen grundsätzlich zunehmende Niederschlagsmengen zu erwarten sind, da wärmere Luftmassen größere Mengen an Wasserdampf aufnehmen können als kältere. Aufgrund der veränderten meteorologischen Verhältnisse, insbesondere bei der Entstehung von Schauern und Gewittern, kann es zudem zu einer Intensivierung der ablaufenden wolken- und niederschlagsbildenden Prozesse kommen, die mitunter zu einer Zunahme von Starkniederschlägen führen kann. Die Studie von Mueller & Pfister (2011) belegt die Zunahme von Starkregenereignissen von kurzen Dauerstufen. Die Aussagefähigkeit von Trendanalysen und Klimaprojektionen zu Starkniederschlägen hinsichtlich der Häufigkeit, Intensität oder räumlichen Verteilung in Deutschland muss dabei jedoch nach saisonalem Auftreten und unterschiedlichen Andauern (Dauerstufen) der Niederschläge differenziert betrachtet werden. So zeigen Auswertungen des DWD von Niederschlägen der Dauerstufe 24 Stunden (Tagesniederschläge) an 1000 Messstationen in Deutschland (Zeitraum 1951 bis 2006) für Wintermonate eine Zunahme der

hohen Niederschläge von etwa 25 %. Regionale Klimaprojektionen lassen ebenfalls vermuten, dass sich dieser Anstieg bis zum Jahr 2100 ähnlich fortsetzt (Becker et al., 2016, S. 6). Für die Sommermonate lässt sich hingegen bislang keine Tendenz erkennen. Vielmehr zeigt sich hier eine große zeitliche und räumliche Variabilität der Niederschläge (Becker et al., 2016, S. 2, Murawski et al., 2016, S. 2585, Nissen & Ulbrich, 2017, S. 1188). Für Trendanalysen von Starkregenereignissen mit Dauerstufen von weniger als 24 Stunden besteht im Besonderen die Problematik, dass gerade die intensiven kleinräumigen (Sommer-)Niederschläge bisher nicht immer von den zu weit auseinanderliegenden meteorologischen Messstationen erfasst werden können. Mit Hilfe von flächendeckenden Radardaten können seit den letzten 15 Jahren die räumliche Erfassung von Ereignissen verbessert und die Messwerte der Bodenstationen ergänzt werden. Dabei wurde eine Zunahme im Messzeitraum festgestellt, wobei eine natürliche Klimavariabilität nicht ausgeschlossen werden kann. Jedoch ist die Zeitreihe der Radardaten insgesamt noch zu kurz, um robuste Trends daraus ableiten zu können (Becker et al., 2016, S. 2). Neben dem möglichen Einfluss des Klimawandels können weitere Treiber für ansteigende Schäden durch Starkregen zudem in einer zunehmenden Verstädterung und Verdichtung urbaner Gebiete liegen. Mit einer ansteigenden Versiegelung der Flächen vermindert sich die direkte Infiltrationsmöglichkeit der Niederschläge in den Boden, die ohne nennenswerte Verzögerung verstärkt als Oberflächenabfluss abfließen und zu Infrastruktursystemüberlastungen (vor allem der Kanalisation) und nachfolgend zu Oberflächenabfluss und Überschwemmungen führen kann (Ahlhelm et al., 2016, Ashley, Balmforth, Saul & Blanskby, 2005).

Insgesamt ist festzuhalten, dass auf Basis des Niederschlagsgeschehens momentan keine Einteilung der Starkregengefährdung vorgenommen wird bzw. werden kann. In der Versicherungswirtschaft wird derzeit untersucht, wie auf Basis der Topographie Gefahrenzonen abgeleitet werden können. Dazu werden Daten aus Radarmessungen zu Starkregenereignissen des DWD mit Schadensdaten des Gesamtverbandes der deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) und Geländemodellen verschnitten. Die Erstellung einer deutschlandweiten Starkregenrisikokarten (s. Abbildung 3) wird durch den GDV angestrebt. Das übergreifende Ziel ist es, die lokalen Standortrisiken für jede Adresse in Deutschland zu erarbeiten und diese neben den Hochwasser-Risikozonen und den Bachzonen in das Zonierungssystem ZÜRS Geo des GDV einzubetten. Die ersten Ergebnisse werden 2018 erwartet. Im Laufe des Jahres 2019 sollen in drei der vier Zonen für die Elementargefahr Hochwasser die bestehenden Daten mit aktuellen Schadensdaten aktualisiert werden, da bislang Werte nur bis zum Jahr 2013 verwendet worden sind (GDV, 2017, 44 ff.).

Abbildung 3: Modellierung von Starkregenrisikokarten für Deutschland (Ansatz des GDV)



Quelle: GDV 2017, S. 45

Die Auswirkungen von vermehrten Starkregenereignissen in Folge des Klimawandels können insbesondere urbane Gebiete wie z. B. das Ruhrgebiet bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad, treffen. Um Schäden von Starkregenereignissen zu erfassen, wurde die URBAS-Ereignisdatenbank dar (***URBA***ne ***S***turzfluten) erstellt, welche unter anderem Umweltwirkungen wie z. B. Bodenerosion, Sediment- und Geröllablagerungen und aufgeweichte Böden auflistet.

Beispielhaft werden im Folgenden anhand von ausgewählten Starkregenereignissen die resultierenden Schadensdaten dargestellt. Die Schadensdaten beziehen sich jedoch ausschließlich auf Umweltwirkungen, da diese trotz ihrer Bedeutung bislang wenig Berücksichtigung fanden.

2.2 Umweltwirkungen

2.2.1 Zielsetzungen

Der GDV titelt, dass sich „Schäden durch Starkregen verzehnfacht“ haben. Dies bezieht sich auf die verzeichnete Schadenssumme von Unwettern mit Starkregen im Jahr 2016 im Vergleich zum Vorjahr (GDV 2017). Starkregenereignisse ziehen vielfältige Schäden nach sich: Neben Sachschäden an Gebäuden oder Verkehrswegen sind vor allem Umweltwirkungen weit verbreitet, werden aber oftmals nicht (systematisch) quantifiziert oder bleiben gar unerwähnt. Um einen ersten Eindruck über das Ausmaß und die Häufigkeit von Umweltwirkungen zu erhalten, wurden im Rahmen des Vorhabens von 20 ausgewählten Starkregenereignissen in Deutschland im Zeitraum von 2005 bis 2017 die aufgetretenen Umweltwirkungen exemplarisch ausgewertet. Zu den Umweltwirkungen zählen beispielsweise Bodenerosion oder die Freisetzung von Schadstoffen.

2.2.2 Identifizierung der Starkregenereignisse: Datengrundlagen und Methodik

Im Folgenden werden die Datengrundlagen sowie die methodische Vorgehensweise zur Identifizierung der ausgewählten Starkregenereignisse beschrieben. Die Datengrundlage dafür stellt die sogenannte URBAS-Ereignisdatenbank dar. Diese Datenbank wurde im Rahmen des BMBF-Förderprogrammes „Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse“ (Laufzeit: 2005-2008) unter dem Titel „Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (Hydrotec GmbH et al. 2008; S. 2)“ erstellt und später im Auftrag des Climate Service Center Germany (GERICS) aktualisiert. Die Datenbank listet insgesamt 590 Starkregenereignisse im Zeitraum von 1990 bis in das Jahr 2013 auf. In der URBAS-Datenbank sind für jedes enthaltene Starkregenereignis die Region, sofern vorhanden, die Niederschlagsintensität sowie -dauer und der entstandene Schaden tabellarisch aufgelistet. Die entstandenen Schäden sind nicht nur umweltbezogener Art (Umweltwirkungen), sondern werden weiter gefasst: überflutete Keller, Beschädigung von Stromleitungen, Behinderung des Schienenverkehrs oder unterspülte Straßen.

Zusätzlich zur URBAS-Datenbank wurden zur Identifizierung der Starkregenereignisse und der Auswertung deren Umweltwirkungen zahlreiche Naturgefahrenreporte des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV), die Sturmdokumentationen der Deutschen Rückversicherung, Publikationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), wissenschaftliche Zeitschriftenartikel, Veröffentlichungen von Institutionen im Rettungsdienst/Hilfsorganisationen (THW, DRK, DLRG, Feuerwehr), universitäre Forschungsberichte, Publikationen von Landesumweltämtern sowie städtische/kommunale Berichte herangezogen. Wenn für ein Starkregenereignis keine wissenschaftlichen Publikationen vorhanden waren, musste auch auf Zeitungsartikel zurückgegriffen werden. Es wurde jedoch versucht, den Anteil dieser Datenquelle möglichst gering zu halten.

Die für das vorliegende Projekt getroffene Auswahl der Starkregenereignisse orientierte sich dabei an folgenden Kriterien:

- Der DWD hat drei Warnstufen für Starkregen festgelegt (s. Kapitel 1.2.1). Stufe 2 (markante Wetterwarnung) bezieht sich auf Ereignisse mit Niederschlagsintensitäten von ≥ 10 mm in 1

Stunde oder ≥ 20 mm in 6 Stunden. Eine Unwetterwarnung (Stufe 3) wird bei Werten ≥ 25 mm in 1 Stunde oder ≥ 35 mm in 6 Stunden herausgegeben. Eine Warnung vor extremem Unwetter (Stufe 4) wird bei Niederschlagswerten von ≥ 40 mm in 1 Stunde oder ≥ 60 mm in 6 Stunden publiziert. Die Messeinheit mm ist äquivalent zu der Angabe l/m². Die ausgewählten Ereignisse sollen die Warnstufe 2 (markante Wetterwarnung) überschreiten, da diese dann laut DWD als „Starkregen" definiert sind.

- **Zeitliche Repräsentativität:** Es wurde angestrebt, eine möglichst breite zeitliche Streuung der Starkregenereignisse zu erreichen. Die URBAS-Datenbank führt Ereignisse ab dem Jahr 1990 auf, jedoch sind vereinzelt auch Starkregenereignisse ab 1970 registriert. Die Dokumentation reicht bis in das Jahr 2013. Ausgehend davon wurden Starkregenereignisse mit besonders hoher verzeichneter Intensität ausgewählt. Darüber hinaus wurden auch Ereignisse, die nach dem Jahr 2013 stattgefunden haben, aus den weiteren aufgeführten Quellen aufgenommen. Des Weiteren sollen eine Vielzahl von Monaten abgedeckt werden. Berücksichtigt wird folglich der Zeitraum 1990 bis heute. Jedoch muss beachtet werden, dass bei zeitlich weit zurückliegenden Ereignissen die Datenlage zu den Umweltwirkungen unvollständig ist (z. B. von 1990-2005).

- **Räumliche Repräsentativität:** Starkregenereignisse können überall auftreten und sind daher räumlich nicht gebunden. Aufgrund dessen wurde angestrebt, für jedes Bundesland mindestens ein Ereignis zu identifizieren und hinsichtlich der Umweltwirkungen auszuwerten. Dabei sollen sowohl Ereignisse in urbanen als auch in ländlichen Räumen identifiziert werden.

In Abstimmung mit dem Umweltbundesamt wurden sieben Umweltwirkungen festgelegt, die für die 20 ausgewählten Starkregenereignisse tabellarisch aufgelistet und ausgewertet werden sollen:

- Bodenerosion
- Sediment- und Geröllablagerungen
- Aufgeweichte Böden (Bäume verlieren Halt); Schäden an Stadtbäumen und Grünanlagen
- Ausuferung von und Schäden an Kleinstgewässern
- Überlaufen von Mischkanalisation, d.h. Abwasser gelangt ungereinigt in Oberflächengewässer
- Kontamination: Auslaufen von Öl und Benzin (Heizöltanks, PKW)
- Freisetzung weiterer Schadstoffe

Die bereits genannten Datengrundlagen wurden auch für die Auswertung der Starkregenereignisse hinsichtlich der Umweltwirkungen herangezogen. Dabei wurden die aufgeführten Berichte/Reporte etc. nach den sieben Umweltwirkungen durchsucht. Dazu wurde nach einer Sichtung des Inhaltsverzeichnisses einer Publikation eine Stichwortsuche innerhalb der Texte durchgeführt (beispielhafte Stichworte: Erosion, Sediment, Geröll, Bäume, etc.). Des Weiteren wurde im Inhaltsverzeichnis nach Kapiteln gesucht, deren Titel weiterführende Informationen zu Umweltwirkungen zeigte (z. B. Schäden, Auswirkungen, Folgen, Schadensbilanz).

Weiterhin wurde pro Ereignis angemerkt, ob durch das Starkregenereignis der Katastrophenalarm ausgelöst wurde. Auch wird – soweit bekannt – die geschätzte Schadenssumme je Starkregenereignis angegeben. Dies ermöglicht zusätzlich, die Schwere eines Starkregenereignisses zu bewerten. Die Schadenssumme schließt jedoch alle Arten von Schäden, insbesondere Sachschäden an Gebäuden und Infrastrukturen, die hier nicht im Fokus stehen, ein.

2.2.3 Ausgewählte Starkregenereignisse

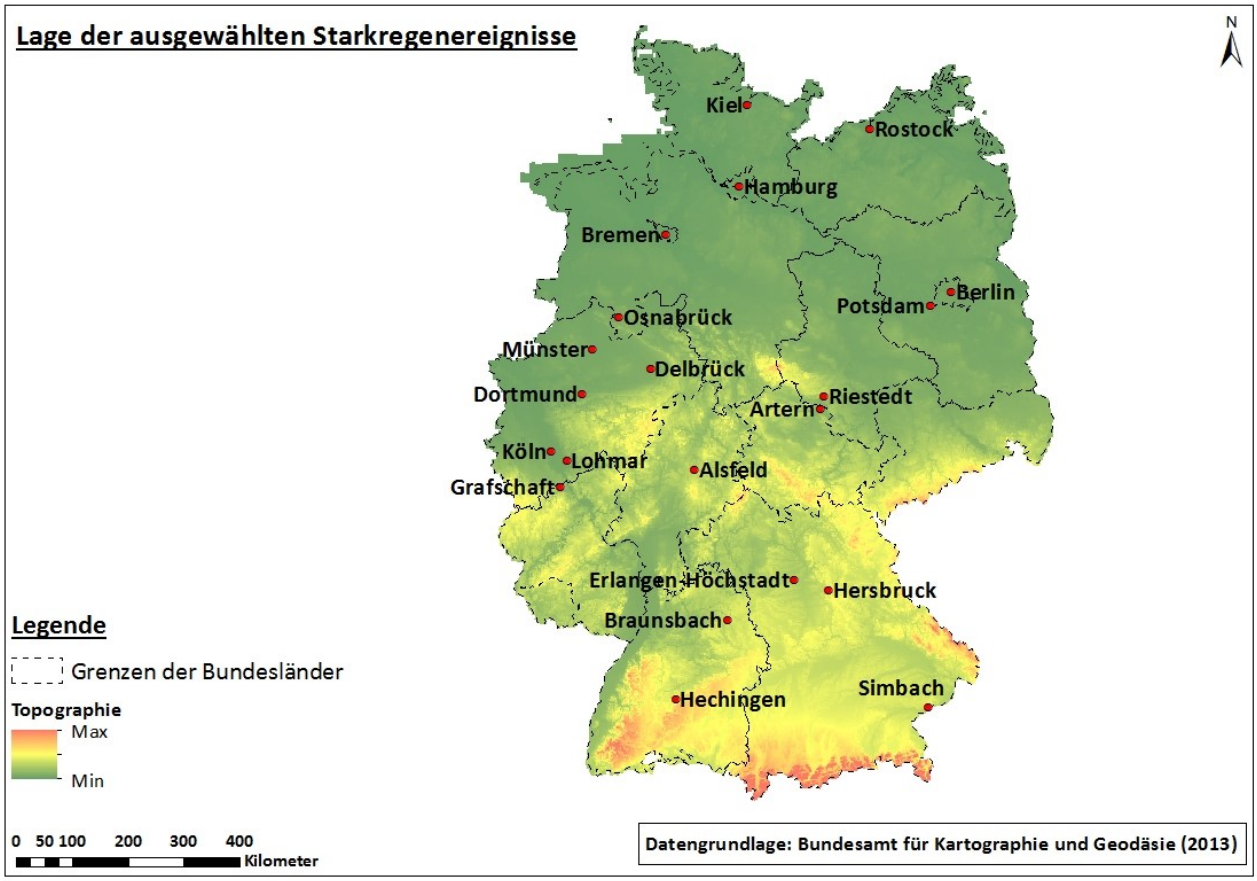
Unter Berücksichtigung der genannten Kriterien hinsichtlich der Identifizierung der Starkregenereignisse wurden bundesweit 20 Starkregenereignisse ausgewählt (in chronologischer Reihenfolge aufgeführt):

Starkregenereignis (Fallbeispiel)	Datum	Niederschlagsdauer/-intensität
Hersbruck	29.06.2005	115.5 mm (24 h)
Lohmar	29.06.2005	54-68 mm (24 h)
Erlangen-Höchstadt	21./22.07.2007	200 mm (2 h)
Delbrück	11.08.2007	117 mm (24 h)
Hechingen	06.06.2008	85.6 mm (24 h)
Dortmund	26.07.2008	200 mm (3 h)
Osnabrück	26./27.08.2010	128 mm (24 h)
Alsfeld	05.06.2011	63.3 mm (2 h)
Hamburg	06.06.2011	80 mm (1 h)
Rostock	23.07.2011	111 mm (24 h)
Bremen	04.08.2011	35-40 mm (1.5 h)
Riestedt	05.09.2011	22 mm (1 h)
Kiel	29.06.2012	20 mm (35 Minuten)
Münster	28.07.2014	292 mm (7 h)
Braunsbach	29.05.2016	122 mm (24 h)
Simbach am Inn	31.05/01.06.2016	120 mm (48 h)
Gemeinde Grafschaft	04.06.2016	115 mm (2 h)
Potsdam/Berlin	29.06.2017	197 mm (24 h)
Köln	19.07.2017	49 mm (1 h)
Artern	25.07.2017	100 mm (12 h)

Bezüglich der Überschreitung der vom Deutschen Wetterdienst definierten Schwellenwerte erreichen alle ausgewählten Niederschlagsereignisse die Kriterien der Warnstufe 2 oder höher (>15-25 mm in 1 Stunde oder 20-35 mm in 6 Stunden). Die Ereignisse reichen von 2005 bis 2017 und gehen damit über die dokumentierten Ereignisse in der URBAS-Datenbank hinaus. Hinsichtlich der monatlichen Verteilung der 20 ausgewählten Starkregenereignisse ergibt sich folgendes Bild: Die meisten Starkregenereignisse fanden im Monat Juni statt (N = 8), gefolgt vom Monat Juli (N = 7). Weiterhin traten im August (N = 3), September (N = 1) und Mai (N = 1) Starkregenereignisse auf. Dies stimmt darin überein, dass Starkregenereignisse meist konvektive Niederschlagsereignisse sind, die vorrangig in warmen Sommermonaten auftreten.

Abbildung 4 zeigt die Lage der 20 ausgewählten Starkregenereignisse.

Abbildung 4: Lage der ausgewählten Starkregenereignisse



Hinsichtlich der räumlichen Repräsentativität sind alle Bundesländer bis auf Sachsen und das Saarland berücksichtigt, da für diese zwei Bundesländer keine Starkregenereignisse unter Berücksichtigung der oben genannten Kriterien gefunden werden konnten.

Erwähnt werden sollte, dass nicht nur Ereignisse im urbanen Raum ausgewählt wurden (z.B. Dortmund, Köln, Berlin, Hamburg), in dem der Bodenversiegelungsgrad meist sehr hoch ist. Auch Starkregenereignisse, die im ländlichen Raum aufgetreten sind, wurden berücksichtigt (z. B. Braunsbach, Gemeinde Grafschaft, Artern, Simbach). Dort ist meist aufgrund von starker landwirtschaftlicher Nutzung die Bodenversiegelung geringer. Jedoch ist hierbei zu beachten, dass auch die Art der landwirtschaftlichen Tätigkeit Auswirkungen auf die Bodenbeschaffenheit (Verdichtungsgrad, Versickerungsfähigkeit) hat. Weiterhin ist auf der topographischen Karte (s. Abbildung 4) zu erkennen, dass die Starkregenereignisse in verschiedenen topographischen Lagen auftraten (z. B. Kiel und Rostock: Küstenbereich; Berlin, Osnabrück Dortmund: norddeutsches Tiefland; Hechingen, Schwäbische Alb und Hersbruck, Fränkische Alb: Mittelgebirge). Zudem sind die geologischen Gegebenheiten sehr unterschiedlich. Somit liegt insgesamt eine gute zeitliche und räumliche Repräsentativität der Starkregenereignisse vor.

Bei Betrachtung der Niederschlagswerte der Starkregenereignisse ist ein direkter Vergleich schwierig: Die Angaben dazu betrachten jeweils unterschiedliche Zeiträume (von 35 Minuten in Kiel bis zu 48 Stunden in Simbach am Inn). Beim Vergleich des in einer Stunde gefallenen Niederschlags ergibt sich folgendes Bild: Das Starkregenereignis in Hamburg am 06. Juni 2011 erreicht bei den hier ausgewählten Ereignissen mit 80 mm den höchsten gemessenen Wert in einer Stunde und fällt daher in Stufe 4 der Definition des Deutschen Wetterdienstes (Extremes Unwetter). Das Ereignis in Riestedt am 05. September 2011 mit 22 mm Niederschlag in einer Stunde fällt damit in Stufe 2 des DWD (markante Wetterwarnung) und liegt damit wesentlich niedriger. Mit 292 mm Niederschlag in 7

Stunden steht das Starkregenereignis in Münster am 28. Juli 2014 an erster Stelle (Stadt Münster 2014; S. 3). Das Starkregenereignis in Lohmar am 29. Juni 2005 erreicht mit 54-68 mm den niedrigsten Niederschlagswert in 24 Stunden bei Betrachtung der ausgewählten Starkregenereignisse.

Der Katastrophenalarm wurde bei sieben Starkregenereignissen ausgelöst (Starkregenereignisse: Erlangen-Höchstadt 2007, Osnabrück 2010, Riestedt 2011, Münster 2014, Braunsbach 2016, Simbach 2016, Gemeinde Grafschaft 2016,). Die Auslösung des Katastrophenalarms bedeutet, dass ein Starkregenereignis ein besonders großes (Schadens-)ausmaß angenommen hat und auf kommunaler Ebene nicht mehr zu bewerkstelligen ist. Gemeinden können weitere Hilfskräfte anfordern, da die eigenen finanziellen und technischen Mittel nicht mehr ausreichend sind (Studienstiftung des deutschen Volkes 2009; S. 7, BBK 2012; S. 100).

Die geschätzte Schadenssumme der betrachteten Starkregenereignisse bewegt sich zwischen 2,4 Millionen (Starkregenereignis Lohmar 2005: Rözer et al. 2016; S. 3) und ungefähr einer Milliarde Euro (Starkregenereignis Simbach am Inn 2016: Süddeutsche Zeitung 2017) und weist damit eine große Bandbreite an verursachten Schäden auf.

2.2.4 Zusammenfassung der Umweltwirkungen der Starkregenereignisse

Im Anhang 7.1 sind alle dokumentierten Umweltwirkungen, die bei den 20 ausgewählten Starkregenereignissen auftraten, tabellarisch verzeichnet (s. Tabelle 15).

Diese Umweltwirkungen sollen nun zusammengefasst und durch einige Beispiele belegt sowie veranschaulicht werden.

„Aufgeweichte Böden“ und damit einhergehende Konsequenzen (Bäume verlieren Halt; Schäden an Stadtbäumen und Grünanlagen) wurden bei 16 von 20 Starkregenereignissen verzeichnet. Dazu zählen zum Beispiel das Umstürzen von Bäumen, herabfallende Äste und die Unterspülung von Bäumen. Weiterreichende Konsequenzen können die Blockierung des Straßen-/Schienenverkehrs, die Zerstörung von Stromleitungen, das Absacken von Gebäuden oder die Gefährdung von Personen im Freien sein. Bei dem Starkregenereignis in Delbrück (11.08.2007; 117 mm in 24 h) wurden beispielsweise 50 Bäume entwurzelt und kippten um (Verband der Feuerwehren im Kreis Paderborn 2007). Das Starkregenereignis in Münster (28.07.2014; 292 mm in 7 h) verzeichnete wesentlich höhere Schäden, und zwar 450 beschädigte Bäume. Davon mussten 250 Bäume gefällt werden (Stadt Münster 2014; S. 5). Weiterhin sind Kleingartenanlagen und öffentliche Grünanlagen, wie beispielsweise Parks von der Ablagerung von Schlammmassen sowie einer Überflutung betroffen. So wurden königliche Gärten und Parks beim Starkregenereignis in Berlin/Potsdam (29.06.2017; 197 mm in 24 h) stark in Mitleidenschaft gezogen (Stadt Berlin 2017). In Riestedt (05.09.2011; 22 mm in 1 h) kam es infolge eines Starkregenereignisses zur Absetzung von Schlammmassen in einer Kleingartenanlage (LAGB Sachsen-Anhalt 2011; S. 7).

Weiterhin ist die ***„Ausuferung von und Schäden an Kleinstgewässern“*** eine weit verbreitete Umweltwirkung (14 von 20 Ereignissen). Hierzu gehören die Unterspülung von Uferböschungen und damit verbundene Uferabrisse sowie die Erosion an der Bachbettsohle. Des Weiteren kommt es zu Verklausungen durch mittransportierte Feststoffe und Auskolkungen im Bachbett. Diese Umweltwirkungen können zum Abbruch von Uferwegen oder Blockierung von ufernahen Wegen/Straßen durch mitgeführtes Schwemmmaterial führen. Bei dem Starkregenereignis in Simbach am Inn (01.06.2016; 120 mm in 48 h) schwoll der durch die Ortschaft fließende Simbach von 50 cm auf rund 506 cm an und trat damit massiv über die Ufer des Betonbetts (LfL 2017; S. 36). Zusätzlich kam es durch mitgeführtes Schwemmholz zu Verklausungen (LfU 2017; S. 68). Während des Starkregens in Erlangen-Höchstadt (21./22.07.2007; 200 mm in 2 h) wurden mehrere Bäche durch die Ansammlung von Schwemmholz an Durchlässen und vor Brücken aufgestaut und traten aufgrund dessen über die Ufer (THW Ortsverband Baiersdorf 2008; S. 15). In Alsfeld (05.06.2011; 63.3 mm in 2 h) führte der auftretende Starkregen zum Wegreißen von Uferbefestigungen und zum Anschwemmen

von Unrat im Bachbett (Kasseler Sonntagsblatt 2011). Der Starkregen in Braunsbach (29.05.2016; 122 mm in 24 h) verursachte nicht nur die Unterspülung von Uferböschungen, sondern auch die Erosion der Gewässersohle. Insgesamt wurden rund 42.000 m^3 Material durch Erosionsprozesse bewegt. Des Weiteren wurden 49 flachgründige Hangrutschungen mit einem mobilisierten Volumen zwischen 10 m^3 und 1.350 m^3 ausgelöst (Vogel et al. 2017; S. 164/167/168).

Eine weitere Umweltwirkung bei 13 von 20 Ereignissen ist das ***„Überlaufen der Mischkanalisation“***. Das heißt, das Niederschlagswasser gelangt ohne eine Reinigung in der Kläranlage zusammen mit häuslichem, gewerblichem und industriellem Schmutzwasser in Oberflächengewässer. Grundlegend geschieht dies durch eine hydraulische Überlastung des Kanalisationssystems, da dies meist nicht für diese hohen Niederschlagsmengen, die in kurzer Zeit auftreten, dimensioniert ist. Zwischengeschaltete Speicher- oder Regenrückhaltebecken können die Kläranlage jedoch entlasten und die Niederschlagsmengen schrittweise weiterleiten. Durch eine fehlende Trennkanalisation, das heißt eine getrennte Ableitung von Regenwasser und von Grau-/Schwarzwasser, ist eine Einleitung von Schmutzstoffen in Gewässer bei sehr hohen Niederschlagsmengen gegeben. Der Eintrag von ungereinigtem Wasser in Oberflächengewässer, die von Menschen genutzt werden, kann eine gesundheitliche Gefährdung nach sich ziehen. Beim Starkregenereignis in Münster (28.07.2014; 292 mm in 7 h) ist ein Schmutzwasserpumpwerk ausgefallen und hat dazu geführt, dass Schmutz-/Mischwasser in Gewässer gelangt sind. Bei dem Starkregenereignis in Berlin/Potsdam (29.06.2017; 197 mm in 24 h) führte dies zu einer gesundheitlichen Gefährdung der Wasserqualität in Badeseen (RBB 2017a und 2017b). Auch in Bremen (04.08.2011; 35-40 mm in 1.5 h) kam es durch Starkregen zu einem Eintrag von größeren Mengen Mischwasser in Gewässer (Umweltbetrieb Bremen 2012; S. 29).

„Bodenerosion“ und damit verbundene Prozesse wie Hangrutschungen, Murgänge/Schlammlawinen und Rillenerosion treten nicht nur in Bachläufen, sondern auch auf (vegetationslosen) landwirtschaftlichen Nutzflächen auf. Insgesamt wurde diese Umweltwirkung für 10 der 20 untersuchten Ereignisse dokumentiert. Weiterführende Folgen durch eine Abschwemmung des Oberbodens können eine geringere Fruchtbarkeit von Ackerboden sein. Für Landwirte stellt dies einen Verlust ihrer Einkommensquelle dar. Durch Massenbewegungsprozesse können Gebäude, Verkehrswege und Personen gefährdet werden. Hohe Sachschäden sind meist die Konsequenz. Durch Starkregen wurden in Braunsbach (29.05.2016; 122 mm in 24 h) mehrere Hangrutschungen und Murgänge ausgelöst (Vogel et al. 2017; S. 164). In Simbach am Inn (01.06.2016; 120 mm in 48 h) kam es aufgrund von Starkregen zu massiven Bodenabschwemmungen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie Erdrutschen (LfL 2017; S. 23). Durch eine fehlende Vegetationsdecke wurde durch das Starkregenereignis in Riestedt (05.09.2011; 22 mm in 1 h) auf einem abgeernteten Acker das Erdreich abgetragen. Weiterhin gingen zwei Schlammlawinen ab (LAGB Sachsen-Anhalt 2011; S. 1).

Eine weitere dokumentierte Umweltwirkung sind ***„Sediment- und Geröllablagerungen“*** (7 von 20 Ereignissen). Bei Bedeckung von Verkehrswegen (Straße/Schiene) mit Sediment oder Geröll ist die Passierbarkeit eingeschränkt bzw. nicht möglich. Für das Fortkommen von möglichen Rettungskräften stellt dies ein Hindernis dar. Bei dem Starkregenereignis in Hersbruck (29.06.2005; 115.5 mm in 24 h) kam es zur Verschüttung einer Straße auf einer Länge von 50 m durch einen Geröllabgang (URBAS Hersbruck 2008a; S. 10). In Hechingen (02.06.2008; 85.6 mm in 24 h) und Alsfeld (05.06.2011; 63.3 mm in 2 h) führte Starkregen zur Bedeckung von Straßen mit einer Schlammschicht und Geröll (Spiegel Online 2008, Osthessen-News 2011).

„Kontamination“ bezieht sich auf das Auslaufen von Öl und Benzin (Heizöltank, PKW). Bei den ausgewählten Starkregenereignissen kam es vereinzelt (d. h bei 6 der 20 Ereignisse) zum Auslaufen bzw. zur Aufschwemmung von Heizöltanks in Kellerräumen. Weiterhin traten KFZ-Betriebsstoffe aus. Das Auslaufen kann zur Verunreinigung von Böden oder Gewässern führen. Besonders für landwirtschaftlich genutzte Flächen stellt dies ein hohes Risiko dar. Zur Verunreinigung von Böden

kam es während des Starkregenereignisses in Münster (28.07.2014; 292 mm in 7 h), als Öl austrat. Die ausgetretene Menge lässt sich schwer abschätzen. Jedoch sind die dadurch verursachten Bodenverunreinigungen nicht signifikant, da das Öl lediglich eine geringe Verweilzeit im Boden aufwies. Durch die hohen Wassermengen wurde die Schadstoffkonzentration deutlich herabgesetzt und mit dem abfließenden Wasser abtransportiert (Stadt Münster 2014, S. 14). In Hersbruck (29.06.2005; 115.5 mm in 24 h) führte der Starkregen zum Auslaufen von zwei Öltanks in Kellerräumen (URBAS Hersbruck 2008a; S. 10). Eine Folge des Starkregen in Braunsbach (29.05.2016; 122 mm in 24 h) war die Beschädigung eines Öltanks, der zur Kontamination mehrerer Gebäude führte (Vogel et al. 2017; S. 170).

Die ***„Freisetzung weiterer Schadstoffe"*** wurde lediglich einmal registriert. Während des Starkregenereignisses in Erlangen-Höchstadt (21./22.07.2017; 200 mm in 2 h) hat ein Flüssiggastank Leck geschlagen und zum Ausströmen vom Inhalt geführt (THW Ortsverband Baiersdorf 2008; S. 16).

2.2.5 Resultierende Handlungsempfehlungen

Durch die Auswertung der Umweltwirkungen der 20 ausgewählten Starkregenereignisse können eine Reihe von Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Diese wirken darauf hin, die aufgetretenen Umweltwirkungen bei zukünftigen Starkregenereignissen zu vermeiden bzw. zu minimieren. Die Handlungsempfehlungen beziehen sich direkt auf die verzeichneten Umweltwirkungen.

Starkregenereignisse können Schäden an Stadtbäumen und städtischen Grünanlagen/-flächen nach sich ziehen (Umweltwirkung „Aufgeweichte Böden"). Durch ***regelmäßige und fachgerechte Pflegearbeiten und ein Monitoring des Zustandes von Stadtgrün*** können diese und weitergehende Schäden verhindert werden. Zu diesen Pflegearbeiten gehören regelmäßige Gehölzpflegearbeiten, die das Entfernen von schadhaften Pflanzen beinhalten. Zusatzkontrollen nach einem Sturm bzw. extremen Witterungsereignissen schließen die Beseitigung von Ästen und Bäumen ein. Des Weiteren haben die Kommunen als Eigentümer des öffentlichen Grüns dafür zu sorgen, dass vom Stadtgrün keine Gefahr ausgeht und die Verkehrssicherungspflicht nicht verletzt wird. Die Verantwortlichkeit liegt somit beim Grünflächenamt. Daher sind weiterhin eine sorgfältige Kontrolle des Wurzel-, Stamm- und Kronenbereichs eines Baums sowie eine Identifizierung von potentiellen äußerlich sichtbaren Schadsymptomen von großer Bedeutung. Bei Bedarf muss Totholz entfernt, die Krone eingekürzt oder Kronensicherungsmaßnahmen angebracht werden. Auch kann die Fällung eines Baumes notwendig sein. Diese regelmäßig durchgeführten Baum-, Gehölz- und Unterhaltungspflegearbeiten von Stadtgrün beugen eine davon ausgehende Gefahr vor (STMI Bayern 2018, Stiftung DIE GRÜNE STADT 2014; S. 26/27). Die Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz e.V. (GALK) hat Empfehlungen für die Durchführung von flächigen Baumkontrollen bzw. die Regelkontrollen von Bäumen herausgegeben (GALK 2011 und 2015). Die „Richtlinien für Regelkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen, Baumkontrollrichtlinien" gelten für alle Bäume, die aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht kontrolliert werden müssen (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. 2010). Des Weiteren kann es nach schadbringenden Starkregenereignissen als sinnvoll erachtet werden öffentliche Grünanlagen zu sperren und für die Öffentlichkeit temporär nicht zugänglich zu machen bis alle Sicherungsarbeiten abgeschlossen sind (Neue Ruhr Zeitung 2018, Berliner Zeitung 2017).

Um der Umweltwirkung „Ausuferung von und Schäden an Kleinstgewässern" entgegenzuwirken ist eine fachgerechte ***Erhaltung und Pflege des Gewässerbettes*** entsprechend den Vorgaben des WHG unter Berücksichtigung der Bewirtschaftungsziele der WRRL (umgesetzt in den nationalen Regelungen des WHG §§ 27 – 31) sicherzustellen. Durch die Gewässerunterhaltung soll auch bei Hochwasser ein ordnungsgemäßer Wasserabfluss gewährleistet werden. Das Gewässerbett muss regelmäßig und zusätzlich nach Extremereignissen von Totholz, Feststoffen und Geschiebe befreit werden. Dieses mittransportierte Material könnte bei einer Nicht-Beseitigung zu einer Verklausung des Bachbettes an Durchlässen oder Brücken führen, was meist damit einhergeht, dass der Bach sein

Gewässerbett verlässt und über die Ufer tritt. Durch die Entfernung des Materials ist ein ordnungsgemäßer Wasserabfluss möglich und verhindert somit auch weitere Schäden am Gewässer (Kreisverband Wümme 2018, Wupperverband 2015; S. 1/2, Wasserhaushaltsgesetz 2017 §37/§39).

Um der Umweltwirkung „Kontamination" entgegenzuwirken, ist es von großer Bedeutung einen im Kellerraum stehenden ***Öltank einer Heizung gegen Starkregenschäden zu schützen***. Um das Aufschwimmen eines Öltanks beim Eindringen von Niederschlagswasser durch Starkregenereignisse in Kellerräume zu verhindern, sollte ein Öltank eine Verankerung im Boden aufweisen. Durch diese Verankerung im Boden werden Gebäudeschäden durch ein Herumtreiben des Öltanks vorgebeugt (Fachverband Sanitär, Heizung, Klima Sachsen-Anhalt 2018). Eine andere Möglichkeit ist eine sogenannte „eigensichere" Bauweise eines Heizöltanks. Im Fall von Hochwasser wird dieser aufschwimmen und es kommt sogleich zu einem automatischen Verschluss der Versorgungs- und Entnahmeleitungen. Somit ist ein Auslaufen von Öl aus dem Tank nicht möglich. Grundsätzlich empfiehlt es sich bei gegebener Starkregengefährdung von einer Öl- auf eine Gasheizung umzusteigen (Energie-Fachberater 2018).

Um bei einem Starkregenereignis den ***Oberflächenabfluss und die dadurch resultierenden Schäden so gering wie möglich zu halten***, existieren eine Reihe von Maßnahmen. Laut § 9 Abs. 1 Nr. 4 Baugesetzbuch soll die Versickerung von Starkregen verbessert bzw. ermöglicht werden. Hierbei geht es vor allem um die Regelung, dass dem Oberflächenabfluss von Starkregen entgegengewirkt wird (UBA 2016, S. 136). Diese Maßnahmen können auch alle ausgewählten Umweltwirkungen reduzieren. Durch einen hohen Versiegelungsgrad, entstanden durch Bebauung oder Befestigung, wird der Oberflächenabfluss von Niederschlägen stark erhöht und somit schneller in die Kanalisation abgeleitet. Um dem entgegenzuwirken kann die Versieglung durch Rasengittersteine oder wasserdurchlässige Pflasterbeläge aufgebrochen werden. Somit kann ein höherer Abfluss vermieden und zu einer Entlastung der Entwässerungssysteme beigetragen werden (HamburgWasser o.J.). Des Weiteren können Versickerungsanlagen, z.B. Mulden-Rigolen, die Starkregenabflüsse erheblich reduzieren. Regenrückhaltebecken/Stauraumkanäle, Regentonnen oder Rückhaltemulden können das Niederschlagswasser von Starkregenereignissen rückhalten und verzögert an das weiterführende Entwässerungssystem abgeben. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Lenkung von Oberflächenabflüssen. Da Oberflächenabflüsse nicht zwangsläufig Schäden anrichten, kann das Risiko für Schäden durch die Herausleitung von Abflüssen aus Bereichen mit hohen Schadenspotenzialen minimiert werden. Dabei orientiert sich die Ablenkung an der Topographie des Geländes oder anderen künstlichen Hindernissen. Mithilfe von hochauflösenden Geländemodellen können Kommunen eine Fließweganalyse durchführen. Auch das Prinzip der „Schwammstadt", die Niederschläge dort zwischen zu speichern, wo sie fallen und sie anschließend überwiegend zu verdunsten oder zu versickern, ist hierbei prominent vertreten (BBSR 2015; S. 43-46).

3 Übersicht zum Stand der Starkregenvorsorge in Deutschland

3.1 Arten von Maßnahmen

Die folgenden Abschnitte präsentieren einen Überblick über die Vielfalt der umgesetzten Maßnahmen und Instrumente zur Starkregenvorsorge in Deutschland. Hiermit soll illustriert werden, mit welchen Mitteln unterschiedliche Akteure sich in Deutschland bereits der Starkregenvorsorge widmen. Dieser Überblick bildet einen der Ausgangspunkte für die Entwicklung von Empfehlungen zur Verbesserung der Starkregenvorsorge in Deutschland.

3.1.1 Recherche relevanter Forschungsprojekte und Maßnahmenbeispiele

Für die Identifikation von Maßnahmen, Instrumenten und Forschungsprojekten wurde eine online-Recherche mit gängigen Suchmaschinen unter Zuhilfenahme einschlägiger Schlagworte durchgeführt (zum Beispiel Starkregen, Sturzflut, Starkregenvorsorge, Starkregengefahrenkarte, Leitfaden Starkregen etc.). Darüber hinaus wurde unter anderem gezielt in folgenden Projektdatenbanken recherchiert:

- Klima und Raum (www.klima-und-raum.org)Projektsuche über Stichworte möglich.
- UBA Tatenbank (www.uba.de/startseite-tatenbank) Die Tatenbank des Umweltbundesamtes gibt einen Überblick über kommunale Projekte zum Thema Extremniederschläge.
- Förderportal Bund (http://foerderportal.bund.de/foekat/jsp/StartAction.do?actionMode=list) hierbei insbesondere von BMBF und BBSR geförderte Projekte

Ergebnis der Recherche ist eine Excel-Tabelle mit knapp 100 Einträgen. Die Recherche wurde zwischen Januar und April 2017 durchgeführt, das heißt, Maßnahmen und Projekte, die danach umgesetzt wurden, werden in der Tabelle nicht mehr berücksichtigt. Zum anderen wurden nur Projekte und Maßnahmen aufgenommen, welche online zu finden waren. Damit fallen alle Maßnahmen weg, über die keine Informationen online aufzufinden sind. Maßnahmen, die vielfach im privaten Bereich angewandt werden, wie der Einbau von Rückstauklappen oder die Erhöhung von Hausschwellen, wurden beispielhaft jeweils als ein Tabelleneintrag aufgeführt. Auch Maßnahmen wie Regenrückhaltebecken für Kommunen werden nur beispielhaft genannt.

In der Tabelle wurden jeweils folgende Informationen für die Maßnahmen und Forschungsprojekte dokumentiert:

- Titel der Maßnahme
- Laufzeit oder Veröffentlichungsdatum
- Akteure und Finanzierung (Ebene der umsetzenden Akteure: Bund, Länder, Region, Kommune; Name der umsetzenden Akteure; ggf. Auftraggeber; Art der Finanzierung)
- Zielgruppe (Ebene: Kommune, Privat, Region, Land, Bund; ggf. Umsetzungsort; Zuordnung zu einer Zielgruppenkategorie)
- Detaillierte Beschreibung der Maßnahme/des Projekts
- Verknüpfung: Ist die Maßnahme Teil eines größeren Vorhabens?
- Status der Maßnahme (abgeschlossen, laufend, in Planung)
- Weblink

3.1.2 Kategorisierung von Maßnahmen

Auf Basis der Rechercheergebnisse sowie unter Berücksichtigung der Zielsetzung des Projektes hat das Projektteam Kategorien zur Strukturierung der Rechercheergebnisse entwickelt. Dabei wurden

bereits im Themenfeld Hochwasser- und Starkregen etablierte Kategorien in die Überlegung einbezogen. Während in der HWRM-RL lediglich zwischen Maßnahmen zur Vermeidung, zum Schutz und zur Vorsorge unterschieden wird, sind die Kategorien des DWA-Hochwasseraudit differenzierter[7]. Die für dieses Projekt entwickelten Kategorien lehnen sich stark an die Kategorien des DWA-Hochwasseraudit an, wurden allerdings zur besseren Handhabbarkeit der bereits recherchierten Maßnahmen und Projekte angepasst. Dabei wurden vier Hauptkategorien gebildet, welche wiederum in sechs Unterkategorien eingeteilt sind. Die Kategorien sind in Tabelle 3 dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert.

Tabelle 3: Kategorisierung der Maßnahmen zur Starkregenvorsorge in Deutschland

Kategorie		Erläuterung
I	II	
Flächenwirksame Vorsorge	Bauliche Maßnahmen (inkl. Versickerung und Ableitung)	Schaffung von Flächen und Räumen zum Rückhalt von Regenwasser, Sicherung und Wiedergewinnung von Flächen zum Rückhalt von Regenwasser, Renaturierung von Gewässern (Vermeidung von gewässerbedingten Sturzfluten), Rückhalt von Niederschlag auf der Fläche, zum Beispiel durch Versickerung vor Ort oder durch Entsiegelung
	Planerische, konzeptionelle/strategische und rechtliche Maßnahmen	Berücksichtigung von Vorsorgemaßnahmen (z.B. Retentionsflächen) in Flächennutzungs- und Bebauungsplänen, weitere planerische und/oder rechtliche Maßnahmen (z.B. Verordnungen, Verankerung im Planungsrecht und Wasserrecht).
Bauvorsorge	Objektschutz	Schutz der Gebäude vor Oberflächenwasser, eindringendem Grundwasser und eindringendem Kanalisationswasser. Maßnahmen der Bauvorsorge umfassen schadensmindernde, vorbeugende Maßnahmen an gefährdeten Objekten, wie feste und mobile Schutzeinrichtungen und Rückstauklappen, Verwendung wasserbeständiger Baustoffe, etc. (BMVBS 2013).
Verhaltens-wirksame Vorsorge	kurzfristige Warnungen	kurzfristige Niederschlagsvorhersage, Unwetterwarnung, zum Beispiel Nachrichten, Apps usw.
	Informationen zur Verhaltensvorsorge	Informationen zur längerfristigen Verhaltensvorsorge, zum Beispiel Informationen über Gefährdungslage eines Grundstücks, Informationen über Möglichkeiten zur Vorsorge
Risikovorsorge	Eigenverantwortung und Versicherungsschutz	Finanzielle Vorsorge, für den Fall eines Schadenseintritts; typischerweise

7 Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) hat 2010 mit dem DWA-Merkblatt M551 Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet" einen Rahmen für ein Audit zur Hochwasservorsorge im lokalen Kontext vorgelegt. Mehr Informationen unter: DWA Hochwasseraudit

Kategorie		Erläuterung
I	II	
		Versicherungslösungen (und Informationen darüber)

3.1.2.1 Kategorie Flächenwirksame Vorsorge

Flächenwirksame Vorsorge wird unterteilt in bauliche Maßnahmen und planerische, konzeptionelle/strategische und rechtliche Maßnahmen. Bauliche Maßnahmen zur flächenwirksamen Vorsorge sind beispielsweise die Schaffung von Flächen und Räumen zum Rückhalt von Regenwasser, die Sicherung und Wiedergewinnung von Flächen zum Rückhalt von Regenwasser, die Renaturierung von Gewässern (Vermeidung von gewässerbedingten Sturzfluten) und weitere Maßnahmen zum Rückhalt von Niederschlag auf der Fläche (zum Beispiel durch Versickerung vor Ort oder durch Entsiegelung). Planerische, konzeptionelle/strategische und rechtliche Maßnahmen beinhalten sowohl überregionale Maßnahmen, z.B. auf Ebene der Raumordnung / Regionalplanung als auch örtliche Maßnahmen, wie die Ausweisung von Risikogebieten in Flächennutzungsplänen und Bebauungsplänen. Auch rechtlich nicht bindende Strategien, z.B. eine Regenwasserstrategie oder ein Anpassungskonzept, welche Starkregen berücksichtigt, fallen in die Kategorie konzeptionelle/strategische Maßnahmen. Rechtliche Maßnahmen stellen beispielsweise die Verankerung von Starkregenvorsorge in Gesetzen (Planungsrecht, Wasserrecht) dar. Kategorie Bauvorsorge

Die Kategorie Bauvorsorge enthält lediglich eine Unterkategorie und umfasst alle Maßnahmen zum Objektschutz, also Schutz vor eindringendem Wasser (oberflächlich abfließendes Regenwasser, eindringendes Grundwasser, eindringendes Kanalisationswasser). In diese Kategorie fallen alle schadensmindernden, vorbeugenden Maßnahmen an gefährdeten Objekten, wie beispielsweise feste und mobile Schutzeinrichtungen, Rückstauklappen, Schwellen, Verwendung wasserbeständiger Baustoffe etc. (vgl. BMVBS 2013). Bei baulichen Schutzmaßnahmen ist allerdings zu beachten, dass diese oft ein falsches Gefühl von Sicherheit vermitteln. So zeigen Statistiken steigende Hochwasserschäden, trotz eines verbesserten technischen Schutzes (Seifert 2012). Dies liegt daran, dass aufgrund der technischen Möglichkeiten zur Bauvorsorge auch in gefährdeten Gebieten gebaut wird. Tritt dann jedoch ein größer als erwartetes Extremereignis ein, sind umso mehr Gebäude betroffen (ebd.).Kategorie Verhaltenswirksame Vorsorge

Innerhalb der Kategorie Verhaltenswirksame Vorsorge wird unterschieden zwischen kurzfristiger Warnung und Informationen zur Verhaltensvorsorge. Die Unterscheidung der DWA-Kategorien in Informationsvorsorge (Information über mögliche Auswirkungen) und Verhaltensvorsorge (Informationen zum Umgang mit diesen Auswirkungen) ist für die Einteilung der in diesem Vorhaben recherchierten Maßnahmen nicht praktikabel. Viele Maßnahmen müssten dann beiden Kategorien zugeordnet werden, da viele Kommunikationsmaterialien sowohl Informationen über mögliche Auswirkungen von Starkregen enthalten als auch Hinweise und Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Starkregen. So wird hier lediglich zwischen kurzfristiger Warnung und Informationen zur längerfristigen Verhaltensvorsorge unterschieden.

3.1.2.2 Kategorie finanzielle Risikovorsorge

Getrennt von der Kategorie Verhaltensvorsorge wurde die Kategorie finanzielle Risikovorsorge eingeführt. Hierunter fallen Maßnahmen im Bereich Eigenvorsorge und Versicherungsschutz, also finanzielle Vorsorge für den Fall eines Schadenseintritts, typischerweise Versicherungslösungen und Informationen darüber.

3.1.3 Analyse der recherchierten Maßnahmen

Für eine strukturierte Analyse der recherchierten Datengrundlage hat das Projektteam in Abstimmung mit der Auftraggeberin Leitfragen entwickelt. Dabei wurden drei übergreifende Leitfragen identifiziert, welche vor allem auf Basis der recherchierten Datengrundlage beantwortet werden sollen.

Die übergreifenden Leitfragen sind:

- Welche Projekte, Instrumente und Maßnahmen der Starkregenvorsorge und wassersensiblen Stadtentwicklung gibt es in Deutschland bereits? Was wird häufig umgesetzt und was ist neu/besonders innovativ?
- Welche Kommunikationsinstrumente gibt es? Welche Zielgruppen sollen damit erreicht werden? Welche Aussagen lassen sich zur räumlichen Verteilung der Kommunikationsinstrumente treffen?
- Wo gibt es Handlungsbedarf auf lokaler, regionaler und auf Bundesebene?

Tabelle 4 zeigt die innerhalb der einzelnen Kategorien identifizierten Maßnahmentypen. Einzelmaßnahmen wurden hierfür nochmals zu Maßnahmentypen zusammengefasst, das heißt, es werden hier nicht einzelne Leitfäden namentlich aufgezählt, sondern es wird lediglich der Maßnahmentyp „Leitfaden“ benannt.

Tabelle 4: Identifizierte Maßnahmentypen zur Starkregenvorsorge in Deutschland

Kategorie		Identifizierte Maßnahmentypen
I	II	
Flächenwirksame Vorsorge	Bauliche Maßnahmen (inkl. Versickerung und Ableitung)	► Straßen- und Stadtumbau (nach §171 ff. BauGB) ► Multifunktionale Flächennutzung ► Dachbegrünung ► Entsiegelung ► Erosionsmindernde Maßnahmen ► Flussumbau (Renaturierung, Verbreitung von Durchlassrohren, Einsatz von Sperrwehren) Achtung Grenzfall: definitorisch gehört diese Maßnahme zur Hochwasservorsorge. ► Regenrückhaltebecken (auch Zisternen) ► veränderte Abflussführung (auf Grundstücken, weg vom Gebäude) ► Zufluss-Sperren
	Planerische/rechtliche Maßnahmen	► Verankerung von Starkregenvorsorge in Bauleitplänen (Flächennutzungsplan und Bebauungsplan) ► Aufstellung eines Generalentwässerungsplans ► Erstellung von Konzepten/Strategien (zum Beispiel Zukunftsvereinbarung Regenwasser Emscher Region, Gründachstrategie Hamburg) ► Niederschlagswassergebühren ► Gesetzesnovellierung
Bauvorsorge	Objektschutz	► Mobiler Hochwasserschutz ► Rückstausicherung ► Abdeckung/Abdichtung (zum Beispiel Abdeckplatten für Straßen- und Hofeinläufe, Abdeckung von Kellerlichtschächten, druckwasserdichte Fenster etc.) ► Barrieren und Sperren ► Erhöhung/Rampen ► Klappschotte/Schutztore ► Weiße Wanne, schwarze Wanne
Verhaltenswirksame Vorsorge	kurzfristige Warnungen	► Instrumente zur Vorhersage von Starkregenereignissen ► Warnsystem (Starkregen-FrühAlarmSystem FAS, Warnwerkzeug Stadt Lübeck mit Warnung per E-Mail oder SMS) ► Warn-App (Warn-App NINA) ► Webseite (Kurfristniederschlagsvorhersage für urbane Gebiete)
	Informationen zur Verhaltensvorsorge	► Beratung von Hauseigentümern (zum Beispiel HKC Infomobil) ► Erstellung von Gefahrenkarten ► Handbücher, Leitfäden, Flyer oder ähnliche Publikationen ► Konzepte/Strategien (die über eine flächenwirksame

Kategorie		Identifizierte Maßnahmentypen
I	**II**	
		Vorsorge hinausgehen) ► Planungstools (zum Beispiel WOLK Geoinformationssystem zur Berechnung des oberirdischen Regenwasserabflusses und zur Visualisierung von Überschwemmungsgebieten oder SUDPLAN Starkregenszenarien Planungstool) ► Veranstaltungen, Workshops (zum Beispiel Vortragsreihe WBW und DWA zu Starkregen und Überflutungsvorsorge, Weiterbildungsprogramme, Bildungsmodule) ► Webseiten, Online-Tools oder Datenbanken (zum Beispiel Videos, Interaktive Datenbank für Schäden und Vermeidungsmaßnahmen (URBAS[8]), Der Hochwasserpass)
Finanzielle Risikovorsorge	Eigenverantwortung und Versicherungsschutz	► Kampagne (zum Beispiel „Voraus Denken – Elementar Versichern“ des Bayerischen Wirtschaftsministeriums[9]) ► Handbuch, Leidfaden, Flyer oder ähnliche Publikation (zum Beispiel Flyer „Starkregen kann auch Sie treffen“[10]) ► Webseite (zum Beispiel Informationen der Verbraucherzentrale zu Schadensregulierung bei Starkregen[11])

Einige Erkenntnisse der übergreifenden Analyse der recherchierten Maßnahmen werden im Folgenden zusammengefasst. Hier geht es vor allem um die Frage nach besonders häufigen oder innovativen Maßnahmen.

Multifunktionale Flächennutzung als besonders innovative Form der Vorsorge

Als besonders innovativ können Maßnahmen der multifunktionalen Flächennutzung gelten, da diese relativ neue Form der Starkregenvorsorge gerade in dichter bebauten Gebieten hohes Vorsorgepotenzial hat (Benden 2014a). Hier hat die Recherche allerdings ergeben, dass diese Form der Starkregenvorsorge in Deutschland noch eher selten ist und bisher lediglich in einigen Pilotprojekten erprobt wurde. Ein bereits abgeschlossenes Projekt ist beispielsweise Deutschlands erster Regenspielplatz im Hamburger Stadtteil Neugraben-Fischbek.[12] Zusätzlich zur klassischen Funktion eines Spielplatzes leistet er mit Sickergraben und Regenwassermulde einen Beitrag zur Entwässerung des Stadtteils. Spezielle Spielgeräte entlang der Flutmulde laden zum Spielen mit Wasser ein, zusätzliche Informationstafeln informieren über den Zusammenhang von Regen, Versickerung und Grundwasserneubildung. Bei Starkregen wird überschüssiges Regenwasser aus dem Sielnetz aufgenommen und kontrolliert zu einem angrenzenden Brunnenschutzgebiet geleitet. Der Regenwasserspielplatz ist Teil eines stadtweiten Projekts in Hamburg (RISA RegenInfraStrukturAnpassung), welches sich mit dem Ansatz der Mehrfachnutzung von Flächen beschäftigt. So sollen Flächenpotenziale, die eine Mehrfachnutzung erlauben, künftig frühzeitig

8 Ereignisdatenbank URBAS: Urbane Sturzfluten

9 Informationen zur Kampagne „Voraus Denken – Elementar Versichern“ unter: Kampagne Elementar Versichern

10 Beispielflyer „Starkregen kann auch Sie treffen“ der Gemeinde Freisen: Starkregen Gemeinde Freisen

11 Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, Tipps für die Schadensregulierung nach dem Starkregen: Verbraucherzentrale Rheinland Pfalz Flyer

12 Pressemitteilung vom 25. Oktober 2013, RISA und Hamburg Wasser RISA Hamburg Pressemitteilung

identifiziert werden. In Kapitel 3.3. wird nochmals ausführlich auf das Thema der Multifunktionalen Flächennutzung, nationale und internationale Beispiele, Barrieren und Erfolgsfaktoren sowie Handlungsempfehlungen eingegangen.

Kurzfristige Warnungen bei Starkregenereignissen

Bis vor einigen Jahren gab es, unter anderem aufgrund der technischen Möglichkeiten und der geringeren Aufmerksamkeit für Starkregenereignisse, kaum Informationssysteme für Warnungen vor dieser Gefahr. In den letzten Jahren sind nun einige Angebote zur kurzfristigen Warnung vor Starkregen bereitgestellt worden. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) hat beispielsweise ein Verfahren zur automatischen Erkennung, Verfolgung und Vorhersage von Gewitterzellen auf der Basis von Wetterradardaten entwickelt (KONRAD). KONRAD gibt dem Nutzer umfassende Informationen über Intensität und Zugrichtung eines Gewitters und liefert Warnhinweise bezüglich Starkregen, Hagel und Windböen. Das Verfahren wird unter anderem im Rahmen des Systems webKONRAD als Teil der Feuerwehrinformationssystems FeWIS sowie von Einrichtungen des Katastrophenschutzes genutzt.[13] Der DWD plant bereits eine Neuentwicklung des Systems KONRAD3D, welches Messungen aus unterschiedlichen Höhen berücksichtigen wird (dreidimensionales Verfahren).

Im Projekt EVUS „Echtzeitvorhersage für urbane Sturzfluten und damit verbundene Wasserkontamination“[14] der Universität Hannover ist das Ziel noch etwas höher gesteckt. Am Beispiel der Stadt Hannover soll hier ein Vorhersagesystem entwickelt werden, welches nicht nur den Niederschlag vorhersagt, sondern auch die damit verbundenen Strömungs- und Transportszenarien. Darüber hinaus soll eine Anwendung entwickelt werden, mit der Informationen zur Überflutung mit Smartphones kommuniziert werden können.

Auch von privaten Anbietern sind bereits erste Frühwarnsysteme auf dem Markt, so beispielsweise das „Starkregen-FrühAlarmSystem FAS“ der Firma Spekter aus Herzogenaurach, welches Kommunen und Industrie befähigen soll, gezielt vor konkreten Starkregengefahren zu warnen.[15]

In Kapitel 3.4. wird das Thema Warnungen nochmals vertieft betrachtet.

Starkregen als Thema in kommunalen und regionalen Strategien

In den letzten Jahren erhielt das Thema Starkregen verstärkt Aufmerksamkeit und fand Berücksichtigung in regionalen und kommunalen Strategien und Plänen. Beispielsweise geht es in der Hamburger Gründachstrategie von 2014 unter anderem um den zukunftsfähigen Umgang mit Regenwasser und Starkregenvorsorge. Auch im Stadtentwicklungsplan Klima der Stadt Berlin von 2016[16] ist *urbane Überflutungen nach Starkregen* eines von zwei zentralen Leitthemen. Auf Länderebene findet das Thema ebenfalls verstärkt Beachtung, so wurde beispielsweise 2016 das Konzept Starkregen NRW des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr sowie des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen veröffentlicht.[17]

Starke Überschneidungen mit Maßnahmen zum Schutz vor fluvialem Hochwasser

Generell lässt sich bei der Analyse der recherchierten Projekte, Maßnahmen und Instrumente feststellen, dass eine strikte Trennung zwischen Maßnahmen zur Vorsorge für Starkregenereignissen

13 KONRAD Konvektive Entwicklung in Radarprodukten, DWD DWD KONRAD

14 Webseite zum Projekt: Pluvial Floods Uni Hannover

15 Webseite der Firma Spekter: Firma Spekter

16 Link zum Stadtentwicklungsplan Klima der Stadt Berlin: Stadtentwicklung Berlin

17 Link zum Konzept: Umwelt NRW

und Maßnahmen zur Vorsorge für fluviale Hochwasserereignisse nicht immer möglich ist. So fanden sich bei der Recherche zwar häufig Maßnahmen, die entweder der einen oder der anderen Kategorie zugeordnet waren, letztendlich aber für beide Arten der Hochwasservorsorge (fluvial und pluvial) geeignet sind. So schützen bauliche Maßnahmen wie erhöhte Bodenschwellen, wasserdichte Fenster oder Klappschotte an Türen Objekte sowohl vor Sturzfluten nach Starkregen als auch vor Hochwasser bei Flussüberschwemmung. Auch Retentionsflächen für den Wasserrückhalt können sowohl bei Starkregen als auch bei Flusshochwasser entlasten. Dennoch ist hervorzuheben, dass einige Maßnahmen ganz speziell auf die Starkregenvorsorge und den Umgang mit Regenwasser ausgerichtet sind, hierzu zählen beispielsweise die für einige Regionen und Kommunen entwickelten Starkregengefahrenkarten, welche sich von klassischen Hochwassergefahrenkarten in einigen wesentlichen Punkten unterscheiden.

Evaluation der Wirkung von Maßnahmen zur Starkregenvorsorge

Bei der Analyse der recherchierten Maßnahmen und Instrumente fällt auf, dass nur sehr wenige Instrumente auf ihre Wirkungen hin überprüft wurden. Nur vereinzelt gibt es Ansätze einer Wirkungsevaluation, beispielsweise für das Projekt Stark gegen Starkregen. Hier wurde die Reichweite der durchgeführten Kommunikationskampagne überprüft, indem unter anderem die Berichterstattung in der Presse und die Seitenaufrufe der Webseite analysiert und ausgewertet wurden. [18] Eine weniger gut planbare Überprüfung der Wirksamkeit von Maßnahmen ist die Beobachtung und Analyse der umgesetzten Maßnahmen im Falle eines Starkregenereignisses. So konnte beispielsweise die Funktionalität und Wirksamkeit des Regenwasserspielplatzes in Hamburg (Neugraben-Fischbek) bei Eintritt eines Starkregenereignisses bereits validiert werden.[19]

Besonders häufige Maßnahmen: Kommunikationsinstrumente

Kommunikationsinstrumente wurden bei der Recherche relativ häufig gefunden. Auf diese wird deshalb in einem gesonderten Kapitel (s. 3.5) detailliert eingegangen.

3.2 Starkregen-Gefahrenkarten

Nur gut informierte BürgerInnen können durch Maßnahmen der Eigenvorsorge, wie zum Beispiel bauliche Maßnahmen, zu einer Reduzierung des Starkregenrisikos beitragen. Ein wichtiges Instrument der Risikokommunikation sind Starkregengefahrenkarten, wie sie einige Kommunen in den letzten Jahren bereits erstellt haben. Häufig geschieht dies noch im Rahmen von Klimaanpassungskonzepten oder Forschungsprojekten. In Starkregengefahrenkarten werden die Flächen dargestellt, die bei einem Starkregenereignis überflutet werden könnten. Für die Erstellung der Karten gibt es in Deutschland bislang keine harmonisierten Empfehlungen oder verbindliche Vorgaben, so dass große Unterschiede zwischen den Karten bestehen. Ziel dieses Unterkapitels ist es, einen Überblick über die bestehenden Starkregengefahrenkarten und ihre Darstellungsform, Datengrundlage und Modellierungskonzepte zu erarbeiten.

Hierfür wurde im Rahmen einer Internetrecherche nach frei verfügbaren Starkregengefahrenkarten gesucht. Ergänzt wurde die Onlinerecherche durch Angaben der ExpertInneninterviews aus Kapitel 4 und Informationen aus dem vom Umweltbundesamt geförderten Vorhaben „Behördenkooperation Klimawandel und -anpassung“. Für die identifizierten Karten wurde für jeden Kartentyp ein Steckbrief erstellt (siehe Anhang 7.2). Die Steckbriefe sind so konzipiert, dass auf der oberen Hälfte der Seite ein

---

18 Präsentation Starkregen betrifft jeden. Emscher Lippe Genossenschaft, Stark Gegen Starkregen, Future Cities (unveröffentlichtes Dokument)

19 Präsentation Rainer Thermann, Bezirksamt Harburg bei der Fachkonferenz Klima-Städte der Zukunft im Hamburg am 08./09.06.2017

Screenshot der Starkregengefahrenkarte und die dazugehörigen Legende zu sehen sind. Darunter befinden sich zwei Tabellen. In der ersten werden Informationen zu den modellierten Ereignissen und der Gefährdung aufgeführt. Der Modellierungsansatz und die Darstellung in den Karten werden in der zweiten Tabelle dargestellt. Zum Abschluss können weitere, für diese Karte besondere, Informationen vermerkt werden.

3.2.1 Anwendungsbeispiele

Insgesamt konnten lediglich sieben online frei zugängliche Starkregengefahrenkarten recherchiert werden. Es handelt sich um die Karten der Städte Köln, Dresden, Unna, Remscheid, Dortmund-Hörde, Worms und acht Kommunen des Glems –Einzugsgebietes (siehe Anhang 7.2). Die Starkregengefahrenkarten wurden von Kommunen, Stadtentwässerungsbetrieben und im Rahmen von Forschungsprojekten erstellt. In der Karte der Stadt Dresden wird nicht direkt ein Starkregenereignis dargestellt sondern die Überflutungsgefährdung aus der Kanalisation bei Starkregen und Elbhochwasser. Es ist aber dem Themenfeld Starkregen zuzuordnen.

3.2.2 Darstellung

Die recherchierten Karten zeigen, dass derzeit große Unterschiede bei Darstellung von Starkregengefahren bestehen. Dies erschwert die Verständlichkeit der Karten für die Bevölkerung und Einsatzkräfte.

In allen sieben Karten wird die potenzielle Überschwemmungsfläche dargestellt. Zusätzlich wird die Überflutungstiefe in mehrere Klassen farblich unterteilt. Die Schwellenwerte, das heißt der Wasserstand ab dem eine Überflutung angezeigt wird, unterliegen einer Bandbreite von 0 cm (Glems-Einzugsgebiet, Unna) bis 20 cm (Dresden). In der Farbgebung weichen nur Dresden (violett) und Worms (Regenbogenfarben) von dem Schema der Blauabstufungen ab. Bei der Größe der Klassen der Überflutungstiefe gibt es deutliche Unterschiede. Für drei Karten wurden vier Klassen gebildet. In den verbleibenden drei Starkregengefahrenkarten wurde die Überflutungstiefe in zwei (Dresden), drei (Unna), fünf (Remscheid) und 15 Klassen (Worms) unterteilt. In keiner der sieben verfügbaren Starkregengefahrenkarten werden Fließrichtung und/oder Fließgeschwindigkeit dargestellt.

Bei der Einbeziehung sehr geringer Schwellenwerte von 0,2 cm (Remscheid) und 3,3 cm (Worm) werden Überschwemmungen dargestellt, die zu keiner großen Gefährdung führen. Zudem besteht die Möglichkeit, dass sie bei der Bevölkerung zu einer verzerrten Wahrnehmung führen. Ein mittlerer Wert von 10 cm bis 15 cm, wie in Köln und Dortmund-Hörde verwendet, erscheint auch in Bezug auf die durchschnittliche Bordsteinhöhe sinnvoll. Die Überflutungstiefe in 15 Klassen einzuteilen ist bei Überflutungstiefen von 3,3 cm bis 50 cm zu detailliert und nicht gut zu unterscheiden. Nur in der Starkregengefahrenkarte der Stadt Köln wurde die Gefährdung in die Klassen aufgenommen und nicht nur die Überflutungstiefe dargestellt.

Zusätzlich zu den Überflutungstiefen werden in der Starkregengefahrenkarte der Stadt Worms die oberirdischen Fließwege abhängig von der Einzugsgebietsgröße dargestellt. Diese zusätzliche Information dürfte die Lesbarkeit der Karte aufgrund der Informationsdichte für die BürgerInnen erschweren und müsste mit einer Erklärung versehen werden.

3.2.3 Modellierungsansätze

Auch im Hinblick auf die verwendeten Modellierungsansätze bestehen bislang große Unterschiede zwischen den recherchierten Starkregengefahrenkarten, aufgrund derer überregionale Analysen mangels Vergleichbarkeit derzeit kaum möglich sind.

Zur Modellierung der Starkregengefährdung wurde für fünf Karten ein hydrologisch-hydraulischer Ansatz gewählt und auch das Kanalnetz berücksichtigt. In Köln (Kanalnetz nicht berücksichtigt) und Dresden (keine Informationen zu Kanalnetz) wurde eine Modellierung des Oberflächenabflusses durchgeführt.

Bei den zur Modellierung verwendeten Eingangsdaten bestehen ebenfalls sehr große Unterschiede zwischen den Städten. Die modellierten Ereignisse werden für Köln mit den Jährlichkeiten T=30, T=50, T=100 (Niederschlag) und für Worms mit der Jährlichkeit T=50 (Niederschlag) angegeben. Für die Karten aus Dresden, Unna, Dortmund-Hörde und Remscheid konnten keine Informationen über die Jährlichkeit des Niederschlags ermittelt werden. Für die Starkregengefahrenkarten des Glems-Einzugsgebietes wurden keine Jährlichkeiten angegeben, da deren statistische Absicherung als fraglich angesehen wurde. Stattdessen wurden für die Niederschlagsintensität die Werte tatsächlich erfolgter Starkregenereignisse in der Region (60 mm, 120 mm, 240 mm, in jeweils 60min) verwendet. Die für Unna und Dortmund-Hörde dargestellten Ereignisse wurden mit einem Niederschlag von 90 mm in 60 min berechnet. In Köln werden Niederschläge von 36 mm, 43 mm und 48 mm in 60 min verwendet. Diese Werte liegen deutlich unter denen von Unna, Dortmund-Hörde und dem Glems-Einzugsgebiet. Für die Modellierung in Worms wurde ein Niederschlag von 43 mm in 45 min verwendet. Für die Karten aus Dresden und Remscheid konnten keine Informationen zu Niederschlagshöhe und verwendeter Dauerstufe ermittelt werden.

Die Informationen zu den verwendeten Daten und der Modellierung werden teilweise als Hintergrundinformationen bereitgestellt (Köln, Glems-Einzugsgebiet, Unna, Worm), teilweise konnten sie durch weitere Recherchen ermittelt werden.

3.2.4 Weitere Starkregengefahrenkarten

Neben den identifizierten Starkregengefahrenkarten lassen sich in den Medien Hinweise auf weitere Karten finden.

Es gibt einige weitere Kommunen, die Karten erstellt, aus juristischen oder anderen Gründen aber bislang nicht veröffentlicht haben. Häufig wurden Überflutungskarten auch im Rahmen von Forschungsprojekten zur Überflutungsvorsorge erstellt und von Kommunen in der Maßnahmenplanung berücksichtigt.

Für die Städte Erkrath, Solingen, Lübeck, Bremen[20] und Münster wurden stadtweit oder für Teilgebiete Starkregengefahrenkarten erarbeitet. Da diese jedoch nicht frei zugänglich sind, konnten keine Steckbriefe erstellt werden. Aus der Recherche von Projektunterlagen und Zeitungsartikeln lässt sich entnehmen, dass für Lübeck das Kanalnetz bei der Modellierung berücksichtigt wurde, für Bremen und Münster ist dies nicht der Fall.

Für die Städte und Kommunen Bochum/Essen/Herne, Wuppertal, Enepe-Ruhr-Kreis, Neuss[21], Siegen[22] (Projekt „Simulation von Starkniederschlägen im Stadtgebiet Siegen“), Delbrück/Ahden/Henglarn (Starkregengefahrenkarten in Projekt) sind Starkregengefahrenkarten geplant oder schon in Auftrag gegeben. Teilweise erfolgt die Bearbeitung in den Projekten kommunenübergreifend.

Auf Landesebene bestehen in Hessen Rheinland-Pfalz und Bayern Bestrebungen, die Starkregenvorsorge voranzutreiben. In Hessen werden im Projekt KLIMPRAX[23] Starkregen-Hinweiskarten erarbeitet. In Bayern läuft seit September 2017 das Förderprogramm „Integrale Konzepte zum kommunalen Sturzflut-Risikomanagement“[24]. Für das Land Rheinland-Pfalz werden in

[20] KLAS Bremen (28.02.2018).

[21] Correctiv.org Recherchen (01.03.2018).

[22] Uni Siegen Starkregen Projekt (28.02.2018).

[23] KLIMPRAX Hessen (01.03.2018).

[24] STMUV Bayern Sonderprogramm Sturzfluten (19.02.2018).

Kooperation mit dem DWD die bei Starkregen besonders betroffenen Stellen ermittelt[25]. Der DWD befasst sich mit der Erarbeitung von Starkregen-Hotspots auf Bundesebene.

3.2.5 Empfehlungen

Der Bevölkerung die Möglichkeit zur Nutzung der (interaktiven) Starkregengefahrenkarten zu geben, ist sinnvoll. Nur so können auch die Selbstinformation und eine verstärkte Eigenvorsorge erfolgen. Die Karten sollten jedoch einheitlich und damit vergleichbar sein, so dass sie auch für weitergehende überregionale Analysen, z.B. Risikoanalysen in Bezug auf die Gefahr durch Starkregen, genutzt werden können. Dabei ist der hydrologisch-hydraulischer Ansatz mit der Berücksichtigung des Kanalnetzes z.B. den Überstau des Kanalnetzes (in Senken)zu empfehlen. Dies erfolgte bei der Mehrzahl der identifizierten Karten und auch bei einigen der nicht frei verfügbaren Starkregengefahrenkarten. Auch in den Interviews zum Verhältnis von Starkregenrisikomanagement und Hochwasserrisikomanagement (Kap. 4) wurde ein hoher Detailgrad für die Modellierung von Starkregengefahrenkarten von den ExpertInnen für erforderlich gehalten.

In der Darstellung sollten hingegen nicht zu viele Informationen enthalten sein. Die Überflutungsfläche, die Überflutungstiefe und das Ereignis bzw. die Gefährdung werden dabei als ausreichend betrachtet. Für die Klassenbildung der Überflutungstiefen ist die Einteilung nach DWA 2015 (S. 22) zu empfehlen. An dieses Schema mit vier Klassen (< 10 cm, 10 – 30 cm, 30 – 50 cm, > 50 cm) und farblichen Abstufungen in Blau sind auch die Starkregengefahrenkarten der Stadt Köln angelehnt. Zur weiteren Information ist es empfehlenswert, Hintergrundinformationen mit Erklärungen zum Vorgehen und den verwendeten Daten verfügbar zu machen, z.B. über einen Info-Button oder ein zusätzliches PDF-Dokument.

Zusätzlich sollten spezielle Starkregengefahrenkarten für Rettungsdienste und den Katastrophenschutz erstellt werden. Diese sollten einen höheren Detailgrad aufweisen und über zusätzliche Informationen wie Fließgeschwindigkeit und -richtung (je nach Topographie) verfügen. Dieser Punkt wurde auch von zu zum Verhältnis von Starkregenrisikomanagement und Hochwasserrisikomanagement (Kap. 4) interviewten ExpertInnen angesprochen und ist für Fachanwender ebenfalls von Bedeutung.

Es sind nur wenige Starkregengefahrenkarten frei zugänglich, obwohl weitaus mehr Städte und Kommunen Karten erstellt haben. Dies weist darauf hin, dass bei den Verantwortlichen noch eine große Unsicherheit in Bezug auf die rechtlichen Konsequenzen der Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten besteht. Es ist unklar, ob und welche Verpflichtungen für die Kommunen damit verbunden wären. Weiterhin wird diskutiert ob eine Veröffentlichung in den Daten- und Persönlichkeitsschutz eingreift. Die BürgerInnen befürchten, dass sich der Marktwert ihres Eigentumes verringern könnte[26]. Dies wurde auch von den interviewten ExpertInnen angesprochen (Vgl. Kap. 4.3.5 Rechtliche Aspekte im Hinblick auf Gefahren- und Risikokarten).

In diesem Punkt besteht dringend Regelungsbedarf durch den Gesetzgeber. Die in einigen Städten und Kommunen schon geleistete Arbeit in der Starkregenvorsorge kann so auch für die Bevölkerung verständlicher und nutzbar gemacht werden. Durch eine einheitliche Erarbeitung und Darstellung der Starkregengefahrenkarten werden sie für die BürgerInnen und Anwender der verschiedenen Fachbereiche verständlich und ein notwendiges Hilfsmittel im Starkregenrisikomanagement.

[25] Pressemitteilung des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland Pfalz (22.02.2018).

[26] Kölner Stadt-Anzeiger (02.03.2018).

3.3 Multifunktionale Flächennutzung

Die multifunktionale Nutzung von Flächen an sich ist weder etwas gänzlich Neues noch notwendigerweise etwas besonders Innovatives. Viele Flächen haben mehrere Funktionen: eine öffentliche Grünanlage z.B. kann neben der Erholung der Anwohner auch als Habitat für Tiere in der Stadt dienen und zu einem angenehmeren Mikroklima beitragen.

Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Urbanisierung und der damit einhergehenden steigenden Flächenkonkurrenz kommt der multifunktionalen Nutzung urbaner Flächen für die Starkregenvorsorge eine besondere Bedeutung zu (Deister et al. 2016). Multifunktional nutzbare Flächen können einen wichtigen Beitrag zur urbanen Überflutungsvorsorge leisten: v.a. durch Rückhalt von Wasser in der Fläche, durch Versickerung und durch Ableitung von Regenwasser. Hierfür können sich Freiflächen, Verkehrsflächen oder Flächen auf Gebäuden eignen.

Dieses Kapitel stellt im ersten Abschnitt die Vorzüge der multifunktionalen Flächennutzung dar, um dann in der Folge Umsetzungsbeispiele auf verschiedenen Flächen aufzuführen. Anschließend gehen die Autoren auf Barrieren bei der Umsetzung solcher Maßnahme ein und stellen darauf aufbauend Handlungsempfehlungen vor.

In der Fachliteratur und auch in der Planungspraxis gibt es keine einheitliche Terminologie zur Bezeichnung multifunktionaler Flächen. Die in Deutschland gängigen Begrifflichkeiten sind:

- multicodierte Flächen (Becker 2014)
- Mehrfachbelegung von Flächen (verwendet im Projekt „RISA – RegenInfraStrukturAnpassung“)
- mehrdimensionale Flächen (verwendet in: Stokman et al. 2013 „ExWoSt – Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“)
- multifunktionale Flächennutzung (verwendet im Projekt „KlimaNet – Wassersensible Stadtentwicklung: Netzwerk für eine nachhaltige Anpassung der regionalen Siedlungswasserwirtschaft an Klimatrends und Extremwetter“ und in „DynAKlim – Dynamische Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandes in der Emscher-Lippe-Region (Ruhrgebiet)“) (vgl. Übersicht Scheid und Benden 2016).

Da aus Sicht der Autoren der Begriff der Multifunktionalität am illustrativsten für das Konzept ist, wird im Folgenden stets von multifunktionaler Flächennutzung gesprochen. Bei diesen Flächen können zwei Arten von Multifunktionalität unterschieden werden:

- Multifunktional im Sinne einer vorrübergehenden Nutzung, die den vorrangigen Nutzungszweck einschränkt .Dies kann etwa eine Verkehrsfläche sein, die auch als Retentionsfläche genutzt werden kann, dann allerdings nicht mehr befahrbar ist.
- Multifunktional im Sinne einer zeitlich parallelen Nutzung, die den vorrangigen Nutzungszweck nicht einschränkt. Hierunter fällt etwa ein Spielplatz, der auch für den Rückhalt von Regenwasser genutzt wird und bei bzw. nach Starkniederschlage trotzdem – vielleicht auch in anderer Form – als Spielplatz genutzt werden kann.

Der vorliegende Bericht behandelt beide Arten der multifunktionalen Flächennutzung. Eng verbunden mit dieser Einteilung sind die zwei Arten multifunktionaler Flächen, die im Forschungsprojekt MURIEL (Multifunktionale Retentionsflächen, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt) ausgemacht werden: dort unterscheiden Benden et al. (2017, S. 12-13) zwischen Flächen , die als reiner Notrückhalt mit nur seltener Verwendung für die Starkregenvorsorge verwendet werden und solchen, die regelmäßig als Retentionsraum zum Einsatz kommen und häufig klassische Beispiele für dezentrale Regenwasserbewirtschaftung sind.

Schaut man auf die Motivationen für oder Vorteile von multifunktionaler Flächennutzung, finden sich in der Literatur viele Anhaltspunkte. Benden et al. (2017, S.11) haben im gerade genannten Projekt MURIEL folgende Punkte zusammengetragen:

- „Verbesserung des Überflutungsschutzes bei minimaler oder gänzlich ohne zusätzliche Inanspruchnahme von Siedlungsfläche (Auflösung von Flächenkonkurrenzen durch Kombination von Nutzungsansprüchen) […]
- Geringe bzw. minimale Kosten und Bündelung finanzieller Ressourcen
- Vermeidung eines wasserwirtschaftlich ineffizienten (und wirtschaftlich wie betrieblich sinnlosen) Ausbaus der unterirdischen Entwässerungsinfrastruktur
- leichte Berücksichtigung bei Neuplanungen und Grundsanierungen […]
- hohes Synergiepotenzial mit anderen Maßnahmen der Klimafolgenanpassung (z. B. zur Hitzeminderung oder Verbesserung der Luftqualität)
- hohes Potenzial zur (gestalterischen oder ökologischen) Aufwertung einer Fläche“

Vor dem Hintergrund der Anpassung an den Klimawandel kommt der multifunktionalen Flächennutzung eine besondere Bedeutung zu: Die Art, der Umfang und das zeitliche Auftreten der räumlichen Auswirkungen des Klimawandels sind mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Dies kann den Umgang mit diesen Veränderungen erschweren, da die Gefahr der Fehlanpassung besteht – etwa wenn relativ viele Ressourcen in das Anlegen von Regenrückhaltebecken investiert wurden, sommerliche Starkniederschläge dann allerdings weniger stark zunehmen als ursprünglich angenommen. Während nicht benötigte Regenrückhaltebecken in diesem Fall wenig Mehrwert liefern, bieten multifunktionale Flächen per definitionem auch einen Mehrwert, wenn eine Nutzungsart nicht mehr oder weniger stark benötigt wird. Dies kann auf eine neu gestaltete Grünfläche zutreffen, die als Retentionsfläche angelegt worden war, die aber auch in Abwesenheit zunehmender Starkregenereignisse zur Aufenthaltsqualität beiträgt. Im Jargon der Anpassungs-Literatur spricht man dann von no- oder low-regret-Maßnahmen, die einen Mehrwert auch unabhängig vom Eintreten bestimmter Klimafolgen liefern (vgl. BMVBS 2013, Hoppe et al. 2013, Deister et al. 2016).

Trotz der besonderen Bedeutung multifunktionaler Flächen vor dem Hintergrund sich verändernder klimatischer Bedingungen, sieht Benden (2014) in Deutschland einen Mangel an umgesetzten Pilotprojekten.

3.3.1 Umsetzungsbeispiele

In Rahmen von AP3 wurden mittels einer Internetrecherche Beispiele für multifunktionale Flächennutzung recherchiert. Es wurde eine Google-Stichwortsuche durchgeführt, außerdem erfolgte ein Screening einschlägiger Literatur. Der Fokus der Recherche lag dabei auf besonders innovativen Beispielen der multifunktionalen Flächennutzung. Nachdem die Umsetzung innovativer Projekte in Deutschland noch am Anfang steht, wurde die Recherche auch auf andere europäische Länder ausgeweitet. Dieser Eindruck wird punktuell ergänzt durch weitere Projekte, z.B. aus den USA. Die Ergebnisse der Recherche stellen kein vollständiges Bild des Stands der multifunktionalen Flächennutzung dar, sondern sind nur als Auflistung verschiedenster Beispiele zu sehen. Die Liste soll zeigen, wie vielfältig die Möglichkeiten der multifunktionalen Flächennutzung sind und welche Flächen dafür grundsätzlich in Frage kommen. Es konnten nur Projekte in der Liste berücksichtigt werden, über die im Internet Informationen vorlagen (z.B. Hinweise auf Webseiten, Online-Zeitungsartikel, Hinweise in Forschungsberichten). Eine weitere Schwierigkeit bei der Identifikation von Beispielen lag darin, dass nicht alle betreffenden Flächen auch als „multifunktional“ bezeichnet werden und somit durch das Suchraster fielen.

Auf Basis der recherchierten Beispiele lassen sich grob zwei Arten von Flächen unterscheiden, die multifunktional genutzt werden können: Freiflächen und Verkehrsflächen.

Ergänzend zu den hier aufgelisteten Beispielen ist anzumerken, dass es sich hierbei zwar um innovative Beispiele handelt, diese aber nicht unbedingt hochskaliert werden können. In der Masse sind auch Maßnahmen wie Gründächer wichtig, welche zwar für sich betrachtet weniger Regen aufnehmen und speichern können als ein Wasserplatz oder ein Park, sich allerdings besser in die Breite hochskalieren lassen.

3.3.1.1 Freiflächen

Art der Fläche	Ort	Stand	Vorrangige Nutzung	Funktionsweise bei Starkregen
Grünfläche	D – Köln, Porz-Eil	geplant	Die Wiese im Kölner Stadtteil Porz-Eil wird einmal im Jahr für die Veranstaltung eines Schützenfestes genutzt, ansonsten zur Naherholung. Die Fläche grenzt an drei Seiten an Straßen, an einer Seite an Wohnbebauung.	Durch eine Anpassung der Bodenmodellierung soll die Fläche künftig noch besser als Retentionsfläche genutzt werden können. Die Zuleitung des Wassers von der Straße auf die Wiese soll über drei Doppeleinläufe und ggf. eine Straßeneinengung erfolgen: ein Einlauf für „normale“ Regenereignisse (Leitung zum vorhandenen Mischwasserkanal), zwei Einläufe für Starkregenereignisse (dieses Wasser soll dann auf die Wiese geleitet werden) (StEB Köln 2016a).
Grünfläche	D – Wesseling, Thelen‘s Wiese	geplant	Öffentliche Grünfläche; fünf verschiedene Becken 1. Becken (versiegelt): Basketballfeld, Skatepark, Minigolfplatz, 2. und 3. Becken (begrünt): Spiel- und Liegewiese, 4. und 5. Becken (grün): Landschaftsschutzgebiet, Obst- und Pferdewiese	Die geplante Umgestaltung sieht ein System aus fünf Becken vor: das erste Becken dient als große Retentionsfläche (versiegelt). Wenn dieses voll ist, werden der Reihe nach die anderen Becken (Grünflächen, unversiegelt) genutzt, welche jeweils durch einen Überlauf miteinander verbunden sind. Insgesamt ist ein Fassungsvermögen von ca. 6.800 m^3 geplant. Während das stärker verschmutze Mischwasser aus Becken 1 nach Abklingen eines Extremereignisses wieder der Kanalisation zugeführt werden muss, kann das Wasser der restlichen „grünen“ Becken versickern (Stadt Wesseling 2017).
Grünfläche	D - Hamburg, Stadtteil Volksdorf, Ohlendorff s Park	umgesetzt	Öffentlicher Parkanlage	Im Zuge einer bereits geplanter Erschließungs- und Umbaumaßnahme der an den Park angrenzenden Fläche, wurde ein Wasserweg gebaut, über welchen im Starkregenfall überschüssiges Wasser in den Park fließen kann. Dort wird es in einer natürlichen Mulde zwischengespeichert und versickert. Im Zuge des Baus des Regenwasserwegs wurde auch eine neue Weganbindung zum Park für die Anwohner geschaffen (Hamburg Wasser 2018).
Grünfläche	DK – Kopenhagen, Enghavepar	geplant	Park, Aufenthaltsfläche, Skatefläche, Basketballplatz	Im Starkregenfall wird Wasser in die tieferliegenden Flächen des Parks geleitet und dort vorrübergehend zurückgehalten. Es gibt verschiedene „Retentionsflächen“ die nacheinander genutzt werden können, im Extremfall kann der Park bis zu 26.000 m^3 Wasser zurückhalten. Das Projekt ist Teil des „Copenhagen Cloudburst Masterplan“

Art der Fläche	Ort	Stand	Vorrangige Nutzung	Funktionsweise bei Starkregen
	ken			(COWI 2017).
Öffentlicher Platz	D – Köln	geplant	Quartiersplatz als Aufenthaltsort für die Bevölkerung.	Der nicht näher benannte Quartiersplatz in Köln soll im Starkregenfall als temporäre Retentionsfläche dienen. Dabei soll Regenwasser in die abgesenkten Bereiche des Platzes geleitet werden. Dort wird es temporär zurückgehalten, bevor es in den angrenzenden Grünflächen versickern kann (StEB Köln 2016a).
Öffentlicher Platz	NL – Rotterdam, Benthemplein	umgesetzt	Öffentlicher Platz, Aufenthaltsort, Sportfläche	Im Starkregenfall wird in tieferliegenden Bereichen des Platzes Regenwasser gesammelt und zwischengespeichert (3 Becken mit Einstauhöhen bis 2 m). Dabei wird das Wasser über große Edelstahlrinnen transportiert, welche sonst von Skatern genutzt werden können. Darüber hinaus gibt es eine Wasserwand und einen Regenbrunnen, auch über diese Elemente wird Wasser transportiert. Der Regenbrunnen leitet zum Beispiel Regenwasser des benachbarten Gebäudes auf den Platz. Nach dem Niederschlagsereignis wird das Wasser über eine unterirdische Filteranlage ins Grundwasser versickert (De Urbanisten 2013).
Öffentlicher Platz	NL – Rotterdam, Bellamyplein	umgesetzt	Quartiersplatz, Spielplatz	Im Zuge des Umbaus des gesamten Quartierplatzes wurde die Mitte des Platzes in einen „Wasserplatz“ umgebaut. Auf dem hauptsächlich grünen Platz wurde eine tieferliegende, versiegelte Fläche geschafften auf der Regenwasser aufgefangen und zurückgehalten werden kann. Die Regenrohre der umliegenden Gebäude wurden von der Kanalisation getrennt, nun fließt das Wasser bei starkem Regen auf die Straße und wird in die Becken des Wasserplatzes geleitet. Bei Hitze können die Becken auch gezielt geflutet werden, so dass eine Spielmöglichkeit für Kinder entsteht. Die Speicherkapazität beträgt 864 m^3 (Water Sensitive Rotterdam 2017).
Öffentlicher Platz	NL – Tiel	umgesetzt	Öffentlicher Platz, Aufenthaltsort, Sportfläche	Der 2016 neu gestaltete Platz wurden mit vielen unterschiedliche Höhenstufen angelegt. So entstanden eine Reihe kleiner Becken und Rinnen in denen bei Regen Wasser abgeleitet und zwischengespeichert werden kann. In einem Regengarten und auf durchlässigen Oberflächen kann sogar Wasser versickern. Die Mitte des Platzes wird als Sportfläche genutzt und dient im Starkregenfall als größtes Retentionsbecken. Dieses Becken wird nur bei extremen Regenfällen geflutet (De Urbanisten 2016).
Öffentlicher Platz	USA – Normal,	umgesetzt	Aufenthaltsort, öffentlicher Platz	Bei der hier neu gestalteten Fläche handelt es sich eigentlich um einen großen Kreisverkehr inmitten der mittelgroßen US-Amerikanischen Stadt Normal. Im

Art der Fläche	Ort	Stand	Vorrangige Nutzung	Funktionsweise bei Starkregen
	Illinois			Starkregenfall wird Regenwasser von den umliegenden Straßen auf den Platz geleitet, dort unterirdisch gesammelt und gefiltert (UV Filter, Vegetationsfilter). Das aufbereitete Wasser wird für verschiedene Zwecke genutzt, u.a. um nahegelegene Straßen bei Hitze zu besprühen, aber auch um die Aufenthaltsqualität auf dem Platz zu erhöhen. So wurden kreisförmig verschieden hohe Becken angelegt, in denen Kinder spielen und Anwohner sich an heißen Tagen abkühlen können (Hoerr Schaudt 2018).
Spielplatz	D – Hamburg, Neugraben-Fischbek	umgesetzt	Spielplatz (vorrangige Nutzung bleibt bei Starkregenereignis erhalten)	Der Spielplatz wurde so konzipiert, dass im Starkregenfall überschüssiges Wasser aus den vorhandenen Sielen und Dachwasser angrenzender Wohnhäuser zum Spielen genutzt werden kann. Mit Hilfe einer ins Siel eingebauten Drossel wird das Wasser kontrolliert in ein Klinker-Bachbett eingeleitet (Einstauhöhe maximal 30 cm), welches einen Überlauf an ein angrenzendes Brunnenschutzgebiet hat. Der Regenwasserspielplatz entstand im Rahmen des Projektes „RISA – RegenwasserInfraStrukturAnpassung“. Ergänzend zu den Spielgeräten wurden Schautafeln aufgestellt, die den Kreislauf des Wassers darstellen (Behörde für Umwelt und Energie Hamburg 2013).
Sportplatz	DK – Kopenhagen, Sports Center Gladaxe	umgesetzt	Tennisplatz, Skateplatz	Die Sportanlage ist so aufgebaut, dass im Starkregenfall Wasser in einer Reihe von Becken und Kanälen aufgefangen werden kann. Der Tennisplatz ist beispielsweise so gebaut, dass er im Starkregenfall als großes Rückhaltebecken dient; auch die Skaterinne dient bei Extremereignissen zur Zwischenspeicherung von Regenwasser (Water Plus 2017).

3.3.1.2 Verkehrsflächen

Art der Fläche	Ort	Stand	Vorrangige Nutzung	Funktionsweise bei Starkregen
Straße	D – Köln, Deutz-Mühlheimer Straße	geplant	Straße	Beim Umbau der Mühlheimer Straße sollen anstelle einer üblichen Straßenbepflanzung Straßenbäume mit so genannte „Stromwater treepits“ angelegt werden. Also Baumgruben, in denen im Starkregenfall unterirdisch Wasser gespeichert werden kann. Im Starkregenfall soll das auf den Gehwegen anfallende Wasser in diese Pflanzengruben geleitet werden. Das stärker verschmutze Wasser

Art der Fläche	Ort	Stand	Vorrangige Nutzung	Funktionsweise bei Starkregen
				der Fahrbahn wird im Normalfall in das Kanalnetz eingeleitet, bei extremen Starkregenereignissen zusätzlich grob vorgereinigt und dann auch auf die Pflanzengruben verteilt. Bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen kann außerdem Wasser über die Fahrbahn auf nahegelegene Retentionsflächen und von dort in den Rhein geleitet werden (StEB Köln 2016a).
Straße	DK – Kopenhagen, Helenevej	umgesetzt	Straße	Hier kann der vorrangige Nutzen (Straße/Transportweg) auch während eines Starkregenereignisses aufrechterhalten werden. Der Asphalt wurde durch Bodenplatten / Fliesen ersetzt. Durch die Zwischenräume zwischen diesen Platten gelangt das Regenwasser unter die Fahrbahn wo ein 40 cm hohes Kiesreservoir angelegt wurde. Im Fall eines extremen Niederschlagsereignisses, kann Wasser in diesem Reservoir zurückgehalten werden, bevor es versickert (State of Green 2015).
Parkplatz	D – Syke	umgesetzt	Parkplatz	Der Parkplatz auf einer zentralen Fläche im Zentrum von Syke wurde bereits nur unter der Voraussetzung genehmigt, dass die Fläche als Notentwässerungsfläche genutzt werden kann. Der Parkplatz ist so konzipiert, dass der Pegel selbst bei starken Niederschlägen nur sehr langsam steigt, und so die dort geparkten PKWs rechtzeitig entfernt werden können. Der Parkplatz dient dann als kurzzeitige Retentionsfläche (BMVBS 2013)

3.3.2 Barrieren und Lösungsvorschläge

Die Mehrfachnutzung von Flächen zur Starkregenvorsorge bringt auch einige Herausforderungen mit sich. In den von den Autoren durchgeführten Interviews mit Akteuren aus der Kommunalverwaltung bezeichneten die Gesprächspartner die folgenden Barrieren als besonders relevant:

- Die Klärung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten innerhalb der Verwaltung ist häufig zeitaufwändig, wenn die Fläche Funktionen haben soll, für die jeweils unterschiedliche Verwaltungseinheiten zuständig sind.
- Damit verbunden ist die Frage der Finanzierung für das Anlegen und den Unterhalt der Fläche, deren Klärung bei neuen multifunktionalen auch häufig viel Zeit in Anspruch nimmt.
- Hygiene und Gesundheit spielen eine große Rolle, da oberflächig abfließendes Wasser oft verschmutzt ist. Hier können Gutachten vor dem Anlegen der Fläche notwendig sein, um Gefährdungen vorab zu bestimmen. Auch können laufende Kosten entstehen, wenn die Fläche nach einem Starkregen gesäubert werden muss.
- Die Vorgabe der Barrierefreiheit stellt eine Herausforderung dar, da Prinzipien des barrierefreien Bauens oft im Widerspruch zu denen der Überflutungsvorsorge stehen. Will man öffentliche Flächen als multifunktionale Flächen zur Retention von Regenwasser umbauen, so sind Schwellen und Barrieren häufig wichtig und der einfachste Weg, um Wasser zu leiten und zurückzuhalten; Barrierefreies Bauen sollte allerdings auf genau diese Elemente verzichten.
- Bei der Nutzung von Verkehrsflächen zum Wasserrückhalt muss in jedem Fall die Verkehrssicherheit gewährleistet sein, auch dies kann eine Barriere für die Ausweitung multifunktionaler Flächen darstellen. Ähnliches gilt für die Sicherheit für Kinder auf Spielplätzen, auf denen sich Wasser bis zu einer bestimmten Höhe aufstaut.
- Bei der Nutzung von Grünflächen spielt auch der Naturschutz eine große Rolle. So muss bei der Flutung von Grünanlagen beispielsweise darauf geachtet werden, dass der Wurzelraum nicht zu feucht wird, da dies schädliche Folgen für die Bäume und Pflanzen haben kann.

Im Folgenden wird, auch unter Rückgriff auf die wenigen einschlägigen Quellen in Deutschland zu diesem Thema, näher auf hier oben genannten Barrieren und mögliche Lösungsvorschläge eingegangen.

3.3.2.1 Zuständigkeiten und Finanzierung

Um interne Auseinandersetzungen in Kommunalverwaltungen zu Zuständigkeits- und Finanzierungsfragen möglichst zu vermeiden, ist es hilfreich, wenn die Verwaltungsspitze und die Kommunalpolitik betonen, dass eine multifunktionale Flächennutzung und die damit verbundenen Kooperation notwendig und gewünscht sind. Da bei der Planung und Instandhaltung multifunktionaler Flächen häufig eine ämterübergreifende Zusammenarbeit notwendig ist, sollten integrierte Planungsmethoden entwickelt werden, welche „gesamtstädtische und teilräumliche Überflutungskonzepte […] mit den verschiedenen Planungsebenen der Stadt-, Verkehrs- und Landschaftsplanung verzahnen“ (Deister et al. 2016, S. 3). Ziel sollte sein, „die Herangehensweisen, Instrumente, Modell und Planungswerkzeug der beteiligten Fachdisziplinen aufeinander abzustimmen“ (ebd., S. 3). Hilfreich für diese Zusammenarbeit ist u.a. die Bereitstellung eines fachübergreifenden Budgets zur Deckung der Mehrkosten bei der Herstellung und beim Betrieb der Fläche (Benden 2014b). Dabei sollte bereits während der Planung auch an Betrieb und Instandhaltung gedacht werden. Eine zentrale Ansprechperson für das Vorhaben kann dabei hilfreich sein. Auch ein mehrjähriges Monitoring ist empfehlenswert, um einen Überblick über tatsächliche Kosten, Einsparungen, Aufnahmemengen etc. zu erhalten und Prozesse zu optimieren.

3.3.2.2 Sicherheit und Verkehrssicherheit

Wichtig bei der Nutzung von Verkehrsflächen als multifunktionale Retentionsflächen ist die Sicherstellung der Verkehrssicherheit. Benden et al. (2017, S. 26) betonen, dass bei der Konzeptentwicklung multifunktionaler Flächen beachtet werden muss, „dass durch die temporäre Inanspruchnahme einer Fläche als Retentionsraum keine neue Gefahrenquelle [wie z.B. Unfallgefahr, Ertrinkungsgefahr] geschaffen wird." Ein Gutachten (Nisipeanu 2015) weist darauf hin, dass das Gefährdungspotenzial der Fläche für den Nutzer erkennbar sein muss. Benden et al. (2017, S. 26) halten in einer Arbeitshilfe folgende Anforderungen an multifunktionale Retentionsflächen fest: Es sollte eine „Orts- und nutzungsspezifische Abschätzung und Bewertung der Einstautiefe und Zulaufgeschwindigkeit in Bezug auf ihre Gefährdung" (ebd., S. 26) vorgenommen werden. Zudem ist gegebenenfalls eine „Beschilderung zur Warnung vor temporären Beeinträchtigungen durch den Rückhalt von Regenwasser bzw. Hinweise auf ungewohnte bauliche Gegebenheiten" (ebd., S. 26) sinnvoll. Darüber hinaus sollte eine „sachgemäße Unterhaltung und regelmäßige Kontrolle der Fläche (inklusive der Zu- und Ablaufsysteme)" (ebd., S. 26) erfolgen.

Die Arbeitshilfe gibt auch Hinweise zur empfohlenen maximalen Einstautiefe, welche mit Blick auf die Flächennutzung und die sich damit ergebende Gefährdung gewählt werden sollte:

- „≤ 20 cm bei Parkplätzen und Straßen (unter Berücksichtigung der üblichen Hochborde, Bodenfreiheiten und Wattiefen von Fahrzeugen)
- ≤ 40 cm bei Spielplätzen (entsprechend DIN 18034 – Spielplätze und Freiräume zum Spielen – Anforderungen für Planung, Bau und Betrieb)
- ≤ 50 cm bei Flächen ohne tiefengegliedertes Längsprofil oder Flächen mit steilen Böschungen
- > 50 cm bei erkennbaren Retentionsflächen mit entsprechenden Hinweisen und hoher sozialer Kontrolle" (Benden et al. 2017, S. 29).

3.3.2.3 Barrierefreiheit

Unter anderem vor dem Hintergrund des demographischen Wandels nehmen Barrierefreiheit und Inklusion bei Planung und Gestaltung öffentlicher Verkehrs- und Freiflächen bereits einen hohen Stellenwert ein. Allerdings können hier, wie bereits erwähnt, Konflikte mit einer multifunktionalen Flächennutzung entstehen, vor allem hinsichtlich der Gestaltung von Höhenunterschieden und dem Einsatz von Borden (vgl. Benden et al. 2017). Deshalb sind bei der Konzeption und Planung multifunktionaler Retentionsflächen (nach Benden et al. 2017) verschiedene Aspekte zu beachten:

- barrierefreie Zugänge bzw. Querungsmöglichkeiten sicherstellen,
- Bordkanten erkennbar machen und
- rutschfeste Oberflächenmaterialien verwenden.

Allerdings muss auch konstatiert werden, dass bei konkurrierenden Nutzungsansprüchen Barrierefreiheit und angestrebter Überflutungsschutz lassen sich nicht immer in Einklang bringen. Hier muss dann eventuell eine Abwägung zwischen beiden Zielen vorgenommen werden.

3.3.2.4 Hygiene und Gesundheit

In Siedlungsgebieten oberflächig abfließendes Wasser weist meist gewisse chemische und mikrobielle Belastung auf. So kann in einem multifunktionalen Retentionsraum zwischengespeichertes Wasser bei intensivem direkten Kontakt zu Durchfallerkrankungen o.ä. führen (Benden et al. 2017, S.36). Als präventive Maßnahmen werden empfohlen:

- „Während der Überflutung direkten Kontakt mit Mischwasser durch Absperrmaßnahmen vermeiden; zutrittsbefugtes Personal schulen und aufklären.

- Weitgehend unbefestigte Retentionsflächen sind bis zur Wiedereröffnung 4-6 Wochen zu sperren, damit die Konzentration pathogener Mikroorganismen in Boden und Vegetation wieder unkritisch ist.
- Befestigte Flächen sind nach dem temporären Rückhalt fachgerecht zu reinigen.“ (Benden et al. 2017, S. 37)

Hier ist zu beachten, dass für die Reinigung oder auch Wiederherstellung von Flächen nach der temporären Nutzung als Retentionsflächen in der Regel zusätzliche personelle und bzw. oder finanzielle Ressourcen nötig sind. Dies kann für viele Kommunen eine Barriere darstellen, insbesondere wenn es um Grünflächen geht, da Grünflächenämter durch geringe Mittelausstattung und eine Vielzahl von Aufgaben oft relativ wenig Spielraum haben, um zusätzliche Aufgaben zu übernehmen. Ein Weg, um diese Barriere zu adressieren, sind Ausgleichszahlungen von den Organisationseinheiten, die von der multifunktionalen Fläche besonders profitieren (z.B. die Stadtentwässerung) an solche Einheiten, denen zusätzliche Kosten entstehen (z.B. an das Grünflächenamt). Hierfür bedarf es jedoch innovativer Regelungen im kommunalen Haushalt.

3.3.2.5 Umweltschutz

Bei der Auswahl von Flächen für eine mögliche multifunktionale Nutzung (Einstau, Versickerung, Ableitung von Regenwasser) müssen auch Umweltschutzaspekte beachtet werden. Hier stellen sich zwei zentrale Fragen: welchen ökologischen Wert hat die betroffene Fläche? Und wie empfindlich ist die betroffene Fläche gegenüber einem Einstau von Niederschlagswasser? (vgl. Benden et al. 2017). Die Frage der ökologischen Verträglichkeit stellt sich hauptsächlich bei nicht-versiegelten und mit Vegetation besetzten Flächen, wie Parks und Grünanlagen. Dabei sind jeweils für den Einzelfall eine Reihe von Fragen zu prüfen:

- „In welchem Maße ist mit einer Belastung des zufließenden Regenwassers zu rechnen?
- Wie empfindlich sind die vor Ort vorhandenen Schutzgüter (Böden, Vegetation, Grundwasser) gegenüber einem temporären Einstau?
- Kann die stoffliche Belastung durch konzeptionelle oder technische Maßnahmen reduziert werden (z. B. Ableitung des „first flush“)
- Wie hoch wären die (ökologischen) Wiederherstellungskosten nach Schäden durch den Rückhalt von Starkregenabflüssen?
- Wie wären die oben genannten Fragen zu beantworten, wenn die geplante Retentionsfläche nicht realisiert werden würde?“ (Benden et al. 2017, S. 30)

3.3.3 Überlegungen zu Potenzialen

Grundsätzlich eigenen sich viele Flächen für eine multifunktionale Nutzung im Rahmen der Starkregenvorsorge, etwa Grünflächen, Sportanlagen, Plätze, Hof- und Freiflächen, öffentliche Gebäude, Straßen oder Parkplätze. Ob eine bestimmte Fläche jedoch tatsächlich geeignet ist, hängt von vielen Faktoren ab, die in jedem Einzelfall geprüft und abgewogen werden müssen. Dabei geht es u.a. um folgende Fragen: Mit welchem Aufwand kann welche Wirkung erzielt werden? Was ist jeweils der vorrangige Nutzen der Fläche? Wie sind die topografischen Bedingungen, wie die Bodenverhältnisse? Welche Nutzungskonflikte können auftreten? All diese Fragen müssen jeweils für den Einzelfall betrachtet werden. Zwar ließen sich für einige Kommunen Daten zum Anteil von Grünflächen oder Verkehrsflächen an der Gesamtfläche finden, ob diese Flächen jedoch potenziell nutzbar für die Starkregenvorsorge wären, ist in solch einer aggregierten Betrachtung nicht verlässlich zu bestimmen. Eine aussagekräftige und übergreifende Potenzialabschätzung für Deutschland scheint daher nicht möglich.

Für die Ergründung der Eignung einer bestimmten Fläche vor Ort schlägt die im MURIEL Projekt entwickelte Arbeitshilfe folgende Kriterien vor:

- „Topographie
- Überstau- und Überflutungsbereich (Lage, Ausdehnung und Volumen)
- Oberirdische und unterirdische Zufluss Situation“

(Benden et al. 2017, S.20)

Übergreifend lässt sich sagen, dass sich v.a. Flächen eignen, die durch Wasserrückhalt nicht oder nur wenig beschädigt werden (geringes Schadenspotenzial) bzw. die mit wenig Aufwand nach einem Starkregenereignis wieder in ihren Ausgangszustand versetzt werden können (niedrige Wiederherstellungskosten).

Während die deutschlandweiten Potenziale der multifunktionalen Flächennutzung für die Starkregenvorsorge schwer zu bestimmen sind, ist jedoch unbestritten, dass dieses Instrument auf kommunaler Ebene verstärkt zu nutzen ist: Eine Ausweitung der unterirdischen Abwasserinfrastruktur ist ökonomisch häufig nicht sinnvoll oder möglich. Bei starkem Niederschlag muss Regenwasser an der Oberfläche abgleitet und zurückgehalten werden. Angesichts der in vielen Städten zunehmenden Verdichtung und bestehender Flächenkonkurrenz ist es notwendig, die Flächen zur Starkregenvorsorge nicht nur für einen Zweck, sondern multifunktional zu nutzen.

Dabei bleibt jedoch zu berücksichtigen, so auch eine Schlussfolgerung aus dem Projekt MURIEL (vorgestellt bei einer Fachtagung im Februar 2018 in Hamburg), dass die multifunktionale Flächennutzung kein Allheilmittel ist, sondern nur ein Baustein von vielen (neben Objektschutz, klassischer Abwasserinfrastruktur etc.), um mit Starkregen umzugehen. Die Erfahrungen bei MURIEL und auch der Stadt Hamburg in diesem Bereich zeigten, dass die multifunktionale Flächennutzung bei günstigen Gelegenheitsfenstern einen wichtigen Mehrwert bietet. Ohne passende Gelegenheiten (günstige Topographie, anstehende Straßensanierung o.ä.) können die Kosten für das Anlegen einer multifunktionalen Fläche jedoch leicht ihren tatsächlichen Nutzen übersteigen.

3.4 Warnungen

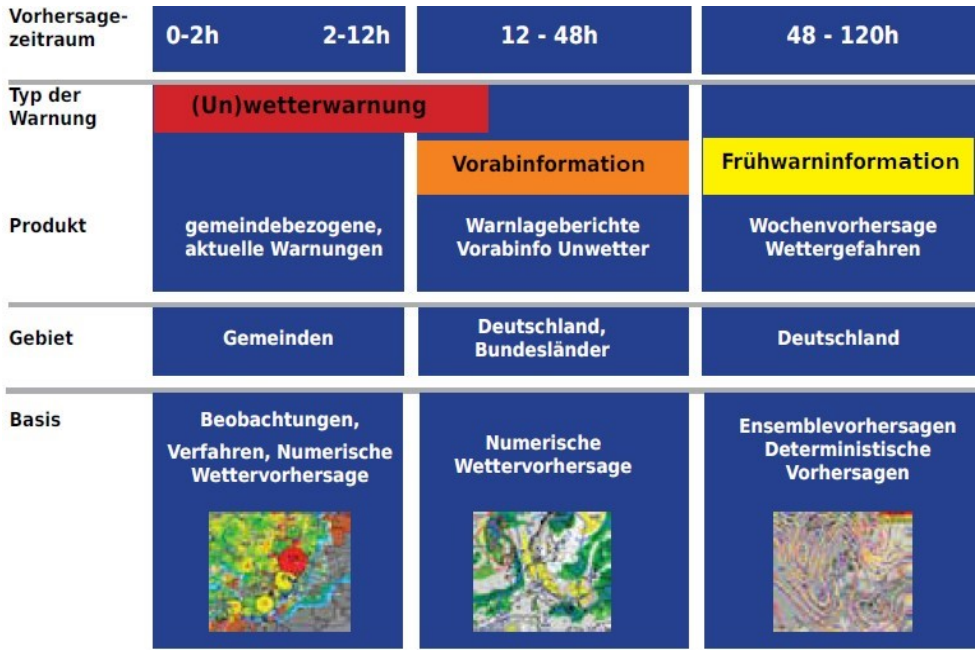
Bei rechtzeitiger Warnung vor einem Starkregenereignis können Katastrophenschutz oder Betroffene Maßnahmen ergreifen, um Schäden zu vermeiden oder zu verringern. Während bei Hochwasser an größeren Flüssen mittlerweile Vorwarnzeiten von mehreren Tagen erreicht werden können, beträgt die Vorwarnzeit bei konvektiven Ereignissen wie Starkregen oft nur wenige Stunden; manchmal bleibt die Warnung aus oder ist fehlerhaft. In diesem Kapitel soll der Stand der Warnung vor Starkregen zusammengefasst werden. Zudem werden anhand von konkreten Ereignissen der konkrete Warnprozess und die Reaktion der Betroffenen untersucht, um Empfehlungen für eine Verbesserung des Warnsystems abzuleiten.

3.4.1 Einführung: Unwetterwarnung in Deutschland

In Deutschland liegt die Verantwortung über die Ausgabe von Unwetterwarnungen beim Deutschen Wetterdient (DWD). Dessen Aufgabe ist es gemäß des Gesetzes über den DWD §4 Absatz 3 a und b „die Herausgabe amtlicher Warnungen über Wettererscheinungen, (a) die zu einer Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung führen können oder (b) die in Bezug zu drohenden Wetter- und Witterungsereignissen mit hohem Schadenspotenzial stehen“ (BGB, I, 2017, S. 2642). Der DWD ist ausschließlich für die Vorhersage und Warnung von meteorologischen Ereignissen, jedoch nicht für Warnungen von weitergehenden Ereignissen wie Flusshochwasser oder Sturmfluten autorisiert. Letzteres ist Aufgabe der Hochwasservorhersagezentralen der Bundesländer bzw. des Bundesamtes für Schifffahrt und Hydrographie (BSH) (Kratzsch, 2015, S. 15). Die Hochwasserzentralen bieten auf dem Länderübergreifenden Hochwasserportal www.hochwasserzentralen.de eine gebündelte Übersicht über aktuelle Hochwasserlagen in Deutschland (LUBW & LfU, 2015).

Die vom DWD ausgegebenen Unwetterwarnungen werden in einem dreistufigen Verfahren der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt (vgl. Abbildung 5). Die Veröffentlichung erfolgt über die Homepage des DWD, soziale Medien wie Twitter, YouTube und Facebook sowie weitere Kanäle wie Fax, SMS, E-Mail und der entgeltfreien Basisversion der Warnapp des DWD (DWD 2017a, S. 8). Für professionelle NutzerInnen hat der DWD zusätzlich das Feuerwehr-Wetter-Informations-System (FeWIS) entwickelt, welches für AkteurInnen aus dem Katastrophenschutz zur Verfügung steht. Das passwortgeschützte Portal enthält speziell zugeschnittene Informationen, um die Arbeit im Katastrophenschutz zu unterstützen (DWD, 2013, S. 2). Darüber hinaus gibt es einen Datenaustausch mit Hochwasservorhersagezentralen.

Abbildung 5: Das zeitlich dreistufige Warnmanagement des DWD, angefangen von Stufe 1 (48 -120 h vor dem Unwetterereignis) über Stufe 2 (12 bis 48 h) zu Stufe 3 (0-12 h)



Quelle: entnommen aus DWD 2017a, S. 13

Die erste Stufe ist die Wochenvorhersage Wettergefahren und wird 48 bis 120 Stunden vor einem möglichen Ereignis erstellt. Diese bezieht sich auf ganz Deutschland. mit großräumiger Unterteilung nach z.B. Bundesländern. Die Wochenvorhersage wird mithilfe von globalen Modellen, welche vom Mittelfristdienst des DWD ausgewertet werden, einmal am Tag erstellt. Das globale Modell des DWD (ICON) ist eines von vierzehn globalen Modellen weltweit und misst kontinuierlich Parameter wie Lufttemperatur, Wind und in Bodennähe zusätzlich den Luftdruck. Da die Atmosphäre ein chaotisches System ist und die physikalischen Parameter der Wochenvorhersage noch unsicher sind, werden Ensemblemodellierungen mit den globalen Modellen durch das European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) erstellt. Unterschiede in den Ensemblemodellierungen gelten als Indikator für die Unsicherheit der Vorhersage: Mehrere Ausgangszustände mit minimalen Änderungen werden modelliert und je unterschiedlicher die modellierte Wetterentwicklungen sind, desto unsicherer ist die Vorhersage (DWD 2017a, 5). Sollten die Modellierungen Hinweise auf mögliche Wettergefahren aufzeigen, werden basierend auf Warnkriterien (vgl. Tabelle 1, Warnstufen basierend auf meteorologische Schwellenwerte bei Starkregen) erste Frühwarninformationen zu markanten Wetterereignissen oder Unwetterereignisses herausgegeben, welche einmal am Tag erstellt werden und ggf. mehrmals aktualisiert werden. Durch die lange Vorlaufzeit sind die physikalische Parameter nicht konkret, und es wird mit verbalen Wahrscheinlichkeitsaussagen auf mögliche Ereignisse hingewiesen (möglich, wahrscheinlich, sehr wahrscheinlich) (Kratzsch, 2015, S. 11).

Die Stufe 2 des Warnmanagementsystems des DWD besteht aus Warnlageberichten und der „Vorabinformation Unwetter“ (vgl. Abbildung 5). Diese werden dann veröffentlicht, sobald im weiteren zeitlichen Verlauf die Ensemble- und regionalen Modelle wie dem COSMO-EPS Auffälligkeiten im Hinblick auf Wettergefahren zeigen. Die Warnlageberichte werden bereits für die einzelnen Regionen und Bundesländer durch die jeweiligen Regionalzentren erstellt, jedoch sind für Landkreis- und Gemeindewarnungen die weiteren Entwicklungen der möglichen Wettergefahren noch zu ungenau. Im Bereich Katastrophenschutz sind die betreffenden Innenministerien der Bundesländer und AkteurInnen wie das Technische Hilfswerk (THW) und die Feuerwehren über ein mögliches Unwetter informiert. Diese Warnlageberichte werden fünfmal am Tag herausgegeben und informieren so über den aktuellsten Stand der Wettergefahren (DWD 2017a, 10f.).

In Stufe 3 (vgl. Tabelle 5) werden die veröffentlichten Warnungen stetig aktualisiert. Die Modellierung erfolgt durch COSMO-DE mit einer verbesserten räumlichen Auflösung von 7x7 km auf 2,8 x 2,8 km. Dadurch können seit Sommer 2016 gemeindebezogene Warnungen herausgegeben werden, d. h. die Warnungen sind zielgerichteter als großräumigere Landkreiswarnungen. Zudem bezieht das Modell COSMO-DE auch Konvektion mit ein, d. h. es können größere Gewittersysteme simuliert werden. Zusätzlich werden neue Verfahren aus dem Now-Casting-Bereich genutzt, d. h. es werden unterschiedliche Quellen vor allem aus dem Radarbereich zusammengefasst und statistisch ausgewertet. Das sind Satellitendaten, Modelldaten, verschiedene Radarauswertungen, die mit einem statistischen Verfahren verknüpft werden und so Vorhersagen bis zu einer maximal zwei Stunden liefern (Interview mit DWD, 18.08.2017). Die Radarprodukte KONRAD und RADOLAN erfassen den Niederschlag mithilfe der 17 Wetterradarstationen des DWD in ganz Deutschland lückenlos und erlauben Einschätzungen über die Zugbahn der unwetterträchtigen Systeme. Dies unterstützt vor allem die Arbeit des Katastrophenschutzes (DWD 2017a, 15f.).

Tabelle 5: Warnstufen basierend auf meteorologische Schwellenwerte bei Starkregen

Schwellenwerte von Niederschlägen bei Starkregenereignisse

Warnstufe	Niederschlag
Warnung vor markantem Wetter (Stufe 2)	15-25 mm in 1 Stunde 20 - 35 mm in 6 Stunden
Unwetterwarnung (Stufe 3)	> 25 mm in 1 Stunde > 35 mm in 6 Stunden
Extremes Unwetter (Stufe 4)	> 40 mm in 1 Stunde > 60 mm in 6 Stunden

Quelle: In Anlehnung an DWD 2016a.

Unerlässlich für eine gute Vorsorge sind Warnungen, die möglichst exakt das warnwürdige Ereignis in Bezug auf die physikalischen Parameter und die räumliche Verortung vorhersagen sowie der Erhalt und das Verständnis der Warnungen durch die Bevölkerung. Um dies zu untersuchen, wurden sechs Starkregenereignisse von 2005 bis 2017 in Deutschland auf folgende Aspekte untersucht:

1. Vorhergesagte und gemessene Niederschläge
2. Häufigkeit der Warnungen und die Eingrenzung der betroffenen Gebiete
3. Vorwarnzeit

Zudem wurden Betroffenenbefragungen ausgewertet, um zu untersuchen, inwieweit die Warnungen bei der Bevölkerung angekommen sind und zu Schutzmaßnahmen geführt haben.

3.4.2 Auswertung von Warnungen bei Starkregenereignissen

Es werden die Warnungen von folgenden Starkregenereignissen untersucht: Lohmar 2005, Osnabrück 2010, Münster 2014, Simbach 2016, Braunsbach 2016 und Berlin 2017. Als Datengrundlage wurde das Wetterwarnungsarchiv und -aboservice mit den archivierten Warnungen des DWD aus den Jahren 2009 bis 2017 verwendet (Klein, 2009-2016). Es wurden die Warnungen, mit den ersten Hinweisen auf das jeweilige Ereignis zusammengestellt und hinsichtlich der vorhergesagten Niederschläge, der Anzahl der Warnungen, der Verortung sowie der Vorwarnzeit untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in nachfolgender Tabelle 6 zusammengefasst. Tabelle 16 (s. Anhang 7.3) zeigt detailliert die veröffentlichten Warnungen des DWD und die Aspekte der Warnungen.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen der Warnungen (Klein 2009-2016) im Hinblick auf folgenden Aspekte: Niederschläge, Anzahl der Warnungen, geographische Eingrenzung, Warnstufe, Vorwarnzeit.

Starkregen ereignis	Vorhergesagte und gemessene Niederschläge	Anzahl der Warnungen und Aufhebungen von Warnungen	Geographische Eingrenzung	Höchste Warnstufe und Anzahl	Vorwarnzeit
Lohmar, 29.06.2005	Nicht vergleichbar	6 (Castro, 2008)	Örtlich	n.a.	0 – 2 h
Osnabrück, 26.08.2010	Tageswert am 26.08.2010: Vorhergesagt: ~60 mm Gemessen: 128,1 mm	14 davon 2 Aufhebungen	Landkreis	Stufe 4: 1	0 – 2 h
Münster, 28.07.2014	28.07.2014: Vorhergesagt: 20:01 – 21:00 Uhr: ~ 35 mm 21:00 – 22:00 Uhr: 15 - 25 mm Gemessen an der DWD Station 20:01 – 21:00 Uhr: 9,9 mm 21:00 – 22:00 Uhr: 9,9 mm Station Hauptkläranlage 17:00 – 24:00 Uhr: 292 mm 19:45 – 21:20 Uhr 220 mm (Stadt Münster, 2014)	26 davon 4 Aufhebungen	Landkreis	Stufe 3: 4	0 – 2 h davon Warnbeginn vor Meldezeitpunkt: 1
Braunsbach, 29.05.2016	Nicht vergleichbar, nächstgelegene Messstation befindet sich ca. 10 km nordöstlich von Braunsbach Abschätzung nach Bronstert et al., 2017: 18:45 – 20:00 Uhr: knapp 100 mm	7 davon 2 Aufhebungen	Landkreis	Stufe 3: 2	0 – 2 h
Simbach, 01.06.2016	Nicht vergleichbar, fehlerhafte Messungen	10 davon 3	Landkreis	Stufe 3: 4	0 – 2 h

Starkregen ereignis	Vorhergesagte und gemessene Niederschläge	Anzahl der Warnungen und Aufhebungen von Warnungen	Geographische Eingrenzung	Höchste Warnstufe und Anzahl	Vorwarnzeit
		Aufhebungen			
Berlin, 29.06.2017	Nicht vergleichbar, fehlerhafte Messungen	17 davon 5 Aufhebungen	Landkreis	Stufe 4: 2	0 – 2 h

3.4.2.1 Vorhergesagte und gemessene Niederschläge

Der Vergleich der vorhergesagten und gemessenen Niederschläge soll aufzeigen, inwieweit die Vorhersagen bezüglich Niederschläge und Warnstufen eingetroffen sind.

Die vorhergesagten Niederschläge in den Warnungen werden zu einem großen Teil mit qualitativen Zeitrahmen, wie „in kurzer Zeit“ (vgl. Simbach, 01.06.2016) oder „innerhalb weniger Stunden, lokal auch mehr“ (vgl. Braunsbach, 29.05.2016) beschrieben. Des Weiteren wird die Dauer der Niederschläge mit drei Stunden (vgl. Lohmar, 29.06.2005), zwölf Stunden (vgl. Osnabrück, 26.08.2010), drei bis sechs (neun) Stunden (vgl. Berlin, 29.06.2017) angegeben oder sind ohne Zeitangabe dargestellt. Hier ist es unklar, ob sich diese Niederschläge auf den Gültigkeitszeitraum der Warnungen beziehen, welcher zwischen einer Stunde bis 48 Stunden angesiedelt ist. Da Starkregenereignisse kleinräumig und lokal auftreten können, ist es nicht immer möglich, die realen Niederschläge mithilfe von meteorologischen Stationen zu erfassen (Becker et al., 2016, S. 1). So befindet sich die Messstation Langenburg-Atzenrod ca. zehn Kilometer nordöstlich von Braunsbach und stellt zudem keine Stunden-, sondern lediglich Tageswerte bereit (Bronstert et al., 2017, S. 153). Zudem traten bei einigen Messstationen fehlerhafte Messungen auf; so z.B. bei den Ereignissen von Simbach am 01.06.2016 und Berlin am 29.06.2017. Die Gründe für die fehlerhaften Messungen sind nicht bekannt. Dies hat zur Folge, dass die Niederschläge bei Starkregenereignissen nicht oder ungenau erfasst werden und die vorhergesagten Niederschläge und die gemessenen Niederschläge nicht adäquat verglichen werden können.

Eine Ausnahme bildet das Ereignis Osnabrück, 28.08.2010. Hier können die vorhergesagten und gemessenen Niederschläge am 26.08.2010 miteinander verglichen werden. Es wurden ~60 mm vorhergesagt, gemessen wurden jedoch 128,1 mm. Eine weitere Ausnahme ist das Ereignis Münster, 28.07.2014. Im Zeitraum 28.07.2014, 20:01 bis 21:00 Uhr und 21:00 bis 22:00 Uhr wurden Niederschläge von ~ 35 mm/h und 15 - 25 mm/h vorhergesagt. Gemessen wurde durch die Station des DWD (Stations ID: 01766) jeweils 9,9 mm, während in dem Bericht zum Unwetter am 28.07.2014 der Stadt Münster Niederschläge von 220 mm in dem Zeitraum 19:45 bis 21:20 Uhr festgehalten sind (Stadt Münster, 2014, S. 4). Diese Angaben veranschaulichen eine große Diskrepanz zwischen den vorhergesagten und gemessenen Niederschlägen, wobei in beiden Fällen geringere Niederschläge vorhergesagt worden sind. Die Diskrepanz der Messung der Station des DWD (Stations ID: 01766) zu den Niederschläge, die in der Literatur beschrieben werden, lässt sich auf die Verortung der Station im Westen von Münster zurückführen, während die Starkregenfront von Südosten nach Nordwesten über das Stadtgebiet zog.

In den Warnungen werden die vorhergesagten Niederschläge in Bereiche wie z.B. 10 bis 20 mm/h (Lohmar, 29.05.2005, vgl. Tabelle 16 Anhang 7.3) eingeteilt. Dieser Bereich entspricht grob den

Schwellenwerten der Warnstufen des DWD, jedoch enthalten die Warnstufen zusätzlich den Zeitfaktor „in einer Stunde“ bzw. „in sechs Stunden“ (vgl. Warnstufen basierend auf meteorologische Schwellenwerte bei Starkregen Tabelle 5), welcher in den Warnungen nicht gegeben ist. Es kann nicht nachvollzogen werden, wie die Warnstufen der vorliegenden Warnungen bestimmt worden ist. Schlussendlich kann daher nicht mit aller Bestimmtheit gesagt werden, ob die Warnstufe eingetroffen ist oder nicht.

3.4.2.2 Häufigkeit der Warnungen und die Eingrenzung der betroffenen Gebiete

Ein zusätzlicher Aspekt von Warnungen ist der räumliche Bezug. Seit dem Sommer 2016 können Gemeindewarnungen rausgegeben werden, welche dem Katastrophenschutz sowie der Bevölkerung eine bessere räumliche Verortung des Ereignisses bereitstellt als die großräumigeren Landkreiswarnungen, welche bis dato ausgesprochen wurden (Interview mit DWD, 18.08.2017). In den hier aufgeführten Starkregenereignissen ab 2016 (vgl. Berlin, 29.06.2017) wurden allerdings ausschließlich Landkreiswarnungen ausgesprochen. Dies verdeutlicht die Schwierigkeit, Starkregen lokal vorherzusagen.

Die Anzahl der Warnungen bei jeweils einem Starkregenereignis liegt zwischen sechs (Lohmar, 29.06.2005) und 26 (Münster, 28.07.2014), wobei vier Warnungen aufgehoben worden sind. Der Grund für die Aufhebung von Warnungen in den aufgezeigten Starkregenereignissen lässt sich nicht mit absoluter Sicherheit sagen, es kann jedoch vermutet werden, dass dies auf Änderungen der physikalischen Parameter beruht. Es ist also vielmehr von einer Aktualisierung der Warnungen zu reden als von einer Aufhebung der Warnung vor einer Gefahr.

Vor den Starkregenereignisse von Braunsbach, 29.05.2016 (7 Warnungen, 2 Aufhebungen) und Simbach, 01.06.2016 (10 Warnungen, 3 Aufhebungen) wurden mit vergleichsweise wenigen Warnungen mehrheitlich ohne Niederschlagsvorhersage gewarnt. Dies verdeutlicht, dass es schwierig ist, konvektive Starkregenereignisse vorherzusagen.

3.4.2.3 Vorwarnzeit

Eine wichtige Größe ist die Vornwarnzeit (vgl. Abbildung 5); Ziel ist es Bevölkerung und Katastrophenschutz mit so viel Vorlaufzeit zu warnen, damit ausreichend Zeit bleibt, um schadensmindernde Maßnahmen zu treffen. Ein Vergleich des Meldezeitpunkts und der Beginn der Gültigkeit der Warnung zeigt, mit welcher Vorwarnzeit die Warnungen veröffentlicht wurden und welches Zeitfenster zu Vorsorgemaßnahmen zur Verfügung stand. Die Warnungen mit der Warnstufe drei oder vier zu den Starkregenereignissen wurden weniger als zwei Stunden vor den jeweiligen Ereignissen veröffentlicht (vgl. Tabelle 6). Mit dieser Vorwarnzeit ist die Zeit für schadensmindernde Maßnahmen sehr kurz.

3.4.2.4 Betroffenenbefragungen

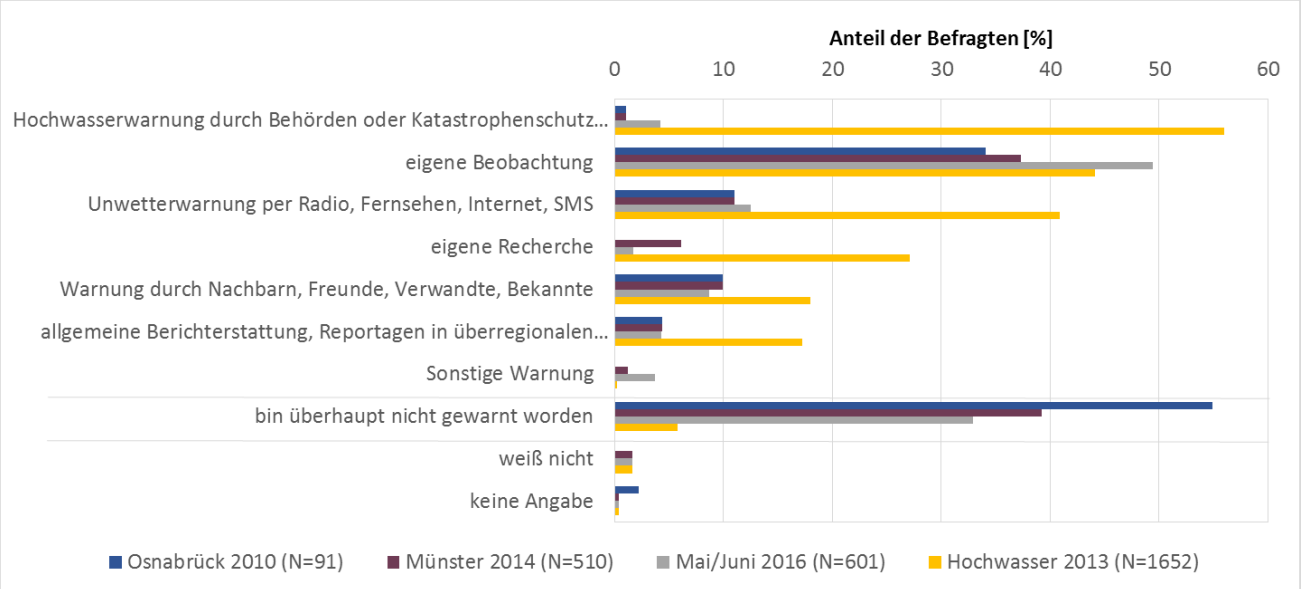
Warnungen sind letztlich nur dann richtig erfolgreich, wenn sie zur Schadensminderung führen. Daher wurden nach den Starkregenereignissen in Osnabrück 2010, Münster 2014 und im Mai/Juni 2016 betroffene Haushalte nach Schäden und schadensbeeinflussenden Faktoren wie Frühwarnung und Notmaßnahmen befragt. Diese Daten werden im Folgenden mit Angaben zu Warnung und Reaktion von Privathaushalten, die im Juni 2013 von Flusshochwasser betroffen waren, verglichen (vgl. Thieken et al. 2016; Kreibich et al. 2017). Ähnliche Daten wurden zu den Starkregenereignissen in Lohmar und Hersbruck 2005 erhoben (Rözer et al. 2016).

Den Privathaushalten wurde in den Befragungen die Frage gestellt: „ Wie sind Sie darauf aufmerksam geworden, dass das Starkregenereignis (bzw. 2013: die Überflutungsgefahr) für Sie akut werden würde?“ Die Angaben der Interviewten (Abbildung 6) zeigen, dass die Warnung (inkl. Evakuierungsaufrufen) durch Feuerwehr, Polizei oder andere Behörden sowie die Unwetterwarnung

bei Flusshochwasser eine sehr große Rolle spielen, d.h. über 40% der Befragten wurden 2013 so gewarnt, während bei den drei untersuchten Starkregen nur ca. 11 bis 12% der Befragten durch Unwetterwarnungen erreicht wurden. Mit ca. 10% sind bei Starkregen Warnungen durch Freunde, Familie oder Verwandte ebenso wichtig. Deutlich wichtiger ist allerdings die eigene Beobachtung des Wettergeschehens mit 34 bis fast 50% (vgl. Abbildung 6).

Deutlich zu erkennen sind auch die Unterschiede des Anteils derjenigen, die gar nicht gewarnt wurden: Während dies beim Flusshochwasser 2013 nur noch ca. 6% der Befragten angaben, lag dieser Anteil 2010 in Osnabrück bei über 50%, in Münster bei ca. 40% und im Mai/Juni 2016 bei ca. 33% (vgl. Abbildung 6). Obwohl in den letzten Jahren die Warnungen vor konvektiven Ereignissen offensichtlich deutlich verbessert werden konnten – in Lohmar und Hersbruck im Juni 2005 hatten noch 77 % der befragten Haushalte angegeben, keine Warnung erhalten zu haben (vgl. Rözer et al., 2016), sind deutliche Diskrepanzen zur Hochwasserwarnung festzustellen. Die Ergebnisse illustrieren auch die Schwierigkeit, die Warnungen an die betroffenen Haushalte zu übermitteln, wobei hier insbesondere bei Starkregen zusätzlich die Herausforderung von einer kurzen Vorwarnzeit und erschwerter geographischen Verortung besteht. Zusätzlich kann eine Unsicherheit bezüglich des Eintreffens des vorhergesagten Ereignisses entstehen, sollten Nutzergruppen regelmäßig Warnungen erhalten, welche nicht (immer) eintreffen (Fehlalarme) (Pardowitz, Kox, Goeber & Bütow, 2015, S. 626). Dabei können auch Lücken in der Kommunikationskette dazu führen, dass Warnungen nicht erhalten werden (Interview mit DWD, 18.08.2017, Interview mit Feuerwehr, 10.08.2017). Des Weiteren beeinflusst die Verbalisierung von Warnungen deren Verständlichkeit, da Warnungen schwammig und unspezifisch formuliert sein und verschiedene Nutzergruppen dieselbe Warnung unterschiedlich auffassen können (Pardowitz et al., 2015, 625 f.; Kox, Gerhold & Ulbrich, 2015, S. 299). Hier könnte eine Kombination von standardisierten numerischen und verbalen Informationen verschiedenen Nutzergruppen gleichermaßen gerecht werden (Pardowitz et al., 2015, S. 633; Kox et al., 2015, S. 300). Zudem sollten weitere interdisziplinäre Untersuchungen durchgeführt werden, um verschiedene Erwartungshaltungen unterschiedlicher Nutzergruppen zu identifizieren zu können. So besteht die Möglichkeit Warnungen effektiv zu verbessern und heterogenen Gruppen die Möglichkeit zu geben, Warnungen bestmöglich auf die eigenen Ansprüche zuzuschneiden (Kox & Thieken, 2017, S. 311; Kox et al., 2015, S. 300).

Abbildung 6: Angaben von betroffenen Privathaushalten, wie sie auf das Ereignis aufmerksam wurden (Mehrfachantworten möglich).

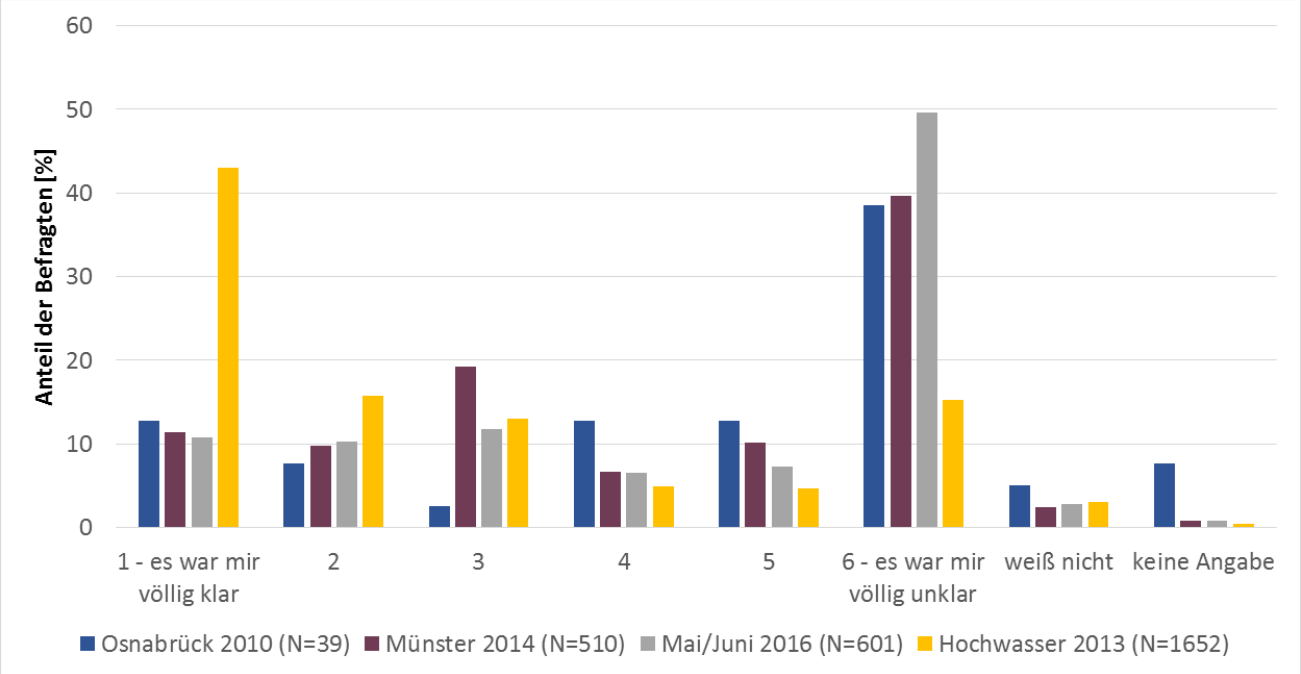


Datenquelle: "Starkregen und Sturzfluten Mai/Juni 2016: Schäden von Privathaushalten", Befragung durch Universität Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum und Deutsche Rückversicherung AG, 2017

Die mangelnde Kenntnis aufgrund der Warnung bzw. Warninformation, sich und sein Eigentum vor dem Schadensereignis zu schützen, ist für Flusshochwasser und Starkregen sehr unterschiedlich ausgeprägt (vgl. Abbildung 7): Betroffene vom Flusshochwasser 2013 gaben zu mehr als 40% an, dass ihnen völlig klar war, wie sie sich schützen können, während nur ca. 11 bis 13% der Betroffenen von Starkregen diese Aussage trafen. 40 bis 50% war völlig unklar, was bei Starkregen zu tun ist. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer besseren Risikokommunikation.

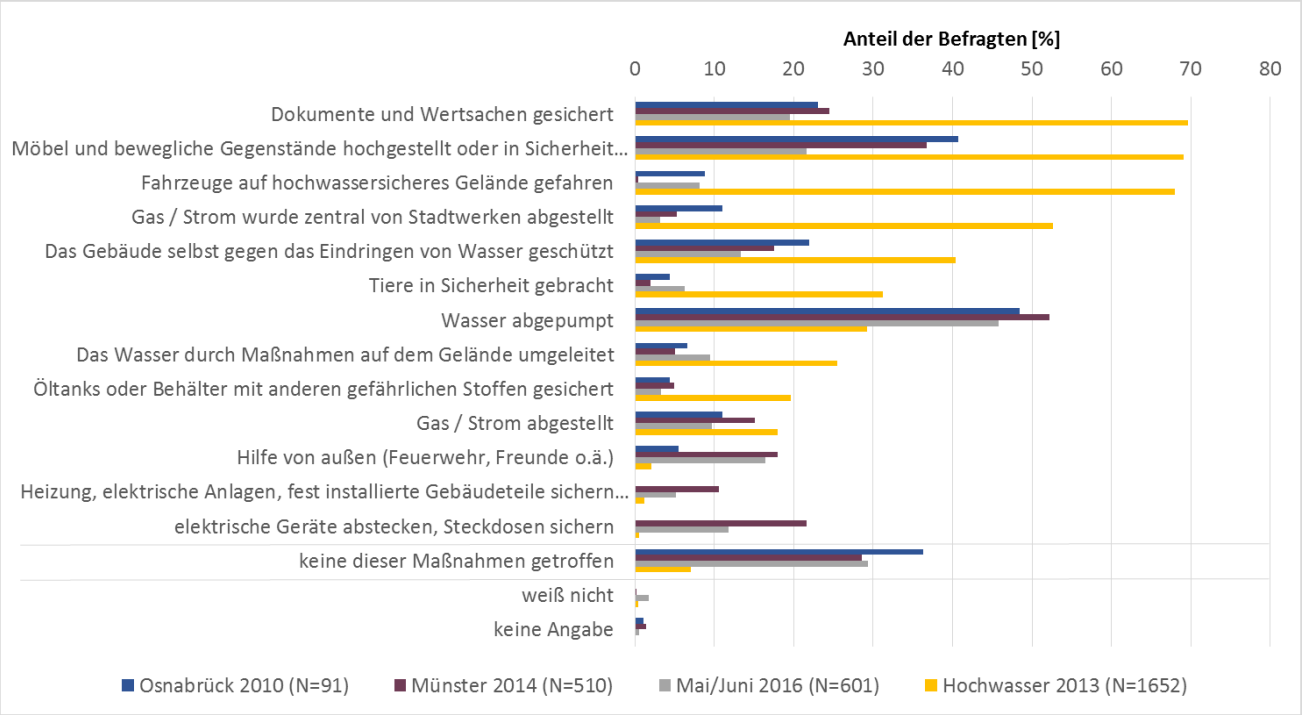
Als weitere Folge fallen auch die Notmaßnahmen kurz vor dem Ereignis bzw. während des Ereignisses sehr unterschiedlich aus: Während nur 7% der befragten Betroffenen vom Hochwasser 2013 angaben, keine Maßnahmen ergriffen zu haben, steigt dieser Prozentsatz auf 29 bis 36% bei den untersuchten Starkregenereignissen (vgl. Abbildung 8). Auch die Art der Maßnahmen unterscheidet sich: Die häufigste Notmaßnahme bei Starkregen war das Abpumpen von Wasser, gefolgt von den Maßnahmen „Möbel und bewegliche Gegenstände hochstellen oder in Sicherheit bringen“, „Dokumente und Wertsachen sichern“ und „das Gebäude selbst gegen das Eindringen von Wasser schützen“, die bei Flusshochwasser deutlich häufiger durchgeführt werden. Auffällig ist weiterhin, dass bei Starkregen häufiger Hilfe von außen (z.B. die Feuerwehr) gerufen wird.

Abbildung 7: Antworten von betroffenen Haushalten auf die Frage, ob sie wussten, wie sie sich und ihren Haushalt vor Starkregen (2013: vor Hochwasser) schützen können



Hinweis: (Betroffenen in Osnabrück wurde diese Frage nur gestellt, wenn sie eine behördliche Warnung erhalten hatten). Datenquelle: "Starkregen und Sturzfluten Mai/Juni 2016: Schäden von Privathaushalten", Befragung durch Universität Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum und Deutsche Rückversicherung AG, 2017

Abbildung 8: Angaben der Befragten zu durchgeführten Notmaßnahmen zur Schadensminderung



Hinweis: halboffene Frage, Mehrfachantworten möglich; Datenquelle: "Starkregen und Sturzfluten Mai/Juni 2016: Schäden von Privathaushalten", Befragung durch Universität Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum und Deutsche Rückversicherung AG, 2017

3.4.3 Fazit

Die Untersuchung zeigt, dass es weiterhin schwierig ist, Starkregenereignisse hinsichtlich der Vorwarnzeit, der geographischen Verortung und der zu erwartenden Niederschläge adäquat vorherzusagen. Umso wichtiger ist eine technische und inhaltliche Weiterentwicklung der Vorhersagemodelle. Darüber hinaus ist die Kommunikation zwischen Vorhersagedienst einerseits und Katastrophenschutz und Bevölkerung andererseits weiter zu verbessern. Insbesondere die allgemeine Bevölkerung scheint zurzeit unvorbereitet auf Starkregen zu sein. Daher sollte die Selbsthilfefähigkeit und Eigenvorsorge der Bevölkerung durch die Verknüpfung von Warnungen zu konkreten Verhaltenshinweisen vor, während und nach einem Ereignis gestärkt werden. Damit sichergestellt werden kann, dass die Warnungen die Bevölkerung und den Katastrophenschutz nicht nur zuverlässig erreichen, sondern auch verstanden werden, sollten weitere Studien zum Verständnis von Warnungen und Vorsorge-/Verhaltenshinweisen durchgeführt werden.

Ein anderer Ansatz bestünde in einem Zwei-Wege-Warnsystem. Im derzeitigen Warnsystem ist der Ansatz, dass der DWD als verantwortliche Behörde eine Warnung veröffentlicht. Jedoch können Starkregenereignisse nicht immer erfasst werden, da diese zum Teil sehr kleinräumig und lokal auftreten. Hier könnten Plattformen geschaffen werden, auf denen aktuell unmittelbar betroffene Bürgerinnen und Bürger oder entsprechend Verantwortliche den DWD und/oder die Bevölkerung auf das Ereignis in einem Bottom-Up-Ansatz hinweisen bzw. warnen. So könnten der Katastrophenschutz und die Bevölkerung sich schneller auf das Ereignis einstellen und entsprechende Maßnahmen treffen.

3.5 Weitere Kommunikationsinstrumente

3.5.1 Arten von Kommunikationsinstrumenten

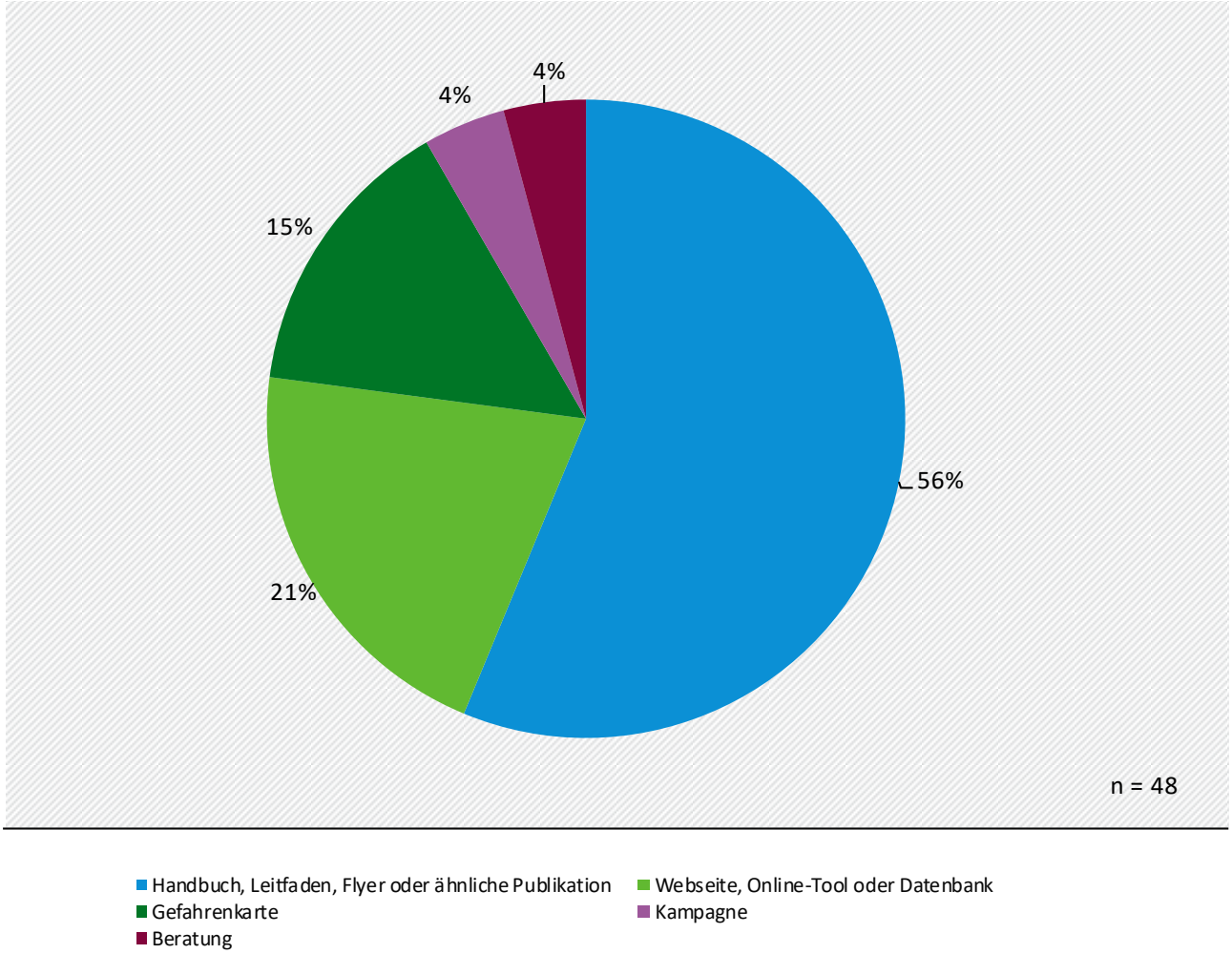
Bei der Analyse (s. dazu auch Kapitel 3.1.1) wurden verschiedene Arten von Kommunikationsinstrumenten identifiziert. Dabei lässt sich die Vielzahl an Instrumenten in folgende Kategorien einteilen:

- Handbuch, Leitfaden, Flyer oder ähnliche Produkte
- Kampagne
- Beratung
- Gefahrenkarte
- Webseite, Online-Tool oder Datenbank

Insgesamt wurden 48 von 99 recherchierten Maßnahmen/Instrumenten als Kommunikationsinstrument klassifiziert. Dabei fällt ein Großteil der Kommunikationsinstrumente in die Kategorie Handbuch, Leitfaden, Flyer oder ähnliche Publikation, zum Beispiel:

- „Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“ (LUBW 2016b)
- Handbuch „Die unterschätzen Risiken Starkregen und Sturzfluten“ des BBK (2015)
- Flyer des Wasser- und Abwasserverbands Elsterwerde „...wenn der Regen fällt. Leitfaden zur Starkregenvorsorge im Verbandsgebiet des Wasser- und Abwasserverbandes Elsterwerda.“ (WAV 2016).

Abbildung 9: Typen von Kommunikationsinstrumenten



Quelle: eigene Online-Recherche

3.5.1.1 Starkregengefahrenkarten

Insgesamt wurden sieben Gefahrenkarten recherchiert, allerdings ist besonders hier nochmal anzumerken, dass die Recherche keinen Anspruch auf Vollständigkeit hat. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die recherchierten Gefahrenkarten. In Kapitel 3.2 wurde bereits detailliert auf die einzelnen Karten und deren Gemeinsamkeiten und Unterschiede eingegangen.

Tabelle 7: Übersicht über recherchierte Starkregen-Gefahrenkarten

Gebiet	Beschreibung	Erstellt von
Einzugsgebiet der Glems (Ditzingen, Gerlingen, Hemmingen, Korntal-Münchingen, Leonberg,	Auf den Gefahrenkarten sind drei verschiedene Stärken von Niederschlagsereignissen und die damit verbundenen Gefährdungen dargestellt. Die Karten werden der Öffentlichkeit auf einer Internetplattform zur Verfügung gestellt. Die Karten zeigen potenziell vom Starkregenabfluss betroffene Flächen und beinhalten damit für Grundstücks- und Gebäudeeigentümer im	Ingenieurbüro Geomer GmbH

Gebiet	Beschreibung	Erstellt von
Markgröningen, Schwieberdingen, Stuttgart	Einzugsbereich wichtige Erkenntnisse und Informationen hinsichtlich Betroffenheit, etwaiger Risiken und möglicher Schutzmaßnahmen.	
Siegen	Analyse und Bestimmung von Überschwemmungsflächen für das Stadtgebiet im Falle von Starkregen und Abschätzung potenzieller monetärer Schäden an Gebäuden u. Infrastruktur im Rahmen des Projektes SiSSi (Simulation von Starkniederschlägen im Stadtgebiet Siegen)	Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu) Uni Siegen in Kooperation mit Entsorgungsbetrieb der Stadt Siegen
Hessen	Erstellung von Starkregen-Hinweiskarten (hessenweite Kartierung von Gebieten, die aufgrund ihrer Niederschlagsstatistik und bereits dokumentierter Katastrophenschutzeinsätze als besonders starkregengefährdet angesehen werden). sowie Erstellung von hochaufgelösten Starkregen-Gefahrenkarten auf kommunaler Ebene (Karten sollen Abflusswege, Abflusstiefen und Wasserstände visualisieren) für zwei Pilotkommunen	Hochschule RheinMain Wiesbaden, Leibnitz Universität Hannover, Infrastruktur und Umwelt Darmstadt
Unna	Erstellung einer Starkregengefahrenkarte für die Emscher-Lippe Region (um Unna) mit 3 Abstufungen: < 5cm, 5-50cm und 50-100cm innerhalb des Projektes Stark gegen Starkregen	Ingenieurbüro Geomer GmbH
Bochum, Essen, Herne	Berechnung von Starkregenüberflutungsereignissen für Bochum, Essen und Herne für verschiedene Szenarien (mit/ohne Anpassungsmaßnahmen). Karten basieren unter anderem auf Oberflächenmodell und wasserwirtschaftlicher Analyse.	RWTH Aachen, Ruhr Universität Bochum, Uni Duisburg Essen
Köln	Mittels Niederschlag-Abfluss-Modellen wurden Bereiche identifiziert in denen das Kanalnetz die zukünftig erwarteten Regenmengen nicht aufnehmen kann und daher mit Überschwemmungen zu rechnen ist. Darstellung in Kartenform.	Pecher AG, Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR, DWD
Delbrück, Ahden und Henglarn (NRW)	Innerhalb des Projektes „Untersuchung starkregengefährdeter Gebiete“ wurden Starkregen-Gefahrenkarten für die Pilotgemeinden Delbrück, Ahden und Henglarn erstellt. Diese zeigen jeweils die natürlichen Fließwege und Scheitelabflussmengen bei Bemessungshochwässern HQ 20, HQ 100 und HQ 200. Die Klassifizierung der Überflutungstiefen wurde an für Starkregenüberflutungen typische Wassertiefen angepasst.	Lichtweiß-Institut, TU Braunschweig

3.5.1.2 Handbücher, Leitfäden, Broschüren und Flyer

Diese Kategorie stellt den größten Anteil der recherchierten Kommunikationsinstrumente dar. Hier fällt auf, dass über zwei Drittel der Instrumente in den letzten drei Jahren (2015-2017) veröffentlicht wurden. Die Bandbreite reicht dabei vom einfachen Flyer bis zum umfangreichen Handbuch. Veröffentlicht wurden diese Produkte von Akteuren auf verschiedenen Ebenen: so gibt es Publikationen zum Thema Starkregenvorsorge von Institutionen auf Bundes- und Länderebene sowie

von Akteuren auf regionaler und kommunaler Ebene. Publikationen auf Bundesebene sind beispielsweise der Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA 2013), das Handbuch „Die unterschätzen Risiken Starkregen und Sturzfluten" des Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK 2015) oder die Arbeitshilfe „Starkregen und Sturzfluten in Städten" des Deutschen Städtetages (2015). Besonders erwähnenswert ist in dieser Kategorie der Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg[27], in dem eine einheitliche standardisierte Vorgehensweise für die Ermittlung von Gefahren und Risiken durch Starkregenereignisse sowie die Erstellung von Handlungskonzepten bereitgestellt werden. Bislang ist Baden-Württemberg das einzige Bundesland, welches hier eine einheitliche Vorgehensweise vorschlägt und dafür detaillierte Informationen zur Verfügung stellt.

3.5.1.3 Webseiten, Online-Tools und Datenbanken

In die Kategorie Webseiten, Online-Tools und Datenbanken fallen beispielsweise Warn-Apps, wie die Warn-App NINA des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) mit welcher Bürger wichtige Warnmeldungen des Bevölkerungsschutzes erhalten. Optional sind auch Wetterwarnungen des DWD und Hochwasserinformationen (auch Starkregen) in die Warn-App integriert. Auf starkregengefahr.de, einer Webseite des Projektes KliStaR Anpassung an den Klimawandel im Einzugsgebiet der Glems, können Bürgerinnen und Bürger in eine interaktive Karte bzw. Datenbank aufgetretene Schäden bzw. Vermeidungsmaßnahmen eintragen. Ziel ist, aus aufgetretenen Schäden zu lernen und von anderen Mitbürgern abzuschauen, was man gegen Starkregengefahren tun kann.[28] Ein weiteres Beispiel in dieser Kategorie ist der Hochwasser-Pass, ein Online-Tool zur Standortanalyse und Bewertung von bestehenden oder geplanten Immobilien in hochwasser- (und starkregen-) gefährdeten Gebieten.[29] Der Hochwasser-Pass ist eine Initiative des HochwasserKompetenzCentrum (HKC) e.V. Köln.

3.5.1.4 Kampagnen und Beratung

In den Kategorien Kampagnen und Beratung wurden jeweils nur wenige Beispiele für Maßnahmen und Instrumente gefunden. Kampagnen gibt es vor allem im Versicherungsbereich: beispielsweise die Elementarschadenkampagne des Umweltministeriums NRW in Zusammenarbeit mit dem Gesamtverband der Deutschen Versicherer (GDV) oder die Kampagne „Voraus Denken – Elementar Versichern" des bayerischen Wirtschaftsministeriums, ebenfalls in Zusammenarbeit mit dem GDV.

Auch in der Kategorie Beratung gibt es nur wenige Maßnahmen. An der Schnittstelle zur Kategorie Kampagne ist beispielsweise das HKC Infomobil zu nennen, ein mobiles Infozentrum des HochwasserKompetenzCentrum e.V. (HKC). Das HKC-Mobil dient unter anderem der Aufklärung und Sensibilisierung der Bevölkerung zu Themen wie Kanalrückstau, Grundhochwasser, Flusshochwasser und Starkregen. Weitere Beratung zum Thema Starkregen bietet das HKC außerdem zusätzlich zum bereits erwähnten Hochwasser-Pass. Neben der Nutzung des Online-Tools bietet das HKC eine persönliche Beratung vor Ort an.

3.5.2 Zielgruppen

Die recherchierten Kommunikationsinstrumente richten sich an eine Reihe von Zielgruppen. Folgende Zielgruppen von Kommunikationsinstrumenten konnten identifiziert werden:

---

27 Link zum Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg (2016): LUBW Baden Württemberg

28 Webseite starkregengefahr.de Starkregen Glems

29 Der Hochwasser-Pass: Hochwasserpass

- Haus- und Grundstückseigentümer
- Bürgerinnen und Bürger
- Katastrophenschutz
- Kommunalverwaltung
- Regionalplanung
- Architekten
- Wasserwirtschaft
- Land- und Forstwirtschaft
- Vereine

Dabei richten sich fast alle Instrumente an mindestens zwei oder mehr Zielgruppen. Oft ist die Zielgruppe der Instrumente für Außenstehende auch nicht eindeutig zu bestimmen.

Einige Instrumente richten sich gezielt an Haus- und Grundstückseigentümer, beispielsweise ein Video des BBK „Starkregen – wie man Gebäude davor schützt" oder die Broschüre „Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen. Ein Leitfaden für Hauseigentümer, Bauherren und Planer" (Hamburg Wasser und Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg 2012). Andere wiederum enthalten spezifische Informationen für Kommunen, zum Beispiel eine Webseite im Rahmen des Projekts *Stark gegen Starkregen* mit Präventionsmaßnahmen „Das können die Kommunen gegen die Folgen von Starkregen tun"[30] oder der Leitfaden „Starkregen. Was können Kommunen tun?"[31] des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz und des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.

Auch für spezifische Zielgruppen, wie die Land- und Forstwirtschaft konnten einige Informationsmaterialien identifiziert werden, beispielsweise ein Themenfaltblatt „Gefahr durch Starkregen – Auswirkungen und Gegenmaßnahmen – Empfehlungen für Kommunen, Landwirte und Bürger" des DWA Landesbands Sachsen-Thüringen[32] oder die Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zum Thema „Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten"[33].

3.5.3 Räumliche Verteilung

Um eine belastbarere Aussage zum räumlichen Ursprung von Kommunikationsinstrumenten treffen zu können, wurde eine zusätzliche Recherche durchgeführt. Hierfür wurden die Internetseiten der Landesumweltministerien sowie der jeweiligen nachgeordneten Behörden (Landesamt für Umwelt) via Menü- und Volltextsuche ausgewertet. Die Recherche zeigt, dass fast alle der 16 Landesministerien (inklusive nachgeordneter Behörden) Kommunikationsmaterialien zum Thema Starkregenvorsorge zur Verfügung stellen (siehe Tabelle 8). Keine Kommunikationsinstrumente gefunden werden konnten auf den Webseiten der Ministerien und nachgeordneten Behörden von: Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen.

Diese Auswertung lässt keine Rückschlüsse auf die Aktivitäten in den Kommunen der jeweiligen Bundesländer zu. Auch wenn auf Landesebene keine Kommunikationsinstrumente zum Thema Starkregenvorsorge verfügbar sind, ist es dennoch möglich, dass auf kleinräumigerer Ebene (zum Beispiel Landkreise / Kommunen) Kommunikationsmaßnahmen umgesetzt werden.

30 Webseite mit Präventionsmaßnahmen für Kommunen: Stark gegen Starkregen

31 Link zur Publikation: Baden Württemberg Starkregenbroschüre

32 Link zur Publikation: DWA Publikation

33 Link zur Publikation: LfL Bayern Starkregen

Tabelle 8: Kommunikationsinstrumente zur Starkregenvorsorge auf Landesebene

Land	Kommunikationsinstrument
Baden-Württemberg	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (2016): Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbH in Zusammenarbeit mit Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz (2012): Starkregen. Was können Kommunen tun?
Bayern	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2016): Hochwasser-Eigenvorsorge: Fit für den Ernstfall (Broschüre zu Hochwasser und Starkregen)
Berlin	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (2016): Stadtentwicklungsplan Klima; „Starkregen“ als eines von zwei Leitthemen.[Starkregen ist hier nur eines von zwei Leitthemen; Bei diesem Instrument handelt es sich um einen Plan, damit hat es einen anderen Charakter als die übrigen Einträge in der Liste]
Brandenburg	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (2015): Naturnaher Umgang mit Regenwasser – Leitfaden für Eigenheimbesitzer und Bauherren
Bremen	Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr (2014): Bremer Häuser im Klimawandel. Schutz vor Starkregen und Hitze.
Hamburg	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg Wasser, Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg (2012): Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen? Ein Leitfaden für Hauseigentümer, Bauherren und Planer
Hessen	Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. Fachzentrum Klimawandel Hessen (2016): Projektvorstellung KLIMPRAX-Starkregen. [Im KLIMPRAX-Projekt geht es zwar um Starkregen, aber nur am Rande um Kommunikation, deshalb hat dieser Eintrag einen anderen Charakter als die übrigen Einträge in dieser Liste].
Nordrhein-Westfalen	Ministerium für Bauen, Wohnungen, Stadtentwicklung und Verkehr und Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (2016): Konzept Starkregen NRW. [kein klassisches Kommunikationsinstrument, sondern Konzept mit strategischem Charakter].
Rheinland-Pfalz	WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbH in Zusammenarbeit mit Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz (2012): Starkregen. Was können Kommunen tun?
Saarland	Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2013): Schutz vor Naturgefahren. Informationen für Eigentümer und Mieter. Flyer in Zusammenarbeit mit Architektenkammer des Saarlandes, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.,

Land	Kommunikationsinstrument
	Ingenieurkammer Saarland, Verbraucherzentrale Saarland. Flyer/ Kampagne zu verschiedenen Naturgefahren, v.a. zu Elementarschadenversicherung (u.a. Starkregen). [Das Instrument behandelt Naturgefahren insgesamt, nicht nur Starkregen].
Sachsen	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: Hochwasser, Starkregen, Gewässerentwicklung. Praxisseminar für Kommunen (2016).
Sachsen-Anhalt	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie (2016): Starkregen und Sturzfluten. Was tun?
Schleswig-Holstein	Klimabündnis Kieler Bucht (): Schietwetter – na und? Extremwetterereignisse und wie Sie sich schützen können. Ein Leitfaden zur privaten Risikovorsorge; unter anderem in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Inneres und Bundesangelegenheiten des Landes SH. [Das Instrument behandelt Extremwetter insgesamt, nicht nur Starkregen]
Thüringen	Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (2015): Thüringen wappnet sich gegen Hochwasser und andere Naturgefahren. Flyer/Kampagne In Zusammenarbeit mit Architektenkammer Thüringen, Verbraucherzentrale Thüringen, Ingenieurkammer Thüringen und GDV. [Das Instrument behandelt auch Hochwasser und andere Naturgefahren, nicht nur Starkregen].

3.5.4 Empfehlungen zu Kommunikationsmaßnahmen

Die hier aufgelisteten Handlungsempfehlungen basieren auf der durchgeführten Online-Recherche zum Stand der Starkregenvorsorge in Deutschland sowie ergänzenden Interviews mit Vertretern verschiedener Kommunen.

Bei der online-Recherche konnten nur sehr wenige Beratungsmöglichkeiten für Haushalte mit explizitem Bezug zu Starkregenvorsorge gefunden werden. In den Interviews wurde jedoch klar, dass Bürgerinnen und Bürger sich auch ohne explizite Beratungsprogramme an die Kommunalverwaltung wenden und dort beraten werden. Mehr und offensivere Angebote zur persönlichen Beratung von Privatpersonen zur Starkregenvorsorge (nicht nur durch Vertreter von Kommunen) könnten dennoch dazu beitragen, das Vorsorgeniveau zu erhöhen.

Die Vielzahl und Bandbreite der verfügbaren Broschüren und Leitfäden zum Thema Starkregenvorsorge lässt den Schluss zu, dass die Veröffentlichung weiterer allgemeiner Publikationen zum Thema Starkregen keinen größeren Mehrwert schafft. Allerdings muss hier eine etwas differenziertere Betrachtung erfolgen. Weniger allgemeine, dafür praxisorientierte Leitfäden mit konkreten Vorlagen und Handlungsempfehlungen, wie der Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg, erscheinen weiterhin als eine sinnvolle Ergänzung des bestehenden Angebots. Zu empfehlen ist außerdem eine Bündelung hilfreicher Materialien an zentraler Stelle, so dass betroffene Akteure schnell und einfach Zugriff auf relevante Publikationen, Broschüren und Leitfäden erhalten.

Beispiele aus der Praxis zeigen außerdem, dass es für Kommunen sinnvoll ist, wenig aufwändige und leicht produzierbare Flyer zum Thema Starkregenvorsorge anzufertigen, in denen dann auf ausführlichere Handreichungen (zum Beispiel von der Bundesebene) verwiesen wird.

Durch die Erfahrungen aus dem Hochwasserrisikomanagement ist bekannt, dass die Visualisierung von Gefahren und Risiken (vorwiegend auf Karten) eine erfolgsversprechende und bewährte Möglichkeit ist, kommunale (politische) Entscheidungsträger zu sensibilisieren und zur Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung beizutragen. Die Erarbeitung von Starkregengefahren- und ggf. auch Starkregenrisikokarten auf kommunaler Ebene sollte daher intensiviert werden (s. auch Kapitel 3.2).

4 Synergien und Hemmnisse einer möglichen Integration von Starkregen in die Bearbeitung der europäischen Hochwasserrisikomanagementrichtlinie

4.1 Einführung

Mit der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie der EU (HWRM-RL) wurde 2007 ein einheitliches Vorgehen zur Minderung von Hochwasserrisiken auf europäischer Gemeinschaftsebene eingeführt, welches 2009 in Deutschland durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) umgesetzt wurde.

Die HWRM-RL sieht für alle Mitgliedsstaaten ein dreistufiges Verfahren vor. In der ersten Stufe wurden bis Dezember 2011 Gewässerabschnitte einer vorläufigen Bewertung unterzogen, um Gebiete mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko zu identifizieren. In der zweiten Stufe wurden bis Dezember 2013 für die identifizierten Gebiete Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten erstellt. In den Hochwassergefahrenkarten sind die Gebiete, „die bei Hochwasserereignissen mit niedriger, mittlerer (= HQ100) und soweit erforderlich mit hoher Wahrscheinlichkeit überflutet werden“ (§ 74 Abs. 2 WHG) (gemäß HWRM-RL Artikel 6 Absatz 3) dargestellt. Hochwasserrisikokarten zeigen mögliche nachteilige Folgen für festgelegte Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeit) auf. Im dritten Schritt wurden dann bis Dezember 2015 Hochwasserrisikomanagementpläne erarbeitet und an die EU gemeldet. Diese sollen verbindliche Ziele und Maßnahmen zur Verringerung des Hochwasserrisikos beinhalten. Für alle Schritte zur Umsetzung hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) Leitlinien entwickelt, um ein einheitliches Vorgehen in Deutschland zu erreichen (LAWA 2010; LAWA 2013). Diese werden für den zweiten Bearbeitungszyklus der HWRM-RL weiterentwickelt.

Die HWRM-RL (2007; Artikel 14,§ 73 Absatz 6 WHG) sieht eine Überprüfung der drei Bearbeitungsschritte im Zyklus von sechs Jahren vor. Nach Abschluss des ersten Zyklus Ende 2015 erfolgt im aktuellen zweiten Zyklus die erstmalige Überprüfung der vorläufige Bewertung (bis Dezember 2018), der Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten (bis Dezember 2019) und der Hochwasserrisikomanagementpläne (bis Dezember 2021) (LAWA 2017a; S. 5). Diese erneute Umsetzung wird im Folgenden zweiter Bearbeitungszyklus genannt. Danach werden die drei Bearbeitungsschritte alle sechs Jahre überprüft und erforderlichenfalls aktualisiert, um Änderungen z. B. durch den Klimawandel Rechnung tragen zu können. Der dritte Bearbeitungszyklus steht demnach ab 2021 an. Hiermit wurde erstmals ein innovatives Instrument eingeführt, welches die Anwendung des Risikomanagement-Zyklus aus Wiederherstellung nach Schadensereignissen, Überprüfung/ Risikoanalyse sowie Schutz, Vorsorge und Vermeidung nachteiliger Folgen für die festgelegten Schutzgüter ermöglicht.

Hochwasser werden in Artikel 2 (1) der Richtlinie definiert als „zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist. Diese umfasst Überflutungen durch Flüsse, Gebirgsbäche, zeitweise ausgesetzte Wasserströme im Mittelmeerraum sowie durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser; Überflutungen aus Abwassersystemen können ausgenommen werden.“ (§ 72 WHG gemäß HWRM-RL 2007 Artikel 2 Absatz 1). Der Schwerpunkt der HWRM-RL und des WHG liegt auf Fluss- und Küstenhochwassern. In den Erwägungsgründen zur HWRM –RL werden verschiedene Hochwasserarten mit unterschiedlichen Ursachen für die Überflutung genannt. Wobei Sturzfluten und „Hochwasser in Städten“ ursächlich durch Starkregenereignisse hervorgerufen werden und unabhängig vom Gewässer auftreten, d.h. pluviale Überflutungen sind grundsätzlich Bestandteil der HWRM-RL. Aufgrund der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit und der lokalen Begrenztheit des Hochwasserrisikos durch Starkregenereignisse wurde dieser Überflutungstyp (anders als Fluss- und Küstenhochwasser) im ersten Zyklus der Umsetzung der HWRM-RL in

Deutschland nicht systematisch berücksichtigt (Vgl. § 72 WHG). Auch die Mehrzahl der anderen Mitgliedsstaaten hat sich für dieses Vorgehen entschieden.

Für den zweiten Bearbeitungszyklus der HWRM-RL verständigten sich die Bundesländer darauf, dass Starkregen als generelles, nicht aber „signifikantes" Hochwasserrisiko bewertet wird. Zur Vorsorge und Minderung der Schäden werden Starkregenereignisse im zweiten Zyklus der Umsetzung der HWRM-RL in den Maßnahmen der Hochwasserrisikomanagementpläne berücksichtigt (LAWA 2017b; S. 2f.). Die Entwicklung einer Starkregenrisikomanagementstrategie in Anlehnung an die HWRM-RL durch die LAWA wurde in der 86. Umweltministerkonferenz beschlossen (UMK 2017; S. 64). Vor dem Hintergrund der bereits heute substanziellen Schäden durch Starkregenereignisse (GDV 2017b), und dem erwarteten Anstieg der Gefährdung aufgrund des Klimawandels, stellt sich die Frage, ob mittelfristig die Hochwasserart Überflutung durch Oberflächenabfluss bedingt durch Starkregen (pluviale Überflutung) in die systematische Umsetzung der HWRM-RL integriert werden sollte.

Ziel dieses Arbeitspaketes ist es aufzuzeigen, welche Hemmnisse und Synergien bei einer weitergehenden Integration des Starkregenrisikos in die Umsetzungsschritte der HWRM-RL (vorläufige Bewertung, Hochwassergefahren- und Risikokarten, Hochwasserrisikomanagementpläne) beziehungsweise des WHG bestehen. Dabei sollen sowohl fachliche als auch administrativ-institutionelle Aspekte berücksichtigt werden.

Zuerst wird das Vorgehen zur Erarbeitung der verwendeten Untersuchungsmatrix und des Interviewleitfadens dargestellt. Auch wird die Durchführung der ExpertInneninterviews erläutert. Anschließend werden die Definition und die Ergebnisse zur Übertragbarkeit des Vorgehens bei der HWRM-RL bei Flusshochwasser auf Starkregenereignisse dargestellt. Dies erfolgt anhand der drei Bearbeitungsschritte und der weiterführenden Fragen zur Verbesserung des Starkregenrisikomanagements in Deutschland. Es folgt die Diskussion zur LAWA-Definition von Starkregen sowie zu den Synergien und Hemmnissen der Bearbeitungsschritte. Im Arbeitspaket werden Empfehlungen entwickelt, die ggf. im dritten Bearbeitungszyklus berücksichtigt werden könnten.

4.2 Methodisches Vorgehen

Im ersten Schritt wurde eine Untersuchungsmatrix erstellt, in der eine Operationalisierung sowie eine erste Bewertung von Synergien und Hemmnissen bei einer möglichen Integration von Starkregen in die HWRM-RL vorgenommen wurde. Im Weiteren wurde diese Untersuchungsmatrix in telefonischen Gesprächen (angelehnt an leitfadengestützte Interviews) mit ausgewählten ExpertInnen im Detail diskutiert. Die Kommentare wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet und führten bei starkem Dissens zu einer Änderung der Bewertung (s.u.).

4.2.1 Untersuchungsmatrix

Um Synergien und Hemmnisse der Integration von Starkregenereignissen und pluvialer Überflutung in die Umsetzung der HWRM-RL herauszuarbeiten, wurde das bisherige Vorgehen zur Bearbeitung der HWRM-RL einschließlich der Umsetzungsempfehlungen der LAWA zu Flusshochwasser und Küstenhochwasser hinsichtlich einer möglichen Anwendung für das Starkregenthema geprüft. Berücksichtigt wurden dabei alle drei Bearbeitungsschritte der HWRM-RL, für die sowohl zahlreiche fachliche als auch administrativ-institutionelle Aspekte identifiziert wurden (Operationalisierung). Die Übertragbarkeit wurde dann pro Aspekt bewertet (s.u.).

Grundlage für die Operationalisierung und erste Bewertung waren Vorgespräche mit ExpertInnen des Deutscher Wetterdienstes (DWD), des deutschen GeoForschungsZentrums (GFZ) und der Universität

Potsdam und die Auswertung fachlicher Literatur. Insbesondere die LAWA-Empfehlungen zur Umsetzung der Vorgaben der HWRM-RL (LAWA 2009, 2010b, 2010a, 2013a, 2013b, 2017a, 2017b) und der DWA[34]-Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge (DWA 2013) wurden bei der ersten Einschätzung berücksichtigt. Zum Thema Starkregen wurden unter anderem Aspekte des Leitfadens Kommunales Starkregenrisikomanagement der LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (LUBW 2016b, 2016b) aufgegriffen. Ebenfalls berücksichtigt wurde die LAWA-Strategie zum Starkregenrisikomanagement (LAWA 2018).

Hierfür wurden zunächst die einzelnen Aspekte der HWRM-RL in einer gut aufbereiteten Übersichtstabelle (= Untersuchungsmatrix) zusammengefasst und für Flusshochwasser und Starkregen gegenübergestellt. Auf dieser Basis erfolgt die erste Bewertung. Dazu werden die betrachteten fachlichen und administrativ-institutionellen Gesichtspunkte innerhalb der drei Bearbeitungsschritte je nach Synergien/Hemmnissen in den Ampelfarben eingefärbt (Tabelle 9). Mit der Farbe Grün wurden die Aspekte eingefärbt, bei denen die Übertragbarkeit der HWRM-RL auf Starkregenereignisse für möglich gehalten wurde. Wurde die Übertragbarkeit aufgrund methodischer Unterschiede und/oder erhöhtem Aufwand als eingeschränkt übertragbar angesehen, wurde das Feld gelb markiert. Rot wurden die Gesichtspunkte eingefärbt, bei denen die Übertragbarkeit nicht für möglich gehalten wurde. Dies war der Fall, wenn die methodischen Unterschiede zu groß waren und/oder der erforderliche Aufwand nicht leistbar wäre.

Tabelle 9: Legende des Untersuchungsrasters:

	Übertragbarkeit von Flusshochwasser auf Starkregen möglich
	Übertragbarkeit eingeschränkt möglich, da: ► Methodische Unterschiede und/oder ► Erhöhter Aufwand bei Anwendung auf Starkregen
	Übertragbarkeit nicht möglich, da: ► Zu stark methodische Unterschiede und/oder ► Nicht leistbarer Aufwand bei Anwendung auf Starkregen

Um das Vorgehen zu verdeutlichen, wird in Tabelle 10 ein Auszug aus der Untersuchungsmatrix dargestellt. Die vollständige Untersuchungsmatrix findet sich in Anhang in Tabelle 17 (Bearbeitungsschritt 1: Vorläufige Risikobewertung), Tabelle 18 (Bearbeitungsschritt 2: Hochwassergefahren- und Risikokarten) und Tabelle 19 (Bearbeitungsschritt 3: Hochwasserrisikomanagementpläne). In der ersten Spalte werden die rechtlichen Vorgaben des WHG und der HWRM-RL bzw. Schlagworte wichtiger Themen aufgeführt. In der mittleren Spalte werden für jeden aufgeführten Punkt die Bearbeitungs-/Darstellungsvorgaben nach dem WHG und/oder die Empfehlungen der LAWA zu Flusshochwasser genannt. In der dritten Spalte wird die (vorläufige) Bewertung auf Basis von Literatur und ersten informellen ExpertInnengesprächen (s. o.) zur Übertragbarkeit des Vorgehens bei Flusshochwassern auf Starkregenereignisse dargestellt.

Tabelle 10: Auszug aus der Untersuchungsmatrix (Teil 2.1. zu Bearbeitungsschritt 1)

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse

[34] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
Übergeordnete Zuständigkeit für die vorläufige Bewertung (§ 73 Abs. 1 und 4 WHG)	Zuständigkeit der Länder: Die Landeswassergesetze (LWG) definieren jeweils die zuständige Behörde zur Bewertung der Risikogebiete.	Zuständigkeit der Länder - Synergien vorhanden. Bei einer Betrachtung auf Ebene der FGE (Flusseinzugsgebiete) müssen die rechtlichen Auswirkungen der Festsetzung von Risikogebieten in den Ländern berücksichtigt werden.
Dokumentation vergangener Ereignisse	Landesministerien oder Landkreise	Stärkere lokale Zuständigkeit der Städte und Gemeinden. Eine höhere Variabilität der lokalen Gegebenheiten müsste berücksichtigt werden.
Plausibilisierung durch ExpertInnen	Die Ergebnisse sollen durch fach- und ortskundige MitarbeiterInnen der Wasserwirtschaftsverwaltungen unter Einbeziehung von Kommunen und ggf. anderen einschlägigen ortskundigen ExpertInnen überprüft werden. Dies erfolgt v.a. im ersten Schritt, der Überprüfung auf neue Erkenntnisse, sowie im letzten Schritt bei der Plausibilisierung des Ergebnisses der Überprüfung insgesamt (LAWA 2017a; S. 15).	Das methodische Vorgehen der Plausibilisierung ist grundsätzlich übertragbar. Jedoch ist der Aufwand aufgrund der vielen kleinräumigeren Teileinzugsgebiete erheblich höher. Daher muss damit gerechnet werden, dass die Anzahl zu beteiligender ExpertInnen erkennbar steigen wird.

Die Untersuchungsmatrix wurde mit dem Umweltbundesamt (UBA) und dem Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) abgestimmt. Sie diente als Grundlage für die anschließenden ExpertInneninterviews.

4.2.2 Erstellung des Interviewleitfadens

Als Methode wurde das qualitative Interview gewählt. Es handelt sich um ein problemzentriertes durch einen Leitfaden gestütztes Interview. Dieses wird verwendet um spezielles und konzentriertes Wissen ausgewählter Personen zu einem eingegrenzten Themenbereich abzufragen (Lamnek 2010; S. 349). Durch den Leitfaden wird das Interview in Bezug auf Gesprächsinhalte und deren Abfolge strukturiert. Die Untersuchungsmatrix dient dabei als Konzept, welches durch die Aussagen und Bewertungen der ExpertInnen eine Plausibilisierung und Modifizierung erfährt (Mattissek et al. 2013; S. 161).

Der Leitfaden für die ExpertInneninterviews ist in vier Abschnitte gegliedert. Nach der Einleitung, die einen Überblick über das Vorhaben und Ziel der Interviews gibt, folgt die erste Frage zur Definition von Starkregen. Der Begriff Starkregen wird je nach Fachrichtung unterschiedlich definiert und von Fachleuten nicht einheitlich verwendet. Da ein einheitliches Verständnis des Begriffs für die Interviews wichtig ist, wurde für die vorliegende Arbeit die von der LAWA vorgeschlagene Definition verwendet (LAWA 2017b; S. 2) und die ExpertInnen gefragt, inwieweit sie dieser Definition zustimmen können und warum. Die LAWA Definition beschreibt Starkregen als „wild abfließendes Wasser“ oder „Oberflächenabfluss“ (LAWA 2017b; S. 2) (s. Kap. 1.2.1). Anschließend wurde darauf hingewiesen, dass die Untersuchungsmatrix unter diesem Blickpunkt zu bewerten sei.

Als nächstes folgt die Untersuchungsmatrix mit den drei Bearbeitungsschritten in Tabellenform (vgl. Anhang A1 bis A3).

Im Anschluss an die einzelnen Bearbeitungsschritte wurde die Frage „Wie müssten Ihrer Meinung nach die rechtlichen Regelungen (HWRM-RL/ WHG) hinsichtlich der vorläufigen Bewertung/Hochwassergefahren und –risikokarten bzw. HWRM-Pläne angepasst werden, damit Starkregen in den 1./2. bzw. 3. Bearbeitungsschritt integriert werden kann?“ gestellt.

Zum Abschluss des Interviews hatten die befragten Personen die Möglichkeit, Vorschläge zum Starkregenrisikomanagement in Deutschland zu machen und sich noch einmal zur Untersuchungsmatrix zu äußern. Die Fragen hierzu lauten: „Welche anderen Ideen haben Sie unabhängig von den rechtlichen Regelungen (HWRM-RL und WHG), um Starkregenrisikomanagement in Deutschland zu verbessern?“ und „Haben Sie weitere Punkte bzw. möchten Sie nochmals auf einzelne Aspekte zurückkommen?“.

4.2.3 Durchführung und Auswertung der Interviews

Zur Absicherung und Ergänzung der erarbeiteten und in der Untersuchungsmatrix dargestellten Bewertung wurden mit ausgewählten ExpertInnen Telefoninterviews durchgeführt. Dies ist Zeit sparend und es entfallen Reisekosten und CO2-Emissionen (Lamnek 2010; S. 315). Außerdem ist eine gute Erreichbarkeit gegeben, die ExpertInnen sind flexibel und sind so eher zu einem Interview bereit. Die Interviewenden sollen in der Lage sein das Interview zu führen und eine angenehme, professionelle Gesprächsatmosphäre zu schaffen (Mattissek et al. 2013; S. 161; 164).

Die Erfahrungen aus vorigen Projekten (z.B. FKZ 3713 48 101[35] und FKZ 3713 48 105[36]) zeigen, dass mit dieser Vorgehensweise gute Ergebnisse erzielt werden können (Bubeck et al. 2016).

4.2.3.1 Auswahl der InterviewpartnerInnen

In Absprache mit dem BMUB und dem UBA wurden insgesamt 18 InterviewpartnerInnen aus unterschiedlichen Fachrichtungen ausgewählt. Als InterviewpartnerInnen (ExpertInnen) sollten sachkundige Personen, die als AkteurInnen des Untersuchungsfeldes über spezielles Handlungs- und Erfahrungswissen verfügen, ausgewählt werden (Lamnek 2010; S. 655f; Mattissek et al. 2013; S. 54). Sie repräsentieren in der Regel bestimmte Organisationen oder Institutionen und verfügen über internes Organisationswissen (Lamnek 2010; S. 657).

Die identifizierten InterviewpartnerInnen aus Landesministerien, Kommunen/Stadt, Wissenschaft, Wasserwirtschaftsverbänden/Vereinen, Stadt- und Regionalplanung und Privatwirtschaft sind alle im Bereich Hochwasserrisikomanagement (HWRM) und/oder Starkregenrisikomanagement tätig. Neben einer guten regionalen Verteilung der ExpertInnen wurde bei der Auswahl der InterviewpartnerInnen darauf geachtet, dass alle drei Bearbeitungsschritte der HWRM-RL abgedeckt werden können. Diese fachlich begründete Auswahl beinhaltet damit alle im Themenfeld HWRM/Starkregen agierenden Akteursgruppen.

Die Kontaktaufnahme und Terminabsprache mit den ExpertInnen erfolgte per E-Mail. Nicht alle angefragten ExpertInnen konnten interviewt werden, da sie auf die Anfrage nicht reagierten oder auf andere Personen verwiesen. Es konnten schließlich 15 Interviews durchgeführt werden. Die ausführliche Liste aller InterviewpartnerInnen befindet sich im Anhang (Anhang 7.5).

---

[35] Akteurszentrierte Untersuchung der Erfolgsbedingungen und Hemmnisse für Anpassungsstrategien; Projektlaufzeit: 2013-2016.

[36] CCplan - Analyse, Bewertung und Politikempfehlungen zur Anpassung nationaler rechtlicher, planerischer und informatorischer Politikinstrumente an Klimawandel; Projektlaufzeit: 2013-2016.

4.2.3.2 Durchführung der Interviews

Nach Zusage zu einem Interview wurde den ExpertInnen der Leitfaden vorab zur Vorbereitung zugesandt. Zu Beginn des Interviews erfolgten eine Vorstellung der interviewführenden Person sowie eine kurze und präzise Einführung in das Projekt, die Ziele des Interviews sowie die Abfrage von Formalitäten. Hierzu gehörten:

- Stellung und Aufgabenbereich der InterviewpartnerInnen (soweit nicht vorab bekannt),
- Zustimmung zur Aufzeichnung des Interviews zum Zwecke der Dokumentation sowie
- Abfrage, ob der Name der InterviewpartnerInnen im Bericht genannt werden darf.

Je nach Expertise der interviewten Person wurden im Gespräch der gesamte Leitfaden oder einzelne Bearbeitungsschritte der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie durchgesprochen.

4.2.3.3 Auswertung

ExpertInnen haben unterschiedliche Perspektiven auf ein konkretes Problem. Ihre Aussagen müssen daher immer im Kontext der Befragungssituation gesehen werden. Deshalb ist es ein Ziel, diese Unterschiedlichkeiten der Perspektiven zu erfassen und aufzuzeigen. Ebenso spielt der Erfahrungshorizont der interviewenden Person eine Rolle und ist als zusätzliche Erkenntnisquelle zu betrachten (Mattissek et al. 2013; S. 141).

Als erster Schritt der Auswertung erfolgte die Paraphrasierung zentraler Aspekte der auf Tonband aufgenommenen Interviews (Mattissek et al. 2013; S. 197). Im folgenden Schritt wurden die Aussagen komprimiert und in einer Übersichtstabelle dargestellt, wobei die Untersuchungsmatrix so erweitert wurde, dass jede ExpertInnenäußerung in einer separaten Spalte festgehalten wurde.

Durch die Zusammenfassung wurde die Menge des Materials reduziert, die wesentlichen Inhalte blieben jedoch erhalten Es erfolgte eine Kodierung, bei der die Zustimmung zur Bewertung als „+“, Ablehnung als „-„ und keine Aussage als „/“ vermerkt wurde. Auf Grundlage der der inhaltlichen Bewertung der Aussagen der ExpertInnen wurde die Untersuchungsmatrix abschließend überarbeitet. Bei fachlich begründeter Ablehnung der vorgelegten Bewertung (vgl. Tabelle 9) wurde die Matrix inhaltlich und farblich angepasst.

Für die Frage nach der Starkregen-Definition erfolgte die Auswertung analog.. Die Fragen zur rechtlichen Anpassung in den Bearbeitungsschritten und die Abschlussfrage wurden ebenfalls paraphrasiert und inhaltlich ausgewertet.

4.3 Ergebnisse

Auf der Grundlage der ersten Bewertung und der geführten Interviews wurde die Übertragbarkeit der Bearbeitung von Flusshochwasser auf Starkregen final beurteilt. Im Folgenden werden die Meinungen zur verwendeten Definition der LAWA von Starkregen dargestellt. Anschließend werden die Ergebnisse der Interviews zur Frage nach den Synergien und Hemmnissen bei einer Integration von Starkregen in die HWRM-RL/das WHG pro Bearbeitungsschritt dargestellt. Nach jedem Bearbeitungsschritt werden die rechtlichen Voraussetzungen für eine Integration dargestellt.

In den Tabellen wird das Vorgehen der Schritte bei Flusshochwasser dargestellt und auf die rechtliche Basis in der HWRM-RL / WHG verwiesen. Durch die farbliche Markierung (grün, gelb, rot; vgl. Tabelle 1) wird die Übertragbarkeit verdeutlicht (siehe Kap. 4.2.1).

Bei der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos wurde die Übertragbarkeit die Bewertung von Starkregenrisiken bei jeweils vier Aspekten für nicht oder nur eingeschränkt möglich eingeschätzt, für zwei Aspekte ist die Übertragbarkeit möglich. Bei den Hochwassergefahren- und risikokarten sind sieben Aspekte übertragbar, sechs eingeschränkt und drei nicht übertragbar. Bei den Hochwasserrisikomanagementplänen sind nur drei Aspekte gut auf den Umgang mit

Starkregenrisiken übertragbar. Für acht Aspekte ist die Übertragbarkeit eingeschränkt möglich und für vier nicht möglich. Zu den Aspekten des dritten Bearbeitungsschrittes waren die InterviewpartnerInnen besonders häufig anderer Meinung. Die drei Aspekte „Auswertung der Gefahren- und Risikokarten", „Abstimmung mit anderen Richtlinien" und „Strategische Umweltprüfung" wurden daher neu bewertet und die Bewertung angepasst. Insgesamt stimmten die ExpertInnen der vorgelegten Bewertungen überwiegend zu. Anmerkungen oder Ergänzungen der ExpertInnen zu der vorgelegten Bewertung werden bei der Darstellung der Ergebnisse diskutiert.

4.3.1 LAWA-Definition zu Starkregen

Bislang gibt es keine einheitliche Definition von Starkregen und so wird der Begriff von den Akteuren unterschiedlich verwendet. Dies führt in der Kommunikation und Anwendung zu Problemen. Daher war es wichtig, für die Interviews und die Bewertung der Übertragbarkeit eine gemeinsame Basis zu definieren. Zu diesem Zweck wurde im Vorhaben die Definition der LAWA verwendet. Sie bestimmt Starkregen als „wild abfließendes Wasser" oder „Oberflächenabfluss" (LAWA 2017b; S. 1) (s. Kap. 1.2.1). Da es bisher an einer einheitlich anerkannten Definition mangelt, wurde in den Interviews zunächst erhoben, ob die Zustimmung zur verwendeten Starkregendefinition von den InterviewpartnerInnen geteilt wird.

Der Definition der LAWA von Starkregen als „wild abfließendem Wasser" oder „Oberflächenabfluss" wurde in den Interviews überwiegend zugestimmt (Zustimmung: 13; Ablehnung: 1; Enthaltung: 1). Häufig wurde jedoch angemerkt, dass mit diesen Begriffen die Folgen von Starkregenereignissen beschrieben werden, diese aber nicht mit Starkregen –also dem eigentlichen Niederschlagsereignis - gleichgesetzt werden könnten. Durch die Definition der LAWA werde nicht klar zwischen Ereignis und Folge des Ereignisses unterschieden. Es solle deutlich werden, ob mit der Definition von Starkregen das Niederschlagsereignis oder die Folgen des Niederschlagsereignisses auf der Oberfläche identifiziert werden sollen. Dazu wurde angemerkt, dass Starkregen (Ereignis) schon durch den DWD über Schwellenwerte für die Unwetterwarnung[37] ausreichend definiert sei. Nach Meinung einer interviewten Person sei es für die Definition somit irrelevant, ob es um die Auswirkungen von Starkregen auf der Oberfläche oder um Flusshochwasser gehe. Im Kontext der HWRM-RL ist allerdings darauf hinzuweisen, dass diese eine Ausweisung potenziell überfluteter Flächen einschließlich von Wassertiefen vorschreibt (§ 74 Abs. 3 Nr. 1;2 WHG gemäß Artikel 6 Absatz 4b HWRM-RL). Da die Entstehung von Überflutungen durch Starkregen stark von der lokalen Topografie abhängt, ist eine alleinige Betrachtung der Gefährdung (Niederschlagsmenge und –intensität) nicht ausreichend.

Eine andere Meinung war, dass die Definition von Starkregen über den Abfluss fachlich falsch sei, da Starkregen nach den Regelwerken der Wasserwirtschaft bereits ausreichend definiert sei. Als Beispiel wurden das Merkblatt DWA-M 119 (DWA 2015) und der Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge (DWA 2013) angeführt. In letzterem werden Starkregen als „Regenereignisse, die in einzelnen Dauerstufen Regenhöhen mit Wiederkehrzeiten Tn ≥ 1 a aufweisen (nach Werten des KOSTRA-DWD bzw. örtlich verfügbarer Starkregenstatistik)" (DWA 2015; S. 9) definiert.

Weiterhin wurde angemerkt, dass in der Kommunikation und für die Bevölkerung die Begriffsunterscheidung schwierig sei. Die Definition „wild abfließendes Wasser" impliziere eine Gefahr, die unkontrollierbar erscheine. Dieser Eindruck solle jedoch nicht erweckt werden, zudem nicht von jedem Starkregenereignis eine (potenzielle) Gefahr ausgehe.

---

[37] DWD-Schwellenwerte zur Warnung vor Starkregen: 15 bis 25 l/m² in 1 Stunde oder 20 bis 35 l/m² in 6 Stunden (markante Unwetterwarnung), > 25 l/m² in 1 Stunde oder > 35 l/m² in 6 Stunden (Unwetterwarnung), > 40 l/m² in 1 Stunde oder > 60 l/m² in 6 Stunden (Warnung vor extremem Unwetter) (DWD 2017ab).

4.3.2 Synergien und Hemmnisse im ersten Bearbeitungsschritt: vorläufige Risikobewertung

Der erste Bearbeitungsschritt der HWRM-RL erfordert eine vorläufige Bewertung des Risikos, um die Gebiete zu identifizieren, die ein potentiell signifikantes Hochwasserrisiko aufweisen (§73 WHG gemäß Artikel 4 HWRM-RL). Die Gebiete ergeben sich aus der Eintrittswahrscheinlichkeit einer Überflutung sowie der Beeinträchtigung der vier festgelegten Schutzgüter: menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten. Meist werden Einzugsgebiete ab einer Größe von 10 km^2 betrachtet, da dies die Forderung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist und somit Synergien innerhalb der Wassergesetzgebung vorhanden sind (Anhang II 1.2.1 WRRL). Zur Umsetzung hat die LAWA eine Empfehlung herausgegeben (LAWA 2009). Die inzwischen überarbeiteten Empfehlungen (LAWA 2017a) sollen für den 2.Umsetzungszyklus angewendet werden. Sie dienen als Basis für die Darstellung des Vorgehens bei Flusshochwasser und entsprechen den genannten Aspekten in Tabelle 3.

Zum ersten Bearbeitungsschritt ergaben sich bei den Interviews wenige abweichende Meinungen zur Übertragbarkeit des Vorgehens bei den Risikogebieten, Signifikanzkriterien und der Dokumentation vergangener Ereignisse. An der vorgelegten Bewertung musste keine Anpassungen vorgenommen werden. Die Darstellung in Tabelle 11 entspricht damit der Ausgangsmatrix.

Tabelle 11: Ergebnismatrix zur vorläufigen Bewertung

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
Inhaltliche Aspekte		
Überprüfung der Risikogebiete (§ 73 Abs. 6 WHG gemäß Artikel 14 Abs. 1 HWRM-RL)	Im zweiten Zyklus sollen die vorhandenen Daten (Ausgangslage gemäß erster Zyklus) auf Veränderungen überprüft und neu generierte Daten berücksichtigt werden (§ 73 Abs. 6 WHG). Somit kommt es auch erneut zur Bewertung des verbleibenden Gewässernetzes (LAWA 2017a; S. 10ff.).	Für Starkregen müssten zunächst Risikogebiete ausgewiesen werden, da Starkregenereignisse überall auftreten können und derzeit eine fachliche Begründung zur Ausweisung bestimmter (Risiko-) Gebiete fehlt (LAWA 2017b; S. 2), müsste eine flächendeckende Untersuchung erfolgen. Demnach muss bei jedem neuen Bearbeitungszyklus automatisch das gesamte Untersuchungsgebiet betrachtet werden. Die Begrenzung auf das Gewässernetz ist nicht ausreichend. Denkbar ist es, die spezifischen Risikogebiete auf kommunaler Ebene zu erfassen, wie es in Baden-Württemberg empfohlen wird (LUBW 2016b, S. 7).
Beschreibung und Darstellung des Einzugsgebietes (§ 73 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 4 Abs. 2a HWRM-RL)	Beschreibung und Karte der Flussgebietseinheit mit den relevanten Teileinzugsgebieten auf Grundlage vorhandener oder leicht abzuleitender Informationen. Zudem soll die Topographie und	Wie oben aufgeführt, können Starkregenereignisse grundsätzlich überall auftreten, sodass ihr Auftreten unabhängig von Flusseinzugsgebieten ist (LAWA 2017b; S. 2). Eine viel kleinräumigere, gewässernetzunabhängige Betrachtung

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
	Flächennutzung dargelegt werden (Artikel 4 Abs. 2a HWRM-RL). Die Länder entscheiden, ab welcher Mindestgröße eine potenziell signifikante Gefahr der Teileinzugsgebiete besteht und welche demnach aufgeführt werden. Meist werden auf Grundlage der Forderung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Flusseinzugsgebiete ab einer Mindestgröße von 10km² betrachtet[38] (Anhang II 1.2.1 WRRL).	der Teileinzugsgebiete, bspw. auf kommunaler Ebene, ist erforderlich[39]. Demnach muss die bisherige Beschreibung des Einzugsgebietes bezüglich Starkregen komplett neu aufgesetzt werden. Dies erfordert einen sehr hohen Mehraufwand. Da die Betrachtung auf Flussgebietseinheit zu Synergien führt, ist es denkbar, die neuen kleinteiligeren Teileinzugsgebiete den Flussgebietseinheit zuzuordnen.
Beschreibung aufgrund vergangener Ereignisse (§ 73 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 4 Abs. 2b und 2c HWRM-RL)	Zusammenstellung/Dokumentation vergangener Ereignisse. Dies umfasst einerseits Hochwasser mit signifikanten nachteiligen Auswirkungen, mit deren Wiederkehr gerechnet wird und andererseits signifikante Hochwasser der Vergangenheit, bei deren ähnlichem Eintreten zukünftig signifikante nachteilige Folgen erwartet werden.	Vorgehen grundsätzlich übertragbar und gemäß LAWA (2017a; S. 8) empfohlen. Da es sich um kleinräumige Ereignisse handelt, ist die Zusammenführung der Ereignisse ggf. aufwendiger. Jedoch ist die bisher verfügbare Datenbasis zu unsystematisch und die Zeitreihen zu kurz, um hieraus Risikogebiete zu identifizieren. Zudem besteht nicht zwangsläufig ein Zusammenhang zwischen dem Ort vergangener Schadensereignisse und einer erhöhten Eintrittswahrscheinlichkeit, wie dies bei Flusshochwassern aufgrund der geografischen Lage der Fall ist (LAWA 2017a; S. 8f.).
Potenziell nachteilige Folgen künftiger Ereignisse (§ 73 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 4 Abs. 2d HWRM-RL)	Bewertung potenziell nachteiliger Folgen künftiger Hochwasser unter Berücksichtigung von Faktoren, wie u.a. Topographie, Lage von Wasserläufen, Wirksamkeit bestehender Hochwasserabwehrinfrastruktur, aber auch der Informationen zu den Schutzgütern, wie Lage bewohnter Gebiete, IVU[40]-Anlagen, Kulturdenkmale oder Gebiete mit wirtschaftlicher Tätigkeit (LAWA	Vorgehen grundsätzlich übertragbar. Jedoch müssten die Daten für die angepassten Risikogebiete zusammengestellt werden. Zusätzlich wäre interessant, u.a. die Lage vorhandener Regenrückhaltebecken zu erfassen. Dies wäre jedoch ebenfalls mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden.

38 Es ist zu beachten, dass hier stets Ausnahmen vorgenommen werden, wenn beispielsweise vergangene Ereignisse zeigten, dass auch bei einem kleineren Einzugsgebiet eine potenzielle Gefahr besteht.

39 Baden-Württemberg beschreibt, dass die Methodik der Gefährdungsanalyse des Starkregenrisikomanagements nur für sehr kleine Gebiete bis maximal 5 km² für einzelne hydrologische Einheiten angewendet werden kann (LUBW 2016b, S. 18).

40 IVU=Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
	2017a; S. 10ff.).	
Ermittlung der Gebiete und Küstenabschnitte mit signifikantem Risiko (§ 73 Abs. 1 WHG gemäß Artikel 5 HWRM-RL)	Zur Ermittlung der Gebiete müssen die nachteiligen Folgen auf die vier Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten) abgeleitet und beschrieben werden. Betrachtung des gesamten Gewässernetzes bzw. der Küste und Verschneidung mit ausgewerteten vorhandenen Informationen (z.B. raumordnerische Informationen, IVU-Anlagen, Kulturerbe, Hochwasserschutzanlagen) (LAWA 2009; S. 5ff.).	Methodisches Vorgehen der Verschneidung grundsätzlich übertragbar. Statt der Betrachtung des Gewässernetzes müssen jedoch die oberflächigen Fließwege des gesamten Untersuchungsgebietes[41] berücksichtigt werden. Demnach müssen die Informationen für die Gebiete mit signifikantem Risiko komplett neu generiert werden. Dies bedeutet einen erheblichen Mehraufwand. Die vorhandenen Informationen zu den Schutzgütern können von den Hochwassergefahrenkarten übernommen werden. Sie decken aber nur kleine räumliche Ausschnitte ab. Zusätzlich können die Lage besonders kritischer Objekte[42] sowie deren spezifische Beschreibung erfolgen, um die Abschätzung möglicher Schäden zu gewährleisten, wie es in Baden-Württemberg empfohlen wird (LUBW 2016b, S. 35). Bzgl. der Ermittlung von Hochwasserschutzanlagen sollten bspw. zusätzlich Bereiche aufgenommen werden, die gezielt geflutet werden können bzw. Einfluss auf das oberflächige Fließverhalten haben.
Nachteilige Folgen gemäß Signifikanzkriterien	Zur Überprüfung der Gewässer in den Risikogebieten hat die LAWA (2017a; S. 12ff.) unter Berücksichtigung der festgelegten Schutzgüter (gemäß Artikel 4 Abs. 2d HWRM-RL) Signifikanzkriterien aufgestellt: Personen-/Sachgefährdungen: Schadenspotenzial (ab dem dritten Bearbeitungszyklus), alternativ: Gewerbe-/ Industrieflächen sowie zusammenhängende Siedlungsfläche bei HQ-extrem: 0,5-5ha	Das Ausmaß der Schäden einzelner Starkregenereignisse deutet darauf hin, dass die für Flusshochwasser aufgestellten Signifikanzkriterien auch für Starkregenereignisse einschlägig sein könnten. Die Signifikanzkriterien können demnach auch für Starkregenereignisse übernommen werden.

41 Wie bereits oben beschrieben, ist die Ausweisung von spezifischen Risikogebieten nicht möglich, da Starkregenereignisse überall auftreten können (LAWA 2017a; S. 8).

42 Beispielsweise Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser oder Einrichtungen für Menschen mit Behinderung.

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
	Umweltgefährdungen: Vorhandensein von u.a. IVU-Anlagen, PRTR[43]-Anlagen und (Trinkwasser-) Schutzgebiete, Trinkwasserentnahmestellen Gefährdungen von Kulturgüter/-objekten: Vorhandensein von UNESCO Weltkulturerbestätten und Denkmälern	
Berücksichtigung des Klimawandels (§ 73 Abs. 6 Satz 2 WHG gemäß Artikel 14 Abs. 4 HWRM-RL)	Im zweiten Zyklus der HWRM-RL sollen die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels hinsichtlich des Auftretens von Hochwasser berücksichtigt und somit die Klimaszenarien einbezogen werden. Da das Thema in der ersten Bearbeitungsrunde noch zurückgestellt wurde (Bubeck et al. 2016; S. 304), gibt es hierzu bisher noch keine Erfahrungswerte. Bisher sind die bereits beobachteten Veränderungen des Klimas in den Beobachtungsdaten enthalten. Laut LAWA (2017a; S. 10) ist der Einfluss des Klimawandels auf die Abgrenzung bzw. Überprüfung der Risikogebiete zu vernachlässigen, da die Risikobewertung maßgeblich von den Nutzungen in den Risikogebieten abhängt.	Die bereits beobachteten Veränderungen des Klimas sind ebenfalls in den Beobachtungsdaten vorhanden. Die Verfahren unterscheiden sich jedoch bei Flusshochwasser und Starkregen: Während bei ersterem die Änderung des Abflusses entscheidend ist, hängt es bei Starkregen von der Intensität und Häufigkeit des Niederschlagsereignis ab. Jedoch ist hierbei einerseits die Veränderung im Auftreten von Starkregenereignis nur schwer projizierbar und andererseits kann dem resultierenden Oberflächenabfluss kein (sich verändernder) Wiederkehrintervall zugewiesen werden (LAWA 2017a; S. 8). Darüber hinaus kommt es bei Niederschlagsszenarien zu großen Unsicherheiten, da Niederschläge eine große Variabilität aufweisen. Zusätzlich sind die Unsicherheiten umso größer, je kleinräumiger das Untersuchungsgebiet ist (LAWA 2013b; S. 4). Das trifft auf Starkregenereignisse zu, da sie die Betrachtung lokaler Gegebenheiten erfordern.
Administrativ-institutionelle Aspekte		
Übergeordnete Zuständigkeit für die vorläufige Bewertung (§ 73 Abs. 1 und 4 WHG)	Zuständigkeit der Länder: Die Landeswassergesetze (LWG) definieren jeweils die zuständige Behörde zur Bewertung der Risikogebiete.	Zuständigkeit der Länder - Synergien vorhanden. Bei einer Betrachtung auf Ebene der FGE müssen die rechtlichen Auswirkungen der Festsetzung von Risikogebieten in den Ländern berücksichtigt werden.
Dokumentation	Landesministerien oder Landkreise	Stärkere lokale Zuständigkeit der Städte

[43] PRTR= Pollutant Release and Transfer Register (Register über die Freisetzung und Verbringung von Schadstoffen)

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
vergangener Ereignisse		und Gemeinden. Eine höhere Variabilität der lokalen Gegebenheiten müsste berücksichtigt werden.
Plausibilisierung durch ExpertInnen	Die Ergebnisse sollen durch fach- und ortskundige MitarbeiterInnen der Wasserwirtschaftsverwaltungen unter Einbeziehung von Kommunen und ggf. anderen einschlägigen ortskundigen ExpertInnen überprüft werden. Dies erfolgt v.a. im ersten Schritt, der Überprüfung auf neue Erkenntnisse, sowie im letzten Schritt bei der Plausibilisierung des Ergebnisses der Überprüfung insgesamt (LAWA 2017a; S. 15).	Das methodische Vorgehen der Plausibilisierung ist grundsätzlich übertragbar. Jedoch ist der Aufwand aufgrund der vielen kleinräumigeren Teileinzugsgebiete erheblich höher. Daher muss damit gerechnet werden, dass die Anzahl zu beteiligender ExpertInnen erkennbar steigen wird.

In den Interviews wurden die Aspekte „nachteilige Folgen gemäß Signifikanzkriterien“ und „übergeordnete Zuständigkeit für die vorläufige Bewertung“ als übertragbar bewertet.

Die Aspekte „Beschreibung aufgrund vergangener Ereignisse“, „potenziell nachteilige Folgen künftiger Ereignisse“, „Ermittlung der Gebiete und Küstenabschnitte mit signifikantem Risiko“ und „Plausibilisierung durch Experten“ wurden als grundsätzlich übertragbar eingeschätzt, es bestehen jedoch methodische Unterschiede und/oder ein erhöhter Aufwand ist erforderlich.

Als nicht übertragbar wurden die Aspekte „Überprüfung der Risikogebiete“, „Beschreibung und Darstellung des Einzugsgebietes“, „Berücksichtigung des Klimawandels“ und die „Dokumentation vergangener Ereignisse“ betrachtet. Hier wäre ein nicht leistbarer Aufwand nötig, und es bestehen erhebliche methodische Unterschiede zwischen der Betrachtung von Flusshochwasser und Starkregenereignissen.

Im Folgenden werden die Meinungen der ExpertInnen zu den einzelnen Aspekten der vorläufigen Bewertung dargestellt. Die Einwände und Anmerkungen der ExpertInnen bezogen sich bei der vorläufigen Bewertung besonders auf die kleinteilige Bearbeitung, die Signifikanzkriterien und Probleme mit den Risikogebieten.

4.3.2.1 Überprüfung der Risikogebiete

Für Flusshochwasser sollen für die „Überprüfung der Risikogebiete“ im zweiten Zyklus die vorhandenen Daten auf Veränderungen überprüft und auch neu generierte Daten berücksichtigt werden (§ 73 Absatz 6 WHG). Folglich muss auch das verbliebene Gewässernetz bei der neuen Bewertung berücksichtigt werden. Bei einer potenziellen Übertragung des Vorgehens auf Starkregenereignisse besteht schon hier das Problem der Eingrenzung. Dadurch, dass Starkregen überall auftreten kann (siehe Kap. 2.1), ist eine räumliche Abgrenzung nicht möglich. Gegebenenfalls könnten die Risikogebiete auf kommunaler Ebene erfasst werden (LUBW 2016b). Aufgrund der methodischen Unterschiede wurde dieser Aspekt in der Untersuchungsmatrix als nicht übertragbar (rot) bewertet.

Von den ExpertInnen wird ebenfalls das Problem der Eingrenzung angesprochen: Generell bestehe ein Risiko nur in besiedelten Gebieten. Da bei Starkregen nicht vom Gewässernetz ausgegangen werden kann, ist jede Ortslage ein Risikogebiet. Ein Vorschlag war, eine Bearbeitung für Projektgebiete

vorzunehmen. Neben Ortskenntnissen wären auch Topographie und Flächennutzung zu beachten. Dazu wurden die Kommunen als sinnvolle Zuständige angesehen.

4.3.2.2 Beschreibung und Darstellung des Einzugsgebietes

Die „Beschreibung und Darstellung des Einzugsgebietes“ erfolgt bei Flusshochwasser auf Ebene der Flusseinzugsgebietseinheiten (FGE) auf Grundlage vorhandener oder leicht abzuleitender Informationen. Dazu gehören auch Topographie und Flächennutzung (Artikel 4 Absatz 2a HWRM-RL). Auf Grundlage der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sind die betrachteten Flusseinzugsgebiete meistens mindestens 10 km^2 groß (Anhang II 1.2.1 WRRL). Wie beim vorherigen Aspekt besteht auch hier das Problem, dass Starkregen überall auftreten können. Die auf die Flusseinzugsgebiete ausgerichteten FGE können nicht als Bezug dienen, da Starkregenereignisse und daraus resultierende Überflutungen unabhängig von Gewässernetzen auftreten (LAWA 2017b; S. 2). Notwendig wäre eine viel kleinräumigere und gewässernetzunabhängige Betrachtung, die auf kommunaler Ebene erfolgen könnte. Dies würde allerdings eine völlig neue Beschreibung der Einzugsgebiete und somit einen sehr hohen Mehraufwand erfordern. In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt wurde daher als nicht übertragbar (rot) bewertet.

Der vorgenommenen Bewertung wurde von den InterviewpartnerInnen fast einstimmig zugestimmt. Die Einschätzung der LAWA, dass Starkregen überall auftreten können, wurde von verschiedenen Seiten bekräftigt. Ein Einwand war, dass es für das Abflussverhalten an der Oberfläche unerheblich sei, woher das Wasser komme. Als Betrachtungsebene wurde eine übergeordnete Ebene der Raum- oder Bauordnung vorgeschlagen.

4.3.2.3 Potenziell nachteilige Folgen künftiger Ereignisse

Durch Aufführung von Faktoren, wie der Topographie, der Lage von Wasserläufen, der Wirksamkeit bestehender Hochwasserabwehrinfrastruktur, aber auch der Lage bewohnter Gebiete oder Gebiete wirtschaftlicher Tätigkeit, können „potenziell nachteilige Folgen künftiger Ereignisse“ identifiziert werden (Artikel 4 Abs. 2d HWRM-RL). Die Bewertung der Folgen kann auch für Starkregenereignisse erfolgen, allerdings handelt es sich um andere Risikogebiete, für die Daten aufgenommen werden müssten, vor. Trotz ggf. möglicher Überschneidungen zwischen Hochwasserrisikogebieten und Starkregenrisikogebieten bedeutet die Bereitstellung neuer Daten einen erhöhten Mehraufwand. In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt daher noch als grundsätzlich übertragbar (gelb) markiert.

Diese Einschätzung wurde von allen InterviewpartnerInnen geteilt. Zusätzlich wurde angemerkt, dass auch kleinräumige Strukturen wie Senken bei Starkregen eine wichtige Rolle spielen und mit aufgenommen werden sollten. Dies ist je nach Technik, z. B. Laserscan-Befliegung, nicht für alle Bundesländer leistbar. Um den Aufwand bewerkstelligen zu können, wurde vorgeschlagen, das Verfahren im Rahmen kommunaler Managementkonzepte umzusetzen.

4.3.2.4 Beschreibung aufgrund vergangener Ereignisse

Bei Flusshochwasser werden für die „Beschreibung aufgrund vergangener Ereignisse“ signifikante Hochwasser der Vergangenheit erfasst, bei denen, wenn sie wieder einträten, signifikante nachteilige Folgen erwartet werden. Zusätzlich werden Hochwasser mit signifikanten nachteiligen Auswirkungen, mit deren Wiederkehr gerechnet wird, berücksichtigt. In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt für Starkregenereignisse als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet, da die Datenbasis der vergangenen Ereignisse noch nicht ausreichend ist und die Zeitreihen zu kurz für eine Identifikation der Risikogebiete sind. Hinsichtlich Flusshochwasser gewährt die Analyse von vergangenen Ereignissen Rückschlüsse auf potenziell zukünftige Risikogebiete. Dies ist hingegen bei Starkregenereignissen so nicht möglich, da sie viel stärker von aktuellen meteorologischen und bodenkundlichen Voraussetzungen abhängen. Somit besteht nicht zwangsläufig ein Zusammenhang

zwischen dem Ort vergangener Schadensereignisse und einer erhöhten Eintrittswahrscheinlichkeit, wie dies bei Flusshochwassern aufgrund der geografischen Lage der Fall ist (LAWA 2017a, S. 8f.).

Die Bewertung wurde von allen ExpertInnen geteilt. Das Risikogebiet sei nicht eingrenzbar und auch die Eintrittswahrscheinlichkeit sei unklar. Zudem müsse die Häufigkeit und regionale Verteilung von Starkregenereignissen nicht mit der Entstehung und dem Auftreten von Oberflächenabfluss übereinstimmen. Es wurde angenommen, dass die Datendichte zwar zum Erkennen von systematischen oder generischen Mustern des Auftretens von Starkregen ausreichen könnte, die Datenlage erst in ein paar Jahrzehnten aber deutlich besser sein werde (siehe Kap. 2.1). Zum jetzigen Zeitpunkt wäre die Zusammenstellung der kleinräumigen Ereignisse mit einem erhöhten Aufwand verbunden.

4.3.2.5 Ermittlung der Gebiete und Küstenabschnitte mit signifikantem Risiko

Zur „Ermittlung der Gebiete mit signifikantem Risiko“ wird das Gewässernetz mit den vorhandenen und ausgewerteten Daten bezüglich raumordnerischer Informationen und Lage der Schutzgüter miteinander verschnitten (Artikel 5 HWRM-RL). In der HWRM-RL werden keine Kriterien für ein signifikantes Hochwasserrisiko definiert. Im Rahmen des ersten Bearbeitungszyklus wurden diese von der LAWA (2017a; S. 12ff) neu entwickelt und von den Ländern jeweils selbst erweitert (bspw. gemeinsam ausgearbeitete Kriterien von Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen, MKULNV NRW 2011; S. 9ff). Nach den Vorgaben der LAWA müssen die nachteiligen Folgen für die vier Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturgüter, wirtschaftliche Tätigkeit) abgeleitet und beschrieben werden (LAWA 2009; S. 5ff). Für die Betrachtung der Starkregenereignisse müsste eine Lösung vom Gewässernetz erfolgen; stattdessen müssten die oberflächlichen Fließwege im gesamten Untersuchungsgebiet berücksichtigt werden. Folglich müssen auch die Informationen für die Gebiete mit signifikantem Risiko neu bewertet werden. Auch wenn Informationen aus den HWRK (Hochwasserrisikokarten) übernommen werden können, werden dadurch nur kleine räumliche Abschnitte abgedeckt. Aufgrund dieses Mehraufwands wurde der Aspekt als eingeschränkt übertragbar (gelb) gewertet.

Die Schutzgüter können nach Meinung der ExpertInnen übertragen werden. Es wurde allerdings mehrfach die Bedeutung kritischer Infrastrukturen, wie von Baden-Württemberg für Flusshochwasser und Starkregen (LUBW 2016b, 2016a) empfohlen, hervorgehoben. Dazu gehöre auch die Ver- und Entsorgung. Für die Gebiete mit signifikantem Risiko für Starkregen müsste die Betrachtung auf sonst trockene Fließwege ausgedehnt werden. Dies würde einen höheren Aufwand und eine andere Systematik erfordern.

4.3.2.6 Nachteilige Folgen gemäß Signifikanzkriterien

Zur Überprüfung der Gewässer in den Risikogebieten bei Flusshochwasser hat die LAWA (2017a; S. 12ff) unter Berücksichtigung der festgelegten Schutzgüter (gemäß Artikel 4 Abs. 2d HWRM-RL) Signifikanzkriterien aufgestellt. Die drei Signifikanzkriterien sind: Personen- und Sachgefährdungen, Umweltgefährdungen und Gefährdungen von Kulturgütern/-objekten. In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt als gut übertragbar (grün) auf Starkregenereignisse eingeschätzt. Das bisherige Ausmaß der Schäden einzelner Starkregenereignisse deutet darauf hin, dass die für Flusshochwasser aufgestellten Signifikanzkriterien (z.B. Gefährdungen von Kulturgütern wie Denkmälern oder Museen) auch auf Starkregen anwendbar sein könnten.

Als problematisch wurde von einer interviewten Person die Festlegung des Gebietes, das von Starkregen betroffen sein kann, angemerkt. Zielführender wäre es, von den betroffenen Schutzgütern auszugehen und sie einer Resilienzanalyse in Bezug auf Starkregenereignisse zu unterziehen. Dies könne allerdings nicht in der Umsetzung der HWRM-RL erfolgen, sondern müsse im kommunalen Rahmen umgesetzt werden. Weiterhin wurde angeführt, dass die Signifikanzkriterien erweitert werden sollten. Es habe sich gezeigt, dass gerade bei Starkregen durch die schlechte Vorhersage und

kurzen Vorwarnzeiten die Personenschäden besonders hoch seien. Hier müsste für das Schutzgut Mensch ein engerer Ansatz gewählt werden. Auch wurde eine Anpassung der Risikogebiete auf kleinräumiger Ebene angesprochen, da der höhere Schmutzfracht- bzw. Feststoffanteil trotz kürzerer Verweilzeiten zu größeren Schäden führe. Insgesamt werden die „nachteiligen Folgen gemäß Signifikanzkriterien" als übertragbar (grün) bewertet. Es sollten jedoch die aufgeführten Anmerkungen berücksichtigt werden.

4.3.2.7 Berücksichtigung des Klimawandels

Bereits im ersten Umsetzungszyklus der HWRM-RL sollten die Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigt werden (§ 73 Abs. 6 WHG gemäß Artikel 14 Abs. 4 HWRM-RL). Bereits beobachtete Veränderungen sind in den Daten enthalten. Jetzt sollen auch die Klimaszenarien und die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels in Bezug auf das Auftreten von Hochwasser einbezogen werden. Die Nutzung in den Risikogebieten beeinflusst die Risikobewertung der Gebiete. Aus diesem Grund wurde der Einfluss des Klimawandels bei der Überprüfung der Risikogebiete bei Flusshochwassern als vernachlässigbar eingestuft (LAWA 2017a; S. 10). Auch bei Starkregenereignissen sind die bereits beobachteten Veränderungen in den Daten enthalten. Bei Starkregen ist die Intensität und Häufigkeit eines Niederschlagsereignisses entscheidend, während es bei Flusshochwasser auf die Änderung des Abflusses ankommt. Problematisch ist bei Starkregen außerdem, dass das Auftreten der Ereignisse schwer vorhersagbar ist, lokale Gegebenheiten berücksichtigt werden müssen und dem Oberflächenabfluss kein Wiederkehrintervall zugewiesen werden kann. Aufgrund der großen methodischen Unterschiede wurde die „Berücksichtigung des Klimawandels" in der Untersuchungsmatrix als nicht übertragbar (rot) für Starkregenereignisse bewertet.

Die vorgeschlagene Bewertung und die Begründungen hierzu wurden von allen ExpertInnen geteilt. Es wurde auf die regionale Variabilität der Niederschläge und die noch dünne Datenlage für Starkregenereignisse hingewiesen Zur Verbesserung der Datenlage wurde auch ein Klimazuschlag (Tränckner und Mehl 2017; S. 38) von 15 % für die Dimensionierung wasserwirtschaftlicher Anlagen vorgeschlagen.

4.3.2.8 Übergeordnete Zuständigkeit für die vorläufige Bewertung

Die „übergeordnete Zuständigkeit für die vorläufige Bewertung" liegt bei Flusshochwasser bei den Bundesländern und wird über die Landeswassergesetze geregelt. Dort wird die jeweils zuständige Behörde zur Bewertung der Risikogebiete definiert. Eine solche Zuordnung lässt sich auf Starkregenereignisse übertragen. Allerdings wäre die Zuständigkeit für die Risikogebiete für Starkregen nicht bei den FGE anzusiedeln (s.o.). Bei einer Betrachtung auf Ebene der FGE müssten daher die Landeswassergesetze (LWG) bei der Festsetzung von Risikogebieten in den Ländern berücksichtigt werden. Trotz dieser Einschränkung wurde dieser Aspekt in der Untersuchungsmatrix als gut übertragbar (grün) auf Starkregenereignisse bewertet.

Diese Einschätzung wurde von den ExpertInnen überwiegend geteilt. Im Hinblick auf die Betrachtung kleinräumiger Starkregen, sei die Ebene der FGE, die nicht den Starkregen-Risikogebieten entsprechen, nicht sinnvoll.

4.3.2.9 Dokumentation vergangener Ereignisse

Bei Flusshochwasser sind die Länder oder Landkreise für die „Dokumentation vergangener Ereignisse" zuständig. Bei Starkregen müssten die Variabilität der lokalen Gegebenheiten stärker berücksichtigt werden. Daher ist auch eine stärkere lokale Zuständigkeit der Städte und Gemeinden wichtig. Zur Dokumentation vergangener Starkregenereignisse heißt es gemäß LAWA, dass die Möglichkeit bestehe „[…] absehbar schadensträchtige Starkregenereignisse durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe über die Aktivierung entsprechender COPERNICUS-

Dienste aufzeichnen zu lassen." (LAWA 2017a; S. 8). In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt aufgrund der voraussichtlich unterschiedlichen Zuständigkeiten als nicht übertragbar (rot) bewertet.

Von den drei administrativ-institutionellen Aspekten wurde besonders die „Dokumentation vergangener Ereignisse" diskutiert. Es wurde eine größere Zuständigkeit bei den Kommunen gesehen. Auf der anderen Seite wurde die Erfassung auf übergeordneter Ebene vorgeschlagen, z.B. beim Landratsamt, da mehrere Kommunen betroffen sein können, oder auf Bundesebene, um systematische und vergleichbare Daten zu erhalten. Die Frage nach der Schaffung einer Datenbank fand große Zustimmung. Dabei sollten die Ereignisse und Schäden, möglicherweise mit Problemen an der Infrastruktur, aufgenommen werden. Die Bedenken der ExpertInnen bezogen sich auf das Vorliegen einer rechtlichen Grundlage, die Vorgabe einheitlicher Kriterien, die Pflicht zur Datenaufnahme im Ereignisfall und die vermutlich länderabhängige Qualität der Daten.[44] Insgesamt wird die „Dokumentation vergangener Ereignisse" aufgrund der unterschiedlichen Zuständigkeit weiterhin als nicht übertragbar (rot) gewertet. Für die Erstellung einer Starkregen-Datenbank müsste die Ausgestaltung ausführlich diskutiert werden.

4.3.2.10 Plausibilisierung durch ExpertInnen

Im Rahmen der Überprüfung der vorläufigen Bewertung der Risiken soll für Flusshochwasser eine „Plausibilisierung durch ExpertInnen" erfolgen. Diese fach- und ortskundigen MitarbeiterInnen überprüfen in der vorläufigen Bewertung neue Erkenntnisse und neu aufgetretene Ereignisse (LAWA 2017a; S. 15). Da bei Starkregenereignissen die Teileinzugsgebiete viel kleinräumiger sind als bei Flusshochwasser, ist der Aufwand bei der Plausibilisierung erheblich höher. Demnach ist wahrscheinlich auch die Anzahl benötigter ExpertInnen um einiges größer. Aufgrund dieses Mehraufwands wurde der Aspekt als eingeschränkt übertragbar (gelb) gewertet.

Von den InterviewpartnerInnen wurde die „Plausibilisierung durch Experten" als ein sehr wichtiger Aspekt angesehen. Es wurde darauf hingewiesen, dass für die letzten 30 bis 100 Jahre für Starkregenereignisse zu wenige Daten verfügbar seien und somit die Einschätzung von Experten eine große Bedeutung hätte. Außerdem solle bedacht werden, dass auch Kommunen betroffen sein können, die zuvor mangels Gewässerbezug von der HWRM-RL nicht betroffen waren. Aufgrund der Problematik zur Festlegung von Risikogebieten wurde darauf hingewiesen, dass das gesamte Bundesgebiet betroffen sei und berücksichtigt werden müsse.

4.3.3 Rechtliche Aspekte bei der vorläufigen Risikobewertung

Da Starkregen als generelles Risiko bewertet wird (LAWA 2017b; S. 2), könnten die Instrumente der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos genutzt werden. Die rechtliche Verknüpfung zwischen Risikogebiet und Festsetzung für Hochwasser infolge von Starkregen sei aber diskussionswürdig. Da Starkregenereignisse überall auftreten können, war den ExpertInnen auch die Definition und Abgrenzung von Risikogebieten wichtig. Hierfür werden bundesweit einheitliche Kriterien gefordert.

Zur Anpassung der rechtlichen Regelungen wurde auf den Bedarf einer generellen juristischen Prüfung der Möglichkeit auf Integration von Starkregenereignissen in das WHG hingewiesen. Dieses erfährt nun durch das Hochwasserschutzgesetz II (HWSG II) eine Änderung (BGBl. I S. 2193 2017). Im Rahmen des HWSG II wird in Zukunft § 78d WHG die Ausweisung von Hochwasserentstehungsgebieten ermöglicht. Hierbei handelt es sich um Gebiete, in denen es bei Starkniederschlägen zur Entstehung starker oberirdischer Abflüsse kommen kann, die letztlich zu

[44] Mit dem Sendai-Rahmenwerk haben sich die Staaten weltweit dazu verpflichtet, in den nächsten 15 Jahren durch Vorsorgemaßnahmen die Auswirkungen von Naturkatastrophen zu verringern. Konkret sollen sieben Ziele erreicht werden, unter anderem die Zahl der Todesfälle durch Wetterextreme, Erdbeben und Vulkanausbrüche zu senken sowie ihre volkswirtschaftlichen Schäden zu begrenzen (UNISDR 2015; S. 8f).

Überflutungen führen können. Demnach sieht die deutsche Gesetzgebung zukünftig eine Berücksichtigung von Starkregen als Ursprung von Überschwemmungen vor (BMUB 2017; S. 9f). Damit wird die Problematik von Sturzfluten (Starkregen im Hügelland, vgl. Kapitel 4.1) angegangen, für Starkregen in urbanen, versiegelten Gebieten besteht weiterhin Handlungsbedarf.

Eine interviewte Person war der Meinung, dass eine Übertragbarkeit der Methodik, also das Vorgehen bei Flusshochwasser, auf Starkregen nicht gegeben sei. Sie stützte sich vor allem darauf, dass die vorläufige Bewertung eine Starkregengefahrenkarte (die aufgrund der nicht eingrenzbaren Risikogebiete nicht erstellt werden könne) voraussetze und ohne diese keine Gefährdung dargestellt werden könne.

Weiterhin wurde die Meinung vertreten, dass eine Integration von Starkregen in das WHG generell nicht möglich sei. Eine Anpassung des WHG, um die Überflutungen aus dem Kanalnetz aufzunehmen, wäre nach Ansicht einer interviewten Person jedoch möglich. Es könnte auch an die 2010 wieder abgeschaffte Pflicht zur Erstellung von Abwasserbeseitigungskonzepten angeknüpft werden. Bedenken wurden in Bezug auf die demzufolge zuständigen Landesbehörden geäußert, die für die Siedlungswasserwirtschaft nicht die richtigen und demnach überforderten Ansprechpartner wären. Das Thema Starkregen wurde von einzelnen interviewten ExpertInnen in der Siedlungswasserwirtschaft verortet und damit den Kommunen zugeschrieben. Hierzu erfolgt auch der Einwand, dass von der EU Regelungen zu grenzüberschreitenden Themen erlassen werden und dies im Sinne der Subsidiarität nicht auf die Siedlungswasserwirtschaft zutrifft. Für das Starkregenrisikomanagement sind demnach die EU Mitgliedsstaaten zuständig. Es wurde vorgeschlagen, dazu ein eigenes Instrument zu schaffen, bei dem die Kommunen zuständig sind und sich mit der zuständigen Landesbehörde über die Koordinierung der Planung ins Benehmen zu setzen haben.

4.3.4 Synergien und Hemmnisse des zweiten Bearbeitungsschrittes

Die HWRM-RL enthält verbindliche Angaben über den Inhalt der zu erstellenden Hochwassergefahren- und Risikokarten (§ 74 Abs. 2; 3 WHG gemäß Artikel 6 Absätze 3; 4 HWRM-RL). Nach Auffassung der LAWA handelt es sich dabei um Mindestanforderungen, die allgemein zu erfüllen sind (LAWA 2010a). In der HWRM-RL (Artikel 6 Abs. 3) /WHG (§ 74 Absatz 2) wird festgelegt, dass Hochwassergefahrenkarten für drei Szenarien zu erstellen sind:

- Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit oder Szenarien für Extremereignisse.
- Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit (mit einem Wiederkehrintervall von mindestens 100 Jahre).
- Gegebenenfalls Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit.

Für die jeweiligen Szenarien sollen die Aspekte Ausmaß der Überflutung (Fläche), Wassertiefe bzw. Wasserstand in den Überflutungsgebieten und soweit erforderlich Fließgeschwindigkeit oder der relevante Wasserabfluss angegeben werden. Bei der Erstellung von Starkregengefahrenkarten kommen grundsätzlich verschiedene Vorgehensweisen in Betracht, die sich stark im Hinblick auf die benötigte Datengrundlage, Ergebnisse sowie Aufwand und Schwierigkeitsgrad unterscheiden. Im Wesentlichen lassen sich drei Vorgehensweisen unterscheiden (DWA 2013; S. 9):

- Vereinfachte Gefährdungsabschätzung ohne besonderen EDV-Einsatz.
- Topographische Gefährdungsanalyse mit Hilfe geografischer Informationssysteme.
- Hydraulische Analyse durch Überflutungssimulation.

Bei einer unmittelbaren Anwendung der HWRM-RL auf den Bereich Starkregen kommt lediglich die dritte Alternative (hydraulische Analyse) in Frage, da gemäß Artikel 6 Absatz 4 HWRM-RL die Ausweisung von Wassertiefen im Überflutungsgebiet eine Mindestanforderung an die zu erstellenden Karten darstellt. Vereinfachte Gefährdungsabschätzungen aber auch GIS-gestützte topografische

Analysen liefern hingegen „keine konkreten Angaben zu auftretenden Wasserständen, Wassermengen oder Fließgeschwindigkeiten […]“ (DWA 2013; S. 14). Aus diesem Grund bezieht sich nachfolgende Ausarbeitung von Synergien und Hemmnissen lediglich auf letztere Vorgehensweise (hydraulische Analyse) zur Ermittlung der Überflutungsgefährdung. Die Überflutungssimulation mittels hydraulischer Modelle liefert zudem die aussagekräftigsten Ergebnisse im Hinblick auf Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten, die aus konkreten Niederschlagsbelastungen resultieren und berücksichtigt auch die Wechselwirkungen mit dem Kanalnetz oder Gewässern (DWA 2013; S. 15; Assmann et al. 2012).

Die Hochwassergefahrenkarten bilden die Grundlage für die Hochwasserrisikokarten. Nach § 74 Absatz 4 WHG gemäß Artikel 6 Absatz 5 HWRM-RL müssen sie Angaben zur Anzahl der betroffenen Einwohner, Art der wirtschaftlichen Tätigkeit in den potenziell betroffenen Gebieten, Anlagen gemäß der IVU-Richtlinie (Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) und weitere Informationen, die der Mitgliedsstaat als nützlich betrachtet, etwa Informationen über andere bedeutende Verschmutzungsquellen, enthalten.

Bei dem zweiten Bearbeitungsschritt wichen die Meinungen der ExpertInnen zur Übertragbarkeit auf Starkregen besonders bei der Hydrologie, Topographie, Fließgewässerhydraulik und der Information zur Gefährdung von der ursprünglich im Projektkonsortium erarbeiteten Bewertung ab. Nur eine Abweichung gab es dagegen bei den administrativ-institutionellen Aspekten. Diese führte jedoch nicht zu einer fachlich begründeten Änderung der Bewertung (siehe auch Kap. 4.2.3.3). Die Darstellung in Tabelle 12 entspricht damit der Ausgangsmatrix.

Tabelle 12: Ergebnismatrix zu Hochwassergefahren- und -risikokarten.

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
Hydrologie		
Hydrologische Modelle	Abflussermittlung erfolgt entweder auf der Basis von Pegelstatistiken, ggf. in Verbindung mit einem Regionalisierungsansatz, oder anhand von Niederschlag-Abfluss-Modellen.	Da Starkregenereignissen zu Überflutungen außerhalb des Gewässernetzes führen, kommen lediglich Niederschlag-Abfluss-Modelle in Frage. Die für Flusshochwasser aufgesetzten Niederschlag-Abfluss-Modelle können aufgrund der verwendeten Skala nicht 1:1 auf Starkregen übertragen werden. Ggf. ist auch der Modelloutput nicht ausreichend: Für Starkregen wären räumlich explizite Oberflächenabflüsse notwendig und nicht nur am Gebietsauslass. Zudem sind unterschiedliche Modellansätze für Starkregen und Sturzfluten notwendig.
Niederschlagsdaten	Simulation für ein Einzelereignis/Modellregen oder eine Langzeitsimulation mit nachgeschalteter Extremwertstatistik.	Für die Modellierung von Starkregenereignissen sind Niederschlagsaufzeichnungen (Boden- oder Radarmessungen) oder Niederschlagsgutachten einsetzbar (DWA 2013; S. 10). Es bietet sich auch die rasterbasierte, für ganz Deutschland vorliegende, „Koordinierte Starkniederschlags-

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
		Regionalisierungs-Auswertung“ des DWD (KOSTRA-DWD-2010[45]) an (DWA 2013; S. 10). Im Rahmen der Starkniederschlagsauswertung wurden in Abhängigkeit von verschiedenen Dauerstufen (5 min bis 72 h) und verschiedenen Jährlichkeiten der Niederschläge (1 a bis 100 a) die Niederschlagshöhen (in mm) und -spenden (in l/(s•ha)) berechnet und auf ein deutschlandweites Rasternetz (je Rasterfeld ca. 67 km²) übertragen. Ein Schwachpunkt der KOSTRA-Daten ist, dass sie für kurze Niederschlagsdauern und hohe Jährlichkeiten der Niederschlagsereignisse aufgrund der unzureichenden räumlichen Auflösung für lokale extreme Niederschlagsereignisse als nicht geeignet angesehen werden (DWA 2013). Ein regionaler Ansatz zur Ableitung der Bemessungsniederschläge ist notwendig (LUBW 2016b, Anhang 3 S. 10).
Topographie		
Digitales Geländemodell (DGM)	Für den Flussschlauch werden terrestrisch vermessene Flussprofile herangezogen. Abstand zwischen den Querprofilen sollte 200 Meter nicht überschreiten. Der Talpunkt oder Gewässermittelpunkt soll mittels Tachymeter oder Nivelliergerät (bei kleineren Gewässern) aufgenommen werden.	Informationen können grundsätzlich übernommen werden. Bei kleineren Gewässern, z.B. in Städten, sind 200 Meter Abstand zwischen den Querprofilen nicht ausreichend, da so Richtungsänderungen im Gewässerverlauf und signifikante Änderungen in der Gerinnegeometrie für die hydraulische Modellierung nicht ausreichend erfasst werden.
	Hydraulisch relevante Bauwerke im Wasser (Wehre, Brücken etc.) und am Gewässer (Verdolungen) müssen terrestrisch vermessen werden.	Informationen könnten auch für die Modellierung von Starkregen verwendet werden. Allerdings sind bei Starkregenereignissen deutlich mehr Bauwerke (z.B. hinsichtlich des Volumens) relevant, wie z.B. Entwässerungssysteme, Tiefgaragen oder U-Bahnschächte (DWA 2013; S. 13 ff.). Auch deren Zustand kann von Bedeutung sein (z.B. Vergitterung/Verkrautung). Um diese zu berücksichtigen, wären 3-D Stadtmodelle und Informationen zum

45 DWD 2015

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
		Entwässerungssystem notwendig. Diese sind aber nicht flächendeckend verfügbar bzw. wurden nicht für die Erstellung der bisherigen Hochwassergefahrenkarten verwendet.
	Für das Gewässervorland ist ein DGM mit einer Gitterweite von 2 Metern oder kleiner zu wählen (LAWA 2010a, S. 14).	Eine noch höhere Auflösung wäre für Starkregenereignisse notwendig (LUBW 2016b, S. 23). Aufgrund des großen Einfluss der Mikrotopografie ist selbst eine Gitterweite von 1 Meter fraglich, da bereits Bordsteine oder kleine Mauern eine wichtige Rolle spielen können. Diese müssten terrestrisch vermessen werden (analog zu hydraulisch relevanten Bauwerken). Dies ist mit einem hohen Arbeits- und Kostenaufwand verbunden. Fraglich ist, ob dies flächendeckend leistbar ist.
Bodenbedeckung		
Rauheit der Geländeoberfläche	Abgeleitet aus ATKIS oder CORINE Daten und belegt mit Beiwerten aus der einschlägigen Fachliteratur. Manuelle Ergänzung im Bereich der Uferböschung anhand von Orthofotos empfohlen. In schwierigen Bereichen sind Ortsbegehungen unverzichtbar. Bei 2D-Modellierung können auch Gebäudeumrisse in das Modell integriert werden oder über die Rauigkeit im Modell abgebildet werden (LAWA 2010a, S. 14f.).	Ableitung der Rauheitswerte aus ATKIS wäre übertragbar. CORINE Daten verfügen nicht über den notwendigen Detailgrad. Aufgrund des erforderlichen höheren Detailgrads der Modellierung und der Verwendung von 2D-Modellen bei Starkregen ist davon auszugehen, dass erheblich mehr Ortsbegehungen in schwierigen Bereichen notwendig wären (z.B. Tiefgaragen). Dies ist mit einem deutlichen Mehraufwand verbunden.
Fließgewässer-hydraulik		
Hydraulische Modelle	In Abhängigkeit der topographischen Begebenheiten: Verwendung von stationären 1D- oder stationären bzw. instationären 2D-Modellen (LAWA 2010a, S. 15).	Aufgrund der komplexeren Fließcharakteristik ist die Verwendung von gekoppelten instationären 2D-Modellen notwendig und üblich (siehe z.B. LUBW 2016b, S. 11). Die für die Flusshochwasser aufgesetzten Modelle sind aufgrund des niedrigeren Detailgrades nicht übertragbar. Die hydraulische Modellierung müsste für Starkregen komplett neu aufgesetzt werden und ist aufgrund des benötigten Detailgrads und der Komplexität mit sehr hohem Aufwand sowie einer hohen Rechenkapazität verbunden.

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
Szenarien		
Verwendete Szenarien (§ 74 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 3 HWRM-RL)	Mit folgenden Eintrittswahrscheinlichkeiten müssen Szenarien berechnet werden: hohe Wahrscheinlichkeit mittlere Wahrscheinlichkeit (HQ 100) niedrige Wahrscheinlichkeit oder Extremereignisse	Eine Einteilung in drei Intensitätsszenarien ist grundsätzlich sinnvoll und gebräuchlich. In Baden-Württemberg wurden die Szenarien „selten“, „außergewöhnlich“ und „extrem“ errechnet (LUBW 2016b, S. 11). Die Kategorisierung der Szenarien hängt dabei von der Jährlichkeit des betrachteten Niederschlagsereignisses und der gewählten Dauerstufe ab. In BaWü wurden gewählt: seltenes Oberflächenabflussereignis: 30-jährlicher Niederschlag (Dauer 1 h) außergewöhnliches Oberflächenabflussereignis: 100-jährlicher Niederschlag (Dauer 1 h) extremes Oberflächenabflussereignis: (128 mm in 1 h) Die Szenarien wurden jeweils anhand definierter Bodenverhältnisse modifiziert. Aufgrund des lokal nicht prognostizierbaren Wettergeschehens und mangels verlässlicher Methoden zur Abschätzung der räumlichen Abgrenzung und Auftretungswahrscheinlichkeit kann für einen spezifischen Ort derzeit die Eintrittswahrscheinlichkeit des Oberflächenabflusses statistisch nicht hinreichend abgesichert werden (LAWA 2017a; S. 8). Bei der Verwendung von KOSTRA-Daten ist die Belastbarkeit der statistischen Jährlichkeiten von Radardaten fraglich. Die Ableitung eines 100-jährlichen Ereignisses nach § 74 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 3 HWRM-RL ist somit nicht möglich und wäre auch vor dem Hintergrund der rechtlichen Folgen auf der Grundlage der derzeitigen Kenntnisse umstritten.
Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung der Karten (Artikel 14 Abs. 4 HWRM-RL)	Bereits beobachtete Veränderungen des Klimas sind in den Beobachtungsdaten enthalten. Bei der Überarbeitung der Gefahren- und Risikokarten müssen die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels nicht obligatorisch berücksichtigt werden.	Bereits beobachtete Veränderungen des Klimas sind in den Beobachtungsdaten enthalten. Voraussichtliche Klimafolgen müssen gemäß Artikel 14 Abs. 4 HWRM-RL bei der Aktualisierung der Karten nicht berücksichtigt werden.

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
Informationen zur Gefährdung		
Darstellung in Gefahrenkarte (§ 74 Abs. 3 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 4 HWRM-RL)	In den Gefahrenkarten muss das Ausmaß der Überflutung, die Wassertiefe sowie ggf. die Fließgeschwindigkeit oder der relevante Wasserabfluss dargestellt werden.	Verfahren übertragbar.
Informationen zum Risiko		
Anzahl betroffener EinwohnerInnen (§ 74 Abs. 4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5a HWRM-RL)	Ermittlung durch Verschneidung von Einwohnerzahlen pro Gemeinde und Daten der Flächennutzung (ATKIS).	Verfahren übertragbar.
Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten (§ 74 Abs. 4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5b HWRM-RL)	Ableitung von 5 Klassen aus den Objektarten der ATKIS-Basis-DLM Daten: - Wohnbauflächen und Flächen gemischter Nutzung - Industrieflächen und Flächen besonderer funktionaler Prägung Alle Objektarten des Themas Verkehr Landwirtschaft, Wald Alle Objektarten des Themas Gewässer, von denen eine Gefahr ausgeht Alle übrigen Objektarten	Verfahren übertragbar.
IVU-Anlagen (§ 74 Abs. 4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5c HWRM-RL)	Darstellung der Standorte von IVU-Anlagen gemäß Anhang I der IVU-Richtlinie[46] in Überschwemmungsgebieten.	Verfahren übertragbar.
Schutzgebiete (§ 74 Abs. 4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5c HWRM-RL)	Darstellung von Gebieten, die für die Entnahme von Wasser für den menschlichen Gebrauch ausgewiesen wurden, Erholungs- und Badegewässer sowie FFH[47] und Vogelschutzgebiete (gemäß Artikel 7; Anhang IV Nr. 1 Ziffern i, iii, v WRRL).	Verfahren übertragbar.
Weitere	Darstellung von Kulturgütern oder	Verfahren übertragbar.

46 Richtlinie 96/61/EG

47 FFH=Fauna-Flora-Habitat

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
Informationen (§ 74 Abs. 4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5d HWRM-RL)	anderen als nützlich betrachteten Informationen ist gemäß der HWRM-RL optional und kann entsprechend der örtlichen Erfordernisse erfolgen.	
Administrativ-Institutionelle Aspekte		
Zuständigkeit und Finanzierung der Erstellung der Gefahren- und Risikokarten (§ 74 Abs. 1 WHG)	Gemäß § 74 Abs. 1 WHG erstellen die „zuständigen Behörden“ die Gefahren- und Risikokarten. Welche Behörden tatsächlich zuständig sind, wird im jeweiligen Landesrecht geregelt und unterscheidet sich zwischen den Ländern. In NRW sind gemäß § 74 Abs. 1, 2 WHG i.V.m. Ziff. 20.1.32 ZustVU NRW[48] die Bezirksregierungen für die Erstellung der Gefahren- und Risikokarten zuständig. In BaWü gemäß § 74 Abs. 1, 2 WHG i.V.m. § 83 Abs. 1 Satz 3 WG die Flussgebietsbehörden (= Regierungspräsidien).[49]	Zuständigkeit und Finanzierung grundsätzlich übertragbar. Zuweisung der Zuständigkeit auf die kommunale Ebene erscheint sinnvoll.
Durchführung der Modellierung	Vergabe an kompetente Ingenieurbüros nach Ausschreibung und Leistungskatalogen.	Könnte analog erfolgen. Auf Starkregen spezialisierte Ingenieursbüros vorhanden, aber auch Büros, die sowohl Flusshochwasser- und Starkregenmodellierung anbieten.
Inhaltsgestaltung der Gefahren- und Risikokarten	Empfehlungen der LAWA (LAWA 2010a) für die Gestaltung der Gefahren- und Risikokarten.	Empfehlungen zur inhaltlichen Gestaltung der Karten (Farbschemata, Legenden etc.) der Gefahren- und Risikokarten können grundsätzlich übernommen werden. Diese wurden allerdings auch bei Flusshochwassern im ersten Zyklus nicht einheitlich angewendet (Petrow und Thieken 2015; S. 95). Lediglich die Klasseneinteilung der Wassertiefen (0-0,5m; 0,5-1m; 1-2m; 2-4m; >4m) erscheint zu niedrig aufgelöst. Gerade im niedrigen Bereich (0-1m) erscheint bei Starkregenereignissen eine höhere vertikale Auflösung

48 Praxisleitfaden Hochwasser und Überflutungsschutz der Kommunalagentur NRW

49 Wassergesetz für Baden-Württemberg

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
		wünschenswert: Baden-Württemberg empfiehlt beispielsweise die folgenden Klassen für Starkregengefahrenkarten: 5cm-10cm, 10cm-50cm; 50cm – 100cm; >100cm (LUBW 2016b, S.27ff.). Bei Starkregen sind Fließrichtung/-geschwindigkeit wichtig (s.o.).
Veröffentlichung der Karten (Artikel 10 Abs.1 HWRM-RL)	Die Mitgliedsstaaten ermöglichen der Öffentlichkeit Zugang zu den Karten, vorzugsweise über das Internet.	Übertragbarkeit gegeben (siehe z.B. Starkregengefahrenkarten für die Glems)
Maßstab (§ 74 Abs. 1 WHG gemäß HWRM-RL Artikel 6 Absatz 1)	Geeigneten Maßstab wählen, meist zwischen 1:2.500 bis 1:10.000.	Der benötigte Maßstab hängt von der Nutzung der Karten ab. Als Information für die Öffentlichkeit scheint der bisherige Maßstab ausreichend, für bestimmte Fachanwendungen (z.B. Katastrophenschutz) jedoch nicht, da bereits kleinräumige Elemente entscheidend sein können.

Bei den Hochwassergefahren- und -risikokarten wurden die Aspekte „Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung“, „Darstellung in der Gefahrenkarte“, „Informationen zum Risiko“ (fünf Aspekte), „Zuständigkeit und Finanzierung der Erstellung der Gefahren- und Risikokarten“, „Durchführung der Modellierung“, „Veröffentlichung der Karten“ und „Maßstab“ als übertragbar bewertet.

Die Aspekte „Hydrologische Modellierung“, „Digitales Geländemodell“ (mit drei Teilaspekten), „Rauheit der Geländeoberfläche“ und „Inhaltsgestaltung der Gefahren- und Risikokarten“ wurden als grundsätzlich übertragbar eingeschätzt; es bestehen jedoch methodische Unterschiede und/oder ein erhöhter Aufwand ist erforderlich.

Als nicht übertragbar wurden die Aspekte „Niederschlagsdaten“, „hydraulische Modelle“ und „verwendete Szenarien“ betrachtet. Hier wäre ein nicht leistbarer Aufwand nötig, und es bestehen erhebliche methodische Unterschiede zwischen der Betrachtung von Flusshochwasser und Starkregenereignissen.

Im Folgenden werden die Meinungen der ExpertInnen zu den einzelnen Aspekten der Hochwassergefahren- und -risikokarten dargestellt.

4.3.4.1 Hydrologische Modellierung

Die „hydrologische Modellierung“ für die Hochwassergefahren und –risikokarten erfolgt entweder auf Basis von Pegelstatistiken (ggf. in Verbindung mit einem Regionalisierungsansatz) oder anhand von Niederschlag-Abfluss-Modellen (LAWA 2010a). Bei einer Übertragung auf Starkregen können nur Niederschlag-Abfluss-Modelle genutzt werden, weil es bei Starkregenereignissen zu Überflutungen außerhalb des Gewässernetzes kommt und daher die Skala von Flusshochwasser nicht ohne weiteres auf Starkregen übertragen werden kann. Zudem sind räumlich explizite Oberflächenabflüsse notwendig und nicht nur ein Wert am Gebietsauslass. Auch für Starkregen und Sturzfluten wären zwei unterschiedliche Modellansätze erforderlich. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt daher als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet.

Einige ExpertInnen waren der Meinung, dass ein einfacher Ansatz ohne eine Niederschlags-Abfluss-Modellierung ausreichend wäre, da das Einzugsgebiet überschaubar sei. Andere hielten einen detaillierter Ansatz für erforderlich, da sich z. B. über die Bordsteinhöhe ein Unterschied im Fließverhalten ergeben könne. Wie im Abschnitt 3.2.3 aufgeführt, kommt bei einer direkten Anwendung der HWRM-RL auf Starkregen aufgrund der Mindestanforderungen nur eine detailliert hydraulische Modellierung in Betracht. Auch wurde angemerkt, dass es schwer und mit einem hohen Aufwand verbunden sei, kleinräumige Ereignisse abzubilden. Zudem seien in der Natur Oberflächenabfluss und Flusshochwasser nur schwer trennbar.

4.3.4.2 Niederschlagsdaten

Die für die Modellierung verwendeten „Niederschlagsdaten" können über die Simulation von Einzelereignissen bzw. Modellregen oder eine Langzeitsimulation mit nachgeschalteter Extremwertstatistik gewonnen werden. Für Starkregenereignisse sind Niederschlagsaufzeichnungen (Boden- oder Radarmessungen) oder Niederschlagsgutachten einsetzbar (DWA 2013; S. 10). Weiterhin könnten die rasterbasierte, für ganz Deutschland vorliegende, „Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertung" des DWD (KOSTRA-DWD-2010 (DWD 2015) an (DWA 2013; S. 10) verwendet werden. Ein Schwachpunkt der KOSTRA-Daten ist allerdings, dass sie für kurze Niederschlagsdauern und hohe Jährlichkeiten der Niederschlagsereignisse aufgrund der unzureichenden räumlichen Auflösung für lokale extreme Niederschlagsereignisse als nicht geeignet angesehen werden (DWA 2013). Ein regionaler Ansatz zur Ableitung der Bemessungsniederschläge ist demnach notwendig (LUBW 2016b, Anhang 3 S. 10). Aufgrund der methodischen Unterschiede und der Datenlage wurde der Aspekt in der Untersuchungsmatrix als nicht übertragbar (rot) bewertet.

Einige InterviewpartnerInnen meinten, dass die Grundlagendaten und die Auflösung von KOSTRA nicht ausreichend seien, da Ereignisse durch das Raster der Bodenstationen fallen und qualitative Aussagen aus Radardaten noch nicht belastbar seien. Dies zeige sich in der großen Spanne zwischen den KOSTRA-Daten und der Realität. Als Vorschlag wurde ein gebietsspezifischer bzw. rationalisierter Niederschlag genannt und auf den Starkregenindex (siehe 4.3.4.6) hingewiesen.

4.3.4.3 Digitales Geländemodell

Eine genaue hydraulische Berechnung der Hochwassergefährdung setzt eine exakte Aufnahme der Topographie voraus (LAWA 2010a).

Für den Flussschlauch werden terrestrisch vermessene Flussprofile herangezogen. Der Abstand zwischen den Querprofilen sollte 200 Meter nicht überschreiten. Dies ist bei kleinen Gewässern in Städten nicht ausreichend, um wichtige Änderungen im Gewässerverlauf und der Gerinnegeometrie zu erfassen. In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt daher als eingeschränkt übertragbar (gelb) gewertet.

Es wurde angemerkt, dass eine terrestrische Vermessung zur Aufnahme der Senken und potenziellen Risikogebiete erforderlich sei. Dafür sei jedoch keine 1D/2D-Modellierung erforderlich. Eine Erfassung der Gewässer sei nicht notwendig, da diese Information schon in den HWGK enthalten ist. Eine andere interviewte Person war dagegen der Meinung, dass die Vermessung der Gewässer wichtig sei, um die Folgen von Starkregen ableiten zu können.

Um ein vollständiges Modell zu erhalten, müssen auch die hydraulisch relevanten Bauwerke im Wasser (Wehre, Brücken etc.) und am Gewässer (Verdolungen) terrestrisch vermessen werden.

Grundsätzlich kann dies auf Starkregenereignisse übertragen werden, es sind allerdings deutlich mehr Bauwerke relevant. Diese sind u. a. Entwässerungssysteme, Tiefgaragen oder U-Bahnschächte (DWA 2013; S. 13 ff). Um solche Strukturen berücksichtigen zu können, ist ein 3D-Stadtmodell nötig.

Nach Meinung der ExpertInnen sollten hydraulisch relevante Bauwerke berücksichtigt werden, sie seien jedoch anders als bei Flusshochwasser zu definieren. Zudem sei eine Bearbeitung (z. B.

Durchfahrten, Unterführungen, Brücken) des DGM notwendig, um die Genauigkeit in der Modellierung (Konnektivität) zu gewährleisten. Die Strukturen sollten dennoch nicht zu kleinteilig sein, da sonst der Rechenaufwand nicht mehr geleistet werden könne. Hierzu müsse ein neuer Anforderungskatalog für Starkregen geschaffen werden. Auch die Qualität der Daten müsse berücksichtigt werden.

Die Gitterweite für ein DGM des Gewässervorlandes bei Flusshochwasser ist mit 2 Metern oder kleiner zu wählen (LAWA 2010a, S. 14). Nach LUBW (LUBW 2016b) ist für Starkregen eine noch höhere Auflösung notwendig. Möglicherweise ist ein 1x1m-Raster nicht ausreichend, um die Auswirkungen sehr kleiner Strukturen, wie Bordsteine und kleine Mauern, abzubilden. Da diese auch terrestrisch vermessen werden müssten, wäre dies mit einem hohen Arbeits- und Kostenaufwand verbunden. In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt daher als eingeschränkt übertragbar (gelb) gewertet.

Die ExpertInnen gaben zu bedenken, dass bei einer hohen Auflösung je nach Gebietsgröße die Grenzen der Rechenleistung erreicht werden könnten und teurer seien. Sie halten eine höhere Auflösung für sinnvoll. Bei der Anwendung für ein kleines Gebiet (Stadtteil) konnten sie aus Erfahrung von guten Ergebnissen berichten.

Insgesamt wird das „Digitales Geländemodell“ in allen drei Teilaspekten als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet. Es sollten auch die aufgeführten Anmerkungen berücksichtigt werden.

4.3.4.4 Rauheit der Geländeoberfläche

Für Flusshochwasser kann die „Rauheit der Geländeoberfläche“ aus ATKIS[50] oder CORINE[51] Daten abgeleitet und mit Beiwerten aus der Literatur belegt werden. Je nach Bereich sind manuelle Ergänzungen erforderlich und Ortsbegehungen unverzichtbar. Werden 2D-Modellierung verwendet, können auch Gebäudeumrisse integriert oder über die Rauigkeit im Modell abgebildet werden (LAWA 2010a, S. 14f.). Bei einer Übertragung auf Starkregenereignisse kommt nur die Ableitung der Rauheitswerte aus ATKIS in Frage, da der Detailgrad der CORINE Daten nicht ausreichend ist. Durch die Nutzung von 2D-Stadtmodellen und einem höheren Detailgrad werden wahrscheinlich auch deutlich mehr Ortsbegehungen in schwierigen Bereichen nötig. Da so ein deutlicher Mehraufwand entsteht, wurde dieser Aspekt in der Untersuchungsmatrix als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet.

Die meisten ExpertInnen stimmten der vorgelegten Bewertung zu. Es wurde angemerkt, dass die bei Flusshochwasser verwendete Rauheit nicht direkt auf Starkregen übertragen werden könne, da derEinfluss der Rauheit mit abnehmender Überstautiefe im Verhältnis zunehme. Bei Starkregen würden häufig nur kleine Fließtiefen erreicht, eine fließtiefenabhängige Rauhigkeitsbelegung sei daher zu diskutieren. Da die Rauheit im urbanen Gebiet insgesamt homogener sei als im Gelände, sei es dagegen fraglich, ob dieser Aspekt notwendig sei. Wichtig war es anderen ExpertInnen, die Ortsbegehungen nicht einzusparen. Durch diese sei es möglich, das DGM zu überprüfen und Details, wie Durchfahrten, die einen Einfluss auf das Fließverhalten haben, aufzunehmen.

4.3.4.5 Hydraulische Modelle

Durch die Verwendung von „hydraulischen Modellen“ werden die Wasserstände und Ausuferungen bei Flusshochwasser ermittelt. Dies erfolgt in Abhängigkeit der topographischen Gegebenheiten durch stationäre 1D- oder stationäre bzw. instationäre 2D-Modelle (LAWA 2010a). Bei Starkregenereignissen sind durch die komplexe Fließcharakteristik gekoppelte instationäre 2D-Modelle, wie sie auch schon verwendet werden, notwendig (LUBW 2016b). Der Detailgrad der für Flusshochwasser aufgesetzten Modelle ist allerdings zu gering, daher müssten die Modelle komplett

50 Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem

51 Coordination of Information on the Environment

neu aufgesetzt werden. Dies wäre mit einem hohen Aufwand und einer hohen Rechenleistung verbunden. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt daher als nicht übertragbar (rot) bewertet.

Es wurde darauf hingewiesen, dass für Starkregenereignisse eine andere Methodik mit einem anderen Schwerpunkt in Modellen und einem höheren Detailgrad erforderlich sei. Eine gekoppelte Oberflächenabflussmodellierung sei mit einem hohen rechnerischen Aufwand und viel Datenaufbereitung verbunden, wurde jedoch als notwendig angesehen. Aufgrund des großen rechnerischen Aufwandes wurde vorgeschlagen, eine hydraulische Modellierung in diesem Umfang nur für kleine Gebiete durchzuführen. Dies wirft wiederum die Frage nach der Abgrenzung potenzieller Risikogebiete auf (siehe Abschnitt 4.3.2).

4.3.4.6 Verwendete Szenarien

Nach § 74 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 3 HWRM-RL müssen Szenarien mit folgenden Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnet werden: hohe Wahrscheinlichkeit, mittlere Wahrscheinlichkeit (HQ 100), niedrige Wahrscheinlichkeit oder Extremereignisse. Eine Einteilung in drei Intensitätsszenarien ist auch bei Starkregen grundsätzlich sinnvoll und gebräuchlich. In Baden-Württemberg wurden die Szenarien „selten“, „außergewöhnlich“ und „extrem“ errechnet (LUBW 2016b, S. 11). Die Kategorisierung der Szenarien hängt dabei zum einen von der Jährlichkeit des betrachteten Niederschlagsereignisses und der gewählten Dauerstufe ab. In Baden-Württemberg wurden gewählt (LUBW 2016b):

- seltenes Oberflächenabflussereignis: 30-jährlicher Niederschlag (Dauer 1 h)
- außergewöhnliches Oberflächenabflussereignis: 100-jährlicher Niederschlag (Dauer 1 h)
- extremes Oberflächenabflussereignis (128 mm in 1 h)

Die Szenarien wurden jeweils anhand definierter Bodenverhältnisse modifiziert. Aufgrund des lokal nicht prognostizierbaren Wettergeschehens und mangels verlässlicher Methoden zur Abschätzung der räumlichen Abgrenzung und Auftretungswahrscheinlichkeit kann für einen spezifischen Ort derzeit die Eintrittswahrscheinlichkeit des Oberflächenabflusses statistisch nicht hinreichend abgesichert werden (LAWA 2017a; S. 8).

In den KOSTRA-Daten werden noch keine Radardaten verwendet. Dies könnte, obwohl die Belastbarkeit der statistischen Jährlichkeiten von Radardaten noch fraglich ist, nicht nur für Starkregenszenarien sondern auch im Hinblick auf Warnungen vor Starkregenereignissen sinnvoll sein (LUBW 2016b; Weigl et al. 2013)

Die Ableitung eines 100-jährlichen Ereignisses gemäß Artikel 6 Abs. 3 HWRM-RL ist somit nicht möglich und ist auch vor dem Hintergrund der rechtlichen Folgen auf der Grundlage der derzeitigen Kenntnisse umstritten. Aufgrund der großen methodischen Unterschiede wurde der Aspekt in der Untersuchungsmatrix als nicht übertragbar (rot) bewertet.

Außer einer interviewten Person stimmten die ExpertInnen der vorgelegten Bewertung zu. Es sei zudem problematisch, dass die Wahrscheinlichkeiten bei Flusshochwasser als hohe/mittlere/niedrige Wahrscheinlichkeit und bei Starkregen als Ereignis, das selten/außergewöhnlich/extrem ist, bezeichnet werden. Dies sorgt in der Kommunikation der Ereignisse für Verwirrung. Abhängig von den Eigenschaften des Einzugsgebietes könnten verschiedene Niederschlagsdauerstufen als maßgeblich bzw. kritisch zu betrachten sein. Als Vorschlag wurde die Bezeichnung nach dem Starkregenindex[52] genannt oder nur die Betrachtung von Extremereignissen und der

[52] Vorschlag von Schmitt (2014) nach Grisa zur Klassifizierung von Starkregen nach Wiederkehrzeiten mittels der Zuordnung von Indizes (DWA 2013; S. 9). Es werden sieben Starkregenindizes verwendet, die zu mehr Verständlichkeit

Gefahrenintensität (Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit). Ein anderes Vorgehen wäre, sich an den KOSTRA-Daten zu orientieren und diese Werte um den Faktor 2 oder 4 zu erhöhen, um über bereits erfolgte Ereignisse hinauszugehen.

4.3.4.7 Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung

Bei der Aktualisierung ist der Klimawandel gemäß Artikel 14 Absatz 4 HWRM-RL zu berücksichtigen. Bereits beobachtete Veränderungen des Klimas sind in den Beobachtungsdaten, z.B. Niederschlag, Abfluss enthalten. Bei der Überarbeitung der Hochwassergefahren- und Risikokarten müssen die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels nichtobligatorisch berücksichtigt werden. Das Vorgehen ist für Starkregenereignisse übertragbar. Auch hier sind bereits beobachtete Veränderungen in den Beobachtungsdaten enthalten. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt daher als übertragbar (grün) bewertet. Der vorgelegten Bewertung stimmten die InterviewpartnerInnen zu.

4.3.4.8 Darstellung in der Gefahrenkarte

Nach § 74 Absatz 4 WHG gemäß Artikel 6 Absatz 5a HWRM-RL muss in den Hochwassergefahrenkarten das Ausmaß der Überflutung, die Wassertiefe sowie ggf. die Fließgeschwindigkeit oder der relevante Wasserabfluss dargestellt werden. Diese Vorgaben lassen sich auf Starkregengefahrenkarten übertragen. Inwieweit Fließrichtung und -geschwindigkeit berücksichtigt werden sollten, ist zu diskutieren. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt als übertragbar (grün) bewertet.

Da bei der Modellierung von Starkregen bzw. dem resultierenden Oberflächenabfluss viele Randbedingungen (z.B. Bodenfeuchte, Infiltrationsvermögen) angenommen würden und dies nicht für das gesamte Bundesgebiet gemacht werden könnte, wurde das Vorgehen zur „Darstellung in der Gefahrenkarte“ von wenigen ExpertInnen als nicht übertragbar angesehen. Nach Meinung aller sollten Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung abhängig von der Topographie in den Karten dargestellt werden. Weiterführend wurde die Einführung von Schwellenwerten für die Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe, bei der es zu einer Gefahr für Leib und Leben kommen kann, genannt.[53] Insgesamt wird

---

in der Kommunikation beitragen sollen (DWA 2013; S. 34). Die Wiederkehrintervalle orientieren sich an den Anliegen „Bemessung“, „Überstaufreiheit“ und „Überflutungsschutz“. Es wird auf die Unterscheidung nach Dauerstufen verzichtet. Der „Überflutungsschutz“ bezieht sich auf die Starkregenindizes 6 (Wiederkehrintervall eines Starkregenereignisses mit T = 50) und 7 (Wiederkehrintervall eines Starkregenereignisses mit T = 100) (Schmitt 2014; S. 685). Hier ist besonders die Starkregenvorsorge relevant, da zu diesen Stärken technisch und wirtschaftlich kein Schutz geleistet werden kann.

In den letzten Jahren wurde ein neuer Ansatz zum Starkregenindex (SRI) entwickelt. Der SRI ist feiner abgestuft und wird unter der Verwendung einer einheitlichen, ortsbezogenen Methodik zur Charakterisierung von Starkregen erstellt. Die 12 Indizes werden in Abhängigkeit der Wiederkehrzeit und unter der Berücksichtigung von präzisierten Erhöhungsfaktoren zugeordnet. Für die neue Bewertung wurden die Kategorien „Starkregen“ (SRI 1 und 2), „intensiver Starkregen“ (SRI 3 bis 5), „außergewöhnliche Starkregen“ (SRI 6 und 7) und „extremer Starkregen“ für die neuen SRI 8 bis 12 eingeführt (Schmitt et al. 2018).

[53] Verschiedene Studien haben herausgefunden, dass für ältere Menschen und Kinder eine Wassertiefe von 0,5 m und bei Erwachsenen von 1,2 m bereits bei kaum vorhandener Fließgeschwindigkeit zu großer Gefahr werden kann (Russo et al. 2013; S. 262; Smith 2015; S. 7; Cox et al. 2010; S. 16). Da Russo et al. 2013; S. 252 davon ausgehen, dass sich urbane Überflutungen häufig durch niedrige Überflutungstiefen und sehr hohe Fließgeschwindigkeiten auszeichnen (bis zu 3-4 m/s aufgrund der geringen Oberflächenrauheit), haben sie die Gefährdung bei 9 bis 13 cm Wassertiefe untersucht. Hierbei wurde deutlich, dass eine Geschwindigkeit von 1,51 m/s zu einer geringen, 1,56 m/s zu einer mittleren und 1,88

der Aspekt „Darstellung in der Gefahrenkarte“ daher weiterhin als übertragbar (grün) bewertet. Es sollten jedoch die aufgeführten Anmerkungen berücksichtigt werden.

4.3.4.9 Informationen zum Risiko

Die fünf Teilaspekte der „Information zum Risiko“ (§ 74 Abs. 4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5 HWRM-RL) in den Hochwasser–risikokarten, dargestellt in der Untersuchungsmatrix, werden hier gemeinsam betrachtet.

Dazu gehört die „Anzahl der betroffenen EinwohnerInnen“. Diese kann durch die Verschneidung von Einwohnerzahlen pro Gemeinde und Daten der Flächennutzung aus dem ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) ermittelt werden. Die „Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten“ wurde von fünf Klassen aus den Objektdaten des ATKIS-Basis-DLM abgeleitet. Die Klassen sind Wohnbauflächen und Flächen gemischter Nutzung, Industrieflächen und Flächen besonderer funktionaler Prägung, alle Objektarten des Themas Verkehr, Landwirtschaft, Wald, alle Objektarten des Themas Gewässer (von denen eine Gefahr ausgeht) und alle übrigen Objektarten. Außerdem sollen die Standorte der „IVU-Anlagen“ gemäß Anhang I der IVU-Richtlinie[54] in Überschwemmungsgebieten dargestellt werden. Wichtig ist auch die Darstellung der „Schutzgebiete“, die für die Entnahme von Wasser für den menschlichen Gebrauch ausgewiesen wurden, Erholungs- und Badegewässer sowie FFH (Fauna-Flora-Habitat) und Vogelschutzgebiete (gemäß Artikel 7; Anhang IV Nr. 1 Ziffern i, iii, v WRRL). Zusätzlich werden „weitere Informationen“ wie Kulturgüter oder andere als nützlich betrachteten Informationen gemäß der HWRM-RL berücksichtigt. In der Untersuchungsmatrix wurden alle Teilaspekte als gut übertragbar (grün) auf Starkregen bewertet.

Das Vorgehen, das für die „Informationen zum Risiko“ für Flusshochwasser angewendet wurde, hielten, bis auf eine interviewte Person, alle für übertragbar auf Starkregen.

Fast alle ExpertInnen stimmten der vorgelegten Bewertung der Teilaspekte zu. Jedoch solle nicht nur die „Anzahl der betroffenen EinwohnerInnen“, sondern das Schutzgut Mensch auch spezieller berücksichtigt werden. Zu der „Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten“ wurde ein objektspezifischer Ansatz vorgeschlagen, bei dem ein größerer Fokus auf Objektebene und Funktionalitäten liegt. Zusätzlich sollten mehr Kritische Infrastrukturen (wie Kindergärten, Knotenpunkte für Energie, wichtige Kreuzungen, ...) aufgenommen werden. Eine andere Meinung war, dass diese Punkte nicht auf Starkregenereignisse übertragbar sei, da, wie unter 4.3.4.8 beschrieben, eine Kartendarstellung nicht möglich sei. Es sei denn, man wähle als Kulisse das gesamte Bundesgebiet mit unzähligen Varianten der Bodenbeschaffenheit, was jedoch nicht zielführend und finanzierbar wäre.

4.3.4.10 Zuständigkeit und Finanzierung der Erstellung der Gefahren- und Risikokarten

Gemäß § 74 Abs. 1 WHG erstellen die „zuständigen Behörden“ die Hochwassergefahren- und Risikokarten. Welche Behörden tatsächlich zuständig sind, wird im jeweiligen Landesrecht geregelt und unterscheidet sich zwischen den Ländern. In Nordrhein-Westfalen sind z. B. gemäß § 74 Abs. 1, 2 WHG i.V.m. Ziff. 20.1.32 ZustVU NRW[55] die Bezirksregierungen für die Erstellung der

---

m/s zu einer hohen Gefährdung führe. Bei Kindern wird ab einem Wert von 0,4 m^2/s von einer Gefährdung ausgegangen, bei Erwachsenen liegt die Grenze bei 0,6-1,2 m^2/s (Cox et al. 2010; S. 19).

54 Richtlinie 96/61/EG

55 Praxisleitfaden Hochwasser und Überflutungsschutz der Kommunalagentur NRW

Hochwasserefahren- und Risikokarten zuständig. In Baden-Württemberg sind es dagegen gemäß § 74 Abs. 1, 2 WHG i.V.m. § 83 Abs. 1 Satz 3 WG die Flussgebietsbehörden (= Regierungspräsidien)[56]. Dieser Punkt kann auf Starkregenereignisse übertragen werden, jedoch könnte hier die Zuweisung der Zuständigkeit auf kommunale Ebene sinnvoll sein. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt daher als übertragbar (grün) gewertet.

Der vorgelegten Bewertung stimmten die InterviewpartnerInnen überwiegend zu. Zur Zuständigkeit wurde vorgeschlagen, diese je nach Bundesland zu regeln (so wie es für Flusshochwasser besteht) oder je nach Flächeneigentümer. Die Zuständigkeit solle bei den Ländern liegen, um ein gleiches Vorgehen (Modell usw.) und einheitliche Grundlagen zu gewährleisten. Die Einschätzung der Lage von Risikogebieten soll unter Berücksichtigung der regionalen Gegebenheiten in den Kommunen erfolgen. Die meisten ExpertInnen sprachen sich für die Koordination durch die Länder und die Ausführung durch die Kommunen aus. Dazu müsse in den Kommunen jedoch auch das nötige Wissen zum Thema Starkregen vorhanden sein. Insgesamt wird der Aspekt „Zuständigkeit und Finanzierung“ als übertragbar (grün) bewertet.

4.3.4.11 Durchführung der Modellierung

Nach Ausschreibung und Leistungskatalogen erfolgt die Vergabe zum Auftrag der „Durchführung der Modellierung“ der Gefahren- und Risikokarten für Flusshochwasser an kompetente Ingenieurbüros. Das Vergabeverfahren könnte für die Modellierung bei Starkregen analog erfolgen. In Betracht kommen auf Starkregen spezialisierte Ingenieurbüros oder Büros, die sich mit beiden Themen beschäftigen. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt daher als übertragbar (grün) gewertet.

Die ExpertInnen stimmten der vorgelegten Bewertung zu. Es sei aber notwendig, einheitliche Vorgaben zur Modellierung zu erstellen und die Koordination zwischen den Ländern zu verstärken. Es gab Bedenken, dass die Anzahl der Ingenieurbüros mit dieser Fachkompetenz für eine flächendeckende Bearbeitung nicht ausreichen könnte. Zumal in Behörden entsprechendes Fachwissen meist nicht vorhanden sei und diese die Modellierung, auch aus Zeitgründen, nicht übernehmen könnten. Außerdem solle bei der Vergabe darauf geachtet werden, dass auch im Bereich Starkregenrisikomanagement Kompetenzen bestehen.

4.3.4.12 Inhaltsgestaltung der Gefahren- und Risikokarten

Zu den „Inhaltsgestaltungen der Gefahren- und Risikokarten“ gab es für Flusshochwasser Empfehlungen der LAWA (2010a; S. 20ff)[57]. Sie enthalten u. a. einen Vorschlag für eine einheitliche Klassenbildung und Farbschemata der Karten. Diese Empfehlungen können für Starkregen übernommen werden. Fraglich ist, ob diese auch einheitlich angewendet würden, da dies auch bei Flusshochwassern im ersten Bearbeitungszyklus nicht geschah (Petrow und Thieken 2015; S. 95). Die Klasseneinteilung der Wassertiefen (0-0,5 m; 0,5-1 m; 1-2 m; 2-4 m; >4 m) erscheint für Starkregen allerdings zu niedrig aufgelöst und müsste gerade im niedrigen Bereich (0-1 m) angepasst werden. Baden-Württemberg empfiehlt beispielsweise die folgenden Klassen für Starkregengefahrenkarten: 5 bis 10 cm, >10 bis 50 cm; >50 bis 100 cm und >100 cm (LUBW 2016b, S.27ff.). Bei entsprechenden Wassertiefen kann es zur Gefährdung von Menschenleben kommen (s. hierzu 4.3.4.8). Bei Starkregen sind zudem Fließrichtungen und Fließgeschwindigkeiten wichtig. Aufgrund des Anpassungsbedarfs wurde der Aspekt in der Untersuchungsmatrix als eingeschränkt übertragbar (gelb) gewertet.

Die ExpertInnen stimmten der vorgelegten Bewertung zu. Karten für Fachkräfte sollten auch Fließrichtungen und –geschwindigkeiten enthalten sein. Die Klasseneinteilung von Baden-

---

[56] Wasserrecht Baden-Württemberg

[57] Diese Empfehlungen (LAWA 2010a) werden momentan überarbeitet.

Württemberg wurde für sinnvoll empfunden. Es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass von der DWA (2015; S. 22) ebenfalls ein Vorschlag zur Einteilung der Wassertiefen vorliegt (< 10 cm, 10 bis 30 cm, 30 bis 50 cm, und > 50 cm).

4.3.4.13 Veröffentlichung der Karten

Nach der HWRM-RL (Artikel 10 Absatz 1) müssen die Mitgliedsstaaten der Öffentlichkeit den Zugang zu den Hochwassergefahren und -risikokarten ermöglichen. Eine Möglichkeit der „Veröffentlichung der Karten" ist das Internet. Auch Starkregengefahren und –risikokarten könnten so veröffentlicht werden. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt als gut übertragbar (grün) bewertet.

Dieser Einschätzung stimmten alle InterviewpartnerInnen zu. Die Karten müssten allerdings gut aufgearbeitet (ggf. Reduzierung des Informationsgehalts) werden, damit sie für die Bevölkerung verständlich seien. Zudem sollten Hintergrundinformationen zur Karte und zum Thema Starkregen zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin müsse die rechtliche Auswirkung der „Veröffentlichung der Karten" geklärt werden. Die derzeitige Situation sorgt bisher bei den Kommunen für große Verunsicherung.

4.3.4.14 Maßstab

Für die Karten ist nach § 74 Absatz 1 WHG gemäß HWRM-RL Artikel 6 Absatz 1 ein geeigneter „Maßstab" zu wählen. Bei Flusshochwasser lag der verwendete Maßstab meist zwischen 1:2.500 und 1:10.000. Welcher Maßstab geeignet ist, hängt bei Starkregenereignissen wie bei Flusshochwasser von der Nutzung der Karten ab. Als Information für die Öffentlichkeit scheint der bisherige Maßstab ausreichend, für bestimmte Fachanwendungen (z.B. Katastrophenschutz) jedoch nicht, da hier bereits kleinräumige Elemente entscheidend sein können. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt als gut übertragbar (grün) bewertet.

Im Hinblick auf einen sinnvollen „Maßstab" waren die ExpertInnen unterschiedlicher Meinung: Während sich ein Großteil für einen möglichst großen Maßstab aussprach, wurde auch Gegenteiliges vertreten, um eine Überinterpretation der Karten zu vermeiden. Zudem erfolgte noch einmal der Hinweis, dass für Fachanwendungen möglicherweise ein anderer Maßstab und Informationen erforderlich seien als für die Öffentlichkeit. So könnte die maximale Fahrtiefe der Rettungsfahrzeuge mit zu berücksichtigen sein.

4.3.5 Rechtliche Aspekte im Hinblick auf Gefahren und Risikokarten

Aus Sicht einer interviewten Person ist es ausreichend wenn Starkregen, wie von der LAWA (2017a, S.5) empfohlen, als generelles aber nicht signifikantes Hochwasserrisiko im Sinne von bewertet wird.. Eine weitere (fachliche) Anpassung an Starkregenereignisse könnte gegebenenfalls im nächsten Bearbeitungszyklus erfolgen. Ein anderer Standpunkt war, dass, wenn Starkregen in die Bearbeitung aufgenommen würde, die Bearbeitung direkt wie bei Flusshochwasser erfolgen könnte.

Dringend wird allerdings eine Regelung zur rechtlichen Absicherung bei der Veröffentlichung der Starkregengefahrenkarten gefordert. Momentan ist strittig, ob die Darstellung von Grundstücken möglicherweise einen Eingriff in das Persönlichkeitsrecht darstellt. Zudem sollten die Möglichkeiten im Baurecht ausschöpft bzw. erweitert werden (z.B. Ausweisung von Risikogebieten).

4.3.6 Synergien und Hemmnisse des dritten Bearbeitungsschrittes

Inhalt der Hochwasserrisikomanagementpläne (HWRM-Pläne) ist einerseits die Darstellung der Risikogebiete und Auswertung der Gefahrenkarten (Anhang A I.1. und I.2. HWRM-RL). Andererseits gehört zu der Hauptaufgabe der HWRM-Pläne die Festlegung angemessener Ziele und Maßnahmen zur zur Reduzierung des Hochwasserrisikos (§ 75 Absatz 3 WHG gemäß Artikel 7 Abs. 2; 3 HWRM-RL). Die HWRM-RL sieht Maßnahmen zu Vermeidung, Schutz, Vorsorge (Vorbereitung auf den Ereignisfall) und Wiederherstellung vor. Diese sind in den EU-Maßnahmenarten aufgenommen und werden zum Teil

näher spezifiziert (Entfernung oder Verlegung, Management natürlicher Überschwemmungen/ Abfluss- und Einzugsgebietsmanagement, Regulierung Wasserabfluss, öffentliches Bewusstsein und Vorsorge) (LAWA 2013a; Anlage 2). Der LAWA-Maßnahmenkatalog beschreibt die Maßnahmenkategorien detaillierter und dient als Auswahlliste (LAWA 2013a; Anlage 3 und 4).

Im Teil Hochwasserrisikomanagementpläne wurde der Bewertung der Übertragbarkeit hinsichtlich Überflutung durch Starkregen überwiegend zugestimmt. Zur „Strategischen Umweltprüfung" wurden in der Übertragbarkeit auf Starkregen textliche Änderungen vorgenommen, die Bewertung allerdings nicht verändert. Bei den zwei Aspekten „Auswertung der Gefahren- und Risikokarten" und „Abstimmung mit anderen Richtlinien" wurde aufgrund der Gespräche mit den ExpertInnen eine Anpassung der Bewertung vorgenommen. Die Änderungen wurden durch eine schwarze Umrahmung der Aspekte und der Hervorhebung der textlichen Änderungen im Feld Starkregenereignisse kenntlich gemacht (Tabelle 13).

Tabelle 13: Ergebnismatrix zu Hochwasserrisikomanagementplänen

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
Inhaltliche Aspekte		
Darstellung der Risikogebiete (§ 75 Abs. 5 WHG gemäß Anhang A I.1. HWRM-RL)	Darstellung der Hochwasserrisikogebiete auf Ebene der Flussgebietseinheit oder Bewirtschaftungseinheit (Artikel 7 Abs. 1 HWRM-RL).	Da das Auftreten von Starkregenereignissen unabhängig von Flusseinzugsgebieten ist und sie grundsätzlich überall auftreten können (LAWA 2017b; S. 2), ist die Betrachtung viel kleinräumigerer, gewässernetzunabhängiger Teileinzugsgebiete erforderlich. Demnach muss einerseits eine Lösung vom Gewässernetz erfolgen; andererseits führt die Betrachtung auf Flussgebietseinheit zu Synergien. Somit wird empfohlen die neuen, kleinteiligeren Teileinzugsgebiete den Flussgebietseinheiten zuzuordnen. Dies ermöglicht zudem, die Beschreibungen der Hochwasserrisikogebiete teilweise zu übernehmen.
Auswertung der Gefahren- und Risikokarten (Anhang A I.2. HWRM-RL)	Auswertung der Gefahren- und Risikokarten je Szenario, hinsichtlich relevanter Aspekte (LAWA 2013a; S. 8), wie den potenziell betroffenen EinwohnerInnen, Flächennutzungen, betroffenen Objekten für das Schutzgut Umwelt, Schutzgebieten sowie relevanten Kulturgütern.	Vorgehen für die kleinteiligeren Teileinzugsgebiete **nicht** übertragbar. Eine Integration der Starkregen-Auswertung in die bisherigen Flusshochwasser-Auswertungen ist schwierig, da es sich um unterschiedliche Szenarien handelt. Für Starkregenereignisse können bisher keine verlässlichen statistisch ermittelten HQ-Szenarien angegeben werden bzw. entsprechen sie nicht den gleichen Jährlichkeiten wie für Flusshochwasser (siehe Kapitel 4.3.4.6 Verwendete Szenarien). Die Auswertung von Flusshochwasser und Starkregen **muss** demnach separat erfolgen.

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
Festlegung angemessener Ziele für das gesamte Risikomanagement (§ 75 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 7 Abs. 2 HWRM-RL)	Ziele zur Verringerung nachteiliger Hochwasserfolgen für die Schutzgüter, menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeit, festlegen. Die Ziele unterscheiden sich je nach den festgestellten Risikoausprägungen im Teileinzugsgebiet.	Übertragbarkeit der Schutzgüter zur Ermittlung der Ziele möglich.
Ist-Ziel Vergleich	Auf Grundlage der formulierten Ziele, der Bestandsaufname des Einzugsgebietes sowie der Auswertung der Hochwassergefahren- und Risikokarten erfolgt ein Ist-Ziel Vergleich zur Ermittlung des Handlungsbedarfs (LAWA 2013a ; S. 26).	Dieser Vergleich kann analog für Starkregenereignisse anhand der generierten Starkregengefahren- und -risikokarten erfolgen. Zudem kann an dieser Stelle auf bereits vorhandene Strategien zum Umgang mit Starkregen eingegangen werden. Jedoch sei zu beachten, dass bereits geringe Änderungen des Risikogebiets zu einer Änderung der Risikobewertung führen können. Hierdurch resultiert ein erhöhter Aufwand.
Identifizierung möglicher Maßnahmen (§ 75 Abs. 3 WHG gemäß Artikel 7 Abs. 3 HWRM-RL)	EU-HWRM-RL sieht Maßnahmen zu Vermeidung, Schutz, Vorsorge und Wiederherstellung vor. Hierbei sind ebenfalls Hochwasservorhersagen und Frühwarnsysteme mit inbegriffen (Artikel 7 Abs. 3 Satz 3 HWRM-RL). Diese EU-Aspekte sind in Maßnahmenarten, wie Regulierung des Wasserabflusses oder Management natürlicher Überschwemmungen, untergliedert (LAWA 2013a; Anlage 1). In den LAWA-Handlungsfeldern werden die EU-Maßnahmenarten detaillierter aufgeführt (z.B. 301-309 für Vermeidung), sodass der LAWA-Maßnahmenkatalog als Auswahlliste dient (LAWA 2013a; S. 11ff.; Anlage 4).	Übertragbarkeit der EU-Maßnahmeneinteilung in Vermeidung, Schutz, Vorsorge und Wiederherstellung grundsätzlich gegeben. Ein Großteil des LAWA-Maßnahmenkatalogs kann auch auf Starkregenvorsorge übertragen werden. Zum Teil bedarf es jedoch zusätzlicher Maßnahmen, die sich nicht nur an Flusshochwasser orientieren, sondern auch fließgewässerunabhängig sind (Beispiele siehe DWA 2013 oder LUBW 2016b, S. 43-49). Gemäß der LAWA (2017b; S. 3) können im Rahmen der Aktualisierung der HWRM-Pläne für die kommunale Ebene Maßnahmen des Starkregenrisikomanagements aufgenommen werden, die der Vorsorge und Minderung der Schäden dienen und auch außerhalb der Risikogebiete nach § 73 Abs. 1 WHG angewendet werden können.
Zusammenfassung der Maßnahmen und deren Rangfolge (§ 75 Abs. 3 Satz 1 WHG gemäß Artikel 7 Abs. 3 HWRM-RL)	Zusammenfassung der Maßnahmen, eine grobe Einteilung in Prioritätsstufen und eine zeitliche Rangfolge. Zudem werden die Maßnahmen den angestrebten Zielen sowie den EU-	Übertragung des Vorgehens möglich. Jedoch sei darauf hinzuweisen, dass die Erfassung durch die Vielzahl kleiner, lokaler Maßnahmen aufwendig ist.

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
	Maßnahmenarten zugeordnet (Artikel 7 Abs. 3; Anhang A I.4. HWRM-RL).	
Abstimmung mit anderen Richtlinien (§ 80 Abs. 1 WHG gemäß Anhang A I.4. HWRM-RL)	Gemäß HWRM-RL sollen gleichzeitig die WRRL sowie weitere Richtlinien, wie die Umweltverträglichkeitsprüfung, berücksichtigt werden (Artikel 7 Abs. 3; Anhang A I.4. HWRM-RL). Die Relevanz einer Maßnahme gibt die Wirksamkeit der Maßnahme hinsichtlich der Ziele der HWRM-RL und der WRRL an. Die LAWA unterscheidet zwischen drei Stufen (LAWA 2013a; S. 28; Anlage 4): M1: Maßnahmen, die die Ziele der jeweils anderen Richtlinie unterstützen M2: Maßnahmen, die einer Einzelfallprüfung unterzogen werden müssen (ggf. Zielkonflikt) M3: Maßnahmen, die üblicherweise für die Ziele der jeweils anderen Richtlinie nicht relevant sind.	**Die Übertragbarkeit ist durch die Vielzahl kleinteiliger Maßnahmen sehr aufwendig.** Hinsichtlich der identifizierten Maßnahmen zur Starkregenvorsorge ist die Berücksichtigung anderer Richtlinien ebenfalls sinnvoll. Die dreistufige Gruppierung der LAWA ist methodisch **bedingt** übertragbar. **Es ist zu beachten, dass sich die WRRL auf Gewässer bezieht und Maßnahmen der Starkregenvorsorge vornehmlich gewässernetzunabhängig sind und sich auf den urbanen Raum beschränken.**
Überwachung der Umsetzung (§ 75 Abs. 3 Satz 2 WHG gemäß Anhang A II.1. HWRM-RL)	Festlegung der Rangfolge und Methode zur Überwachung der Umsetzung des Plans und der Fortschritte. Der Bearbeitungsstand kann bei der zuständigen Stelle abgefragt werden.	Das Verfahren zur Überwachung der Umsetzung hinsichtlich Starkregenmaßnahmen ist methodisch grundsätzlich übertragbar. Da Starkregenvorsorge jedoch vor allem eine Vielzahl kleinteiliger Maßnahmen erfordert, sind vorwiegend die Kommunen und BürgerInnen selbst verantwortlich zu handeln. Die Ermittlung der kleinteiligen Maßnahmen sowie des Bearbeitungsstands der privaten Eigenvorsorge stellt jedoch eine Herausforderung dar bzw. kann nicht flächendeckend erfasst werden[58].
Öffentlichkeitsbeteiligung und aktive	Aufstellung des HWRM-Plans unter aktiver Beteiligung interessierter	Das Vorgehen, die aktive Beteiligung interessierter Stellen zu fördern, ist

58 Die Herausforderung der Ermittlung und Überwachung von Maßnahmen der Eigenvorsorge besteht ebenfalls bei Flusshochwasser. In Baden-Württemberg wurde die Maßnahme ‚Eigenvorsorge' bspw. als landesweit fortlaufende Maßnahme eingestuft und nicht näher erfasst (Regierungspräsidium Karlsruhe 2015; S. 243) und auch in Nordrhein-Westfalen wird auf eine zentrale und systematische Erfassung verzichtet (Bezirksregierung Düsseldorf 2015; S. 82). Die Identifizierung einzelner Risikoobjekte, deren Maßnahmenbeschreibung und Zuständigkeit könnten dem entgegenwirken, wie es bspw. in Baden-Württemberg empfohlen wird (LUBW 2016b, S. 34).

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
Einbeziehung der interessierten Stellen (§ 79 Abs. 1 WHG gemäß Artikel 10 HWRM-RL)	Stellen (zuständige Behörden, kommunale Gebietskörperschaften, anerkannte Verbände, ggf. weitere Interessensgruppen). Zusätzlich erfolgt eine Zusammenfassung der Aktionen, die zur Informierung und Anhörung der Öffentlichkeit durchgeführt wurden (Anhang A II.2. HWRM-RL).	grundsätzlich übertragbar, jedoch ist zu beachten, dass es sich aufgrund des kleinräumigeren Untersuchungsraumes um andere, v.a. kommunale Akteure und lokalspezifische Ortsverbände handelt.
Strategische Umweltprüfung (SUP) (§ 75 Abs. 3 Satz 2 WHG; § 14b, Abs. 1 Nr. 1; Anlage 3 Nr. 1.3 UVPG)	Durchführung einer SUP (§ 14b, Abs. 1 Nr. 1; Anlage 3 Nr. 1.3 UVPG) mit Berücksichtigung der in § 2 Abs. 1 genannten Schutzgüter (Menschen, Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, Kultur- und Sachgüter). Alle Maßnahmen, die für die Gebiete mit potenziellem signifikantem Hochwasserrisiko wirksam sind und daher in den HWRM-Plan aufgenommen wurden, gilt es, im Rahmen der SUP zu prüfen und hinsichtlich der Schutzgüter zu bewerten. Die SUP führt zur Erstellung eines Umweltberichtes (§ 14g UVPG).	Das methodische Vorgehen ist grundsätzlich übertragbar. Werden Starkregenereignisse zukünftig in den HWRM-Plänen berücksichtigt, so müssen auch für die neu ermittelten Risikogebiete sowie die vorgesehenen Maßnahmen eine SUP durchgeführt werden. **Die Maßnahmen bei Starkregen sind jedoch deutlich kleinteiliger** und auch der Untersuchungsraum ist viel kleinräumiger **als bei Flusshochwasser**. **Wenn nun komplett neue, d.h. bei Flusshochwasser bisher nicht berücksichtigte, Risikogebiete ausgewiesen werden und diese nicht in die HWRM-Pläne integriert werden können,** müsste ein neues bzw. **ggf.** sogar zusätzliches Dokument[59] auf Grundlage der **neuen** Risikogebiete erstellt werden. **In der Praxis stellt dies eine Herausforderung dar.**
Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung (§ 75 Abs. 6 Satz 3 WHG gemäß Artikel 14 Abs. 4 HWRM-RL)	Im zweiten Zyklus der HWRM-RL sollen die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels hinsichtlich des Auftretens von Hochwasser berücksichtigt werden.	Vorgehen grundsätzlich übertragbar. Bei Niederschlagsszenarien kommt es jedoch zu großen Unsicherheiten, da Niederschläge eine große Variabilität aufweisen. Zusätzlich sind die Unsicherheiten umso größer, je kleinräumiger das Untersuchungsgebiet ist (LAWA 2013b; S. 4). Da Starkregenereignisse die Betrachtung lokaler Gegebenheiten erfordert, ist hier auf die Unsicherheiten hinzuweisen.

59 Die Angaben zur potenziellen Gefährdung der Schutzgüter im Umweltbericht beziehen sich auf die statistisch ermittelten HQ-Szenarien. Da diese bisher jedoch nicht verlässlich für Starkregenereignisse angegeben werden können bzw. nicht den gleichen Jährlichkeiten entsprechen wie für Flusshochwasser (siehe Kapitel 4.3.4.6 Verwendete Szenarien), müsste bei der Berücksichtigung von Starkregen im Vergleich zur bisherigen Praxis der SUP eine Ergänzung des Untersuchungsumfangs für die neu hinzugekommenen Risikogebiete und eine entsprechende Ergänzung des Umweltberichts erfolgen.

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
Liste zuständiger Behörden (§ 75 Abs. 3 Satz 2 WHG gemäß Anhang A II.3. HWRM-RL)	Aufführung der zuständigen Behörden und Beschreibung der Koordination innerhalb internationaler Flussgebietseinheiten.	Das Vorgehen, die zuständigen Behörden aufzuführen, ist zwar übertragbar, jedoch gibt es hinsichtlich der Zuständigkeiten Herausforderungen (siehe Administrativ-Institutionelle Aspekte).
Administrativ-Institutionelle Aspekte		
Übergeordnete Zuständigkeit	Die Länder sind für die Umsetzung der HWRM-RL zuständig. Die Erstellung der HWRM-Pläne wird in den jeweiligen Landesgesetzgebungen (LWG) festgelegt.	Zuständigkeit der Länder - Synergien vorhanden. Jedoch bedarf es bei der Ausarbeitung der Pläne hinsichtlich Starkregen verstärkt die Unterstützung der Kommunen. Es ist abzuwägen, ob lediglich die Federführung bei den Ländern liegen und die Bearbeitung maßgeblich durch die Kommunen erfolgen sollte.
Umsetzung von Maßnahmen	Aufgrund bundesgesetzlicher Regelungen sind die jeweiligen Landesregelungen maßgeblich (Jablonski 2014). Je nach Gewässerordnung liegen die Zuständigkeiten in unterschiedlichen Bereichen (z.B. Bund, Land, Bezirk, Kommune oder EigentümerIn).	Administrativ-institutionelle Zuständigkeit für Hochwasserschutz und Rückhalt von Regenwasser ist uneinheitlich geregelt. Während der Hochwasserschutz je nach Gewässerordnung maßgeblich auf Landes- bzw. kommunaler Ebene geregelt wird, handelt es sich beim Umgang mit Starkregen um eine gesellschaftliche bzw. kommunale Gemeinschaftsaufgabe (DWA 2013).
Finanzierung von Maßnahmen	Aufgrund bundesgesetzlicher Regelungen sind die jeweiligen Landesregelungen maßgeblich (Jablonski 2014). Demnach unterscheidet sich die Förderung je nach landesspezifischen Richtlinien und Aktionsprogrammen.	Administrativ-institutionelle Zuständigkeit für Hochwasserschutz und Rückhalt von Regenwasser ist uneinheitlich geregelt. Landesweit gibt es unterschiedliche Förderprogramme, die Maßnahmen der Starkregenvorsorge, oft in Verbindung mit Klimaanpassungsstrategien, unterstützen.

Im dritten Bearbeitungsschritt wurden die Aspekte „Festlegung angemessener Ziele für das gesamte Risikomanagement“, „Öffentlichkeitsbeteiligung und aktive Einbeziehung der interessierten Stellen“ und „übergeordnete Zuständigkeit“ für übertragbar gehalten.

Als eingeschränkt übertragbar wurden „Darstellung der Risikogebiete“, „Ist-Ziel-Vergleich“, „Identifizierung möglicher Maßnahmen“, „Zusammenfassung der Maßnahmen und deren Rangfolge“, „Abstimmung mit anderen Richtlinien“, „Überwachung der Umsetzung“, „Strategische Umweltprüfung“, „Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung“ und die „Liste zuständiger Behörden“ eingeschätzt. Hierbei bestehen jedoch methodische Unterschiede und/oder ein erhöhter Aufwand ist erforderlich. Bei der „Strategischen Umweltprüfung“ wurde die Bewertung beibehalten, es erfolgte allerdings eine textliche Anpassung der Übertragbarkeit auf Starkregenereignisse.

Als nicht übertragbar wurden die Aspekte „Auswertung der Gefahren- und Risikokarten“, „Umsetzung der Maßnahmen“ und „Finanzierung der Maßnahmen“ betrachtet. Hier wäre ein nicht leistbarer

Aufwand nötig und es bestehen erhebliche methodische Unterschiede zwischen der Betrachtung von Flusshochwasser und Starkregenereignissen.

Im Folgenden werden die Meinungen der ExpertInnen zu den einzelnen Aspekten zu den HWRM-Plänen dargestellt.

4.3.6.1 Darstellung der Risikogebiete

Für Flusshochwasser werden die Risikogebiete auf Ebene der Flussgebietseinheit (FGE) oder der Bewirtschaftungseinheit dargestellt (WHG § 73 Absatz 3 gemäß Artikel 7 Abs. 1 HWRM-RL). Für Starkregenereignisse müsste eine andere Betrachtungseinheit gewählt werden, da ihr Auftreten unabhängig von Flusseinzugsgebieten ist und sie überall auftreten können (LAWA 2017b; S. 2). Es muss eine vom Gewässernetz gelöste, kleinräumigere Betrachtung erfolgen. Eine Zuordnung zu den FGE würde es allerdings ermöglichen, die Beschreibung der Hochwasserrisikogebiete zu übernehmen. Da bei der Übertragbarkeit Einschränkungen gesehen werden, wird der Aspekt nur als grundsätzlich übertragbar (gelb) gewertet.

Auch die ExpertInnen sahen das Problem, dass Starkregenereignisse überall auftreten können. Nach ihrer Meinung sollte eine ganzheitliche Betrachtung von Flusshochwassern und Starkregen angestrebt werden. Wenn es sich um Starkregen und die davon betroffenen Gebiete handelt, sollte jedoch nicht von Hochwasserrisikogebieten gesprochen werden. Da die Risikogebiete ggf. nur urbane Räume erfassen, sind die Teileinzugsgebiete sehr kleinräumig. Auch wenn das Wasser später in ein Gewässer fließt, wird darauf hingewiesen, dass die Starkregenrisikogebiete in keinem inhaltlichen Zusammenhang zu den Flussgebietseinheiten stehen.

4.3.6.2 Auswertung der Gefahren- und Risikokarten

Für Flusshochwasser erfolgt die „Auswertung der Gefahren- und Risikokarten" je nach Szenario und hinsichtlich relevanter Schutzgüter (LAWA 2013a; S. 8). Zu diesen zählen potenziell betroffene Einwohner, Flächennutzungen, betroffene Objekte für das Schutzgut Umwelt, Schutzgebiete und relevante Kulturgüter. Grundsätzlich lässt sich die Methodik der Auswertung auf Starkregenereignisse übertragen. Wie unter 4.3.4.6 erläutert, handelt es sich jedoch um unterschiedliche Szenarien. Für Starkregenereignisse können bisher keine verlässlichen statistisch ermittelten HQ-Szenarien angegeben werden bzw. entsprechen sie nicht den gleichen Jährlichkeiten wie für Flusshochwasser (vgl. Schritt 2 verwendete Szenarien). Folglich müsste die Auswertung von Flusshochwasser und Starkregen separat erfolgen. In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt zunächst als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet.

Dies wurde durch die ExpertInnen, von denen die Hälfte die Übertragbarkeit nicht für gegeben ansah, anders bewertet. Auffällig war, dass alle Personen der Akteursgruppe Kommune/Stadt einen sehr hoher Aufwand und zu große Unterschiede zwischen den Szenarien als Begründung nannten. Ein Argument für die eingeschränkte Übertragbarkeit war, dass die Modelle trotzdem von der Niederschlagsintensität und -höhe und von der Methodik abhängen. Es sollte eigenständige Karten für Flusshochwasser und Starkregen geben, die aber aufeinander verweisen und um informative Anmerkungen ergänzt werden. Insgesamt wird die „Auswertung der Gefahren- und Risikokarten" aufgrund der Unterschiede zwischen den Szenarien bei Flusshochwasser und Starkregen und den daraus nicht leistbaren Aufwand abschließend als nicht übertragbar (rot) bewertet. Bei diesem Aspekt erfolgte damit eine Neubewertung und textliche Anpassung im Feld Starkregenereignisse in Tabelle 13.

4.3.6.3 Festlegung angemessener Ziele für das gesamte Risikomanagement

Zur Erstellung der HWRM-Pläne ist die „Festlegung angemessener Ziele für das gesamte Risikomanagement" erforderlich. Es müssen die Ziele zur Verringerung nachteiliger Hochwasserfolgen für die Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeit)

festgelegt werden. Die Ziele unterscheiden sich je nach den festgestellten Risikoausprägungen im Teileinzugsgebiet. Für Starkregenereignisse ist die Übertragbarkeit der Schutzgüter zur Ermittlung der Ziele möglich. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt daher als übertragbar (grün) bewertet.

Von den InterviewpartnerInnen wurde die Bedeutung des Schutzziels „menschliche Gesundheit" besonders hervorgehoben. Dieses sollte nach Meinung der ExpertInnen mehr Beachtung finden. Auch wurde darauf hingewiesen, dass die „wirtschaftliche Tätigkeit" schwer zu definieren sei. Für Starkregen sollten die Schutzgüter daher überarbeitet und spezifischer definiert werden.

4.3.6.4 Ist-Ziel Vergleich

Auf Grundlage der formulierten Ziele, der Bestandsaufname des Einzugsgebietes sowie der Bewertung der Hochwassergefahren- und Risikokarten erfolgt für Flusshochwasser ein „Ist-Ziel Vergleich" zur Ermittlung des Handlungsbedarfs (LAWA 2013a, S. 26). Für Starkregengefahren und -risikokarten kann dieses Vorgehen grundsätzlich übertragen werden. Bei Starkregenereignissen ist jedoch zu beachten, dass kleine (z.B. bauliche) Änderungen in den Risikogebieten durch veränderte Fließwege des Oberflächenabflusses zu Änderungen in der Risikobewertung führen, wodurch ein erhöhter Aufwand entsteht. Aufgrund des erhöhten Aufwandes wurde der Aspekt in der Untersuchungsmatrix daher als eingeschränkt übertragbar (gelb) gewertet.

Von den ExpertInnen wurde die flächendeckende Darstellung der kleinteiligen Maßnahmen als problematisch angesehen. So lassen sich bauliche Änderungen im privaten Bereich schwer erfassen, zumal schon kleine Maßnahmen die Wasserführung einer ganzen Straße und damit die Gefährdung durch Starkregen bedingte Überflutung ändern können. Nach Ansicht einer interviewten Person sei nach Identifizierung der Risikogebiete der Handlungsbedarf abgesteckt und damit die Übertragbarkeit gegeben. Insgesamt wird der „Ist-Ziel Vergleich" aufgrund des erhöhten Aufwandes bei der Erfassung von Maßnahmen als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet.

4.3.6.5 Identifizierung möglicher Maßnahmen

Nach § 75 Absatz 3 WHG sind gemäß der EU-Richtlinie (Artikel 7 Absatz 3 HWRM-RL) sind Maßnahmen zu Vermeidung, Schutz, Vorsorge und Wiederherstellung vorgesehen. Diese sind in EU-Maßnahmenarten untergliedert und werden in den LAWA-Handlungsfelder näher spezifiziert (LAWA 2013a; Anlage 2). Der LAWA-Maßnahmenkatalog beschreibt die Maßnahmenkategorien detaillierter und dient als Auswahlliste (LAWA 2013a; Anlage 3 und 4). Bei Starkregenereignissen kann die EU-Maßnahmeneinteilung in Vermeidung, Schutz, Vorsorge und Wiederherstellung auch verwendet werden. Es müssen allerdings weitere, fließgewässerunabhängige Maßnahmen ergänzt werden. Gemäß der LAWA (2017b, S.3) müssen im Rahmen der Aktualisierung der HWRM-Pläne für die kommunale Ebene Maßnahmen des Starkregenrisikomanagements aufgenommen werden, die der Vorsorge und Minderung der Schäden dienen und auch außerhalb der Risikogebiete nach § 73 Abs. 1 WHG angewendet werden können. In der 155. LAWA-Vollversammlung (14./15. März 2018) wurde die zusätzliche Aufnahme der konzeptionellen Maßnahme „Starkregen" in den LAWA-BLANO-Maßnahmenkatalog beschlossen. Diese umfasst die Unterstützung des kommunalen Starkregenrisikomanagements auf Grundlage der LAWA-Starkregenrisikostrategie. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet.

Die ExpertInnen stimmten der Bewertung zur „Identifizierung möglicher Maßnahmen" weitgehend zu. Es wurde darauf hingewiesen, dass eine Orientierung an Flusshochwassern sinnvoll sein könne. Es müsse jedoch beachtet werden, dass bei Starkregen auch Bereiche ohne Gewässer betroffen sein könnten. Da sich die Managementmaßnahmen für Flusshochwasser und Starkregen zu stark unterscheiden, hielt eine Person das Vorgehen zur Maßnahmeneinteilung für nicht übertragbar.

4.3.6.6 Zusammenfassung der Maßnahmen und deren Rangfolge

Gemäß der Vorgaben der HWRM-RL (Art. 7 Absatz 3; Anhang A I.4., § 75 Absatz 3 Satz 1 WHG) müssen die HWRM-Pläne eine Zusammenfassung und Rangfolge der Maßnahmen zur Umsetzung der angemessenen Ziele des Hochwasserrisikomanagements enthalten. Dabei müssen verschiedene andere EG-Richtlinien berücksichtigt und die Maßnahmen den angestrebten Zielen und EU-Maßnahmenarten zugeordnet werden. Bei den Prioritätsstufen ist eine grobe Einteilung ausreichend, da in der Regel an mehreren Maßnahmen parallel gearbeitet wird. Generell ist dieses Vorgehen auch für Starkregenereignisse übertragbar. Da es sich dabei jedoch um eine Vielzahl kleinteiliger Maßnahmen handelt, ist die Erfassung aufwendiger. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt daher als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet.

Bei diesem Aspekt folgten alle ExpertInnen der Argumentation und stimmten der vorgelegten Bewertung zu. Angemerkt wurde noch, dass die Erfassung der kleinteiligen Maßnahmen sehr aufwändig sei, wodurch eine Erfassung auf Ebene der Flussgebietseinheiten schwer wäre. Ein Vorschlag war, das Vorgehen für Starkregen beizubehalten, aber nach anderen Kriterien durchzuführen und auf an Starkregenereignisse angepasste Maßnahmen zu beschränken.

4.3.6.7 Abstimmung mit anderen Richtlinien

Nach § 80 Absatz 1 WHG gemäß HWRM-RL sollen gleichzeitig die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie weitere Richtlinien, wie die Umweltverträglichkeitsprüfung, bei der Erstellung der HWRM-Pläne berücksichtigt werden (Artikel 7 Abs. 3; Anhang A I.4. HWRM-RL). Gemäß dem Anhang A. I. Ziffer 4 der HWRM-RL sollen die Maßnahmen, welche auf die Verwirklichung der Ziele des Hochwasserrisikomanagements abzielen, auch Maßnahmen enthalten, die für die Ziele anderer Richtlinien wirksam sind. Die von der LAWA entwickelte Einschätzung zur Relevanz einer Maßnahme gibt die Wirksamkeit der Maßnahme hinsichtlich der Ziele der HWRM-RL und der WRRL an. Die LAWA unterscheidet hierzu zwischen drei Stufen (LAWA 2013a; S. 28; Anlage 4):

- M1: Maßnahmen, die die Ziele der jeweils anderen Richtlinie unterstützen,
- M2: Maßnahmen, die einer Einzelfallprüfung unterzogen werden müssen (ggf. Zielkonflikt) sowie
- M3: Maßnahmen, die üblicherweise für die Ziele der jeweils anderen Richtlinie nicht relevant sind.

Auch bei der Starkregenprävention scheint die Berücksichtigung anderer Richtlinien bei der Auswahl von Maßnahmen sinnvoll. Die dreistufige Einteilung der LAWA ist methodisch übertragbar, wobei zu beachten ist, dass sich die WRRL auf Gewässer bezieht und Maßnahmen der Starkregenvorsorge meist gewässernetzunabhängig sind. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt als übertragbar (grün) gewertet.

Die „Abstimmung mit anderen Richtlinien“ wurde als notwendig, durch die schwer zu bestimmenden Risikogenbiete allerdings auch als aufwändig angesehen. Dazu solle der Maßnahmenkatalog der LAWA um starkregen-spezifische Maßnahmen ergänzt werden.[60] Drei ExpertInnen sahen die Übertragbarkeit als (nicht) möglich an. Die dreistufige Abstimmung gemäß der LAWA wird aufgrund der vielen kleinteiligen Maßnahmen und des Bezugs auf den urbanen Raum bei Starkregen für nicht sinnvoll erachtet. Zudem beziehen sich die Maßnahmen für Starkregen größtenteils nicht auf Gewässer und haben damit wenig Relevanz für die WRRL. Außerdem könne es sein, dass bei Starkregen noch weitere Richtlinien zu beachten wären; diese wurden aber nicht näher benannt. Insgesamt wird die

[60] Dies ist mit dem Beschluss der 155. LAWA-VV (14./ 15. März 2018) erfolgt.

„Abstimmung mit anderen Richtlinien“ aufgrund der großen Unterschiede bei der Verortung der Maßnahmen und den geringen Bezug der Maßnahmen zur WRRL jetzt als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet. Bei diesem Aspekt erfolgte damit eine Neubewertung und textliche Anpassung im Feld Starkregenereignisse in Tabelle 13.

4.3.6.8 Überwachung der Umsetzung

In den HWRM-Plänen muss eine Darstellung der „Überwachung der Umsetzung“ erfolgen (§ 75 Abs. 3 Satz 2 WHG gemäß Anhang A II.1. HWRM-RL). Dabei soll dargestellt werden, wie die Fortschritte bei der Umsetzung des Plans überwacht werden; zudem wird eine Rangfolge der Maßnahmen festgelegt. Da der HWRM-Plan konkrete Maßnahmen benennt, kann durch einfache Abfrage bei den für die Maßnahmendurchführung zuständigen Stellen der Bearbeitungsstand festgestellt werden. Bei der Starkregenprävention sind viele kleinteilige Maßnahmen erforderlich, die von Kommunen und der Bevölkerung umgesetzt werden müssen. Die Ermittlung der kleinteiligen Maßnahmen und die Feststellung des Bearbeitungsstandes der privaten Eigenvorsorge sind schwer zu erfassen (s.o.). In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet.

Der Bewertung zur „Überwachung der Umsetzung“ stimmten die ExpertInnen weitgehend zu. Allerdings wurde der Aufwand, der durch die kleinteiligen Maßnahmen entsteht, als fast nicht leistbar eingeschätzt. Zudem müssten die Kommunen zur Umsetzung verpflichtet und dies kontrolliert werden. Dafür kämen die Landesbehörden in Frage, für die dadurch allerdings erheblicher Aufwand entstünde. Vorgeschlagen wurde stattdessen eine Online-Datenbank, in die der Fortschritt durch die bearbeitende Stelle selbstständig eingetragen werden könnte. Insgesamt wird die „Überwachung der Umsetzung“ weiterhin als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet.

4.3.6.9 Öffentlichkeitsbeteiligung und aktive Einbeziehung der interessierten Stellen

Die Aufstellung der HWRM-Pläne erfolgt unter aktiver „Beteiligung der Öffentlichkeit und interessierter Stellen“. Dies sind u.a. zuständige Behörden, kommunale Gebietskörperschaften und anerkannte Verbände. Außerdem werden die dafür durchgeführten Aktionen zusammengestellt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht (Anhang A II.2. HWRM-RL). Für die Öffentlichkeitsbeteiligung bei Starkregenereignissen ist zu bedenken, dass durch den kleinräumigeren Untersuchungsraum und die Bedeutung der privaten Vorsorge ggf. kommunale Akteure, lokalspezifische Ortsverbände und auch Bürger einbezogen werden müssten. In der Untersuchungsmatrix wurde der Aspekt dennoch als grundsätzlich übertragbar (grün) bewertet.

Die Bürgerbeteiligung wurde auch von den ExpertInnen als wichtiger Punkt angesehen: Der möglicherweise höhere zeitliche Aufwand werde durch die oft hilfreichen Eingaben der Bevölkerung gerechtfertigt. Jedoch wurde auch hier angemerkt, dass die Bürgerbeteiligung auf kommunaler Ebene durchzuführen sei. Auf einer höheren behördlichen Ebene sei es hingegen schwer, alle interessierten Stellen einzubeziehen.

4.3.6.10 Strategische Umweltprüfung (SUP)

Nach § 75 WHG i.V.m. § 14b Abs. 1 Nr. 1; Anlage 3 Nr. 1.3 Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) muss für die Hochwasserrisikomanagementpläne (HWRM-RL Anlage A I Nr. 4) eine strategische Umweltprüfung (SUP) durchgeführt werden. So wird gewährleistet, dass aus der Durchführung von HWRM-Plänen resultierende Umweltauswirkungen bereits frühzeitig bei der Ausarbeitung und vor der Annahme des Plans systematisch berücksichtigt werden (LAWA 2013a; S. 61). Dazu müssen die Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeit) (s. 4.3.2.3) berücksichtigt werden. Dies ist aufgrund der derzeit fehlenden Abgrenzung von Starkregenrisikogebieten nicht möglich. Bei einer Integration von Starkregenereignissen (nach erfolgter Ausweisung von Risikogebieten) kämen die neu ermittelten Risikogebiete zu den HWRM-Plänen hinzu. Dies hätte in der Praxis einen erheblichen Mehraufwand

zur Folge. In der Untersuchungsmatrix wurde die „Strategischen Umweltprüfung“ daher zunächst als eingeschränkt übertragbar (gelb) gewertet.

Der überwiegende Teil der ExpertInnen stimmte dieser Bewertung zu. Es wurde jedoch angemerkt, dass die SUP schon bei Flusshochwassern aufwendig sei und häufig nicht den gewünschten Nutzen erziele. Zudem sei sie in dem notwendigen Umfang und der notwendigen Bearbeitungstiefe bei Starkregen nicht leistbar. Es wurde vorgeschlagen, eine SUP nur für wesentliche Maßnahmen durchzuführen. Eine Überprüfung auf Einzugsgebietsebene oder einer FGE sei vorstellbar. Der Untersuchungsraum sei aber kleiner und auf besiedelte Gebiete (einschließlich Industriegebiete) oder Kritische Infrastrukturen beschränkt. Insgesamt wurde die „Strategische Umweltprüfung“ weiterhin als eingeschränkt übertragbar (gelb) bewertet. Es erfolgten allerdings textliche Anpassungen im Feld Starkregenereignisse in Tabelle 13 und Tabelle 19.

4.3.6.11 Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung

Auch im zweiten Zyklus der HWRM-RL sollen die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels hinsichtlich des Auftretens von Hochwasser berücksichtigt werden (§ 75 Absatz 6 Satz 3 WHG gemäß Artikel 14 Absatz 4 HWRM-RL). Da die Niederschläge eine große Variabilität aufweisen, kommt es bei den Niederschlagsszenarien zu großen Unsicherheiten. Diese werden größer, je kleinräumiger das Untersuchungsgebiet ist (LAWA 2013b; S. 4). Der Aspekt „Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung“ wurde in der Untersuchungsmatrix aufgrund der Datenlage als eingeschränkt übertragbar (gelb) gewertet.

Dieser Aspekt wurde von den InterviewpartnerInnen ähnlich gesehen: Würde der Klimawandel im Starkregenrisikomanagement berücksichtigt, kämen weitere Unsicherheiten zu den bereits jetzt verwendeten schwer prognostizierbaren Niederschlägen hinzu. Möglicherweise sei dies gar nicht notwendig, da der Klimawandel schon über andere Zuschläge abgedeckt werde. Auch der DWD habe bisher keine Hinweise darauf, dass sich der Klimawandel in den kurzen Starkregen-Zeitreihen (Radardaten) bemerkbar mache (Becker et al. 2016a). Dann müsse auch geklärt werden, wie die Auswirkungen rechnerisch einbezogen werden könnten. Weitere Anmerkungen waren die Verwendung eines Klimazuschlages von 15 % auf die der Maßnahmenplanung zugrunde gelegten Niederschläge oder eine schriftliche Würdigung des Klimawandels z.B. im Rahmen eines Musterkapitels (vgl. LAWA 2013b).

4.3.6.12 Liste zuständiger Behörden

Bei der Erstellung der HWRM-RL ist nach § 75 Absatz 3 Satz 2 WHG gemäß Anhang A II.3. HWRM-RL eine „Liste der zuständigen Behörden“ zu führen. Neben diesen wird auch die Beschreibung der Koordination innerhalb der internationalen Flussgebietseinheiten dargelegt. So könnten auch die bei Starkregenrisikomanagementplänen zuständigen Behörden und weitere Informationen aufgeführt werden. Zu bedenken ist allerdings, dass die Zuständigkeiten wegen des lokalen Bezugs nicht so einfach benannt werden können. In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt daher als eingeschränkt übertragbar (gelb) gewertet.

Dieser Begründung wurde überwiegend zugestimmt. Es wurde vorgeschlagen, die Zuständigkeit auf Ebene der Landkreise zu verorten. Eine andere Meinung war, dass bei der Übertragbarkeit auf Starkregeereignisse keine Einschränkungen bestünden und wie bei Flusshochwassern vorgegangen werden könne. Diese Argumente führten jedoch nicht zu einer Änderung der Bewertung (gelb).

4.3.6.13 Übergeordnete Zuständigkeit

Die „übergeordnete Zuständigkeit“ für die Umsetzung der HWRM-RL liegt bei den Ländern (§§ 72-81 WHG). Die Erstellung der HWRM-Pläne wird dazu in den jeweiligen Landesgesetzgebungen geregelt. Bei Starkregen sind die Kommunen verstärkt zur Ausarbeitung der Pläne zu beteiligen. Geklärt

werden müsste trotzdem, ob die Federführung bei den Ländern bleibt oder an die Kommunen übergeht. In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt als übertragbar (grün) gewertet.

Um eine Einheitlichkeit bei der Umsetzung zu gewährleisten, wurde die Federführung bei den Ländern gesehen. Die Verantwortung für die Ausführung solle aber bei den Kommunen liegen. Es wurde auch vorgeschlagen, die Zuständigkeit je nach definiertem Risikogebiet zu organisieren und finanzielle Anreize für die Kommunen zu schaffen. An der Bewertung (grün) änderten diese Punkte nichts.

4.3.6.14 Umsetzung von Maßnahmen

Aufgrund der bundesgesetzlicher Regelungen im Wasserhaushaltsgesetz sind die jeweiligen Landesregelungen maßgeblich (Jablonski 2014; S. 385). Dies führt beim Hochwasserrisikomanagement zu sehr unterschiedlichen Zuständigkeiten in den Ländern. Bei der „Maßnahmenumsetzung" unterscheiden sich die Verantwortlichkeiten je nach Gewässerordnung und werden von den Landesregelungen festgelegt. Je nach Gewässerordnung liegen die Zuständigkeiten auf unterschiedlichen Ebenen (z.B. Bund, Land, Bezirk, Kommune oder EigentümerIn). In der Untersuchungsmatrix wurde dieser Aspekt als nicht übertragbar (rot) gewertet, da die administrativ-institutionellen Zuständigkeiten für den Hochwasserschutz und den Rückhalt von Regenwasser nicht einheitlich geregelt sind. Während der Hochwasserschutz je nach Gewässerordnung maßgeblich auf Landes- bzw. kommunaler Ebene geregelt wird, handelt es sich beim Umgang mit Starkregen um eine gesellschaftliche bzw. kommunale Gemeinschaftsaufgabe (DWA 2013; S. 23).

Nach Meinung der InterviewpartnerInnen müssten die Kommunen stärker in die Pflicht genommen werden, da durch Versiegelung viele Probleme geschaffen wurden. So solle auch der Risikogedanke in der Siedlungswasserwirtschaft verstärkt verankert werden. Es wurde allerdings auch darauf hingewiesen, dass die Kommunen durch die Zuständigkeiten aus der Gewässerordnung auch schon bei Flusshochwasser zuständig sind.

4.3.6.15 Finanzierung von Maßnahmen

Auch bei der „Finanzierung von Maßnahmen" sind aufgrund bundesgesetzlicher Regelungen die jeweiligen Landesregelungen maßgeblich. Demnach unterscheidet sich die Förderung je nach landesspezifischen Richtlinien und Aktionsprogrammen. Hinsichtlich der Finanzierung von Starkregenvorsorge-Maßnahmen sind die landesweit unterschiedlichen Förderprogramme relevant. Zum Teil gibt es Programme, die Kommunen bei der Erstellung von Starkregengefahrenkarten unterstützen (bspw. Baden-Württemberg mit bis zu 70%[61]) oder Maßnahmen zur Niederschlagswasserbeseitigung fördern (bspw. Nordrhein-Westfalen[62]). Häufig werden Starkregenvorsorge-Maßnahmen unter dem Aspekt von Klimaanpassungsstrategien unterstützt. Aufgrund der uneinheitlichen Regelungen wurde dieser Aspekt in Untersuchungsmatrix als nicht übertragbar (rot) gewertet.

Von einer interviewten Person wurde auch darauf hingewiesen, dass auch bei Flusshochwasser die Finanzierung der Maßnahmen teilweise auf kommunaler Ebene geregelt ist. Die meisten ExpertInnen sahen die Übertragbarkeit aufgrund der uneinheitlichen Regelungen für Hochwasserschutz und Rückhalt von Regenwasser als nicht gegeben. Stattdessen wurde ein Bundesförderungsprogramm zur Starkregenprävention empfohlen.

---

61 LUBW 2016b, S. 52.

62 MBWSV und MKULNV 2016; S. 16.

4.3.7 Rechtliche Aspekte im Hinblick auf die Risikomanagementpläne

Es wurde grundsätzlich in Frage gestellt, ob es für kleinräumige Ereignisse sinnvoll sei, diese in großräumigen Managementplänen auf FGE-Ebene darzustellen.

Bei der Umsetzung von Maßnahmen kommt es z. B. bei der Verkehrs- und Stadtplanung zu vielen Überschneidungen. Die Zuständigkeiten und Kooperationen mit anderen Fachbereichen sind nicht klar genug geregelt. Außerdem wurde es als sinnvoll angesehen, die Überflutungsvorsorge in neu zu erschließende Gebiete direkt zu integrieren, indem z.B. bestimmte Bereiche als Retentionsfläche festgeschrieben werden. Hierzu wären klare Vorgaben im Bundes- und Landesrecht wünschenswert, um eine angemessene Qualität zu gewährleisten.

In Bezug auf die Eigenvorsorge wurde angemerkt, dass es sinnvoll wäre zu prüfen, ob MieterInnen die Möglichkeit haben eigenständig Präventionsmaßnahmen umsetzen zu können. Die verantwortlichen EigentümerInnen wohnen häufig nicht in der Nähe, lassen sich durch HausverwalterInnen vertreten oder sind Genossenschaften. Die MieterInnen sind im Falle einer Überflutung jedoch direkt betroffen und sollten daher auch die Möglichkeit haben, sich zu schützen. Gegebenenfalls könnte dies, ähnlich wie beim Einbruchschutz, über Fördermöglichkeiten des Bundesbauministerium, des Bundesinnenministerium und der KfW erfolgen.[63] Dabei werden schon kleine Sicherungsmaßnahmen ab einer Investition von 500 Euro bezuschusst. Inwieweit es möglich ist, eine rechtliche Grundlage für die Eigenvorsorge von MieternInnen zu schaffen, konnte im Rahmen der Interviews nicht beantwortet werden, sondern ist durch ein rechtliches Gutachten zu klären.

4.3.8 Vorschläge zur Verbesserung des Starkregenrisikomanagements in Deutschland

Zum Abschluss der Interviews konnten die ExpertInnen weiterführende Hinweise und Anmerkungen zur Verbesserung des Starkregenrisikomanagements in Deutschland geben.

Die Begriffsdefinition „Starkregen“ müsse nach Ansicht der ExpertInnen für die Bevölkerung, Spezialisten und andere Fachkräfte verständlich sein. Es gebe zu viele unterschiedliche Auffassungen und Definitionen (z. B. Starkregen, wild abfließendes Wasser, Oberflächenabfluss, Sturzflut, urbane Sturzflut). Es wäre ggf. auch sinnvoll, die Definition an internationale Definitionen anzupassen (z. B. fluvial flooding, pluvial flooding, sewer flooding, flash floods). Positiv hervorgehoben wurde, dass durch die Änderung des WHG jetzt auch Starkregen unter Hochwasser gefasst werden kann und so eine gute erste Handlungsgrundlage gegeben ist.

Die ExpertInnen halten vereinfachte, einheitliche Vorgaben für das Vorgehen, besonders bei der Kartenerstellung, für sinnvoll, um eine gute Qualität der Produkte zu gewährleisten. Es wurde auch auf Probleme besonders bei der Umsetzung von Maßnahmen hingewiesen. Dabei gäbe es Überschneidungen mit Verkehrs- und Stadtplanern, jedoch bestehe hier häufig kein Austausch über die verschiedenen Vorhaben. Wechselwirkungen gebe es auch bei der Berücksichtigung von Starkregen im Rahmen von Konzepten zur wassersensiblen Stadtentwicklung und Klimaanpassung. Um diese Schnittstellen besser nutzen zu können, müsse die Kommunikation und Koordination zwischen den Behörden verstärkt werden. Dazu zähle auch, unter Fachkräften ein Risikobewusstsein zu schaffen (Kap. 5.4). So könne das Thema Starkregenprävention in verschiedenen Fachrichtungen aufgegriffen und z. B. durch die Bauweise von Gebäuden oder der Grünflächenplanung Überflutungsrisiken vermieden oder gar vermindert werden. Es gebe schon zahlreiche erfolgreich abgeschlossene Projekte, von denen man profitieren könne, um ggf. neue Strategien zu entwickeln.

---

[63] BMU (zuletzt geprüft am: 04.06.2018).

Fördermöglichkeiten für die Starkregenkonzeption, wie z.B. in Baden-Württemberg (LUBW 2016b), sollten in allen Bundesländern möglich sein. Hierzu gehöre auch die Finanzierung und Bereitstellung von Grundlagendaten. Die Steuerung dieser Punkte könne ebenfalls über die Managementrichtlinie erfolgen. Darüber hinaus wurde darauf hingewiesen, dass häufig auch über Forschungsvorhaben neue Wege des Starkregenrisikomanagements getestet werden können.

Die kurze Vorwarnzeit bei Starkregen wurde als problematisch angesehen. Hierdurch kann der Aufgabe der Warnung vor Schadensereignissen nicht ausreichend nachgekommen werden. Der DWD arbeite jedoch an diesem Problem, um bessere Informationen liefern zu können. Um Daten über vergangene Ereignisse zu gewinnen, könnten Bürgerbefragungen durchgeführt werden. So wäre es auch möglich, Ereignisse zu erfassen, die nicht durch die Stationen aufgezeichnet wurden. Nicht nur bei der Verbesserung der IT-technischen Methodik, sondern auch bei der Zusammenarbeit mit den Vorhersagezentralen bestehe Verbesserungsbedarf. Nur so könne ein wirksames Warnmanagement betrieben werden.

Außerdem sollte das Bewusstsein in der Bevölkerung zum Thema Starkregen verbessert werden (siehe Kap. 3.4.2.4). Dazu gehöre sowohl die Vermittlung von Wissen um die verschiedenen Hochwasserarten und die Besonderheiten bei Starkregen als auch die Grenzen des Schutzes. Die Bevölkerung müsse darauf aufmerksam gemacht werden, dass es keinen absoluten (technischen) Schutz vor Überflutungen gebe und hier auch Eigenvorsorge gefragt sei. Hierzu sei eine stetige Informierung und Öffentlichkeitsarbeit notwendig.

Die InterviewpartnerInnen wiesen zur Starkregenprävention auf das Hochwasser-Audit (DWA-M 551) für Kommunen und für Eigentümer auf den Hochwasserpass (HKC 2017; DWA-A 533) hin.

Einige dieser Verbesserungsvorschläge werden in den übergreifenden Handlungsempfehlungen des Projektes (Kapitel 5) wieder aufgegriffen.

4.4 Diskussion

4.4.1 LAWA-Definition zu Starkregen

Der Starkregen-Definition der LAWA, Starkregen (siehe Kap1.2.1) als wild abfließendes Wasser oder Oberflächenabfluss zu definieren, stimmten die ExpertInnen generell zu. Sie hatten jedoch einige Anmerkungen zur Kommunikation des Begriffs: Der Begriff Starkregen sollte einheitlich definiert sein und dann auch von allen Fachbereichen verwendet werden. Wichtig ist die Unterscheidung zwischen dem Niederschlagsereignis und dem daraus folgenden Abfluss auf der Oberfläche. Das Niederschlagsereignis ist durch die Definition des DWD (DWD 2017a) ausreichend bestimmt. In diesem Punkt waren sich die InterviewpartnerInnen einig.

Bei der Beschreibung des Abflusses an der Oberfläche ist unter den interviewten Personen hingegen umstritten, was darunter zu fassen und wie dies zu benennen ist. Stemplewski et al. (2015; S. 109) etwa schreiben „wild abfließende[s] Wasser bei Starkregen“. Auch Tyrna et al. 2015 (S. 104) sprechen von „Oberflächenabfluss nach Starkregen“ und Hennegriff 2017 (S. 764) von „aus einem Starkregenereignis resultierenden Oberflächenabfluss“. Hier wird die von den ExpertInnen angesprochene Differenzierung deutlich, auch wenn sich daraus noch kein fester Begriff ableiten lässt. Handelt es sich um Oberflächenabfluss, wird in der (Siedlungs-) Wasserwirtschaft häufig auch von „urbanen Sturzfluten“ gesprochen (Buchholz et al. 2015a). Nach DWA (2015; S. 9) werden diese urbanen Sturzfluten jedoch als „kurzfristig auftretende, große oder sehr große Oberflächenabflüsse innerhalb eines Siedlungsgebiets“ bezeichnet. Dies wird auch in DWA (2013; S. 7) definiert: „Als

urbane Sturzflut bezeichnet man die aus einem oftmals lokal auftretenden Starkregen[64] resultierende Überschwemmung eines Siedlungsgebietes.“. Mit dem Begriff „urbane Sturzflut“ gibt es demnach eine Bezeichnung, mit der die Überflutung durch Oberflächenabfluss im städtischen Raum beschrieben ist und bereits in Regelwerken und Leitfäden erfasst und verwendet wird (DWA 2013; DWA 2015; DWA 2017). Dies könnte der im Interviewleitfaden verwendeten Definition entgegenstehen, bei der die LAWA zunächst Sturzfluten ausdrücklich ausgeschlossen hatte (LAWA 2017b; S. 1). Da jedoch auch die Bezeichnung „Oberflächenabfluss“ verwendet werden kann, ist dies eine Begrifflichkeit, die in der Literatur genutzt wird und mit der die Mehrheit der ExpertInnen arbeitet. In der aktuellen LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement werden nun neben starkregenbedingten Überflutungen aus Oberflächenabflüssen auch starkregenbedingten Überflutungen durch große Niederschlagsmengen in Gräben und kleinen Gewässern (Sturzfluten) betrachtet (LAWA 2018, S. 18).

Neben einer einheitlich verwendeten Definition für Starkregen, die auch die resultierende Überflutung berücksichtigt, für die Fachwelt sollte zudem eine Starkregendefinition auch für die Bevölkerung verständlich sein, d.h., es muss deutlich werden, welches Ereignis und welche potenzielle Gefährdung sich hinter der Definition verbergen.

4.4.2 Synergien und Hemmnisse in den Bearbeitungsschritten der HWRM-RL

Die Bewertungen in der Untersuchungsmatrix (vgl. Tabelle 11; Tabelle 12; Tabelle 13) zeigen, dass viele und vor allem zentrale Aspekte der drei Bearbeitungsschritte der HWRM-RL nicht oder nur eingeschränkt übertragbar sind.

Für eine Bearbeitung von Starkregen nach den Vorgaben der HWRM-RL spräche, dass an einen bestehenden Rahmen angeknüpft werden könnte. Die Erfahrungen des ersten Zyklus bei Flusshochwasser könnten genutzt werden, um die Umsetzung im Starkregenrisikomanagement qualifiziert durchzuführen. Als weitere Möglichkeit könnte die Bearbeitung von Starkregen dem Bereich Siedlungsentwässerung zugeordnet werden. Zudem bestehen über die Bundesgesetze weitreichende Möglichkeiten, das Starkregenrisikomanagement zu berücksichtigen. Durch das Hochwasserschutzgesetz II (HWSG II) erfolgten u.a. Änderungen im Baugesetzbuch (siehe auch Kap. 4.3.3). Nach § 1 Absatz 6 Nr.12 BauGB ist der Hochwasserschutz, insbesondere die Vermeidung und Verringerung von Hochwasserschäden bei der Aufstellung von Bauleitplänen zu berücksichtigen. Durch eine Erweiterung in § 9 Absatz 1 Nummer 16c, 16d BauGB können im Bebauungsplan nun auch Gebiete festgesetzt werden, die der Vermeidung oder Verringerung von Hochwasserschäden einschließlich der Schäden durch Starkregen dienen.

Das Vorgehen bei der Bearbeitung des Hochwasserrisikomanagements auf Basis der HWRM-RL ist in einigen Punkten auf Starkregen übertragbar. Besonders in der Frage der übergeordneten Zuständigkeit, den Informationen zum Risiko (§ 74 Absatz 4 WHG gemäß Artikel 6 Absatz 5 HWRM-RL), der Öffentlichkeitsbeteiligung und den Zielen des Risikomanagements liegen Synergien vor. Bei der Durchführung des Starkregenrisikomanagements und dessen Maßnahmen werden jedoch verstärkt die Kommunen in der Pflicht gesehen. Bei vielen anderen Aspekten bestehen dagegen so große methodische Unterschiede zwischen Flusshochwasser und Starkregen, dass eine Übertragbarkeit nicht möglich ist.

Eine große Schwierigkeit stellt die Festlegung der Risikogebiete, die Basis für die Umsetzung der HWRM-RL sind, dar. Die Eingrenzung von Gebieten lässt sich ebenfalls nicht von Flusshochwasser auf Starkregen übertragen, da diese kleinteiligere und grundsätzlich alle urbanen Gebiete betreffen. Zudem sind Starkregenereignisse schwer vorherzusagen und führen abseits von Gewässern zu

[64] Definition zu Starkregen in Kap. 4.3.1.

Überflutungen (Stemplewski et al. 2015; S. 108). Für eine Übertragung wären andere sowohl methodisch als auch mit einem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbundene Ansätze notwendig (LAWA 2017b; S. 2). Geht man davon aus, dass sich die Risikogebiete nicht über den Niederschlag bestimmen lassen, wäre theoretisch die ganze Bundesrepublik ein Risikogebiet. Diesem Ansatz kann aufgrund der nachfolgenden Bearbeitungsausmaße nicht gefolgt werden. Ein anderer Ansatz wäre, nur urbane Gebiete zu betrachten, da nur dort auch die Signifikanzkriterien erfüllt wären, auf die sich das Risiko bezieht. Dies würde die Gebiete eingrenzen, aber in großen Städten ggf. eine weitere Differenzierung erfordern. Zur Festlegung der Risikogebiete wurde so in Stokman et al. 2015 (S. 125) die Betrachtung von Regenwassereinzugsgebieten vorgeschlagen. Bei diesen werden die ober- und unterirdische Fließwege unabhängig von administrativen Grenzen erfasst.

Die methodischen Unterschiede der Szenarien für die Erstellung der Gefahren- und Risikokarten sind bei Flusshochwasser und Starkregen zu groß, als dass sie von Flusshochwasser direkt übertragen werden könnten. Ein zentraler Unterschied zu Flusshochwassern besteht darin, dass die statistische Eintrittswahrscheinlichkeit des Oberflächenabflusses bei Starkregenereignissen derzeit nicht bestimmt werden kann, da keine sicheren Methoden zur Abschätzung der räumlichen Abgrenzung und der Auftretungswahrscheinlichkeit vorhanden sind (LAWA 2017a; S. 8). Die HWRM-RL sieht in ihrer derzeitigen Form aber gemäß Artikel 6 Absatz 3b verbindlich die Ausweisung eines Ereignisses mit einer 100-jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit vor. Dies ist aufgrund des derzeitigen wissenschaftlichen Standes nicht möglich und stellt somit eine große Herausforderung dar. In Baden-Württemberg wurde dies durch die Darstellung von drei Oberflächenabflussereignissen (Szenarien) gelöst. Sie beruhen auf der Berechnung der Oberflächenabflusswerte, die in der Kombination der Eingangsdaten (Niederschlags- und Bodenparametern), nicht mehr direkt einer Eintrittswahrscheinlichkeit zugewiesen werden können (LUBW 2016b).

Weitere Schwierigkeiten ergeben sich häufig durch einen bei Starkregen erforderlichen höheren Detailgrad der Daten und Modelle. Für die Modellierung von Überflutungen durch Starkregen müssten durchgehend zweidimensionale hydraulische Modelle verwendet werden. Dies wird auch in der Praxis so gesehen (Buchholz et al. 2015b). Nach (Schmitt 2015a) führt eine gekoppelte 2D-Modellierung von Kanalnetz und Oberflächenabfluss zu den besten Ergebnissen. Da sie jedoch sehr rechenintensiv ist, empfiehlt es sich, diese nur für besonders gefährdete Gebiete durchzuführen. Alternativ könnte man auch auf stark vereinfachte Modellierungsansätze zurückgreifen, wie topografische Gefährdungsanalysen (Fließweganalyse) mit Hilfe geografischer Informationssysteme. Da sich Risikogebiete mit einer erhöhten Eintrittswahrscheinlichkeit für Starkregen derzeit ohnehin nicht verlässlich abgrenzen lassen, könnte es für die Maßnahmenplanung ausreichend sein, besonders gefährdete Orte wie Senken auszuweisen. Ein solches Vorgehen würde aber eine Anpassung der HWRM-RL erforderlich machen, da derartige GIS-gestützte topografische Analysen keine konkreten Angaben zu auftretenden Wasserständen, Wassermengen oder Fließgeschwindigkeiten liefern können (DWA 2013; S. 14). Aus diesem Grund entsprechen sie nicht den Mindestanforderungen der Richtlinie.

Auch bei den verwendeten Daten sollten eine hohe Auflösung und ein großer Detailgrad vorhanden sein. Die Auflösung des DGM sollte mindestens bei 1 bis 2 m liegen ((Schmitt 2015b). Nach (Buchholz et al. 2015b) und Arnold et al. (2014, S. 286) ist jedoch ein 1x1m-Raster vorzuziehen, um alle Feinheiten der Oberfläche abbilden zu können. Dazu ist es ebenfalls wichtig, die Gebäude bzw. Gebäudeumrisse in das DGM zu integrieren. Außerdem sollten Brücken, Unterführungen, Durchfahrten, Überdachungen und Innenhöfe berücksichtigt werden, um die Fließwege in der Modellierung möglichst realistisch abbilden zu können (Buchholz et al. 2015b).

Einige ExpertInnen sprachen sich für eine erweiterte Berücksichtigung von kritischen Infrastrukturen[65] aus. Neben den in Baden-Württemberg (LUBW 2016b) aufgenommenen Krankenhäusern, Kindergärten und Schulen sollten auch Standorte zu Energie und Wasser aufgenommen werden (Arnold et al. 2014; S. 287; SteB Köln 2016a; S. 13). Dieses Vorgehen, wie u. a. in Baden-Württemberg durchgeführt, erfordert einen hohen Aufwand für Datenbeschaffung und –aufbereitung und Rechnerleistung im Modellierungsprozess, ist jedoch unumgänglich, um ein vollständiges Bild des Risikogebietes zu erlangen.

Ein sehr großes Problem ist, dass Starkregenereignisse momentan nicht vorhergesagt und räumlich abgegrenzt werden können (LAWA 2017b; S. 2f). In diesem Bereich ist der DWD verstärkt dabei, die Technik und das methodische Vorgehen auszubauen. Hierbei soll er sowohl durch finanzielle als auch personelle Unterstützung durch den Bund gefördert werden (UMK 2016; S. 64). In Verbindung mit der Verbesserung der Vorhersage stehen auch das Warnsystem und die Kommunikation mit den Warnzentralen und dem Katastrophenschutz. Hier besteht Nachholbedarf im Vergleich zu Flusshochwasser. Im dritten Bearbeitungsschritt wird dies bei der Identifizierung möglicher Maßnahmen aufgegriffen. Bei einer Integration von Starkregen in die HWRM-RL müssten Vorhersagen und Warnungen daher auch für diese Ereignisse erfolgen. Der Bereich des Warnmanagements hat auf der einen Seite aufgrund der kurzen Vorwarnzeiten, aber auch im Hinblick auf die Kommunikationsstrukturen noch Verbesserungsbedarf. Daher sollte zusätzlich an der Kommunikation zwischen den verschiedenen Zuständigen gearbeitet werden, um einen schnellen Informationsfluss im Katastrophenfall gewährleisten zu können (LAWA 2016; S. 18).

Wie zuvor erwähnt, wird Starkregenrisikomanagement eher auf kommunaler Ebene verortet und sollte dort als Gemeinschaftsaufgabe angegangen werden, bei der die Bevölkerung (Privatpersonen, Gewerbetreibende, Industriebetriebe) im Rahmen der Eigenvorsorge zu beteiligen ist. Auf den Erfahrungswerten von abgeschlossenen Projekten und den Entwicklungen der letzten Jahre in diesem Themenbereich kann aufgebaut werden. Um die Eigenvorsorge zu stärken, ist die Information („sensibilisieren, informieren und aktivieren“ (Stemplewski et al. 2015; S. 112)) über die Gefahr Starkregen und die Vorsorgemöglichkeiten von behördlicher Seite aus wichtig. Die Öffentlichkeitsarbeit ist eine wichtige Stufe, um Akzeptanz für das Thema „Prävention gegen Starkregen“ in der Bevölkerung zu schaffen (Tyrna et al. 2015; S. 107). Ein Teil dieser Risikokommunikation ist der Starkregenindex (s. 4.3.4.6), durch den die Szenarien für Bevölkerung einfacher dargestellt werden können (DWA 2015; S. 34; Schmitt 2015; S. 119). Zusätzlich ist die Koordination zwischen verschiedenen Bereichen für ein erfolgreiches Starkregenrisikomanagement wichtig. Dies betrifft Planer, Architekten, kommunale Behörden und die behördlichen Entscheidungsträger (Piroth 2015; S. 46; Schmitt 2015; S. 119).

4.5 Synthese

Nach Bewertung der Literatur, der Interviewergebnisse und auf Basis der Diskussion kommen wir zu dem generellen Schluss, dass neben einigen Synergien doch erhebliche Hemmnisse hinsichtlich einer systematischen Integration des Starkregenrisikos in die Bearbeitung auf Basis der HWRM-RL existieren. Zum einen wäre eine Integration mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden, da aufgrund des mikrotopografischen urbanen Bezugsraums höher aufgelöste Daten recherchiert und verarbeitet sowie detailliertere Modelle verwendet werden müssten. Dieser erhebliche Mehraufwand erscheint kaum leistbar und steht nicht im Verhältnis zum erhofften Mehrwert einer systematischen

[65] Kritische Infrastrukturen werden in die Sektoren Energie, Informationstechnik und Telekommunikation, Transport und Verkehr, Gesundheit, Wasser, Ernährung, Finanz- und Versicherungswesen, Staat und Verwaltung und Medien und Kultur eingeteilt (BBK 2009; S. 1).

Bearbeitung des Starkregenrisikos nach den Vorgaben der HWRM-RL. Zum anderen bestehen grundlegende methodische Herausforderungen, die eine analoge Anwendung beim derzeitigen Stand des Wissens als unmöglich erscheinen lassen. Hierzu gehört die gemäß Artikel 6 Absatz 3b HWRM-RL vorgeschriebene Berechnung 100-jährlicher Überflutungsflächen. Hier ist vor allem die Bestimmung der Jährlichkeit dieses Szenarios derzeit unklar (diese kann nur für den Niederschlag, nicht für den Oberflächenabfluss erfolgen) und die Mindestanforderung, Überflutungstiefen auszuweisen, ist nur durch eine detaillierte hydraulische 2D-Modellierung zu erzielen, was zu einem erheblichen Mehraufwand führt. Insgesamt wird eine Bearbeitung von Starkregen unter den Regelungen der HWRM-RL daher zu als zu aufwändig eingeschätzt.

Die derzeitige Vereinbarung, Starkregen in den Hochwasserrisikomanagementplänen zu berücksichtigen und konkrete Maßnahmen zu planen, sowie die Erarbeitung einer Starkregenstrategie durch die LAWA (LAWA 2018) scheinen vor diesem Hintergrund ein geeigneter Weg, das wichtige Thema des Starkregenrisikomanagements stärker im Bewusstsein staatlichen und privaten Handels zu verankern. Dies zeigt sich auch daran, dass in einigen Bundesländern und Kommunen das Starkregenrisikomanagement schon weit fortgeschritten ist. Es sind umfangreiche Leitfäden und Starkregengefahrenkarten entstanden, und es werden konkrete Maßnahmen der Vorsorge ergriffen (siehe Kap. 3). Nach der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (zuletzt geändert am 18.07.2017) ist zudem die Berücksichtigung von Starkregen bei der Ausweisung von Hochwasserentstehungsgebieten (§ 78d Absatz 1) möglich. Starkregen kann in der Maßnahmenplanung berücksichtigt werden. Die rechtliche Regelung von Starkregen fällt allerdings weiter hinter Flusshochwasser zurück. Die vollständige Integration von Starkregen in die Umsetzungsschritte der HWRM-RL ist jedoch nicht zu empfehlen. Vielmehr wäre es im Hinblick auf ein einheitliches Vorgehen zum Starkregenrisikomanagement in Deutschland sinnvoll, eine auf Starkregen angepasste gesetzliche Regelung zu erstellen, die die sinnvollen und übertragbaren Aspekte aus dem Hochwasserrisikomanagement integrieren könnte. Dazu geben die Bewertungsmatrizen in Kapitel 4.3.2 einige Anregungen.

Darüber hinaus können für die Schaffung eines eigenen Regelwerkes für Starkregen folgende rechtliche Empfehlungen ausgesprochen werden: Es ist dringend erforderlich, eine gesetzliche Regelung für die Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten zu schaffen. Im Moment bestehen hier zu viele Unsicherheiten, was die Rechtsfolgen für Kommunen und EigentümerInnen betrifft. Zurzeit werden schon vorhandene Starkregengefahrenkarten von den Kommunen aus diesem Grund nicht veröffentlicht, wodurch die BürgerInnen nicht die Möglichkeit haben, sich über ihre Gefährdung zu informieren und angemessen vorzusorgen. Regelungsmöglichkeiten bestehen z. B. im Baurecht, in das die Ausweisung von Risikogebieten bei Starkregen aufgenommen werden könnte. Hierzu wären außerdem, da Starkregenereignisse überall auftreten können, bundesweit einheitliche Kriterien zur Abgrenzung der Risikogebiete notwendig.

5 Übergreifende Empfehlungen zur Verbesserung der Starkregenvorsorge in Deutschland

Die Schadensereignisse der letzten Jahre zeigen, dass das Thema Vorsorge gegen Starkregen von großer Bedeutung ist und weiter vorangetrieben werden sollte, auch wenn die HWRM-RL aufgrund des erheblichen Mehraufwandes und methodischer Herausforderungen nicht das richtige Instrument dafür zu sein scheint. Auf der Grundlage des vorliegenden Berichts können zehn Handlungsempfehlungen für die Bearbeitung und Minderung von Starkregenrisiken in Deutschland abgeleitet werden. Eine Übersicht der zehn Punkte findet sich in Tabelle 14. Diese werden im Folgenden näher erläutert.

Tabelle 14: Handlungsempfehlungen für das Starkregenrisikomanagement

Zehn Handlungsempfehlungen für das Starkregenrisikomanagement
1. Einheitliches Begriffsverständnis schaffen
2. Risikokommunikation und Bewusstsein der Bevölkerung stärken
3. Eigenvorsorge der Bevölkerung stärken
4. Potenziale von Planungsinstrumenten ausschöpfen
5. Starkregenereignisse und Schäden systematisch erfassen
6. Starkregengefahren- und Risikokarten für urbane Räume erstellen und öffentlich zugänglich machen
7. Warnsysteme fachlich und technisch weiterentwickeln
8. Finanzierungsmöglichkeiten schaffen
9. Behördenübergreifende Kooperationen verbessern
10. Wissenslücken schließen

5.1 Einheitliches Begriffsverständnis schaffen

Bisher wird der Begriff „Starkregen“ von verschiedenen Fachbereichen und Akteuren unterschiedlich verwendet. Dies führt zu Problemen bei der Verständigung und Vergleichbarkeit von Ereignissen und Aussagen zwischen den handelnden Akteuren und Institutionen. Es sollte eine allgemeingültige und von allen Fachbereichen akzeptierte Definition ausgearbeitet werden. Für die Ausarbeitung bieten sich Institutionen an, die in wissenschaftlichen Kreisen, bei Umsetzungsakteuren und in der Politik eine hohe Anerkennung genießen. Gegebenenfalls sollte diese Aufgabe auch in Partnerschaft von mehreren Institutionen übernommen werden. Eine Mandatierung dieser Institutionen, z.B. durch die LAWA oder die interministerielle Arbeitsgruppe Anpassung (IMA), könnte die Akzeptanz der Definition erhöhen. Die Definition sollte, da sie auch in der Kommunikation mit der Bevölkerung verwendet wird, eindeutig und leicht verständlich sein und dabei negative kognitionspsychologische Effekte vermeiden.

5.2 Risikokommunikation und Bewusstsein der Bevölkerung stärken

Die Gefährdung durch Starkregen hat erst in den letzten Jahren zunehmende Aufmerksamkeit erlangt. Ein wichtiger Punkt ist daher, die Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung weiter zu stärken. Dabei ist es notwendig, den Unterschied zwischen Flusshochwassern und Überflutungen durch Starkregen zu vermitteln. Es sollte deutlich gemacht werden, dass diese Überflutungen auch abseits von Gewässern entstehen und zu großen Schäden führen können. Erschwerend hinzu kommt, dass die Vorwarnzeiten bei Starkregen bisher, und wahrscheinlich auch zukünftig, noch kurz und Prognosen sehr unsicher sind.

Aufgrund der Dynamik der Abflussprozesse sollte auch adäquates Verhalten in Gefahrensituationen vermittelt werden, damit Menschen in betroffenen Gebieten lebensgefährliche Situationen erkennen und vermeiden können, wie zum Beispiel Schutz in Unterführungen zu suchen.

In der Risikokommunikation sollte zudem auf die Grenzen des technischen Überflutungsschutzes hingewiesen werden. Bei Niederschlagsereignissen mit einer Wiederkehrzeit von mehr als 30 bzw. 50 Jahren kann über die Entwässerungssysteme kein Überflutungsschutz gewährleistet werden (DWA 2006; S.14; Schmitt 2014; S. 683). Daher sollte von Kommunen und anderen Akteuren klar kommuniziert werden, dass bei seltenen Ereignissen, trotz des Einsatz alles technisch und wirtschaftlich Möglichen, ein Restrisiko verbleit und kein einhundertprozentiger Schutz vor Überflutungen gewährleistet werden kann. Schließlich sollte die Gefahreninformation (siehe Kap. 5.6) mit Informationen über Handlungsmöglichkeiten, d.h. Möglichkeiten der Schadensreduktion, verknüpft werden.

5.3 Eigenvorsorge der Bevölkerung stärken

Aufgrund des lokal nur schwer vorhersehbaren Eintretens von Starkregenereignissen ist die *Eigenvorsorge* der Bevölkerung besonders wichtig. Bauliche Maßnahmen am Gebäude können den Wassereintritt und somit mögliche Schäden deutlich vermindern. Damit die Bevölkerung aber präventive Maßnahmen ergreifen kann, muss das Wissen um die Möglichkeiten, Kosten und Effektivität der Vorsorge verbessert werden. Hier ist es wichtig, dass eine systematische Verknüpfung der Gefahreninformation mit den Vorsorgeinformationen erfolgt. Von kleinen Maßnahmen, wie Rückstauklappen, Gartenmauern, erhöhten Eingängen und automatisierten Schotten sollte die gesamte Bandbreite vorgestellt werden. Die Öffentlichkeitsarbeit kann z. B. durch Broschüren[66], lokale Informationsveranstaltungen oder überregionale Veranstaltungen wie einem Starkregentag[67] erfolgen. Dabei ist es sicher sinnvoll in Gebieten, die auch von Hochwasser betroffen sein können, an die Erfahrung zur Eigenvorsorge aus dem Hochwasserrisikomanagement anzuknüpfen und Synergien durch z.B. gemeinsame Veranstaltungen zu nutzen. Hilfreich könnte auch sein, wenn verschiedene AkteurInnen, wie zum Beispiel Kommunen und Versicherungen, (untereinander abgestimmte und konsistente) Informationen zum Umgang mit Starkregenereignissen bereitstellen. Diese sollten an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden und z. B. lokale Ansprechpartner nennen. Dies könnten beispielsweise die Baubehörde, Entwässerungsbetriebe oder Bürgerinitiativen sein. Auch über einen „Nachmach-Effekt“ könnte die Bereitschaft zur Umsetzung von Maßnahmen angeregt werden: Setzt in der Nachbarschaft eine Person Maßnahmen um, ist dies ein Vorbild für weitere EigentümerInnen (Bubeck et al. 2013; Grothmann 2017).

Durch die Nutzung verschiedener Instrumente und Medien kann die Bevölkerung erreicht und über die Aspekte Risiko und Vorsorge informiert werden. Nur wenn die BürgerInnen gut informiert sind und ihre Selbstwirksamkeit gestärkt wird, können sie auch verantwortlich handeln. Hierzu gehört auch die Selbstinformation anhand von in einigen Kommunen schon vorhandenen Starkregengefahrenkarten und Informationen zur Vorsorge. Zusätzlich ist es für HauseigentümerInnen sinnvoll einen Hochwasserpass anzulegen (HKC 2017). Dieser liefert eine individuelle Einschätzung des Überschwemmungsrisikos eines Objektes für Hochwasser, Starkregen, Kanalrückstau und Grundwasser. Auf der Homepage kann über einen Fragebogen selbstständig eine

---

66 Beispiele sind der „Leitfaden zur Starkregenvorsorge für Hauseigentümer, Bauwillige und Architekten der Stadtentwässerungsbetriebe Köln“ (SteB Köln 2016b) und der „Leitfaden zur Starkregenvorsorge. Informationen und Tipps für Bürgerinnen und Bürger“(Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten e.V. 2016).

67 Beispiel Hochwassertag Baden-Württemberg 2017: Veranstaltung zu Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement mit AkteurInnen aus verschiedenen Behörden, Kommunen, Katastrophenschutz, Planung, Wirtschaft und interessierter Bevölkerung (UM BWL 2017).

erste Einschätzung des Ist-Zustands des Objektes ermittelt werden. Für den Hochwasserpass werden von einem Sachverständigen in einer kostenpflichten Vor-Ort-Begutachtung potenzielle Gefahrenquellen identifiziert, und mögliche Maßnahmen werden erörtert. In dem Pass wird über eine bildliche und farbliche Darstellung deutlich gemacht, wie sich durch die umgesetzten Maßnahmen das Schutzniveau erhöht. Im Rahmen der Eigenvorsorge wäre es sinnvoll, auch MieterInnen die Möglichkeit der Vorsorge zu bieten (vgl. 4.3.7) Nach der aktuellen Rechtslage können sie selbstständig jedoch keine Präventionsmaßnahmen umsetzen und sind auf die EigentümerInnen angewiesen.

5.4 Potenziale von Planungsinstrumenten ausschöpfen

Nicht nur in der Bevölkerung muss ein Bewusstsein geschaffen werden, sondern auch Bauplanung und Architekten müssen für das Thema sensibilisiert werden. Diese können einen großen Teil zur Vorsorge beitragen. Überflutungssicheres Bauen und modernes, nachhaltiges und barrierefreies Bauen müssen sich nicht ausschließen. Für die Planer und Architekten kann dies über rechtliche Vorgaben und Regelwerke vorgegeben oder als Leitfaden veröffentlicht werden. Die Risikosensibilisierung sollte außerdem verstärkt in den entsprechenden Ausbildungsgängen berücksichtigt werden.

Die Festsetzung von Vorschriften in Bebauungsplänen (zum Beispiel Bau von Regenwasserzisternen mit einem bestimmten Volumen pro Quadratmeter versiegelter Grundstücksfläche) hat sich in der Praxis als hilfreiche Maßnahme erwiesen, um die private Vorsorge zu erhöhen. Bei Umweltschutzbelangen erwies sich dies beim Bauen nach § 34 BauGB als schwierig, da hier das Einfügungsgebot der Bebauung in die nähere Umgebung besteht. Die durch das HWSG II im Baugesetzbuch erfolgten Änderungen ermöglichen es nun in Bauleit- und Bebauungsplänen Flächen für den Hochwasserschutz und die Starkregenvorsorge festzulegen. Der Bund sollte sich deshalb bemühen, den Planern in Kommunen die Potenziale der Bauleitplanung für Starkregenvorsorge näher zu bringen (Vgl. 4.4.2). Sinnvoll wäre beispielsweise die Sammlung, Aufbereitung und Kommunikation von möglichen Festsetzungen und Beispielen guter Praxis (UBA 2016b).

Der Umgang mit Starkregen darf keinesfalls als reines unterirdisches Abführproblem betrachtet werden. Bei extremen Starkregen muss Wasser zwangsläufig über die Oberfläche abgeführt oder zurückgehalten werden. Eine Erhöhung des Grünflächenanteils oder der Aufbruch von urbaner Versieglung durch multifunktionale Flächennutzung kann dabei einen Beitrag zur Starkregenvorsorge leisten.

5.5 Starkregenereignisse und Schäden systematisch erfassen

Um das Ausmaß und die Häufigkeit von Starkregen und verursachten Schäden und Umweltwirkungen besser quantifizieren zu können, sollte auch in Deutschland nach dem Vorbild anderer Länder eine Datenbank zur Dokumentation (vergangener) Starkregenereignisse erstellt werden. Darin sollten neben Informationen über das Ereignis (Niederschlagsmengen und -intensitäten) auch Schäden (Personen, Gebäude, Infrastruktur usw.) und Umweltwirkungen (z. B. Überlauf der Mischkanalisation, Beschädigung von Grünanlagen) aufgeführt werden. Als Grundlage dafür wäre eine gesetzliche Vorgabe vorteilhaft, in der z. B. auch einheitliche Kriterien und die Verpflichtung zur Aufnahme der Daten im Ereignisfall festgelegt sind. Um dies zu realisieren, ist eine Abstimmung von Zuständigkeiten und Berichtspflichten zwischen Bund, Ländern und Gemeinden erforderlich. Hier könnten Synergien mit dem Berichtswesen für das Sendai-Rahmenwerk[68] (internationales Rahmenwerk zur Katastrophenvorsorge) angestrebt werden. Neben der Verpflichtung durch Vorsorgemaßnahmen die Auswirkungen von Naturkatastrophen deutlich zu verringern, wurden auch Indikatoren zur Messung der Umsetzung des Rahmenwerks entwickelt. Hieraus ergeben sich Fragen zur Aufgabenverteilung

[68] UNISDR Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 (zuletzt geprüft am: 09.06.2018).

und Verantwortlichkeiten im Bereich des Monitorings. Auch für die Erstellung von Starkregengefahren- und Risikokarten wäre die stärkere Dokumentation von Ereignissen und ihres Ausmaß hilfreich, denn die dort erhobenen Daten können genutzt werden, um Modelle zu validieren, mit denen Karten und Risikoabschätzungen erstellt werden.

5.6 Starkregengefahren- und Risikokarten für urbane Räume erstellen und öffentlich zugänglich machen

Grundsätzlich sollte die Erstellung und Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten gefördert und ggf. gesetzlich eingefordert werden. Bei der Erstellung besteht die Schwierigkeit in der Abgrenzung der Starkregenrisikogebiete, da Starkregen überall und unabhängig von Gewässern auftreten können (Vgl. Kap. 4.3.2.1). In den Starkregengefahrenkarten sollten festgelegte Schwellenwerte für die Fließgeschwindigkeit und die Wassertiefe aufgenommen werden. Dies ist wichtig, da besonders für Kinder und ältere oder beeinträchtigte Personen schon geringe Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten eine große Gefahr bedeuten können. Auch die Fahrtiefen für Rettungsfahrzeuge sollten darin (ggf. in separaten Karten) berücksichtigt werden.

Bisher bestehen große Unterschiede bei der Generierung (Modellierungsansätze) und Darstellung von Starkregengefahren- und Starkregenrisikokarten. Dies erschwert die Verständlichkeit der Karten für die Bevölkerung und Einsatzkräfte. Aufgrund der unterschiedlichen Modellierungsansätze sind überregionale Analysen aufgrund der fehlenden Vergleichbarkeit derzeit kaum möglich. Aus diesem Grund sollte auf eine Harmonisierung bei der Erstellung und Darstellung von Starkregengefahren- und Risikokarten hingewirkt werden. Die Erstellung und Veröffentlichung zielgruppenspezifischer Karten ist zu erwägen; die Verständlichkeit der Karten durch die Zielgruppe ist zu prüfen und zu gewährleisten.

Es ist dringend erforderlich, eine gesetzliche Regelung für die Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten zu schaffen. Im Moment bestehen hier zu viele Unsicherheiten, was die Rechtsfolgen für Kommunen und EigentümerInnen betrifft. Zurzeit werden schon vorhandene Starkregengefahrenkarten von den Kommunen aus diesem Grund nicht veröffentlicht, wodurch die BürgerInnen nicht die Möglichkeit haben, sich über ihre Gefährdung zu informieren und angemessen vorzusorgen.

5.7 Warnsysteme fachlich und technisch weiterentwickeln

Neben den verschiedenen Präventions- und Baumaßnahmen ist auch die Warnung vor Starkregenereignissen relevant für eine erfolgreiche Risikoreduktion. Die Vorhersage- und Vorwarnzeiten sind hier jedoch deutlich kürzer als bei Flusshochwasser. Dies ist besonders problematisch, weil Rettungsdiensten und Katastrophenschutz kaum Zeit bleibt, um auf die Situation zu reagieren. Auch die Bevölkerung wird häufig unvorbereitet getroffen. Zur Verbesserung der Vorhersage bei Starkregenereignissen ist eine fachliche und technische Weiterentwicklung notwendig. Hier spielt vor allem der DWD als nationaler meteorologischer Dienst eine zentrale Rolle. Aufgrund der nichtlinearen Dynamik in der Atmosphäre besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass bestimmte Vorhersagezeiten auch zukünftig nicht erreichen werden können. Hierzu muss eine ehrliche Kommunikation stattfinden. Weiterhin ist auch eine Verbesserung in der Koordination und Zuständigkeitsregelung zwischen den Diensten erforderlich. Die Kommunikation zwischen Vorhersagediensten und Rettungsdiensten muss für Starkregen verbessert werden, um die schnelle Weitergabe und den Erhalt wichtiger Informationen zu gewährleisten.

Um mit der Warnung einen möglichst hohen Anteil der potenziell betroffenen Bevölkerung erreichen zu können, sind verschiedene Kommunikationskanäle zu nutzen. Verschiedene Warn-Apps sollten aufeinander abgestimmt werden, um keine sich widersprechenden Warnungen zu verbreiten. Auf die Schwellenwerte, die derzeit vom DWD für die Warnungen verwendet werden, sollte bei anderen

Kommunikationsprodukten zurückgegriffen werden, um eine konsistente und verständliche Risikokommunikation zu fördern.

Aufgrund der hohen Vorhersageunsicherheiten bei Starkregen ist jedoch generell zu erwägen, determistische Warnungen durch probabilistische Warnungen zu ersetzen. Dafür ist die Verständlichkeit der Warnprodukte zu testen sowie das Verständnis von Wahrscheinlichkeiten im Katastrophenschutz und in der Bevölkerung zu schulen. Schließlich sollten Warnungen konsequent mit Hinweisen zu adäquatem Verhalten und möglicher Vor-/Nachsorge in den verschiedenen Phasen des Ereignisses verknüpft werden.

5.8 Finanzierungsmöglichkeiten schaffen

Über finanzielle Unterstützung von Projekten und Eigenvorsorge kann die Akzeptanz und Motivation zur Umsetzung von Maßnahmen erhöht werden. In einigen Bundesländern, wie Baden-Württemberg und Bayern, gibt es dazu Förderungsmöglichkeiten für Kommunen (LUBW 2016b). Für finanzschwache Kommunen bzw. Haushaltssicherungsgemeinden stellt jedoch der Anteil der Eigenfinanzierung bei der Gewährung von Fördermitteln oft eine Herausforderung dar. Hilfreich wäre für diese Kommunen eine Reduzierung des Eigenanteils oder die Möglichkeit, die Finanzierung des Eigenanteils nicht auf den normalen Kreditrahmen sondern auf einen Sonderkredit zu schreiben.

Ein ähnliches Konzept könnte so auch für privat Vorsorgende umgesetzt werden oder über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) (ggf. analog zur Wärmedämmung[69]). Indem die wirtschaftlichen Vorteile der Prävention aufgezeigt werden, könnte die Bereitschaft zur Eigenvorsorge möglicherweise zusätzlich gestärkt werden. Dabei sollten Aspekte der Verteilungsgerechtigkeit berücksichtigt und abgewogen werden. Auch eine Stärkung der Vorsorge durch ein Zusammenwirken mit der Versicherungswirtschaft könnte helfen, Schäden durch Starkregenereignisse zu reduzieren.

Neben der Bereitstellung von Informationen sollten Kommunen verstärkt auch finanzielle Anreize nutzen, um die Eigenvorsorge zu stärken. Ein passender Hebel besteht bei den Niederschlagswassergebühren: Mit dem Angebot einer Reduktion dieser Gebühren bei der Anlage von Flächen zum Rückhalt oder zur Versickerung von Regenwasser können Anreize für Grundstücksbesitzer zur Vorsorge geschaffen werden. Will man die Bereitschaft innerhalb der Kommunalpolitik für Ausgaben zur Starkregenvorsorge erhöhen, bietet es sich zudem an, bei passenden Maßnahmen (z.B. Entsiegelung) auch hervorzuheben, dass diese zu einer attraktiveren, lebenswerten Stadt beitragen.

Weitere Fördermöglichkeiten bestehen über das Bund-Länder-Programm der Städtebauförderung "Zukunft Stadtgrün" des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)[70]. Über Maßnahmen zur Verbesserung der urbanen grünen Infrastruktur kann die Verbesserung des Stadtklimas, die multifunktionale Flächennutzung und Freiraumgestaltung auch zur Starkregenvorsorge beitragen. Dazu wurden in einem Projekt der Begleitforschung („Grün in der Stadt“)[71] untersucht, wie die Maßnahmen zur Grün- und Freiraumentwicklung in Städtebauförderungsprogrammen bisher umgesetzt wurden. Eine Übersicht über Fördermöglichkeiten für kommunale Grünprojekte hat die Initiative „Grün in die Stadt“, eine Initiative des Bundesverbandes Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e. V., hat auf ihrer Website zusammengestellt.[72] Behördenübergreifende Kooperationen verbessern

---

69 KFW (zuletzt geprüft am: 17.01.2018).

70 Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (zuletzt geprüft am: 31.05.2018).

71 BBSR (zuletzt geprüft am: 31.05.2018).

72 Grün in die Stadt (zuletzt geprüft am: 31.05.2018).

Um erfolgreich Starkregenrisikomanagement zu betreiben, ist eine gut abgestimmte Kooperation zwischen den Ländern und Kommunen sowie innerhalb der Kommunen notwendig. Dies betrifft die Zuständigkeiten, Verantwortlichkeiten zur Durchführung von Maßnahmen sowie finanzielle Regelungen. Einige Bundesländer und Regionen haben schon Leitfäden zum Starkregenrisikomanagement ausgearbeitet.[73]

Unabhängig von der Regelung der Land-Kommune-Beziehung ist die Abstimmung zwischen kommunalen Behörden zu verbessern. Die Kooperation zwischen Bau-, Stadt-, Grün- und Entwässerungsplanung ist dabei besonders wichtig. Im Starkregenrisikomanagement erfüllen die wassersensible Stadtentwicklung[74] und multifunktionale Flächennutzung, z. B. sogenannte Wasserplätze (Kuitert et al. 2015; S. 36f), eine bedeutende Funktion. Zusätzlich können die Projekte und Maßnahmen auch positive Effekte auf das Stadt- und Bioklima haben. Durch die Schaffung von offenen Vegetation- und Wasserflächen können der Abfluss reduziert, der natürliche Wasserkreislauf erhalten und das Mikroklima verbessert werden (SteB Köln 2016a; S. 28). Durch diese Maßnahmen kann die Temperatur in der Umgebung deutlich gesenkt werden, was auch der Gesundheit der Bevölkerung zugutekommt (Matzinger et al. 2017; S. 25). Darüber hinaus ist die Einbeziehung der Verkehrsplanung von Vorteil, um schon bei der Ausweisung und Erschließung neuer Gebiete die Überflutungsgefährdung zu berücksichtigen. Es ist von Bedeutung die Kooperation innerhalb der Kommune zu stärken, gemeinsame Ziele in der Vorsorge – auch für Starkregen –zu definieren und zu überwachen. Intrakommunale Werkstätten zur Überflutungsvorsorge können ein wirksames Instrument darstellen (Jolk et al. 2018; S. 93), auch das DWA – Hochwasseraudit kann hilfreich sein. Wichtig ist, dass die einzelnen Verwaltungseinheiten sich auf Augenhöhe austauschen können und Verständnis für die Pflichten und Möglichkeiten der jeweils anderen Einheiten mitbringen.

Für die Verbesserung der Kooperation zwischen Verwaltungseinheiten kann es sich auch lohnen, die Regelungen bei der Haushaltsführung in Kommunen genauer zu untersuchen und die Strukturen dort gegebenenfalls flexibler zu gestalten. Will man (gerade bei der multifunktionalen Flächennutzung) sicherstellen, dass alle beteiligten Verwaltungseinheiten an einem Strang ziehen, ist es hilfreich, wenn Einheiten, deren Mehraufwand zu Einsparungen führt, davon letztlich auch direkt profitieren können. Wenn etwa zusätzliche Begrünungsaktivitäten des Grünflächenamts dazu führen, dass die Aufwände bei der Stadtentwässerung sinken, sollten diese Einsparungen dazu genutzt werden können, um Aktivitäten des Grünflächenamtes quer zu finanzieren. Aufgrund der Rigidität der Haushaltsführungen und Kostenstellen in Kommunen ist dies jedoch oft nicht ohne weiteres möglich.

Planer sollten sich bemühen, in wichtigen Fällen auch die Katastrophenschützer und Notfalldienste von Anfang an in Planungsprozesse einzubeziehen, damit diese Einsatzkräfte im Extremfall Strukturen vorfinden, in denen sie sich gut zurecht finden.

Neben der Kooperation von Behörden innerhalb einer Kommune sollte auch der Austausch zwischen Kommunen gefördert werden. Durch Exkursionen mit Austausch zu und Besichtigung von Maßnahmen zur Starkregenvorsorge können Akteure aus Behörden und Kommunalpolitik auf Augenhöhe von Kolleginnen und Kollegen anschaulich lernen, was möglich ist und wie man Barrieren auf dem Weg dorthin umgeht.

---

73 Beispiele aus Baden-Württemberg (LUBW 2016b), Nordrhein-Westfalen (MBWSV und MKULNV 2016), Rheinland-Pfalz/Baden-Württemberg (IBH und WBW 2013), Metropolregion Nordwest (Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten e.V. 2016), Thüringen (Thüringer Landesverwaltungsamt 2017).

74 Zwei Beispiele sind die Leitfäden aus Bremen (Freie Hansestadt Bremen 2014) und Köln (SteB Köln 2016a).

5.9 Wissenslücken schließen

Im Bereich Starkregen bestehen weiterhin große Unsicherheiten und Wissenslücken. Um die Starkregenvorsorge in Deutschland zu verbessen, sollten diese in den kommenden Jahren im Rahmen von Forschungsprojekten identifiziert und durch entsprechende Forschungsvorhaben gezielt adressiert werden. Hierzu gehören eine Verbesserung der Vorhersage von (seltenen) Starkregenereignissen, ein besseres Verständnis von Schädigungsprozessen und Umweltwirkungen sowie die Auswirkungen des Klimawandels auf das Auftreten (Häufigkeit, Intensität) und die räumliche Verteilung von Starkregenereignissen. Aufgrund des lokal nicht prognostizierbaren Wettergeschehens und mangels verlässlicher Methoden zur Abschätzung der räumlichen Abgrenzung und Auftretungswahrscheinlichkeit kann für einen spezifischen Ort derzeit auch die Eintrittswahrscheinlichkeit des Oberflächenabflusses statistisch nicht hinreichend bestimmt werden (LAWA 2017a; S. 8). Ebenso liegen bislang kaum belastbare Informationen über die Wirksamkeit von Risikokommunikation vor, die eingesetzt wird, um die wichtige Eigenvorsorge der Bevölkerung zu stärken. Aus diesem Grund sollte die Wirksamkeit unterschiedlicher Risikokommunikation getestet werden, bevor diese breit finanziert und gestreut werden (Grothmann 2017; S. 38).

Nur wenige der in Kap. 3 recherchierten Maßnahmen wurden nach Fertigstellung evaluiert bzw. auf ihre Wirksamkeit hin überprüft. Eine Evaluation kann ein hilfreiches Instrument sein, um Maßnahmen kontinuierlich zu verbessern und weiterzuentwickeln. Durch die Evaluierung einer Maßnahme können außerdem Erfolgsfaktoren identifiziert und aus Misserfolgen wertvolle Rückschlüsse und Verbesserungspotenziale abgeleitet werden. Vor diesem Hintergrund erscheint es wichtig, im Umfeld der Starkregenvorsorge stärker auf den Mehrwert von Evaluationen hinzuweisen sowie den verantwortlichen Akteuren ausreichend Unterstützungsmaterialien für eine Evaluation zur Verfügung zu stellen. Bei einer finanziellen Förderung von Maßnahmen bietet es sich außerdem an, von Beginn an auch die Evaluation der Aktivitäten vorzusehen.

6 Quellenverzeichnis

Arnold, Bernard; Massing, Christian; Sander, Stefan; Czickus, Sebastian; Bach, Claudia; Hoppe, Holger (2014): Strategien zur Klimaanpassung der Stadt Wuppertal - Überflutungsvorsorge, Informationsmanagement und Öffentlichkeitsarbeit. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 7:5. Hennef. 285–291.

Ashley, Richard M., Balmforth, David J., Saul, Adrian J. & Blanksby, J. D. (2005). Flooding in the future–predicting climate change, risks and responses in urban areas. Water Science and Technology, 52:5. Sheffield. 265–273.

Baumgartner, A., Liebscher, H.J. (1996): Allgemeine Hydrologie. Gebrüder Bornträger, Berlin. Link: http://www.geo.uni-potsdam.de/tl_files/arbeitsgruppen/ag_geographie_naturrisiken/research/TaskForceBraunsbach_web.pdf aufgerufen am 02.06.2017.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (2017): Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten. Beobachtungen und Analysen im Mai/Juni 2016. Freising-Weihenstephan.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2017): Sturzfluten- und Hochwasserereignisse Mai/Juni 2016. Wasserwirtschaftlicher Bericht, Umweltspezial. Augsburg.

Bayerisches Staatsministerium des Inneren, für Bau und Verkehr (STMI Bayern) (2018): Grünflächen pflegen. Link: https://www.stmi.bayern.de/buw/bauthemen/landschaftsplanung/pflegen/index.php aufgerufen am 28.02.2018.

Becker, P., Becker, A., Dalelane, C., Deutschländer, T., Junghänel, T., Walter A. (2016): Die Entwicklung von Starkniederschlägen in Deutschland. Plädoyer für eine differenzierte Betrachtung. DWD Geschäftsbereich Klima und Umwelt. Link: http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160719_entwicklung_starkniederschlag_deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=3 aufgerufen am 02.06.2017.

Becker, Andreas; Hafer, Mario; Junghänel, Thomas; Müller, Heinz-Jörn; Streker, Cathleen; Walawender, Ewelina et al. (2016): Bewertung des Starkregenrisikos in Deutschland auf der Basis von Radardaten. 10. DWD Klimatagung 3. November 2016 in Offenbach am Main. Link: https://tinyurl.com/dwd-klimaumwelt-starkregen aufgerufen am 10.01.2018.

Becker, Carlo W. (2014): Mehrdimensionale Stadt – mehrdimensionale Freiräume. In: Raumplanung Heft 172. Dortmund.27-33.

Behörde für Umwelt und Energie Hamburg (2013): Regenwasser-Spielplatz – „Biberland“ http://www.hamburg.de/spielplaetze/8719162/regenspielplatz. aufgerufen am 26.02.2018.

Benden, Jan (2014a): Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen. Berichte Nr.57. Schriftenreihe des Instituts für Stadtbauwesen und Stadtverkehr der RWTH Aachen.

Benden, Jan (2014b): Überflutungsvorsorge in der Stadt- und Freiraumplanung. Möglichkeiten und Grenzen einer wassersensiblen Stadtentwicklung. Präsentation im Rahmen des Workshops „Kommunale Querschnittssaufgabe Überflutungsvorsorge“ in Wuppertal am 15.05.2014.

Benden, Jan, Broesi, Robert, Illgen, Marc, Leinweber, Ulla, Lennartz, Gottfried, Scheid, Christian, Schmitt, Theo G. (2017): Multifunktionale Retentionsflächen. Teil 3: Arbeitshilfe für Planung, Umsetzung und Betrieb.Köln.

Berfa (2011): Hochwasser in Berfa 2011. Link: http://www.berfa.de/hochwasserneu/hochwasserberfa2011/index.html aufgerufen am 12.01.2018.

Berliner Zeitung (2017): Pankow – Lebensgefahr für Besucher: Schlosspark Schönhausen gesperrt. 28.07.2017. Online verfügbar unter Link: https://www.berliner-zeitung.de/berlin/pankow-lebensgefahr-fuer-besucher--schlosspark-schoenhausen-gesperrt-28080750, zuletzt geprüft am 22.05.2018.

Bezirksregierung Detmold. TU Braunschweig, Leichtweiß-Institut für Wasserbau (2009): Abschlussbericht zum Forschungsprojekt "Untersuchung starkregengefährdeter Gebiete".

Bezirksregierung Düsseldorf (2015): Hochwasserrisikomanagementplan Rhein NRW. Düsseldorf.

BGB, I. (2017). Erstes Gesetz zur Änderung des Gesetzes über den Deutschen Wetterdienst Vom 17. Juli 2017. Bundesgesetzblatt, 2017: 49, 2642–2643. Link: https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s2642.pdf%27%5D__1518701274479 aufgerufen am 15.02.2018.

BGBl. I. 2193 (2017): Gesetz zur weiteren Verbesserung des Hochwasserschutzes und zur Vereinfachung von Verfahren des Hochwasserschutzes (Hochwasserschutzgesetz II).

Bojanowski, Axel (2018): Desinformationen zum Klimawandel.Das Geschäft mit der Katastrophe. Spiegel Online vom 15.02.2018 Link: http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/klimawandel-das-geschaeft-mit-falschen-informationen-a-1192761.html aufgerufen am 28.02.2018.

Bronstert, Axel; Agarwal, Aankit; Boessenkool, Berry; Fischer, Madlen; Heistermann, Maik; Köhn-Reich, Lisei; Moran, Thomas; Wendi, Dadiyorto (2017). Die Sturzflut von Braunsbach am 29. Mai 2016. Entstehung, Ablauf und Schäden eines "Jahrhundertereignisses". Teil 1: Meteorologische und Hydrologische Analysen. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 61. 150–162. Link: http://gfzpublic.gfz-potsdam.de/pubman/item/escidoc:2277888:5/component/escidoc:2277897/Bronstert%20et%20al.%20HyWa3-2017-1.pdf aufgerufen am 15.02.2018.

Bubeck, Philip, Botzen, W. J. W., Kreibich, H., & Aerts, J. C. J. H. (2013). Detailed insights into the influence of flood-coping appraisals on mitigation behaviour. *Global Environmental Change*, *23*:5. 1327-1338.

Bubeck, Philip; Klimmer, Linda; Albrecht, Juliane (2016): Klimaanpassung in der rechtlichen Rahmensetzung des Bundes und Auswirkungen auf die Praxis im Raumordnungs-, Städtebau- und Wasserrecht. In: NuR 38:5. Berlin Heidelberg. 297–307.

Buchholz, Oliver; Hatzfeld, Fritz; Mittelstädt, Robert; Yörük, Alpaslan (2015): Vorbereitet sein auf urbane Sturzfluten. Verfahren zur Entwicklung kommunaler Schutzkonzepte auf Basis der 2D.Modellierung mit HYDRO_AS-2D. In: Korrespondenz Abwasser, Abfall 62:2. Hennef.138–144.

Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2009): Vorgehensweise bei der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos nach EU-HWRM-RL. Saarbrücken.

Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2010a): Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten. Beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25./26. März 2010 in Dresden.

Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2010b): Strategiepapier „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft" Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen. Beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25./26. März 2010 in Dresden.

Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2013a): Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen. Beschlossen auf der 146. LAWA-VV am 26. / 27. September 2013 in Tangermünde.

Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2013b): Musterkapitel „Klimawandel" für die Hochwasserrisikomanagementpläne. Beschlossen auf der 146. LAWA-VV am 26. / 27. September 2013 in Tangermünde.

Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2016): Jahresbericht 2016.

Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). (2017a). Vorläufige Risikobewertung (PFRA) ab dem 2. Zyklus der Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie in Deutschland. Empfehlungen für die Überprüfung der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos und der Risikogebiete nach EUHWRM- RL. beschlossen auf der 153. LAWA-Vollversammlung, Stuttgart.

Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2017b): Textbaustein Starkregen. für den zweiten Zyklus der Erstellung der Risikomanagementpläne in Deutschland. Beschlossen auf der 153. LAWA-Vollversammlung, 16./17. März 2017 in Karlsruhe.

Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2018): LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe BBK (2009): Sektoren- und Brancheneinteilung Kritischer Infrastrukturen. Link: https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/KritischeInfrastrukturen/kritischeinfrastrukturen_node.html aufgerufen am 10.01.2018.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2012): Katastrophenorganisationsrecht. Prinzipien der rechtlichen Organisation des Katastrophenschutzes. Unter Mitarbeit von Walus. A. (Wissenschaftsforum, Band 10). Bonn.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2015): Die unterschätzten Risiken „Starkregen" und „Sturzfluten". Ein Handbuch für Bürger und Kommunen. Bonn.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2015): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Link:

http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2015/DL_UeberflutungHitzeVorsorge.pdf;jsessionid=38EF99A04313D6DD804018FA588A4599.live11294?__blob=publicationFile&v=3 aufgerufen am 28.02.2018.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2017): Gesetzentwurf der Bundesregierung. Gesetzes zur weiteren Verbesserung des Hochwasserschutzes und zur Vereinfachung von Verfahren des Hochwasserschutzes (Hochwasserschutzgesetz II).

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013): Flexibilisierung der Planung für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung. BMVBS-Online-Publikation, 16:2013. Link: http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2013/DL_ON162013.pdf?__blob=publicationFile&v=2 aufgerufen am 07.11.2017.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013): Hochwasserschutzfibel. Objektschutz und bauliche Vorsorge.

Castro, Dietmar (2008). Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS). Fallstudie Lohmar Teil B: Niederschlagsuntersuchung. Schlussbericht, Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen, Fachhochschule Aachen, FB Architektur, Deutscher Wetterdienst, Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg. Aachen.

COWI (2017): Modernisation of Enghavenparken in Copenhagen, Denmark. Link: https://www.cowi.com/solutions/water/enghaveparken-copenhagen aufgerufen am 1.11.2017.

Cox, Ronald J.; Shand, Thomas D.; Blacka, Matthew J. (2010): Appropriate safety criteria for people. Australian Rainfall and Runoff - Revision Project 10. Stage Report. Barton.

De Urbanisten (2013): Water Square Benthemplein. Link: http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein aufgerufen am 07.11.2017.

De Urbanisten (2016): Water Square Tiel. Link: http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=water-square-tiel aufgerufen am 07.11.2017.

Deister, Lisa; Brenne, Fabian; Stokman, Antje; Henrichs, Malte; Jeskulke, Michael; Hoppe, Holger; Uhl, Mathias (2016): Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung. Handlungsstrategien und Maßnahmenkonzepte zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetter. Stuttgart.

Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz e.V. (GALK) (2015): Baumkontrollen flächiger Baumbestände. Online verfügbar unter Link: http://www.galk.de/arbeitskreise/ak_stadtbaeume/down/flaechige_Baumkontr_Sachst_AKStdb_150901.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2018.

Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz e.V. (GALK) (2011): Muster einer Dienstanweisung für Regelkontrollen von Bäumen. Online verfügbar unter Link: http://www.galk.de/arbeitskreise/ak_stadtbaeume/down/muster_da_badkgalk_2011.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2018.

Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft e.V. (DLRG) Ortsverband Fürth (2007): Bericht. Katastrophenalarm am 22.07.2007. Fürth.

Deutsche Rück (2008): Sturmdokumentation 2007. Deutschland. Düsseldorf und Berlin.

Deutsche Rück (2009): Sturmdokumentation 2008 Deutschland. Düsseldorf und Berlin.

Deutsche Rück (2012): Sturmdokumentation 2011. Deutschland. Düsseldorf und Berlin.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) (2006): Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. März 2006. (DWA-Regelwerk, A 118). Hennef.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall DWA-AG ES-2.5 (2008): Prüfung der Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen, Arbeitsbericht DWA-AG ES-2.5, KA - Abwasser, Abfall 55:9. Hennef. 972-976.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) (2013): Starkregen und urbane Sturzfluten. Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. August 2013. (DWA-Themen, 2013,1). Hennef.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) (2015): Merkblatt DWA-M 119. Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge - Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken. Entwurf Juli 2015. (DWA-Regelwerk, M 119). Hennef.

Deutscher Städtetag (2015): Starkregen und Sturzfluten in Städten. Eine Arbeitshilfe. Link: http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/presse/2015/arbeitshilfe_starkregen_sturzfluten_april_2015.pdf aufgerufen am 04.07.2018.

Deutscher Städtetag, Deutscher Landkreistag, Deutscher Städte- und Gemeindebund, Verband Kommunaler Unternehmen e.V. (2017): Starkregen und Sturzfluten – globalen Auswirkungen lokal begegnen. Positionspapier. Link: https://www.dstgb.de/dstgb/Homepage/Publikationen/Positionspapiere/LAWA-Strategie%20zu%20Starkregen%20-%20Kommunale%20Position/170524%20Positionierung_DST_DStGB_DLT_VKU%20Starkregen_final.pdf aufgerufen am 28.02.2018.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2013). Informativ, umfassend, individuell FeWIS - das Katastrophenschutzportal (1. Aufl.). Link: https://www.dwd.de/DE/leistungen/gbgfewis/fewis_prospekt.pdf?__blob=publicationFile&v=1 aufgerufen am 30.01.2018.

Deutscher Wetterdienst DWD (2015): KOSTRA-DWD-2010. Starkniederschlagshöhen für Deutschland (Bezugszeitraum 1951 bis 2010). Abschlussbericht. Offenbach.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2016a): Wetterlexikon. Niederschlagsintensität. Link: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101812&lv3=101906 aufgerufen am 24.05.2017.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2016b): Wetterlexikon. Starkregen. Link: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/S/Starkregen.html aufgerufen am 24.05.2017.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2017a): Die Wetterwarnungen des Deutschen Wetterdienstes. Amtlich, zuverlässig und aus einer Hand. Offenbach. Link: https://www.dwd.de/SharedDocs/broschueren/DE/presse/warnmanagement_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=7 aufgerufen am 21.01.2018.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2017b): Wetterlexikon. Starkregen. Link: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/S/Starkregen.html aufgerufen am 14.12.2017.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2017c). Erste hydro - klimatologische Einordnung der Starkregen und Dauerregen in Deutschland zum Ende eines sehr nassen Juli 2017. Link: https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20170728_hintergrundbericht_dauerregenjulideutschland.pdf%3Bjsessionid%3DF313AE6558FE380CB86E489A1DD93324.live21063%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D4 aufgerufen am 28.02.2018.

Deutscher Wetterdienst (DWD) CDC. (2017d). Historische stündliche Stationsmessungen der Niederschlagshöhe für Deutschland (Version v005). (DWD Climate Data Center). Offenbach. Link: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/hourly/precipitation/historical/ aufgerufen am 31.01.2018.

Deutscher Wetterdienst (DWD) CDC. (2017e). Historische tägliche Niederschlagsbeobachtungen für Deutschland (Version v005).). (DWD Climate Data Center). Offenbach. Link: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/daily/more_precip/historical/ aufgerufen am 31.01.2018.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2018a). Aktuelle stündliche Stationsmessungen der Niederschlagshöhe für Deutschland,. Qualitätskontrolle noch nicht vollständig durchlaufen, Version recent (DWD Climate Data Center, Hrsg.). Offenbach. Link: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/hourly/precipitation/recent/ aufgerufen am 31.01.2018.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2018b). Aktuelle tägliche Niederschlagsbeobachtungen für Deutschland. Qualitätskontrolle noch nicht vollständig durchlaufen, Version recent (DWD Climate Data Center). Offenbach. . Link: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/daily/more_precip/recent/ aufgerufen am 15.01.2018.

Energie-Fachberater (2018): Sicherer Öltank auch bei Hochwasser. Wie Hausbesitzer ihr Heizöl im Keller hochwassersicher machen. Link: http://www.energie-fachberater.de/heizung-lueftung/heizung/oelheizung/sicherer-oeltank-auch-bei-hochwasser.php aufgerufen am 28.02.2018.

European Commission (2015); EU overview of methodologies used in preparation of Flood Hazard and Flood Risk Maps. Luxembourg.

Fachverband Sanitär, Heizung, Klima Sachsen-Anhalt (2018): Hochwasser – Tipps zum Schutz vor Wasserschäden im Keller. Link: https://www.shk-lsa.de/gastbesucher/verbraucherinformationen/hochwasser-informationen-zur-sicherung-ihrer-heizung/ aufgerufen am 28.02.2018.

Feuerwehr Hechingen (2008): Einsatzbericht: Unwetterkatastrophe. Link: http://www.feuerwehr-hechingen.com/artikel.php?artikel=38 aufgerufen am 10.01.2018.

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (2010): Richtlinien für Regelkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen, Baumkontrollrichtlinien. Link: http://www.fll.de/shop/baumkontrollrichtlinie.html, aufgerufen am 22.05.2018.

Frei, Christoph & Schär, Christoph (2001): Detection probability in rare event: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine region. In: Journal of Climate 14, 1568-1584. Zürich.

Freie Hansestadt Bremen (2014): Merkblatt für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung. Empfehlungen und Hinweise für eine zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung und eine Überflutungsvorsorge bei extremen Regenereignissen in Bremen. Link: https://www.klas-bremen.de/downloads/merkblaetter-10924 aufgerufen am 14.12.2017.

Freie Hansestadt Bremen (2014): Merkblatt für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung. Empfehlungen und Hinweise für eine zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung und eine Überflutungsvorsorge bei extremen Regenereignissen in Bremen. Link: https://www.klas-bremen.de/downloads/merkblaetter-10924 aufgerufen am 14.12.2017.

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) (2017): Naturgefahrenreport 2017. Die Schaden-Chronik der deutschen Versicherer in Zahlen, Stimmen und Ereignissen. Link: http://www.gdv.de/2017/10/schaeden-durch-starkregen-verzehnfacht/ aufgerufen am 08.01.2018.

Grieser, J. & Beck, C. (2002): Extremniederschläge in Deutschland. Zufall oder Zeichen? – Klimastatusbericht DWD. Offenbach.

Grothmann, Torsten (2017): Was motiviert zur Eigenvorsorge? Motivationseffekte von Beteiligungsprozessen in der Klimaanpassung. Hg. v. UBA (Climate Change, 20:2017). Link: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/2017-08-31_climate-change_20-2017_motivation-eigenvorsorge.pdf aufgerufen am 22.01.2018.

Grünewald, U. (2009): Gutachten. Zu Entstehung und Verlauf des extremen Niederschlag-Abfluss-Ereignisses am 26.07.2008 im Stadtgebiet von Dortmund - einschließlich der Untersuchung der Funktionsfähigkeit von wasserwirtschaftlichen Anlagen und Einrichtungen der Stadt, Emschergenossenschaft und Dritter in den Gebieten Dortmund-Marten, -Dorstfeld und -Schönau. Hg. v. Emschergenossenschaft Stadt Dortmund/Tiefbauamt. BTU Cottbus, Lehrstuhl Hydrologie und Wasserwirtschaft. Köln.

Hamburg Wasser (2018): RISA Pilotmaßnahme „Flächenmitbenutzung und Notwasserweg Ohlendorffs Park“. Link: http://www.risa-hamburg.de/veranstaltungen/notwasserweg-ohlendorffs-park/ aufgerufen am 28.02.2018.

HamburgWasser (o.J.): Abminderung der anrechenbaren Flächen bei der Erhebung von Niederschlagswassergebühren. Link: https://www.hamburgwasser.de/fileadmin/hhw-privatkunden/downloads/gebuehrensplitting/hamburgwasser-gebuehrensplitting-flaechenabminderungen.pdf, aufgerufen am 22.05.2018.

Hamburger Abendblatt (2011a): Unwetter. Starker Regen überflutet Campingplätze und Straßen. Link: https://www.abendblatt.de/region/article108058288/Starker-Regen-ueberflutet-Campingplaetze-und-Strassen.html aufgerufen am 12.01.2018.

Hamburger Abendblatt (2011b): Dauerregen. Unwetter über Deutschland - Schlammlawine in Riestedt. Link: https://www.abendblatt.de/vermischtes/article108098457/Unwetter-ueber-Deutschland-Schlammlawine-in-Riestedt.html aufgerufen am 24.01.2018.

Hennegriff, Wolfgang (2017): Die Entwicklung eines kommunalen Starkregenrisikomanagements in Baden-Württemberg. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 10:12. Offenbach.763–769.

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) (2011): Häufung von Starkregenereignissen in Hessen 2011. Wiesbaden.

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) (2012): Gewässerkundlicher Jahresbericht 2011. In: Hydrologie in Hessen, 8. Wiesbaden,

Hochwasser Kompetenz Centrum e.V. (HKC) (2017): Hochwasserpass. Link: https://www.hochwasser-pass.com/ aufgerufen am 13.12.2017.

Hoerr Schaudt Landscape Architects (2018): Uptown Normal, Illinois. Link: https://www.hoerrschaudt.com/project/uptown-normal/ aufgerufen am 26.02.2018.

Hoppe, Holger, Kirschner, Nora, Kempke, Sebastian, Koch, Michael, Behnken, Katrin und Benden, Jan (2013): Integration der Überflutungsvorsorge in die Stadtplanung. In: Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft e.V. Stuttgart (FEI) (Hrsg.), Management des urbanen Wasserhaushalts – mehr als nur Kanalnetzplanung. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft,Band 217. München. 31-61.

Hundecha, Yeshewatesfa, Bardossy, András (2005): Trends in daily precipitation and temperature extremes across western Germany in the second half of the 20th century. In: International Journal of Climatology 25. Prag.1189-1202.

HWRM-RL: Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. HWRM-RL.

Hydrotec (2013): Vorsorge mit kommunalen Hochwasserschutzkonzepten. Link: https://www.hydrotec.de/starkregen-mit-kommunalen-hwsk-vorsorgen/ aufgerufen am 12.01.2018.

Hydrotec, Fachhochschule Aachen, Deutscher Wetterdienst (2008): Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS). Förderprogramm des BMBF: Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse (RIMAX).

Informations- und Beratungszentrum Hochwasservorsorge Rheinland-Pfalz (IBH) und WBW (2013): Starkregen. Was können Kommunen tun? Link: https://ibh.rlp-umwelt.de/servlet/is/8580/ aufgerufen am 14.12.2017.

IPCC (2014): Klimaänderung 2014: IPCC-Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC), Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016. IPCC, Genf, Schweiz.

Jablonski, Stefan (2014): Hochwasserschutzrecht. Herausforderungen - Rechtsgrundlagen - Ansatzpunkte und Instrumente. .In: Leipziger Schriften zum Umwelt- und Planungsrecht, 26. Baden-Baden.

Jolk, Anna-Kristin; Völker, Vera; Willen, Luise (2018): "Kommunale Überflutungsvorsorge - Planer im Dialog". Methodik eines Dialogprojekts des Deutschen Instituts für Urbanistik. In: *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 11:2. Offenbach. 89–93.

Jungnickl, Christian; Bill, Ralf (2016): Quantitative Fernerkundungsanalyse von Überschwemmungsflächen unter Einbeziehung von Landnutzungsdaten. In: *Journal für Angewandte Geoinformatik*. Rostock.

Karlsruher-Institut für Technologie (KIT) (2011): Wettergefahren-Frühwarnung. Gewitter, Starkregen, Sturm Mitteleuropa 19.-23.07.2011. Institut für Meteorologie und Klimaforschung. Link: http://www.wettergefahren-fruehwarnung.de/Ereignis/20110727_e.html aufgerufen am 24.01.2018.

Kasseler Sonntagsblatt (2011): Nach der Flutwelle bleiben die Probleme. Link: http://www.kasseler-sonntagsblatt.de/index.php/aktuelles/279 aufgerufen am 12.01.2018.

Kieler Nachrichten (2012): Unwetter. Starkregen: Land unter in Kiel. Link: http://www.kn-online.de/Kiel/Starkregen-Land-unter-in-Kiel aufgerufen am 17.01.2018.

Klein, Christian (2016): Wetterwarnungsarchiv und -aboservice. Mit Daten des DWD. Link: https://chklein.de/wetter7/dwdwarnings/bypath/ aufgerufen am 02.02.2018.

Kölner Stadt-Anzeiger (2017): Unwetter in Köln. Schäden an überflutetem KVB-Tunnel - Linie 13 fuhr zeitweise nicht. Link: https://www.ksta.de/koeln/unwetter-in-koeln-schaeden-an-ueberflutetem-kvb-tunnel---linie-13-fuhr-zeitweise-nicht-27998592 aufgerufen am 18.01.2018.

Kox, Thomas. & Thieken, Annegret H. (2017): To Act or Not To Act? Factors Influencing the General Public's Decision about Whether to Take Protective Action against Severe Weather. Weather, Climate, and Society, 9:2. Washington DC. 299–315.

Kox, Thomas, Gerhold, Lars & Ulbrich, Uwe (2015). Perception and use of uncertainty in severe weather warnings by emergency services in Germany. In: Atmospheric Research, 158-159.292–301. Link: https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.02.024 aufgerufen am 02.02.2018.

Kratzsch, T. (2015). Warnung der Bevölkerung in Europa – Meteorologische Warnsysteme und Warnstrategien. In Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.), Tagungsband LÜKEX 2015 - Thementag 1. Bonn.11–16.

(2018): Rechtliche Grundlagen. Link: https://www.wuemme-kreisverband.de/rechtliche-grundlagen.html aufgerufen am 28.02.2018.

Kuitert, Kyra; Musch, Jeroen; Bals, Jurgen (2015): Piekbuien opvangen op het waterplein. Antwerpen. Link: http://www.urbanisten.nl/wp/?page_id=508 aufgerufen am 16.01.2018.

Lamnek, Siegfried (2010): Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch ; 5., überarb. Aufl. Weinheim.

Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) Sachsen-Anhalt (2011): Überschwemmungen und Bodenerosion in Riestedt (Mansfeld-Südharz) August/September 2011. Halle.

Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (2016): Bericht. Starkregen und Hochwasser in Rheinland-Pfalz im Mai/Juni 2016. Mainz.

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (2016a): Hochwassergefahrenkarten in Baden-Württemberg. Leitfaden. Link: https://www.hochwasser.baden-wuerttemberg.de/hochwassergefahrenkarten aufgerufen am 15.01.2018.

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (Hg.) (2016b): Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg. Karlsruhe.

LAWA (2018). LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement. Erfurt. Beschlossen auf der 155.LAWA VV März 2018.

LUBW & LfU. (2015). Länderübergreifende Hochwasserportal. Link: http://www.hochwasserzentralen.de/ aufgerufen am 15.02.2018.

Mattissek, Annika; Pfaffenbach, Carmella; Reuber, Paul (2013): Methoden der empirischen Humangeographie. 2. Auflage. Braunschweig.

Matzinger, Andreas; Riechel, Matthias; Remy, Christian; Schwarzmüller, Hella; Rouault, Pascale; Schmidt, Marco et al. (2017): Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung. Ergebnisse des Projektes KURAS. Link: http://www.kuras-projekt.de/downloads/erzeugnisse-regenwasserbewirtschaftung aufgerufen am 17.01.2018.

MDR Thüringen (2018): Unwetterwarnung. Überflutungen nach Dauerregen in Thüringen. Link: https://www.mdr.de/thueringen/nord-thueringen/dauerregen-hochwasser-nordthueringen-100.html aufgerufen am 02.02.2018.

Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten e.V. (2016): Leitfaden zur Starkregenvorsorge. Ein Nachschlagewerk für Kommunen der Metropolregion Nordwest. Link: http://www.metropolregion-nordwest.de/portal/seiten/interkommunale-koordinierungsstelle-klimaanpassung-inkoka--900000016-10018.html?rubrik=900000007 aufgerufen am 15.12.2017.

Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr (MBWSV) und Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV) (2016): Konzept Starkregen NRW. Düsseldorf.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV) NRW (2011): Bericht zur vorläufigen Bewertung nach der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWRM-RL) in NRW. Düsseldorf.

Mueller, E. N. & Pfister, A. (2011). Increasing occurrence of high-intensity rainstorm events relevant for the generation of soil erosion in a temperate lowland region in Central Europe. Journal of hydrology, 411:3-4. Amsterdam. 266–278.

Murawski, A., Zimmer, J. & Merz, B. (2016): High spatial and temporal organization of changes in precipitation over Germany for 1951–2006. International Journal of Climatology, 36:6. Prag. 2582–2597.

Neue Ruhr Zeitung (2018): Sturm Friederike fällt Hunderte Bäume in Düsseldorf. 18.01.2018. Online verfügbar unter Link: https://www.nrz.de/staedte/duesseldorf/sturm-friederike-faellte-hunderte-baeume-in-duesseldorf-id213156045.html, zuletzt geprüft am 22.05.2018.

NH24 Welt (2012): Starkregen setzt Kiel unter Wasser. Link: https://www.welt.de/newsticker/news3/article107616265/Starkregen-setzt-Kiel-unter-Wasser.html aufgerufen am 17.01.2018.

NH24 Welt (2013): Land Hessen verwehrt finanzielle Unterstützung nach Hochwasser. Link: http://nh24.de/index.php/vogelsberg/202-allgemeines/69979-land-hessen-verwehrt-finanzielle-unterstuetzung-nach-hochwasser aufgerufen am 12.01.2018.

NH24 Welt (2015): Jahrhunderthochwasser. Wie ein Extremregen ganz Münster umkrempelte. Link: https://www.welt.de/regionales/nrw/article144506619/Wie-ein-Extremregen-ganz-Muenster-umkrempelte.html aufgerufen am 17.01.2018.

Nisipeanu, P. (2015): Thesen zur rechtlichen Bewertung, Expertise zum MURIEL-Thesenpapier des Projekt-Workshops vom 04.11.2015 in Hennef, Stand 05. Oktober 2015. In: Benden, J., Broesi, R., Illgen, M., Leinweber, U., Lennartz, G., Scheid, C., Schmitt, T.G. (2017): Multifunktionale Retentionsflächen. Teil 1: Wissenschaftliche Grundlagen. Köln. Anhang 4.

Nissen, Katrin M. & Ulbrich, Uwe (2017): Increasing frequencies and changing characteristics of heavy precipitation events threatening infrastructure in Europe under climate change. In: Natural Hazards and Earth System Sciences, 17:7. Göttingen. 1177.

Nordbayerische Nachrichten Erlangen (2010): Machen Naturkatastrophen einen Bogen um Franken? 10.08.2010.

N-TV (2010): Chaos nach Dauerregen und Tornado. Katastrophenalarm in NRW. Link: https://www.n-tv.de/panorama/Katastrophenalarm-in-NRW-article1360186.html aufgerufen am 10.01.2018.

NWZ-Online (2010): Unwetter. Land unter in Osnabrück. Link: https://www.nwzonline.de/blaulicht/land-unter-in-osnabrueck_a_1,0,814696615.html aufgerufen am 10.01.2018.

Osthessen-News (2011): Alsfeld. Link: https://osthessen-news.de/n1198802/alsfeld-.html aufgerufen am 12.01.2018.

Pardowitz, T., Kox, T., Goeber, M. & Bütow, A. (2015). Human estimates of warning uncertainty. Numerical and verbal descriptions. MAUSAM, 66:3. Link: http://metnet.imd.gov.in/mausamdocs/166324_F.pdf aufgerufen am 15.02.2018. 625–634.

Petrow, Theresia; Thieken, Annegret (2015): Entwicklungen in der Flächenvorsorge. Erstellung von Gefahren- und Risikokarten. In: DKKV (Hg.): Das Hochwasser im Juni 2013. Bewährungsprobe für das Hochwasserrisikomanagement in Deutschland. Bonn. 92–99.

Piper, D.; Kunz, M.; Ehmele, F.; Mohr, S.; Mühr, B.; Kron, A.; Daniell, J. (2016): Exceptional sequence of severe thunderstorms and related flash floods in May and June 2016 in Germany – Part 1. Meteorological background. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16:12. 2835–2850.

Piroth, Klaus (2015): Starkniederschläge: Umsetzungsaspekte in der praktischen Planung. In: WasserWirtschaft 105:9. 45–48.

Quirmbach, A. (2011): Analyse der Häufigkeit von Starkregen mit N≥ 20 mm/d, dynaklim-Kompakt, Nr. 1.

RBB 24 (2017a): Berliner Feuerwehr hebt Ausnahmezustand auf. Nach dem Regen muss trockengelegt werden. Link: https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2017/06/weiterhin-regen.html aufgerufen am 18.01.2018.

RBB 24 (2017b): Dauerregen in Berlin und Brandenburg. So nass wie nie. Link: https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2017/06/starkregen-berlin-brandenburg-ueberflutungen.html aufgerufen am 18.01.2018.

Regierungspräsidium Karlsruhe (2015): Hochwasserrisikomanagementplan Bearbeitungsgebiet Oberrhein. Flussgebietseinheit Rhein. Karlsruhe.

Rhein-Zeitung (2016): Nach Unwetter: Grafschaft in Ausnahmezustand. Link: https://www.rhein-zeitung.de/region/lokales/bad-neuenahr_artikel,-nach-unwetter-grafschaft-im-ausnahmezustand-_arid,1496239.html aufgerufen am 17.01.2018.

Rözer, V., Müller, M., Bubeck, P., Kienzler, S., Thieken, A., Pech, I. et al. (2016): Coping with pluvial floods by private households. Water, 8:7. 1–24. Link: http://www.mdpi.com/2073-4441/8/7/304/html aufgerufen am 15.02.2018.

RP Online (2011): Gewitter und Starkregen in Deutschland. Hamburger Bahnhof stand unter Wasser. Link: http://www.rp-online.de/panorama/deutschland/hamburger-bahnhof-stand-unter-wasser-aid-1.1299804 aufgerufen am 12.01.2018.

RP Online (2017): Starkregen, Hagel, Gewitter. So hart traf das Unwetter unsere Region. Link: http://www.rp-online.de/nrw/panorama/unwetter-in-nrw-ueberflutungen-hagel-und-starkregen-aid-1.6958518 aufgerufen am 18.01.2018.

Ruiz-Villanueva, V.; Borga, M.; Zoccatelli, D.; Marchi, L.; Gaume, E.; Ehret, U. (2012): Extreme flood response to short-duration convective rainfall in South-West Germany. In: *Hydrology and Earth System Sciences* 16. 1543–1559.

Russo, B.; Gómez, M.; Macchione, F. (2013): Pedestrian hazard criteria for flooded urban areas. In: Nat Hazards 69:1. 251–265.

Scheid, C., Benden, J. (2016): Urbane Retentionsräume auf der Grundlage multifunktionaler Flächennutzung. Präsentation auf der SBE16 Hamburg. Zukunftssicher Planen – Konzepte nachhaltigen Bauens am 10.März 2016.

Schenk, F.; Wehry, W. (2007): Starkregen und Hochwasser in Deutschland im August 2007. Freie Universität Berlin zur Berliner Wetterkarte. Hg. v. Verein Berliner Wetterkarte e.V. Berlin.

Schmitt, Theo G. (2014): Starkregenindex zur Kommunikation von Überflutungsursachen und Risiken. In: Korrespondenz Abwasser, Abfall 61:8. Hennef. 681–687.

Schmitt, Theo G. (2015): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge. Werkstattbericht zum Merkblatt DWA-M 119. In: Korrespondenz Abwasser, Abfall 62:2. Hennef. 114–120.

Schmitt, Theo G.; Krüger, Marc; Pfister, Angela; Becker, Michael; Mudersbach, Christoph; Fuchs, Lothar; Hoppe, Holger, Lakes, Inga (2018): Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 11:2, S. 82-88.

Seifert, P. (2012): Mit Sicherheit wächst der Schaden? Überlegungen zum Umgang mit Hochwasser in der räumlichen Planung. Link: http://www.klimamoro.de/fileadmin/Dateien/Ver%C3%B6ffentlichungen/Ver%C3%B6ffentlichungen_Phase_II/mit_sicherheit_waechst_der_schaden_ryb.pdf aufgerufen am 24.05.2018

Smith, Grantley P. (2015): Expert Opinion: Stability of People, Vehicles and Buildings in Flood Water. WRL Technical Report 2015:11. In: Water Research Laboratory.

Spekkers, M., Rözer, V., Thieken, A., Veldhuis, M.-C. t. & Kreibich, H. (2017). A comparative survey of the impacts of extreme rainfall in two international case studies. Natural Hazards and Earth System Sciences, 17:8. 1337. Link: http://search.proquest.com/openview/abcdf6d32472d60f9012eed1fb57abce/1?pq-origsite=gscholar&cbl=105722 aufgerufen am 15.02.2018.

Spiegel Online (2008): Unwetter im Zollernalbkreis. "Bei uns sieht es aus wie nach einem Bombenangriff". Link: http://www.spiegel.de/panorama/unwetter-im-zollernalbkreis-bei-uns-sieht-es-aus-wie-nach-einem-bombenangriff-a-557403.html aufgerufen am 10.01.2018.

Stadt Berlin (2017): Starkregen schädigt königliche Gärten und Parks in Potsdam. Link: https://www.berlin.de/aktuelles/berlin/4915010-958092-starkregen-schaedigt-koenigliche-gaerten.html aufgerufen am 18.01.2018.

Stadt Münster (2014): Öffentliche Berichtsvorlage. Bericht zum Unwetter am 28.07.2014.

Stadt Osnabrück (2010): Extremwetterereignis Starkregen. Hochwasserereignis und Überschwemmung in 2010 auch bekannt als "Jahrhundertflut".

Stadt Osnabrück(2016): Extremwetterereignis Starkregen. Link: https://www.osnabrueck.de/fileadmin/eigene_Dateien/017_GRUEN-UMWELT/Klima_Extremwetterereignis_Sturm.pdf aufgerufen am 22.02.2018.

Stadt Wesseling (2017): Bauleitplanung „Notüberlauf Wiesenweg“. Vorlage für Ausschuss für Stadtentwicklung und Umweltschutz. Sitzungsvorlage Nr. 87/2017. Link: https://www.o-sp.de/download/wesseling/147561 aufgerufen am 07.11.2017.

State of Green (2015): Sustainable Urban Drainage Systems. Using rainwater as a resource to create resilient and liveable cities. Link: https://stateofgreen.com/files/download/8247 aufgerufen am 07.11.2017.

Stadtentwässerungsbetriebe (SteB) Köln (2016a): Leitfaden für wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung in Köln. Empfehlungen und Hinweise für eine zukunftsträchtige Regenwasserbewirtschaftung und für die Überflutungsvorsorge bei extremen Niederschlagsereignissen. Link: https://www.steb-koeln.de/service/publikationen/publikationen.jsp aufgerufen am 12.12.2017.

Stadtentwässerungsbetriebe (SteB) Köln (2016b): Wassersensibel planen und bauen in Köln. Leitfaden zur Starkregenvorsorge für Hauseigentümer, Bauwillige und Architekten. Link: https://www.steb-koeln.de/service/publikationen/publikationen.jsp aufgerufen am 14.12.2017.

Stemplewski, Jochen; Johann, Georg; Bender, Patricia; Grün, Björn (2015): Das Projekt "Stark gegen Starkregen". In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 8:2. 108–114.

Stiftung DIE GRÜNE STADT (2014): Bäume in der Stadt. Wertvolle Gestalten im öffentlichen Grün. Link: http://www.die-gruene-stadt.de/baeume-in-der-stadt.pdfx aufgerufen am 28.02.2018.

Stokman, Antje, Deister, L., Dieterle, J. (2013): Internationale Ansätze und Referenzprojekte zu Klimaanpassungsstrategien der Überflutungs- und Trockenheitsvorsorge verschiedener Siedlungstypen im Klimawandel Stuttgart. Expertise im Rahmen des ExWoSt-Forschungsprogramms „Klimaanpassungsstrategien zu Überflutungsvorsorge verschiedener Siedlungstypen." Stuttgart.

Stokman, Antje; Hoppe, Holger; Massing, Christian; Brenne, Fabian; Deister, Lisa (2015): Starkregenereignisse als Motor einer wassersensiblen Stadtentwicklung. In: Korrespondenz Abwasser, Abfall 62 (2), Hennef. 122–129.

Studienstiftung des Deutschen Volkes (2009): Anmerkungen zum Katastrophenrecht. Dokumentation der Arbeitsgruppe "Katastrophen und Recht". 2. Gesellschaftswissenschaftliches Kolleg der Studienstiftung des deutschen Volkes. Unter Mitarbeit von M. Kloepfer und K. Meßerschmidt. Bonn.

Süddeutsche Zeitung (2017): Nach dem Hochwasser. Der Bach, der den Tod brachte, wird zum neuen Zentrum von Simbach. Link: http://www.sueddeutsche.de/bayern/nach-dem-hochwasser-der-bach-der-tod-und-verderben-brachte-wird-zum-neuen-zentrum-1.3412272 aufgerufen am 13.02.2018.

Susanne Israel (10.08.2017). Persönliche Befragung im Rahmen der Bachelorarbeit „Die Entwicklung von Frühwarnsystemen und des Katastrophenschutzes nach schweren Starkregenereignissen in Deutschland".Interview mit Feuerwehr.

Susanne Israel (18.08.2017). Telefonische Befragung im Rahmen der Bachelorarbeit „Die Entwicklung von Frühwarnsysteme und des Katastrophenschutzes nach schweren Starkregenereignissen in Deutschland". Interview mit DWD.

Technisches Hilfswerk Ortsverband Baiersdorf (THW) (2008): Das Jahr 2007 im Rückblick. 9. Jahrgang.

Technisches Hilfswerk (THW) (2011): Extreme Regenfälle nehmen Deutschland in die Zange. Link: https://www.thw.de/SharedDocs/Meldungen/DE/Einsaetze/national/2011/09/meldung_001_regenfaelle_riestedt_riestaedt_thalheim_kronsgaard_gelting.html?param=1304207752754&param3=jsoff aufgerufen am 24.01.2018.

Technisches Hilfswerk Hamburg Nord (2011): Einsätze nach Starkregen. Link: http://www.thw-hamburg-nord.de/einsatz/060611/bericht.htm aufgerufen am 12.01.2018.

Technisches Hilfswerk Ortsverband Lohne (2010): Land unter in Osnabrück. Mindener Straße unter Wasser - Sandsackwall rettet Paracelsusklinik – THW Lohne über drei Tage im Dauereinsatz. Link: http://www.thw-lohne.de/index.php/_aktivitaeten/land-unter-in-osnabrueck.html aufgerufen am 10.01.2018.

Technisches Hilfswerk Rostock (2011): Mehrere Einsätze wegen Starkregen. Link: https://www.thw-rostock.de/2011/07/mehrere-einsatze-wegen-starkregen/ aufgerufen am 12.01.2018.

Thüringen24 (2017): Extremer Regen in Thüringen: Feuerwehr und Polizei im Dauereinsatz. Link: https://www.thueringen24.de/erfurt/article211361839/Extremer-Regen-in-Thueringen-Feuerwehr-und-Polizei-im-Dauereinsatz.html aufgerufen am 18.01.2018.

Thüringer Allgemeine (2011): Überschwemmungen und Schlammlawinen im nördlichen Eichsfeld. Link: http://www.thueringer-allgemeine.de/web/zgt/leben/detail/-/specific/Ueberschwemmungen-und-Schlammlawinen-im-noerdlichen-Eichsfeld-399904975 aufgerufen am 24.01.2018.

Thüringer Landesverwaltungsamt (2017): Kommunales Risikomanagement bei Starkregen. Link: https://www.thueringen.de/th3/tlvwa/teaser/abt4/starkregen/index.aspx aufgerufen am 15.12.2017.

Thüringische Landeszeitung (2017): Rekordregen in Artern, Sonnenschein in Schleiz. Link: http://www.tlz.de/web/zgt/leben/detail/-/specific/Rekordregen-in-Artern-Sonnenschein-in-Schleiz-2052905105 aufgerufen am 18.01.2018.

Tränckner, Jens; Mehl, Dietmar (2017): Überflutungsvorsorge - kommunale Gemeinschaftsaufgabe und verteilte Zuständigkeiten. In: Wasser und Abfall 19:9. Sindelfingen. 34–38.

TU Kaiserslautern, Pecher, hydro & meteo (ohne Jahr): Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung. Methoden und Konzept. Bericht für das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW. Projekt des Klima-Innovationsfonds IF-37. Link: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/wasser/abwasser/KISS_Bericht.pdf aufgerufen am 01.06.2018

Tyrna, Bernd; Assmann, André; Fritsch, Katharina (2015): Starkregenrisikomanagement in der Praxis. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 8:2. Hennef. 102–107.

UM BWL (2017): Zweiter Hochwassertag Baden-Württemberg. Link: https://www.hochwasser.baden-wuerttemberg.de/hochwassertag-2017 aufgerufen am 13.12.2017.

UMK (Hg.) (2016): 86. Umweltministerkonferenz am 17. Juni 2016 in Berlin. Ergebnisprotokoll.

Umweltbetrieb Bremen (2011): Starkregen im August 2011 - Bewertung, Folgen und Strategien. Bericht der Verwaltung für die Sitzung der Deputation für Umwelt, Bau und Verkehr, Stadtentwicklung und Energie am 24. November 2011.

Umweltbetrieb Bremen (2012): Stadtentwässerung Bremen. Lagebericht 2011.

Umweltbundesamt (UBA) (2015): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt (UBA) (2016). Klimaanpassung in der räumlichen Planung. Starkregen, Hochwasser, Massenbewegungen, Hitze, Dürre – Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Dessau-Roßlau.

UNISDR (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. 2015-2030. Link: http://www.unisdr.org/we/inform/publications/43291 aufgerufen am 16.01.2018.

Universität Rostock (2011): Niederschlagsereignisse in Mecklenburg-Vorpommern im Sommer 2011. . Rostock.

Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Stadtgebieten (URBAS) (2008a): Fallstudie Hersbruck. Teil A: Analyse. Aachen.

Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Stadtgebieten (URBAS) (2008b): Fallstudie Hersbruck. Teil B: Niederschlagsuntersuchung. Aachen.

Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Stadtgebieten (URBAS) (2008c): Fallstudie Hersbruck. Teil C: Befragung privater Haushalte. Aachen.

Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Stadtgebieten (URBAS) (2008d): Fallstudie Lohmar. Teil A: Analyse. Aachen.

Verband der Feuerwehren im Kreis Paderborn (2007): 2007 Großeinsatz, Unwettereinsätze im gesamten Stadtgebiet Delbrück. Link: http://www.kfv-paderborn.de/verband/history/83-2007-grosseinsatz-unwettereinsaetze-im-gesamten-stadtgebiet-delbrueck aufgerufen am 10.01.2018.

Vogel, K.; Oztürk, U.; Riemer, A.; Laudan, J.; Sieg, T.; Wendi, D. (2017): Die Sturzflut von Braunsbach am 29. Mai 2016 - Entstehung, Ablauf und Schäden eines "Jahrhundertereignisses". Teil 2: Geomorphologische Prozesse und Schadensanalyse. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 61:3. Koblenz. 163–175.

Wasserhaushaltsgesetz (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. § 39 Gewässerunterhaltung. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Link: https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/__39.html aufgerufen am 28.02.2018.

Water Plus (2017): Gladsaxe Sports Centre. Link: https://stateofgreen.com/en/profiles/water-plus/solutions/gladsaxe-sports-center aufgerufen am 1.11.2017.

Water Sensitive Rotterdam (2017): Waterplein Bellamyplein. Link: http://www.watersensitiverotterdam.nl/plekken/waterplein-bellamyplein/ aufgerufen am 07.11.2017.

WAV Wasser und Abwasserverband Elsterwerda (2016): …wenn der Regen fällt. Leitfaden zur Starkregenvorsorge im Verbandsgebiet des Wasser- und Abwasserverbandes Elsterwerda. Elsterwerda.

Weigl, Elmar; Winterrath, Tanja; Malitz, Gabriele (2013): Radarbasierte Niederschlagsklimatologie für Deutshland - Erste Ergebnisse und Planungen. DACH 2013, Klimawandel 2, September 2013, Innsbruck. Link: https://tinyurl.com/dwd-radolan-starkregen aufgerufen am 13.12.2017.

Westfalen-Blatt (2007): Millionen-Schäden nach Flutregen in Ostwestfalen. Link: http://www.westfalen-blatt.de/OWL/Kreis-Paderborn/Delbrueck/2936965-Delbrueck-am-schwersten-betroffen-zwei-Hochwassertote-in-NRW-Millionen-Schaeden-nach-Flutregen-in-Ostwestfalen aufgerufen am 10.01.2018.

WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG). WHG.

Winterrath, T., Brendel, C., Hafer, M., Junghänel, T., Klameth, A., Walawender, E. et al. (2017). Erstellung einer radargestützten Niederschlagsklimatologie. Abschlussbericht: Deutscher Wetterdienst Fachinformationsstelle und Deutsche Meteorologische Bibliothek. Offenbach.

WRRl: RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES. WRRL.

Wupperverband (2015): Gewässer. Pflege und Entwicklung. Link: https://www.wupperverband.de/internet/mediendb.nsf/gfx/DE6A8F7DC37DB842C1257EA7005573C9/$file/2015_flyer_gewaesserentwickl_web.pdf aufgerufen am 28.02.2018.

7 Anhänge

7.1 Umweltwirkungen

Im Folgenden werden die Umweltwirkungen der ausgewählten Starkregenereignisse tabellarisch dargestellt (Tabelle 15).

Tabelle 15: Auswertung der Umweltwirkungen für die 20 ausgewählten Starkregenereignisse innerhalb Deutschlands im Zeitraum von 2005-2017

Starkregenereignis (Fallbeispiel)	Datum	Niederschlagsdauer/-intensität	Geschätzte Schadenssumme	Bodenerosion	Sediment- und Geröllablagerungen	Aufgeweichte Böden (Bäume verlieren Halt); Schäden an Stadtbäumen und Grünanlagen	Ausuferung von und Schäden an Kleinstgewässern	Überlaufen von Mischkanalisation, d.h. Abwasser gelangt ungereinigt in Oberflächengewässer	Kontamination: Auslaufen von Öl & Benzin (Heiztanks, PKW)	Freisetzung weiterer Schadstoffe
Hersbruck	29.06.2005	115.5 mm (24 h)	2,8 Mio. €	Hangrutschungen	Vollsetzung mehrerer Kleinstgewässer mit Schlamm; Verschüttung einer Straße durch Geröllabgang		Ausuferung mehrerer Kleinstgewässer	Bruch von Kanalschächten durch hydraulische Belastung; Überstauung des Regenwassersammlers; Überlastung der Kanalisation	Auslaufen von zwei Öltanks in überfluteten Kellerräumen	
Lohmar	29.06.2005	54-68 mm (24 h)	2,4 Mio. €	Abtrag von landwirtschaftlichen Flächen in bebaute Gebiete	Blockierung von Durchlässen an Bächen durch Schwemmholz		Ausuferung kleinerer Bäche	Überlastung der Kanalisation		

					und Schlamm					
Erlangen-Höchstadt	21./22.07.2007	200 mm (2 h)	86-100 Mio. €				Anstauen von Schwemmgut bei Bachdurchlässen			
Delbrück	11.08.2007	117 mm (24 h)	25-30 Mio. €	Überflutung von landwirtschaftlichen Nutzflächen		Überflutung von Gärten; 50 umgestürzte Bäume	Ausuferung von kleineren Bächen	Überlastung der Kanalisation		
Hechingen	06.06.2008	85.6 mm (24 h)			Bedeckung der Straßen von Schlammschichten	umgestürzte und entwurzelte Bäume	Ausuferung eines Nebenflusses	Beschädigung der Kläranlage; Kanäle sind teilweise nicht mehr intakt	Aufschwemmung von Heizöltanks	

Dortmund	26.07.2008	200 mm (3 h)	17,2 Mio. €	Bodenerosion durch starke Oberflächenabflüsse; Ausbildung von Erosionsrinnen durch kleinräumige Rutschungen		Überflutung einer Kleingartenanlage	Ausuferung von Nebenflüssen	Überforderung der Kanalisation		
Osnabrück	26./27.08.2010	128 mm (24 h)				Entwurzelung von Bäumen	Ausuferung kleiner Bäche; Uferdurchbrüche	Überlastung der Kanalisation	Absaugen von Heizöl notwendig	
Alsfeld	05.06.2011	63.3 mm (2 h)	2,7 Mio. €	Hangrutschungen	Schlamm- und Geröllablagerungen	Ablagerungen von Schlamm und Geröll in Gärten	Ausuferung eines Baches; Wegreißen von Uferbefestigungen; Unrat im und am Bach			
Hamburg	06.06.2011	80 mm (1 h)	11 Mio. €			Entwurzelung von Bäumen		Überlastung der Kanalisation		

Rostock	23.07.2011	111 mm (24 h)		kleinere Erdrutsche		Unterspülung von Bäumen, Umsturz von Bäumen durch Aufweichung des Bodens; Umsturzgefährdung von weiteren Bäumen	Überlastung von kleinen Vorflutern und größeren Fließgewässern	Überlastung von Entwässerungs- und Rückhaltesystemen		
Bremen	04.08.2011	35-40 mm (1.5 h)						Überlastung des Kanalnetzes durch hohe Niederschlagsmengen; größere Mengen Mischwasser gelangen in die Gewässer		
Riestedt	05.09.2011	22 mm (1 h)		Bodenerosion auf landwirtschaftlichen Nutzflächen durch fehlende Vegetationsdecke, Schlammlawinen		Schlammablagerungen in Kleingartenanlagen; Bruchholz	Ausuferung zwei kleiner Bäche	Zusammenbruch des Abwassersystems; Kanalisation kann die Wasser- und Schlammmassen nicht mehr aufnehmen		

Kiel	29.06.2012	20 mm (35 Minuten)				Umsturz von Bäumen				
Münster	28.07.2014	292 mm (7 h)		Abrutschungen der Deponieabdeckung		250 umstürzende Bäume; herabfallende Äste; Schäden an Grünflächen aller Art		Rückstau in der Kanalisation, da diese die Wassermengen nicht aufnehmen kann; temporärer Ausfall der Schmutzwasserpumpwerke	Aufschwimmen von Heizöltanks; geborstene Heizölanlagen; ausgetretene KFZ-Betriebsstoffe; Verunreinigung von Gewässern durch ausgetretenes Öl (Einrichtung von Ölsperren nötig); kurze Verweildauer der Schadstoffe führt zu keinen signifikanten Bodenverunreinigungen	Freisetzung von Heizöl und weiteren Schadstoffe im fünfstelligen Literbereich in die Umwelt
Braunsbach	29.05.2016	122 mm (24 h)	112 Mio. €	Massenbewegungen (49 flachgründige Rutschungen, Murgänge); Bodenerosion auf landwirtschaftlichen Nutzflächen	Geröllltransport; große Mengen an Geschiebe und Schwemmholz	umgestürzte Bäume werden in Schlammstrom mitgerissen	Sohl- und Ufererosion; Ausuferung des Orlacher Baches; Unterspülung von Uferböschun		Kontamination der Bausubstanz mehrerer Gebäude durch die Beschädigung eines Öltanks	

							gen; 42.000 m^3 erodiertes Material			
Simbach am Inn	01.06.2016	120 mm (48 h)	ca. 1 Mrd. €	Bodenabschwemmungen; ausgeprägte Erosionsspuren auf Maisfeldern; Erdrutsche	Schlammablagerungen auf Straßen	Umsturz von Bäumen	Ausuferung des Simbachs aus dem Bachbett; Verklausungen; Auskolkungen und Uferabrisse			
Gemeinde Grafschaft	04.06.2016	115 mm (2 h)				Umsturz von Bäumen	Ausuferung des Leimersdorfer Baches; Beschädigung des Bachlaufs			Diverse Gastanks schlagen Leck

Potsdam/Berlin	29.06.2017	197 mm (24 h)				Umsturz von Bäumen; Schädigung von königlichen Gärten und Parks		Überlastung der Kanalisation; Eintrag von Schmutzwasser in die Berliner Gewässer (gesundheitliche Gefährdung in Badeseen); Überlastung von Klärwerken und unterirdischen Speichern		
Köln	19.07.2017	49 mm (1 h)				Umsturz von Bäumen; herabfallende Äste		Überlastung der Kanalisation		
Artern	25.07.2017	100 mm (12 h)			Geröll- und Schlammmassen auf den Straßen	Umsturz von Bäumen; herabfallende Äste	Ausuferung von Bächen		Öltank in vollgelaufenem Keller löste sich vom Boden	

Quellenangaben:

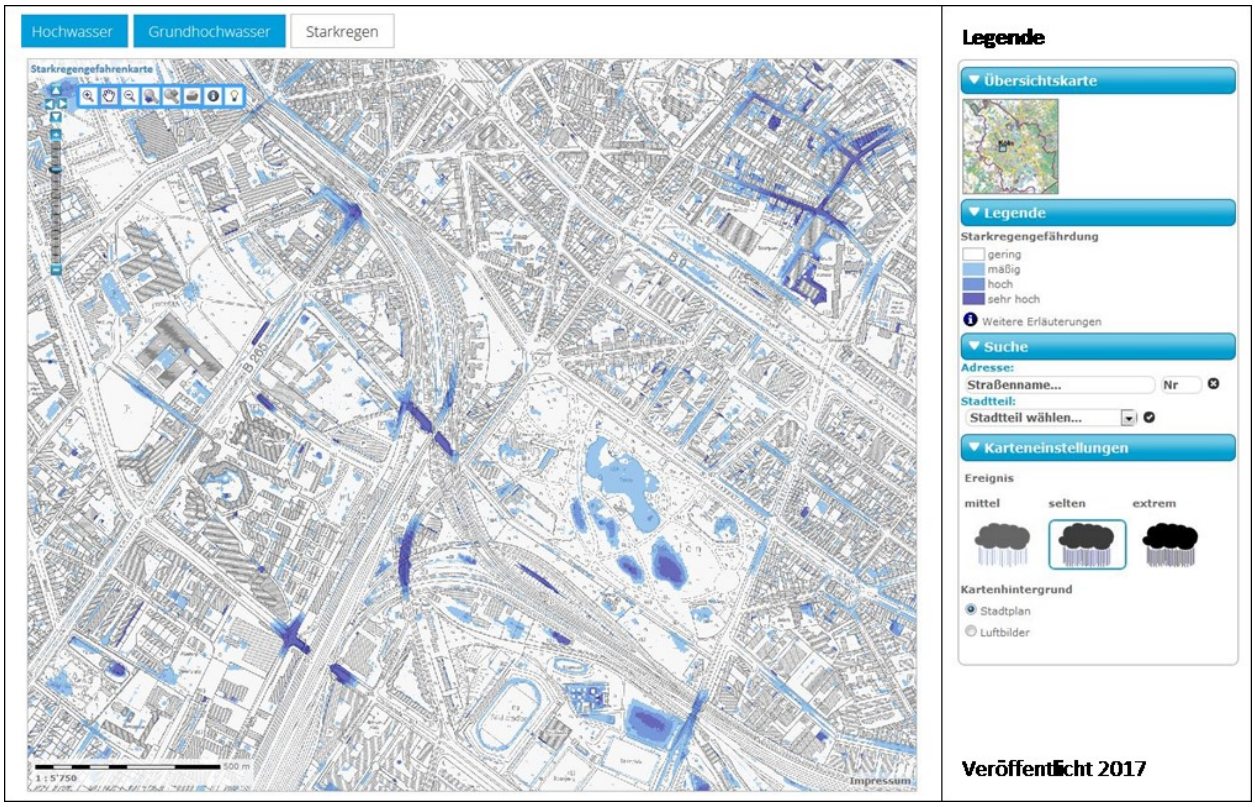
Die unterstrichenen Quellenangaben kennzeichnen jeweils die Datenquelle der Niederschlagsdauer/intensität. Die *kursivgedruckten Quellenangaben* beziehen sich auf die Datenquelle der geschätzten Schadenssumme. Die Auflistung der Quellenangaben erfolgen je Ereignis in chronologischer Abfolge (2005-2017): Hersbruck (URBAS Hersbruck 2008a; S. 13-16/2008b; S. 5/2008c; S. 5, *Rözer et al. 2016, S. 3*), Lohmar (URBAS Lohmar 2008d; S. 4, *Rözer et al. 2016; S. 3*/4), Erlangen-Höchstadt (*Deutsche Rück 2008; S. 13*, DLRG 2007; S. 2, *Nordbayerische Nachrichten Erlangen 2010*, THW Ortsverband Baiersdorf 2008; S. 15), Delbrück (Schenk & Wehry 2007; S. 4, *Westfalen-Blatt 2007*, Bezirksregierung Detmold et al. 2007; S. 34, 38, 42), Hechingen (Ruiz-Villanueva et al. 2012; S. 1548, Spiegel Online 2008, Deutsche Rück 2009; S. 12/13, Feuerwehr Hechingen

2008), Dortmund (*Grünewald 2009; S.* 12/*105*), Osnabrück (Rözer et al. 2016; S. 4/5, Stadt Osnabrück 2010; S. 1, N-TV 2010, NWZ-Online 2010, THW Ortsverband Lohne 2010), Alsfeld (HLUG 2012; S. 6, 10-12, *NH24 2012*, Kasseler Sonntagsblatt 2011, Berfa 2011, Osthessen-News 2011, HLNUG 2011; S. 34), Hamburg (Deutsche Rück 2012; S. 13, *Hydrotec 2013*, THW Hamburg-Nord 2011, RP Online 2011), Rostock (Jungnickl & Bill 2016; S. 396, Miegel 2011; S. 6, THW Rostock 2011, Hamburger Abendblatt 2011a), Bremen (Umweltbetrieb Bremen 2011; S. 12, Umweltbetrieb Bremen 2012; S. 29/30), Riestedt (LAGB Sachsen-Anhalt 2011; S. 5, Hamburger Abendblatt 2011b, Thüringer Allgemeine 2011, THW 2011), Kiel (Kieler Nachrichten 2012, NH24-Welt 2012), Münster (Stadt Münster 2014; S. 11-14, NH24-Welt 2015, LANUV 2014), Braunsbach (Piper et al. 2016; S. 2842, *Vogel et al. 2017; S. 164-170*), Simbach am Inn (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2017; S. 17, 37-39, Bayerisches Landesamt für Umwelt 2017; S. 90-96, Piper et al. 2016; S. 2842*, Süddeutsche Zeitung 2017*), Gemeinde Grafschaft (Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz 2016; S. 7, Rhein-Zeitung 2016), Potsdam/Berlin (RBB 24 2017a, Stadt Berlin 2017, RBB 24 2017b), Köln (RP Online 2017, Kölner Stadt-Anzeiger 2017), Artern (Thüringen24 2017, Thüringische Landeszeitung 2017, MDR Thüringen 2017)

7.2 Starkregengefahrenkarten

7.2.1 Köln

Abbildung 10: Starkregengefahrenkarte Köln (Ausschnitt)



Quelle: Stadtentwässerungsbetriebe Köln (02.02.2018).

Jährlichkeit T [a]	Niederschlag [mm]	Dauerstufe [min]	Ereignis	Gefährdung
30	36,6	60	mittel	Gering (< 10 cm)
50	43,1	60	selten	Mäßig (10 – 30 cm)
100	48,0	60	extrem	Hoch (30 – 50 cm)
—	—	—	—	Sehr hoch (> 50 cm)

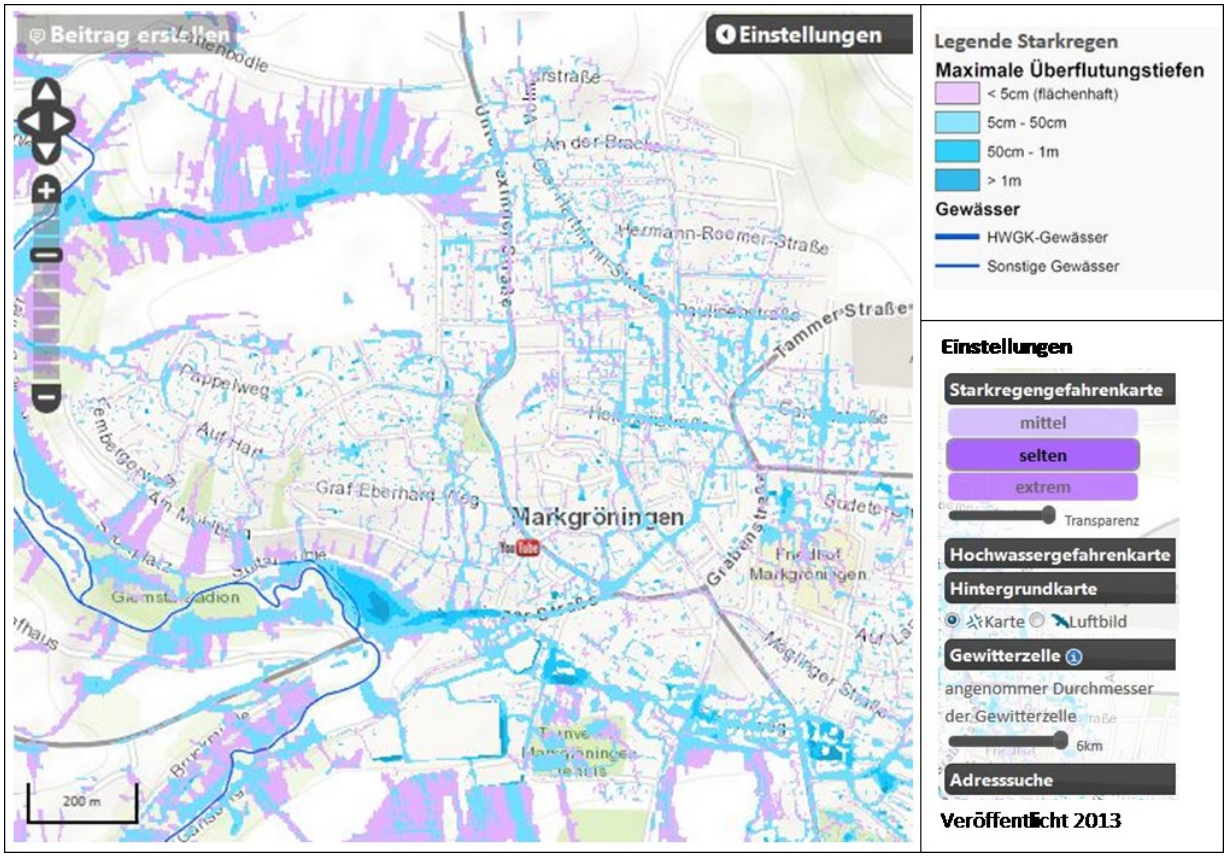
Modellierung	2D-Oberflächenabfluss
Kanalnetz berücksichtigt	—
Überschwemmungsfläche	✔
Überflutungstiefe	✔ ≥ 10 cm (Blautöne)
Fließrichtung	—
Fließgeschwindigkeit	—

Weitere Informationen

Über die interaktive Karte können verschiedene Starkregenereignisse (mittel, selten, extrem) ausgewählt werden.

7.2.2 Glems-Einzugsgebiet

Abbildung 11: Starkregengefahrenkarte Markgröningen im Einzugsgebiet der Glems (Ausschnitt)



Quelle: Starkregengefahren im Einzugsgebiet der Glems (02.02.2018).

Jährlichkeit T [a]	Niederschlag [mm]	Dauerstufe [min]	Ereignis	Gefährdung
—	60	60	mittel	—
—	120	60	selten	—
—	240	60	extrem	—

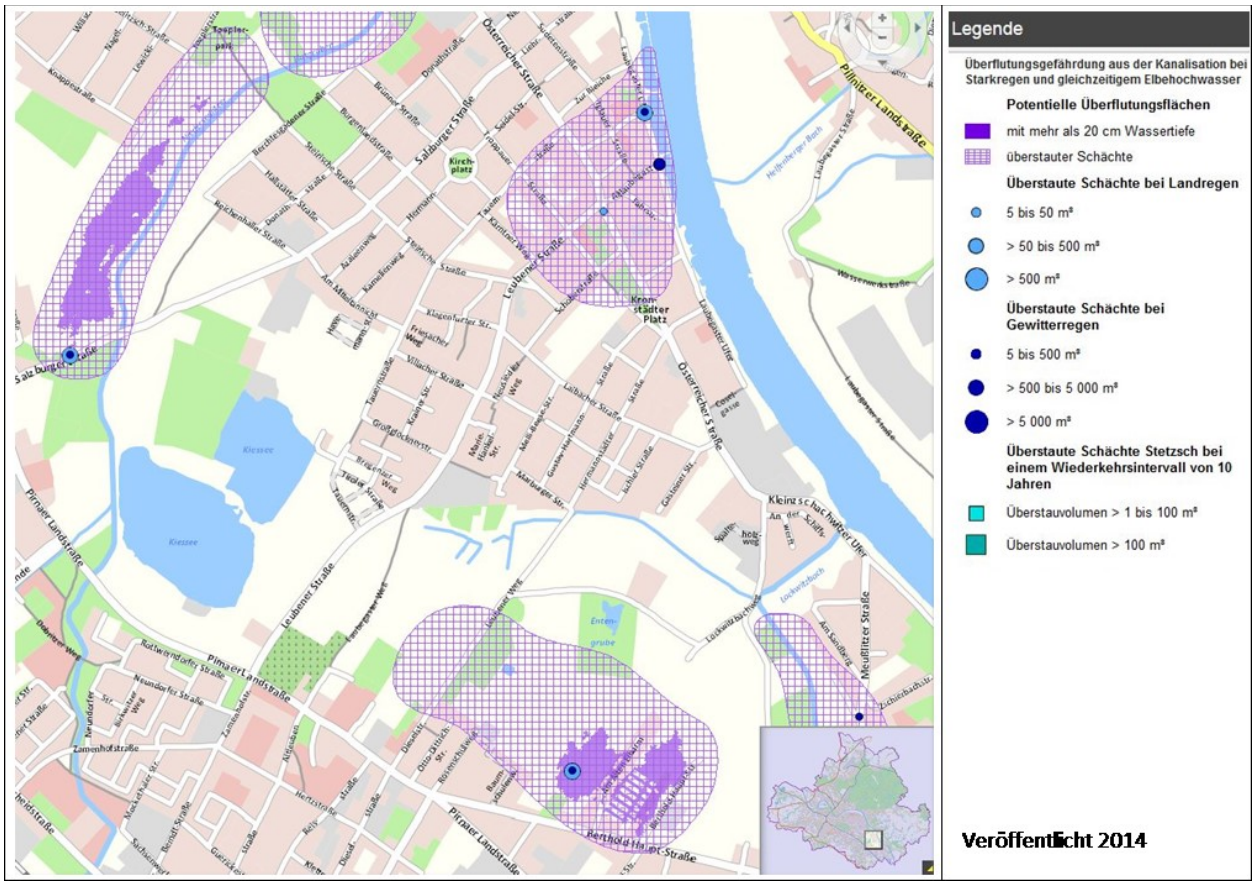
Modellierung	Gekoppelt hydrologisch-hydraulisches Modell
Kanalnetz berücksichtigt	✔
Überschwemmungsfläche	✔
Überflutungstiefe	✔ > 0 cm （Blautöne）
Fließrichtung	—
Fließgeschwindigkeit	—

Weitere Informationen

Über die interaktive Karte können verschiedene Starkregenereignisse (mittel, selten, extrem) ausgewählt und der Durchmesser der Gewitterzelle (entspricht dem betroffenen Bereich) verändert werden. Für das Glems-Einzugsgebiet liegen Starkregengefahrenkarten für die Kommunen Ditzingen, Gerlingen, Hemmingen, Korntal-Münchingen, Leonberg, Markgröningen, Schwieberdingen und Stuttgart vor.

7.2.3 Dresden

Abbildung 12: Überflutungsgefährdung aus der Kanalisation bei Starkregen und Elbhochwasser in Dresden (Ausschnitt)



Quelle: Stadtplan Dresden (02.02.2018).

Jährlichkeit T [a]	Niederschlag [mm]	Dauerstufe [min]	Ereignis	Gefährdung
—	—	—	—	—

Die Informationen liefern keine eindeutigen Werte.

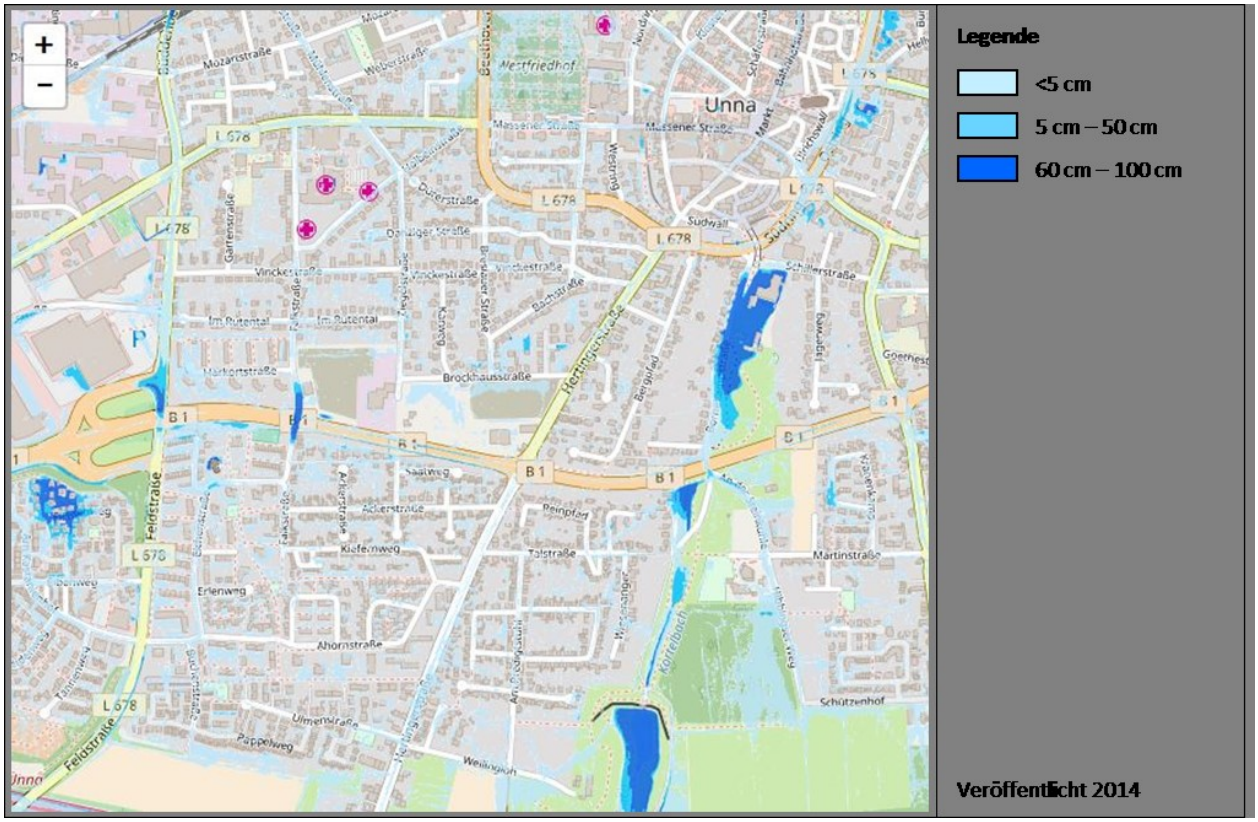
Modellierung	Oberflächenabfluss
Kanalnetz berücksichtigt	Keine Angabe
Überschwemmungsfläche	✔ (Violett)
Überflutungstiefe	✔ > 20 cm (Violett)
Fließrichtung	—
Fließgeschwindigkeit	—

Weitere Informationen

Die Überflutungsflächen werden ausgehend von einer Überlastung der Entwässerungssysteme durch Starkregen und gleichzeitigem Elbehochwasser dargestellt.

7.2.4 Unna

Abbildung 13: Starkregengefahrenkarte Unna (Ausschnitt)



Quelle: Stark gegen Starkregen (02.02.2018).

Jährlichkeit T [a]	Niederschlag [mm]	Dauerstufe [min]	Ereignis	Gefährdung
—	90,0	60	—	—

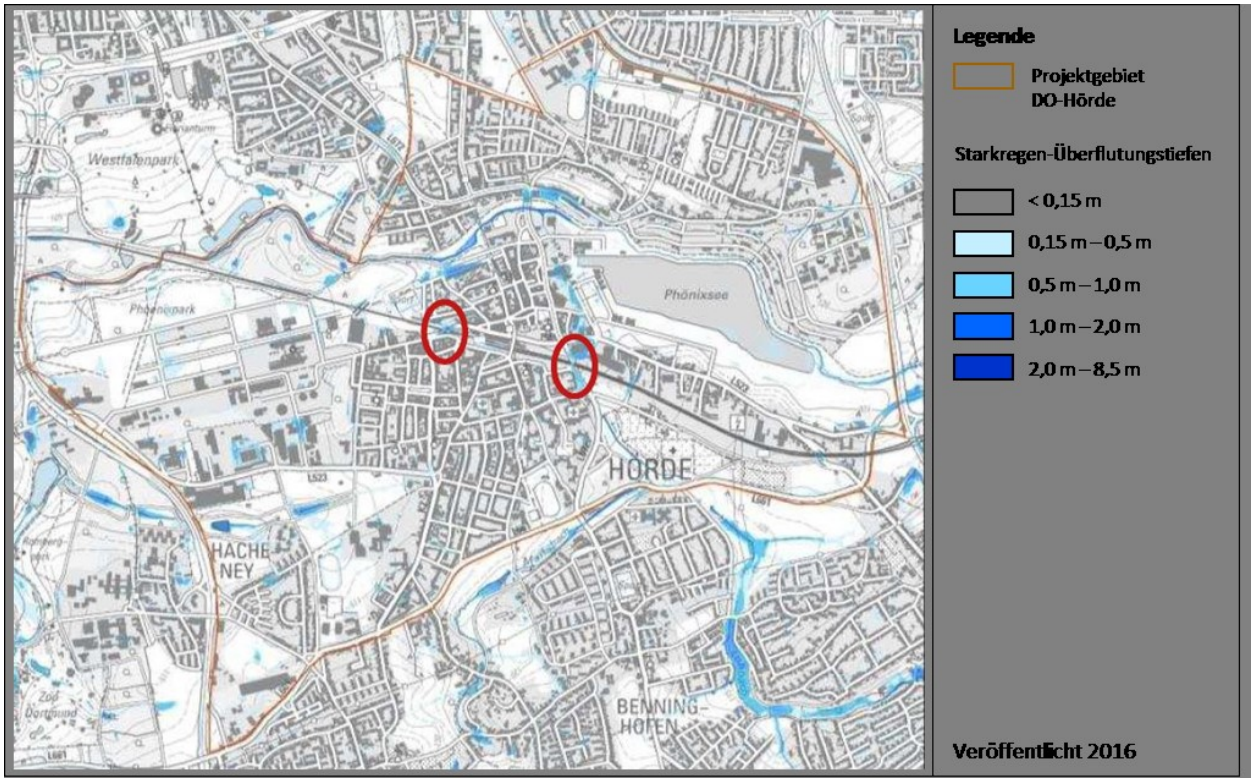
Modellierung	Hydrologisch-hydraulischer Ansatz
Kanalnetz berücksichtigt	✔
Überschwemmungsfläche	✔
Überflutungstiefe	✔ > 0 cm （Blautöne)
Fließrichtung	—
Fließgeschwindigkeit	—

Weitere Informationen

—

7.2.5 Dortmund-Hörde

Abbildung 14: Starkregengefahrenkarte Dortmund-Hörde (Ausschnitt)



Quelle: Grün 2016, S.9 (07.02.2018).

Jährlichkeit T [a]	Niederschlag [mm]	Dauerstufe [min]	Ereignis	Gefährdung
—	90,0	60	—	—

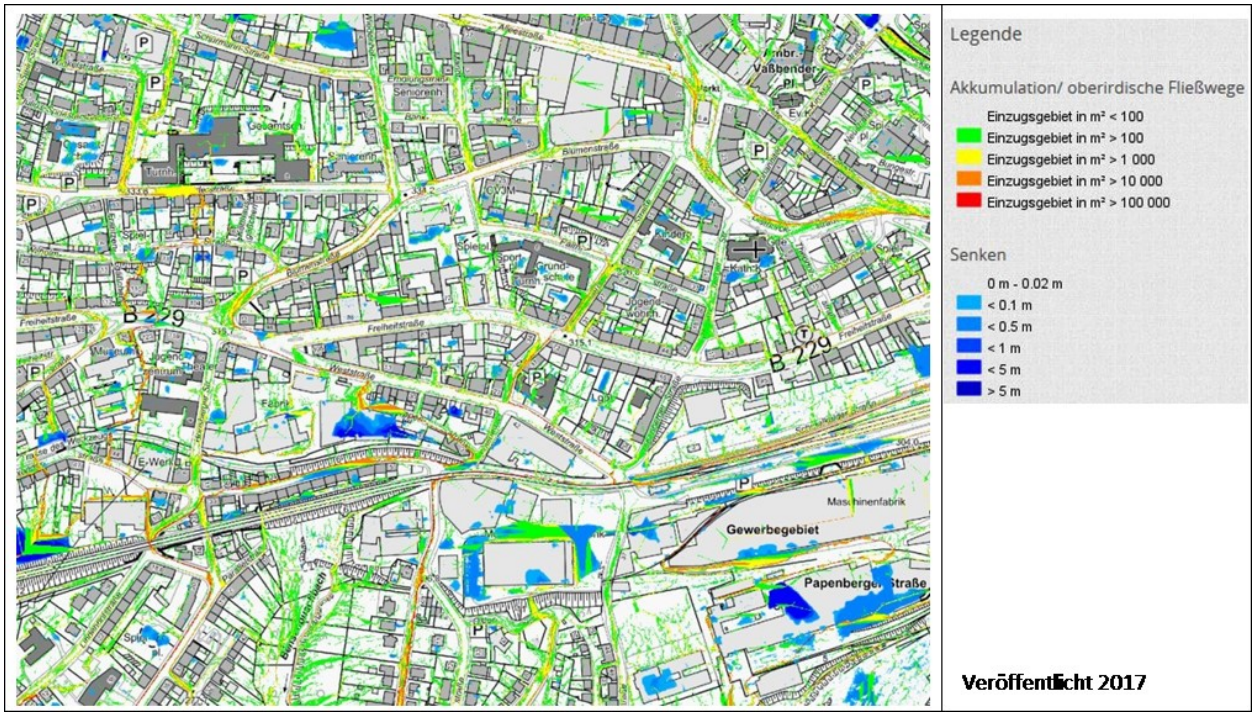
Modellierung	Hydrologisch-hydraulischer Ansatz
Kanalnetz berücksichtigt	✔
Überschwemmungsfläche	✔
Überflutungstiefe	✔ ≥ 0,15 cm (Blautöne)
Fließrichtung	—
Fließgeschwindigkeit	—

Weitere Informationen

—

7.2.6 Remscheid

Abbildung 15: Starkregengefahrenkarte Remscheid (Ausschnitt)



Quelle: Geo Datenportal der Stadt Remscheid (09.02.2018).

Jährlichkeit T [a]	Niederschlag [mm]	Dauerstufe [min]	Ereignis	Gefährdung
—	—	—	—	—

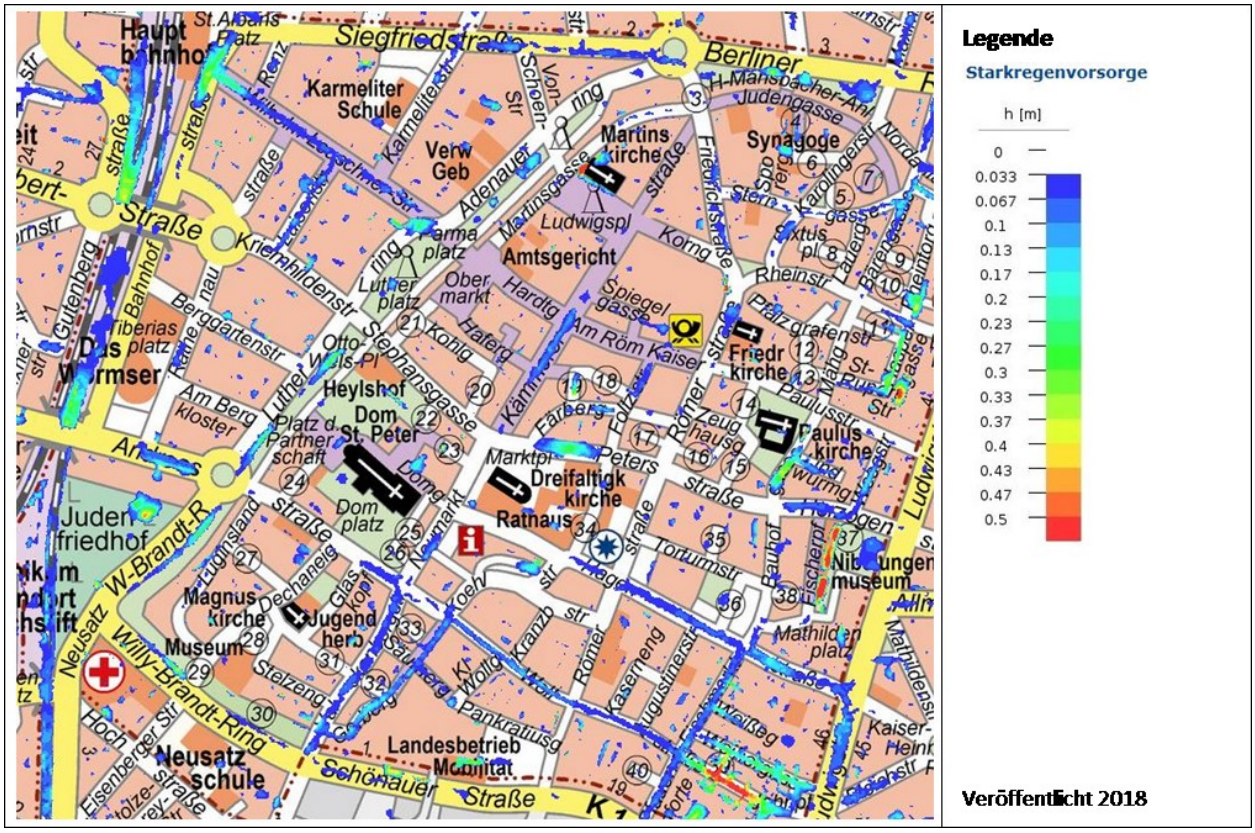
Modellierung	Hydrologisch-hydraulischer Ansatz
Kanalnetz berücksichtigt	✔
Überschwemmungsfläche	✔ (Blautöne)
Überflutungstiefe	✔ > 0,02 cm (Blautöne)
Fließrichtung	—
Fließgeschwindigkeit	—

Weitere Informationen

Dargestellt werden zusätzlich die Fließwege auf Basis von fünf verschiedenen Einzugsgebietsgrößen (grün, gelb, orange, rot).

7.2.7 Worms

Abbildung 16: Starkregengefahrenkarte Worms (Ausschnitt)



Quelle: Geoportal der Stadt Worms (01.03.2018).

Jährlichkeit T [a]	Niederschlag [mm]	Dauerstufe [min]	Ereignis	Gefährdung
50	43,0	45	—	—

Modellierung	2D-hydraulischer Ansatz
Kanalnetz berücksichtigt	✔
Überschwemmungsfläche	✔
Überflutungstiefe	✔ > 3,3 cm (Farbverlauf Regenbogen)
Fließrichtung	—
Fließgeschwindigkeit	—

Weitere Informationen

—

7.3 Warnungen

Tabelle 16: Detaillierte Übersicht über die Warnungen zu sechs Starkregenereignissen zwischen 2005 und 2017.

Starkregenereignis	Veröffentliche Warnung des DWD (Klein, 2009-2016)						Gemessener Niederschlag
	Warnstufe	Warnstatus	Meldezeitpunkt	Gültigkeitszeitraum	Geographische Eingrenzung	Vorhergesagter Niederschlag	
Lohmar, 29.06.2005 (Castro, 2008)		Amtliche Warnung vor Gewitter mit Starkregen	29.06.2005 03:27 Uhr	29.06.2005, 03:35 – 06 Uhr	örtlich	um 20 mm/h	30.06.2005: 45,0 mm Station: Kläranlage-Lohmar (Castro, 2008)
		Amtliche Warnung vor Gewitter mit Starkregen	29.06.2005, 13:05 Uhr	29.06.2005, 13:10 – 18 Uhr	verbreitet	20 – 35 mm/3h	
		Amtliche Warnung vor Gewitter mit Starkregen	29.06.2005 17:53 Uhr	29.06.2005 18 – 20 Uhr	k. A.	k. A.	
		Amtliche Warnung vor Gewitter mit Starkregen	29.06.2005 19:31 Uhr	29.06.2005, 20 – 23 Uhr	örtlich	> 20 mm in kurzer Zeit	
		Amtliche Warnung vor Gewitter mit Starkregen	29.06.2005 22:50 Uhr	29.06.2005, 23:10 Uhr - 30.06.2005, 01 Uhr	örtlich	10 - 20 mm/h	
		Amtliche Warnung vor Gewitter mit Starkregen	30.06.2005 00:15 Uhr	30.06.2005 01 Uhr - 03 Uhr	örtlich	10 - 20 mm/h	
Osnabrück, 26.08.2010	Warnung vor markantem Wetter	Amtliche Warnung vor Gewitter mit Sturmböen und Starkregen	24.08.2010 21:32 Uhr	24.08.2010, 23 Uhr - 25.08.2010, 02 Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	10 - 25 mm	128 mm in 24 h, örtlich bis zu 65 mm in 6 h (Stadt Osnabrück, 2016) Tageswerte: 24.08.2010: 8,3 mm 25.08.2010: 5,4 mm 26.08.2010: 128,1 mm
	Vorwarnung zur Unwetterwarnung	Amtliche Vorwarnung zur Unwetterwarnung vor ergiebigen Dauerregen	25.08.2010 09:30 Uhr	26.08.2010, 08 Uhr - 27.08.2010, 08 Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	~60 mm/24 h Örtlich auch mehr	
	Aufhebung einer	Aufhebung der Vorwarnung zur	25.08.2010	k. A.	Kreis und Stadt Osnabrück	k. A.	

	Warnung	Unwetterwarnung vor ergiebigen Dauerregen	20:28 Uhr		(Niedersachsen)		27.08.2010: 15,4 mm (DWD, 2017e) Stundenwert: 26.08.2010, 09 h: 18,2 mm 26.08.2010, 10 h: 9,7 mm 26.08.2010, 11 h: 6,3 mm 26.08.2010, 17 h: 18,9 mm 26.08.2010, 22 h: 10,6 mm 26.08.2010, 23 h: 11,3
	Warnung vor markantem Wetter	Amtliche Warnung vor Dauerregen	25.08.2010 20:38 Uhr	26.08.2010, 02 Uhr - 27.08.2010, 02 Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	30 - 50 mm/h Örtlich auch mehr	
	Unwetterwarnung	Amtliche Unwetterwarnung vor ergiebigen Dauerregen	26.08.2010 07:18 Uhr	26.08.2010, 10 Uhr - 27.08.2010, 10 h Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	50 - 70 mm	
	Warnung vor extremen Unwetter	Amtliche Unwetterwarnung vor extrem ergiebigen Dauerregen	26.08.2010 17:41 Uhr	26.08.2010 19 Uhr - 27.08.2010 10 Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	80 - 100 mm, örtlich 30 mm/h	
	Wetterwarnung	Amtliche Warnung vor Gewitter	26.08.2010 18:40 Uhr	26.08.2010 20:00 - 22 Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	k. A.	
	Warnung vor markantem Wetter	Amtliche Warnung vor Dauerregen	27.08.2010 07:35	27.08.2010 09:00- 16 Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	bis 40 mm/12 h	
	Warnung vor markantem Wetter	Amtliche Warnung vor Dauerregen	27.08.2010 07:59	27.08.2010 09:00- 16 Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	bis 40 mm/12 h	
	Aufhebung einer Warnung	Aufhebung der Warnung vor Dauerregen	27.08.2010 08:06	k. A.	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	k. A.	
	Warnung vor markantem Wetter	Amtliche Warnung vor Dauerregen	27.08.2010 09:10	27.08.2010 11:00 – 17 Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	bis 25 mm/12 h	
	Wetterwarnung	Amtliche Warnung vor Gewitter mit Sturmböen	28.08.2010 13:24	28.08.2010 15:00 – 18 Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	k. A.	

	Wetterwarnung	Gewitter mit Windböen	28.08.2010 15:58	28.08.2010 21:00	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	k. A.	
	Wetterwarnung	Amtliche Warnung vor Gewitter mit Sturmböen	28.08.2010 18:56	28.08.2010 20:00 – 23 Uhr	Kreis und Stadt Osnabrück (Niedersachsen)	k. A.	
Münster, 28.07.2014	Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit Starkregen	28.07.2014 13:12 Uhr	28.07.2014 13:12 - 14:30 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h	Station Hauptkläranlage 17:00 – 24:00 Uhr: 292mm in 7 h 19:45 – 21:20 Uhr 220mm (Stadt Münster, 2014) Tageswerte: 28.07.2014; 20,3 mm 29.07.2014: 0,6 mm (DWD, 2017e) Stundenwert: 28.07.2014, 18 Uhr: 0,5 mm 28.07.2014, 20 Uhr: 9,9 mm 28.07.2014, 21 Uhr: 9,9 mm (DWD, 2017d)
	Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	28.07.2014 14:01 Uhr	28.07.2014 14:01 - 16:30 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h	
	Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	28.07.2014, 16 Uhr	28.07.2014, 15:59 - 18 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h	
	Unwetterwarnung	schweres Gewitter mit schwerem Sturmböen, heftigem Starkregen und Hagel	28.07.2014, 16:42 Uhr	28.07.2014, 16:42 – 18 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	~ 35 mm/h	
	Unwetterwarnung	schweres Gewitter mit schwerem Sturmböen, heftigem Starkregen und Hagel	28.07.2014, 17:42 Uhr	28.07.2014, 17:41 – 19 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	~ 35 mm/h	
	Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	28.07.2014, 17:42 Uhr	28.07.2014, 17:41 – 20 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h	

						Stations ID: 01766
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	28.07.2014, 18 Uhr	28.07.2014, 19 – 20 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h	
Aufhebung der Warnung vom 28.07.2014 17:41 Uhr	schweres Gewitter mit schwerem Sturmböen, heftigem Starkregen und Hagel	28.07.2014 19 Uhr	28.07.2014 19 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	k. A.	
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	28.07.2014 19:56 Uhr	28.07.2014 19:56 – 22 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h	
Unwetterwarnung	schweres Gewitter mit schwerem Sturmböen, heftigem Starkregen und Hagel	28.07.2014 20:01 Uhr	28.07.2014 20:01 - 21 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	~ 35 mm/h	
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	28.07.2014 20:03 Uhr	28.07.2014 21 - 22 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h	
Unwetterwarnung	schweres Gewitter mit schwerem Sturmböen, heftigem Starkregen und Hagel	28.07.2014 20:52 Uhr	28.07.2014 20:52 - 22 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	~ 35 mm/h	
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	28.07.2014, 21:53 Uhr	28.07.2014, 22 - 23 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h	
Aufhebung der Warnung vom 28.07.2014 20:52 Uhr	schweres Gewitter mit schwerem Sturmböen, heftigem Starkregen und Hagel	28.07.2014, 22:01 Uhr	28.07.2014, 22:01 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	k. A.	

Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	28.07.2014 22:50 Uhr	28.07.2014 22:49 – 29.07. 2014, 00 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	28.07.2014 23:59 Uhr	28.07.2014 23:58 – 29.07. 2014, 01:30 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	29.07.2014 17:52 Uhr	29.07.2014 17:51- 19 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	~ 20 l/m² /h
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	29.07.2014 18:36 Uhr	29.07.2014 18:36 - 20 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	~ 20 l/m² /h
Aufhebung der Warnung vom 29.07.2014 18:36:00	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	29.07.2014 18:38 Uhr	29.07.2014 18:38 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	k. A.
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	29.07.2014 19:21 Uhr	29.07.2014 19:20 - 21 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	~ 25 l/m² / h
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	29.07.2014 20:23 Uhr	29.07.2014 20:23 – 22 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	~ 25 mm /h
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	29.07.2014 21:19 Uhr	29.07.2014 21:18 – 22 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h
Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	29.07.2014 21:39 Uhr	29.07.2014 21:38 – 23 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h
Warnung vor markantem	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen	29.07.2014 22:15 Uhr	29.07.2014 22:14 – 23 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h

	Wetter	und Hagel					
	Aufhebung der Warnung vom 29.07.2014 22:14 Uhr	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	29.07.2014 22:33 Uhr	29.07.2014 22:33	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	k. A.	
	Warnung vor markantem Wetter	Gewitter mit schweren Sturmböen, Starkregen und Hagel	29.07.2014 23:11 Uhr	29.07.2014 23:10 – 30.07.2014, 00 Uhr	Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen)	15 - 25 mm/h	
Simbach, 29.05.2016	Vorwarnung zur Unwetterwarnung	Vorabinformation Gewitter	29.05.2016 09:23 Uhr	29.05.2016 12:00 - 30.05.2016, 00 Uhr	Kreis Rottal-Inn (Bayern)	< 25 mm in kurzer Zeit	100 - 150 mm/24 h (LfL, 2017) Tageswert: 29.05.2016: 0,7 mm 30.05.2016: 1,3 mm 31.05.2016: 74,6 mm 01.06.2016: fehlerhafte Messung 02.06.2016: 10,8 mm (DWD, 2017e) Stundenwert: 01.06.2016: 06h: 14,7 mm 01.06.2016: 07h: 6,8 mm 01.06.2016: 12h: 28,9 mm 01.06.2016: 13h: fehlerhafte Messung 01.06.2016: 15h: 5,1 mm
	Unwetterwarnung	schweres Gewitter mit heftigen Starkregen und Windböen	29.05.2016 20:37 Uhr	29.05.2016 20:37 – 22 Uhr	Kreis Rottal-Inn (Bayern)	k. A.	
	Aufhebung einer Warnung (S2)	schweres Gewitter mit heftigen Starkregen und Windböen	29.05.2016 22 Uhr	29.05.2016 22 Uhr	Kreis Rottal-Inn (Bayern)	k. A.	
	Warnung vor markantem Wetter	Dauerregen (Stufe 2 von 4)	31.05.2016 17:03 Uhr	31.05.2016 17:03 - 01.06.2016, 10 Uhr	Kreis Rottal-Inn (Bayern)	k. A.	
	Unwetterwarnung	ergiebiger Dauerregen (Stufe 3 von 4)	01.06.2016 09:01 Uhr	01.06.2016 09:01 – 15 Uhr	Kreis Rottal-Inn (Bayern)	k. A.	
	Aufhebung einer Warnung (S5)	ergiebiger Dauerregen	01.06.2016 14:58 Uhr	01.06.2016 14:58 Uhr	Kreis Rottal-Inn (Bayern)	k. A.	
	Warnung vor markantem Wetter	Vorabinformation Gewitter	01.06.2016 15:14 Uhr	01.06.2016 15:14 – 17 Uhr	Kreis Rottal-Inn (Bayern)	k. A.	
	Warnung vor markantem	schweres Gewitter mit heftigen Starkregen und	01.06.2016 19:43 Uhr	01.06.2016 19:45 – 11 Uhr	Kreis Rottal-Inn (Bayern)	k. A.	

	Wetter	Windböen					01.06.2016: 16h: 2,8 mm (DWD, 2017d) Stations ID: 04706
	Aufhebung einer Warnung (S8)	schweres Gewitter mit heftigen Starkregen und Windböen	02.06.2016 00:45 Uhr	02.06.2016 00:45 Uhr	Kreis Rottal-Inn (Bayern)	k. A.	
	Warnung vor markantem Wetter	Dauerregen (Stufe 2 von 4)	02.06.2016 06:22 Uhr	02.06.2016 06:22 – 12 Uhr	Kreis Rottal-Inn (Bayern)	k. A.	
Braunsbach, 29.05.2016	Vorwarnung zur Unwetterwarnung	Vorabinformation Gewitter	28.05.2016 09:16	28.05.2016 12 – 00 Uhr	Kreis Schwäbisch Hall (Baden-Württemberg)	lokal ~30 mm	Tageswert: 29.05.2016: 105 mm (DWD, 2017e) Stations ID: 02848 Bemerkung: diese nächstgelegene Station befindet sich ca. 10 km nordöstlich von Braunsbach Abschätzung nach Bronstert et al., 2017: 18:45 – 20:00 Uhr: knapp 100 mm
	Vorabinformation Gewitter	k. A.	29.05.2016 09:41	29.05.2016 18 Uhr - 30.05.2016 06 Uhr	Kreis Schwäbisch Hall (Baden-Württemberg)	25 - 40 mm innerhalb weniger Stunden, lokal auch mehr	
	Vorwarnung zur Unwetterwarnung	Vorabinformation Gewitter	29.05.2016 10:21	29.05.201,6 12 Uhr - 30.05.2016, 06 Uhr	Kreis Schwäbisch Hall (Baden-Württemberg)	< 25 mm, gebietsweise: 25 - 40 mm innerhalb weniger Stunden, lokal auch mehr	
	Unwetterwarnung	schweres Gewitter mit heftigen Starkregen und Windböen	29.05.2016 19:13	29.05.2016 19:13 – 20 Uhr	Kreis Schwäbisch Hall (Baden-Württemberg)	k. A.	
	Unwetterwarnung	schweres Gewitter mit heftigen Starkregen und Windböen	29.05.2016 19:45	29.05.2016 19:45 – 21 Uhr	Kreis Schwäbisch Hall (Baden-Württemberg)	k. A.	
	Aufhebung einer	schweres Gewitter mit	29.05.2016	k. A.	Kreis Schwäbisch Hall	k. A.	

	Warnung	heftigen Starkregen und Windböen	20:30		(Baden-Württemberg)		
	Aufhebung einer Warnung	Aufhebung Vorabinformation Gewitter	30.05.2016 04:04	30.05.2016 04:04	Kreis Schwäbisch Hall (Baden-Württemberg)	k. A.	
Berlin/Potsdam, 29.06.2017	Vorwarnung zur Unwetterwarnung	Vorwarnung vor ergiebigem Dauerregen (extremes Unwetterereignis)	28.06.2017 14:58	29.06.2017 12 Uhr - 01.07.2017 12 Uhr	Land Berlin	61 - 90 mm/ 48 h, lokal 35 - 60 mm in 3 - 6h	Tageswert: 28.06.2017: 0,1 mm 29.06.2017: 196,9 mm (DWD CDC, 2018b) Stündliche Messung: 28.06.2017, 15 h: 0,1 mm 29.06.2017: fehlerhafte Messungen (DWD, 2018a) Stations ID: 00430
	Vorwarnung zur Unwetterwarnung	Vorwarnung vor ergiebigem Dauerregen (extremes Unwetterereignis)	28.06.2017 19:50	29.06.2017 06 Uhr - 01.07.2017, 12 Uhr	Land Berlin	60 - 90 mm/48 h, lokal 35 - 60 mm in 3 - 6 h	
	Vorwarnung zur Unwetterwarnung	Vorwarnung vor ergiebigem Dauerregen	29.06.2017 00:28	k. A.	Land Berlin	30 und 70 mm, lokal 90 mm	
	Wetterwarnung	Nebel	29.06.2017 02:03	29.06.2017 02:03 – 04 Uhr	Land Berlin	k. A.	
	Unwetterwarnung	Ergiebiger Dauerregen	29.06.2017 02:03	29.06.2017 02:03 – 04 Uhr	Land Berlin	k. A.	
	Wetterwarnung	Nebel	29.06.2017 03:07	29.06.2017 03:07 – 06 Uhr	Land Berlin	k. A.	
	Warnung vor markantem Wetter	Dauerregen	29.06.2017 05:17	29.06.2017 09:00 – 06 Uhr	Land Berlin	30 mm - 40 mm	
	Wetterwarnung	Nebel	29.06.2017 05:20	29.06.2017 05:20 – 07 Uhr	Land Berlin		
	Unwetterwarnung	ergiebiger Dauerregen	29.06.2017 10:09	29.06.2017 10:09 – 30.06.2017, 06 Uhr	Land Berlin	Am Freitagmorgen: 30 - 70 mm, lokal 80 -100 mm , Großteil	

						der Regenmenge fällt zwischen 6 – 9 h	
	Warnung vor extremen Unwetter	ergiebiger Dauerregen (extremes Unwetterereignis)	29.06.2017 14:34	29.06.2017 15:00 – 30.06.2017, 00 Uhr	Land Berlin	k. A.	
	Wetterwarnung	Windböen	29.06.2017 19:18	29.06.2017 19:18 – 30.06.2017, 00 Uhr	Land Berlin	k. A.	
	Aufhebung einer Warnung vom 29.06.2017 00:28 Uhr		29.06.2017 20:42	k. A.	Land Berlin	k. A.	
	Warnung vor extremen Unwetter	ergiebiger Dauerregen (extremes Unwetterereignis)	29.06.2017 23:31	30.06.2017 00 – 08 Uhr	Land Berlin	k. A.	
	Aufhebung der Warnung von 29.06.2017 10:09 Uhr	ergiebiger Dauerregen	30.06.2017 06:00	k. A.	Land Berlin	k. A.	
	Wetterwarnung	Windböen	30.06.2017 07:14	30.06.2017 07:14 – 20 Uhr	Land Berlin	61 - 90 mm/48 h, lokal 35 - 60 mm in 3 - 6h	
	Aufhebung der Warnung von 29.06.2017 23:31 Uhr	ergiebiger Dauerregen (extremes Unwetterereignis)	30.06.2017 08:00	k. A.	Land Berlin	k. A.	
	Aufhebung der Warnung vom 29.06.2017 23:31 Uhr	ergiebiger Dauerregen (extremes Unwetterereignis)	30.06.2017 08:00	k. A.	Land Berlin	k. A.	

7.4 Integration des Starkregenrisikomanagements in die Umsetzungsschritte der HWRM-RL

Tabelle 17: Untersuchungsmatrix mit der ersten Bewertung von Synergien und Hemmnissen des ersten Bearbeitungsschrittes (vorläufige Bewertung) und Grundlage für die ExpertInneninterviews, Änderungen der Bewertung werden in Kap. 4.3.2 dargestellt.

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
Inhaltliche Aspekte		
Überprüfung der Risikogebiete (§ 73 Abs. 6 WHG gemäß Artikel 14 Abs. 1 HWRM-RL)	Im zweiten Zyklus sollen die vorhandenen Daten (Ausgangslage gemäß erster Zyklus) auf Veränderungen überprüft und neu generierte Daten berücksichtigt werden (§ 73 Abs. 6 WHG). Somit kommt es auch erneut zur Bewertung des verbleibenden Gewässernetzes (LAWA 2017a; S. 10ff.).	FürStarkregen müssten zunächst Risikogebiete ausgewiesen werden, da Starkregenereignisse überall auftreten können und derzeit eine fachliche Begründung zur Ausweisung bestimmter (Risiko-) Gebiete fehlt (LAWA 2017b; S. 2), müsste eine flächendeckende Untersuchung erfolgen. Demnach muss bei jedem neuen Bearbeitungszyklus automatisch das gesamte Untersuchungsgebiet betrachtet werden. Die Begrenzung auf das Gewässernetz ist nicht ausreichend. Denkbar ist es, die spezifischen Risikogebiete auf kommunaler Ebene zu erfassen, wie es in Baden-Württemberg empfohlen wird (LUBW 2016b, S. 7).
Beschreibung und Darstellung des Einzugsgebietes (§ 73 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 4 Abs. 2a HWRM-RL)	Beschreibung und Karte der Flussgebietseinheit mit den relevanten Teileinzugsgebieten auf Grundlage vorhandener oder leicht abzuleitender Informationen. Zudem soll die Topographie und Flächennutzung dargelegt werden (Artikel 4 Abs. 2a HWRM-RL). Die Länder entscheiden, ab welcher Mindestgröße eine potenziell signifikante Gefahr der Teileinzugsgebiete besteht und welche demnach aufgeführt werden. Meist werden auf Grundlage der Forderung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Flusseinzugsgebiete ab einer Mindestgröße von 10km² betrachtet[75] (Anhang II 1.2.1 WRRL).	Wie oben aufgeführt, können Starkregenereignisse grundsätzlich überall auftreten, sodass ihr Auftreten unabhängig von Flusseinzugsgebieten ist (LAWA 2017b; S. 2). Eine viel kleinräumigere, gewässernetzunabhängige Betrachtung der Teileinzugsgebiete, bspw. auf kommunaler Ebene, ist erforderlich[76]. Demnach muss die bisherige Beschreibung des Einzugsgebietes bezüglich Starkregen komplett neu aufgesetzt werden. Dies erfordert einen sehr hohen Mehraufwand. Da die Betrachtung auf Flussgebietseinheit zu Synergien führt, ist es denkbar, die neuen kleinteiligeren Teileinzugsgebiete den Flussgebietseinheit zuzuordnen.

75 Es sei zu beachten, dass hier stets Ausnahmen vorgenommen werden, wenn beispielsweise vergangene Ereignisse zeigten, dass auch bei einem kleineren Einzugsgebiet eine potenzielle Gefahr besteht.

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
Beschreibung aufgrund vergangener Ereignisse (§ 73 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 4 Abs. 2b und 2c HWRM-RL)	Zusammenstellung/Dokumentation vergangener Ereignisse. Dies umfasst einerseits Hochwasser mit signifikanten nachteiligen Auswirkungen, mit deren Wiederkehr gerechnet wird und andererseits signifikante Hochwasser der Vergangenheit, bei deren ähnlichem Eintreten zukünftig signifikante nachteilige Folgen erwartet werden.	Vorgehen grundsätzlich übertragbar und gemäß LAWA (2017a; S. 8) empfohlen. Da es sich um kleinräumige Ereignisse handelt, ist die Zusammenführung der Ereignisse ggf. aufwendiger. Jedoch ist die bisher verfügbare Datenbasis zu unsystematisch und die Zeitreihen zu kurz, um hieraus Risikogebiete zu identifizieren. Zudem besteht nicht zwangsläufig ein Zusammenhang zwischen dem Ort vergangener Schadensereignisse und einer erhöhten Eintrittswahrscheinlichkeit, wie dies bei Flusshochwassern aufgrund der geografischen Lage der Fall ist (LAWA 2017a; S. 8f.).
Potenziell nachteilige Folgen künftiger Ereignisse (§ 73 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 4 Abs. 2d HWRM-RL)	Bewertung potenziell nachteiliger Folgen künftiger Hochwasser unter Berücksichtigung von Faktoren, wie u.a. Topographie, Lage von Wasserläufen, Wirksamkeit bestehender Hochwasserabwehrinfrastruktur, aber auch der Informationen zu den Schutzgütern, wie Lage bewohnter Gebiete, IVU[77]-Anlagen, Kulturdenkmale oder Gebiete mit wirtschaftlicher Tätigkeit (LAWA 2017a; S. 10ff.).	Vorgehen grundsätzlich übertragbar. Jedoch müssten die Daten für die angepassten Risikogebiete zusammengestellt werden. Zusätzlich wäre interessant, u.a. die Lage vorhandener Regenrückhaltebecken zu erfassen. Dies wäre jedoch ebenfalls mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden.
Ermittlung der Gebiete und Küstenabschnitte mit signifikantem Risiko (§ 73 Abs. 1 WHG gemäß Artikel 5 HWRM-RL)	Zur Ermittlung der Gebiete müssen die nachteiligen Folgen auf die vier Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten) abgeleitet und beschrieben werden. Betrachtung des gesamten Gewässernetzes bzw. der Küste und Verschneidung mit	Methodisches Vorgehen der Verschneidung grundsätzlich übertragbar. Statt der Betrachtung des Gewässernetzes müssen jedoch die oberflächigen Fließwege des gesamten Untersuchungsgebietes[78] berücksichtigt werden. Demnach müssen die Informationen für die Gebiete mit signifikantem Risiko komplett neu

76 Baden-Württemberg beschreibt, dass die Methodik der Gefährdungsanalyse des Starkregenrisikomanagements nur für sehr kleine Gebiete bis maximal 5 km^2 für einzelne hydrologische Einheiten angewendet werden kann (LUBW 2016b, S. 18).

77 IVU=Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung

78 Wie bereits oben beschrieben, ist die Ausweisung von spezifischen Risikogebieten nicht möglich, da Starkregenereignisse überall auftreten können (LAWA 2017a; S. 8).

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
	ausgewerteten vorhandenen Informationen (z.B. raumordnerische Informationen, IVU-Anlagen, Kulturerbe, Hochwasserschutzanlagen) (LAWA 2009; S. 5ff.).	generiert werden. Dies bedeutet einen erheblichen Mehraufwand. Die vorhandenen Informationen zu den Schutzgütern können von den Hochwassergefahrenkarten übernommen werden. Sie decken aber nur kleine räumliche Ausschnitte ab. Zusätzlich können die Lage besonders kritischer Objekte[79] sowie deren spezifische Beschreibung erfolgen, um die Abschätzung möglicher Schäden zu gewährleisten, wie es in Baden-Württemberg empfohlen wird (LUBW 2016b, S. 35). Bzgl. der Ermittlung von Hochwasserschutzanlagen sollten bspw. zusätzlich Bereiche aufgenommen werden, die gezielt geflutet werden können bzw. Einfluss auf das oberflächige Fließverhalten haben.
Nachteilige Folgen gemäß Signifikanzkriterien	Zur Überprüfung der Gewässer in den Risikogebieten hat die LAWA (2017a; S. 12ff.) unter Berücksichtigung der festgelegten Schutzgüter (gemäß Artikel 4 Abs. 2d HWRM-RL) Signifikanzkriterien aufgestellt: Personen-/Sachgefährdungen: Schadenspotenzial (ab dem dritten Bearbeitungszyklus), alternativ: Gewerbe-/ Industrieflächen sowie zusammenhängende Siedlungsfläche bei HQ-extrem: 0,5-5ha Umweltgefährdungen: Vorhandensein von u.a. IVU-Anlagen, PRTR80-Anlagen und (Trinkwasser-) Schutzgebiete, Trinkwasserentnahmestellen Gefährdungen von Kulturgüter/-objekten: Vorhandensein von UNESCO Weltkulturerbestätten und Denkmälern	Das Ausmaß der Schäden einzelner Starkregenereignisse deutet darauf hin, dass die für Flusshochwasser aufgestellten Signifikanzkriterien auch für Starkregenereignisse einschlägig sein könnten. Die Signifikanzkriterien können demnach auch für Starkregenereignisse übernommen werden.
Berücksichtigung des Klimawandels (§ 73 Abs. 6 Satz 2	Im zweiten Zyklus der HWRM-RL sollen die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels	Die bereits beobachteten Veränderungen des Klimas sind ebenfalls in den Beobachtungsdaten

[79] Beispielsweise Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser oder Einrichtungen für Menschen mit Behinderung.

[80] PRTR= Pollutant Release and Transfer Register (Register über die Freisetzung und Verbringung von Schadstoffen)

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
WHG gemäß Artikel 14 Abs. 4 HWRM-RL)	hinsichtlich des Auftretens von Hochwasser berücksichtigt und somit die Klimaszenarien einbezogen werden. Da das Thema in der ersten Bearbeitungsrunde noch zurückgestellt wurde (Bubeck et al. 2016; S. 304), gibt es hierzu bisher noch keine Erfahrungswerte. Bisher sind die bereits beobachteten Veränderungen des Klimas in den Beobachtungsdaten enthalten. Laut LAWA (2017a; S. 10) ist der Einfluss des Klimawandels auf die Abgrenzung bzw. Überprüfung der Risikogebiete zu vernachlässigen, da die Risikobewertung maßgeblich von den Nutzungen in den Risikogebieten abhängt.	vorhanden. Die Verfahren unterscheiden sich jedoch bei Flusshochwasser und Starkregen: Während bei ersterem die Änderung des Abflusses entscheidend ist, hängt es bei Starkregen von der Intensität und Häufigkeit des Niederschlagsereignis ab. Jedoch ist hierbei einerseits die Veränderung im Auftreten von Starkregenereignis nur schwer projizierbar und andererseits kann dem resultierenden Oberflächenabfluss kein (sich verändernder) Wiederkehrintervall zugewiesen werden (LAWA 2017a; S. 8). Darüber hinaus kommt es bei Niederschlagsszenarien zu großen Unsicherheiten, da Niederschläge eine große Variabilität aufweisen. Zusätzlich sind die Unsicherheiten umso größer, je kleinräumiger das Untersuchungsgebiet ist (LAWA 2013b; S. 4). Das trifft auf Starkregenereignisse zu, da sie die Betrachtung lokaler Gegebenheiten erfordern.
Administrativ-institutionelle Aspekte		
Übergeordnete Zuständigkeit für die vorläufige Bewertung (§ 73 Abs. 1 und 4 WHG)	Zuständigkeit der Länder: Die Landeswassergesetze (LWG) definieren jeweils die zuständige Behörde zur Bewertung der Risikogebiete.	Zuständigkeit der Länder - Synergien vorhanden. Bei einer Betrachtung auf Ebene der FGE müssen die rechtlichen Auswirkungen der Festsetzung von Risikogebieten in den Ländern berücksichtigt werden.
Dokumentation vergangener Ereignisse	Landesministerien oder Landkreise	Stärkere lokale Zuständigkeit der Städte und Gemeinden. Eine höhere Variabilität der lokalen Gegebenheiten müsste berücksichtigt werden.
Plausibilisierung durch ExpertInnen	Die Ergebnisse sollen durch fach- und ortskundige MitarbeiterInnen der Wasserwirtschaftsverwaltungen unter Einbeziehung von Kommunen und ggf. anderen einschlägigen ortskundigen ExpertInnen überprüft werden. Dies erfolgt v.a. im ersten Schritt, der Überprüfung auf neue Erkenntnisse, sowie im letzten Schritt bei der Plausibilisierung des Ergebnisses der Überprüfung	Das methodische Vorgehen der Plausibilisierung ist grundsätzlich übertragbar. Jedoch ist der Aufwand aufgrund der vielen kleinräumigeren Teileinzugsgebiete erheblich höher. Daher muss damit gerechnet werden, dass die Anzahl zu beteiligender ExpertInnen erkennbar steigen wird.

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
	insgesamt (LAWA 2017a; S. 15).	

Tabelle 18: Untersuchungsmatrix mit der ersten Bewertung von Synergien und Hemmnissen des zweiten Bearbeitungsschrittes (Hochwassergefahren und –risikokarten) und Grundlage für die ExpertInneninterviews, Änderungen der Bewertung werden in Kap. 4.3.4 dargestellt.

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
Hydrologie		
Hydrologische Modelle	Abflussermittlung erfolgt entweder auf der Basis von Pegelstatistiken, ggf. in Verbindung mit einem Regionalisierungsansatz, oder anhand von Niederschlag-Abfluss-Modellen.	Da Starkregenereignissen zu Überflutungen außerhalb des Gewässernetzes führen, kommen lediglich Niederschlag-Abfluss-Modelle in Frage. Die für Flusshochwasser aufgesetzten Niederschlag-Abfluss-Modelle können aufgrund der verwendeten Skala nicht 1:1 auf Starkregen übertragen werden. Ggf. ist auch der Modelloutput nicht ausreichend: Für Starkregen wären räumlich explizite Oberflächenabflüsse notwendig und nicht nur am Gebietsauslass. Zudem sind unterschiedliche Modellansätze für Starkregen und Sturzfluten notwendig.
Niederschlagsdaten	Simulation für ein Einzelereignis/Modellregen oder eine Langzeitsimulation mit nachgeschalteter Extremwertstatistik.	Für die Modellierung von Starkregenereignissen sind Niederschlagsaufzeichnungen (Boden- oder Radarmessungen) oder Niederschlagsgutachten einsetzbar (DWA 2013; S. 10). Es bietet sich auch die rasterbasierte, für ganz Deutschland vorliegende, „Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertung“ des DWD (KOSTRA-DWD-2010[81]) an (DWA 2013; S. 10). Im Rahmen der Starkniederschlagsauswertung wurden in Abhängigkeit von verschiedenen Dauerstufen (5 min bis 72 h) und verschiedenen Jährlichkeiten der Niederschläge (1 a bis 100 a) die Niederschlagshöhen (in mm) und -spenden (in l/(s•ha)) berechnet und auf ein deutschlandweites Rasternetz (je Rasterfeld ca. 67 km²) übertragen. Ein

[81] DWD 2015

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
		Schwachpunkt der KOSTRA-Daten ist, dass sie für kurze Niederschlagsdauern und hohe Jährlichkeiten der Niederschlagsereignisse aufgrund der unzureichenden räumlichen Auflösung für lokale extreme Niederschlagsereignisse als nicht geeignet angesehen werden (DWA 2013). Ein regionaler Ansatz zur Ableitung der Bemessungsniederschläge ist notwendig (LUBW 2016b, Anhang 3 S. 10).
Topographie		
Digitales Geländemodell (DGM)	Für den Flussschlauch werden terrestrisch vermessene Flussprofile herangezogen. Abstand zwischen den Querprofilen sollte 200 Meter nicht überschreiten. Der Talpunkt oder Gewässermittelpunkt soll mittels Tachymeter oder Nivelliergerät (bei kleineren Gewässern) aufgenommen werden.	Informationen können grundsätzlich übernommen werden. Bei kleineren Gewässern, z.B. in Städten, sind 200 Meter Abstand zwischen den Querprofilen nicht ausreichend, da so Richtungsänderungen im Gewässerverlauf und signifikante Änderungen in der Gerinnegeometrie für die hydraulische Modellierung nicht ausreichend erfasst werden.
	Hydraulisch relevante Bauwerke im Wasser (Wehre, Brücken etc.) und am Gewässer (Verdolungen) müssen terrestrisch vermessen werden.	Informationen könnten auch für die Modellierung von Starkregen verwendet werden. Allerdings sind bei Starkregenereignissen deutlich mehr Bauwerke (z.B. hinsichtlich des Volumens) relevant, wie z.B. Entwässerungssysteme, Tiefgaragen oder U-Bahnschächte (DWA 2013; S. 13 ff.). Auch deren Zustand kann von Bedeutung sein (z.B. Vergitterung/Verkrautung). Um diese zu berücksichtigen, wären 3-D Stadtmodelle und Informationen zum Entwässerungssystem notwendig. Diese sind aber nicht flächendeckend verfügbar bzw. wurden nicht für die Erstellung der bisherigen Hochwassergefahrenkarten verwendet.
	Für das Gewässervorland ist ein DGM mit einer Gitterweite von 2 Metern oder kleiner zu wählen (LAWA 2010a, S. 14).	Eine noch höhere Auflösung wäre für Starkregenereignisse notwendig (LUBW 2016b, S. 23). Aufgrund des großen Einfluss der Mikrotopografie ist selbst eine Gitterweite von 1 Meter fraglich, da bereits Bordsteine oder kleine Mauern eine wichtige Rolle spielen können. Diese müssten terrestrisch vermessen werden (analog zu hydraulisch relevanten Bauwerken). Dies ist mit einem hohen Arbeits- und Kostenaufwand verbunden. Fraglich ist, ob dies flächendeckend

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
		leistbar ist.
Bodenbedeckung		
Rauheit der Geländeoberfläche	Abgeleitet aus ATKIS oder CORINE Daten und belegt mit Beiwerten aus der einschlägigen Fachliteratur. Manuelle Ergänzung im Bereich der Uferböschung anhand von Orthofotos empfohlen. In schwierigen Bereichen sind Ortsbegehungen unverzichtbar. Bei 2D-Modellierung können auch Gebäudeumrisse in das Modell integriert werden oder über die Rauigkeit im Modell abgebildet werden (LAWA 2010a, S. 14f.).	Ableitung der Rauheitswerte aus ATKIS wäre übertragbar. CORINE Daten verfügen nicht über den notwendigen Detailgrad. Aufgrund des erforderlichen höheren Detailgrads der Modellierung und der Verwendung von 2D-Modellen bei Starkregen ist davon auszugehen, dass erheblich mehr Ortsbegehungen in schwierigen Bereichen notwendig wären (z.B. Tiefgaragen). Dies ist mit einem deutlichen Mehraufwand verbunden.
Fließgewässer-hydraulik		
Hydraulische Modelle	In Abhängigkeit der topographischen Begebenheiten: Verwendung von stationären 1D- oder stationären bzw. instationären 2D-Modellen (LAWA 2010a, S. 15).	Aufgrund der komplexeren Fließcharakteristik ist die Verwendung von gekoppelten instationären 2D-Modellen notwendig und üblich (siehe z.B. LUBW 2016b, S. 11). Die für die Flusshochwasser aufgesetzten Modelle sind aufgrund des niedrigeren Detailgrades nicht übertragbar. Die hydraulische Modellierung müsste für Starkregen komplett neu aufgesetzt werden und ist aufgrund des benötigten Detailgrads und der Komplexität mit sehr hohem Aufwand sowie einer hohen Rechenkapazität verbunden.
Szenarien		
Verwendete Szenarien (§ 74 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 3 HWRM-RL)	Mit folgenden Eintrittswahrscheinlichkeiten müssen Szenarien berechnet werden: hohe Wahrscheinlichkeit mittlere Wahrscheinlichkeit (HQ 100) niedrige Wahrscheinlichkeit oder Extremereignisse	Eine Einteilung in drei Intensitätsszenarien ist grundsätzlich sinnvoll und gebräuchlich. In Baden-Württemberg wurden die Szenarien „selten“, „außergewöhnlich“ und „extrem“ errechnet (LUBW 2016b, S. 11). Die Kategorisierung der Szenarien hängt dabei von der Jährlichkeit des betrachteten Niederschlagsereignisses und der gewählten Dauerstufe ab. In BaWü wurden gewählt: seltenes Oberflächenabflussereignis: 30-jährlicher Niederschlag (Dauer 1 h) außergewöhnliches Oberflächenabflussereignis: 100-jährlicher Niederschlag (Dauer 1 h) extremes Oberflächenabflussereignis: (128 mm in 1 h)

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
		Die Szenarien wurden jeweils anhand definierter Bodenverhältnisse modifiziert. Aufgrund des lokal nicht prognostizierbaren Wettergeschehens und mangels verlässlicher Methoden zur Abschätzung der räumlichen Abgrenzung und Auftretungswahrscheinlichkeit kann für einen spezifischen Ort derzeit die Eintrittswahrscheinlichkeit des Oberflächenabflusses statistisch nicht hinreichend abgesichert werden (LAWA 2017a; S. 8). Bei der Verwendung von KOSTRA-Daten ist die Belastbarkeit der statistischen Jährlichkeiten von Radardaten fraglich. Die Ableitung eines 100-jährlichen Ereignisses nach § 74 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 3 HWRM-RL ist somit nicht möglich und wäre auch vor dem Hintergrund der rechtlichen Folgen auf der Grundlage der derzeitigen Kenntnisse umstritten.
Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung (Artikel 14 Abs. 4 HWRM-RL)	Bereits beobachtete Veränderungen des Klimas sind in den Beobachtungsdaten enthalten. Bei der Überarbeitung der Gefahren- und Risikokarten müssen die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels nicht obligatorisch berücksichtigt werden.	Bereits beobachtete Veränderungen des Klimas sind in den Beobachtungsdaten enthalten. Voraussichtliche Klimafolgen müssen gemäß Artikel 14 Abs. 4 HWRM-RL nicht berücksichtigt werden.
Informationen zur Gefährdung		
Darstellung in Gefahrenkarte (§ 74 Abs. 3 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 4 HWRM-RL)	In den Gefahrenkarten muss das Ausmaß der Überflutung, die Wassertiefe sowie ggf. die Fließgeschwindigkeit oder der relevante Wasserabfluss dargestellt werden.	Verfahren übertragbar.
Informationen zum Risiko		
Anzahl betroffener EinwohnerInnen (§ 74 Abs. 4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5a HWRM-RL)	Ermittlung durch Verschneidung von Einwohnerzahlen pro Gemeinde und Daten der Flächennutzung (ATKIS).	Verfahren übertragbar.
Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten (§ 74 Abs.	- Ableitung von 5 Klassen aus den Objektarten der ATKIS-Basis-DLM Daten:Wohnbauflächen	Verfahren übertragbar.

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5b HWRM-RL)	und Flächen gemischter Nutzung Industrieflächen und Flächen besonderer funktionaler Prägung Alle Objektarten des Themas Verkehr Landwirtschaft, Wald Alle Objektarten des Themas Gewässer, von denen eine Gefahr ausgehtAlle übrigen Objektarten	
IVU-Anlagen (§ 74 Abs. 4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5c HWRM-RL)	Darstellung der Standorte von IVU-Anlagen gemäß Anhang I der IVU-Richtlinie[82] in Überschwemmungsgebieten.	Verfahren übertragbar.
Schutzgebiete (§ 74 Abs. 4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5c HWRM-RL)	Darstellung von Gebieten, die für die Entnahme von Wasser für den menschlichen Gebrauch ausgewiesen wurden, Erholungs- und Badegewässer sowie FFH[83] und Vogelschutzgebiete (gemäß Artikel 7; Anhang IV Nr. 1 Ziffern i, iii, v WRRL).	Verfahren übertragbar.
Weitere Informationen (§ 74 Abs. 4 WHG gemäß Artikel 6 Abs. 5d HWRM-RL)	Darstellung von Kulturgütern oder anderen als nützlich betrachteten Informationen ist gemäß der HWRM-RL optional und kann entsprechend der örtlichen Erfordernisse erfolgen.	Verfahren übertragbar.
Administrativ-Institutionelle Aspekte		
Zuständigkeit und Finanzierung der Erstellung der Gefahren- und Risikokarten (§ 74 Abs. 1 WHG)	Gemäß § 74 Abs. 1 WHG erstellen die „zuständigen Behörden“ die Gefahren- und Risikokarten. Welche Behörden tatsächlich zuständig sind, wird im jeweiligen Landesrecht geregelt und unterscheidet sich zwischen den Ländern. In NRW sind gemäß § 74 Abs. 1, 2 WHG i.V.m. Ziff. 20.1.32 ZustVU NRW[84] die Bezirksregierungen für die Erstellung der Gefahren- und Risikokarten zuständig. In BaWü gemäß § 74 Abs. 1, 2 WHG i.V.m. §	Zuständigkeit und Finanzierung grundsätzlich übertragbar. Zuweisung der Zuständigkeit auf die kommunale Ebene erscheint sinnvoll.

82 Richtlinie 96/61/EG

83 FFH=Fauna-Flora-Habitat

84 Praxisleitfaden Hochwasser- und Überflutungsschutz der Kommunal Agentur NRW

	Flusshochwasser	Starkregenereignis
	83 Abs. 1 Satz 3 WG die Flussgebietsbehörden (=Regierungspräsidien).[85]	
Durchführung der Modellierung	Vergabe an kompetente Ingenieurbüros nach Ausschreibung und Leistungskatalogen.	Könnte analog erfolgen. Auf Starkregen spezialisierte Ingenieursbüros vorhanden, aber auch Büros, die sowohl Flusshochwasser- und Starkregenmodellierung anbieten.
Inhaltsgestaltung der Gefahren- und Risikokarten	Empfehlungen der LAWA (LAWA 2010a) für die Gestaltung der Gefahren- und Risikokarten.	Empfehlungen zur inhaltlichen Gestaltung der Karten (Farbschemata, Legenden etc.) der Gefahren- und Risikokarten können grundsätzlich übernommen werden. Diese wurden allerdings auch bei Flusshochwassern im ersten Zyklus nicht einheitlich angewendet (Petrow und Thieken 2015; S. 95). Lediglich die Klasseneinteilung der Wassertiefen (0-0,5m; 0,5-1m; 1-2m; 2-4m; >4m) erscheint zu niedrig aufgelöst. Gerade im niedrigen Bereich (0-1m) erscheint bei Starkregenereignissen eine höhere vertikale Auflösung wünschenswert: Baden-Württemberg empfiehlt beispielsweise die folgenden Klassen für Starkregengefahrenkarten: 5cm-10cm, 10cm-50cm; 50cm – 100cm; >100cm (LUBW 2016b, S.27ff.). Bei Starkregen sind Fließrichtung/-geschwindigkeit wichtig (s.o.).
Veröffentlichung der Karten (Artikel 10 Abs.1 HWRM-RL)	Die Mitgliedsstaaten ermöglichen der Öffentlichkeit Zugang zu den Karten, vorzugsweise über das Internet.	Übertragbarkeit gegeben (siehe z.B. Starkregengefahrenkarten der Glems)
Maßstab (§ 74 Abs. 1 WHG)	Geeigneten Maßstab wählen, meist zwischen 1:2.500 bis 1:10.000.	Der benötigte Maßstab hängt von der Nutzung der Karten ab. Als Information für die Öffentlichkeit scheint der bisherige Maßstab ausreichend, für bestimmte Fachanwendungen (z.B. Katastrophenschutz) jedoch nicht, da bereits kleinräumige Elemente entscheidend sein können.

85 Wassergesetz für Baden-Württemberg

Tabelle 19: Untersuchungsmatrix mit der ersten Bewertung von Synergien und Hemmnissen des dritten Bearbeitungsschrittes (HWRM-Pläne) und Grundlage für die ExpertInneninterviews, Änderungen der Bewertung werden in Kap. 4.3.6 dargestellt..

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
Inhaltliche Aspekte		
Darstellung der Risikogebiete (§ 75 Abs. 5 WHG gemäß Anhang A I.1. HWRM-RL)	Darstellung der Hochwasserrisikogebiete auf Ebene der Flussgebietseinheit oder Bewirtschaftungseinheit (Artikel 7 Abs. 1 HWRM-RL).	Da das Auftreten von Starkregenereignissen unabhängig von Flusseinzugsgebieten ist und sie grundsätzlich überall auftreten können (LAWA 2017b; S. 2), ist die Betrachtung viel kleinräumigerer, gewässernetzunabhängiger Teileinzugsgebiete erforderlich. Demnach muss einerseits eine Lösung vom Gewässernetz erfolgen; andererseits führt die Betrachtung auf Flussgebietseinheit zu Synergien. Somit wird empfohlen die neuen, kleinteiligeren Teileinzugsgebiete den Flussgebietseinheiten zuzuordnen. Dies ermöglicht zudem, die Beschreibungen der Hochwasserrisikogebiete teilweise zu übernehmen.
Auswertung der Gefahren- und Risikokarten (Anhang A I.2. HWRM-RL)	Auswertung der Gefahren- und Risikokarten je Szenario, hinsichtlich relevanter Aspekte (LAWA 2013a; S. 8), wie den potenziell betroffenen EinwohnerInnen, Flächennutzungen, betroffenen Objekten für das Schutzgut Umwelt, Schutzgebieten sowie relevanten Kulturgütern.	Vorgehen für die kleinteiligeren Teileinzugsgebiete grundsätzlich übertragbar. Eine Integration der Starkregen-Auswertung in die bisherigen Flusshochwasser-Auswertungen ist schwierig, da es sich um unterschiedliche Szenarien handelt. Für Starkregenereignisse können bisher keine verlässlichen statistisch ermittelten HQ-Szenarien angegeben werden bzw. entsprechen sie nicht den gleichen Jährlichkeiten wie für Flusshochwasser (siehe Kapitel 4.3.4.6Verwendete Szenarien). Demnach müsste die Auswertung von Flusshochwasser und Starkregen separat erfolgen.
Festlegung angemessener Ziele für das gesamte Risikomanagement (§ 75 Abs. 2 WHG gemäß Artikel 7 Abs. 2 HWRM-RL)	Ziele zur Verringerung nachteiliger Hochwasserfolgen für die Schutzgüter, menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeit, festlegen. Die Ziele unterscheiden sich je nach den festgestellten Risikoausprägungen im Teileinzugsgebiet.	Übertragbarkeit der Schutzgüter zur Ermittlung der Ziele möglich.
Ist-Ziel Vergleich	Auf Grundlage der formulierten Ziele, der Bestandsaufname des Einzugsgebietes sowie der	Dieser Vergleich kann analog für Starkregenereignisse anhand der generierten Starkregengefahren- und -

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
	Auswertung der Hochwassergefahren- und Risikokarten erfolgt ein Ist-Ziel Vergleich zur Ermittlung des Handlungsbedarfs (LAWA 2013a; S. 26).	risikokarten erfolgen. Zudem kann an dieser Stelle auf bereits vorhandene Strategien zum Umgang mit Starkregen eingegangen werden. Jedoch sei zu beachten, dass bereits geringe Änderungen des Risikogebiets zu einer Änderung der Risikobewertung führen können. Hierdurch resultiert ein erhöhter Aufwand.
Identifizierung möglicher Maßnahmen (§ 75 Abs. 3 WHG gemäß Artikel 7 Abs. 3 HWRM-RL)	EU-HWRM-RL sieht Maßnahmen zu Vermeidung, Schutz, Vorsorge und Wiederherstellung vor. Hierbei sind ebenfalls Hochwasservorhersagen und Frühwarnsysteme mit inbegriffen (Artikel 7 Abs. 3 Satz 3 HWRM-RL). Diese EU-Aspekte sind in Maßnahmenarten, wie Regulierung des Wasserabflusses oder Management natürlicher Überschwemmungen, untergliedert (LAWA 2013a; Anlage 1). In den LAWA-Handlungsfeldern werden die EU-Maßnahmenarten detaillierter aufgeführt (z.B. 301-309 für Vermeidung), sodass der LAWA-Maßnahmenkatalog als Auswahlliste dient (LAWA 2013a; S. 11ff.; Anlage 4).	Übertragbarkeit der EU-Maßnahmeneinteilung in Vermeidung, Schutz, Vorsorge und Wiederherstellung grundsätzlich gegeben. Ein Großteil des LAWA-Maßnahmenkatalogs kann auch auf Starkregenvorsorge übertragen werden. Zum Teil bedarf es jedoch zusätzlicher Maßnahmen, die sich nicht nur an Flusshochwasser orientieren, sondern auch fließgewässerunabhängig sind (Beispiele siehe DWA 2013 oder LUBW 2016b, S. 43-49). Gemäß der LAWA (2017b; S. 3) können im Rahmen der Aktualisierung der HWRM-Pläne für die kommunale Ebene Maßnahmen des Starkregenrisikomanagements aufgenommen werden, die der Vorsorge und Minderung der Schäden dienen und auch außerhalb der Risikogebiete nach § 73 Abs. 1 WHG angewendet werden können.
Zusammenfassung der Maßnahmen und deren Rangfolge (§ 75 Abs. 3 Satz 1 WHG gemäß Artikel 7 Abs. 3 HWRM-RL)	Zusammenfassung der Maßnahmen, eine grobe Einteilung in Prioritätsstufen und eine zeitliche Rangfolge. Zudem werden die Maßnahmen den angestrebten Zielen sowie den EU-Maßnahmenarten zugeordnet (Artikel 7 Abs. 3; Anhang A I.4. HWRM-RL).	Übertragung des Vorgehens möglich. Jedoch sei darauf hinzuweisen, dass die Erfassung durch die Vielzahl kleiner, lokaler Maßnahmen aufwendig ist.
Abstimmung mit anderen Richtlinien (§ 80 Abs. 1 WHG gemäß Anhang A I.4. HWRM-RL)	Gemäß HWRM-RL sollen gleichzeitig die WRRL sowie weitere Richtlinien, wie die Umweltverträglichkeitsprüfung, berücksichtigt werden (Artikel 7 Abs. 3; Anhang A I.4. HWRM-RL). Die Relevanz einer Maßnahme gibt die Wirksamkeit der Maßnahme hinsichtlich der Ziele der HWRM-RL und der WRRL an. Die LAWA unterscheidet zwischen drei Stufen	Hinsichtlich der identifizierten Maßnahmen zur Starkregenvorsorge ist die Berücksichtigung anderer Richtlinien ebenfalls sinnvoll. Die dreistufige Gruppierung der LAWA ist methodisch übertragbar, wobei zu beachten ist, dass sich die WRRL auf Gewässer bezieht und Maßnahmen der Starkregenvorsorge vornehmlich gewässernetzunabhängig sind.

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
	(LAWA 2013a, S. 28; Anlage 4): M1: Maßnahmen, die die Ziele der jeweils anderen Richtlinie unterstützen M2: Maßnahmen, die einer Einzelfallprüfung unterzogen werden müssen (ggf. Zielkonflikt) M3: Maßnahmen, die üblicherweise für die Ziele der jeweils anderen Richtlinie nicht relevant sind.	
Überwachung der Umsetzung (§ 75 Abs. 3 Satz 2 WHG gemäß Anhang A II.1. HWRM-RL)	Festlegung der Rangfolge und Methode zur Überwachung der Umsetzung des Plans und der Fortschritte. Der Bearbeitungsstand kann bei der zuständigen Stelle abgefragt werden.	Das Verfahren zur Überwachung der Umsetzung hinsichtlich Starkregenmaßnahmen ist methodisch grundsätzlich übertragbar. Da Starkregenvorsorge jedoch vor allem eine Vielzahl kleinteiliger Maßnahmen erfordert, sind vorwiegend die Kommunen und BürgerInnen selbst verantwortlich zu handeln. Die Ermittlung der kleinteiligen Maßnahmen sowie des Bearbeitungsstands der privaten Eigenvorsorge stellt jedoch eine Herausforderung dar bzw. kann nicht flächendeckend erfasst werden[86].
Öffentlichkeitsbeteiligung und aktive Einbeziehung der interessierten Stellen (§ 79 Abs. 1 WHG gemäß Artikel 10 HWRM-RL)	Aufstellung des HWRM-Plans unter aktiver Beteiligung interessierter Stellen (zuständige Behörden, kommunale Gebietskörperschaften, anerkannte Verbände, ggf. weitere Interessensgruppen). Zusätzlich erfolgt eine Zusammenfassung der Aktionen, die zur Informierung und Anhörung der Öffentlichkeit durchgeführt wurden (Anhang A II.2. HWRM-RL).	Das Vorgehen, die aktive Beteiligung interessierter Stellen zu fördern, ist grundsätzlich übertragbar, jedoch ist zu beachten, dass es sich aufgrund des kleinräumigeren Untersuchungsraumes um andere, v.a. kommunale Akteure und lokalspezifische Ortsverbände handelt.
Strategische Umweltprüfung (SUP) (§ 75 Abs. 3 Satz 2 WHG; § 14b, Abs. 1 Nr. 1; Anlage 3 Nr. 1.3	Durchführung einer SUP (§ 14b, Abs. 1 Nr. 1; Anlage 3 Nr. 1.3 UVPG) mit Berücksichtigung der in § 2 Abs. 1 genannten Schutzgüter (Menschen, Tiere, Pflanzen und	Methodisches Vorgehen grundsätzlich übertragbar. Werden Starkregenereignisse zukünftig in den HWRM-Plänen berücksichtigt, so müssen auch für die neu ermittelten Risikogebiete sowie die

86 Die Herausforderung der Ermittlung und Überwachung von Maßnahmen der Eigenvorsorge besteht ebenfalls bei Flusshochwasser. In Baden-Württemberg wurde die Maßnahme ‚Eigenvorsorge' bspw. als landesweit fortlaufende Maßnahme eingestuft und nicht näher erfasst (Regierungspräsidium Karlsruhe 2015, S. 243) und auch in NRW wird auf eine zentrale und systematische Erfassung verzichtet (Bezirksregierung Düsseldorf 2015, S. 82). Die Identifizierung einzelner Risikoobjekte, deren Maßnahmenbeschreibung und Zuständigkeit könnten dem entgegenwirken, wie es bspw. in Baden-Württemberg empfohlen wird (LUBW 2016b, S. 34).

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
UVPG)	biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, Kultur- und Sachgüter). Alle Maßnahmen, die für die Gebiete mit potenziellem signifikantem Hochwasserrisiko wirksam sind und daher in den HWRM-Plan aufgenommen wurden, gilt es, im Rahmen der SUP zu prüfen und hinsichtlich der Schutzgüter zu bewerten. Die SUP führt zur Erstellung eines Umweltberichtes (§ 14g UVPG).	vorgesehenen Maßnahmen eine SUP durchgeführt werden. Da der Untersuchungsraum viel kleinräumiger als bei Flusshochwasser ist, müsste ein neues bzw. ggf. sogar zusätzliches Dokument[87]auf Grundlage der neuen Risikogebiete erstellt werden. Dies bedeutet einen erheblichen Mehraufwand.
Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aktualisierung (§ 75 Abs. 6 Satz 3 WHG gemäß Artikel 14 Abs. 4 HWRM-RL)	Im zweiten Zyklus der HWRM-RL sollen die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels hinsichtlich des Auftretens von Hochwasser berücksichtigt werden.	Vorgehen grundsätzlich übertragbar. Bei Niederschlagsszenarien kommt es jedoch zu großen Unsicherheiten, da Niederschläge eine große Variabilität aufweisen. Zusätzlich sind die Unsicherheiten umso größer, je kleinräumiger das Untersuchungsgebiet ist (LAWA 2013b; S. 4). Da Starkregenereignisse die Betrachtung lokaler Gegebenheiten erfordert, sei hier auf die Unsicherheiten hinzuweisen.
Liste zuständiger Behörden (§ 75 Abs. 3 Satz 2 WHG gemäß Anhang A II.3. HWRM-RL)	Aufführung der zuständigen Behörden und Beschreibung der Koordination innerhalb internationaler Flussgebietseinheiten.	Das Vorgehen, die zuständigen Behörden aufzuführen, ist zwar übertragbar, jedoch gibt es hinsichtlich der Zuständigkeiten Herausforderungen (siehe Administrativ-Institutionelle Aspekte).
Administrativ-Institutionelle Aspekte		
Übergeordnete Zuständigkeit	Die Länder sind für die Umsetzung der HWRM-RL zuständig. Die Erstellung der HWRM-Pläne wird in den jeweiligen Landesgesetzgebungen (LWG) festgelegt.	Zuständigkeit der Länder - Synergien vorhanden. Jedoch bedarf es bei der Ausarbeitung der Pläne hinsichtlich Starkregen verstärkt die Unterstützung der Kommunen. Es ist abzuwägen, ob lediglich die Federführung bei den Ländern liegen und die Bearbeitung maßgeblich durch die Kommunen erfolgen sollte.
Umsetzung von Maßnahmen	Aufgrund bundesgesetzlicher Regelungen sind die jeweiligen	Administrativ-institutionelle Zuständigkeit für Hochwasserschutz und Rückhalt von

87 Die Angaben zur potenziellen Gefährdung der Schutzgüter im Umweltbericht beziehen sich auf die statistisch ermittelten HQ-Szenarien. Da diese bisher jedoch nicht verlässlich für Starkregenereignisse angegeben werden können bzw. nicht den gleichen Jährlichkeiten entsprechen wie für Flusshochwasser (siehe Kapitel 4.3.4.6 Verwendete Szenarien), müsste bei der Berücksichtigung von Starkregen im Vergleich zur bisherigen Praxis der SUP eine Ergänzung des Untersuchungsumfangs für die neu hinzugekommenen Risikogebiete und eine entsprechende Ergänzung des Umweltberichts erfolgen .

	Flusshochwasser	Starkregenereignisse
	Landesregelungen maßgeblich (Jablonski 2014). Je nach Gewässerordnung liegen die Zuständigkeiten in unterschiedlichen Bereichen (z.B. Bund, Land, Bezirk, Kommune oder EigentümerIn).	Regenwasser ist uneinheitlich geregelt. Während der Hochwasserschutz je nach Gewässerordnung maßgeblich auf Landes- bzw. kommunaler Ebene geregelt wird, handelt es sich beim Umgang mit Starkregen um eine gesellschaftliche bzw. kommunale Gemeinschaftsaufgabe (DWA 2013).
Finanzierung von Maßnahmen	Aufgrund bundesgesetzlicher Regelungen sind die jeweiligen Landesregelungen maßgeblich (Jablonski 2014). Demnach unterscheidet sich die Förderung je nach landesspezifischen Richtlinien und Aktionsprogrammen.	Administrativ-institutionelle Zuständigkeit für Hochwasserschutz und Rückhalt von Regenwasser ist uneinheitlich geregelt. Landesweit gibt es unterschiedliche Förderprogramme, die Maßnahmen der Starkregenvorsorge, oft in Verbindung mit Klimaanpassungsstrategien, unterstützen.

7.5 Liste der Interviewten

Institution	Ansprechpartner	Kommentar
Landesministerien		
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg	RL (55) Wasserbau und Hochwasserschutz, Gewässerökologie Dr. Jürgen Reich	Interview durchgeführt (10/2017)
Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen	Ref. IV-6: Flussgebietsmanagement, Gewässerökologie, Hochwasserschutz Erik Buschhüter	Verweist auf Dr. Jürgen Reich (teilt LAWA-Position)
Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen	Hochwasserrisikomanagement Hochwasser- und Küstenschutz, Gewässerkunde Jens Wunsch	Interview durchgeführt (09/2017)
Bayrisches Landesamt für Umwelt	RL (69) Hochwasserrisikomanagement Dr. Dieter Rieger	Interview durchgeführt (10/2017)
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	AL (4) Wasser, Boden, Wertstoffe Dr. Uwe Müller	Interview durchgeführt (10/2017)
Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Mecklenburg-Vorpommern	Abt. 4: Wasser, Boden und Immissionsschutz Lothar Nordmeyer	Interview durchgeführt (11/2017)
Kommune/Stadt		
Bezirksregierung Düsseldorf	Dez. 54: Wasserwirtschaft – einschl. Anlagenbezogener Umweltschutz, HWRM Sebastian Trzeciak	Interview durchgeführt (10/2017)
Stadt Ditzingen	Stadtbauamt: Abteilung Grünordnung und Umwelt Anton Schühle	Interview durchgeführt (09/2017)
Stadtentwässerung Köln	AL Wasserwirtschaftliche Planungen Ingo Schwerdorf	Interview durchgeführt (09/2017)
Stadt Münster	Tiefbauamt: Fachstelle „Planung“ Sonja Kramer	Interview durchgeführt (09/2017)
Wissenschaft		
Deutscher Wetterdienst	Leiter Geschäftsbereich Wettervorhersage Hans-Joachim Koppert	Interview durchgeführt (08/2017)
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung	Department Umwelt- und Planungsrecht Dr. Moritz Reese	Interview durchgeführt (11/2017)

Institution	Ansprechpartner	Kommentar
Wasserwirtschaftsverband/Verein		
Emschergenossenschaft e.V., HochwasserKompetenzCentrum Köln	Geschäftsbereich Technische Services, Teamleiter Hydrologie und Hydraulik; Geschäftsführer HKC Georg Johann	Interview durchgeführt (11/2017)
Stadt- und Regionalplanung		
Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Vorbeugender Hochwasserschutz, Verkehr, technische Infrastruktur, technischer Umweltschutz Peter Seifert	Interview durchgeführt (09/2017)
Privatwirtschaft		
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.	Fachreferent für Hochwasser, HW-Audit Dirk Barion	Abstimmung mit Dr. Klaus Piroth
CDM Smith	Geschäftsbereichsleiter Wasser, DWA Dr. Klaus Piroth	Interview durchgeführt (10/2017)
Geomer	CTO (Chief Technology Officer) Dr. André Assmann	Interview durchgeführt (10/2017)