



# Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg





# Leitfaden

## Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg

<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de">www.lubw.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>BEARBEITUNG</b>	Arbeitsgruppe Kommunales Starkregenrisikomanagement: Michael Koch (LRA Schwarzwald-Baar-Kreis) Wolfgang Hennegriff (LUBW) Markus Moser (RP Stuttgart) Matthias Groteklaes (RP Freiburg) Lutz Krause (LRA Breisgau-Hochschwarzwald) Steffi Röder (WBW Fortbildungsgesellschaft) Lennart Gosch (UM) Daniel Weinbrenner (UM) Dr. Martin Cassel (UDATA) Kristina Wilkinson (UDATA)  Unter Mitwirkung von: Prof. Dr. Markus Weiler (Universität Freiburg) Prof. Dr.-Ing. Marc Illgen (Hochschule Kaiserslautern) Dr.-Ing. Hans Göppert (WALD + CORBE GmbH & Co. KG) Dr. André Assmann (geomer GmbH) Erich Mattes (Gesellschaft für Angewandte Hydrologie und Kartographie mbH) Marc Geörg (LUBW) Joachim Liebert (LUBW)
<b>REDAKTION</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
<b>BEZUG</b>	Kostenloser Download unter: <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/starkregen">www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/starkregen</a>
<b>ISBN</b>	978-3-88251-391-2
<b>STAND</b>	Dezember 2016
<b>TITELBILD</b>	Braunsbach nach dem Starkregenereignis vom 29.05.2016: LUBW

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>7</b>
1.1	Hintergrund	7
1.2	Ziel des Leitfadens	8
1.3	Verantwortlichkeiten (siehe auch Kapitel 9)	9
1.4	Starkregenrisikomanagement	9
1.5	Vorgehensweise	10
<b>2</b>	<b>STARKREGENEREIGNISSE IN BADEN-WÜRTTEMBERG</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>ABGRENZUNG ZU DEN AUFGABEN DER SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG</b>	<b>15</b>
3.1	Anforderungen an den kommunalen Überflutungsschutz	15
3.2	Abgrenzung zwischen kommunalem Überflutungsschutz und kommunalem Starkregenrisikomanagement	16
<b>4</b>	<b>ABGRENZUNG ZUR ÜBERFLUTUNG AUS GEWÄSSERN</b>	<b>18</b>
4.1	Hochwassergefahrenkarten (HWGK)	19
4.2	Starkregengefahrenkarten (SRGK)	20
<b>5</b>	<b>ANALYSE DER ÜBERFLUTUNGSGEFÄHRDUNG BEI STARKREGEN</b>	<b>22</b>
5.1	Eingangsgrößen	23
5.1.1	Oberflächenabflusswerte je Flächeneinheit	23
5.1.2	Topografie	24
5.2	Hydraulische Gefährdungsanalyse	25
5.3	Starkregengefahrenkarten	27
<b>6</b>	<b>RISIKOANALYSE</b>	<b>30</b>
6.1	Analyse der Starkregengefahrenkarte	30
6.2	Ermittlung kritischer Objekte und Bereiche	31
6.3	Risikoermittlung und Risikobewertung	32
<b>7</b>	<b>HANDLUNGSKONZEPT</b>	<b>36</b>
7.1	Akteure bei der Erstellung des Handlungskonzeptes	36
7.2	Informationsvorsorge	36
7.2.1	Zielgruppe Bürger und Öffentlichkeit	36
7.2.2	Zielgruppe Wirtschaft und Gewerbe	37
7.2.3	Zielgruppe Land- und Forstwirtschaft	37
7.3	Kommunale Flächenvorsorge	37
7.3.1	Starkregengefahren im Flächennutzungsplan	38
7.3.2	Starkregengefahren im Bebauungsplan	38
7.4	Krisenmanagement	38
7.5	Konzeption kommunaler baulicher Maßnahmen	41
7.6	Konzeption lokaler Pegelmessstellen und Niederschlagsinformationen	41

<b>8</b>	<b>KOMMUNALE BAU- UND UNTERHALTUNGSMASSNAHMEN IM STARKREGENRISIKOMANAGEMENT</b>	<b>43</b>
8.1	Rückhaltung und Ableitung von Außengebietswasser	43
8.1.1	Technische Anforderungen an Anlagen zur Fernhaltung von Außengebietswasser	44
8.2	Abflussrelevante Gewässer bei Starkregenereignissen	44
8.3	Siedlungsentwässerung	45
8.4	Straßen und Wege	46
8.5	Frei- und Grünflächen	47
8.6	Objektschutzmaßnahmen	47
8.7	Wasserrückhalt in der Fläche (Außenbereich)	48
<b>9</b>	<b>RECHTLICHE FRAGESTELLUNGEN</b>	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>FÖRDERUNG</b>	<b>52</b>
10.1	Fördertatbestände	52
10.1.1	Grundlagenermittlung (Nr. 12.7 Förderrichtlinien Wasserwirtschaft (FrWw))	52
10.1.2	Bauliche Maßnahmen (Nr. 12.1 FrWw)	52
10.2	Verfahren	52
<b>11</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>54</b>
<b>12</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>57</b>
<b>13</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>59</b>
<b>14</b>	<b>ANHÄNGE</b>	<b>60</b>
	Anhang 1 a Leistungsbeschreibung	60
	Anhang 1 b Preisblatt	60
	Anhang 1 c Definition der Datenformate	60
	Anhang 1 d Muster Risikosteckbrief	60
	Anhang 2 Hochwasser-Alarmstufenmodell	60
	Anhang 3 Methodische Grundlagen Oberflächenabflusswerte Baden-Württemberg	60
	Anhang 4 Glossar	60
	Anhang 5 Quellen zur Bewusstseinsbildung und Einschätzung der Gefahrenlage	60

# 1 Zusammenfassung

Starkregenereignisse im Sinne dieses Leitfadens sind lokal begrenzte Regenereignisse mit großer Niederschlagsmenge und hoher Intensität. Sie sind meist von sehr geringer räumlicher Ausdehnung und kurzer Dauer (konvektive Niederschlagsereignisse) und stellen daher ein nur schwer zu kalkulierendes Überschwemmungsrisiko dar. Lokale Starkregenereignisse und die damit verbundenen hohen Schäden rücken immer stärker ins Blickfeld des öffentlichen Interesses. Auch in Zukunft ist infolge der Klimaerwärmung mit einer Zunahme von extremen Niederschlagsereignissen zu rechnen. Daher stellt sich die Frage, was auf kommunaler Ebene getan werden kann, um Schäden durch Starkregenereignisse zu vermeiden oder sie zumindest zu minimieren.

Der Leitfaden „Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“ hat das Ziel, den verantwortlichen Entscheidungsträgern der Kommunalverwaltung ein landesweit einheitliches Verfahren zur Verfügung zu stellen. Der Leitfaden enthält Informationen und Anleitungen zur Durchführung einer Gefährdungs- und Risikoanalyse in Bezug auf Starkregen und bildet damit die Grundlage für eine effektive Schadensreduzierung. Starkregenereignisse können nicht verhindert werden. Deshalb soll das Starkregenrisikomanagement ein wichtiges und effektives Instrument sein, um Vorsorgemaßnahmen zu planen und umzusetzen. Das können z.B. bauliche Maßnahmen sein, die Wasser außerhalb von Ortschaften zurückhalten oder einen zügigen, möglichst schadensfreien Abfluss innerorts ermöglichen, oder auch der Schutz von Gebäuden durch bauliche Veränderungen. Zu einem integrativen Managementkonzept gehören außerdem Maßnahmen zur Verbesserung des Risikobewusstseins, die umfassende Information und Beratung der potenziell betroffenen Bürger sowie die Anpassung und Verbesserung der Einsatzplanung im Ernstfall.

Der Leitfaden orientiert sich an der 2012 erschienenen Broschüre „Starkregen – Was können Kommunen tun?“ vom Informations- und Beratungszentrum Hochwasservorsorge Rheinland-Pfalz (ibh) und der WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbH (ibh/WBW 2012)

sowie am Themenheft „Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) und dem Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK).

Das kommunale Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg soll zukünftig nach der Methodik dieses Leitfadens durchgeführt werden. Dabei wird die entsprechende Vorgehensweise von der Überflutungsanalyse bis zum Handlungskonzept vorgestellt. Ziel ist ein landesweit einheitliches und qualitätsgesichertes Vorgehen, welches auch die Basis für eine Förderung nach den aktuellen Förderrichtlinien Wasserwirtschaft (FrWw 2015) in Baden-Württemberg ist. Aus Kosten- und Qualitätsgründen wird dringend empfohlen, die Untersuchungen zum Starkregenrisikomanagement nicht nur für einzelne Kommunen sondern als Kooperationsprojekt von benachbarten Kommunen für Einzugsgebiete durchzuführen.

## 1.1 Hintergrund

In den letzten Dekaden haben durch Starkniederschläge verursachte Überschwemmungen wiederholt zu erheblichen Sachschäden geführt und auch Menschenleben gefordert. Erfahrungen aus der Versicherungswirtschaft zeigen, dass neben den Hochwasserschäden durch ausufernde Gewässer ein vergleichbarer Anteil der versicherten Überflutungsschäden durch Starkregenereignisse verursacht wird (GDV 2015).

Starkregen sind gekennzeichnet durch extrem kurze Vorwarnzeiten sowie eine unsichere Warnlage und wirken sich zum Teil außerhalb und unabhängig von Gewässern aus. Aufgrund der zeitlich und räumlich hoch variablen Niederschlagsverteilung können potenziell alle Regionen von Starkregen betroffen sein. Bedingt durch die hohen Niederschlagsintensitäten fließen große Anteile des Niederschlags oberirdisch ab und nutzen Wege, Straßen und Einschnitte im Gelände als Abflusswege. In Regionen mit hohem Gefällegradienten (Hügelland, Mittelgebirge, Hochgebirge) findet bei Starkregenereignissen ein großer

Teil der Abflussprozesse außerhalb der Gewässer auf der Geländeoberfläche als sogenannte Sturzflut statt. Durch Starkregen verursachte Sturzfluten verfügen über hohe Strömungskräfte und können große Mengen an Treibgut (z.B. Holz, Heu- und Silageballen etc.) und erodierte Materialien (z.B. Boden, Geröll etc.) mit sich reißen. Dieses Material sammelt sich an Verdolungseinläufen, Verrohrungen, Brücken, Stegen, Zäunen oder Rechen, wodurch Abflusshindernisse und damit potentielle Gefahrenpunkte entstehen. Durch den Rückstau an diesen Verklausungen wird das umliegende Gelände überflutet und es kann zu weiteren, schweren Schäden an Gebäuden und Infrastruktur kommen.

Auch in der Ebene können Starkniederschläge Überflutungen verursachen. Die großen Wassermengen, die bei Starkregenereignissen lokal abflusswirksam werden und die meist über den Bemessungsgrenzen der Kanalnetze liegen, können weite Flächen schnell unter Wasser setzen. Insbesondere die Bebauung und Infrastruktur in den Senken können dabei erheblich geschädigt werden.

Typische Schäden bei Starkregenereignissen sind Schäden durch Wassereintritt in Gebäude, Schäden an der Bausubstanz und Tragstruktur von Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen. Beim Wassereintritt kann auch die chemische und stoffliche Belastung des Wassers eine entscheidende Rolle spielen, da das Oberflächenwasser bspw. mit Mineralölen, Chemikalien oder Fäkalien verunreinigt sein kann. Diese Belastungen können zu erheblichen Folgeschäden führen.

Die Vorhersage lokaler Starkregenereignisse ist bedingt durch die Kleinräumigkeit der Niederschlagszellen nur sehr ungenau möglich. Die Unwetterwarnungen des DWD sind daher nur als Vorwarnwerkzeug geeignet. Gerade diese Unsicherheiten über Gefährdungsorte und die kurzen Reaktionszeiten erschweren geeignete Vorsorgemaßnahmen. Ein weiterer Faktor, der die Vorsorge erschwert, ist das geringe Risikobewusstsein der Kommunen und der Bevölkerung. Da Überflutungen durch Starkregen auch abseits von Gewässern erfolgen können, fehlen offensichtliche Gefährdungs- und Risikoindikatoren. Meist steigt das Bewusstsein erst nach einem Ereignis an, sinkt aber ohne regelmäßige Informations- und Auf-

klärungsmaßnahmen relativ schnell wieder ab. Die Kommune sollte daher durch die entsprechenden Informationsangebote für ein verbessertes Risikobewusstsein der Bevölkerung sorgen.

In Baden-Württemberg wird die Erarbeitung eines kommunalen Konzeptes für das Starkregenrisikomanagement grundsätzlich dringend empfohlen. Viele lokale Starkregenereignisse der letzten Jahre (z.B. Killertal 2008, Glemsgebiet 2010, Bretten und Bonndorf 2015, Biberach oder Braunsbach 2016) mit teils dramatischem Verlauf und hohen Schadenssummen haben gezeigt, dass auch abseits von größeren Gewässern Überflutungsrisiken bestehen. Daher sollte auch im Bereich des kommunalen Starkregenrisikomanagements eine solide Planungsgrundlage erarbeitet werden, die für die Etablierung von Maßnahmen sowie die Aufstellung von Alarm- und Einsatzplänen unabdingbar ist.

Gemäß den Förderrichtlinien Wasserwirtschaft (FrWw 2015) sind in Baden-Württemberg die Erstellung von kommunalen Starkregengefahrenkarten mit nachfolgender Risikoanalyse und darauf aufbauendem Handlungskonzept sowie die daraus eventuell resultierenden baulichen Maßnahmen zur Ableitung oder Rückhaltung von Oberflächenabfluss aus den Außengebieten förderfähig, wenn das hier beschriebene Verfahren angewandt wird. Das Starkregenrisikomanagement ist dabei als kommunale Gemeinschaftsaufgabe unter Einbeziehung aller Beteiligten zu verstehen. Es kann entscheidend zur Vorsorge und Bewältigung von Starkniederschlagsereignissen und damit zur Schadensbegrenzung beitragen.

## 1.2 Ziel des Leitfadens

Der Leitfaden „Kommunales Starkregenrisikomanagement“ ist eine praxisorientierte Hilfestellung für die kommunalen Fachplaner und Entscheidungsträger in Baden-Württemberg. Mit diesem Leitfaden erhalten die Verantwortlichen in den Behörden Hintergrundinformationen und Handlungsanleitungen, um das Starkregenrisiko bewerten und entsprechende Maßnahmen zur Reduzierung möglicher Schäden identifizieren zu können. Die Maßnahmen im öffentlichen und privaten Bereich müssen übergreifend koordiniert und aufeinander abgestimmt werden, um in einem integrativen Handlungskonzept

die größtmögliche Wirksamkeit in Bezug auf die Risikominimierung zu erreichen. Daher sollten Maßnahmen zur Gefahrenabwehr durch Starkregen konzeptionell und gesamtschaulich von der Kommune geplant und koordiniert werden.

Im Leitfaden wird den Kommunen ein standardisiertes Vorgehen zur Risikominderung an die Hand gegeben: Zunächst werden die Aufgaben des Starkregenrisikomanagements zu den Aufgaben der Siedlungsentwässerung (Kapitel 3) und den Aufgaben des Hochwasserrisikomanagements (Kapitel 4) abgegrenzt. Es wird die Vorgehensweise der Überflutungsanalyse (Kapitel 5) und der Risikoanalyse (Kapitel 6) sowie die Erstellung eines Handlungskonzeptes (Kapitel 7) beschrieben. Die Qualitätsstandards und technischen Randbedingungen für diese Analyseschritte werden vorgestellt. Weiterhin liefert der Leitfaden einen Überblick zu kommunalen Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen (Kapitel 8). Es werden die rechtlichen Rahmenbedingungen erläutert (Kapitel 9) sowie die grundsätzlichen Förderrichtlinien (Kapitel 10) beschrieben. Eine Musterleistungsbeschreibung, ein Musterpreisblatt sowie die Definition der Datenformate für kommunale Ausschreibungen zur Erarbeitung des kommunalen Starkregenrisikomanagements, z.B. durch externe Ingenieurbüros, werden im Anhang 1a, 1b und 1c dargestellt.

### 1.3 Verantwortlichkeiten (siehe auch Kapitel 9)

Die Vermeidung oder Minderung von Schäden aus Starkregenereignissen ist sowohl Aufgabe der Kommune als auch jedes Einzelnen. In der Verantwortung kommunaler Träger und Gebietskörperschaften liegen vor allem Vorsorgemaßnahmen, die in unmittelbarem Bezug zur kommunalen Infrastruktur und Planung stehen. Die Kommunen haben eine Vorsorgepflicht gegenüber ihren Bürgern. Daher sollen z.B. Flächennutzungs- und Bebauungspläne so ausgerichtet werden, dass die möglichen Auswirkungen von Starkregen angemessen berücksichtigt sind. Die Bauleitplanung ist hier ein wichtiges kommunales Planungswerkzeug. Vor allem bei der Ausweisung neuer Bau- und Gewerbegebiete müssen auch die möglichen Auswirkungen von Starkregenereignissen berücksichtigt werden

(BGH Urteil vom 18.02.1999 – III ZR 272/96 zur Amtspflicht der Kommune, bei der Planung und Erstellung der für ein Baugebiet notwendigen Entwässerungsmaßnahmen Niederschlagswasser zu berücksichtigen, das aus einem angrenzenden Gelände in das Baugebiet abfließt).

Die Kommunen sind in ihrer Funktion als Ortspolizeibehörde für die polizeiliche Gefahrenabwehr, und damit für die Erstellung von Alarm- und Einsatzplänen, verantwortlich. Eine weitere wichtige Aufgabe der Kommunen ist die Information der Bevölkerung und der ansässigen Wirtschaft hinsichtlich der Starkregengefahr. Nur wenn diese Gefahr dem Bürger bekannt ist, kann er seiner Eigenverantwortung zur Vorsorge nachkommen.

#### Auszug aus dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) § 5 Allgemeine Sorgfaltspflichten

##### Abs. 2:

Jede Person, die durch Hochwasser betroffen sein kann, ist im Rahmen des ihr Möglichen und Zumutbaren verpflichtet, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen nachteiligen Folgen für Mensch, Umwelt oder Sachwerte durch Hochwasser anzupassen.

### 1.4 Starkregenrisikomanagement

Ein absoluter Schutz gegen die negativen Auswirkungen von Überflutungen durch Starkregen ist nicht möglich. Allerdings kann durch geeignete Vorsorgemaßnahmen das Schadenspotenzial bzw. das Gefährdungsrisiko verringert werden. Seit einigen Jahren findet dabei ein Umdenken statt: Weg vom Schutzversprechen der öffentlichen Hand hin zum bewussten Umgang mit dem (Überflutungs-) Risiko (siehe auch Schmitt 2011). Neben dem bisherigen Fokus auf technische Schutzmaßnahmen müssen verstärkt auch andere Maßnahmenfelder des Risikomanagements (Abbildung 1) zur Minderung bestehender Risiken genutzt werden. Dieses risikominimierende Denken erfordert vor allem eine verbesserte Vorsorge von Seiten der Kommunen und ihrer Verwaltungen sowie der betroffenen Bevölkerung.

Generell kann das Risiko durch Starkregen als Kombination von Gefährdung und Schadenspotenzial (oder auch Vulnerabilität) definiert werden. Um ein Risiko zu mindern, können sowohl bauliche Maßnahmen, welche das Wasser ableiten oder zurückhalten, als auch Vorsorgemaß-



Abbildung 1: Handlungsfelder im Starkregenrisikomanagement (überarbeitet nach WBW, 2012)

nahmen, die das Schadenspotenzial reduzieren, ergriffen werden. Ein effektives und integratives Starkregenrisikomanagement sollte möglichst beide Aspekte beinhalten.

Wesentlicher Bestandteil des Starkregenrisikomanagements sind die Starkregengefahrenkarten, in denen Flächen, die bei Starkregenereignissen besonders gefährdet sein können, gekennzeichnet werden. In diesen Karten sind die Überflutungsflächen und -tiefen und ggf. auch die Fließgeschwindigkeiten bei Starkregenereignissen unterschiedlicher Intensitäten dargestellt, um kritische Bereiche und gefährdete Objekte zu identifizieren.

### 1.5 Vorgehensweise

Der erste Schritt in der generellen Vorgehensweise des Starkregenrisikomanagements (Abbildung 2) ist die Analyse der Überflutungsgefahr. Dafür werden von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) landesweit einheitlich ermittelte Oberflächenabflusswerte zur Verfügung gestellt. In deren Berechnung gehen sowohl statistische Wahrscheinlichkeiten zu Niederschlägen und Bodenfeuchte als auch Informationen über die Bodenverhältnisse, die Bodenbedeckung und die Topographie ein.



Abbildung 2: Schematische Darstellung des Vorgehens im Starkregenrisikomanagement

Mit Hilfe einer zweidimensionalen hydraulischen instationären Modellierung (auch zweidimensionales instationäres hydrodynamisches numerisches Simulationsmodell) werden anschließend Abflusswege, die Ausdehnung entstehender Überflutungen sowie die zugehörigen Überflutungstiefen [m] und Wasserspiegellagen [m + NN] und ggf. auch tiefengemittelte Fließgeschwindigkeiten [m/s] berechnet. Die so erzeugten Starkregengefahrenkarten bilden die Grundlage für die anschließende Risikoanalyse und die Erstellung eines Handlungskonzeptes zur Risikominderung.

In den Starkregengefahrenkarten werden drei mögliche Oberflächenabflussszenarien betrachtet (siehe auch Begrifflichkeiten im DWA Merkblatt M 119 (Entwurf Juli 2015)):

- ein seltenes Oberflächenabflussereignis
- ein außergewöhnliches Oberflächenabflussereignis
- ein extremes Oberflächenabflussereignis

Durch eine Verschneidung der Gefahreninformationen (Ausbreitung, Überflutungstiefe und Fließgeschwindigkeit der drei Oberflächenabflussereignisse selten, außergewöhnlich und extrem) aus den Starkregengefahrenkarten mit Angaben zu kritischen Objekten, Bereichen und Infrastruktureinrichtungen kann anschließend das bestehende Risiko analysiert und bewertet werden. Resultat des Gesamtprozesses ist ein Handlungskonzept zur Risikominimierung, in dem mögliche bauliche und nicht-bauliche Vorsorgemaßnahmen identifiziert und beschrieben werden.

**Fazit:**

**Starkregen:**

- haben eine sehr kurze bzw. keine Vorwarnzeit
- können zu erheblichen Schäden führen
- führen zu Oberflächenabflüssen, die entfernt von Gewässern stattfinden können
- sind nur in geringem Maß im Risikobewusstsein der Bevölkerung und der Kommunen verankert

**Starkregenisikomanagement:**

- soll die potenzielle Überflutungsgefährdung darstellen
- hilft, potenzielle Schäden abzuschätzen und zu bewerten
- soll Risiken ermitteln
- soll Schäden durch geeignete Vorsorgemaßnahmen reduzieren

## 2 Starkregenereignisse in Baden-Württemberg

In den letzten Jahren traten auch in Baden-Württemberg verstärkt Überflutungen auf, die durch lokal begrenzte Starkregenereignisse verursacht wurden, z.B. in Bretten (Abbildung 3) oder in Bonndorf im Juni 2015 oder in Braunsbach im Mai 2016 (Abbildung 4). Eine zusammenfassende Übersicht (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) zu Starkregenereignissen in Baden-Württemberg (1980 – 2016) liefert Abbildung 6.

### Zitat Pforzheimer Zeitung vom 08.06.2015

„Am Samstag setzte über dem Ort ab 18.30 Uhr sehr starker Regen ein, der ungefähr zwei Stunden anhielt, wie die Polizei berichtet. Zweimal hagelte es für jeweils etwa 15 Minuten – mit Hagelkörnern bis zu einer Größe von vier Zentimetern. Laut Recherchen im Internet regnete es in diesem Zeitraum weit mehr als 100 Liter pro Quadratmeter, so die Polizei. Die Gewitterzelle regnete sich komplett über Bretten aus, sie stand förmlich über der Stadt – die umliegenden Ortschaften blieben von dem heftigen Unwetter verschont. ....

Die Folge des Dauerregens: Sämtliche Senken der Innenstadt waren mit Wasser und später auch mit Schlamm aus den umliegenden Äckern überschwemmt. Die Zufahrt zur Rechbergklinik war für rund drei Stunden nicht mehr möglich. Mehrere Fahrzeuge wurden aus den Senken Heilbronner Straße, Herrmann-Beuttenmüller-Straße und Rinklinger Straße von der Feuerwehr geborgen. Zwei Fahrzeuge waren nicht mehr zu retten. Es kam zu mehreren Motorschäden durch Wassereintritt...“

Abbildung 3: Starkregenereignis in Bretten am 06.06.2015

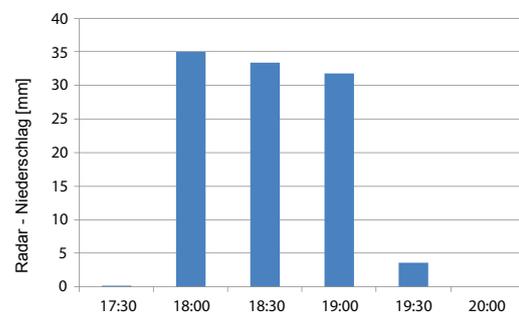
Diese Ereignisse waren gekennzeichnet durch sehr hohe Niederschlagsmengen in sehr kurzer Zeit. Die Kommunen wurden von den extremen Wassermassen überrascht, binnen kürzester Zeit waren die lokalen Kanalisationssysteme ausgelastet und das Regenwasser floss oberirdisch ab. Bei dem Ereignis in Braunsbach am 29.05.2016 fielen im Einzugsgebiet mehrerer kleinerer Bäche in einer Stunde mehr als 90 mm Niederschlag. Diese Wassermengen wurden in wenige Täler, die in die Jagst und Kocher münden, kanalisiert (Ziese et al., DWD 2016, siehe Abbildung 5).

Große Schäden werden bei diesen Ereignissen insbesondere durch Geröll und Gestein, teilweise auch durch mitgeführte Baumstämme verursacht, mit denen das oberflächlich abfließende Wasser enorme Kräfte auf alle im Weg befindlichen Objekte und Strukturen ausüben kann. Dies kann zu einem Ausfall der Wasser- und Stromversorgung führen, Abwasserleitungen oder die Kommunikati-

onsinfrastruktur können beschädigt, ganze Orte von der Außenwelt abgeschnitten werden.

Im Zuge des Klimawandels wird vermehrt mit Extremwetterereignissen gerechnet. Höhere Durchschnittstemperaturen verstärken einerseits die Verdunstung, andererseits wird auch die Wasserdampfkapazität der Atmosphäre erhöht, d.h. im Mittel steigt der absolute Wasserdampf-

Regenmenge  
ca. 100 mm in 90 min!



gehalt der Luft an. Pro Niederschlagsereignis steht dann mehr Wasserdampf zur Verfügung, weshalb es zu häufi-



Abbildung 4: Starkregenereignis in Braunsbach am 29.05.2016 (LUBW)

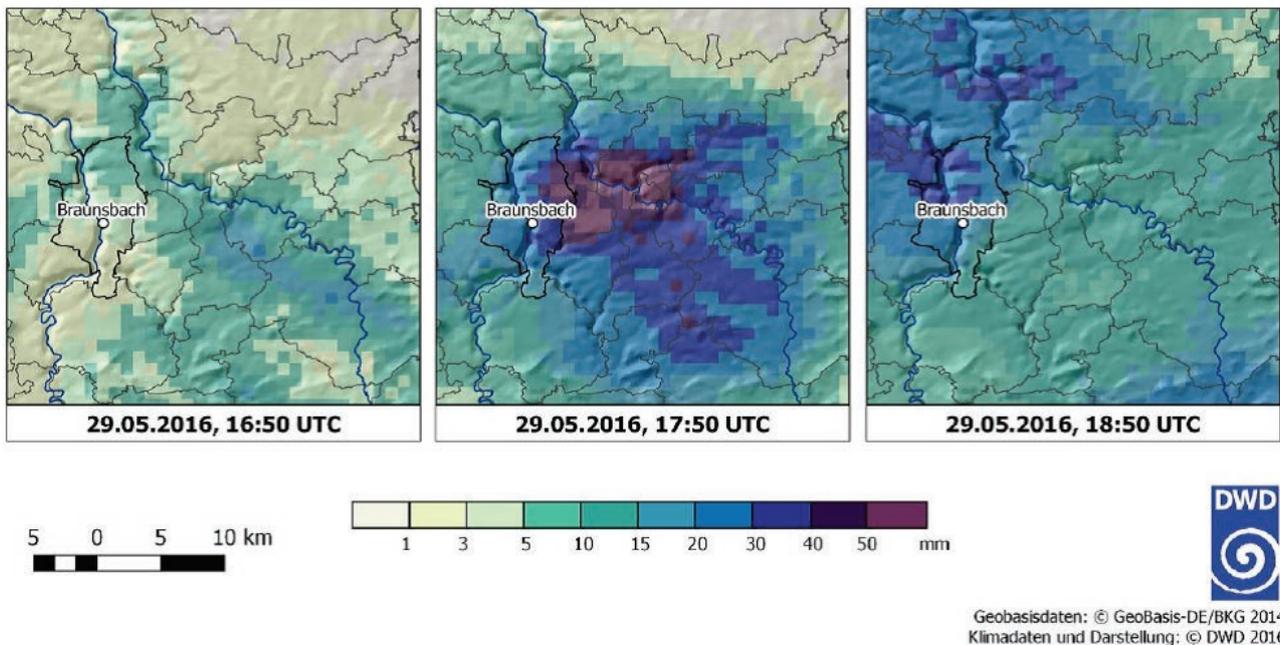


Abbildung 5: Stündliche Radarniederschläge (RADOLAN) um Braunsbach (Baden-Württemberg) in der intensivsten Stunde (Mitte) und der Stunde davor (links) und danach (rechts) (Weigl, DWD 2016).

geren extremen Ereignissen mit größeren Niederschlagsmengen kommen kann. Allerdings sind neben diesen rein physikalischen Gesetzmäßigkeiten auch die dominierenden Großwetterlagen wichtig bei der Entstehung von Gewittern mit Starkregen, die zu Überflutungen führen können. Mit dem Klimawandel wird sich zukünftig auch die Häufigkeit des Auftretens bestimmter Großwetterlagen verändern (Ziese et al., 2016).

Bedingt durch die Kleinräumigkeit der konvektiven Niederschlagsereignisse und ihre eingeschränkte Vorhersagbarkeit kann prinzipiell jede Kommune von Starkregenerenissen betroffen sein. Die Kommunen sollten daher mögliche Gefährdungen von Menschen sowie Schäden an Objekten, Bereichen und Infrastruktur durch Starkregen in Betracht ziehen und geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Risikominimierung treffen.

#### Fazit

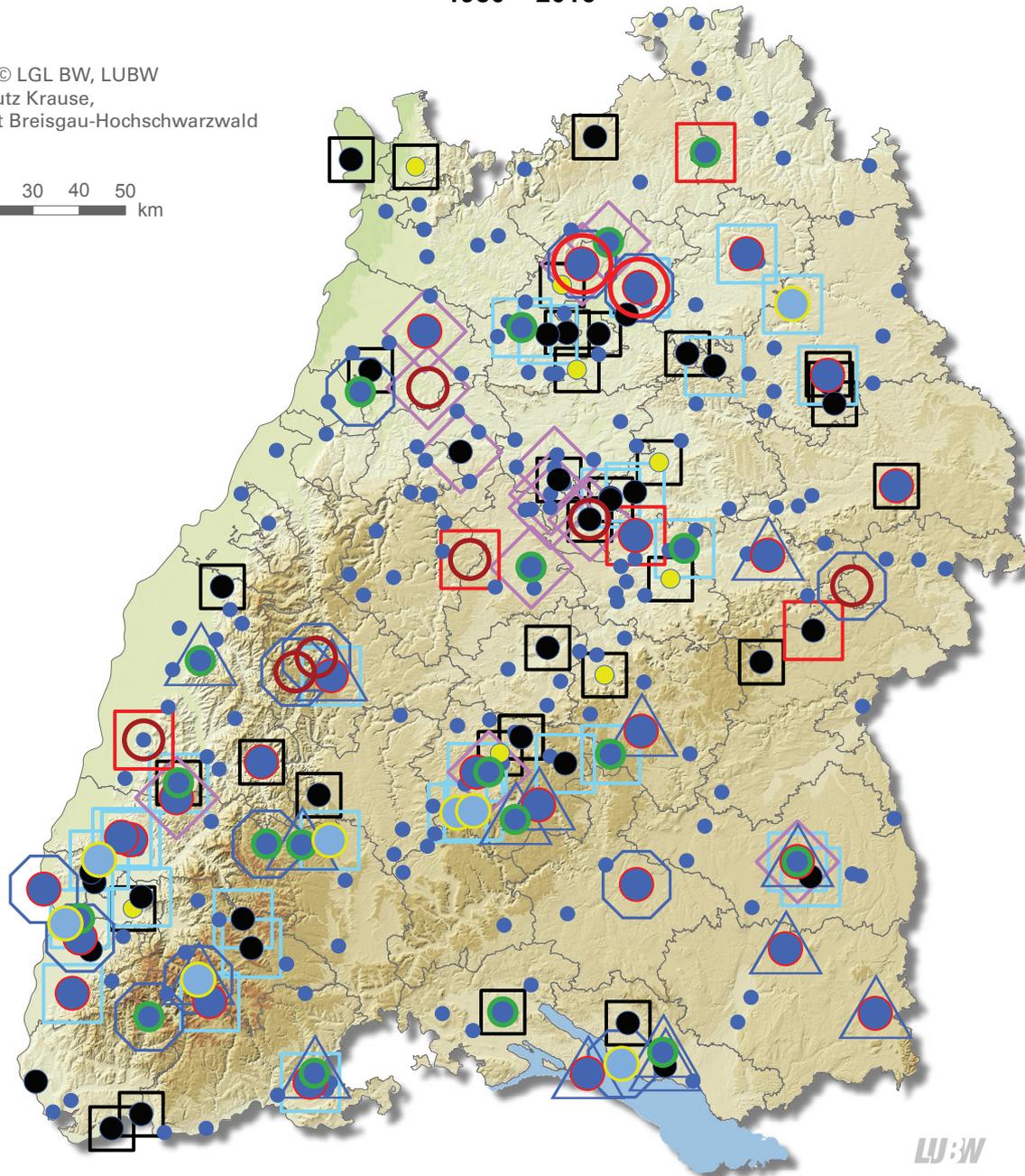
- Starkregen sind in den letzten Dekaden in Deutschland und Baden-Württemberg gehäuft aufgetreten.
- Diese Trends werden sich in Zukunft wahrscheinlich fortsetzen.

# Starkregenerereignisse in Baden-Württemberg

1980 – 2016

Grundlage: © LGL BW, LUBW  
 Bildautor: Lutz Krause,  
 Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald

0 10 20 30 40 50  
 km



## Niederschlagsmenge [mm]

- N-Menge unbekannt; Anzahl der Ereignisse (195)
- 0,1-20; Anzahl der Ereignisse (8)
- 20-40; Anzahl der Ereignisse (42)
- 40-60; Anzahl der Ereignisse (31)
- 60-80; Anzahl der Ereignisse (19)
- 80-100; Anzahl der Ereignisse (8)
- 100-120 (Anzahl der Ereignisse (7)
- 120-125; Anzahl der Ereignisse (2)

## Niederschlagsdauer [h]

- > 1 - 30 min; Anzahl der Ereignisse (33)
- >30 min bis 1 h; Anzahl der Ereignisse (33)
- ◇ > 1 h bis 2 h; Anzahl der Ereignisse (13)
- > 2 h bis 3 h; Anzahl der Ereignisse (5)
- △ > 3 h bis 12 h; Anzahl der Ereignisse (15)
- > 12 h bis 72 h; Anzahl der Ereignisse (13)

Abbildung 6: Starkregenerereignisse in Baden Württemberg (1980–2016), Datengrundlagen: URBAS-Datenbank (BMBF - URBAS, 2008), European Severe Weather Database ([www.eswd.eu](http://www.eswd.eu)), die TORDACH-Datenbank sowie eine gezielte Befragung von Städten und Landkreisen durch die WBW

# 3 Abgrenzung zu den Aufgaben der Siedlungsentwässerung

Kommunaler Überflutungsschutz soll den Schutz von Bebauung und Infrastruktur vor eindringendem Wasser unter Berücksichtigung empfohlener (maximaler) Überstau- bzw. Überflutungshäufigkeiten gewährleisten. Kommunaler Überflutungsschutz (entsprechend DIN EN 752) betrachtet häufige und seltene Niederschlagsereignisse, d.h. die Bemessung der Kanalisation auf Überstaufreiheit (für häufige Niederschlagsereignisse) bzw. die schadlose Überflutung (bei seltenen Niederschlagsereignissen).

Nach § 46 Abs. 1 Wassergesetz Baden-Württemberg (WG) obliegt die Abwasserbeseitigungspflicht den Kommunen. Die Frage des kommunalen Überflutungsschutzes, d.h. die Verantwortlichkeit für Niederschlagsereignisse oberhalb der Bemessungsgrenze der Kanalisation (bei seltenen Niederschlagsereignissen), steht damit auch im Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigungspflicht der Kommunen.

Gemäß § 54 Abs. 1 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist das gesammelt abfließende Niederschlagswasser aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen Abwasser. Sogenanntes wild abfließendes Wasser bzw. Außengebietswasser ist, solange es nicht gesammelt, gefasst und in eine Kanalisation eintritt, kein Abwasser. Dennoch ist die Berücksichtigung dieses Wassers, sofern es einem erschlossenen Siedlungsgebiet zufließt, kommunale Pflichtaufgabe im Rahmen einer hochwassersicheren Erschließung (BGH-Urteil vom 18.02.1999). Unabhängig davon ist Außengebietswasser, das infolge von häufigen und seltenen Niederschlagsereignissen in die Kanalisation eintritt, beim kommunalen Überflutungsschutz und ggf. im Rahmen der Kanalisationsplanung zu berücksichtigen.

Das öffentliche Entwässerungssystem der Kommunen hat somit einen definierten Entwässerungskomfort zu gewährleisten, der sich nach der jeweiligen Gebietsnutzung richtet (DIN EN 752, DWA-A 118, DWA-Arbeitsberichte). Die DIN EN 752 (Kapitel 8.4.3.1) empfiehlt in diesem Zusammenhang ausdrücklich eine Risikoabschätzung bzgl. der Auswirkungen von Starkregen: „Regenwasserleitun-

gen und -kanäle sind so zu bemessen, dass Überflutungen begrenzt werden. Die Überflutung bei sehr starken Regenfällen ist üblicherweise kaum zu vermeiden. Daher müssen die Kosten und die politische Entscheidung der damit erzielbaren Überflutungssicherheit in einem ausgewogenen Verhältnis stehen. Der Schutzgrad sollte auf einer Risikoabschätzung der Auswirkungen auf Personen und Sachgüter beruhen...“. Die Kommunen liefern damit im Zusammenspiel mit der Grundstücksentwässerung einen wesentlichen Grundbeitrag zur Überflutungsvorsorge (kommunaler Überflutungsschutz), wobei das hierdurch leistbare Schutzniveau seine Grenzen bei außergewöhnlichen und extremen Starkregen hat, die über den Bemessungsvorgaben der Entwässerungsinfrastruktur liegen.

## 3.1 Anforderungen an den kommunalen Überflutungsschutz

Die Aufgabe des Abwasserbeseitigungspflichtigen liegt zunächst in der Bemessung der Kanalisation für den Bemessungsregen (häufige Niederschlagsereignisse, Jährlichkeit: 1 bis 5 Jahre, in Einzelfällen 10 Jahre), d.h. das Ziel ist hier die Überstaufreiheit des Kanals (Vollfüllung sowie Einstau bis zur Straßenoberkante). Außerdem soll langfristig der Überflutungsschutz für seltene Niederschlagsereignisse im Bereich der Jährlichkeiten 10 bis 30 Jahre (in wenigen Einzelfällen 50 Jahre) gewährleistet werden. Die Kommunen sind aber nicht verpflichtet, für jedes außergewöhnliche Ereignis eine einwandfreie Ableitung in öffentlichen Entwässerungseinrichtungen zu gewährleisten. Anfallendes Außengebietswasser ist, sofern es einem Kanal zufließt, sowohl bei häufigen als auch seltenen Niederschlagswasserereignissen entsprechend mit zu berücksichtigen.

Tabelle 1: Empfohlene Überflutungs- und Überstauhäufigkeiten (aus DWA M119, Tabelle1, Entwurf 7/2015)

Örtlichkeit / Flächennutzung	Überflutungshäufigkeit 1)	Überstauhäufigkeit	
	Entwurf /Neuplanung	Entwurf/Neuplanung	Bestehende Systeme 2)
Ländliche Gebiete	1 in 10	1 in 2	-
Wohngebiete	1 in 20	1 in 3	1 in 2
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 30	seltener als 1 in 5	1 in 3
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 50	seltener als 1 in 10*)	1 in 5

Anmerkungen:

1) Empfohlene Werte für Entwurf/Neuplanung nach DIN EN 752: 2008.

2) Werte als „Mindestleistungsfähigkeit“ bestehender Systeme nach ATV-DVWK (2004) – Nachweis eines überstaufreien Betriebs.

\*) Bei Unterführungen ist zu beachten, dass bei Überstau über Gelände in der Regel unmittelbar eine Überflutung miteinhergeht, sofern nicht besondere örtliche Sicherungsmaßnahmen bestehen.

Die Anforderungen hierzu sind im Laufe der Zeit gewachsen und können bei Bestandssystemen nur sukzessive über einen langen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten und auch nicht allein durch die unterirdische Kanalisation erreicht werden.

Diese Anforderungen ergeben sich aus DIN EN 752 in Verbindung mit dem Arbeitsblatt DWA-A 118. Hier wird einerseits die Bemessung der Kanäle in Bezug auf Überstaufreiheit je nach Siedlungsstruktur (Wohngebiete, Gewerbegebiete, unterirdische Verkehrsanlagen etc.) definiert und andererseits die Anforderungen an den Überflutungsschutz von überflutungsgefährdeten Bereichen, wie z.B. Unterführungen, aber auch von Gebäuden, berücksichtigt.

Dies gilt bei Neuplanungen und Sanierungen, bei bestehenden Systemen wird i.d.R. der überstaufreie Betrieb nachgewiesen.

### 3.2 Abgrenzung zwischen kommunalem Überflutungsschutz und kommunalem Starkregenisikomanagement

Beim kommunalen Starkregenisikomanagement betrachtet man seltene, außergewöhnliche und extreme (Oberflächen-) Abflussereignisse (siehe auch Kapitel 5).

Bei seltenen Abflussereignissen kann die Kanalisation noch einen gewissen Einfluss auf die Überflutungssituation an der Oberfläche haben und ggf. mengenmindernd bei der Überflutungsberechnung berücksichtigt werden. Bei au-

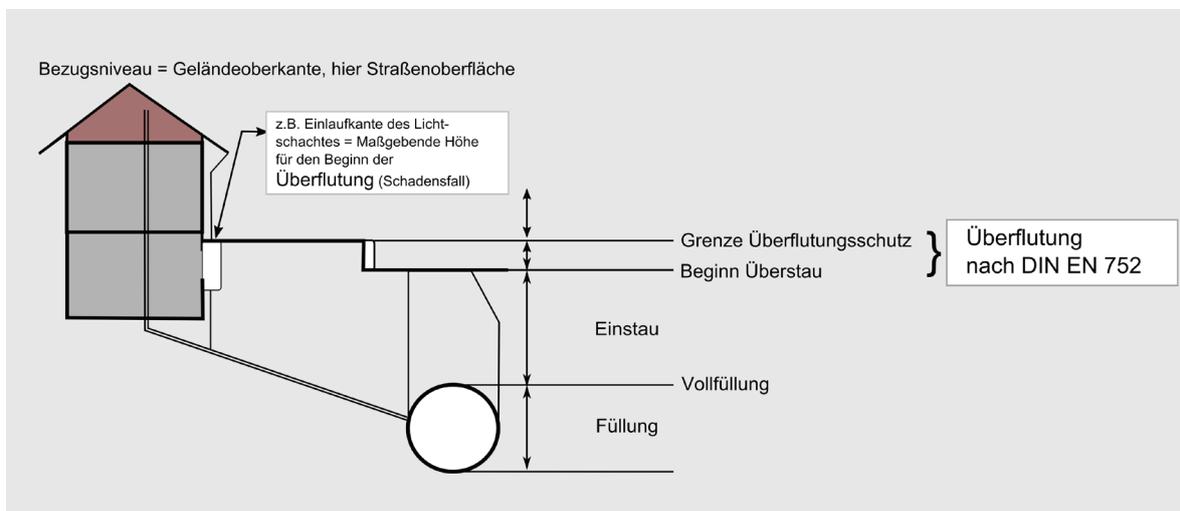


Abbildung 7: Begriffe/Definitionen beim Kommunalem Überflutungsschutz

## Abgrenzung zum Überflutungsschutz im Kanalwesen

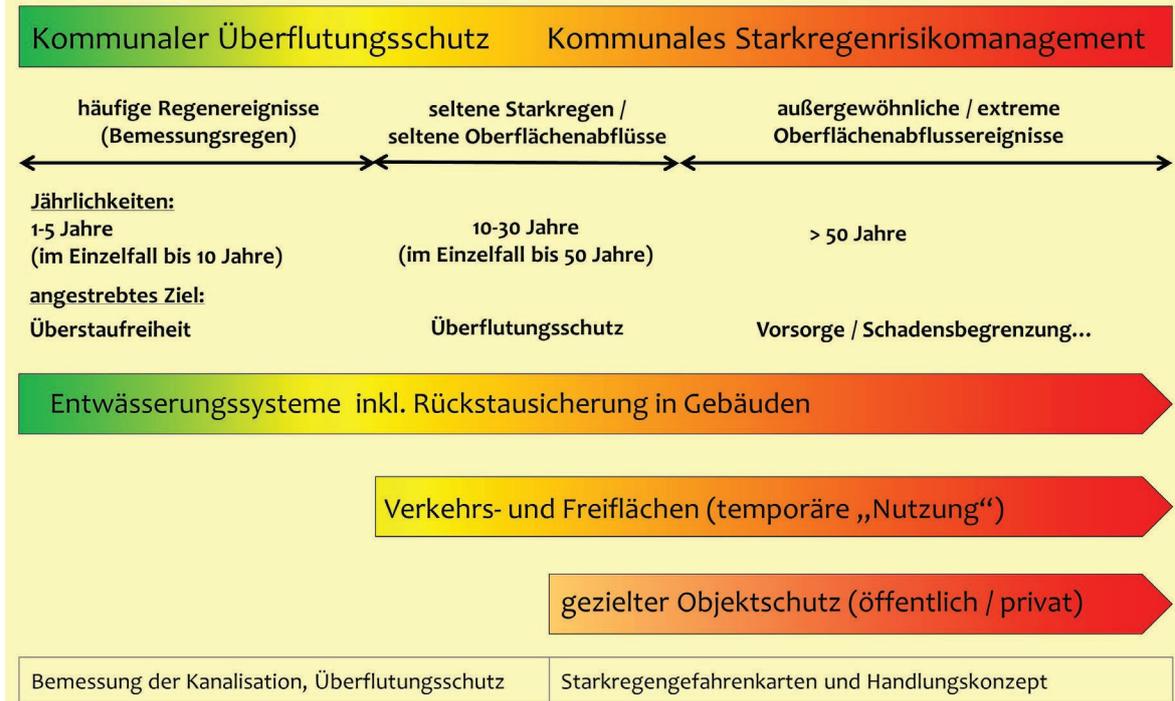


Abbildung 8: Abgrenzung kommunaler Überflutungsschutz–kommunales Starkregenrisikomanagement

ßergewöhnlichen und extremen Ereignissen spielt der Kanalabfluss i. d. R. keine Rolle mehr. Das Kanalsystem hat seine Leistungsfähigkeit erreicht, zusätzliche Wassermengen können nicht mehr in die Kanalisation eintreten. Der Gebietsabfluss findet entsprechend überwiegend an der Oberfläche statt. Den Siedlungsgebieten zufließendes Außengebietswasser kann den Gesamtabfluss bei solchen Niederschlagsereignissen deutlich erhöhen.

Zur Ermittlung der Oberflächenabflüsse beim kommunalen Starkregenrisikomanagement werden als untere Grenze (für seltene Abflussereignisse) Niederschlagsereignisse mit einer Jährlichkeit von 30 Jahren als Eingangsgröße angesetzt. Die Ergebnisse aus der Oberflächenabflussberechnung (ggf. mit einem Abschlag für eine teilweise Berücksichtigung der Abflusskapazität des Kanalsystems) geben auch Hinweise auf Fließwege und Überflutungen für seltene Ereignisse im Bereich des kommunalen Überflutungsschutzes.

### Fazit

- Die Kernaufgabe des kommunalen Überflutungsschutzes liegt in der Bewältigung von häufigen bis seltenen Niederschlagsereignissen im Bereich der Wiederkehrzeiten von 1 bis 5 (10) bzw. 10 bis 30 (50) Jahren. Grundlagenermittlung und eventuell notwendige Maßnahmen sind vom Abwasserbeseitigungspflichtigen durchzuführen. Anfallendes Außengebietswasser, das in der Kanalisation bei häufigen und seltenen Niederschlagswasserereignissen abfließt, ist ebenfalls Abwasser und als solches entsprechend mit zu berücksichtigen.
- Das kommunale Starkregenrisikomanagement betrachtet seltene, außergewöhnliche und extreme Abflussereignisse, die durch Starkregen verursacht werden und an der Geländeoberfläche abfließen. Die Wiederkehrzeiten der auslösenden Niederschlagsereignisse liegen dabei über den betrachteten Jährlichkeiten des kommunalen Überflutungsschutzes.

## 4 Abgrenzung zur Überflutung aus Gewässern

In größeren Flusseinzugsgebieten entstehen Hochwasserschäden meist durch Ausuferungen von Oberflächengewässern (Abbildung 9). Diese Ereignisse werden vor allem im Zuge der Umsetzung der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) betrachtet. Die Überflutung breitet sich dabei ausgehend vom Gewässerlauf in die angrenzenden Bereiche aus.

Überflutungen durch Starkregen finden dagegen insbesondere auf der Geländeoberfläche, in Gräben und Mulden und in sehr kleinen Gewässern statt. Der Abfluss erfolgt oberflächlich und dem Gefälle folgend zu den Gewässern hin (Abbildung 10). Ein Oberflächenabfluss kann außerdem nach dem Eintritt ins Gewässer bei den Unterliegern zu einer Ausuferung des Gewässers beitragen und ein Hochwasser erzeugen bzw. die Hochwasserentwicklung verstärken. Insbesondere bei kleineren Gewässern ergeben sich Überflutungen oftmals aus einer Kombination von Abflüssen auf der Geländeoberfläche und in den Fließgewässern, verbunden mit Geschiebe- und Gerölltransport.

Die methodischen Ansätze der Untersuchungen für Überflutungen infolge Starkregenereignissen bzw. hochwasserführender oberirdischer Gewässer unterscheiden sich

auch in der Größe der zu untersuchenden Gebiete. Die Methodik der Gefährdungsanalyse des Starkregenrisikomanagements kann für die Untersuchung von Überflutungen infolge Starkregenereignissen für sehr kleine Gebiete bis maximal 5 km<sup>2</sup> für einzelne hydrologische Einheiten angewendet werden. Größere Gebiete, die sich aus mehreren hydrologischen Einheiten zusammensetzen, müssen dann jeweils in hydrologische Einheiten bis 5 km<sup>2</sup> aufgeteilt und entsprechend getrennt untersucht werden. Überflutungen durch oberirdische Gewässer mit einem Einzugsgebiet größer 10 km<sup>2</sup> werden durch die Hochwassergefahrenkarten abgebildet. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal beider methodischer Ansätze liegt in der statistischen Beschreibung der Untersuchungsergebnisse. Während in den Hochwassergefahrenkarten die Überflutungsbereiche für Hochabflüsse definierter Jährlichkeiten abgebildet sind, können den Ergebnissen aus den Simulationen für die Oberflächenabflussszenarien keine Jährlichkeit oder Wiederkehrzeit zugeordnet werden. Mit den Simulationsergebnissen für die Oberflächenabflussszenarien können daher ohne weitergehende ingenieurmäßige hydrologische Berechnungen keine Bauwerke von Hochwasserschutzanlagen bemessen werden.



Abbildung 9: Hochwasser in Backnang 2011 durch Ausuferung der Murr (Polizeipräsidium Aalen)



Abbildung 10: Starkregeneignis in Denkendorf (anonym)

Um die Trennung zwischen den Ursachen Starkregen und hochwasserführende Fließgewässer klar aufzuzeigen, werden im Folgenden die wichtigsten Aspekte und Unterschiede von Hochwassergefahrenkarten und Starkregengefahrenkarten beschrieben und dargestellt.

#### 4.1 Hochwassergefahrenkarten (HWGK)

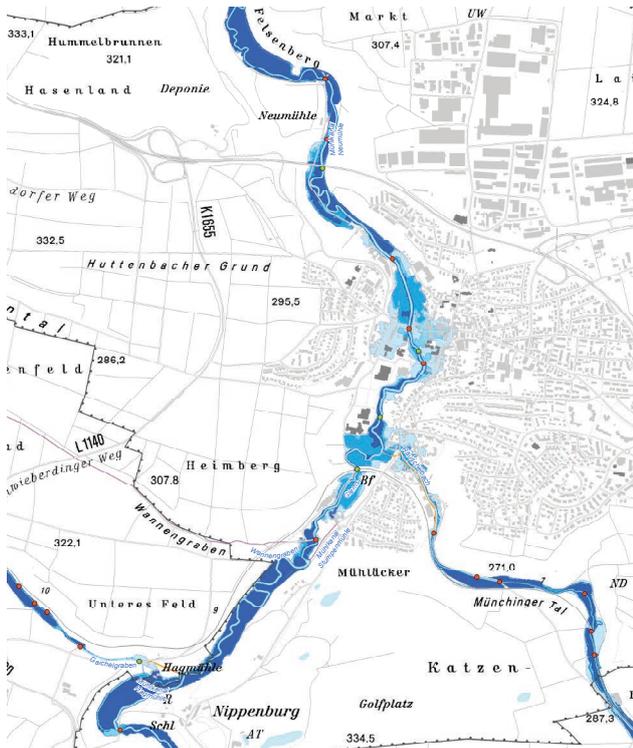
Die Hochwassergefahrenkarte basiert auf statistischen, hydrologischen Abflusskennwerten, die speziell für ein Gewässer ermittelt werden. In der Regel werden die regionalisierten Abflusskennwerte Baden-Württembergs dafür verwendet. Durch eine hydraulische Modellierung und unter Verwendung von geografischen Informationssystemen kann die Ausuferung und die Überflutung für ausgewählte Jährlichkeiten für ein Gewässer bestimmt und dargestellt werden.

In Baden-Württemberg werden die Hochwassergefahrenkarten für folgende Szenarien erstellt:

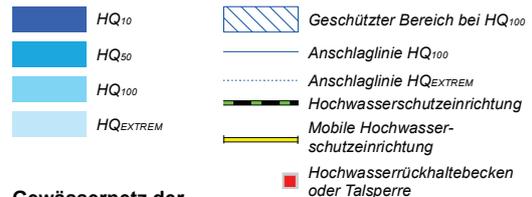
- $HQ_{10}$  – ein Hochwasser, welches statistisch einmal in 10 Jahren auftritt
- $HQ_{50}$  – ein Hochwasser, welches statistisch einmal in 50 Jahren auftritt
- $HQ_{100}$  – ein Hochwasser, welches statistisch einmal in 100 Jahren auftritt
- $HQ_{\text{extrem}}$  – ein extremes Hochwasser, welches statistisch nur sehr selten auftritt

Wichtige Eingangsgrößen für die hydraulischen Berechnungen sind die Vermessungsdaten der Gewässer selbst sowie der Bauwerke in und am Gewässer. Weiterhin werden Bauwerke im überfluteten Bereich, Steuerdaten von Wehren und Hochwasserschutzanlagen sowie die Topographie des betroffenen Geländes berücksichtigt. Die Berechnungen für die Hochwassergefahrenkarten für verschiedene Jährlichkeiten sind in der Regel auf den Bereich in Gewässernähe begrenzt, wobei in flachem Gelände sehr weite Ausuferungen möglich sind (Abbildung 11).

Bereiche, die statistisch im Mittel einmal in 100 Jahren überflutet werden, sind per Gesetz als Überschwemmungsgebiete festgesetzt (§65 WG). Dort gelten gemäß Wasserhaushaltsgesetz (WHG) besondere Vorschriften für alle Nutzer dieser Flächen. Die Darstellung der Überflutungsbereiche für ein 100-jährliches Hochwasser ( $HQ_{100}$ ) in den Hochwassergefahrenkarten hat eine deklaratorische Wirkung. Damit wird ein Überschwemmungsgebiet nach §65 WG mit den Rechtsfolgen des §78 WHG (v.a. Verbot der Ausweisung von Baugebieten und der Errichtung von baulichen Anlagen) dargestellt.



**Flächenausbreitung bei HQx:**



**Gewässernetz der Hochwassergefahrenkarten**



**Sonstiges:**

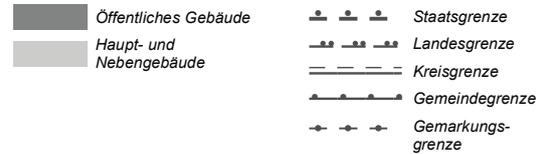


Abbildung 11: Beispiel einer Hochwassergefahrenkarte (Kartenausschnitt und Legende) für die Gemeinde Schwieberdingen

**4.2 Starkregengefahrenkarten (SRGK)**

In den Starkregengefahrenkarten werden Überflutungen in Folge von Starkregenereignissen im Gelände dargestellt, die unabhängig von Gewässern überall auftreten können. Starkregengefahrenkarten sind dementsprechend nicht auf Gebiete in Gewässernähe beschränkt (Beispiel siehe Abbildung 12). Die wesentliche, meteorologische Eingangsgröße für die Erstellung der Starkregengefahrenkarte ist der Niederschlag, kombiniert mit weiteren Indikatoren für bestimmte Oberflächen- und Bodeneigenschaften

(Befestigung, Bodentyp, Bodenart, Bodenvorfeuchte, Bodennutzung). Aufgrund der Komplexität der statistischen Beschreibung von Starkniederschlägen kurzer Dauerstufen und der multiplen Beschreibung der Oberflächen- und Bodeneigenschaften wurden bestimmte Annahmen getroffen. Für diese Annahmen wurde mit Hilfe des bodenhydrologischen Modells RoGeR jeweils die Abflussbildung auf der Geländeoberfläche je Flächeneinheit (m<sup>2</sup>) berechnet. Das Ergebnis der bodenhydrologischen Berechnungen für Starkregenereignisse sind Oberflächenab-

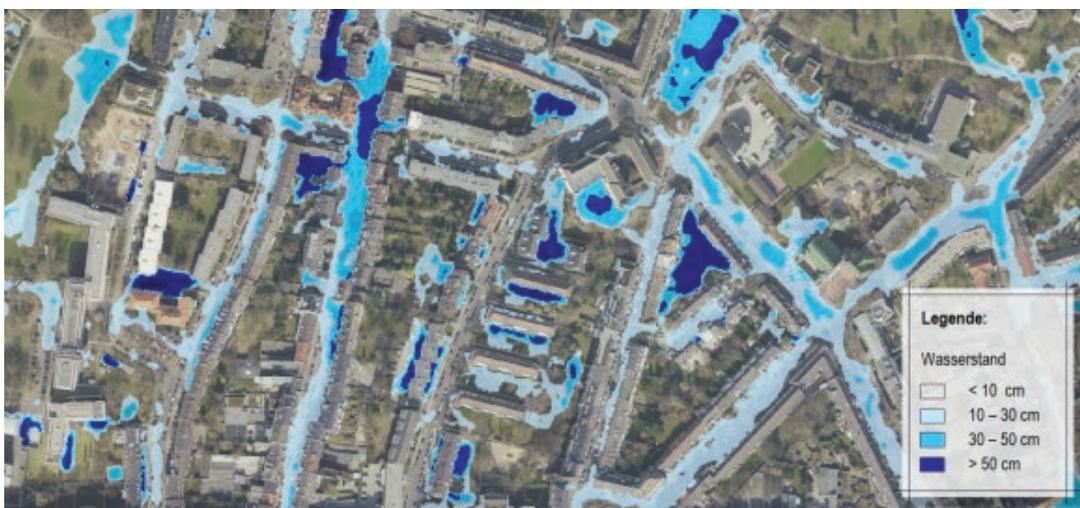


Abbildung 12: Beispiel einer Starkregengefahrenkarte für ein städtisches Gebiet (geomer GmbH)

## Starkregengefahrenkarten

Die hydrologische Basis für die Berechnung der Starkregengefahrenkarten bilden die Oberflächenabflusskennwerte, welche mit Hilfe des bodenhydrologischen Modells RoGeR aus Niederschlag, Bodenfeuchte, Bodeneigenschaften und Landnutzung für die gesamte Landesfläche von Baden-Württemberg für die drei Abflusszenarien „selten“, „außergewöhnlich“ und „extrem“ berechnet worden sind. Auf der Starkregengefahrenkarte sind die Überflutungen auf der Geländeoberfläche und damit auch die Fließwege des abfließenden Wassers bei einem Starkregenereignis auf der Oberfläche über die Geländesenken und Rinnen zum Gewässer erkennbar.



## Hochwassergefahrenkarten

Hydrologische Grundlage für die Berechnung der Hochwassergefahrenkarten sind die Hochwasserkennwerte für unterschiedliche Jährlichkeiten. Auf den Hochwassergefahrenkarten sind die Überflutungen erkennbar, wenn die Abflusskapazität des Gewässers überschritten wird und die Wassermassen aus dem Gewässerbett über die Ufer in das angrenzende Gelände ausströmen.

Abbildung 13: Abgrenzung der Gefährdungslage durch Überflutungen; links Überflutungen infolge von Starkregen und rechts durch Ausuferung von Gewässern

flusswerte je Flächeneinheit, die in der Kombination der Eingangsdaten aus Niederschlags- und Bodenparametern nicht mehr direkt einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit bzw. Jährlichkeit zugewiesen werden können. Die Starkregengefahrenkarten für Baden-Württemberg werden deshalb für drei Szenarien – ein seltenes, ein außergewöhnliches und ein extremes Oberflächenabflussereignis – mit Hilfe zweidimensionaler hydrodynamischer Simulationen mit den jeweiligen Oberflächenabflusskennwerten als hydrologische Eingangsgrößen ermittelt.

Die Starkregengefahrenkarten zeigen das Ergebnis der hydraulischen Berechnungen für jedes dieser Szenarien, wobei jeweils die Ausdehnung der Überflutung, die Überflutungstiefe und die tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten dargestellt werden, sodass die bevorzugten Abflusswege erkennbar werden. Starkregengefahrenkarten haben keine unmittelbaren, rechtlichen Konsequenzen. Die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten resultiert daraus nicht (siehe Kapitel 9).

### Fazit:

- Hochwassergefahrenkarten und Starkregengefahrenkarten beruhen auf unterschiedlichen Ermittlungsansätzen.
- Hochwassergefahrenkarten zeigen die Ausuferung von oberirdischen Gewässern für  $HQ_{10}$ ,  $HQ_{50}$ ,  $HQ_{100}$  und  $HQ_{EXTREM}$  auf.
- Starkregengefahrenkarten stellen die Gefahren durch Überflutung infolge starker Abflussbildung auf der Geländeoberfläche nach Starkregen dar. Sie zeigen die Fließwege des Oberflächenabflusses zum oberirdischen Gewässer auf.
- Bedingt durch die Kombination von verschiedenen abflussbestimmenden Faktoren können bei Starkregengefahrenkarten keine den Hochwassergefahrenkarten vergleichbaren Jährlichkeiten für die verschiedenen Szenarien (selten, außergewöhnlich, extrem) angegeben werden.

# 5 Analyse der Überflutungsgefährdung bei Starkregen

Generell können die durch Starkregen gefährdeten Bereiche mit verschiedenen Verfahren identifiziert werden, die sich jeweils hinsichtlich der benötigten Datengrundlagen, der eingesetzten Software, der Aussagekraft der Ergebnisse sowie des erforderlichen Bearbeitungsaufwandes unterscheiden. Im Wesentlichen sind folgende Vorgehensweisen zu nennen (siehe Tabelle 2):

- die vereinfachte Gefährdungsabschätzung ohne besonderen Softwareeinsatz
- die topografische Gefährdungsanalyse mit Hilfe geografischer Informationssysteme (GIS)
- die hydraulische Analyse durch Überflutungssimulation

Die vereinfachte Gefährdungsabschätzung wird meist im Nachgang zu einem Ereignis durchgeführt. Sie besteht aus der Kartierung bisheriger Schäden und der Identifikation weiterer Gefährdungsbereiche basierend auf dem lokalen Wissen. Die Genauigkeit und die Aussagekraft dieser Methode sind begrenzt. Sie kann nur als erste Einschätzung und Einstieg in die modellgestützte Gefährdungsanalyse

angesehen werden. Es werden mit dieser Methode vor allem bekannte oder sehr offensichtliche Problembereiche dargestellt. Eine objektive Identifikation zukünftiger Überflutungsgefährdungen ist hingegen nur bedingt möglich. Hierfür müssen topografische Gefährdungsanalysen mit GIS oder hydraulische Gefährdungsanalysen durchgeführt werden.

Eine weitergehende, detailliertere Darstellung verschiedener Methoden der Gefährdungsanalyse findet man v.a. im Arbeitsbericht der DWA Arbeitsgruppe ES-2.6 (DWA 2013a) sowie in Pilotstudien zur Durchführung von Gefährdungsanalysen (FUCHS 2013).

Die hydraulische Gefährdungsanalyse (mit zweidimensionalen, hydraulischen, instationären Berechnungsansätzen) ermöglicht eine detaillierte Darstellung der Strömungsverhältnisse, der Geschwindigkeiten, der Wasserspiegellagen und der Überflutungstiefen infolge eines Starkregens. Es gibt dabei verschiedene kommerzielle Softwareprodukte, von denen einige mit vereinfachten hydraulischen Be-

Tabelle 2: Vergleich topografischer und hydraulischer Gefährdungsanalysen

	Topografische Gefährdungsanalyse mit GIS	2D - instationäre hydraulische Gefährdungsanalyse
Datengrundlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bestandsunterlagen</li> <li>■ Topografische Daten, Geländemodell</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bestandsunterlagen</li> <li>■ Topografische Daten, Geländemodell</li> <li>■ ggf. Siedlungsentwässerungssystem</li> </ul>
Vorgehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ GIS-gestützte Analyse der Geländetopografie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zweidimensionale hydraulische Simulation der Abflusswege und Überflutungsbereiche</li> </ul>
Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Abflusswege und Überflutungsbereiche in Geländesenken</li> <li>■ vereinfachte Gefahrenkarte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Abflusswege, Überflutungsbereiche mit Fließtiefen und Fließgeschwindigkeiten der Oberflächenabflüsse</li> <li>■ detaillierte Gefahrenkarte</li> </ul>
Vorteil	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ erfordert weniger Spezialwissen als hydraulische Gefährdungsanalyse</li> <li>■ Ermittlung des Volumens von Geländesenken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sehr gute Berücksichtigung der Geländestruktur</li> <li>■ detaillierte zeitliche und räumliche Entwicklung des Oberflächenabflusses darstellbar</li> <li>■ Fließgeschwindigkeiten können dargestellt werden</li> <li>■ flexible Modellgestaltung</li> <li>■ Variantenstudien mit Berücksichtigung unterschiedlicher Starkregenszenarien</li> <li>■ Wirksamkeitsnachweise baulicher Maßnahmen möglich</li> <li>■ Ergebnisse an beliebigen Punkten extrahierbar</li> <li>■ mögliche Berücksichtigung von Kanalnetzabfluss und Gewässerabfluss</li> </ul>
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ nur grobe zeitliche Entwicklung des Oberflächenabflusses</li> <li>■ keine Aussage zu Fließgeschwindigkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mehraufwand</li> </ul>

rechnungsansätzen, andere wiederum mit vollständigen Flachwassergleichungen arbeiten. Entsprechend sind Aussagekraft und Genauigkeit der Simulationsprogramme unterschiedlich.

Bedingt durch die stetige Weiterentwicklung von Rechnerleistungen und Speicherkapazitäten liegen die Unterschiede zwischen einer topografischen Gefährdungsanalyse mit GIS-Werkzeugen und einer zweidimensionalen, hydraulischen Gefährdungsanalyse (bzgl. Zeitaufwand und damit Kosten) in einem vertretbaren Rahmen. Durch die klaren Vorteile bei der realitätsnahen Beschreibung der Abflussprozesse und die vertretbaren Aufwands- und Kostenunterschiede stellt die zweidimensionale hydraulische Modellierung die prioritär zu wählende Methode dar.

Zur Berechnung und Analyse der Überflutungssituation muss ein geeignetes Modellsystem von Starkregenstatistik, bodenhydrologischem Modell, Geländemodell und hydraulischem Modell erstellt werden. Die dafür notwendigen Schritte umfassen die Bestimmung des Oberflächenabflusses (in Abhängigkeit von Niederschlag, Bodeneigenschaften und Versiegelungsgrad) sowie die Generierung eines Fließwegenetzes, basierend auf einem digitalen Geländemodell und der Aufnahme lokaler, abflussbestimmender Objekte und Strukturen. In den letzten Jahren hat sich in Baden-Württemberg in Bezug auf die Erstellung dieser Modellsysteme eine verbesserte, flächendeckende Datenlage ergeben. Zur Analyse der Überflutungsgefährdung wird im Rahmen des Leitfadens das Verfahren der zweidimensionalen, instationären, hydraulischen Berechnung mit definierten Oberflächenabflusswerten als Methode vorgegeben.

## 5.1 Eingangsgrößen

Für die Abflussbildung bei Starkregenereignissen spielen in erster Linie sommerliche, konvektive Starkniederschläge eine Rolle, die so hohe Niederschlagsintensitäten erreichen, dass das Versickerungsvermögen bzw. die Infiltrationskapazität der Böden überschritten wird und es großräumig zu Oberflächenabfluss kommt. Hier sind v.a. die Verteilung, Höhe und Dauer des Niederschlags ausschlaggebende Faktoren, wobei auch der zeitliche Verlauf der Niederschlagsintensitäten wichtig ist.

Für das Auftreten von Oberflächenabfluss ist zudem das Zusammenwirken weiterer Faktoren relevant: Die Infiltrationskapazität der Böden ist v.a. abhängig von Versiegelungsgrad, Landnutzung, Bodenart, Vorfeuchte, Jahreszeit und Makroporenausstattung. Je nach aktuell vorhandener Infiltrationsleistung des Bodens kann es bei gleicher Niederschlagsintensität zu sehr unterschiedlichen Oberflächenabflüssen kommen.

Die Eingangsdaten für die Erstellung der Starkregengefahrenkarten sind damit zum einen der Oberflächenabfluss je Flächeneinheit, welcher sich aus den Niederschlags- und Bodeneigenschaften ergibt, und zum anderen die Topographie.

### 5.1.1 Oberflächenabflusswerte je Flächeneinheit

Die Oberflächenabflusswerte werden für ganz Baden-Württemberg von der LUBW mit einer Auflösung von 1x1 m zur Verfügung gestellt. Dieser Datensatz wurde zentral und landesweit nach einem einheitlichen Verfahren von der Universität Freiburg erstellt. In Anhang 3 des Leitfadens wird das verwendete Verfahren im Detail beschrieben. Es basiert auf einer statistischen Analyse von Starkregenereignissen sowie dem bodenhydrologischen Modell RoGeR<sup>1</sup>.

Um den aus einem Starkregenereignis resultierenden Oberflächenabfluss bestimmen zu können, werden spezielle Kombinationen aus Niederschlag, Vorfeuchte, Bodeneigenschaften und Bodennutzung betrachtet. Als Starkregenereignisse werden hierfür die Niederschlagshöhen gewählt, die der Dauerstufe 1 Stunde entsprechen und die sich an den Auftretenswahrscheinlichkeiten von 30 und 100 Jahren sowie einem gewählten extremen Ereignis orientieren. Die Datengrundlage und Herleitung dieser räumlich differenzierten Niederschlagshöhen sind in Anhang 3 beschrieben.

<sup>1</sup> *RunOffGeneration Research Model des Hydrologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Modellbeschreibung siehe Anlage 3*

Aus diesen Annahmen ergeben sich die folgenden drei Szenarien:

- Ein **seltene**s Ereignis, welches durch ein statistisches Niederschlagsereignis (Dauer 1h) mit einer Jährlichkeit von 30 Jahren generiert und anhand definierter Bodenverhältnisse modifiziert wird und zu einem **seltene**n Oberflächenabflussereignis führt. Bei diesem Abflussszenario sind Anlagen der Stadtentwässerung i. d. R. überlastet und Überflutungen in der Fläche treten auf.
- Ein **außergewöhnliche**s Ereignis, welches durch ein statistisches Niederschlagsereignis (Dauer 1h) mit einer Jährlichkeit von 100 Jahren generiert und anhand definierter Bodenverhältnisse modifiziert wird und zu einem **außergewöhnliche**n Oberflächenabflussereignis führt. Bei diesem Abflussszenario können weite Bereiche überflutet werden.
- Ein **extremes** Ereignis, welches durch ein extremes Niederschlagsereignis (128 mm in 1 Stunde) generiert und anhand definierter Bodenverhältnisse modifiziert wird und zu einem **extremes**n Oberflächenabflussereignis führt. Bei diesem Szenario treten großflächige Überflutungen auf.

Aufgrund der Kombination von unterschiedlichen Modellparametern kann den Ergebnissen aus der Simulation der Oberflächenabflussszenarien keine statistische Auftretenswahrscheinlichkeit oder Jährlichkeit zugeordnet werden. Die Berechnung von Abflussszenarien mit Hilfe der Oberflächenabflusskennwerte dürfen außerhalb des Anwendungsbereichs der Überflutungsanalyse bei Starkregen nicht ohne weitere ingenieurmäßige Berechnungen für Bemessungen wasserwirtschaftlicher Anlagen oder gutachterliche Tätigkeiten genutzt werden.

### 5.1.2 Topografie

Bei der Modellierung des im Starkregenfall auftretenden Oberflächenabflusses muss eine möglichst detaillierte Abbildung der Geländeoberfläche und der relevanten baulichen Strukturen des gesamten Untersuchungsgebiets vorgenommen werden, da auch kleine Strukturen wesentlich das Abflussverhalten und die Fließwege bestimmen können. In den Jahren 2001 bis 2004 wurde

vom LGL (Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg) eine Laserscan-Befliegung für das gesamte Land durchgeführt. Die Auflösung beträgt ca. 0,8 Punkte/m<sup>2</sup>. Die Informationen dieser Befliegung bilden die Grundlage für das hydraulisch modifizierte Geländemodell der Hochwassergefahrenkarten, einem unregelmäßigen Dreiecksnetz (engl. Triangulated Irregular Network, TIN) im ESRI-TERRAIN Format, im Folgenden als HydTERRAIN bezeichnet. Technische Erläuterungen zum HydTERRAIN sind im Anhang 1c „Definition der Datenformate“ enthalten. In dieses Geländemodell sind die für die Hochwassergefahrenkarten vermessenen Gewässer das Gewässerbett und die vermessenen Dämme integriert (Bruchkanten). Dieses Geländemodell ist generell zu nutzen und kann bei der LUBW angefordert werden. Auf dieses Geländemodell kann i. A. zugegriffen werden, wenn seitens der Kommune eine entsprechende Rahmenvereinbarung mit dem LGL (Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg) besteht. Derzeit werden im Zusammenhang mit der Fortschreibung der Hochwassergefahrenkarten Befliegungen für einzelne Gebiete mit einer Auflösung von 8 Punkten/m<sup>2</sup> durchgeführt. Diese hohe Punktdichte wird eine erheblichen Genauigkeitssteigerung für die Erstellung der Starkregengefahrenkarten führen.

Das landesweite HydTERRAIN muss lokal validiert und mit detaillierten Informationen über einzelne, den Oberflächenabfluss beeinflussende Bauwerke und Strukturen ergänzt werden. Je detaillierter die Geländestrukturen aufgenommen sind, desto realistischer können anschließend die Abflusswege des Wassers modelliert werden.

Bauwerke und Strukturen, die in das HydTERRAIN integriert werden sollten, können sein:

- Durchlässe
- Verdolungen
- Unterführungen
- ggf. Mauern und hohe, abflussrelevante Bordsteine
- Dämme und Wälle
- Gräben
- Bauwerke als Abflusshindernisse
- Profile von kleinen Gewässern

Dieses, um die lokalen, abflusswirksamen Bauwerke und Strukturen ergänzte Geländemodell ist die Basis für die Erstellung des Modellnetzes für die hydraulischen Modelle zur Analyse der Starkregengefahr.

## 5.2 Hydraulische Gefährdungsanalyse

Zweidimensionale, hydrodynamische, numerische Modelle (2D-HN-Modelle) ermöglichen die Erfassung und Darstellung eines bestehenden, oder eines im Fall von wild abfließendem Wasser entstehenden Gerinnesystems und der abflussrelevanten Strukturen. Sie können die Strömungsverhältnisse und die Überflutungsvorgänge in beliebig strukturierten Gebieten darstellen. Das Untersuchungsgebiet wird durch das HydTERRAIN abgebildet, was eine gute Anpassung an die topographischen und hydrodynamischen Gegebenheiten des jeweiligen Untersuchungsgebietes gewährleistet. Bei der Generierung des Modellnetzes ist darauf zu achten, dass die abflussrelevanten Strukturen in den kritischen Bereichen auf der kleinräumigen Skala im Modell für die Gefährdungsanalyse adäquat abgebildet werden. Dabei können auch die Wechselwirkungen zwischen Bauwerken der Siedlungsentwässerung und dem Oberflächenabfluss in die 2D-HN-Modellierung einbezogen werden.

Im hydraulischen Modell sind die Rauigkeiten der Geländeoberfläche für die örtlichen Verhältnisse entsprechend den vorhandenen Oberflächenbeschaffenheiten und -nutzungen so anzusetzen, dass realistische Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten erzielt werden.

2D-HN-Modelle erlauben die Simulation der zeitlichen Entwicklung der Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten sowie die Überprüfung der Wirkung von baulichen Vorsorgemaßnahmen auf den zukünftigen potentiellen Verlauf von Überflutungen. Es können die Fließ-, Deich- und Wegeverläufe relativ einfach und vor allem genau erfasst werden, was für den zu modellierenden Abflussprozess eine entscheidende Rolle spielen kann und eine Einschätzung der Wirksamkeit von baulichen Maßnahmen erlaubt.

Eingangsdaten für die zweidimensionale instationäre hydraulische Modellierung sind:

- die Oberflächenabflusswerte im 1x1 m Raster für die drei Oberflächenabflussszenarien selten, außergewöhnlich und extrem
- die Topographie (HydTERRAIN)
- die Gebäudesituation (Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem – ALKIS)
- die Landnutzung zur Bestimmung der Rauigkeitsbeiwerte (Digitales Landschaftsmodell – Basis DLM)
- gegebenenfalls Abschätzungen der Wirkung (z.B. als Quelle oder Senke) wichtiger Bauwerke der Stadtentwässerung (z.B. Hauptsammler der Kanalisation) für das seltene Ereignis.

Für die Szenarien eines außergewöhnlichen und eines extremen Abflussereignisses sollte neben der hydrologischen Annahme, dass ein verschlammter Boden vorliegt, im hydraulischen Modell angenommen werden, dass die Verdolungen verlegt sind, d.h. hydraulisch nicht wirksam (siehe auch Kapitel 6.2). Für die Szenarien eines seltenen und eines außergewöhnlichen Abflussereignisses kann die Annahme eines unverschlammten Bodens optional durchgeführt werden, sofern aufgrund örtlicher Erkenntnisse die Annahme von unverschlammten Verhältnissen schlüssig erscheint. Diese Annahme ist beispielsweise zu prüfen, wenn die Situation der Landnutzung eine geschützte Vegetationsdecke des Oberbodens aufweist und die Böden daher nicht verschlammten können. Im Regelfall sollen nur drei Szenarien gerechnet werden.

Im Rahmen der hydraulischen Berechnung werden für jedes der drei gewählten (Oberflächen-) Abflussszenarien mehrere Rechenläufe durchgeführt. In einem iterativen Prozess wird dabei das Modell durch Überprüfung und ggf. Korrektur der Topografie und der Abflusswege plausibilisiert und – falls möglich – an bekannte Fließzustände angenähert.

Beim Szenario eines seltenen Starkregenereignisses, welches oberhalb der Bemessungsgrenzen der Siedlungsentwässerung angesetzt ist, kann die Kanalisation, in Abhängigkeit von den lokalen Gegebenheiten, noch eine geringe Rolle spielen. Hier sollte die Wirkung der Kanalisation als Senke oder Quelle abgeschätzt oder pauschal

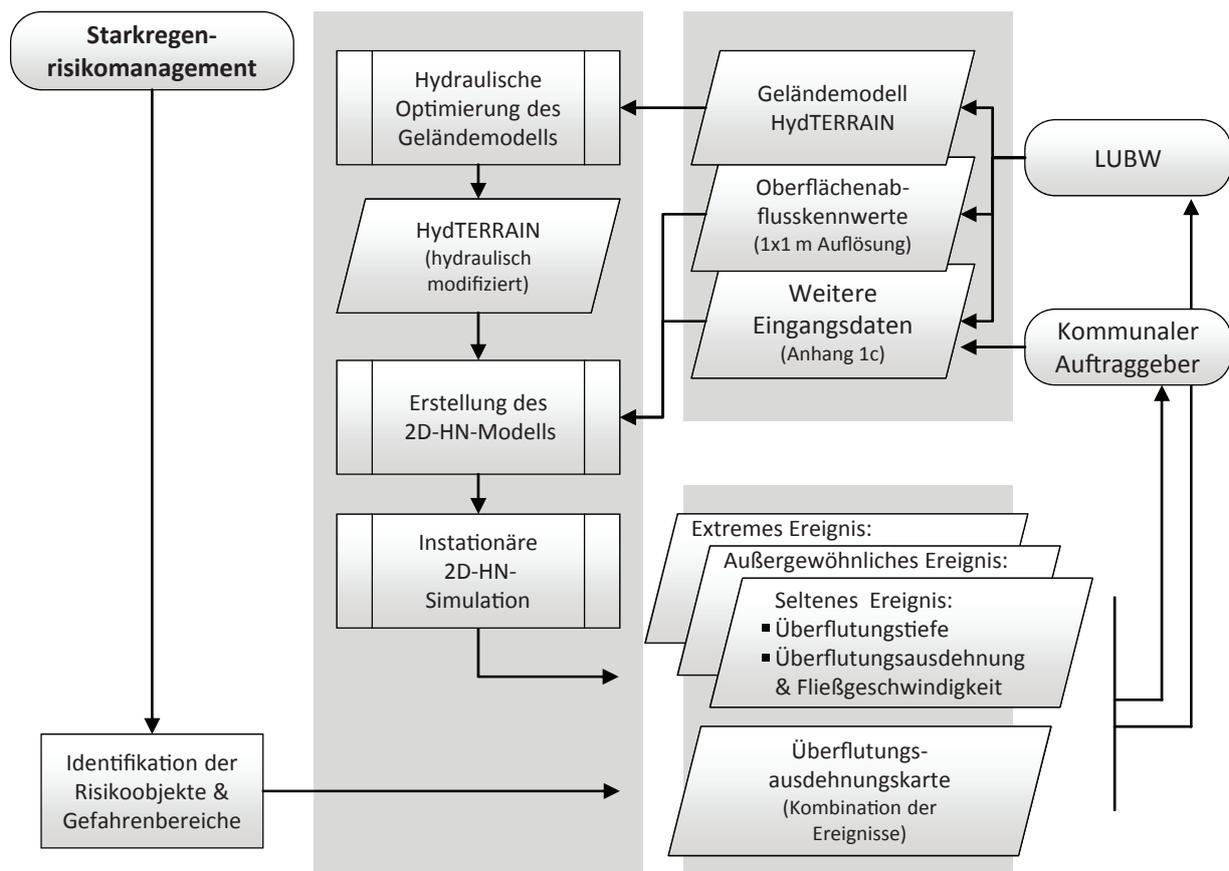


Abbildung 14: Ablaufschema zur Erstellung der Starkregengefahrenkarten

als prozentualer Abschlag näherungsweise berücksichtigt werden. Eine gekoppelte Simulation von Kanal- und Gewässernetz wird in der Regel nicht erwartet und ist nur mit erheblichem Mehraufwand durchführbar. Für die Szenarien eines außergewöhnlichen und eines extremen Starkregenereignisses sind die Abflussmengen i. d. R. so hoch, dass die Kanalisation keine Rolle spielt.

Das Modell berechnet instationär die Wasserspiegellage [m+NN] und die tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit [m/s] an den Modellknoten für das Oberflächenabflussereignis. Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung werden mithilfe von geografischen Informationssystemen mit der Geländeoberfläche verschnitten.

Anschließend wird jedes Szenario mit folgenden Parametern beschrieben:

- Überflutungsausdehnung
- Wasserspiegellage [m+NN]
- Überflutungstiefe [m]
- Fließgeschwindigkeit [m/s],
- sowie der zeitliche Ablauf des Ereignisses (nur für das außergewöhnliche und das extreme Szenario).

Nach den derzeit vorliegenden Erfahrungen muss zur hinreichend genauen Darstellung des zeitlichen Ablaufs eines Ereignisses die jeweilige Berechnung in mindestens 5 Minuten-Zeitschritten aufgelöst werden und dies für eine Stunde Niederschlagsdauer und eine Stunde Nachlauf. Einen schematischen Überblick zur Vorgehensweise bei der Erstellung der Starkregengefahrenkarten gibt Abbildung 14.



Tabelle 3: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen

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

Tabelle 4: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten

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

Verlauf der Überflutungszustände für das außergewöhnliche und extreme Szenario soll in diskreten Zeitschritten (mind. 5 min) für eine Stunde Niederschlagsdauer und eine Stunde Nachlauf als Animation dargestellt werden.

Die Starkregengefahrenkarten sind das Schlüsselement zur Darstellung der Gefährdung und zur Identifikation von Risiken. Sie bilden die Grundlage zur Verortung der zu treffenden Vorsorgemaßnahmen. Sie liefern ferner die Grundlage zur Erstellung der Alarm- und Einsatzpläne für den Fall eines Starkregenereignisses.

#### Ausdehnung der Überflutung

Die maximale Ausdehnung der Überflutung zeigt an, welche Objekte und Bereiche betroffen sind und somit in der Risikoanalyse zu betrachten sind. Mit Hilfe der diskreten Zeitschritte kann die Reihenfolge der von Überflutung betroffenen Objekte und Bereiche identifiziert werden, was wichtige Hinweise zur Priorisierung von Schutz- und Vorsorgemaßnahmen im Ereignisfall gibt.

### Überflutungstiefe

Die Überflutungstiefen sind entscheidend für die möglichen Eintrittswege des Wassers in Gebäude. Überflutungstiefen bis 10 cm stellen bei nicht ebenerdigen Kellerfenstern oder erhöhten Lichtschächten meist keine Gefährdung dar. Bei Überflutungstiefen zwischen 10 und 50 cm kann das Wasser durch Bauwerksöffnungen in Gebäude eindringen. Allerdings sind bei diesen Überflutungstiefen die statischen Druckkräfte noch gering, so dass sie durch einfache Dichtungen gut abgehalten werden können. Bei Überflutungstiefen von 50 bis 100 cm steigt der statische Druck so an, dass die Dichtungen, vor allem bei nach innen zu öffnenden Türen, versagen. Bei Überflutungstiefen über 1 m kann das Wasser oft durch zusätzliche Öffnungen in Gebäude eindringen.

Die vierstufige Skala (Abbildung 16) mit steigenden Farbintensitäten ermöglicht die Unterscheidbarkeit der einzelnen Tiefen- bzw. Gefährdungsklassen. An Treppenabgängen und Tiefgarageneinfahrten können höhere Überflutungstiefen auftreten. Da sie sich unterhalb des für die Karten ausschlaggebenden Geländeneiveaus befinden, sollten sie in den Karten gesondert gekennzeichnet werden.

### Fließgeschwindigkeiten

Die Darstellung von Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung ist eine wichtige Information, da die Wirkung der dynamischen Strömungskräfte auf Gebäude und auch auf Menschen mit steigender Geschwindigkeit stark zunimmt. Bei Fließgeschwindigkeiten von 0 bis 0,2 m/s spielen die dynamischen Strömungskräfte kaum eine Rolle. Bei Geschwindigkeiten von 0,5 bis 2 m/s stellt das Durchqueren von Abflusswegen bereits eine große Gefahr für Leib und Leben dar. Bei Fließgeschwindigkeiten über 2 m/s können Gebäude durch Unterspülung oder Bruch von Wänden geschädigt werden. Weiterhin können Türen aufgedrückt werden und, bei entsprechenden Wasserhöhen, auch Fenster und Wände durch mitgeführtes Geschiebe eingedrückt werden (Tabelle 4).

Zur Darstellung der relevanten Fließgeschwindigkeit wird beispielhaft eine Einteilung in drei Klassen in Form von farbigen Pfeilen empfohlen (Abbildung 16). Ggf. können Aussagen für kritische Bereiche aggregiert und punktuell dargestellt werden.

### Fazit:

- 2D-HN-Berechnungsmodelle haben deutliche Vorteile und werden im Rahmen des Leitfadens für die Gefährdungsanalyse vorgegeben.
- Für die Entstehung von Oberflächenabfluss ist die Kombination aus Niederschlags- und Bodeneigenschaften sowie den Vorfeuchtebedingungen entscheidend. Hierzu werden von der LUBW Oberflächenabflusswerte im 1 x 1 m Raster landesweit zur Verfügung gestellt.
- Je detaillierter das Geländemodell als Grundlage der zweidimensionalen, hydraulischen Modellierung ist, desto realistischer sind die Ergebnisse:
  - Als Eingangsgröße wird das HydTERRAIN zur Verfügung gestellt.
  - Lokale, abflussbestimmende Strukturen und Objekte müssen aufgenommen und in das HydTERRAIN integriert werden.
- Starkregengefahrenkarten werden für drei Szenarien bzw. Oberflächenabflussereignisse erstellt:
  - selten
  - außergewöhnlich
  - extrem.
- Starkregengefahrenkarten zeigen je Szenario die maximalen
  - Überflutungsausdehnungen
  - Überflutungstiefen und
  - die relevanten Fließgeschwindigkeiten.
- Eine zusätzliche Karte soll die jeweiligen maximalen Ausdehnungen der Überflutungen für alle drei Szenarien aufzeigen.
- Zusätzlich soll der zeitliche Verlauf als digitale Animation in mindestens 5 Minuten-Zeitschritten für eine Stunde Niederschlagsdauer und eine Stunde Nachlauf dargestellt werden.

# 6 Risikoanalyse

Das Überflutungsrisiko ergibt sich aus der Kombination der Überflutungsgefahr, dargestellt in den Starkregengefahrenkarten, mit dem Schadenspotenzial. Bei der Starkregenrisikoanalyse werden grundsätzlich zwei Anwendungsbereiche unterschieden: Zum einen die kommunale Risikoanalyse, die öffentliche Objekte, Bereiche und Infrastruktureinrichtungen im Blick hat und zum anderen die private Risikoanalyse, die der Verantwortung der privaten oder gewerblichen Betreiber und Eigentümer obliegt.

Ziel der kommunalen Risikoanalyse ist es, Aussagen zum potenziellen Ausmaß von Gefahren für Leib und Leben sowie Schäden an öffentlichen Objekten und Infrastruktureinrichtungen zu treffen. Dies kann nicht durch ein standardisiertes Verfahren erfolgen, sondern muss auf Grundlage vorhandener Ortskenntnisse unter Einbezug aller wesentlichen Akteure in der Kommune geschehen.

Die kommunale Risikoanalyse umfasst grundsätzlich drei Schritte, die nacheinander zu bearbeiten sind:

1. Ermittlung der Überflutungsgefährdung – Analyse der Starkregengefahrenkarte und weiterer Gefahreninformationen wie Gefahr durch Geröll
2. Analyse des Schadenspotenzials – Identifizierung von kritischen öffentlichen Objekten, Bereichen und Infrastruktureinrichtungen
3. Ermittlung und (verbale) Bewertung des Überflutungsrisikos als Zusammentreffen von Gefährdung und Schadenspotenzial

Hierdurch soll eine Bewertungsgrundlage geschaffen werden, mit deren Hilfe die besonders risikobehafteten Areale im Gemeindegebiet identifiziert und der Handlungsbedarf entsprechend eingegrenzt werden kann. Es kann darin eine Einschätzung erfolgen, in welchen Siedlungsbereichen das bestehende Überflutungsrisiko hingenommen wird bzw. werden muss.

Wurde auf Basis der Hochwassergefahrenkarte noch keine kommunale Risikoanalyse durchgeführt, bietet sich an, eine gemeinsame Risikoanalyse für das Starkregen- und Hochwasserrisikomanagement zu erstellen. Sollte bereits eine Risikoanalyse auf Basis der HWGK vorliegen, ist diese zu überprüfen. Die HWGK werden von der LUBW ausgeliefert (siehe auch Anhang 1 c).

Die Ergebnisse der kommunalen Risikoanalyse bilden im Anschluss die Basis für die Ableitung und Definition von Maßnahmen im kommunalen Handlungskonzept. Bei der Analyse von potenziellen Gefahren für Leib und Leben sowie der Einschätzung von potenziellen Schäden an Objekten und Infrastruktur soll im hier beschriebenen Verfahren keine direkte monetäre Bewertung sondern nur eine qualitative Einschätzung erfolgen.

## 6.1 Analyse der Starkregengefahrenkarte

Wenn als Folge eines Starkregenereignisses Siedlungsbereiche überflutet werden, bestehen besondere Risiken für die menschliche Gesundheit sowie für private und öffentliche Gebäude und Infrastruktureinrichtungen. Als erster Schritt einer Risikoanalyse werden deshalb durch die Analyse der Starkregengefahrenkarten (für die drei Szenarien selten, außergewöhnlich, extrem) Bereiche im Gemeindegebiet identifiziert, die bei Starkregenereignissen überflutet werden können und durch hohe Überflutungstiefen, große Überflutungsausdehnung und/oder hohe Fließgeschwindigkeiten gekennzeichnet sind und wo ggf. die Gefahr durch Erosion bzw. Gerölltransport besteht.

Darüber hinaus sollten die folgenden Punkte beachtet werden:

- Auch der Eintritt geringer Wassermengen kann in Gebäuden hohe Sachschäden erzeugen, v.a. da das eintretende Wasser verunreinigt oder mit Sedimenten belastet sein kann. Daher sollten auch Gebiete, in denen die Analyse der Starkregengefahrenkarten nur geringe Überflutungstiefen ausweist, in der Bewertung des möglichen Schadenspotenzials nicht vernachlässigt werden.
- Auch die Überflutungsdauer kann vor allem in Siedlungsbereichen, in denen das Wasser nicht abfließen kann und entsprechend langanhaltend steht, eine Rolle spielen (z.B. Siedlungsbereiche in Tieflagen). Hinsichtlich notwendiger Rettungsmaßnahmen sind solche Siedlungsbereiche als gefährdeter einzustufen als Bereiche, die rasch trocken fallen und somit schnell wieder erreichbar sind.

## 6.2 Ermittlung kritischer Objekte und Bereiche

Bei der Abschätzung möglicher Schäden durch Starkregen müssen sowohl nicht-monetäre als auch monetäre Schäden berücksichtigt werden. Zu den nicht-monetären Schäden gehören die Gefährdung menschlicher Gesundheit und Leben, die Beschädigung von Kulturgütern und Umweltschäden, wie die Verunreinigung von Böden und Gewässern oder die Beeinträchtigung von Ökosystemen.

Monetäre Schäden können v.a. auftreten

- an Gebäuden und Inventar
- an öffentlichen Einrichtungen
- an Anlagen der Wirtschaft und Industrie
- durch Störung oder Ausfall von Produktions- und Dienstleistungsprozessen
- in der Land- und Forstwirtschaft
- an der Infrastruktur sowie
- an Gewässern und wasserbaulichen Anlagen.

Im Rahmen der Abschätzung möglicher Schäden durch Starkregen werden kritische Objekte und Infrastruktureinrichtungen in die Starkregengefahrenkarten eingezeichnet, für die bei Starkregeneignissen Gefahren für Leib und Leben bzw. erhebliche Schäden und Beeinträchtigungen erwartet werden (siehe Tabelle 5, Abbildung 17 sowie Anhang 1c). Basierend auf diesen Karten können anschließend ggf. weitere Karten für spezifische, kommunal wichtige Themenfelder (z.B. wichtige Verbindungswege) und besonders schutzwürdige Objekte und Bereiche (z.B. Ökosysteme, Land- und Forstwirtschaft, im Hinblick auf Erosion, Feststoff- und Gerölltransport usw.) erstellt werden.

Verursacht durch hohe Fließgeschwindigkeiten des abfließenden Wassers können nach Starkregeneignissen intensive Erosionsprozesse auftreten, die mit starkem Gerölltransport verbunden sind. In Karten des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB, [maps.lgrb-bw.de](http://maps.lgrb-bw.de)) sind diese Gefahren beschrieben. Eine ingenieurmäßige Bewertung der Gefahr durch Erosion und Gerölltransport sollte daher auf Basis der Informationen des LGRB erfolgen. Durch Geröll kann einerseits Gefahr für Leib und Leben entstehen und andererseits die Gefahr der Bauwerksverlegung und der Gewässerverlegung massiv ansteigen.

So können völlig neue Fließwege entstehen, welche zu beachten sind. Bei außergewöhnlichen und extremen Abflussereignissen sollte daher überprüft werden, ob mit der Verlegung von Bauwerken (z.B. Verdolungen, Brücken und Durchlässen) zu rechnen ist. Gegebenenfalls sind diese Bereiche in eine Karte einzutragen und die Gefahr verbal zu beschreiben, sodass diese in der Risikoanalyse für die Siedlungsbereiche beachtet und bewertet werden kann. Unter Umständen ist je nach Gefährdungssituation eine zusätzliche hydraulische Berechnung unter diesen Annahmen durchzuführen.

Abhängig von den zur Verfügung stehenden Datengrundlagen und Informationsquellen (z.B. Bebauungsplan, Flächennutzungsplan, sonstige Karten, Luftbilder, ALKIS, ATKIS, sonstige vor Ort vorliegende Informationen etc.) kann die Ermittlung des Schadenspotenzials in zwei Schritten als flächenbezogene und ggf. detaillierte Analyse erfolgen. Bei der flächenbezogenen Auswertung werden die besonders schadensrelevanten bzw. schützenswerten öffentlichen Objekte und Bereiche identifiziert und lokalisiert (siehe Tabelle 5). In einer detaillierten Analyse können für einzelne Objekte oder Bereiche zusätzlich die individuellen, spezifischen Gegebenheiten, insbesondere die bauliche Gestaltung einzelner Gebäude, wie z.B. die Höhenlage von Eingängen, Zufahrten und Lichtschächten, sowie eine objektbezogene Abschätzung potenziell überflutungsbetroffener Werte betrachtet werden. Für einen Kindergarten ist es beispielsweise entscheidend, ob ein zweites Geschoss vorhanden ist, das als Zufluchtsraum genutzt werden kann, und ob weitere Zugangs- und Rettungswege bestehen. Für die detaillierte Analyse sind deshalb ggf. zusätzliche, lokale Vermessungen, Ortsbegehungen oder Befragungen notwendig. Angesichts des hohen Aufwands hierfür sollte sich die Anwendung hauptsächlich auf kleinräumige Betrachtungen bzw. besonders überflutungsgefährdete Bereiche beschränken, sofern die abschließende Einschätzung im Rahmen der Risikoanalyse aus nachvollziehbaren Gründen notwendig erscheint. Im Regelfall ist die detaillierte Analyse, sofern notwendig, als Arbeitsauftrag im Handlungskonzept zu formulieren.

Table 5: Liste kritischer Bereiche und Objekte zur Abschätzung möglicher Schäden

Objekt/Bereich	Risikoaspekt
Besonders kritische Objekte, z.B. Einrichtungen für Menschen mit Behinderungen, Schulen, Kindergärten, Alten- und Seniorenheime, Krankenhäuser, Museen, Bibliotheken etc., insbesondere wenn im Erdgeschoss ein erhöhtes Schutzbedürfnis besteht oder Abgänge zu Kellergeschossen vorhanden sind	Erhöhtes Schadenspotenzial, erhöhte Gefahr für Gesundheit, Bevölkerung mit speziellen Bedürfnissen (z.B. eingeschränkte Mobilität) für Schutz und Evakuierung, evtl. kulturhistorische Relevanz
Geländetiefpunkte, wie Unterführungen und Senken	Gefahr durch Ertrinken, Wegfall von Evakuierungs- und Einsatzrouten
Abschüssige Straßen	Ausbildung hoher Fließgeschwindigkeiten und neuer Fließwege
Abgänge zu Unterführungen, öffentliche Tiefgaragen, tiefliegende Fußgängerpassagen	Fehlende Rettungswege, mögliche Falle für Bevölkerung
An die Straßen angrenzende öffentliche Bebauung mit ausgebautem Kellergeschoß oder Kellerfenstern auf Straßenniveau; Eingänge zu Kaufhäusern und Geschäften auf Straßenniveau	Erhöhtes Schadenspotenzial
Verkehrsknotenpunkte wie Bahnhöfe, U-Bahnhöfe	Erhöhtes Schadenspotenzial, Wegfall von Evakuierungsrouten, mögliche Falle für Bevölkerung
Standorte der Rettungs- und Einsatzkräfte (Feuerwehr, Sanitätsdienste, Polizei, evtl. Militär)	Wichtige Infrastruktur zum Krisenmanagement, Erreichbarkeit im Ereignisfall, Sicherstellung des Zugangs zu den betroffenen Gebieten
Einrichtungen und Objekte mit möglichen Schadstoffquellen, die zu einer Gefährdung im öffentlichen Raum führen können, wie beispielsweise <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tankstellen und Lager für wassergefährdende Stoffe</li> <li>▪ Forschungseinrichtungen mit wasser- und gesundheitsgefährdeten Stoffen</li> <li>▪ Kläranlagen</li> <li>▪ Landwirtschaftliche Betriebe mit Chemikalienlagern und/oder Tierhaltung</li> <li>▪ Produktionsanlagen</li> <li>▪ Chemielager</li> </ul>	Hohes Schadenspotenzial durch Folgeschäden
Erosionsgefährdete Gebiete	Hoher Materialtransport
Verdolungen, Brückendurchlässe	Veränderte Überflutungsszenarien infolge Verklausungen
Freizeiteinrichtungen mit hohem Publikumsverkehr	Hohes Schadenspotenzial, Evakuierungszentrum
Justizvollzugsanstalt	Eingeschränkte Mobilität
Objekte der Energieversorgung	Wichtige Infrastruktur, Versorgungsrelevanz
Einrichtungen der Wasserversorgung	Wichtige Infrastruktur
Einrichtungen des Funk- und Fernmeldewesen	Wichtige Infrastruktur

### 6.3 Risikoermittlung und Risikobewertung

Um das Überflutungsrisiko eines ausgewählten Gebietes zu ermitteln und zu bewerten, wird die lokale Gefährdungssituation mit dem Schadenspotenzial kombiniert. Basierend auf den vorher identifizierten kritischen Objekten und Infrastruktureinrichtungen muss eine Priorisierung der Objekte erfolgen und entsprechende Handlungs-

schwerpunkte müssen ausgewiesen werden. Diese Priorisierung erfordert detaillierte Vor-Ort-Kenntnisse, weshalb keine standardisierte Bewertungsmethode vorgegeben werden kann. Die Bewertung sollte daher in jedem Fall nur unter intensiver Einbeziehung der jeweiligen lokalen Akteure erfolgen.

Folgende Leitfragen können eine Hilfe für die Risikobewertung darstellen:

- Wo ist das Überflutungsrisiko am höchsten (höchste Überflutungsgefahr u./o. höchstes Schadenspotenzial)? Wo bestehen Gefahren für Leib und Leben?
- Wo gibt es kritische Objekte (Kindergärten, Krankenhäuser etc.), die im Falle eines Starkregenereignisses überflutet werden könnten? Wie gut sind diese bisher gegen Überflutungen geschützt?
- Welche Einrichtungen bedürfen spezieller Hilfe, z.B. bei Evakuierungen?
- Welche Infrastruktur- und Versorgungsobjekte sind (lebens-) notwendig und dürfen nicht ausfallen (z.B. Krankenhäuser oder die Einsatzzentralen von Polizei und Feuerwehr)?
- Wo sind besonders sensible Infrastrukturanlagen betroffen und welche Folgen hätte ihr Ausfall?
- Welche örtlichen Randbedingungen sind für die Einstufung des lokalen Überflutungsrisikos von besonderer Bedeutung?
- Wo sind Schäden infolge Feststoff- und Gerölltransport zu erwarten?
- Welche möglichen Zugangs- und Rettungswege bestehen für Einsatzkräfte bei den verschiedenen Szenarien?
- Welche Infrastrukturelemente sind bereits gegen Überflutungen geschützt und bedürfen daher keiner besonderen Berücksichtigung?

Eine detaillierte Kategorisierung bzw. Priorisierung des Risikos (z.B. in gering, mittel, hoch) für bestimmte Überflutungstiefen wird im hier beschriebenen Verfahren ausdrücklich nicht vorgegeben. Das Risiko für die auf den Starkregengefahrenkarten eingezeichneten kritischen Objekte und Infrastruktureinrichtungen (Anhang 1 c) wird vielmehr im Sinne einer Ersteinschätzung beschrieben und entsprechend der lokalen Gegebenheiten priorisiert (z.B. Objekte mit hohem, mittlerem, niedrigem Risiko) und eine spätere detaillierte Prüfung im Bedarfsfall veranlasst. Hierzu können beispielsweise „Risiko Steckbriefe“ (Anhang 1 c) für die von Überflutungen besonders betroffenen Risikoobjekte und Bereiche erstellt werden, in denen die Risikoeinschätzung (z.B. hoch, mittel, gering) inkl. Begründung knapp zusammengefasst und bildlich dokumentiert werden kann. In den Steckbriefen sollen bereits Handlungserfordernisse und

ggf. erste Maßnahmenoptionen formuliert werden. Sie sollten Aussagen zu folgenden Aspekten enthalten:

- Charakterisierung der Überflutungsgefährdung inkl. Nennung der zu erwartenden szenariobezogenen Überflutungstiefen
- Charakterisierung des Schadenspotenzials (Art und Ausmaß)
- Bilddokumentation
- Risikoeinschätzung
- Einschätzung zur Notwendigkeit von Vorsorgemaßnahmen

Das Ergebnis ist eine Zusammenstellung der Einzelbeschreibungen von Objekten und Bereichen, die entsprechend der Priorisierung (hoch, mittel, gering) sortiert sind.

**Beispiel 1 aus dem Bereich hoch:**

„Das Krankenhaus XY liegt in einem Bereich der Gemeinde, in dem bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen eine Überflutung durch Oberflächenwasser mit Überflutungstiefen bis zu einem Meter auftreten kann. Aufgrund des hohen Schadenspotenzials, d.h. der hohen Zahl von Betroffenen (durchschnittlich ca. xyz Mitarbeiter und xyz Patienten) sowie der hohen Sachwerte vor Ort (z.B. medizinische Geräte) besteht hier ein hohes Risiko. Deshalb sollten die folgenden Maßnahmen in Betracht gezogen werden ...“

**Beispiel 2 aus dem Bereich niedrig:**

„Die Schule XY liegt in einem Bereich der Gemeinde, in dem bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen eine Überflutung durch Oberflächenwasser mit Überflutungstiefen bis zu 10 cm auftreten kann. Dies kann als unkritisch bezeichnet werden. Allerdings sollte auch hier im Detail geprüft werden, wie die Bausubstanz und der Gebäudezustand auf entsprechende Überflutungszustände reagieren würden. Eventuell müssen Kellerfenster oder Eingänge zusätzlich abgedichtet werden ...“

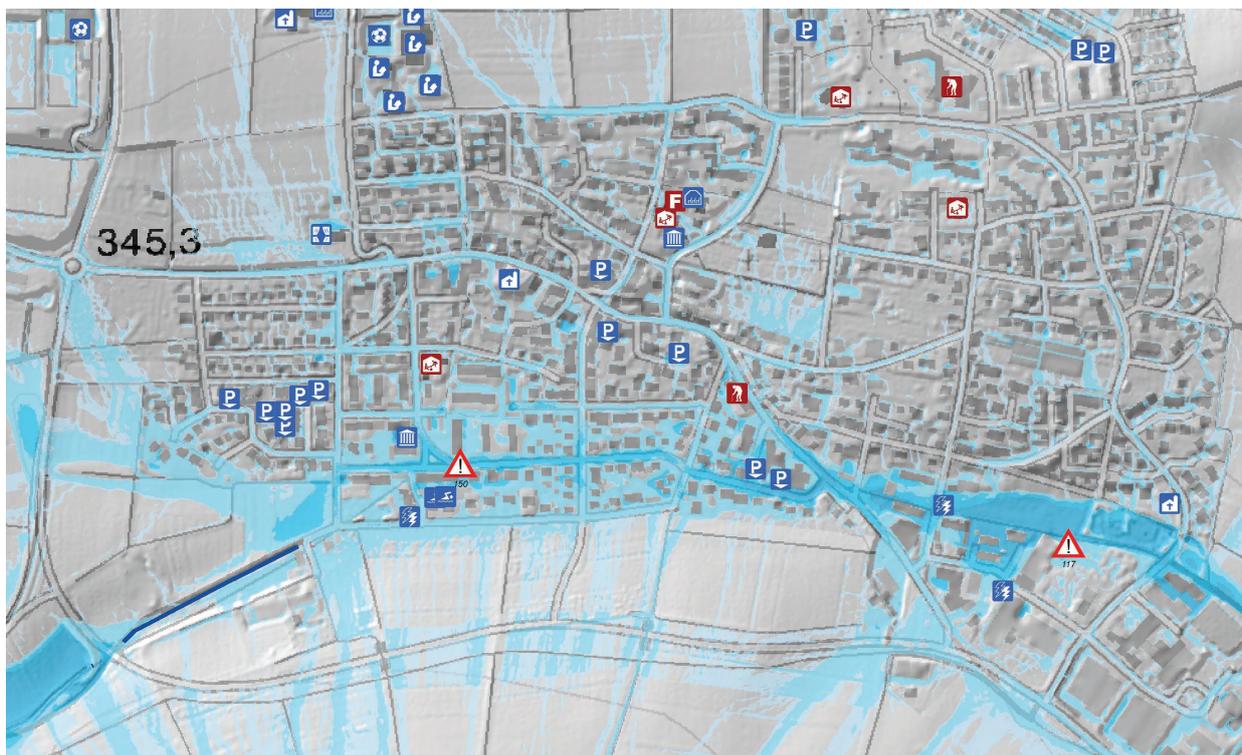


Abbildung 17: Beispiel einer Starkregengefahrenkarte mit Darstellung besonderer Risikoobjekte (geomer GmbH).

Die Risikoanalyse liefert die planerischen Grundlagen, um anschließend in einem kommunalen Handlungskonzept organisatorische, technische und/oder bauliche Maßnahmen definieren und in ihrer Wirksamkeit überprüfen zu können.

Die Rolle der Kommunen im Prozess der Risikoanalyse umfasst vor allem zwei Bereiche:

- 1) Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben (Vorsorgepflicht gegenüber den Bürgern, Gefahrenabwehr): Überflutungsanalyse für das Gemeindegebiet, Information der Bevölkerung über Starkregengefährdung
- 2) Risikoanalyse für öffentliche Objekte, Bereiche und Infrastruktur

Für einen kleineren Teil der gefährdeten Objekte sind Kommunen in ihrer Funktion als Betreiber abschließend für die Bewertung sowie die darauf folgenden Maßnahmen zuständig.

Bei einem Großteil der Objekte in einer Kommune handelt es sich um private und gewerblich genutzte Objekte. Hier sind die Eigentümer oder Betreiber für die Bewertung und die folgenden Maßnahmen zuständig, d. h. jeder

Eigentümer bzw. Betreiber muss selbst entscheiden, welches Risiko besteht und eingegangen werden kann. Auch aus Datenschutzgründen kann eine Risikoanalyse für den privaten und gewerblichen Bereich von der Kommune nicht ohne weiteres durchgeführt werden. Die Starkregengefahrenkarten liefern jedoch die erforderlichen Grundlageninformationen, um die potenzielle Überflutungsgefährdung bei Starkregen einschätzen und entsprechende organisatorische sowie technische und nicht-technische Maßnahmen ableiten zu können.

**Fazit:**

- Die örtliche Überflutungsrisikoanalyse umfasst drei Schritte:
  - Analyse der Überflutungsgefährdung
  - Identifizierung von kritischen Objekten, Bereichen und Infrastruktureinrichtungen und Abschätzung möglicher Schadenspotentiale
  - Ermittlung und Bewertung des Überflutungsrisikos als Kombination von Gefährdung und Schadenspotenzial.
- Liegt eine Risikoanalyse auf Basis der HWGK vor, ist diese zu überprüfen. Ansonsten wird eine gemeinsame Risikoanalyse (Starkregen und Fluss-Hochwasser) empfohlen.
- Die örtliche Überflutungsrisikoanalyse bildet die Grundlage für die anschließende Planung und Ausweisung von Maßnahmen im Handlungskonzept.
- Die Risikoanalyse für öffentliche Belange und öffentliche Infrastruktur liegt in der Verantwortung der Kommunen.
- Die grundstücksbezogene Risikoanalyse für gewerbliche und private Objekte liegt in der Verantwortung der Betreiber bzw. Eigentümer.
- Die Risikoanalyse umfasst eine verbale Risikobeschreibung für das Untersuchungsgebiet und bei Bedarf Steckbriefe für kritische Objekte.

# 7 Handlungskonzept

Die Starkregengefahrenkarten und die darauf basierende Risikoanalyse liefern die Grundlage zur Erstellung eines kommunalen Handlungskonzeptes zur Vermeidung oder Minderung von Schäden infolge von Starkregenereignissen. Dieser Prozess stellt eine kommunale Gemeinschaftsaufgabe dar und muss von allen Betroffenen auch als solche verstanden werden. Die Maßnahmen im Handlungskonzept können, ähnlich wie bei der Vorgehensweise des Hochwasserrisikomanagements, in verschiedene Bereiche wie Flächen- und Bauvorsorge, natürlicher Wasserrückhalt, technische Schutzeinrichtungen, Krisenmanagement, Eigenvorsorge, Informationsvorsorge und Risikovorsorge unterteilt werden. Wichtige Fragestellungen aus den verschiedenen Vorsorgebereichen und konkrete Umsetzungsmöglichkeiten werden auch im Rahmen des DWA-Hochwasser-Audits beschrieben (DWA Merkblatt M 551, Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet“, 2010). Wurde im Rahmen des Hochwasserrisikomanagements noch kein Handlungskonzept erstellt, wird empfohlen, hier ein gemeinsames Konzept zu entwickeln.

## 7.1 Akteure bei der Erstellung des Handlungskonzeptes

Als kommunale Querschnittsaufgabe erfordert die Vorsorge gegenüber Überflutungen durch Starkregen einen intensiven Austausch zwischen allen beteiligten Akteuren (politische Entscheidungsträger, kommunale Fachämter, forst- und landwirtschaftliche Akteure, Fachplaner, Grundstückseigentümer, betroffene Bürger sowie die Rettungs- und Einsatzkräfte des Katastrophenschutzes).

Eine enge Abstimmung ist zwischen den für die verschiedenen Handlungsfelder zuständigen kommunalen Fachämtern (Stadtplanungsamt, Straßenbauamt, Umweltamt, Stadtentwässerung, Ordnungsamt usw.) zwingend erforderlich, da die Vorsorgemaßnahmen mitunter in unmittelbarer Konkurrenzsituation zu anderen Belangen stehen können (z.B. Flächenverlust bei Neubaugebieten, Nutzungsansprüche an Straßen und Freiflächen, Verzicht auf Barrierefreiheit, optisch-gestalterische Einbußen usw.). Die Starkregenvorsorge sollte innerkommunal als wichti-

ges Planungskriterium verankert und bei größeren Kommunen in einem interdisziplinären Prozess von einer zentralen Stelle koordiniert werden.

## 7.2 Informationsvorsorge

Um eine entsprechende, nachhaltige Wirkung zu erzielen, müssen die Ergebnisse der Risikoanalyse im Rahmen des kommunalen Starkregenrisikomanagements adäquat kommuniziert werden (siehe auch Krieger et al., 2015). Die Sensibilisierung der potenziell Betroffenen ist dabei einer der ersten und wichtigsten Schritte in der Starkregenvorsorge. Hierzu gehören öffentliche Institutionen, Bürger, Industrie- und Gewerbebetriebe sowie die Land- und Forstwirtschaft. Sie müssen über bestehende Gefahren und Risiken aus Starkregenereignissen informiert werden, um ihr Risiko gegenüber Überflutungen aus Starkregenereignissen selbst einschätzen und jeweils geeignete Vorsorgemaßnahmen ergreifen zu können.

Es gibt verschiedene Publikationen zu Schutz- und Vorsorgemaßnahmen vor Überflutungen. Allgemeine und frei zugängliche Quellen sind im Anhang 5 aufgeführt.

### 7.2.1 Zielgruppe Bürger und Öffentlichkeit

Geeignete Mittel zur Information der Bürger sind zunächst die Veröffentlichung der Starkregengefahrenkarten in verschiedenen Medien (z.B. im kommunalen Internetauftritt oder im lokalen Gemeindeanzeiger) sowie begleitende Informationsveranstaltungen. Neben der reinen Informationsweitergabe ist eine Anleitung zur Interpretation der Gefahrenlage für die Bürger notwendig. Nur mit Hilfe einer solchen Anleitung können Objekteigentümer die Gefahren von Starkregen erkennen und mögliche Risiken für ihr Eigentum und ihre Gesundheit ableiten. Diese Risikoerkennung liefert die Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung geeigneter Schutzmaßnahmen auf privater Ebene.

## 7.2.2 Zielgruppe Wirtschaft und Gewerbe

In ähnlicher Art wie die privaten Betroffenen sollten auch die in der Kommune ansässigen Industrie- und Gewerbebetriebe sowie die Handels- und Handwerkskammern informiert werden. Hier ist es wichtig, die Betriebe in die Lage zu versetzen, ihre spezifischen Risikofaktoren einzuschätzen. Spezielle, zu berücksichtigende Faktoren können z.B. die Verwendung wassergefährdender Stoffe sein oder die Notwendigkeit, Belegschaftsgruppen im Ereignisfall evakuieren zu müssen. Gerade für Produktions- und Gewerbebetriebe ist ein zuverlässiger Überflutungsschutz und eine Vorsorge sehr wichtig, da neben den direkten Schäden vor allem die Kosten für Betriebsunterbrechungen und Produktionsausfälle schnell sehr hohe Summen erreichen und zur Existenzbedrohung der Betriebe werden können.

## 7.2.3 Zielgruppe Land- und Forstwirtschaft

Eine weitere Gruppe von Akteuren, die über potenzielle Gefahren von Starkregen unterrichtet werden sollte, ist die ansässige Land- und Forstwirtschaft. Gerade dieser Gruppe der Landnutzer kommt eine wichtige Rolle bei der Verminderung von (Oberflächen-)Abflussbildung und Bodenerosion nach Starkregenereignissen zu.

Maßnahmen der Landwirtschaft zur Verringerung von Oberflächenabfluss und Erosion sind z.B. die Querbewirtschaftung von Hängen, das Anlegen von Ackerrandstreifen (Abbildung 18) oder eine angepasste Bodenbearbeitung (Billen et al., 2010). Die Landwirte müssen außerdem über sinnvolle Abstände bei der Lagerung von Stroh- und Silageballen an Abflusswegen informiert werden. Diese können bei oberflächlichem Starkregenabfluss mitgerissen werden und an Durchgangs- und Einlassbauwerken zu Verklausungen und weiter ansteigenden Schäden führen. Es ist entscheidend, die ansässigen Landwirte über ihre wichtige, vorbeugende Rolle zu informieren und ihr Bewusstsein für potenzielle Gefahren ihrer Anbau- und Handlungsweisen für Unterlieger zu schärfen.



Abbildung 18: Mit der Anlage eines Blühstreifens wird eine ganzjährige Begrünung erreicht. Dadurch wird die natürliche Wasseraufnahme der Böden verbessert und der Oberflächenabfluss verringert, © Foto: Siegfried Demuth

Ein weiterer Schadenspunkt bei Starkregenereignissen sind Verklausungen durch mitgeführte Holzteile aus Waldgebieten. Die Forstwirtschaft muss hier ebenfalls über ihre wichtige Rolle im Hinblick auf Risiken für Unterlieger informiert und für ein risikominderndes Verhalten sensibilisiert werden.

Im Rahmen des KliStaR-Projektes (Anpassung an den Klimawandel durch Stärkung des Wasser- und Boden-Rückhalts im Einzugsgebiet der Glems) werden von der LUBW Infoblätter zu 23 land- und forstwirtschaftlichen Maßnahmen veröffentlicht (LUBW 2016), die als zusätzliche Informationsquelle für das kommunale Starkregenrisikomanagement und die Zielgruppe der Land- und Forstwirtschaft herangezogen werden können (siehe auch Kapitel 8.7).

## 7.3 Kommunale Flächenvorsorge

Flächenvorsorge in Bezug auf Starkregengefahren hat ein großes Potenzial bei der Minimierung von Risiken. Die Kommunen können hierzu über die Bauleitplanung steuernd eingreifen und durch Freihaltung von Flächen oder durch Vorgaben für die detaillierte Planung und Gestal-



Abbildung 19: Kommunale Alarm- und Einsatzplanung im Glemseinzugsgebiet 2011 (Bild links geomer GmbH) und in Murrhardt 2009 (Bild rechts WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbH)

tung von Nutzungen und Bauwerken in Gefahrenbereichen Risiken mindern. Für alle planerischen Aspekte sollten neben den Hochwassergefahrenkarten auch die in den Starkregengefahrenkarten identifizierten Überflutungsgebiete berücksichtigt werden.

### 7.3.1 Starkregengefahren im Flächennutzungsplan

Der Flächennutzungsplan enthält das städtebauliche und räumliche Entwicklungskonzept einer Kommune. Flächen mit besonderen Naturgefahren, die entsprechende bauliche Sicherungsmaßnahmen erfordern, sollten im Flächennutzungsplan gekennzeichnet werden (§ 5 Abs. 3 Nr. 1 BauGB). Hierzu zählen auch Flächen, die durch Überschwemmungen oder Wasserabfluss gefährdet sind. Diese Kennzeichnungspflicht bezieht neben Bauflächen auch andere Flächen wie z. B. Verkehrsflächen mit ein. Darüber hinaus besteht z. B. die Option, in einem separaten Beiplan Vorranggebiete der Starkregenvorsorge auszuweisen, die bei einem anschließenden Bebauungsplanverfahren entsprechend berücksichtigt werden sollen. Die Kennzeichnung im Flächennutzungsplan dient auch dem Hinweis an die Eigentümer und Nutzer auf die bestehende Gefährdung durch Starkregenüberflutungen.

### 7.3.2 Starkregengefahren im Bebauungsplan

Der Bebauungsplan enthält die rechtsverbindlichen Festsetzungen für die städtebauliche Ordnung. Im Bebauungsplan sollten Flächen mit der Notwendigkeit baulicher Vorkehrungen gegen Naturgefahren gekennzeichnet werden (§ 9 Abs. 5 BauGB). Festsetzungsmöglichkeiten für den Starkregenschutz (§ 9 BauGB) können z. B. die Freihaltung von Flächen für Rückhalt und Versickerung von Niederschlagswasser oder die Festsetzung nicht überbaubarer Grundstücke sein. Dies betrifft insbesondere die Freihaltung der Hauptfließwege des Niederschlagswassers, wie sie in den Starkregengefahrenkarten aufgezeigt werden. Wichtige Bausteine können die Anpassung der Einfamilienhäuser und die Vorsorge für die Kellergeschosse sein.

Das aktuelle BauGB bietet damit hinreichende Möglichkeiten, der Überflutungsvorsorge und der städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel gerecht zu werden. Für Bestandsgebiete sind die Handlungsoptionen hingegen stark eingeschränkt.

### 7.4 Krisenmanagement

Aufgabe des kommunalen Krisenmanagements ist es, die Voraussetzungen zu schaffen, dass staatliche Akteure (z. B. BOS – Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben) und Privatpersonen (§ 5, Abs. 2 WHG) Schäden

vermeiden und nach entstandenen Schäden schnellstmöglich den Normalzustand wieder herstellen können. Zum Krisenmanagement gehören die Vorsorge, Vorbereitung, Bewältigung und Nachbereitung eines Ereignisses.

Bei Starkregenereignissen können sich kritische Überflutungszustände innerhalb weniger Minuten entwickeln. Um Schäden zu vermeiden, muss der kurze Zeitraum zwischen der ersten Warnung und dem tatsächlichen Eintreten einer kritischen Hochwassersituation optimal für Abwehrmaßnahmen genutzt werden. Dies bedarf einer guten Planung im Vorfeld, in der sowohl die erforderlichen Maßnahmen als auch die maßnahmenauslösenden Indikatoren (Wetterwarnungen, lokale Pegelstände oder Beobachtungen bzw. Ereignisse vor Ort) detailliert festzulegen sind. In Baden-Württemberg wurde in diesem Zusammenhang ein vierstufiges Hochwasseralarmstufenmodell entwickelt, das auch für kleine Einzugsgebiete mit geringen Vorwarnzeiten gut geeignet ist (siehe Anhang 2).

Bei der kommunalen Hochwasseralarm- und Einsatzplanung werden die Gefahrenlagen bei Hochwasser- und Starkregenereignissen betrachtet. Eine wichtige Grundlage sind die Starkregengefahrenkarten und die erfolgte Risikoanalyse. Grundsätzlich obliegt die Gefahrenabwehr bei Gefahrenlagen durch Starkregen den Kommunen (Ortspolizeibehörde) und damit auch die Federführung für den Planungs- und Abstimmungsprozess als Vorbereitung der kommunalen Hochwasseralarm- und Einsatzplanung. In diesen Planungsprozess sind die politischen Entscheidungsträger und möglichst alle relevanten Akteure, wie z.B. die kommunale Verwaltung, Polizei, Feuerwehr, Wasserwirtschaft oder Kläranlagenbetreiber einzubinden (Abbildung 19).

Um die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen, müssen Entscheidungsprozesse in die Vorbereitungsphase vorverlagert werden. Dies verlangt politische Entscheidungen sowie die Klärung und Festlegung von Zuständigkeiten und (freiwillige) Vereinbarungen mit den an der Ereignisbewältigung beteiligten Akteuren. Die Zusammenarbeit und Koordination mit benachbarten Kommunen und dem Landratsamt ist dabei von großem Nutzen, z.B. für den effizienten Einsatz vorhandener Ressourcen.

#### **Die Hochwasseralarm- und Einsatzplanung für Starkregenereignisse erfolgt in mehreren Schritten:**

I. Aufbauend auf der Risikoermittlung und Bewertung (siehe Kapitel 6) werden zunächst die kritischen Objekte (siehe Tab.5 in Kapitel 6.2) ermittelt, die sich in die folgenden zwei wesentlichen Bereiche aufteilen:

##### **a) Kritische Infrastruktureinrichtungen**

Dies sind Einrichtungen und Dienste, die nicht in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt werden dürfen (z.B. Einrichtungen zur Strom- und Wasserversorgung oder das Feuerwehrhaus, unverzichtbare Zufahrtsstrecken für Einsatzkräfte).

##### **b) Prioritär zu betrachtende Objekte**

Dies sind Objekte, bei denen im Schadensfall eine große Zahl von Personen gefährdet sein kann, die sich nicht selbst in Sicherheit bringen können (z.B. in Kindergärten, Krankenhäusern, Pflegeeinrichtungen oder Einrichtungen für Menschen mit Behinderungen).

Neben dem kommunalen Krisenmanagement müssen objektspezifische bzw. individuelle Hochwasseralarm- und Einsatzpläne von den Betreibern kritischer Infrastruktur, von Wirtschaftsunternehmen, Kulturinstitutionen etc. entwickelt werden. Für ein wirksames Zusammenspiel im Ereignisfall ist eine gute Kommunikation zwischen der Kommune und den unterschiedlichen Akteuren und Institutionen im Gemeindegebiet zwingende Voraussetzung.

II. Bei konvektiven Starkregenereignissen ist es schwer vorhersagbar, wie stark ein bestimmter Ort getroffen wird. Eine größere Gewissheit bringen die örtliche Beobachtung von Wetterereignissen und -wirkungen kombiniert mit meteorologischer Kenntnis und langjähriger Erfahrung. Ortsspezifische Ereignisse, die zuverlässig auf eine baldige kritische Entwicklung hinweisen, können als Indikatoren festgelegt werden, z.B. dass Gewitter aus einer bestimmten Himmelsrichtung heranziehen oder an einem Berg „hängen bleiben“, dass bestimmte lokale Niederschlagsintensitäten überschritten werden, dass eine bestimmte Brücke im Oberlauf einstaut oder die Nachbarleitstelle ihr Personal verstärkt.

Um die Verantwortlichen vor Ort (Bürgermeister, Freiwillige Feuerwehr, THW) im Ernstfall konkret unterstützen zu können, sind örtliche Indikatoren zur verbesserten Einschätzung der Starkregengefahr zu erarbeiten.

**Mögliche Indikatoren für kritische Oberflächenereignisse bei Starkregenereignissen sind:**

- Wetterwarnungen, insbesondere des DWD (auch Regenradar) – Um die Wetterwarnungen konkret auf die örtliche Betroffenheit einordnen zu können, sind die den Oberflächenabflussszenarien selten, außergewöhnlich und extrem zu Grunde liegenden Eingangswerte des Niederschlags (mm/h) als Bewertungsgrundlage den Verantwortlichen vor Ort zu kommunizieren. Zudem soll zur verbesserten Einschätzung auf die Rolle der Bodenfeuchte (trocken, feucht, gesättigt) und der Vegetationsbedeckung hingewiesen werden.
- HW-Frühwarnungen für kleine Einzugsgebiete der Hochwasservorhersagezentrale (HVZ)
- Betriebszustand von Hochwasser-Schutzanlagen
- Definierte Stände lokaler Pegel
- Einstauungen/ Ausuferungen an definierten Stellen, z.B. Brücken
- Definierte Ereignisse, z. B.
  - Ereignisse auf typischen Zugbahnen von Gewitterzellen
  - Ereignisse im Bereich des Oberliegerts
  - markante Niederschlagsereignisse
  - markante (Hang-)Abflusssituationen

**DWD-Hotline**

Der Deutsche Wetterdienst bietet rund um die Uhr eine telefonische Beratung für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben. Oft können die diensthabenden Meteorologen zusätzliche Informationen zu den Wetterwarnungen geben und bei der Interpretation der Warnungen für einzelne Kommunen behilflich sein. Diese Beratung ist kostenfrei. Die speziellen Rufnummern sind bei der zuständigen DWD-Niederlassung zu erfragen.

Innerhalb des Handlungskonzeptes sollen die beschriebenen Schritte I und II zur Hochwasseralarm- und Einsatzplanung für die Gefahrenlage Starkregenereignis erarbeitet werden.

Aufbauend auf den im Handlungskonzept erarbeiteten Grundlagen soll dann im Schritt III der Alarm- und Einsatzplan im Detail erarbeitet werden:

III. Auf Basis des Hochwasseralarmstufenmodells (Anhang 2) werden in erster Linie Maßnahmen für die kritischen Objekte und Infrastruktureinrichtungen geplant. Die Maßnahmen werden dann den Indikatoren zugeordnet. So können zumindest manche Schäden verhindert und schneller auf Notlagen reagiert werden. Als Ergebnis wird so im Alarm- und Einsatzplan, entsprechend dem Hochwasseralarmstufenmodell mit Hilfe einer Warnmatrix die Zuordnung der Maßnahmen zu den Indikatoren bzw. zu den Alarmstufen anschaulich dargestellt.

## 7.5 Konzeption kommunaler baulicher Maßnahmen

Im Rahmen des Starkregenrisikomanagements sollen v.a. die Bereiche definiert werden, in denen kommunale bauliche Vorsorge-, Schutz- und Unterhaltungsmaßnahmen gegen Überflutungen durch Starkregenereignisse notwendig sind (vgl. auch Kapitel 8). Damit werden v.a. die folgenden Ziele verfolgt (DWA, 2013b):

- Außengebietswasser vom Siedlungsgebiet fernhalten
- Freihaltung von bevorzugten Fließwegen des Oberflächenabflusses in der Siedlungsfläche
- Oberflächenwasser im Siedlungsgebiet in der Fläche (Außenbereich) zurückhalten
- Unvermeidbares Oberflächenwasser
  - gezielt zu schadensfreien oder schadensarmen Freiflächen ableiten
  - geordnet und schadensarm im Straßenraum ableiten oder zwischenspeichern
  - geordnet und schadensarm in Gewässer und Entwässerungsgräben ableiten
- Risikobereiche mit Gefahr für Menschenleben und Objekte der kritischen Infrastruktur besonders schützen

Im Handlungskonzept sollen die baulichen Maßnahmen aufgezeigt werden, die dann im Nachgang in einem zweiten Schritt im Detail geplant und aufeinander abgestimmt werden müssen. Mögliche Zielkonflikte zwischen Maßnahmen der Starkregenrisikovorsorge und anderen kommunalen Themenfeldern (z.B. Straßenplanung, Stadtplanung, Entwässerung, etc.) müssen dabei adressiert und in den Detailplänen berücksichtigt werden. So können z.B. erhöhte Bordsteine das Einstauvolumen auf der Straße erhöhen, stellen aber gleichzeitig ein Mobilitätshindernis z.B. für Gehbehinderte dar. In solchen Fällen müssen die verschiedenen Aspekte mit den jeweiligen Akteuren gegeneinander abgewogen und möglichst einvernehmliche Entscheidungen getroffen werden.

## 7.6 Konzeption lokaler Pegelmessstellen und Niederschlagsinformationen

Das Pegel- und Niederschlagsmessnetz des Landes Baden-Württemberg ist im Wesentlichen auf größere Einzugsgebiete ausgelegt. Aus diesem Grund fehlen in vielen Fällen bei Starkregen- bzw. Hochwasserereignissen Informatio-

nen über den Hochwasserverlauf an kleineren und teilweise mittelgroßen Gewässern sowie detaillierte Niederschlagsinformationen (Intensität und Spitzenwerte) in der Fläche. Schon die Einrichtung eines Pegels mit kontinuierlicher Wasserstandsregistrierung und Datenfernübertragung kann jedoch erheblich zur Verbesserung der lokalen Informationslage bzgl. Wasserstand und Abfluss an kleinen Gewässern und Grabensystemen beitragen.

Auf Basis der Starkregengefahrenkarten (in Verbindung mit eventuell vorliegenden Hochwassergefahrenkarten) kann eine Konzeption erstellt werden, die aufzeigt, an welchen Stellen die Einrichtung von zusätzlichen lokalen Wasserstandspegeln bzw. Niederschlagsmessstationen sinnvoll ist. Dabei sollten Einzugsgebiete mit unterschiedlichen Charakteristiken im Niederschlags- und Abflussverhalten einer Kommune getrennt betrachtet werden können.

Bei den Niederschlagsinformationen können neben automatischen Niederschlagsmessgeräten mit der Möglichkeit zur Datenfernübertragung auch Regenschreiber auf Radarbasis eingesetzt werden. Diese sind eine sehr kostengünstige Alternative, mit denen teilweise Vorhersagen angegeben werden können. Da diese Systeme in der Entwicklung sind, ist es sinnvoll, zur Auftragsvergabe die jeweils verfügbaren Systeme zu vergleichen. Beispielsweise werden zukünftig auch „Gebietsregenschreiber auf Radarbasis“ angeboten, die für Einzugsgebiete u.a. den mittleren Gebietsniederschlag als Diagramm angeben können.

Die Informationen über den Hochwasserverlauf sind nicht nur für die Kommune wichtig, in der die Messstellen liegen, sondern sie sind auch für Unterlieger an Gewässern bzw. benachbarte Kommunen von großem Nutzen. Daher sollten Messnetzkonzeptionen – wenn immer möglich – einzugsgebietsweise erstellt werden. Hierbei kann dann auch der interkommunale Informationsbedarf definiert und geklärt werden.

Für den schnellen und rationellen Austausch der Messwerte bietet sich FLIWAS<sup>2</sup> als Plattform an. Hierdurch ist für die Kommune keine weitere Datenzentrale erforderlich.

<sup>2</sup> FLIWAS - Flut-Informations- und Warnsystem, webbasiertes Hochwassermanagementsystem für Baden-Württemberg

derlich. Es muss nur das Pegelmessnetz und das Niederschlagsmessnetz in Abstimmung mit FLIWAS eingerichtet werden.

Die Konzeption sollte folgende Informationen umfassen:

- Pegelstandort
  - Größe des Einzugsgebiets
  - Darstellung des Einzugsgebiets
  - Angabe von Fließzeiten, soweit möglich
- Niederschlagsmessstellenstandort
  - Darstellung des Einzugsgebietes, für das die Station repräsentativ ist
  - Bewertung, ob auch ein „Regenschreiber auf Radarbasis“ sinnvoll ist
- Einzugsgebiete für „Gebietsregenschreiber auf Radarbasis“

**Fazit:**

- Ein Handlungskonzept im Rahmen des Starkregenrisikomanagements umfasst die Bausteine
  - Informationsvorsorge
  - Kommunale Flächenvorsorge
  - Krisenmanagement sowie die
  - Konzeption kommunaler baulicher Maßnahmen
- Optional kann ein Konzept zur Einrichtung zusätzlicher Abflusspegel und Niederschlagsmessstationen erstellt werden.
- Das Handlungskonzept muss
  - zentral von der Kommune in Planung und Umsetzung gesteuert werden
  - alle relevanten kommunalen Akteure ansprechen und vernetzen
  - die Ergebnisse der Risikoanalyse auf Basis der HWGK berücksichtigen
  - die privaten und gewerblichen Akteure – vor allem durch Informationsvorsorge – in die Lage versetzen, ihr individuelles Risiko einschätzen und geeignete Maßnahmen auf Grundlage des Handlungskonzeptes ableiten zu können
- Zielkonflikte zwischen Starkregenrisikovorsorge und anderen kommunalen Themenfeldern (z.B. Straßenplanung, Stadtplanung, Barrierefreiheit, Entwässerung etc.) müssen aufgezeigt werden

# 8 Kommunale Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen im Starkregenrisikomanagement

Die Vorsorge gegen Schäden bei Starkregenereignissen besteht aus einer Vielzahl von Maßnahmen, die vor allem darauf ausgerichtet sind, Niederschlagswasser von Siedlungsgebieten fernzuhalten, in der Fläche zurückzuhalten oder möglichst schadlos abzuleiten. Die folgenden Ausführungen geben nur einen kurzen Überblick über mögliche kommunale Maßnahmen und basieren v.a. auf dem „Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“ (DWA 2013b) sowie dem Leitfaden „Starkregen – Was können Kommunen tun?“ (ibh/WBW 2012), in denen wesentlich detailliertere und weitergehende Informationen zu finden sind. Die rechtliche Gestattungspflicht ist bei allen baulichen Maßnahmen im Vorfeld zu prüfen (siehe Kapitel 9).

## 8.1 Rückhaltung und Ableitung von Außengebietswasser

Eine der wirksamsten baulichen Maßnahmen des Starkregenrisikomanagements ist es, den Oberflächenabfluss erst gar nicht dorthin gelangen zu lassen, wo Schäden entstehen können, sondern den Zufluss von Außengebietswasser in bewohnte Bereiche zu verhindern. Es kann hierbei zwischen Strukturen zur Ableitung und zur Sammlung bzw. zum Rückhalt von Außengebietswasser unterschieden werden.

**Beispiele für Maßnahmen zur Ableitung von Außengebietswasser sind:**

- die Erstellung bzw. Ertüchtigung von Leitbauwerken zum Management des Außengebietswassers
  - Anlage v.a. von offenen Grabensystemen, Verwaltungen, Mulden und Kaskaden, erforderlichenfalls auch Rohren, zur Ableitung von Sturzfluten, mit dem Ziel, diese Oberflächenabflüsse in unkritische und schadensarme Bereiche abzuleiten
- die Erstellung angepasster Einlaufbauwerke
  - hydraulisch günstige konstruktive Gestaltung von Einleitbauwerken und Verrohrungen
  - Einsatz räumlicher Rechen und Vorrechen für grobes Treibgut (Abbildung 20)
  - Offenlegung/ Ausbau von Verdolungen

**Beispiele für die Rückhaltung von Außengebietswasser sind:**

- die Anlage von Rückhalteräumen
- die Aktivierung und/oder Vergrößerung des Speichervermögens vorhandener Bodenvertiefungen und Senken

Die rückhaltorientierte Erstellung und Gestaltung von Entwässerungssystemen für land- und forstwirtschaftliche Wege ist eine weitere Option, um Außengebietswasser ableiten oder dezentral zwischenspeichern zu können. Wesentlich ist weiterhin, dass die Anlagen und Einrichtungen zum Fernhalten von Außengebietswasser einer regelmäßigen Inspektion, Wartung und Instandsetzung unterliegen. Die Erstellung von Wartungs- und Unterhaltungsplänen ist in diesem Zusammenhang notwendig.

### 8.1.1 Technische Anforderungen an Anlagen zur Fernhaltung von Außengebietswasser

Beim Bau von abflussleitenden Erddämmen und Verwallungen sind die technischen Anforderungen gemäß DIN 19700 sowie die Merkblätter der DWA (DWA-M 522 „Kleine Tal Sperren oder kleine Hochwasserrückhaltebecken“ oder DWA-M 550 „Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung“) zu beachten.

Nach DIN 19700 Teil 12 sind natürliche Retentionsräume, wie Seen und Teiche, sowie Retentionsräume, die infolge von Straßen- und Bahndämmen oder ähnlichen Aufschüttungen oder Abgrabungen entstanden sind, keine Hochwasserrückhaltebecken. Sie können jedoch durch bauliche Maßnahmen im Sinne eines Hochwasserschutzes zu Hochwasserrückhaltebecken werden. Wird ein Damm oder eine Verwallung zum Rückhalt des Oberflächenabflusses hergestellt, greifen die Regelungen der DIN 19700 bzw. des Merkblattes DWA-M 522. In DIN 19700 wird kein Mindestmaß für die Dammhöhe festgelegt. Rückhaltungen durch Mulden, die durch Abgrabungen entstehen, fallen nicht unter DIN 19700.

Als Bemessungskriterium sollte die Wirksamkeit der Maßnahmen beim Szenario eines außergewöhnlichen Starkregenereignisses angestrebt und das dadurch entstehende Gefahrenpotenzial gewertet werden. Für ein extremes Oberflächenabflussszenario ist davon auszugehen, dass

der Fall einer Überströmung bzw. einer Überlastung eintreten wird. Das im Rahmen des Starkregenrisikomanagements erarbeitete zweidimensionale hydraulische Modell bietet dabei die Möglichkeit, Bemessungsgrundlagen zu ermitteln. Mit dem hydraulischen Modell kann die Wirksamkeit und das Gefahrenpotenzial der Maßnahmen überprüft werden.

### 8.2 Abflussrelevante Gewässer bei Starkregenereignissen

Bauliche Maßnahmen an abflussrelevanten Gewässern können außerhalb und innerhalb der bebauten Flächen angesetzt werden. In Außengebieten sollten Baumaßnahmen rückhaltungsorientiert gestaltet sein und Maßnahmen zur Abflussverzögerung und zum Erosionsschutz beinhalten. Innerhalb der Ortslagen sollten bauliche Maßnahmen abflussorientiert sein und hydraulische Engstellen (v. a. Verrohrungen, Verdolungen, Durchlässe etc.) entschärfen oder beseitigen. Hierzu müssen auch die jeweiligen Abflussquerschnitte bedarfsgerecht optimiert werden.

Abflussrelevante Gewässer sind neben den sichtbaren Gewässerläufen auch die „schlafenden“ Gewässer, die nur zeitweilig wasserführend sind und eine besondere Gefahr darstellen (Abbildung 21). Ein Problem im Zusammenhang mit schlafenden Gewässern ist das fehlende Bewusstsein für die Gefahren bei Starkregenereignissen. Dies führt häufig zu unzureichender Unterhaltung und



Abbildung 20: Links – Beispiel eines räumlichen Rechens, der eine Verstopfung durch Geschwemmsel und Treibgut erschwert (Wittmann, Stadt Buchen), Rechts – Verlegungsschutz mit Furt vor einem Straßendurchlass (Landratsamt Esslingen).



Abbildung 21: Graben, der bei einem Starkregenereignis zu einem Hauptabflussweg für Hangwasser wurde („schlafendes Gewässer“) (Cassel)



Abbildung 22: Mauer und Vorbau bilden Abflusshindernisse für Starkregenabflüsse. An solchen Engstellen wird Wasser abgeleitet und erzeugt häufig große Schäden an den anliegenden Gebäuden (Cassel).

Pflege der Gewässerläufe und ihrer Bauwerke. Die regelmäßige Inspektion, Wartung und Funktionspflege von allen abflussrelevanten Gewässern im Rahmen von Wartungs- und Unterhaltungsplänen ist hier besonders wichtig. Zur Bewusstseinsbildung sollten Anlieger gezielt auch über Gefahren unterrichtet werden, die von schlafenden Gewässern ausgehen.

Eine große Gefahr innerhalb der Ortslagen geht von Abflusshindernissen aus (Abbildung 22). Die Beseitigung bzw. Optimierung von abflussmindernden Einbauten (Stege, Brücken, Zäune, Mauern, querende Leitungen, Ablagerungen, Bewuchs usw.) verringert die Gefahr, dass Gewässer an diesen Engstellen über ihre Ufer treten und sich neue Abflusswege suchen.

Bei Einlaufbauwerken sollte auf eine hydraulisch günstige Gestaltung geachtet werden. Durch den Einsatz räumlicher Rechen und Vorrechen für grobes Treibgut sowie mit der Einrichtung von Geröllfängen können die Gefahren der Verklausung reduziert werden. Auch hier ist eine regelmäßige Inspektion, Wartung sowie die Räumung von Schwemmgut im Rahmen von Wartungsplänen angebracht. Die Maßnahmen sollten in einen kommunalen Unterhaltungsplan für abflussrelevante Gewässer münden.

Eine weitere bauliche Maßnahme zur Risikominderung ist die Schaffung gezielter Entlastungspunkte durch Notabflusswege. Sie sind so zu gestalten, dass keine negativen Auswirkungen auf Dritte entstehen.

### 8.3 Siedlungsentwässerung

Vor allem beim Szenario seltener Starkregenereignisse kann das Kanalnetz noch eine abflussrelevante Rolle spielen. Fragen zur Identifikation von baulichen Maßnahmen mit Bezug zum Kanalnetz sind z. B.:

- Durch welche Maßnahmen kann das Abfluss- und Speichervermögen der Kanalisation weitestgehend ausgeschöpft werden?
- An welchen Stellen der Kanalisation kann die hydraulische Situation verbessert werden?

Bauliche Maßnahmen, die den Zufluss ins Kanalnetz entlasten sollen, zielen auf die Verringerung des Versiegelungsgrades bzw. der Abflusswirksamkeit von Siedlungsflächen. Dazu gehören v. a. wasserdurchlässige Flächenbefestigungen zur Regenwasserversickerung (Abbildung 23) oder Dachbegrünungen. Der dezentrale Regenwasserrückhalt auf Grundstücken in Mulden, Zisternen und Rigolen kann bei entsprechender Auslegung der Speichervolumina auf seltene Starkregenereignisse ebenfalls wirksam



Abbildung 23: Niederschlagswasserversickerung auf der Parkfläche eines Messegeländes (LUBW)

sein. Da diese dezentralen Maßnahmen einzeln nur relativ geringe Wirksamkeit haben, müssen sie großflächig umgesetzt werden, um auch bei Starkregenereignissen wirksam zu sein. Die Schaffung von finanziellen Anreizen für die Bürger zur freiwilligen Umsetzung von Rückhaltemaßnahmen (z.B. Gebührensplittung oder gezielte kommunale Förderprogramme in Bestandsgebieten) kann dies unterstützen.

## 8.4 Straßen und Wege

Straßen und Wege spielen bei Starkregenereignissen eine wichtige Rolle. Sie werden zu Abflusswegen und können so auch gezielt dazu genutzt werden, Wasser möglichst schadensfrei abzuleiten. Je nach Gefälle und Ausbildung der Bordsteine verfügen Straßen auch über ein gewisses Stauvolumen und können bei Abklingen des Ereignisses das im Straßenraum gespeicherte Regenwasser, gedrosselt über die Straßenabläufe, abfließen lassen.

Das Stauvolumen des Straßenraums wird durch die Gehweghinterkante definiert. Die niedrigste Gehweghinterkante legt dabei das Speichervolumen des gesamten Straßenraumes fest und entscheidet so auch über die Gefährdungslage der Anwohner. Durch Absenken des Straßenniveaus oder Einbau einer Mittelrinne, bei Beibehaltung der Gehweghinterkante, kann das Speichervolumen entsprechend erhöht werden.

Bauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Abflusssituation im Straßenraum sind v. a.:

- Aufnahme des Oberflächenwassers durch Rinnensysteme und Anlagen zur Versickerung (Abbildung 25)
- Einsatz leistungsstarker Einläufe (z.B. Bergeinläufe)
- Reihung mehrerer Einläufe in Fließrichtung hintereinander
- Begünstigung der Wasseraufnahme durch starkes Quergefälle der Straßenoberfläche
- Anlage eines parallelen Straßengrabens mit Einlaufbauwerk, Geröllfang und/oder Flutmulde
- Einsatz einer oder mehrerer, hintereinander angeordneter Querrinnen
- Schadloses Ableiten des Abflusswassers in das Straßenbegleitgrün (Abbildung 26)

Auch bei diesen Maßnahmen ist die Wirksamkeit nur gegeben, wenn die Funktionsfähigkeit der baulichen Anlagen regelmäßig überprüft wird.



Abbildung 24: So mancher Rohrdurchlass lässt sich durch eine verklausungsfreie Furt ersetzen (LUBW)



Abbildung 25: Anlagen zur Versickerung von Oberflächenwasser aus Verkehrsflächen (LUBW)

## 8.5 Frei- und Grünflächen

Frei- und Grünflächen können multifunktional als Notretentionsräume bei Starkregenereignissen genutzt werden. Um einen gezielten Wasserzufluss zu ermöglichen, sind oft bauliche Maßnahmen zur Erschließung der Flächen notwendig.

Beispiele für mögliche Flächen umfassen:

- öffentliche Grünflächen z.B. Parkanlagen, Rasenflächen
- öffentliche Plätze ohne Bebauung
- Straßenflächen mit relativ geringer verkehrlicher Nutzung
- großflächige, öffentliche Sportanlagen z.B. Bolzplätze, Liegewiesen von Bädern
- Teichanlagen und künstliche Seen
- Brachflächen
- unbebaute Flächen



Abbildung 26: Auf Lücke gesetzte Bordsteine zur Ableitung von Straßenoberflächenwasser in die Versickerungsmulde (LUBW)

Bauliche Maßnahmen auf multifunktional genutzten Grünflächen umfassen neben der Wasserzuführung in die Flächen auch die Sicherung der Flächen gegen ein weiteres, ungewolltes Ausdehnen in Risikobereiche hinein.

Die Nutzung dieser Flächen ist nicht unproblematisch. Es können hier gerade bei den sehr schnell auftretenden Überflutungen im Rahmen von Starkregenereignissen Gefahren für Leib und Leben entstehen. Schmutz- und Schadstoffbelastung, z.B. nach einem Ölunfall, können zu Kontaminationen der Flächen führen. Die möglichen Auswirkungen auf Vegetation und Ökosysteme sind hierbei zu berücksichtigen und die Genehmigungspflicht ist zu beachten.

## 8.6 Objektschutzmaßnahmen

Für bauliche Objekte stellt vor allem das schnelle Volllaufen von Mulden oder Gebäudeuntergeschossen (Keller, Tiefgaragen) eine Hauptgefahr dar. Eine weitere Gefahrenquelle sind die teilweise sehr hohen Fließgeschwindigkeiten, was dynamische Druck- und Zugkräfte auf Gebäude erhöht und auch eine Gefahr für Personen darstellt.

Erstes Ziel beim Objektschutz sollte daher sein, das Wasser von Gebäuden und wichtigen Infrastrukturobjekten fern zu halten. Hier muss untersucht werden, welche baulichen Maßnahmen (Verwallungen, Erddämme, Geländemodellierungen, Schutzmauern) möglich sind.

Für den Fall, dass diese Maßnahmen bei den lokalen Gegebenheiten nicht möglich sind, sollte als zweites Ziel



Abbildung 27: Kellerfenster ohne Überflutungsschutz (links); Kellerfenster mit erhöhtem Lichtschacht (rechts) (LUBW)

das Eindringen von Wasser in die Objekte verhindert werden. Hierfür kommen verschiedene Systeme in Betracht. Wegen der häufig nur geringen Reaktionszeit bei Starkregenereignissen sind hier vor allem die permanenten Hochwasserschutzsysteme geeignet (Abbildung 27).

Kritisch für den Objektschutz sind Mulden- und Rückstausituationen, bei denen auch Überflutungstiefen von mehreren Metern auftreten können. In diesen Bereichen sind permanente Vorsorgemaßnahmen, bedingt durch die möglichen hohen Überflutungstiefen, nur schwer umsetzbar. Für den Fall, dass Objektschutzmaßnahmen nicht möglich sind, versagen oder ihre Bemessungsgrenzen überschritten werden, muss hier als drittes Ziel versucht werden, den möglichen Schaden bei Wassereintritt zu minimieren. Hierbei sollte untersucht werden:

- Welche Objekte und Einrichtungen werden bei Wassereintritt betroffen?
- Welche Objekte erfordern bedingt durch ihr hohes Schadenspotenzial (z.B. Heiz- und Tankanlagen) gesonderte Absicherungen?
- Wie kann durch Nutzungsanpassung oder Anpassung der technischen Gebäudeausrüstung (z.B. Ersatz einer Ölheizung durch eine Gastherme) das Schadenspotenzial minimiert werden?

Entsprechend den drei gestaffelten Schutzzielen (1. Wasser fernhalten bzw. ableiten, 2. Wassereintritt verhindern, 3. Schäden minimieren) sollten die jeweils geeigneten Objektschutzmaßnahmen zur Reduzierung von Schäden an Objekten, Gebäuden und Inventar ausgewählt werden.

### 8.7 Wasserrückhalt in der Fläche (Außenbereich)

Außerhalb der Siedlungsbereiche sollten im Sinne des vorsorgenden Hochwasserschutzes auch dezentrale Maßnahmen zum Einsatz kommen, die zu einem vermehrten Wasserrückhalt in der Fläche führen. Diese Maßnahmen tragen zur Hochwasserminderung bei, indem durch verminderten Oberflächenabfluss sowie verstärkte Retention und Infiltration Scheitelabflüsse und Wellenvolumen reduziert werden und so ein Beitrag zur Reduzierung von Hochwasserschäden geleistet wird.

Land- und Forstwirtschaft können durch eine angepasste Bewirtschaftung den Wasserrückhalt in der Fläche stärken und damit die Hochwassergefahr verringern und Erosion vermeiden. Im Bereich der Landwirtschaft kann dies beispielsweise durch Grünlandbewirtschaftung oder eine konservierende Bodenbearbeitung wie Mulch- bzw. Direktsaat erreicht werden (Abbildung 28). Aber auch gezielte Veränderungen der konventionellen Bodenbearbeitung können zum Wasserrückhalt beitragen, wenn zum



Abbildung 28: Mulchsaat zur konservierenden Bodenbearbeitung (LUBW)

Beispiel Äcker in Hanglage hangparallel gepflügt werden. Dadurch kann das Wasser besser in den Furchen versickern, anstatt schnell oberflächlich abzufließen. Retentionsfördernde Maßnahmen bieten außerdem auch Vorteile in Bezug auf andere naturschutzfachlich relevante Zielsetzungen, wie z.B. Erosionsschutz, Gewässerschutz oder Arten- und Biotopschutz.

Auch stabile, naturnahe Mischwälder leisten einen Beitrag für den Hochwasserschutz. Der Oberflächenabfluss ist geringer und erfolgt langsamer als bei anderen Landnutzungsformen. Außerdem können Waldböden einen Großteil der Niederschläge an Ort und Stelle speichern. Bach- und flussbegleitende Auwälder ertragen problemlos auch längere Überschwemmungen und sorgen wie ein Zwischenspeicher für einen langsamen Abfluss. Wichtige Maßnahmen zum Erhalt oder Ausbau dieser Retentionsfunktionen sind z.B. die Waldmehrung, v.a. in gering bewaldeten Regionen und Überflutungsbereichen, die Erhaltung der Waldfläche allgemein, der Umbau von Nadelbaum-Reinbeständen in stabile, naturnahe und klimatolerante Mischwälder, die Revitalisierung von Auwäldern, die Renaturierung von Mooren sowie die Anlage von Tümpeln und Feuchtbiotopen. Die abflussdämpfende Wirkung von Wald stößt bei sehr starken Niederschlägen allerdings auch an ihre Grenzen (Wassersättigung des Bodens).

Im Rahmen des KliStaR-Projektes (Anpassung an den Klimawandel durch Stärkung des Wasser- und Boden-Rückhalts) wurde für Baden-Württemberg ein Maßnahmenkatalog mit 23 Infoblättern zu land- und forstwirtschaftlichen Maßnahmen zur Klimaanpassung entwickelt, die in kommunalen Außenbereichen helfen sollen, den Bodenabtrag und den Oberflächenabfluss zu verringern sowie den Bodenwasserhaushalt zu verbessern (LUBW 2016). Dazu gehören im landwirtschaftlichen Bereich u.a. die Anlage von Ackerrandstreifen, die Bodenlockerung, Felder- und Flurneueordnung (Vermeiden einer Konzentration erosionskritischer Kulturen), Hang- bzw. Schlagteilung, Mulchsaat, Querbewirtschaftung, Streifenbearbeitung, Untersaat, Zwischenfrüchte etc..



Abbildung 29: Etablierung von Mischwald als Beitrag zum Wasserrückhalt, © Foto: Thomas Weidner

Zu den Maßnahmen im forstlichen Bereich zählen u.a. Mischwaldetablierung (Abbildung 29), Bodenschutzkalkung, bodenschonende Holzernte, hangparallele Feldgehölzaufforstung mit standortstypischen und wurzelintensiven Baumarten sowie die Freiflächenvermeidung z.B. nach Stürmen oder durch Holzernte.

Weitere detaillierte Informationen sind auch im DWA - Merkblatt M 550 (Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung, DWA 2015 c) bzw. im DWA-Themenheft HW-4.3 (DWA 2006) zu finden.

#### **Fazit:**

Kommunale Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen sollen:

- Außengebietswasser rückhalten und ableiten
- Oberflächenwasser in der Fläche zurückhalten
- unvermeidbares Oberflächenwasser im Straßenraum schadensarm ableiten oder zwischenspeichern
- Oberflächenwasser gezielt zu schadensfreien oder schadensarmen Freiflächen ableiten
- Risikobereiche mit Gefahr für Menschenleben schützen
- kritische Objekte und Infrastruktureinrichtungen schützen

Dezentrale Maßnahmen im Außenbereich:

- sollen Wasser in der Fläche zurückhalten und dadurch hochwassermindernd wirken
- können sowohl in der landwirtschaftlichen als auch der forstwirtschaftlichen Praxis umgesetzt werden

# 9 Rechtliche Fragestellungen

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich durchweg auf Überflutungen, die infolge von Starkregen an der Oberfläche ablaufen oder stehen und die nicht im Zusammenhang mit der Ausuferung oberirdischer Gewässer zu Stande kommen.

## a) Sind Überflutungen infolge von Starkregenereignissen

### Hochwasser?

Der Begriff Hochwasser wird in §72 WHG definiert: „Hochwasser ist eine zeitlich beschränkte Überschwemmung von normalerweise nicht mit Wasser bedecktem Land, insbesondere durch oberirdische Gewässer. Davon ausgenommen sind Überschwemmungen aus Abwasseranlagen.“

Nach dieser Definition sind auch Überflutungen infolge von Starkregenereignissen, die nicht durch die Ausuferung von oberirdischen Gewässern entstehen (ausgenommen Überflutungen aus Abwasseranlagen) Hochwasser. Dies setzt die Hochwasserdefinition des Art.2 Abs.1 HWRL um und erfasst auch Überschwemmungen durch Grundwasser oder durch Starkregenereignisse (vgl. Begründung Gesetzentwurf, BT-Drs. 17/10957, S. 22).

Klargestellt ist damit, dass Überflutungen infolge von Starkregenereignissen auf Flächen außerhalb der Bebauung (Außenbereich) und damit Überflutungen auf Flächen ohne vorhandene Entwässerungssysteme ebenfalls Hochwasser darstellen. Im Bereich von Bebauungen (Innenbereich) muss eine differenziertere Betrachtung erfolgen, da diese Flächen in der Regel an Abwasseranlagen in Form von Entwässerungssystemen angeschlossen sind. Bei Starkregenereignissen können die Entwässerungssysteme trotz konformer Bemessung (z.B. nach DIN EN 752) überlastet sein, so dass der Niederschlag bzw. der generierte (Oberflächen-) Abfluss nicht mehr in diese Systeme eintreten kann. Die Überflutung kommt hier also nicht durch einen Austritt aus der Kanalisation zustande, sondern das überschüssige Wasser kann nicht mehr in die Kanalisation eindringen und fließt oder steht oberirdisch. Dementsprechend sind Überflutungen infolge von Starkregen, der oberhalb der Bemessungsgrenzen der Entwäs-

serungssysteme liegt, sowohl im Innen- als auch im Außenbereich als Hochwasser zu bezeichnen.

## b) Sind Überflutungen infolge von Starkregenereignissen

### Abwasser?

Bei Überflutungen infolge von Starkregenereignissen außerhalb bebauter Gebiete ist das sog. wild abfließende Wasser oder Außengebietswasser, solange es nicht gesammelt oder gefasst wird und in eine Kanalisation eintritt, kein Abwasser. Im Gegensatz dazu ist Regenwasser, das von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt, d.h. durch technische Einrichtungen gezielt erfasst, abfließt, nach §54 Abs.1 WHG Abwasser. Der Abwasserbeseitigungspflichtige ist dann für einen ausreichenden Überflutungsschutz nach DIN EN752 zuständig. Die Kommune hat als Abwasserbeseitigungspflichtiger darüber hinaus bei der Planung und Erstellung der für ein Baugebiet notwendigen Entwässerungs- und Ableitungsmaßnahmen auch das von angrenzenden Geländen abfließende Niederschlagswasser zu berücksichtigen (vgl. z.B. BGH, Urteil vom 18.02.1999 (III ZR 272/96) und unten Absatz d). Jenseits der Abwasserbeseitigungspflicht unterliegt Starkregenwasser als Hochwasser der allgemeinen Gefahrenabwehr.

## c) Sind Überflutungsflächen infolge Starkregen Überschwemmungsgebiete nach § 76 WHG?

Dies ist zu verneinen, denn in §76 WHG ist definiert, dass Überschwemmungsgebiete „Gebiete zwischen oberirdischen Gewässern und Deichen oder Hochufern und sonstige Gebiete...“ sind, „die bei Hochwasser eines oberirdischen Gewässers überschwemmt oder durchflossen werden.“ Ein Überschwemmungsgebiet ist damit abschließend an die Ausuferung eines oberirdischen Gewässers gebunden. Eine Festsetzung von Überschwemmungsgebieten für Starkregenflächen mit den Rechtsfolgen des §78 WHG hat daher nicht zu erfolgen.

## d) Wer ist für das Starkregenmanagement verantwortlich?

### Jedermannspflicht

Entsprechend §72 WHG handelt es sich auch bei Überflutungen infolge Starkregen um Hochwasser. Überflutun-

gen infolge Starkregen fallen somit auch unter die nach § 5 Abs. 2 WHG allgemeinen Sorgfaltspflichten: „Jede Person, die durch Hochwasser betroffen sein kann, ist im Rahmen des ihr Möglichen und Zumutbaren verpflichtet, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen nachteiligen Folgen für Mensch, Umwelt oder Sachwerte durch Hochwasser anzupassen.“ Diese Pflicht betrifft „Jedermann“, d.h. alle natürlichen Personen, insbesondere die Grundstückseigentümer, und juristischen Personen wie Gewerbebetriebe oder öffentliche Einrichtungen.

Darüber hinaus darf nach § 37 Abs. 1 WHG der natürliche Ablauf wild abfließenden Wassers auf ein tiefer liegendes Grundstück nicht zum Nachteil eines höher liegenden Grundstücks behindert werden. Auch darf der natürliche Ablauf wild abfließenden Wassers nicht zum Nachteil eines tiefer liegenden Grundstücks verstärkt oder auf andere Weise verändert werden. Aus Gründen des Wohls der Allgemeinheit kann die Wasserbehörde hiervon Abweichungen gemäß § 37 Abs. 3 WHG zulassen.

#### **Bauleitplanung**

Nach § 1 Abs. 6 BauGB sind neben den Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und die Sicherheit der Bevölkerung explizit auch die Belange des Hochwasserschutzes zu berücksichtigen, somit auch mögliche Überflutungen infolge von Starkregenergeignissen.

Unabhängig vom Abwägungsergebnis sollen in der Bauleitplanung entsprechend im Flächennutzungsplan nach § 5 Abs. 3 BauGB und im Bebauungsplan nach § 9 Abs. 5 BauGB Flächen, bei deren Bebauung besondere bauliche Vorkehrungen gegen äußere Einwirkungen oder bei denen besondere bauliche Sicherungsmaßnahmen gegen Naturgewalten erforderlich sind, gekennzeichnet werden. Weiter können entsprechend § 5 Abs. 2 Nr. 7 und § 9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB Flächen für den Hochwasserschutz, den Hochwasserabfluss im Flächennutzungsplan dargestellt und im Bebauungsplan festgesetzt werden.

#### **Abwasserbeseitigungspflicht**

Zu Überflutungen im Innenbereich (bebaute, befestigte Flächen) im Rahmen der Abwasserbeseitigungspflicht und die damit zusammenhängenden Aufgaben des Überflutungsschutzes wird auf die Ausführungen in Absatz b) und Kapitel 3 verwiesen.

#### **e) Welche baulichen Maßnahmen kommen zum Schutz vor Überflutung infolge Starkregen in Betracht?**

Zum Schutz vor Überflutungen infolge von Starkregen sind ganz verschiedene bauliche Maßnahmen denkbar. Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten können dies vor allem Schutz-, Leit- und Rückhalteanlagen, d.h. Bauten wie Verwallungen, Leitdämme, Flutmulden oder Retentionsbecken, sein. Auch eine Ableitung von Außengebietswasser mit langen Entwässerungsgräben kommt in Betracht. Ebenso können Multifunktionsflächen der gezielten (Zwischen-)Speicherung von Wasser dienen, das von bebauten und befestigten Flächen abfließt und einen (Not-)Retentionsraum darstellen. Eine Auffangfunktion haben daneben auch Abwasser- und Versickerungsanlagen.

Die meisten dieser Anlagen sind insbesondere nach den Vorgaben des Baurechts und des Wasserrechts zu beurteilen und unterliegen einer Zulassungspflicht. Daneben können Ausnahme- und Befreiungsentscheidungen, z.B. nach § 37 Abs. 3 WHG, erforderlich werden.

Es ist beabsichtigt, die Hinweise zur Zulassung dieser Anlagen zu ergänzen, wenn konkrete Erfahrungen mit ihrer Realisierung und Bewährung in der Praxis gesammelt wurden.

# 10 Förderung

## 10.1 Fördertatbestände

### 10.1.1 Grundlagenermittlung (Nr. 12.7 Förderrichtlinien Wasserwirtschaft (FrWw))

Ziel der Förderung ist die Erstellung von Starkregengefahrenkarten für seltene, außergewöhnliche und extreme Oberflächenabflussereignisse mit nachfolgender Risikoanalyse und darauf aufbauend die Entwicklung eines kommunalen Handlungskonzeptes (siehe Musterleistungsbeschreibung und ein Musterpreisblatt). Maßgebliche Basis sind vorgegebene Abflusswerte der LUBW, das HydTERRAIN des Landes Baden-Württemberg und die damit durchgeführte zweidimensionale, instationäre hydraulische Berechnung (siehe Kap.5). Das Risiko ist nach Kap.6 entsprechend der Starkregengefahrenkarte (Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und zeitlicher Verlauf) zu analysieren. Hieraus ist entsprechend Kap.7 ein Handlungskonzept (Informationsvorsorge, kommunale Flächenvorsorge, Krisenmanagement und Konzeption kommunaler baulicher Maßnahmen) zu entwickeln. Abweichungen von dem in diesem Leitfaden vorgegebenen Vorgehen sind nur nach enger Abstimmung und Zustimmung der unteren Wasserbehörde förderfähig.

Der Fördersatz beträgt 70%. Förderfähig sind die erforderlichen Aufwendungen des Ingenieurbüros.

### 10.1.2 Bauliche Maßnahmen (Nr. 12.1 FrWw)

Förderfähig sind alle Maßnahmen, die geeignet sind, Sturzfluten bzw. Überschwemmungen infolge seltener oder außergewöhnlicher Starkregenereignisse aus Außengebieten (Außenbereich im Sinne von § 35 BauGB) abzufangen und abzuleiten. Dadurch soll die unterhalb gelegene, sonst betroffene Bebauung vor Überflutung geschützt werden.

Entsprechend der Darstellung in Kap.8.1 fallen darunter Verwallungen, Leitdämme, Mauern und Gräben, um die Sturzfluten zu fassen und einer geeigneten Vorflut zuzuleiten. Diese kann aus einem offenen oder geschlossenen Gerinne bestehen, das sowohl um die Bebauung herum als auch durch sie hindurch geführt werden kann. Hierzu

gehören auch entsprechend ausgebaute Einlaufbereiche mit Geschwemmsel- und Sedimentfang sowie Rückhalte-räume, um die Abflüsse zwischenspeichern und gedrosselt abführen zu können.

Nicht zuwendungsfähig sind Maßnahmen zum Schutz von Bebauungen bzw. Baugebieten, die nach dem 18.02.1999 per Satzung beschlossen wurden, weiterhin Maßnahmen im Innenbereich, die der Siedlungsentwässerung, der Bewältigung von Sturzfluten aus dem Innenbereich und der Stadt- und Infrastrukturplanung zuzurechnen sind.

Der Fördersatz bemisst sich nach der Pro-Kopf-Belastung nach Nr.15.1 FrWw. Neben den Herstellungskosten selbst sind der erforderliche Grunderwerb (mit Nebenkosten), Planung und Bauleitung als Pauschale nach Nr.7 FrWw sowie geotechnische oder landschaftsplanerische Sonderingenieurleistungen förderfähig. Bei gleichzeitiger Durchführung mit Maßnahmen der Siedlungsentwässerung oder Infrastrukturmaßnahmen ist eine sachgerechte Kostenaufteilung vorzunehmen.

## 10.2 Verfahren

Zuwendungsanträge nach den Förderrichtlinien Wasserwirtschaft sind über die Untere Wasserbehörde bei den Stadt- und Landkreisen beim zuständigen Regierungspräsidium einzureichen (Antragsformulare im Internet, [www.rp.baden-wuerttemberg.de](http://www.rp.baden-wuerttemberg.de)).

Für die Grundlagenermittlung (Starkregengefahrenkarte, Risikoanalyse und Handlungskonzept) ist auf Basis der Leistungsbeschreibung (Anlage 1a) ein Bearbeitungsangebot bei einem Ingenieurbüro einzuholen und mit entsprechenden Referenzen dem Antrag beizufügen.

Für die sich aus dem Handlungskonzept ergebenden, kommunalen baulichen Maßnahmen zum Fernhalten von Außengebietswasser ist in Abstimmung mit den Unteren Wasserbehörden zunächst eine Vorplanung (mit Kostenschätzung) zu erstellen, um mit den zuständigen Behörden (Baurechts- und/oder Wasserbehörde) ggf. erforder-

liche Zulassungsverfahren abzuklären. Auf dieser Basis ist die Planung abzuschließen und ggf. zur Genehmigung vorzulegen. Nach erfolgter Zulassung kann anhand dieser Unterlagen unter Beifügung einer Kostenschätzung und eines Wirtschaftlichkeitsnachweises der Zuwendungsantrag, wie oben beschrieben, gestellt werden.

Das Regierungspräsidium bewilligt daraufhin die Zuwendung, wobei Fristen zum Beginn und zur Fertigstellung vorgegeben werden. Nach Fertigstellung kann das Vorhaben über die untere Wasserbehörde abgerechnet werden. Je nach Kostenumfang und Kostenstand kann schon vorher eine Teilzahlung beantragt werden.

# 11 Literaturverzeichnis

## Rechtliche Grundlagen und technische Regelwerke (Auswahl):

DIN EN 752 (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Deutsche Fassung EN 752:2008

DIN 19700 (2004): Stauanlagen – Teil 12: Hochwasserrückhaltebecken; DIN 19700-12:2004-07

DWA (2006): Themenheft HW-4.3: Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung (April 2006)

DWA (2011): Arbeitsblatt DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen (März 2006, Korrigierte Fassung: September 2011)

DWA (2016): Merkblatt DWA-M 119: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge – Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken, November 2016

DWA (2015b): Merkblatt DWA-M 522: Kleine Talsperren und kleine Hochwasserrückhaltebecken (Mai 2015)

DWA (2015c): Merkblatt DWA-M 550: Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung (November 2015)

FrWw (2015): Förderrichtlinien Wasserwirtschaft 2015, Richtlinien des Umweltministeriums für die Förderung wasserwirtschaftlicher Vorhaben vom 21.07.2015

HWRM-RL (2007): Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken

WG – Wassergesetz für Baden-Württemberg (2013): Verkündet als Artikel 1 des Gesetzes zur Neuordnung des Wasserrechts in Baden-Württemberg vom 3. Dezember 2013

WHG – Wasserhaushaltsgesetz (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 31. Juli 2009

## Literatur

ASSMANN, A., MOSER, M., RÖDER, S. (2013): Starkregenmanagement. Die Gemeinde (BWGZ), 136(11), 443–447

ASSMANN, A. (2013): Modellierung von extremen Starkregenereignissen. Was ist möglich? Schriftenreihe des Verbandes Region Rhein-Neckar, 11, 57–64

ASSMANN, A., JÄGER, S., FRITSCH, K., & BRAUNER, C. (2013): Risk maps for pluvial flooding and initiation of a flood risk management process. In F. Klijn, & Scheckendiek (Eds.), *Comprehensive Flood Risk Management – Research for policy and practice*: 189. Proceedings of the 2nd European Conference on Flood Risk Management FLOODrisk 2012, Rotterdam, The Netherlands, 19./23. November 2012. CRC Press/Balkema

ASSMANN, A., FRITSCH, K. & JÄGER, S. (2012): Starkregengefahrenkarten und Risikomanagement im Glems-Einzugsgebiet. In: J. Strobl, T. Blaschke, & G. Griesebner (Eds.), *Angewandte Geoinformatik 2012, Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg* (pp. 576–585)

ASSMANN, A., JÄGER, S., FRITSCH, K. & BRAUNER, C. (2012): Starkregengefahrenkarten und Risikomanagement im Glems-Einzugsgebiet. In M. Weiler (Ed.), *Wasser ohne Grenzen – Beiträge zum Tag der Hydrologie am 22./23. März 2012 an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*. – Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (Vol. 31, pp. 195–200), Hennef

ATV-DVWK (2004): Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme. Arbeitsbericht der ATV-DVWK-AG ES-2.1. In: KA – Abwasser, Abfall (51), Heft 1, S. 69–75

- BILLEN, N., LAMBERT, B., AUERBACHER, J. (2010): Schadensminderung durch gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft – Beiträge zum Wasserrückhalt in der Fläche, LUBW-Workshop in Karlsruhe zu Hochwassergefahren und -risiken durch wild abfließendes Wasser (12.04.2010)
- BMBF (2008): Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS). Förderprogramm des BMBF: Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse (RIMAX). Auftraggeber Bundesministerium für Bildung und Forschung, Förderkennzeichen 0330701 C
- Buchholz, O. et al. (2015): Vorbereitet sein auf urbane Sturzfluten – Verfahren zur Entwicklung kommunaler Schutzkonzepte auf Basis der 2D-Modellierung mit HYDRO\_AS-2D, Korrespondenz Abwasser 2015 (62) Nr. 2 S. 138-144
- DÖRR, A. (2014): Straßen und Freiflächen, Verbandsübergreifende Seminarreihe BWK und DWA „Starkregen und Überflutungsvorsorge“, 11. Februar 2014 in Karlsruhe/Neureut
- DWA (2013a): Methoden der Überflutungsberechnung. Arbeitsbericht der DWA-AG ES-2.6. In: KA – Abwasser, Abfall (60), Heft 06, S. 506–511
- DWA (2013b): Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. DWA-Themen T1/2013
- DWD (2005): Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland – KOSTRA-DWD-2000. Ausgabe 2005. Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main und itwh GmbH, Hannover
- FUCHS, L. (2013): Methoden und Beispiele zur Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung von urbanen Sturzfluten. In: 13. DWA-RegenwasserTage vom 10./11. Juni 2013 in Freiburg
- GDV (2015): Naturgefahrenreport 2015 – Die Schadens - Chronik der deutschen Versicherer in Zahlen, Stimmen und Ereignissen. GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin
- HATZFELD, F. (2010): Sturzfluten in urbanen Gebieten – Vorsorge ist möglich!, KW – Korrespondenz Wasserwirtschaft, 2010(3), Nr. 2, S. 87-92
- IBH (Informations- und Beratungszentrum Hochwasservorsorge Rheinland-Pfalz) und WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbH (Hrsg.) (2012): Starkregen - Was können Kommunen tun? Leitfaden beauftragt durch das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz und das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
- ILLGEN, M. (2014): Umgang mit Überflutungsgefahren: Risikomanagement Sturzfluten. 29. BWK-Bundeskongress, 19. September 2014, Freiburg
- ILLGEN, M. (2015): Kommunale Überflutungsvorsorge: von der Pflichtaufgabe zum aktiven Risikomanagement. Wassertage Münster, 24./25. Februar 2015
- ILLGEN, M.; ASSMANN, A. (2014): Kommunales Risikomanagement Sturzfluten: von der Risikokartierung zum Risikomanagement. BWK/DWA-Seminar: Starkregen und Überflutungsvorsorge, 11. Februar 2014, Karlsruhe
- ILLGEN, M.; NICHLER, T.; MÄNNL, U. (2011): Urbane Überflutungsgefährdung bei Extremregen – Abschätzung von Fließwegen, Überflutungsflächen und Gefährdungspotenzialen mithilfe von GIS-Analyse-Tool. DWA-Tagung „GIS und GDI in der Wasserwirtschaft“, 19./20. Januar 2011, Kassel

- KliStaR - Anpassung an den Klimawandel durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts im Einzugsgebiet der Glems (2015): Projekt gefördert im Rahmen des Landesprogramms „Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“ (KLIMOPASS) aus Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg  
(<http://www.starkregengefahr.de/glems/klistar/>)
- KLIWA (2009): Klimawandel im Süden Deutschlands, Ausmaß - Folgen - Strategien, Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft. Broschüre zum Kooperationsvorhaben der Länder Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz sowie des Deutschen Wetterdienstes
- KRIEGER, K.; SCHMITT, T. (2015): Möglichkeiten der Risikokommunikation im Rahmen eines präventiven Risikomanagements für Starkregen und urbane Sturzfluten. In: KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall (62), Nr. 2, S. 114-120
- LUBW (Hrsg.) (2012): Hinweise zu „Stauanlagen von untergeordneter Bedeutung“, Arbeitsgruppe Stauanlagen in Baden-Württemberg (online Publikation, [www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/224270/](http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/224270/))
- LUBW (Hrsg.) (2015): Klimawandel in Baden-Württemberg, Fakten - Folgen - Perspektiven [www.kliwa.de](http://www.kliwa.de)
- LUBW (Hrsg.) (2016): Infoblätter zu 23 land- und forstwirtschaftlichen Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in Kommunen (Projektbericht KLiSTaR, Veröffentlichung geplant Dezember 2016)
- SCHMITT, T. G. (2011): Risikomanagement statt Sicherheitsversprechen - Paradigmenwechsel auch im kommunalen Überflutungsschutz? In: KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall (58), Nr. 1, S. 40-49
- SCHMITT, T. G., WORRESCHK, S. (2011): KRisMa - Kommunales Risikomanagement „Überflutungsschutz“, Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz und des Wasserwirtschaftsverbandes Baden-Württemberg, Abschlussbericht
- SCHMITT, T. G. (2014): Starkregenindex zur Kommunikation von Überflutungsursachen und Risiken. In: KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall (61), Heft 8, S. 681-687
- ZIESE, M., JUNGHHÄNEL, T., BECKER, A. (2016): Andauernde Großwetterlage Tief Mitteleuropa entfaltet ihr Unwetterpotential mit starken Gewittern und massiven Schadensgeschehen in Deutschland, DWD-Publikation, Stand: 03.06.2016, online verfügbar [http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160603\\_starkregen\\_mai-2016\\_meldung.pdf](http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160603_starkregen_mai-2016_meldung.pdf)

# 12 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Handlungsfelder im Starkregenrisikomanagement (überarbeitet nach WBW, 2012)  
Seite 10
- Abbildung 2: Schematische Darstellung des Vorgehens im Starkregenrisikomanagement  
Seite 10
- Abbildung 3: Starkregenereignis in Bretten am 06.06.2015  
Seite 12
- Abbildung 4: Starkregenereignis in Braunsbach am 29.05.2016 (LUBW)  
Seite 12
- Abbildung 5: Stündliche Radarniederschläge (RADOLAN) um Braunsbach (Baden-Württemberg) in der intensivsten Stunde (Mitte) und der Stunde davor (links) und danach (rechts) (Weigl, DWD 2016).  
Seite 13
- Abbildung 6: Starkregenereignisse in Baden Württemberg (1980-2015), Datengrundlagen: URBAS-Datenbank (BMBF - URBAS, 2008), European Severe Weather Database ([www.eswd.eu](http://www.eswd.eu)), die TORDACH-Datenbank sowie eine gezielte Befragung von Städten und Landkreisen durch die WBW  
Seite 14
- Abbildung 7: Begriffe/Definitionen beim Kommunalen Überflutungsschutz  
Seite 16
- Abbildung 8: Abgrenzung kommunaler Überflutungsschutz – kommunales Starkregenrisikomanagement  
Seite 17
- Abbildung 9: Hochwasser in Backnang 2011 durch Ausuferung der Murr (Polizeipräsidium Aalen)  
Seite 18
- Abbildung 10: Starkregenereignis in Denkendorf (anonym)  
Seite 19
- Abbildung 11: Beispiel einer Hochwassergefahrenkarte (Kartenausschnitt und Legende) für die Gemeinde Schwieberdingen  
Seite 20
- Abbildung 12: Beispiel einer Starkregengefahrenkarte für ein städtisches Gebiet (geomer GmbH)  
Seite 20
- Abbildung 13: Abgrenzung der Gefährdungslage durch Überflutungen; links Überflutungen infolge von Starkregen und rechts durch Ausuferung von Gewässern  
Seite 21
- Abbildung 14: Ablaufschema zur Erstellung der Starkregengefahrenkarten  
Seite 26
- Abbildung 15: Beispiel einer Starkregengefahrenkarte aus dem Einzugsgebiet der Glems (<http://www.starkregengefahr.de/glems/gefahrenkarten/starkregengefahrenkarten/>, Stadt Ditzingen)  
Seite 27
- Abbildung 16: Musterlegende für die Darstellung der Überflutungstiefe und Fließgeschwindigkeit in Starkregengefahrenkarten  
Seite 27
- Abbildung 17: Beispiel einer Starkregengefahrenkarte mit Darstellung besonderer Risikoobjekte (geomer GmbH).  
Seite 34

- Abbildung 18: Mit der Anlage von Ackerrandstreifen wird eine ganzjährige Begrünung erreicht. Dadurch wird die natürliche Wasseraufnahme der Böden verbessert und der Oberflächenabfluss verringert.  
(Foto: J. Kempf, geomer GmbH)  
Seite 37
- Abbildung 19: Kommunale Alarm- und Einsatzplanung im Glemseinzugsgebiet 2011 (Bild links geomer GmbH) und in Murrhardt 2009 (Bild rechts WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbH)  
Seite 38
- Abbildung 20: Links – Beispiel eines räumlichen Rechens, der eine Verstopfung durch Geschwemmsel und Treibgut erschwert (Wittmann, Stadt Buchen), Rechts – Verlegungsschutz mit Furt vor einem Straßendurchlass (Landratsamt Esslingen).  
Seite 44
- Abbildung 21: Graben, der bei einem Starkregenereignis zu einem Hauptabflussweg für Hangwasser wurde („schlafendes Gewässer“) (Cassel)  
Seite 45
- Abbildung 22: Mauer und Vorbau bilden Abflusshindernisse für Starkregenabflüsse. An solchen Engstellen wird Wasser abgeleitet und erzeugt häufig große Schäden an den anliegenden Gebäuden (Cassel).  
Seite 45
- Abbildung 23: Niederschlagswasserversickerung auf der Parkfläche eines Messegeländes (LUBW)  
Seite 46
- Abbildung 24: So mancher Rohrdurchlass lässt sich durch eine verklausungsfreie Furt ersetzen (LUBW)  
Seite 46
- Abbildung 25: Anlagen zur Versickerung von Oberflächenwasser aus Verkehrsflächen (LUBW)  
Seite 47
- Abbildung 26: Auf Lücke gesetzte Bordsteine zur Ableitung von Straßenoberflächenwasser in die Versickerungsmulde (LUBW)  
Seite 47
- Abbildung 27: Erhöhter Eingang mit abgedichteter Tür, erhöhter Lichtschacht mit Abdeckmöglichkeit (Cassel)  
Seite 48
- Abbildung 28: Mulchsaat zur konservierenden Bodenbearbeitung  
Seite 48
- Abbildung 29: Etablierung von Mischwald als Beitrag zum Wasserrückhalt  
Seite 49

# 13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Empfohlene Überflutungs- und Überstauhäufigkeiten (aus DWA M119, Tabelle 1, Entwurf 7/2015) Seite 16
Tabelle 2:	Vergleich topografischer und hydraulischer Gefährdungsanalysen Seite 22
Tabelle 3:	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen Seite 28
Tabelle 4:	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten Seite 28
Tabelle 5:	Liste kritischer Bereiche und Objekte zur Abschätzung möglicher Schäden Seite 32

# 14 Anhänge

Der Leitfaden „Kommunales Starkregenerisikomanagement“ ist eine praxisorientierte Hilfestellung und Verfahrensanleitung für die kommunalen Fachplaner und Entscheidungsträger in Baden-Württemberg. Neben dem Hauptdokument gehören noch weitere Anhänge zum eigentlichen Leitfaden. Diese werden auch zukünftig aufgrund von Erkenntnissen aus der Umsetzungspraxis sowie durch Rückmeldungen der Kommunen fortlaufend angepasst und verbessert. Diese Anhänge sind daher in der gedruckten Version des Leitfadens nicht enthalten.

Sie stehen elektronisch unter [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/starkregen](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/starkregen) zum Download zur Verfügung.

Die folgenden Anhänge können hier heruntergeladen werden:

Anhang 1 a	Leistungsbeschreibung
Anhang 1 b	Preisblatt
Anhang 1 c	Definition der Datenformate
Anhang 1 d	Muster Risikosteckbrief
Anhang 2	Hochwasser-Alarmstufenmodell
Anhang 3	Methodische Grundlagen Oberflächenabflusswerte Baden-Württemberg
Anhang 4	Glossar
Anhang 5	Quellen zur Bewusstseinsbildung und Einschätzung der Gefahrenlage

# LEISTUNGSBESCHREIBUNG FÜR DIE VERGABE VON AUFTRÄGEN

Anhang 1a

zum Leitfaden

Kommunales Starkregenrisikomanagement  
in Baden-Württemberg

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Anwendungshinweis .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung und Zielsetzung .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Hydraulische Gefährdungsanalyse.....</b>	<b>5</b>
3.1	Ziel der Gefährdungsanalyse .....	5
3.2	Vorgehensweise bei der Gefährdungsanalyse .....	6
3.3	Grundlagendaten.....	7
3.4	Anforderungen an die Überflutungssimulation .....	7
3.5	Aufbereitung des Geländemodells .....	8
3.6	Erfassung von Entwässerungsinfrastruktur und Gewässern im hydraulischen Modell .....	8
3.7	Ortsbegehungen .....	9
3.8	Simulationsergebnisse und Ergebnispläne .....	9
3.9	Dokumente und Daten .....	10
<b>4</b>	<b>Risikoanalyse.....</b>	<b>10</b>
4.1	Ziel der Risikoanalyse .....	10
4.2	Vorgehensweise bei der Risikoanalyse.....	11
4.3	Auswertung der Starkregengefahrenkarten.....	11
4.4	Ermittlung und Bewertung kritischer Objekte .....	11
4.5	Ergebnispläne .....	12
4.6	Bewertung der Überflutungsrisiken .....	12
4.7	Abgabedokumente und Abgabedaten .....	13
<b>5</b>	<b>Handlungskonzept.....</b>	<b>13</b>
5.1	Ziel des Konzeptes .....	13
5.2	Vorgehensweise bei der Konzeptentwicklung .....	14
5.3	Schriftliches Handlungskonzept .....	14
5.4	Messnetzkonzeption .....	15



# 1 Anwendungshinweis

Der Leitfaden *Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg* sieht ein standardisiertes und landesweit einheitliches Vorgehen zur Durchführung von Gefährdungs- und Risikoanalysen bezüglich starkregenbedingter Überflutungen vor, die in einem integrativen Handlungskonzept münden (vgl. Leitfaden, Kap. 1). Die vorliegende Leistungsbeschreibung fasst die Vorgehensweise, die Anforderungen und den Mindestumfang der erforderlichen Risikobetrachtungen und des daraus abgeleiteten Handlungskonzeptes zusammen. Die Erstellung eines Starkregenrisikomanagementkonzeptes ist gemäß der aktuellen Förderrichtlinie Wasserwirtschaft 2015 (FrWw2015) nur förderfähig, wenn die Vorgaben dieser Leistungsbeschreibung eingehalten werden. Die Leistungsbeschreibung soll Kommunen überdies als Orientierungshilfe für die Einholung und Wertung von Angeboten entsprechender Ingenieurdienstleistungen dienen.

## 2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Für das vorgegebene Betrachtungsgebiet soll eine qualifizierte Grundlage zur Bewertung der starkregenbedingten Überflutungsgefahren und des Überflutungsrisikos erarbeitet werden. Darauf aufbauend ist anschließend ein ganzheitliches kommunales Handlungskonzept zur Minderung von Überflutungsschäden durch Starkregen zu erstellen. Die Arbeiten sind gemäß dem Leitfaden *Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg* und den darin vorgegebenen methodischen Standards durchzuführen.

Die Entwicklung des kommunalen Starkregenrisikomanagementkonzeptes vollzieht sich hiernach in drei Stufen:

1. Hydraulische Gefährdungsanalyse: Ergebnis sind die Starkregengefahrenkarten
2. Risikoanalyse
3. Handlungskonzept zum Starkregenrisikomanagement

## 3 Hydraulische Gefährdungsanalyse

### 3.1 Ziel der Gefährdungsanalyse

Durch Anwendung eines hydrodynamisch numerischen Simulationsmodells (im Weiteren HN-Modellierung genannt) sollen Starkregengefahrenkarten für die drei Abflussereignisse *selten*, *außergewöhnlich* und *extrem* erstellt werden. Für die hydraulische Modellierung werden derzeit keine Vorgaben für das zu verwendende Modell vorgegeben. Die Berechnungen müssen zweidimensional (2D), instationär durchgeführt werden. Durchlässe, Verdolungen, Unterführungen, Mauern und hohe, abflussrelevante Bordsteine, Bauwerke als Abflusshindernisse, Dämme, Wälle und Gräben müssen – sofern diese abflussrelevant sind – im Modell mit hinreichender Genauigkeit berücksichtigt werden. Für die Szenarien eines *außergewöhnlichen* und

eines *extremen* Abflussereignisses sollte neben der hydrologischen Annahme, dass ein *verschlämmt* Boden vorliegt, im hydraulischen Modell davon ausgegangen, dass die Verdolungen verlegt sind, d.h. hydraulisch nicht wirksam (vgl. Leitfaden Abschnitt 6.2). Für die Szenarien eines *seltene*n und eines *außergewöhnlichen* Abflussereignisses kann die Annahme eines *unverschlämmt*en Bodens optional durchgeführt werden, sofern aufgrund örtlicher Erkenntnisse die Annahme von *unverschlämmt*en Verhältnissen schlüssig erscheint. Diese Annahme ist beispielsweise zu prüfen, wenn die Situation der Landnutzung eine geschützte Vegetationsdecke des Oberbodens aufweist und die Böden daher nicht verschlämmen können. Im Regelfall sollen nur drei Szenarien gerechnet werden (vgl. Leitfaden Abschnitt 5.2).

Die Starkregengefahrenkarten müssen für die genannten Szenarien und Annahmen die zu erwartenden Abflussverhältnisse und Überflutungszustände darstellen.

## 3.2 Vorgehensweise bei der Gefährdungsanalyse

Es ist eine zweidimensionale HN-Modellierung der oberflächigen Abfluss- und Überflutungsvorgänge durchzuführen. Diese erfolgt auf der Grundlage des hydraulisch relevanten TERRAIN (HydTERRAIN), welches durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) zur Verfügung gestellt wird. Auf das HydTERRAIN kann im Allgemeinen zugegriffen werden, wenn seitens der Kommune eine entsprechende Rahmenvereinbarung mit dem LGL besteht (<http://www.lv-bw.de/lvshop2/rv/rahmenvereinbarung.html>). Dieses Geländemodell ist bezüglich der sachgerechten Erfassung der oberflächigen Hauptfließwege zu überprüfen und nach Erfordernis anzupassen (vgl. Leitfaden, Kap. 5.1.2).

Für die drei zu betrachtenden Oberflächenabflusszenarien sind die rasterbezogenen Oberflächenabflusswerte (1 x 1 m), die durch die LUBW zur Verfügung gestellt werden, als Belastungsgrößen zugrunde zu legen (vgl. Leitfaden, Kap. 5.1). Besonders relevante Bauwerke bzw. Elemente der Siedlungsentwässerung und des Überflutungsschutzes (z.B. größere Rückhaltebecken, Hauptsammler, bekannte Hauptüberstauungspunkte, Notentlastungen) sollen in ihrer Wirkung im HN-Modell zumindest vereinfacht nachgebildet werden. Zur Prüfung, Validierung und sukzessiven Optimierung des Simulationsmodells sind mehrere Berechnungsläufe durchzuführen, die Ergebnisse mit dem Auftraggeber durchzusprechen und erforderliche Korrekturen bis zur abschließenden Berechnung in das Modell einzuarbeiten (vgl. Leitfaden, Kap. 5.2). Hierbei sollen ggfs. Erfahrungen aus früheren Überflutungsereignissen eingespeist werden.

Die Endergebnisse der Abflusssimulationen sind für jede Annahme eines Oberflächenabflussereignisses (Szenario) in Ausdehnungs- und Tiefenkarten sowie einer Übersichtskarte und einer Animation zu visualisieren (vgl. Abschnitt 3.8). Die Arbeitsschritte sind in einem Erläuterungsbericht zu dokumentieren und zusammen mit allen erhobenen und ermittelten Fachdaten digital zu übergeben. Der Auftraggeber erwirbt die Rechte an den Ergebnissen der HN-Modellierung, die entsprechend an den Auftraggeber und die LUBW übergeben werden müssen.

### 3.3 Grundlagendaten

Folgende Grundlagendaten des Betrachtungsgebietes sind zu berücksichtigen:

- Hydraulisch relevantes TERRAIN (HydTERRAIN) aus der Hochwassergefahrenkarte (HWGK) mit zum Teil eingearbeitetem Gewässerbett (Gewässerschlauch)
- Oberflächenabflussdaten der LUBW (Auflösung 1 x 1 Meter)
- Liegenschaftskataster (ALKIS) und Landnutzungsinformationen (Digitales Landschaftsmodell-Basis DLM)
- Zusammenfassende Kanalnetzinformationen (Netzstruktur, Sonderbauwerke, Ergebnisse von Überstauberechnungen, bekannte Überlastungspunkte usw.)
- Gewässerplan inkl. Gewässerverrohrungen (z.B. Amtliches Wasserwirtschaftliches Gewässernetz, AWGN)
- Orthophotos

Die Grundlagendaten werden im *Anhang 1c, Definition der Datenformate* technisch erläutert. Sofern eine Kommune einen Auftragnehmer mit der Erstellung der Starkregengefahrenkarten beauftragt, ist den Anbietern bekanntzumachen, welche weiteren spezifische Grundlagendaten durch die Kommune zur Verfügung gestellt werden.

### 3.4 Anforderungen an die Überflutungssimulation

Die Berechnungen sind mit einem hydraulischen Simulationsmodell bzw. -programm durchzuführen, das die oberflächigen Überflutungsvorgänge über zweidimensionale, tiefengemittelte Strömungsgleichungen berechnet (vgl. Leitfaden, Kap. 5.2).

Simulationsmodelle, die das vollständige Gleichungssystem der zweidimensionalen Flachwassergleichungen verwenden, liefern prinzipiell genauere Berechnungsergebnisse als Modelle, bei denen einzelne Terme des oben genannten Gleichungssystems vernachlässigt werden (z.B. Trägheit, Beschleunigung, Druckgradient). Dennoch sind auch instationäre Strömungsmodelle mit angemessenen Vereinfachungen des oben genannten hydrodynamischen Berechnungsansatzes zulässig. Ihr Vorteil liegt im Allgemeinen in einem geringeren Aufwand für die Modellerstellung sowie in kürzeren Simulationszeiten. Bei der Abgabe von Angeboten ist von Planungsdienstleistern klar auszuweisen, welches Modell mit welchem hydraulischen Berechnungsansatz verwendet wird und welche Vereinfachungen die Berechnungsmethode aufweist. Dies ist bei der Wertung von Angeboten in Abwägung der Kosten-Nutzen-Betrachtung einzubeziehen.

Einige Modelle verwenden ein regelmäßiges Raster als Geländeoberfläche, andere beschreiben die Geländeoberfläche mittels unregelmäßigen Dreiecken bzw. Vierecken mit zusätzlich eingebauten Bruchkanten (Gitternetz; triangulated irregular network, TIN). Beide Modellansätze sind zulässig. Es ist jedoch sicherzustellen, dass durch eine etwaige Umwandlung des ursprünglichen Geländemodells, dem HydTERRAIN der HWGK

(TIN im Datenformat ESRI TERRAIN), die kleinräumigen Höhenverhältnisse nicht unsachgemäß verfälscht (vereinfacht) werden, und die kleinräumigen lokalen Strukturen (z.B. Mauern) zusätzlich hydraulisch sinnvoll integriert werden können.

Auf Basis der vorgegebenen Oberflächenabflusskennwerte kann die Simulation von Oberflächenabfluss nur für kleine Einzugsgebiete von wenigen Quadratkilometern (kleiner 5 Km<sup>2</sup>) sinnvoll durchgeführt werden. Im Angebot muss die Methodik aufgezeigt werden, wie ein Gesamtmodell in kleine Modelleinheiten aufgegliedert wird und wie ggf. eine Überlagerung der Abflüsse erfolgen soll. Auch die Methodik der Zusammenführung der Ergebnisse in eine Gesamtkarte des Untersuchungsgebietes ist zu beschreiben.

Eine duale Abfluss- und Überflutungssimulation, bei der eine Kopplung der Abflussvorgänge im Kanalnetz mit dem HN-Modell erfolgt, wird nicht gefordert. Wie die Entwässerungsinfrastruktur zu behandeln ist, wird in Abschnitt 3.6 erläutert.

### 3.5 Aufbereitung des Geländemodells

Das durch die LUBW zur Verfügung gestellte Geländemodell (HydTERRAIN) ist die Grundlage für die Erfassung der topografischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet. Es ist davon auszugehen, dass dieses derzeitig vorliegende Geländemodell kaum kleinräumliche Strukturen, wie z.B. Mauern oder Bordsteinkanten, enthält und damit die oberflächigen Fließwege und Abflusshindernisse realistisch wiedergibt. Daher ist das Geländemodell zu prüfen und zielgerichtet zu verfeinern (vgl. auch *Anhang 1c, Definition der Datenformate*).

Dies gilt insbesondere für Unterführungen, Brückenunterquerungen, verrohrte Gewässerabschnitte, Gräben, Dämme, Mauern, Verwallungen und ähnliches. Gebäude und vergleichbare Hochbauten sind nicht in das Geländemodell einzubauen. Diese müssen nur im HN-Modell berücksichtigt werden und sind in diesem als nicht durchströmbare Abflusshindernisse abzubilden.

Eine Nacherfassung von Bordsteinkanten oder ähnlichen oberflächigen Leitstrukturen ist in der Regel nur erforderlich, sofern diese für die sachgerechte Nachbildung der Abflussvorgänge von Bedeutung sind. Es ist davon auszugehen, dass dies lediglich in einigen wenigen lokalen Bereichen der Fall sein kann. Aus dem HydTERRAIN wird in der weiteren Bearbeitung das Simulationsmodell abgeleitet.

### 3.6 Erfassung von Entwässerungsinfrastruktur und Gewässern im hydraulischen Modell

Die Ableitungskapazität der Kanalisation und ein Wasseraustritt aus der Kanalisation auf die Geländeoberfläche muss bei allen betrachteten Oberflächenabflussszenarien nicht im Detail berücksichtigt werden. Jedoch ist die lokale Wirkung der Kanalisation einschließlich der Sonderbauwerke zumindest beim Szenario eines *seltenen Abflussereignisses* angemessen zu berücksichtigen. Dies kann insbesondere für

Situationen von Relevanz sein, bei denen durch die unterirdische Entwässerungsinfrastruktur Abflüsse in ein anderes hydrologisches Teilgebiet überführt werden und die dortige Überflutungssituation deutlich verschärfen.

Zur vereinfachten Berücksichtigung des Kanalnetzes können beispielsweise ein pauschaler prozentualer Abschlag beim Abflussvolumen angesetzt oder bekannte bzw. vorab identifizierte Überlastungsschwerpunkte als Punktquellen modelltechnisch abgebildet werden. Es empfiehlt sich, vorliegende Ergebnisse hydrodynamischer Kanalnetzrechnungen (vorzugsweise für  $T \geq 20 \text{ a}^1$ ) hierzu auszuwerten.

Das Speichervermögen von Rückhaltebauwerken, die auf Wiederkehrzeiten  $T \geq 20 \text{ a}$  ausgelegt sind, soll durch die Definition von "Abflusssenken" oder wirkungsgleiche Methoden weitgehend volumengetreu berücksichtigt werden. Dies betrifft sowohl Rückhaltebecken am Siedlungsrand als auch innerhalb der Kanalisation.

Ein besonderes Augenmerk ist auf die entwässerungstechnische Anbindung von Außengebietszuflüssen an die Kanalisation zu legen. Hierbei ist zu prüfen, welche Wassermengen im Starkregenfall tatsächlich geordnet ein- bzw. abgeleitet werden können, ob eine modelltechnische Abbildung über eine Senken-Quellen-Funktionalität angezeigt ist und ob oberflächige Abflusspfade sachgerecht im Modell wiedergegeben werden.

Die Abflusskapazitäten kleiner Gewässer müssen im HN-Modell zumindest näherungsweise abgebildet werden, sofern sie einen nennenswerten Einfluss auf die Überflutungsverhältnisse haben. Dies kann unmittelbar über eine entsprechende Erfassung des Gewässerprofils im digitalen Geländemodell oder vergleichbare Abbildungsmethoden im HN-Modell erfolgen. Verrohrte Gewässerabschnitte mit Relevanz für die Überflutungssituation sind ebenfalls modelltechnisch abzubilden, z.B. über eine Senken-Quellen-Funktionalität oder als unterirdisches Ableitungselement. Ist eine ausgeprägte Einleitung von Entlastungsabflüssen aus der Kanalisation zu erwarten, sollte diese zumindest vereinfacht abgebildet werden.

### 3.7 Ortsbegehungen

Im Zuge der Modellerstellung sowie zur Plausibilisierung der berechneten Abflusspfade sind neuralgische Punkte bzw. Bereiche des Betrachtungsgebietes durch Ortsbegehungen in Augenschein zu nehmen. Sollte sich hierbei zeigen, dass die modelltechnische Abbildung die realen Gegebenheiten nicht hinreichend genau wiedergibt, sind das HydTERRAIN und das Simulationsmodell entsprechend anzupassen.

### 3.8 Simulationsergebnisse und Ergebnispläne

Die Berechnungsergebnisse sind in Starkregengefahrenkarten darzustellen. Die Blattsnitte und Maßstäbe sind durch den Auftraggeber vorzugeben (Übersichtskarten: ca. DIN A1, Detailkarten: ca. Maßstab 1: 2.500).

---

<sup>1</sup> T bezeichnet die Wiederkehrzeit. Die Wiederkehrzeit wird in Jahren (a) angegeben.

In den folgenden Karten müssen die in Abschnitt 4.4 erfassten Risikoobjekte dargestellt werden. Im Einzelnen sind folgende Ergebnisdarstellungen anzufertigen:

- Überflutungsausdehnungskarten:
  - Die maximale Überflutungsausdehnung des Abflussereignisses *selten*, *außergewöhnlich* und *extrem* in einer Karte.
- Überflutungstiefenkarten:
  - Übersichtsdarstellung des Bearbeitungsgebiets je Szenario, mit der maximalen Ausdehnung der Überflutung und der maximalen Überflutungstiefe.
  - Detaildarstellung der maximalen Ausdehnung der Überflutung und der maximalen Überflutungstiefe je Szenario.
- Fließgeschwindigkeitskarten: je Szenario eine Darstellung der maximalen Fließgeschwindigkeiten in Kombination mit der zugehörigen Überflutungsausdehnung.
- Überflutungsausdehnungsanimationen: für das *außergewöhnliche* und das *extreme* Szenario. Jeweils eine Animation zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Überflutungsausdehnung. Die Animationen sollten in 24 Fünf-Minuten-Zeitschritten (eine Stunde Niederschlagsphase und eine Stunde Nachlauf) für eine ansprechende visuelle Qualität der Animation erfolgen.
- Die Vorgehensweise ist in einem Erläuterungsbericht zu dokumentieren.

## 3.9 Dokumente und Daten

Mit Abschluss der Gefährdungsanalyse müssen dem Auftraggeber und der LUBW sämtliche Ergebnisdaten gemäß dem *Anhang 1c, Definition der Datenformate* übergeben werden.

Die Anzahl von Druckexemplaren an Berichten und Plänen ist durch die Kommune festzulegen. Alle Dokumente sind als PDF-Dokument anzufertigen.

# 4 Risikoanalyse

## 4.1 Ziel der Risikoanalyse

Die Risikoanalyse zielt darauf ab, besonders risikobehaftete Siedlungsbereiche, Gebäude und Infrastruktureinrichtungen zu identifizieren und Bereiche mit einem unterschiedlich hohen Ausmaß an zu erwartenden Schäden bzw. Gefahren für Leib und Leben, d.h. einem unterschiedlich hohen Überflutungsrisiko, zu differenzieren. Der Fokus liegt hierbei auf öffentlichen Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen (*kommunale Risikoanalyse*). Dies soll nicht durch ein standardisiertes Verfahren, sondern auf Grundlage vorhandener Ortskenntnisse, unter Einbezug aller wesentlichen Fachabteilungen in der Kommune (Tiefbauabteilung, Stadtplanung, Straßenbau, Feuerwehr, Bildung und Soziales, Gebäude und Liegenschaften usw.) erfolgen.

## 4.2 Vorgehensweise bei der Risikoanalyse

Auf der Grundlage der erstellten Starkregengefahrenkarte ist eine Einschätzung der örtlichen Überflutungsrisiken zu treffen. Hierzu ist die ermittelte und in den Starkregengefahrenkarten dargestellte Überflutungsgefährdung mit dem örtlichen Schadenspotenzial (kritische Objekte) zu verknüpfen (vgl. Leitfaden, Kap. 6). Darauf aufbauend soll das lokal variierende Überflutungsrisiko konkret bewertet werden und eine qualifizierte Grundlage für die Ableitung und Benennung von Handlungserfordernissen im Zuge der nachfolgenden Entwicklung des integrativen Handlungskonzeptes bilden.

Die Analyse erfolgt in drei nacheinander zu vollziehenden Schritten:

1. Analyse der Starkregengefahrenkarten
2. Identifizierung kritischer Objekte (Schadenspotenzialanalyse)
3. Bewertung der lokalen Überflutungsrisiken

Wurde auf Basis der Hochwassergefahrenkarte noch keine kommunale Risikoanalyse durchgeführt, bietet es sich an, eine gemeinsame Risikoanalyse für das Starkregen- und das Hochwasserrisikomanagement zu erstellen. Sollte bereits eine Risikoanalyse auf Basis der HWGK vorliegen, ist diese zu überprüfen. Die HWGK werden von der LUBW ausgeliefert (vgl. Anhang 1 c, *Definition der Datenformate*).

## 4.3 Auswertung der Starkregengefahrenkarten

Die Starkregengefahrenkarten zeigen an, in welchen Bereichen bei unterschiedlichen Oberflächenabflussszenarien große Überflutungstiefen, Überflutungsausdehnungen oder hohe Fließgeschwindigkeiten zu erwarten sind. Durch Auswertung der Starkregengefahrenkarten sind die besonders überflutungsgefährdeten Siedlungsbereiche, Objekte und Anlagen herauszuarbeiten und zu benennen (vgl. Leitfaden, Kap. 6.1).

## 4.4 Ermittlung und Bewertung kritischer Objekte

Im Zuge der Schadenspotenzialanalyse sind die kritischen öffentlichen Objekte zu identifizieren, für die bei Starkregenereignissen besondere Gefahren für Leib und Leben bzw. erhebliche Schäden und Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Diese Objekte sind in den Starkregengefahrenkarten zu kennzeichnen (vgl. Leitfaden, Kap. 6.2).

Die qualitative Einschätzung des Schadenspotenzials in den Klassen *gering*, *mittel* oder *hoch*, muss mindestens als flächenbezogene Auswertung im Sinne einer Ersteinschätzung vollzogen werden, bei der die besonders schadensrelevanten bzw. schützenswerten öffentlichen Objekte und Anlagen z.B. anhand von Nutzungsinformationen identifiziert und lokalisiert werden. Hierbei sind sowohl nicht-monetäre als auch monetäre Schäden angemessen zu berücksichtigen.

Die Bewertungskriterien (vgl. Leitfaden, Kap. 6, Tabelle 5) sowie die zur Bewertung heranzuziehenden Datengrundlagen (z.B. Nutzungsinformationen aus ALKIS-Grunddatenbestand oder der Hochwasserrisikokarte) sind von der Kommune festzulegen bzw. vom Auftragnehmer vorab mit der beauftragenden Kommune abzustimmen. Insbesondere ist festzulegen, welche sonstigen Objekttypen neben den im Leitfaden Kap. 6, Tabelle 5 aufgeführten Objekten als kritisch anzusehen und in den Gefahrenkarten entsprechend darzustellen sind. Die Zuweisung ist dabei so vorzunehmen, dass eine hinreichende qualitative Differenzierung des Schadenspotentials und nachfolgend eine angemessene Priorisierung im Hinblick auf Handlungserfordernisse möglich sind. Eine unmittelbare monetäre Bewertung (z.B. Schäden in Euro) muss jedoch nicht erfolgen.

Eine detaillierte Analyse soll in der Regel als Arbeitsauftrag im Handlungskonzept formuliert und je nach Erfordernis zu einem späteren Zeitpunkt vollzogen werden. Für besonders überflutungsgefährdete Bereiche kann dennoch im Rahmen der Risikoanalyse eine detaillierte Analyse angeraten sein, bei der die individuellen Gegebenheiten des Objektes bzw. der Anlage (bauliche Gestaltung, Höhenverhältnisse, Wasserzutrittsmöglichkeiten, Gebäudenutzung, Erosionsgefährdung, Verdolungen, Schadensabschätzung usw.) gezielt und im Detail geprüft werden müssen. Hierzu sind entsprechende Ortsbegehungen, Befragungen, Planunterlagen und eventuell ergänzende Vermessungen für ausgewählte Bereiche erforderlich. Dies sollte allerdings in der Risikoanalyse auf Einzelfälle beschränkt bleiben. Im Fall von ergänzenden Vermessungsleistungen kann dies nach den Vorgaben der Gewässerprofilvermessung (GPRO) durchgeführt werden (<http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/249732/>).

Die identifizierten Risikoobjekte sind als georeferenzierter Punktdatensatz entsprechend der Definition im *Anhang 1c, Definition der Datenformate* zu erfassen.

## 4.5 Ergebnispläne

Ein einheitlicher Symboldatensatz zur Darstellung der Risikoobjekte in den in Abschnitt 3.8 genannten Produkten wird durch die LUBW vorgegeben und kann bei Bedarf ergänzt werden. Eine Differenzierung nach der Höhe des Schadenspotentials (gering, mittel, hoch), z.B. durch eine entsprechend abgestufte Einfärbung, ist nicht erforderlich. Sofern notwendig oder sinnvoll, können jedoch weitere Karten für spezifische, kommunal wichtige Themenfelder (z.B. wichtige Verbindungswege, Ökosysteme, Land- und Forstwirtschaft, Erosion, Holz- und Gerölltransport) oder besonders schutzwürdige Objekte und Bereiche erstellt werden.

## 4.6 Bewertung der Überflutungsrisiken

Zur Bewertung der objekt- bzw. anlagenbezogenen Überflutungsrisiken wird kein standardisiertes bzw. rechnerisches Bewertungsschema vorgegeben. Die Risikobewertung soll stattdessen individuell und unter intensiver Einbeziehung der jeweiligen lokalen Akteure vorgenommen werden und in einer verbalen

Risikobeschreibung münden. Hierzu sind *Risiko-Steckbriefe* für die von Überflutungen betroffenen Risikoobjekte zu erstellen, in denen die Risikoeinschätzung (gering, mittel, hoch) inkl. Begründung knapp zusammengefasst und bildlich dokumentiert wird (vgl. Leitfaden, Kap. 6.3). In den Steckbriefen sollen bereits Handlungserfordernisse und ggf. erste Maßnahmenoptionen formuliert werden. Sie sollen mindestens Aussagen zu folgenden Aspekten enthalten:

- Charakterisierung der Überflutungsgefährdung inkl. Nennung der zu erwartenden fallbezogenen Überflutungstiefe
- Charakterisierung des Schadenspotenzials
- Bilddokumentation
- Risikoeinschätzung
- Einschätzung zur Notwendigkeit von Vorsorge, Ereignis- und Nachsorgemaßnahmen

Als Ergebnis soll eine Zusammenstellung von Einzelbeschreibungen der risikobehafteten Objekte und Einrichtungen erstellt werden, die entsprechend der Priorisierung sortiert sind (gering, mittel, hoch). Eine Priorisierung der Risikoobjekte wird in dem entsprechenden Datensatz erfasst. Diese und weitere Vorgaben für den Bereich der Risikoanalyse sind in *Anhang 1c, Definition der Datenformate* definiert.

Die Erstellung einer gesonderten Risikobewertungskarte mit einer Einteilung von Gebäuden und Anlagen in Risikoklassen und entsprechend farblich abgestufter Darstellung ist nicht erforderlich.

## 4.7 Abgabedokumente und Abgabedaten

Die Vorgehensweise sowie die wesentlichen Ergebnisse der Risikoanalyse sind im Erläuterungsbericht zu dokumentieren und zu erläutern.

Mit Abschluss der Risikoanalyse müssen dem Auftraggeber und der LUBW sämtliche Daten und Dokumente übergeben werden. Berichte und Ergebnispläne sind als PDF-Dokument anzufertigen. Die gewünschte Anzahl von Druckexemplaren an Berichten und Plänen ist durch den Auftraggeber festzulegen.

# 5 Handlungskonzept

## 5.1 Ziel des Konzeptes

Die Erstellung eines ganzheitlichen Handlungskonzeptes zielt darauf ab, ein Konzept zur Minderung starkregenbedingter Überflutungsschäden auf kommunaler Ebene und unter Beteiligung aller relevanten Akteure zu entwickeln sowie die hierzu erforderlichen Maßnahmen innerkommunal zu koordinieren und zu kommunizieren (vgl. Leitfaden, Kap. 7).

## 5.2 Vorgehensweise bei der Konzeptentwicklung

Die Entwicklung des Handlungskonzeptes erfolgt auf der Basis der vollzogenen Risikoanalyse in einem integrativen Prozess. Hierzu sind ein intensiver Austausch und eine aktive Mitwirkung sämtlicher betroffener Akteure zwingend erforderlich. Hierzu zählen vor allem:

Im ersten Schritt

- kommunale Verwaltung (Fachressorts für Stadtplanung, Straßenbau, Stadtentwässerung, Bauen und Wohnen, Gebäudewirtschaft, Grünflächen, Umwelt, Recht und Ordnung u.a.)
- Stabsstellen für Brand- und Katastrophenschutz, Feuerwehr, Polizei, Technisches Hilfswerk, Rettungsdienste u.a.
- Infrastrukturträger (Elektrizität, Ver- und Entsorgung, Verkehr u.a.)

Im zweiten Schritt

- politische Gremien und Entscheidungsträger
- Bürger bzw. allgemeine Öffentlichkeit
- Wirtschaft und Gewerbe
- Land- und Forstwirtschaft

Das erarbeitete Handlungskonzept sollte ganzheitlich ausgerichtet sein und sowohl bauliche/technische als auch organisatorische/administrative Maßnahmen umfassen. Die einzelnen Vorsorgebausteine wie Flächen- und Bauvorsorge, natürlicher Wasserrückhalt, technische Schutzeinrichtungen, Krisenmanagement, Eigenvorsorge, Informationsvorsorge und Risikovorsorge müssen angemessen repräsentiert sein (vgl. Leitfaden, Kap. 7 und 8).

## 5.3 Schriftliches Handlungskonzept

Das Handlungskonzept im Rahmen des Starkregenrisikomanagements muss mindestens die Bausteine (vgl. Kap. 7):

- Informationsvorsorge
- Kommunale Flächenvorsorge
- Krisenmanagement sowie die
- Konzeption kommunaler baulicher Maßnahmen umfassen.

Optional kann eine Konzeption zur Einrichtung von zusätzlichen lokalen Pegelmessstellen und Niederschlagsmessstationen erstellt werden, um ggf. im Ernstfall die Vorwarnzeit erhöhen zu können.

Wurde im Rahmen des Hochwasserrisikomanagements noch kein Handlungskonzept erstellt, bietet es sich an, hier ein gemeinsames Konzept zu entwickeln.

Die erarbeiteten Ergebnisse zu den jeweiligen Bausteinen sind im Handlungskonzept darzulegen und in einem Schriftstück zusammenzufassen. In Bezug auf das Krisenmanagement sind die Schritte I und II zur Hochwasseralarm- und Einsatzplanung für die Gefahrenlage Starkregenereignis zwingend zu erarbeiten (vgl. Leitfaden *Anhang 2, Hochwasser-Alarmstufenmodell*).

Im Konzept sind sämtliche Maßnahmen sowie Handlungsaufträge zu beschreiben, die zur Minderung von starkregenbedingten Überflutungsschäden konkret in der Kommune ergriffen werden sollen. Der Umsetzungshorizont und die Zuständigkeiten bei den einzelnen Maßnahmen sind zu benennen. Die Maßnahmen sollten zudem entsprechend ihrer Umsetzungsdringlichkeit priorisiert werden.

Darüber hinaus können im Handlungskonzept Maßnahmen beschrieben werden, die zunächst nicht weiter verfolgt werden bzw. aus bestimmten Gründen verworfen wurden (inkl. Begründung). Ebenso können nachfolgende bzw. ergänzende Arbeitsschritte fixiert werden.

Das Handlungskonzept sollte in kommunalpolitischen Gremien abschließend beraten und im Sinne eines Umsetzungsbekanntnisses verabschiedet werden.

## 5.4 Messnetzkonzeption

Ein optionaler Bestandteil des Handlungskonzeptes ist die Erstellung einer Messnetzkonzeption für die Installation und den Betrieb von lokalen Wasserstandspegeln und Niederschlagsmessstationen (vgl. Leitfaden, Kapitel 7.6).

Auf Basis der Starkregengefahrenkarten in Verbindung mit ggf. vorliegenden HWGK soll eine Konzeption erstellt werden, die aufzeigt, an welchen Stellen lokale Wasserstandspegel wie auch Niederschlagsmessstationen sinnvoll sind. Dabei sollten Einzugsgebiete mit unterschiedlichen Charakteristiken im Niederschlags- und Abflussverhalten einer Kommune getrennt betrachtet werden können.

Die Lage der Wasserstandspegel ist so festzulegen, dass die Gewässer möglichst spät ausufern und diese nicht durch Rückstau oder ähnliches beeinflusst sind. Die Lage der Messstellen ist vor Ort zu überprüfen und durch Bilder zu dokumentieren. Die Messstellen sollten so konzipiert sein, dass keinerlei Baumaßnahmen im Gewässerbett notwendig werden. Eine einfache Konstruktion sollte möglich sein. Die Messausrüstung zur Registrierung des Wasserstandes mit Datenspeicher, Grenzwertgeber für Hochwassermeldungen mittels SMS und Datenfernübertragung (z.B. zur LUBW im Push-Verfahren) ist vorzuschlagen.

Die Lage der Niederschlagsmessstationen ist so festzulegen, dass die Vorschriften des DWD bzw. WMO möglichst eingehalten und die Einzugsgebiete der Wasserstandspegel gut repräsentiert werden.



# Musterpreisblatt

Anhang 1b

zum Leitfaden

Kommunales Starkregenrisikomanagement  
in Baden-Württemberg

# Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung zum Musterpreisblatt .....	v
Angebotsaufforderung.....	1
Allgemeines.....	2
Einzugsgebietsdaten .....	3
Grundlagendaten .....	4
Preisblatt .....	5
Zusammenstellung.....	10
Bieterangaben.....	11



## Vorbemerkung zum Musterpreisblatt

Diese Vorbemerkung ist nicht Bestandteil der Ausschreibungs- bzw. Vergabebunterlagen.

Die Erarbeitung der „Bausteine“ für das kommunale Starkregenrisikomanagement erfolgt durch die Kommunen bzw. in deren Auftrag. Sämtliche Arbeiten hierzu können prinzipiell eigenständig von der jeweiligen Kommune bzw. den kommunalen Fachstellen ausgeführt werden. Insbesondere die Durchführung der hydraulischen Gefährdungsanalyse mit der Erstellung der Starkregengefahrenkarten erfordert jedoch spezielle Expertise, Erfahrungen und Software. Die Kommunen werden sich deshalb meist eines entsprechend qualifizierten Dienstleisters (z.B. einem Planungsbüro) bedienen, der ggf. auch den Starkregenrisikomanagementprozess (Risikoanalyse, Entwicklung Handlungskonzept usw.) insgesamt fachlich begleitet oder weitere Teilaufgaben hierbei übernimmt.

Das vorliegende Musterpreisblatt und die Anhänge 1a und 1c sollen die Kommunen bei der Ausschreibung und Vergabe entsprechender Dienstleistungen unterstützen. Das Musterpreisblatt dient zur Orientierung und ist auf die individuelle Situation und das jeweils zu vergebende Leistungsspektrum anzupassen.

Grundsätzlich ist von Seiten der Kommune frühzeitig zu klären, welche Leistungen bzw. Arbeitsschritte von der Kommune selbst durchgeführt werden und welche konkreten Aufgaben in welchem Umfang ein Dienstleister übernehmen soll.

Der Umfang an erforderlichen Leistungen in den späteren Phasen des Gesamtprozesses ist vorab weder für die Kommunen noch für Bieter konkret zu fassen. Hier empfiehlt es sich, entsprechende Leistungen erst zu einem späteren Zeitpunkt zu vergeben oder das Leistungsverzeichnis stark aufwandsbezogen zu gestalten.

# Angebotsaufforderung

## Projektdaten

Projektbezeichnung	Starkregenrisikomanagement für das Einzugsgebiet von Musterstadt: Gefährdungs- und Risikoanalyse sowie Konzeptentwicklung
Projektname	KSRM-1.2016
Postleitzahl	77777
Ort	Musterstadt

## Vergabedaten

Art der Ausschreibung	freihändige Vergabe
Ort der Angebotsabgabe	Stadt Musterstadt, Tiefbauamt Musterstraße 21, 77777 Musterstadt
Datum der Angebotseröffnung	TT.MM.20JJ
Uhrzeit der Angebotseröffnung	hh:mm Uhr
Zuschlagsfrist	TT.MM.20JJ

## Ausführungstermine

Ausführungsbeginn (Soll)	TT.MM.20JJ
Ausführungsende (Soll)	TT.MM.20JJ

## Auftraggeberdaten

Auftraggeber	Stadt Musterstadt Tiefbauamt
Postanschrift	Musterstraße 21, 77777 Musterstadt
Ansprechpartner	Frau Margot Mustermeier, Tel.: 07777/123456-78, Email: m.mustermaier@musterstadt.de

## Allgemeines

Es ist eine qualifizierte Grundlage zur Bewertung der starkregenbedingten Überflutungsgefahren und -risiken zu erarbeiten und darauf aufbauend – gemeinsam mit den verschiedenen kommunalen Akteuren vor Ort – ein ganzheitliches Handlungskonzept zur Minderung von Überflutungsschäden infolge von Starkregen zu erstellen.

Die Arbeiten sind gemäß dem Leitfaden “Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“ und den darin vorgegebenen methodischen Standards durchzuführen. Die Entwicklung des kommunalen Starkregenrisikomanagementkonzepts vollzieht sich hiernach in drei Stufen:

1. hydraulische Gefährdungsanalyse (Starkregengefahrenkarten)
2. Risikoanalyse
3. Handlungskonzept zum Starkregenrisikomanagement

Das Ziel der Gefährdungsanalyse ist es, durch Anwendung eines hydrodynamischen zweidimensionalen Simulationsmodells Starkregengefahrenkarten für folgende Szenarien zu erstellen: ein *seltenes*, ein *außergewöhnliches* und ein *extremes* Abflussereignis. Die Gefahrenkarten müssen die bei diesen Szenarien zu erwartenden Abflussverhältnisse und Überflutungszustände darstellen. Insbesondere sollen sie die in besonderem Maße von Überflutungen betroffenen Areale aufzeigen.

Die Risikoanalyse zielt darauf ab, die besonders risikobehafteten, öffentlichen Objekte und Anlagen zu identifizieren sowie die bestehenden Überflutungsrisiken zu bewerten und zu priorisieren. Hierzu sind die Gefahrenkarten gezielt auszuwerten, eine Ermittlung und Bewertung kritischer Objekte und Bereiche durchzuführen und Risikosteckbriefe für die von Überflutungen besonders betroffenen Risikoobjekte zu erstellen. Hierzu sind zum Teil gute Ortskenntnisse erforderlich - deshalb müssen die lokalen Fachstellen (Tiefbauamt, Stadtplanungsamt, Feuerwehr, ggf. Landratsamt) konkret mit einbezogen werden. Die Starkregengefahrenkarten sind entsprechend fortzuschreiben.

Das kommunale Handlungskonzept ist gemeinsam mit den verschiedenen kommunalen Akteuren zu entwickeln. Der Entwicklungsprozess ist fachlich und organisatorisch zu begleiten. Das Handlungskonzept ist inhaltlich und redaktionell auszuarbeiten.

Die Vorgehensweise und die Ergebnisse sind in einem Erläuterungsbericht nebst Plananlagen zu dokumentieren. Die wichtigsten Grundlagen- und Ergebnisdaten sind, wie in Anhang 1c spezifiziert, an den Auftraggeber und die LUBW zu übergeben. Sämtliche Arbeiten sind gemäß der Leistungsbeschreibung (Anhang 1a) und Definition der Datenformate (Anhang 1c) in der zum Zeitpunkt der Angebotsabgabe aktuellen Fassung zu vollziehen.

## Einzugsgebietsdaten

Es ist eine qualifizierte Grundlage zur Bewertung der starkregenbedingten Überflutungsgefahren und -risiken zu erarbeiten und darauf aufbauend – gemeinsam mit den verschiedenen kommunalen Akteuren vor Ort – ein ganzheitliches Handlungskonzept zur Minderung von Überflutungsschäden infolge von Starkregen zu erstellen.

▪ Gesamtfläche des Betrachtungsgebietes (Siedlungsfläche und Außengebiete):	XX,X	km <sup>2</sup>
▪ Siedlungsfläche (bebautes Gebiet inkl. Gärten, Straßen, Plätzen etc.):	XX,X	km <sup>2</sup>
▪ weitgehend unbebaute Außengebietsflächen (Land- und Forstwirtschaft etc.):	XX,X	km <sup>2</sup>
▪ Anzahl bekannter Überlastungspunkte der Siedlungsentwässerung:	XX,X	St.

## Grundlagendaten

Folgende Grundlagendaten werden durch den Auftraggeber neben den in Anhang 1c aufgeführten Standardthemen zur Verfügung gestellt:

- Informationen zu Verdolungen der Kommune
- Informationen zu den örtlichen Bodenverhältnissen
- Basisinformationen und Schadensdokumentation früherer Überflutungen
- Abgrenzung des Betrachtungsgebietes
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

Folgende Arbeiten werden vom Auftraggeber durchgeführt und die Ergebnisse dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt:

- Benennung relevanter Entwässerungselemente bzw. Überstaubereiche
- Zusammenstellung von Kenndaten zu maßgebenden Speicherbauwerken (RRB)
- Zusammenstellung von Anschlusspunkten von Außengebieten an die Kanalisation
- Zusammenstellung verdolter Gewässerabschnitte
- Ältere Ergebnisse oder Auswertungen von Starkregengefahrenkarten
- Detaillierte Schadenspotenzialanalysen für Einzelobjekte
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

Folgende Grundlagendaten sind durch den Auftragnehmer zu beschaffen (Gebühren Dritter sind an den Auftraggeber weiterzureichen):

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

# Preisblatt

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
1	<b>Gefährdungsanalyse</b> Durchführung einer simulationsgestützten Gefährdungsanalyse für drei Starkregenszenarien gem. o.g. Leistungsbeschreibung . Alle erforderlichen Leistungen sind in die entsprechenden Einheitspreise einzukalkulieren.			
1.1	<b>Aufbereitung Geländemodell</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prüfung des Geländemodells (HydTERRAIN)</li> <li>▪ schrittweise Verfeinerung des Modells</li> <li>▪ Erstellung eines hydraulischen Simulationsmodells</li> </ul>	XX,00 km <sup>2</sup>		
1.2	<b>Erfassung Kanalinfrastruktur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ modelltechnische Abbildung relevanter Punktquellen (Wasseraustritt aus der Kanalisation, Gewässereinleitungen)</li> <li>▪ modelltechnische Abbildung von Abflüssen (Rückhaltebauwerke, Außengebiete, Fassungsbauwerke etc.)</li> </ul> (erste Schätzung, die genaue Anzahl relevanter Strukturen wird sich erst im Laufe der Bearbeitung ergeben)	XX,00 ST		
			JE WEITEREM OBJEKT	
1.3	<b>Erfassung relevanter Gewässerläufe</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ modelltechnische Abbildung von offenen Gewässerläufen</li> <li>▪ modelltechnische Abbildung von verrohrten Gewässerabschnitten</li> </ul>	XX,00 ST		
			JE WEITEREM OBJEKT	
1.4	<b>Ortsbegehungen (punktuell)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ortsbegehung neuralgischer Gebietspunkte bzw. -bereiche</li> <li>▪ Abgleich mit dem Datenmodell</li> <li>▪ Anpassung des Datenmodells nach Erfordernis</li> </ul>	1,0 PSCH		
1.5	<b>Überflutungssimulationen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prüfung, Validierung und schrittweise Optimierung des Simulationsmodells</li> <li>▪ Durchführungen der Berechnungen für drei vorgegebene Oberflächenabflussszenarien</li> </ul>	XX,00 km <sup>2</sup>		

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
	Durchführungen der Berechnungen für optionale Oberflächenabflussszenarien	XX,00 km <sup>2</sup>		
1.6	<p>Starkregengefahrenkarten</p> <p>Erstellung von digitalen und analogen Starkregengefahrenkarten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Übersichtsdarstellung des Bearbeitungsgebiets je Szenario, mit der maximalen Ausdehnung der Überflutung und der maximalen Überflutungstiefe im Maßstab 1: _____ in ____-facher Ausfertigung</li> <li>▪ Detaildarstellung der maximalen Ausdehnung der Überflutung und der maximalen Überflutungstiefe je Szenario im Maßstab 1: _____ in ____-facher Ausfertigung</li> <li>▪ Detaildarstellung der maximalen Überflutungsausdehnung des Szenarios <i>selten</i>, <i>außergewöhnlich</i> und <i>extrem</i> in einer Karte. im Maßstab 1: _____ in ____-facher Ausfertigung</li> <li>▪ je Szenario eine Detaildarstellung der maximalen Fließgeschwindigkeiten in Kombination mit der zugehörigen Überflutungsausdehnung. im Maßstab 1: _____ in ____-facher Ausfertigung</li> <li>▪ alle Ergebnispläne als digitaler Plansatz (PDF)</li> <li>▪ für das <i>außergewöhnliche</i> und <i>extreme</i> Szenario je eine Animation zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Überflutungsausdehnung</li> <li>▪ Ergebnisdaten im GIS fähigen Format (Übergabe Daten gemäß Leitfaden Anhang 1c)</li> </ul>			
1.7	<p>Dokumentation Gefährdungsanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erstellung eines Erläuterungsberichts (Vorgehensweise, modelltechnische Abbildung, Ergebnisdiskussion)</li> <li>▪ Abgabe als Druckfassung in ____-facher Ausfertigung</li> <li>▪ Abgabe als PDF-Dokument</li> </ul>		1,0 PSCH	
1.8	Besprechungstermine		1,0 PSCH	

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Teilnahme an ca. halbtägigen Projektbesprechungen</li> <li>▪ Vorstellung und Erläuterung von Zwischen- und Endergebnissen</li> <li>▪ Erstellung und Verteilung von Besprechungsprotokollen</li> </ul>	XX,00 ST		
<b>2</b>	<b>Risikoanalyse</b>			
	Durchführung einer Risikoanalyse inkl. Identifizierung und Bewertung besonders risikobehafteter Objekte und Anlagen gem. Leistungsbeschreibung (Leitfaden Anhang 1a). Alle erforderlichen Leistungen sind in die entsprechenden Einheitspreise einzukalkulieren.			
2.1	Auswertung Starkregengefahrenkarten <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ detaillierte Analyse der Starkregengefahrenkarten</li> <li>▪ Identifizierung und Benennung besonders gefährdeter Areale, Objekte und Anlagen</li> </ul>	1,0 PSCH		
2.2	Ermittlung und Bewertung kritischer Objekte und Bereiche (flächenhafte Erstbewertung) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ flächenbezogene Auswertung anhand von Nutzungsdaten</li> <li>▪ Vorabstimmung von Datengrundlage und Bewertungskriterien</li> <li>▪ Identifizierung und Lokalisierung kritischer Objekte und Bereiche</li> <li>▪ Erzeugung GIS-Datensatz mit Risikoobjekten (inkl. ggf. ergänztem Symboldatensatz)</li> </ul>	1,0 PSCH		
2.3	Ermittlung und Bewertung kritischer Objekte (Detailanalyse Einzelobjekt - optional) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Auswertung von Planunterlagen</li> <li>▪ Durchführung von Befragungen (Nutzer, Betriebspersonal etc.)</li> <li>▪ Ortsbegehung</li> <li>▪ Schadenspotenzialbewertung</li> </ul>	XX,00 ST		
2.4	Risiko-Steckbriefe <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vorbereitung und Entwurf</li> <li>▪ Formulierung erster Maßnahmenvorschläge</li> <li>▪ Überarbeitung nach Zwischenabstimmung</li> <li>▪ redaktionelle Ausarbeitung inkl. Bilddokumentation</li> <li>▪ Zusammenfassende Priorisierung der Risiko-steckbriefe</li> </ul>	XX,00 ST		
2.5	Besprechungstermine			

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Teilnahme an ca. halbtägigen Projektbesprechungen und Workshops</li> <li>▪ Vorstellung und Erläuterung von Zwischen- und Endergebnissen</li> <li>▪ Erstellung und Verteilung von Besprechungsprotokollen</li> </ul>	XX,00 ST		
2.6	<b>Ortsbegehungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ergänzende Prüfung der Schadenspotenzial- und Risikoeinschätzung vor Ort</li> <li>▪ Korrekturen und Neubewertungen nach Erfordernis</li> </ul>	1,0 PSCH		
2.7	<b>Dokumentation Risikoanalyse</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fortschreibung des Erläuterungsberichts (Vorgehensweise, Ergebnisdiskussion)</li> <li>▪ Abgabe als Druckfassung in ___-facher Ausfertigung</li> <li>▪ Abgabe als PDF-Dokument</li> </ul>	1,0 PSCH		
<b>3</b>	<b>Handlungskonzept</b> Mitwirkung bei der Erstellung eines Handlungskonzeptes inkl. redaktioneller Ausarbeitung gemäß der Leistungsbeschreibung (Leitfaden Anhang 1a).			
3.1	<b>Besprechungs- und Präsentationstermine</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abschlussbesprechung</li> <li>▪ Vor- und Nachbereitung</li> <li>▪ Moderation und Ergebnispräsentation</li> </ul>	XX,00 ST		
3.2	<b>Schriftliches Handlungskonzept</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Schriftliches Handlungskonzept inklusive Erarbeitung der folgenden Bausteine <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informationsvorsorge</li> <li>▪ Flächenvorsorge</li> <li>▪ Krisenmanagement</li> <li>▪ Konzeption kommunaler baulicher Maßnahmen</li> </ul> </li> <li>▪ Entwurf und redaktionelle Ausarbeitung</li> <li>▪ Überarbeitung und Einarbeitung von Anmerkungen aus dem kommunalen Akteurskreis</li> <li>▪ Abgabe als PDF-Dokument</li> </ul>	1,0 PSCH		
3.3	<b>Maßnahmenkonzeption</b> Entwicklung und technische Grundkonzeption Vorsorgemaßnahmen (vgl. Leitfaden, Kapitel 7.5)	1,0 PSCH		

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
3.4	Messnetzkonzeption (optional) Konzeption lokaler Pegelmessstellen und Niederschlagsinformationen			
			1,0 PSCH	_____
<b>4</b>	<b>Leistungen nach Aufwand</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Übernahme zusätzlicher Leistungen auf Stundenbasis nach Aufforderung durch den Auftraggeber exklusive der Leistungen der Pos. 1-3</li> </ul> <p>Vom Bieter anzugeben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stundensatz Projektleiter: _____ EUR</li> <li>▪ Stundensatz Ingenieur: _____ EUR</li> <li>▪ Stundensatz Techniker: _____ EUR</li> <li>▪ Stundensatz Technischer Zeichner: _____ EUR</li> </ul>			

# Zusammenstellung

OZ	Kurztext	Einheitspreis in EUR
1	Gefährdungsanalyse	
1.1	Aufbereitung Geländemodell	EUR
1.2	Erfassung Kanalinfrastruktur	EUR
1.3	Erfassung relevanter Gewässerläufe	EUR
1.4	Ortsbegehungen (punktuell)	EUR
1.5	Überflutungssimulationen	EUR
1.6	Starkregengefahrenkarten	EUR
1.7	Dokumentation Gefährdungsanalyse	EUR
1.8	Besprechungstermine	EUR
	SUMME 1	EUR
2	Risikoanalyse	
2.1	Auswertung Starkregengefahrenkarten	EUR
2.2	Ermittlung und Bewertung kritischer Objekte und Bereiche (flächenhafte Erstbewertung)	EUR
2.3	Ermittlung und Bewertung kritischer Objekte und Bereiche (Detailanalyse Einzelobjekt)	EUR
2.4	Risiko-Steckbriefe	EUR
2.5	Besprechungstermine	EUR
2.6	Ortsbegehungen	EUR
2.7	Dokumentation Risikoanalyse	EUR
	SUMME 2	EUR
3	Handlungskonzept	
3.1	Besprechungstermine	EUR
3.2	Schriftliches Handlungskonzept	EUR
3.3	Maßnahmenkonzeption	EUR
3.4	Messnetzkonzeption	EUR
	SUMME 3	EUR
LV	SUMME LV	EUR
	zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer aus	EUR
	in Höhe von 19,00%	EUR
		EUR

Das LV besteht aus den Seiten \_\_\_ bis \_\_\_.

(Ort)

(Datum)

Rechtsgültige Unterschrift

# Bieterangaben

4	Leistungen nach Aufwand		
	Stundensatz Projektleiter:	_____	EUR
	Stundensatz Ingenieur:	_____	EUR
	Stundensatz Techniker:	_____	EUR
	Stundensatz Technischer Zeichner:	_____	EUR

## Beschreibung des eingesetzten hydraulischen Simulationsmodells

Hersteller: \_\_\_\_\_

Name der Software: \_\_\_\_\_

Software-Version: \_\_\_\_\_

Anzahl Lizenzen: \_\_\_\_\_

- Berechnungsansatz:
- vollwertige zweidimensionale Flachwassergleichungen
  - Vernachlässigung Trägheit
  - Vernachlässigung Beschleunigung
  - Vernachlässigung Druckgradient
  - sonstige Vereinfachungen (bitte näher beschreiben):

- Oberflächenmodell:
- Rastermodell
  - Dreiecksmodell (TIN)
  - sonstiges Modell (bitte näher beschreiben, ggf. auf Beiblatt):

- Oberflächenabfluss
- direkte Übernahme der rasterbezogenen Oberflächenabflusswerte der LUBW
  - sonstige Vorgehensweise (bitte näher beschreiben, ggf. auf Beiblatt):



# Definition der Datenformate

Anhang 1c

zum Leitfaden

Kommunales Starkregenrisikomanagement

in Baden-Württemberg

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Starkregengefahrenkarten in Baden-Württemberg .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Grundsätze und Kriterien für die Erstellung.....</b>	<b>4</b>
2.1	Datennutzung.....	4
2.2	Datenwege .....	5
2.3	Datenverarbeitung .....	6
2.4	Hydrologie .....	6
2.5	Geländemodell .....	6
2.6	Hydraulik .....	6
<b>3</b>	<b>Eingangsdaten von der LUBW an den Auftragnehmer .....</b>	<b>7</b>
3.1	Oberflächenabflusskennwerte .....	7
3.2	Digitales Geländemodell & terrestrische Vermessung .....	8
3.3	Ergebnisse der Hochwassergefahrenkarten .....	9
3.4	Basis DLM .....	9
3.5	AWGN.....	10
3.6	Hilfsdatensätze .....	11
3.6.1	AKWB (Anlagenkataster Wasserbau) .....	11
3.6.2	Orthobilder .....	15
3.6.3	ALKIS.....	16
3.6.4	Topographische Karten .....	17
<b>4</b>	<b>Ergebnisdaten an den Auftraggeber &amp; die LUBW .....</b>	<b>18</b>
4.1	Überflutungstiefe .....	18
4.2	Überflutungsausdehnung.....	19
4.3	Wasserspiegel.....	20
4.4	Fließgeschwindigkeiten und Fließrichtung.....	21
4.5	Modifiziertes HydTERRAIN .....	23
4.6	Abgabe der Modelldaten .....	23
4.7	Risikoanalyse .....	24
4.7.1	Risikoobjekte .....	24
4.7.2	Verbale Risikobeschreibung .....	25
4.7.3	Risikosteckbriefe .....	25
4.7.4	Bilddokumentation.....	26
4.8	Handlungskonzept.....	26
4.9	Messnetzkonzeption .....	26
4.10	Präsentation .....	28
4.10.1	Übersichtskarten .....	28
4.10.2	Überflutungstiefenkarten.....	29
4.10.3	Überflutungsausdehnungskarte.....	30
4.10.4	Fließgeschwindigkeit .....	31
4.10.5	Animation .....	32



# 1 Starkregengefahrenkarten in Baden-Württemberg

Die wichtigsten Grundlagen- und Ergebnisdaten sind in diesem Dokument spezifiziert. Sämtliche Arbeiten sind gemäß dem „Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement (Leitfaden) in Baden-Württemberg“, der Leistungsbeschreibung (Anhang 1a) und dem Musterpreisblatt (Anhang 1b) in der zum Zeitpunkt der Angebotsabgabe aktuellen Fassung zu vollziehen.

## 2 Grundsätze und Kriterien für die Erstellung

Im Folgenden sind zum Überblick die wichtigsten Grundsätze und Kriterien für die Erstellung der Starkregengefahrenkarten aufgelistet. Eine detaillierte Beschreibung der Themen kann den folgenden Kapiteln entnommen werden.

### 2.1 Datennutzung

Die Auftraggeber bzw. die datenabgebende Stelle sind Nutzungsrechtsinhaber der ausgelieferten Daten. Der Auftragnehmer erhält vom Auftraggeber bzw. der datenabgebenden Stelle die Daten unter folgenden Bedingungen:

1. Die Erlaubnis zur Nutzung der Daten wird nur für den im Vertrag angegebenen Verwendungszweck und Zeitraum erteilt. Eine darüberhinausgehende Nutzung ist nicht gestattet.
2. Die enthaltenen Basisdaten der Vermessungsverwaltung (ATKIS, ALKIS, Digitale Orthobilder, Topographische Karten usw.) dürfen nur in Verbindung mit den zu erstellenden Fachdaten und nur für den angegebenen Verwendungszweck genutzt werden. Ihre Nutzung außerhalb des angegebenen Verwendungszweckes sowie ihre Weitergabe ist ggf. durch einen eigenständigen Vertrag mit dem Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL) zu regeln.
3. Der Auftragnehmer hat dafür Sorge zu tragen, dass Dritte keinen unberechtigten Zugriff auf die Daten nehmen können und Bedienstete die Daten weder für ihre eigenen Zwecke nutzen noch Dritten zugänglich machen. Die Weitergabe der Daten an einen Dritten ist nicht zulässig.
4. Die Verwertung der Daten zum Zwecke des Aufbaus eines digitalen Datenbestandes mit der Absicht der kommerziellen Nutzung oder Veräußerung ist nicht zulässig.
5. Bei der Bearbeitung von Daten sind die Datenschutz- und Geheimhaltungsbestimmungen zu beachten. Dies gilt insbesondere für personenbezogene Daten aus dem ALKIS.
6. Der Auftragnehmer verpflichtet sich, vor einer Nutzung die Daten auf ihre Aktualität hin zu überprüfen und ggf. alle sich daraus ergebenden Einschränkungen bei der Verwendung zu beachten. Jeder Nutzer verpflichtet sich, dafür Sorge zu tragen, dass möglichst aktuelle Umweltdaten verwendet werden.

7. Der Auftragnehmer verpflichtet sich, dem Auftraggeber oder der LUBW auf Anfrage mitzuteilen, in welcher Weise die Daten genutzt werden.
8. Der Antragsteller verpflichtet sich, dass auf jeder analogen oder digitalen Veröffentlichung bzw. Vervielfältigung die Daten der LUBW und ggf. Basisdaten des LGL beinhaltet, an geeigneter Stelle auf diese hingewiesen wird.

Für alle RIPS-Daten einschließlich aufbereitete Geobasisdaten:

„Daten aus dem Räumlichen Informations- und Planungssystem (RIPS) der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, [aktuelles Datum]. Link: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>“

Für Basisdaten Daten des LGL:

„Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, [www.lgl-bw.de](http://www.lgl-bw.de), Az.: 2851.9-1/19““

Der LUBW sowie ggf. dem LGL ist mit Hinweis auf diese Bestimmungen vom Endprodukt unmittelbar und kostenfrei ein Belegexemplar zuzuleiten, sofern es sich um Publikationen, Broschüren, Faltblätter und dgl. handelt.

9. Die Ergebnisdaten, die aus den bereitgestellten Daten erzeugt werden, überlässt der Auftragnehmer dem Auftraggeber und der LUBW zur weiteren Nutzung.
10. Die Daten wurden mit der zur Erfüllung ihrer öffentlichen Aufgaben erforderlichen Sorgfalt bereitgestellt. Der Auftraggeber, der UIS<sup>1</sup>/WIBAS<sup>2</sup>-Verbund und die LUBW übernehmen jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit und Genauigkeit der überlassenen Daten. Die Aktualität richtet sich nach dem jeweiligen Fortführungsstand.
11. Der Antragsteller verpflichtet sich, bei Zuwiderhandlung den dadurch entstandenen Schaden zu ersetzen. Im Fall von Verstößen gegen die obigen Verpflichtungen kann die Nutzungserlaubnis vom Auftraggeber, der LUBW oder dem LGL widerrufen werden.

## 2.2 Datenwege

Die Erstellung von Starkregengefahrenkarten stellt eine kommunale Aufgabe dar, die beispielsweise mit Fördergeldern oder der zentralen Datenbereitstellung durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) vom Land Baden-Württemberg unterstützt wird. Bei der Abgabe der Ergebnisse an den Auftraggeber werden die Ergebnisdaten als Kopie ebenfalls an die LUBW zurückgegeben, sodass die Ergebnisse für die Verwendung in weiteren Projekten, wie dem Flut-Informations- und -Warnsystem (FLIWAS) verwendet werden können. Die in diesem Dokument aufgelisteten Daten werden durch die LUBW bereitgestellt. Durch den Auftraggeber werden weitere Daten, wie z.B. das Kanalnetz bereitgestellt.

---

<sup>1</sup> Umweltinformationssystem Baden-Württemberg

<sup>2</sup> Informationssystem Wasser, Immissionsschutz, Boden, Abfall, Arbeitsschutz

## 2.3 Datenverarbeitung

Das Projekt besitzt eine projekteinheitliche Datenstruktur. Dies bedeutet; dass einheitliche Strukturen und Formate in der Datenlieferung und insbesondere bei den Ergebnissen einzuhalten sind. Den beauftragten Ingenieurbüros werden Vorlagen für die zu erfassenden Datensätze bzw. für die Ergebnisse geliefert. Durch dieses Vorgehen wird ein landesweit einheitlicher Datenbestand erzeugt, dessen Ergebnisse sich einheitlich verarbeiten lassen.

## 2.4 Hydrologie

Die hydrologischen Eingangsdaten basieren auf der für Baden-Württemberg vorliegenden Methodik der Oberflächenabflusskennwerte, die mittels des ereignisbasierten Niederschlag-Abflussmodells RoGeR (Runoff Generation Research) ermittelt wurden.

Siehe *Leitfaden, Anhang 3: Methodische Grundlagen Oberflächenabflusswerte Baden-Württemberg*

## 2.5 Geländemodell

Terrestrische Vermessungen und die Punktwolken aus den Airborne Laserscan Vermessungen der Landesvermessung Baden-Württemberg (LGL) ergeben zusammen die Grundlage für das HydTERRAIN. Basierend auf terrestrischen Vermessungen wurde für die Gewässerstrecken der HWGK ein 3-D-Gewässerschlauch erstellt und in die geringfügig ausgedünnten Punktwolken des LGL integriert. Weiter wurden für Deiche die Bruchkanten integriert. Mittels Triangulation wurde ein unregelmäßiges vermaschtes Dreiecksnetz (TIN) erstellt, das sogenannte HydTERRAIN (Datenformat: ESRI-Terrain). Als Grundlage der hydraulischen Berechnung von Starkregengefahrenkarten bildet dieses HydTERRAIN die tatsächlichen Gegebenheiten im unmittelbaren Abflussbereich nicht ausreichend genau ab. Daher muss das HydTERRAIN nach hydraulischen Aspekten (z.B. Einbau von Mauern oder anderen den Abfluss leitenden Strukturen, Freischneiden von hydraulisch wirksamen Unterführungen) modifiziert werden, um als Grundlage zur Ermittlung der überschwemmten Flächen durch Starkregen zu dienen. Das HydTERRAIN stellt neben den hydrologischen Oberflächenabflusskennwerten eine wichtige Grundlage für die hydraulischen Berechnungen dar.

## 2.6 Hydraulik

Für die hydraulische Modellierung werden derzeit keine Vorgaben für das zu verwendende Modell vorgegeben. Die Berechnungen müssen 2D instationär durchgeführt werden. Durchlässe, Verdolungen, Unterführungen, Mauern, hohe, abflussrelevante Bordsteine, Bauwerke als Abflusshindernisse, Dämme, Wälle und Gräben müssen - sofern diese abflussrelevant sind - im Modell mit hinreichender Genauigkeit berücksichtigt werden. Für die Szenarien eines *außergewöhnlichen* und eines *extremen* Ab-

flussereignisses kann neben der hydrologischen Annahme, dass ein *verschlämmt* Boden vorliegt, im hydraulischen Modell angenommen werden, dass die Verdolungen verlegt sind, d.h. hydraulisch nicht wirksam (vgl. Leitfaden Abschnitt 6.2). Für die Szenarien eines *seltene*n und eines *außergewöhnlichen* Abflussereignisses kann, in begründeten Einzelfällen, die Annahme eines *unverschlämmt*en Bodens optional durchgeführt werden, sofern aufgrund örtlicher Erkenntnisse die Annahme von *unverschlämmt*en Verhältnissen schlüssig erscheint. Diese Annahme ist beispielsweise zu prüfen, wenn die Situation der Landnutzung eine geschützte Vegetationsdecke des Oberbodens aufweist und die Böden daher nicht verschlämmen können. Im Regelfall sollen drei Szenarien gerechnet werden. (vgl. Leitfaden, Abschnitt 5.2)

Bei der Oberflächenhydraulik von angrenzenden, bereits vorliegenden Starkregengefahrenkarten-Berechnungen oder bei der Berechnung mit Teilmodellen sind diese Wasserstände als Randbedingung der Berechnung zu berücksichtigen. Die Überlagerung sollte ähnliche Werte erreichen. Angrenzende Bereiche anderer Berechnungen sind im Bericht besonders zu dokumentieren.

Im Zuge der hydraulischen Berechnung wird ein ausführlicher Bericht erstellt. Darin sind die Grundlagen für die hydraulische Berechnung erläutert, das Vorgehen bei der Projektbearbeitung beschrieben und Annahmen an hydraulisch komplexen Stellen erläutert.

## 3 Eingangdaten von der LUBW an den Auftragnehmer

### 3.1 Oberflächenabflusskennwerte

Die Oberflächenabflusskennwerte für die Starkregenmodellierung liegen für die Szenarien *seltene*n, *außergewöhnliche*n und *extreme*n vor. Für alle drei Szenarien liegt der Fall von *verschlämmt*en Böden vor. Für die Szenarien der Abflussereignisse *seltene*n und *außergewöhnliche*n liegt zusätzlich jeweils die Annahme eines *unverschlämmt*en Bodens vor, welche optional genutzt werden können, sofern dies aufgrund örtlicher Erkenntnisse schlüssig erscheint. Jedes Szenario behandelt den Oberflächenabfluss einer Stunde, aufgeteilt in 5-Minuten-Schritte, wodurch sich 12 Rasterdatensätze je Szenario ergeben. Zusätzlich werden die Abflüsse einer Stunde aufsummiert, wodurch für jedes Szenario ein dreizehntes Raster entsteht. Die Auflösung dieser Rasterdaten beträgt 1m, die Abflusshöhe je Rasterzelle ist mit der Einheit 1/10 Millimeter wiedergegeben.

Diese Datensätze sind neben dem Geländemodell wesentliche Grundlage für die hydraulische Modellierung.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	OAK_[SZENARIO]_[ANNAHME]_[5-Min-Schritt] OAK_[SZENARIO]_[ANNAHME]_1hSUM
Datenformat	ESRI® FGDB Raster
Attribute	Zellwerte entsprechen der Abflusshöhe in 1/10 mm

## 3.2 Digitales Geländemodell & terrestrische Vermessung

Das Geländemodell mit integriertem 3D-Gewässerschlauch (HydTERRAIN) ist eine aus dem 1 x 1 m DGM-GRID (erstellt aus Befliegungsdaten der Jahre 2001 – 2005) des LGL abgeleitete Geländeoberfläche, ergänzt mit ausgewählten Daten der terrestrischen Vermessung der HWGK und einer äußeren Abgrenzung.

Aus den o.g. Geometrien wurde im für die HWGK ein 3D-Modell mit integriertem Gewässerschlauch als ESRI-TERRAIN erstellt. Dieses TERRAIN ist die Grundlage für alle weiteren u.g. Bearbeitungsschritte. Die Vermessungspunkte der Gewässerprofile mit den Attributen Böschungsober- und unterkanten und Talweg werden linear durch 3D-Interpolation verbunden. Die Richtung der Interpolation ist durch den Verlauf der Centerline vorgegeben. Diese interpolierten Linien (Bruchkanten) bilden das Gerüst für das Gewässerbett. Weiter sind vermessene Hochwasserdämme als Bruchkanten integriert. Die Vermessungspunkte von Dammfuß wasserseitig, Dammoberkante wasserseitig, Dammmitte, Dammoberkante landseitig und Dammfuß landseitig werden linear verbunden.

Das 1 x 1 m DGM-GRID des LGL wird mit einer "Pseudo-Glättung" von 0,02 Meter in Punkte umgewandelt. Alle Punkte im Bereich zwischen den erstellten Linien werden gelöscht und durch die Bruchkanten ersetzt. Für alle im Untersuchungsgebiet mit Vermessungsdaten belegten Gewässer ist der 3D-Gewässerschlauch bereits in das DGM (TERRAIN) eingebaut. Befliegungen, die durch das LGL nach 2005 durchgeführt wurden, weisen für gewöhnlich eine höhere Punktdichte auf. Beispielsweise wird das Land Baden-Württemberg sukzessive in einer Kooperation zwischen dem LGL und HWGK mit einer Punktdichte von mindestens 8 Punkten je m<sup>2</sup> befliegen. Liegen aus HWGK Punktwolken mit einer höheren Punktdichte und Aktualität vor, finden diese in das HydTERRAIN Eingang. Diese neuen Befliegungsdaten bilden eine optimale Voraussetzung für die Modellierung von Starkregengefahrenkarten, da sie auch kleinste Strukturen des Geländes abbilden. Sofern neue Befliegungen vorliegen, wird zwingend empfohlen, diese Informationen zu verwenden.

Speicherort	.../ Dateneingang /[Gemeindenname]HydTERRAIN.gdb/
Datensatzname	TERRAIN
Datenformat	ESRI® Terrain. Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten. Das Terrain besteht aus mehreren ESRI® Feature Classes (Punkt, Linie, Fläche). Die Anzahl der Feature Classes ist abhängig von der Größe (Fläche) des Berechnungsgebiets. In der Regel enthalten alle Geometrien einen Höhenwert.

### 3.3 Ergebnisse der Hochwassergefahrenkarten

Die Berechnungsergebnisse der Hochwassergefahrenkarten liegen als 1x1 m Raster für die Szenarien HQ10, HQ50, HQ100 und HQ<sub>EXTREM</sub> jeweils als Wasserspiegellage in m. ü. NHN vor.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	WSP_HQ010, ... UT_HQ010...
Datenformat	ESRI® FGDB Raster
Attribute	Zellwerte in m ü. NHN

### 3.4 Basis DLM

Im Basis-DLM werden die realen Objekte der Landschaft sowie ergänzende Informationen zu Namen und Gebieten mit punkt-, linien- und flächenförmigen Objekten vektoriell modelliert. Das Basis-DLM ist zweidimensional und deckt die gesamte Landesfläche lückenlos ab. Im UIS werden die Daten des Basis-DLM in der Struktur von NORA\_BW eingesetzt. NORA\_BW enthält den gesamten Datenumfang des Basis-DLM, aber in einer vereinfacht dargestellten Form, vor allem in Bezug auf die Attribut-/Sachinformation.

Aus dem Basis-DLM werden im Rahmen dieses Leistungsverzeichnisses die folgenden Objektarten bereitgestellt:

- Bahnstrecke
- Bundesland
- Festlegung und Recht
- Gebietsgrenze
- Gemeinde
- Geographischer Name
- Gewässerachse
- Ortslage
- Regierungsbezirk
- Region
- Sonstige Beschriftung
- Straßen- oder Fahrbahnachse
- Straßenname
- Tatsächliche Nutzung

- Gewässername
- Kreis
- Landschaft
- Vegetation und Gelände
- Wegachse

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells, zu Präsentationszwecken in den PDF-Karten oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Basis-DLM_Bahnstrecke</li> <li>▪ Basis-DLM_Gemeinde</li> <li>▪ usw.</li> </ul>
Datenformat	ESRI® Feature Class (Polygon)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert oder können bereits jetzt in den Metadaten (siehe oben) eingesehen werden.

### 3.5 AWGN

Die Objektart „Amtliches Digitales Wasserwirtschaftliches Gewässernetz (AWGN) - Fließgewässer“ beinhaltet alle wasserwirtschaftlich relevanten Fließgewässer in Baden-Württemberg.

- LUBW, „Das AWGN“ <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/55787/>
- Daten-Download & interaktive Karte in Umwelt-Daten und -Karten Online (UDO) <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/p/mTR4>
- Metadatenbeschreibung der LUBW <http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripservices/apps/uis/metadaten/beschreibung.aspx?ty p=0&uuid=7251515f-6aed-4555-8319-ab6314155ab1>

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells, zu Präsentationszwecken in den PDF-Karten oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	AWGN
Datenformat	ESRI® Feature Class (Linie)

Attribute

Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert oder können bereits jetzt in den Metadaten (siehe oben) eingesehen werden.

## 3.6 Hilfsdatensätze

Die folgenden Datensätze sind Hilfsdatensätze. Sie können beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

### 3.6.1 AKWB (Anlagenkataster Wasserbau)

In größeren Untersuchungsgebieten können auch wasserwirtschaftliche Anlagen wie die im Folgenden aufgeführten für die Oberflächenhydraulik von Bedeutung sein. Im Anlagenkataster-Wasserbau (AKWB) wird eine Vielzahl von Wasserbauwerken in und an oberirdischen Gewässern durch die datenführenden Dienststellen erfasst. Es werden Geometrie- und Sachinformationen erhoben. Für die Erfassung der landeseigenen wasserwirtschaftlichen Anlagen sind die Regierungspräsidien zuständig, für die sonstigen Anlagen die unteren Verwaltungsbehörden. Nachfolgende Anlagenarten sind eine Auswahl der Objektarten, die im AKWB erfasst werden, und für die Bearbeitung als Hilfsdatensatz bereitgestellt werden:

- Absperrbauwerk (Linie)
- Flussschleuse, Längsdamm, Schutzeinrichtung (Linie)
- Gewässerausbau, Gewässerrenaturierung (Linie)
- Regelungsbauwerk (Linie)
- Sohlenbauwerk (inkl. Absturz, Punkt)
- Stauanlage (Punkt und Fläche bei Bedarf)
- Verdolung, Gewässerdüker, Trogbauwerk (Linie)
- Wasserkraftanlage (Punkt)

#### *Absperrbauwerke*

*Absperrbauwerke* dienen der Rückhaltung von Gewässerabflüssen zur Erzeugung eines Staus (DIN 4048-11 11). Dabei handelt es sich insbesondere um Staudämme bzw. Staumauern verschiedener Bauart.

- Metadatenbeschreibung der LUBW <http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/uis/metadaten/beschreibung.aspx?typ=0&uuid=cfdabd27-cd87-43f4-9f2b-7478a6de017d>

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus

Keine Rückgabe an AG oder LUBW

Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	AKWB_ABSPERRBAUWERK
Datenformat	ESRI® Feature Class (Linie)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert.

### **Flussdeich, Längsdamm, Schutzeinrichtung**

In der Objektart Flussdeich, Längsdamm, Schutzeinrichtung werden wasserwirtschaftlich bedeutsame Hochwasserdeiche und Längsdämme bzw. entsprechende Schutzeinrichtungen als Linienobjekt (Deichachse) im Maßstab 1:10.000 erfasst und neben weiteren Sachinformationen der Typ und die Funktion beschrieben. Die Erfassung erfolgt für Bundeswasserstrassen und Gewässer I. Ordnung. Bei Gewässern II. Ordnung erfolgt die Erfassung nur im Bedarfsfall.

- Metadatenbeschreibung der LUBW <http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/uis/metadaten/beschreibung.aspx?typ=0&uuid=795c1405-d2f3-467d-ad40-6dc143b52331>

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	AKWB_FLUSSDEICH
Datenformat	ESRI® Feature Class (Linie)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert.

### **Gewässerausbau, Gewässerrenaturierung**

In der Objektart Gewässerausbau, Gewässerrenaturierung werden alle Maßnahmen und Bauwerke zum Schutz und zur Erhaltung der Gewässerufer bzw. der Sohle für den Hochwasserschutz und die ökologische Gewässerentwicklung als Linienobjekt erfasst.

- Metadatenbeschreibung der LUBW <http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/uis/metadaten/beschreibung.aspx?typ=0&uuid=6993d1db-56b8-4509-ae48-4d5afea60120>

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	AKWB_GEWASSERAUSBAU

Datenformat	ESRI® Feature Class (Linie)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert.

### Regelungsbauwerk

Die Objektart Regelungsbauwerk dient zum einen der Gewässerbeschreibung (Gefälle, Durchgängigkeit) und zum anderen zur Beschreibung von Anlagen wie Wasserkraftanlagen oder Hochwasserrückhaltebecken. Gewöhnlich werden nur Wehre erfasst, die real existieren.

- Metadatenbeschreibung der LUBW <http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/uis/metadaten/beschreibung.aspx?typ=0&uuid=2d45854f-4d12-40ef-8526-9372160dc243>

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	AKWB_REGELBAUWERK
Datenformat	ESRI® Feature Class (Linie)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert.

### Sohlenbauwerk

Die Objektart Sohlenbauwerk (inkl. Absturz) beinhaltet nach DIN 4047/Teil 5 bzw. DIN 19661/Teil 2: Sohlenstufen: Absturz, Absturztreppe, Sohlenrampe, Sohlengleite und Schwellen: Stützwehr, Grundschwelle, Sohlenschwelle.

- Metadatenbeschreibung der LUBW <http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/uis/metadaten/beschreibung.aspx?typ=0&uuid=9848dffc-9757-4f1e-955a-0a049f97feff>

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	AKWB_SOHLENBAUWERK
Datenformat	ESRI® Feature Class (Punkt)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert.

### Stauanlage

Die Objektart Stauanlage beinhaltet Hochwasserrückhaltebecken, deren Staubecken ganz oder teilweise dem vorübergehenden Rückhalt von Hochwasser dienen. Hierzu gehören auch Rückhalteräume im Nebenschluss, z.B. am Rhein die Rückhalteräume des Integrierten Rheinprogramms (IRP). Weiteres ist in der DIN 4048-1 1.3 beschrieben. Talsperren sind Stauanlagen, die über den Querschnitt des Wasserlaufes hinaus einen ganzen Talquerschnitt absperren. Näheres ist in der DIN 4048-1 1.2 beschrieben.

- Metadatenbeschreibung der LUBW <http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/uis/metadaten/beschreibung.aspx?typ=0&uuid=3edda8be-29cc-446f-9211-d42f698e7316>

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW Die Stauanlagen bestehen aus bis zu drei Objektarten: die Stauanlagen selbst (Punkt) sowie der Dauerstaufäche und/oder dem Hochwasserrückhalteraum.
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	AKWB_STAUANALGE_ AKWB_STAUANALGE_HWRUCK AKWB_STAUANALGE_DAUERSTAU
Datenformat	ESRI® Feature Class (Punkt bzw. Fläche)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert.

### Verdolung, Gewässerdüker, Trogbrücke

Die in dieser Objektart enthaltenen Bauwerke sind im Falle einer Verdolung durch die DIN 4047-5 (5.7) und im Falle eines Gewässerdükers durch die DIN 4047-5 (5.4) definiert. Mit einer Gewässerüberleitung wird ein anderes Gewässer gekreuzt. Das Überleitungsgerinne kann offen (z.B. Trogbrücke) oder geschlossen sein.

- Metadatenbeschreibung der LUBW <http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/uis/metadaten/beschreibung.aspx?typ=0&uuid=b3af31b5-784f-466c-8755-c4f28fb69558>

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	AKWB_VERDOLUNG
Datenformat	ESRI® Feature Class (Linie)

Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert.
-----------	---

### **Wasserkraftanlage**

In der Objektart Wasserkraftanlagen sind die Wasserkraftanlagen selbst einschließlich der Kleinwasserkraftanlagen erfasst. Dabei kann es sich um Flusskraftwerke (DIN 4048 Teil 2, DIN 19752) oder Umleitungskraftwerke (DIN 4048 Teil 2, DIN 19752) handeln.

- Metadatenbeschreibung der LUBW <http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/uis/metadaten/beschreibung.aspx?typ=0&uuid=67e1aef2-a426-443e-afbf-cd66f93cafe2>

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	AKWB_WASSERKRAFT
Datenformat	ESRI® Feature Class (Punkt)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert.

## 3.6.2 Orthobilder

Die farbigen, entzerrten und georeferenzierten Orthobilder werden durch das Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL) mit einer Kachelung von 1 km x 1 km und einem Maßstab von 1:10.000 erstellt.

- Metadatenbeschreibung der LUBW <http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/uis/metadaten/beschreibung.aspx?typ=0&uuid=c2a91d53-d7b2-49c8-919e-3c98e9ce697b>
- Datenbeschreibung des LGL [https://www.lgl-bw.de/lgl-internet/opencms/de/00\\_Startseite/Galerien/Externe-Links/LGL-Shop](https://www.lgl-bw.de/lgl-internet/opencms/de/00_Startseite/Galerien/Externe-Links/LGL-Shop) → DOP Orthophotos → Information

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells, zu Präsentationszwecken in den PDF-Karten oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

### **Orthobilder**

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Orthobilder\

Datensatzname	Die Dateinamen werden aus den Gauß-Krüger-Koordinaten der südwestlichen Kachelecke gebildet. Beispiel: Rechtswert 3490000, Hochwert 5436000 ergibt den Dateinamen 34905436.tif
Datenformat	TIF georeferenziert

### Bildkatalog

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Orthobilder\
Datensatzname	_ic_co.dbf
Datenformat	DBase Tabelle
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert oder können bereits jetzt in den Metadaten (siehe oben) eingesehen werden.

### Blattschnitt

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	Blattschnitt_Orthobilder
Datenformat	ESRI® Feature Class (Polygon)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert oder können bereits jetzt in den Metadaten (siehe oben) eingesehen werden.

## 3.6.3 ALKIS

Das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) wurde vom LGL 2011 eingeführt und führt das bisherige Amtliche Liegenschaftsbuch (ALB) und die Amtliche Liegenschaftskarte (ALK) zusammen. Im UIS werden die ALKIS-Daten in der Struktur der „Nutzerorientiert aufbereiteten Geobasisdaten Baden-Württemberg“ (NORA\_BW) eingesetzt. NORA\_BW enthält den gesamten ALKIS-Datenumfang aber in einer vereinfacht dargestellte Form vor allem in Bezug auf die Attribut-/Sachinformation.

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells, zu Präsentationszwecken in den PDF-Karten oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ALKIS_GEBAUDE</li> <li>▪ ALKIS_FLURSTUCK</li> </ul>

Datenformat	ESRI® Feature Class (Polygon)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert oder können bereits jetzt in den Metadaten (siehe oben) eingesehen werden.

### 3.6.4 Topographische Karten

Landesweit kartographisch einheitlich aufbereitete Topographie in Form der verschiedenen Kartenwerke des LGL. Von den topographischen Karten (TK) und Übersichtskarten (TÜK) werden im Rahmen dieses Leistungsverzeichnisses die folgenden Kartenwerke bereitgestellt:

- TK25
- TÜK200

Dieser Datensatz ist ein Hilfsdatensatz. Er kann beispielsweise bei der Modellierung des Geländemodells, zu Präsentationszwecken in den PDF-Karten oder zur Vorbereitung von Ortsbegehungen verwendet werden.

#### Karten

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\TK025\ ...\Dateneingang\TÜK200\
Datensatzname	bspw. tk6917co.tif
Datenformat	TIF georeferenziert
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert oder können bereits jetzt in den Metadaten (siehe oben) eingesehen werden.

#### Bildkatalog

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\[Kartename]\
Datensatzname	_ic_co.dbf
Datenformat	DBase Tabelle
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert oder können bereits jetzt in den Metadaten (siehe oben) eingesehen werden.

#### Blattschnitt

Rückgabestatus	Keine Rückgabe an AG oder LUBW
Speicherort	...\Dateneingang\Dateneingang.gdb\
Datensatzname	Blattschnitt_[Kartename]

Datenformat	ESRI® Feature Class (Polygon)
Attribute	Die einzelnen Attribute werden bei der Datenauslieferung erläutert oder können bereits jetzt in den Metadaten (siehe oben) eingesehen werden.

## 4 Ergebnisdaten an den Auftraggeber & die LUBW

Die Ergebnisse definieren den Umfang an Daten und Dokumenten, die der Auftragnehmer an den Auftraggeber und die LUBW abgibt. Die hier definierten Abgabeformate beschreiben Datensätze von übergeordnetem Interesse, die ggf. in landesweiten Informationssystemen übernommen werden. Darüber hinaus können vom Auftraggeber weitere spezifische Ergebnisse definiert werden.

### 4.1 Überflutungstiefe

Die Überflutungstiefen leiten sich aus der Differenz zwischen Wasserspiegel und dem vom Auftragnehmer überarbeiteten hydraulisch plausiblen Geländemodell (HydTERRAIN) ab. Die Überflutungstiefen sind für die folgenden Hochwasserszenarien zu erstellen:

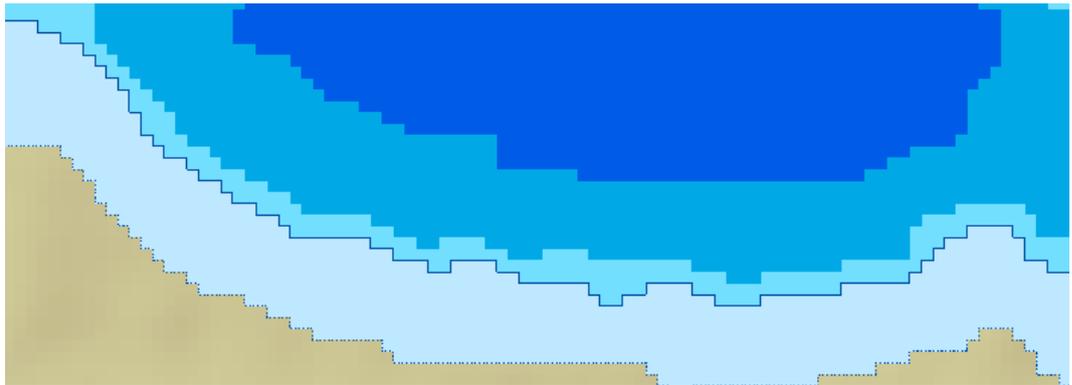
- *seltene* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UT\_SEL\_V)
- optional *seltene* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname UT\_SEL\_U).
- *außergewöhnliches* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UT\_AUS\_V)
- optional *außergewöhnlich* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname UT\_AUS\_U)
- *extremes* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UT\_EXT\_V)

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort (*optional)	Die Raster sind in je einem Unterverzeichnis zu speichern: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ .../Ergebnisse/UT/UT_SEL_V/[Rastername]</li> <li>▪ .../Ergebnisse/UT/UT_SEL_U/[Rastername]*</li> <li>▪ .../Ergebnisse/UT/UT_AUS_V/[Rastername]</li> <li>▪ .../Ergebnisse/UT/UT_AUS_U/[Rastername]*</li> <li>▪ .../Ergebnisse/UT/UT_EXT_V/[Rastername]</li> </ul>
Datensatzname (*optional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UT_SEL_V</li> <li>▪ UT_SEL_U*</li> <li>▪ UT_AUS_V</li> <li>▪ UT_AUS_U*</li> <li>▪ UT_EXT_V</li> </ul>

Datenformat	Georeferenziertes TIF oder ESRI® GRID (Floating Point, Überflutungshöhe [m], Rundung auf Zentimeter für den Z-Wert. Zellgröße 1m x 1m, der Zellmittelpunkt liegt auf ganzzahligen Koordinatenwerten. Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten.
-------------	--

## 4.2 Überflutungsausdehnung

Abbildung 1: Überflutungsflächen abgeleitet ohne Generalisierung



Die flächenhafte Ausbreitung der Überflutung ist als Ableitung (Verschneidung) ohne Generalisierung aus den Wasserspiegeln und dem vom Auftragnehmer überarbeiteten hydraulisch plausiblen Geländemodell (HydTERRAIN) in je einem Datensatz für die folgenden Starkniederschlagsereignisse analog zu den Überflutungstiefen zu erstellen:

- *seltene* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UA\_SEL\_V)
- optional *seltene* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname UA\_SEL\_U)
- *außergewöhnliches* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UA\_AUS\_V)
- optional *außergewöhnlich* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname UA\_AUS\_U)
- *extremes* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UA\_EXT\_V)

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/[Gemeindenname].gdb/
Datensatzname (*optional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UA_SEL_V</li> <li>▪ UA_SEL_U*</li> <li>▪ UA_AUS_V</li> <li>▪ UA_AUS_U*</li> <li>▪ UA_EXT_V</li> </ul>

Datenformat	ESRI® Polygon-Feature-Class in einer ESRI® File Geodatabase (FGDB) Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten. Als Vorlage für die Feature-Class Eigenschaften kann die leere Feature-Class-Vorlage in der Ergebnis FGDB verwendet werden.
Attribute	Keine

## 4.3 Wasserspiegel

Die Wasserspiegel sind analog zu den Überflutungstiefen für die Starkniederschlags-szenarien zu erstellen:

- *seltene* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname WSP\_SEL\_V)
- optional *seltene* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname WSP\_SEL\_U)
- *außergewöhnliches* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname WSP\_AUS\_V)
- optional *außergewöhnliches* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname WSP\_AUS\_U)
- *extremes* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname WSP\_EXT\_V)

zu erstellen. Als Ergebnis wird die Berechnung homogener Wasserspiegellagen für das gesamte Bearbeitungsgebiet erwartet. Null-Werte (= Ziffer 0) sind nicht erlaubt, da diese bei einer späteren Prozessierung (z.B. Verschneidung) als Rechenwert angenommen würden und somit falsche Ergebnisse entstehen.

Die Wasserspiegelraster geben den Horizont des Wasserspiegels vor. Sie können auch in Bereichen dargestellt werden, in denen das Gelände höher ist als der Wasserspiegel. Die Ausbreitung darf aber nur soweit reichen, dass keine unplausiblen Randbereiche entstehen.

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort (*optional)	Die Raster sind in je einem Unterverzeichnis zu speichern: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ .../Ergebnisse/WSP/WSP_SEL_V/[Rastername]</li> <li>▪ .../Ergebnisse/WSP/WSP_SEL_U/[Rastername]*</li> <li>▪ .../Ergebnisse/WSP/WSP_AUS_V/[Rastername]</li> <li>▪ .../Ergebnisse/WSP/WSP_AUS_U/[Rastername]*</li> <li>▪ .../Ergebnisse/WSP/WSP_EXT_V/[Rastername]</li> </ul>

Datensatzname (*optional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ WSP_SEL_V</li> <li>▪ WSP_SEL_U*</li> <li>▪ WSP_AUS_V</li> <li>▪ WSP_AUS_U*</li> <li>▪ WSP_EXT_V</li> </ul>
Datenformat	Georeferenziertes TIF oder ESRI® GRID (Floating Point, Höhe [m ü. NHN], Rundung auf ganze Zentimeter für den Z-Wert. Zellgröße 1m x 1m, der Zellmittelpunkt liegt auf ganzzahligen Koordinatenwerten. Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten.

## 4.4 Fließgeschwindigkeiten und Fließrichtung

Die Fließgeschwindigkeit ist analog zu den Überflutungstiefen für die Starkniederschlagsszenarien zu erstellen:

- *seltene* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname FG\_SEL\_V)
- optional *seltene* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname FG\_SEL\_U)
- *außergewöhnliches* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname FG\_AUS\_V)
- optional *außergewöhnliches* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname FG\_AUS\_U)
- *extremes* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname FG\_EXT\_V)

### *Fließgeschwindigkeit und -richtung (Vektor)*

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/[Gemeindenname].gdb/
Datensatzname (*optional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FG_SEL_V</li> <li>▪ FG_SEL_U*</li> <li>▪ FG_AUS_V</li> <li>▪ FG_AUS_U*</li> <li>▪ FG_EXT_V</li> </ul>
Datenformat	ESRI® Punkt-Feature-Class in einer ESRI® File Geodatabase (FGDB) Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten. Als Vorlage muss die leere Feature-Class-Vorlage in der Ergebnis FGDB verwendet werden.

Attribute (° Rundung auf ganze Zentimeter)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fließgeschwindigkeit in x [m/s], „FG_X“ Fließgeschwindigkeit in y [m/s] , „FG_Y“</li> <li>▪ resultierende Fließgeschwindigkeit [m/s], „FG“</li> <li>▪ Richtung [Dezimalgrad], „RICHTUNG“</li> <li>▪ Wasserspiegel [m ü. NHN], „WSP“°</li> <li>▪ Überflutungstiefe [m], „UT“</li> <li>▪ Geländehöhe [m ü. NHN], „GELAENDEH“°</li> </ul>
---	---

Alternativ können die Fließgeschwindigkeit und die Fließrichtung auch in Rasterformaten abgegeben werden.

### *Fließgeschwindigkeit und -richtung (Raster)*

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort (*optional)	<p>Die Raster sind in je einem Unterverzeichnis zu speichern: Für Fließgeschwindigkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ .../Ergebnisse/FG/FG_SEL_V/[Rastername]</li> <li>▪ .../Ergebnisse/FG/FG_SEL_U/[Rastername] *</li> <li>▪ .../Ergebnisse/FG/FG_AUS_V/[Rastername]</li> <li>▪ .../Ergebnisse/FG/FG_AUS_U/[Rastername] *</li> <li>▪ .../Ergebnisse/FG/FG_EXT_V/[Rastername]</li> </ul> <p>Für Fließrichtung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ .../Ergebnisse/FR/FR_SEL_V/[Rastername]</li> <li>▪ .../Ergebnisse/FR/FR_SEL_U/[Rastername] *</li> <li>▪ .../Ergebnisse/FR/FR_AUS_V/[Rastername]</li> <li>▪ .../Ergebnisse/FR/FR_AUS_U/[Rastername] *</li> <li>▪ .../Ergebnisse/FR/FR_EXT_V/[Rastername]</li> </ul>
Rastername (*optional)	<p>Für die Fließgeschwindigkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FG_SEL_V</li> <li>▪ FG_SEL_U*</li> <li>▪ FG_AUS_V</li> <li>▪ FG_AUS_U*</li> <li>▪ FG_EXT_V</li> </ul> <p>Für die Fließrichtung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FR_SEL_V</li> <li>▪ FR_SEL_U*</li> <li>▪ FR_AUS_V</li> <li>▪ FR_AUS_U*</li> <li>▪ FG_EXT_V</li> </ul>
Datenformat	Georeferenziertes TIF oder ESRI® GRID (Floating Point, Fließgeschwindigkeit bzw. Fließrichtung. Zellgröße 1m x 1m bzw. 5m x 5m, der Zellmittelpunkt liegt auf ganzzahligen Koordinatenwerten. Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten.

## 4.5 Modifiziertes HydTERRAIN

Das nach hydraulischen Aspekten (z.B. Einbau von Mauern oder anderen den Abfluss leitenden Strukturen, Freischneiden von hydraulisch wirksamen Unterführungen) modifizierte HydTERRAIN wird als Grundlage zur Ermittlung der überschwemmten Flächen durch Starkregen verwendet. Das HydTERRAIN stellt neben den hydrologischen Oberflächenabflusskennwerten eine wichtige Grundlage für die hydraulischen Berechnungen dar.

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/[Gemeindenname]_ModHydTERRAIN.gdb/
Datensatzname	Wie Eingangsdatensatz
Datenformat	ESRI® Terrain. Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten. Das Terrain besteht aus mehreren ESRI® Feature Classes (Punkt, Linie, Fläche). Die Anzahl der Feature Classes ist abhängig von der Größe (Fläche) des Berechnungsgebiets. In der Regel enthalten alle Geometrien einen Höhenwert. Vom AN neu erfasste Bruchkanten, Punkte, Flächen sind in neuen Feature Classes zu erfassen. Der Abgabedatensatz muss alle ggf. modifizierten Feature Classes enthalten.

## 4.6 Abgabe der Modelldaten

Mit Abschluss der Gefährdungsanalyse müssen dem Auftraggeber und der LUBW sämtliche Modelldaten inklusive der Modellgrundlagen, Parameterdaten, Steuerdaten usw. dokumentiert und beschrieben übergeben werden. Die Abgabeformate und -inhalte müssen in jedem Einzelfall definiert werden, da diese von der eingesetzten Software abhängig sind. Die Daten müssen in einer Struktur abgegeben werden, die es erlaubt, mit geringem Aufwand das Modell mit der entsprechenden Modellierungssoftware verwenden zu können.

Für Modelle, die auf finiten Elementen basieren, ist das Modellnetz abzugeben.

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/[Gemeindenname].gdb/
Datensatzname	Modellnetz
Datenformat	ESRI® Linien-Feature-Class in einer ESRI® File Geodatabase (FGDB) Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten.



- Dateiname eines repräsentativen Bildes, inklusive Dateierweiterung [Text, 100] „BILD3“, optional

## 4.7.2 Verbale Risikobeschreibung

Die verbale Risikobeschreibung beschreibt alle Eigenschaften und Besonderheiten des Untersuchungsgebiets. Sie kann bei Bedarf durch Risikosteckbriefe je Risikoobjekt ergänzt werden, wobei nicht zwingend für jedes Risikoobjekt Risikosteckbriefe erstellt werden müssen. Die Verbale Risikobeschreibung ist entsprechend den Vorgaben des Leitfadens (Abschnitt 6.3) zu erstellen.

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/Verbale_Risikobeschreibung/...
Datensatzname	„verbRisikobeschreibung“ + „_“ + [AGS ohne führende „0“].PDF
Datenformat	PDF

## 4.7.3 Risikosteckbriefe

Für eine Ersteinschätzung des Risikos für die in den Starkregengefahrenkarten eingezeichneten Risikoobjekte kann je Objekt ein Steckbrief erstellt werden. In diesem wird eine Risikoeinschätzung (z.B. hoch, mittel, gering) inkl. Begründung knapp zusammengefasst und bildlich dokumentiert. In den Steckbriefen sollen bereits Handlungserfordernisse und ggf. erste Maßnahmenoptionen formuliert werden. Die Steckbriefe sollten folgende Aspekte enthalten:

- Charakterisierung der Überflutungsgefährdung inklusive Nennung der zu erwartenden szenariobezogenen Wasserstände
- Charakterisierung des Schadenspotenzials (Art und Ausmaß)
- Bilddokumentation
- Risikoeinschätzung
- Einschätzung zur Notwendigkeit von Vorsorgemaßnahmen

Ein Mustersteckbrief ist im Ergebnisverzeichnis enthalten.

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/Risikosteckbriefe/
Datensatzname	[AGS ohne führende „0“] + [„0000“ Risikoobjekt-ID] + „_“ + [Optionale Ergänzung].PDF Beispiel: 32540210001_Kindergarten.pdf
Datenformat	PDF

#### 4.7.4 Bilddokumentation

Alle Risikoobjekte sind durch digitale georeferenzierte Fotografien festzuhalten. Pro Risikoobjekt ist mindestens ein Bild abzugeben. Diese Bilder dienen später ggf. der Einschätzung des Risikos und des Gefahrenpotentials. Die Bilder müssen daher den gefährdeten Bereich des Risikoobjekts sowie dessen Lage zeigen. Jedes Foto ist als eigene Datei abzugeben.

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/Risikoobjektbilder/
Datensatzname	[AGS ohne führende „0“] + [„0000“ Risikoobjekt-ID] + „_“ + [„000“ laufende Bildnummer + „_“ + [optionale Ergänzung] + [Dateiendung]. Beispiel: 083350010001_001_Kindergarten.jpg
Datenformat	JPG (georeferenziert)

#### 4.8 Handlungskonzept

Die Starkregengefahrenkarten und die darauf basierende Risikoanalyse liefern die Grundlage zur Erstellung eines kommunalen Handlungskonzeptes zur Vermeidung oder Minderung von Schäden in Folge von Starkregenereignissen. Die Einzelheiten zu den Anforderungen sind im Leitfaden, Kapitel 7 enthalten. Das schriftlich ausgearbeitete Handlungskonzept enthält folgende Bausteine:

- Informationsvorsorge
- Flächenvorsorge
- Krisenmanagement
- Konzeption kommunaler Baumaßnahmen

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/Handlungskonzept/
Datensatzname	„Handlungskonzept“ + „_“ + [AGS ohne führende „0“].PDF
Datenformat	PDF

#### 4.9 Messnetzkonzeption

Optional kann eine Messnetzkonzeption erstellt werden. Grundlage dafür sind die Ergebnisse der Starkregengefahrenkarten und der Hochwassergefahrenkarten. Die Einzelheiten sind im Abschnitt 7.6 des Leitfadens beschrieben. Es sind drei Ergebnisse zu erstellen:

- Punktthema mit der Lage der Wasserstandspegel

- Punktthema mit der Lage der Niederschlagsmessstationen
- Flächenthema mit dem Einzugsgebiet, das durch den Wasserstandspegel bzw. die Niederschlagsmessstation repräsentiert wird

### Wasserstandspegel

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/[Gemeindenname].gdb/
Datensatzname	Wasserstandspegel
Datenformat	ESRI® Punkt-Feature-Class in einer ESRI® File Geodatabase (FGDB) Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten. Als Vorlage muss die leere Feature-Class-Vorlage in der Ergebnis FGDB verwendet werden.
Attribute (*optional) (° Rundung auf ganze Zentimeter)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wasserstand bei Szenario UT_SEL_V [m], „UT_SEL_V“°</li> <li>▪ Wasserstand bei Szenario UT_SEL_U [m], „UT_SEL_U“*°</li> <li>▪ Wasserstand bei Szenario UT_AUS_V [m], „UT_AUS_V“°</li> <li>▪ Wasserstand bei Szenario UT_AUS_U [m], „UT_AUS_U“*°</li> <li>▪ Wasserstand bei Szenario UT_EXT_V [m], „UT_EXT_V“°</li> <li>▪ HWGK Wasserstand [m ü. NHN], „WSP_HQ10“°</li> <li>▪ HWGK Wasserstand [m ü. NN], „WSP_HQ50“°</li> <li>▪ HWGK Wasserstand [m ü. NN], „WSP_HQ100“°</li> <li>▪ HWGK Wasserstand [m ü. NN], „WSP_HQEXTREM“°</li> <li>▪ Fließgeschwindigkeit [m/s], „FLIESS_V“</li> <li>▪ Bemerkungen, „BEMERKUNG“</li> <li>▪ Existiert Pegel [ja/nein], „EXISTIERT“</li> </ul>

### Niederschlagsmessstation

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/[Gemeindenname].gdb/
Datensatzname	Niederschlagsmessstation
Datenformat	ESRI® Punkt-Feature-Class in einer ESRI® File Geodatabase (FGDB) Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten. Als Vorlage muss die leere Feature-Class-Vorlage in der Ergebnis FGDB verwendet werden.

Attribute (*optional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Niederschlagswert 1h bei Szenario UT_SEL_V [1/10 mm], „NSW_UT_SEL_V“</li> <li>▪ Niederschlagswert 1h bei Szenario UT_SEL_U [1/10 mm], „NSW_UT_SEL_U“*</li> <li>▪ Niederschlagswert 1h bei Szenario UT_AUS_V [1/10 mm], „NSW_UT_AUS_V“</li> <li>▪ Niederschlagswert 1h bei Szenario UT_AUS_U [1/10 mm], „NSW_UT_AUS_U“*</li> <li>▪ Niederschlagswert 1h bei Szenario UT_EXT_V [1/10 mm], „NSW_UT_EXT_V“</li> <li>▪ Existiert Niederschlagsmessgerät [ja/nein], „EXISTIERT“</li> <li>▪ Art [1 = Automatische Niederschlagsmessgeräte mit Datenfernübertragung, 2 = Automatische Niederschlagsmessgeräte ohne Datenfernübertragung, 3 = Regenschreiber auf Radarbasis], „ART“</li> <li>▪ Bemerkungen [Text max. 2000 Zeichen], „BEMERKUNG“.</li> <li>▪ Index [Integer] „ID“. [AGS ohne führende „0“] + [0000]. Beispiel AGS der Gemeinde „Aach“ = 08335001 ergibt: 83350010001</li> </ul>
--------------------------	---

#### Einzugsgebiet der Niederschlagsmessstation

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/[Gemeindenname].gdb/
Datensatzname	Niederschlagsmessstation_Einzugsgebiet
Datenformat	ESRI® Polygon-Feature-Class in einer ESRI® File Geodatabase (FGDB) Lage im 3. Gauß-Krüger-Meridianstreifen, entsprechend der Projektion der Eingangsdaten. Als Vorlage muss die leere Feature-Class-Vorlage in der Ergebnis FGDB verwendet werden.
Attribute	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bemerkungen [Text, max. 2000 Zeichen], „BEMERKUNG“</li> <li>▪ Index der Niederschlagsmessstation [Integer], „ID_NMS“</li> </ul>

## 4.10 Präsentation

### 4.10.1 Übersichtskarten

Die Übersichtskarten stellen das gesamte Untersuchungsgebiet dar. Sie werden für jedes Überflutungsszenario erstellt:

- *seltene* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UT\_SEL\_V)
- optional *seltene* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname UT\_SEL\_U)
- *außergewöhnliches* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UT\_AUS\_V)

- optional *außergewöhnlich* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname UT\_AUS\_U)
- *extremes* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UT\_EXT\_V)

Die Darstellung enthält bestenfalls die Überflutungstiefe, sofern der Darstellungsmaßstab dies zulässt. Alternativ sind die Überflutungsausdehnungen je Szenario darzustellen.

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	.../Ergebnisse/Karten/
Datensatzname	[AGS ohne führende „0“] + „_Uebersicht_UT_SEL_V_“ + [optionale Ergänzung].PDF Beispiel: 08335001_Uebersicht_UT_SEL_V_GemAach.pdf
Datenformat	PDF, ~ DIN A1, 300 DPI. Ein Vorschlag für ein Kartenlayout ist im Ergebnisverzeichnis enthalten.

#### 4.10.2 Überflutungstiefenkarten

Die Detailkarten der maximalen Ausdehnung der Überflutung und der maximalen Überflutungstiefe je Szenario:

- *seltene* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UT\_SEL\_V)
- optional *seltene* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname UT\_SEL\_U)
- *außergewöhnliches* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UT\_AUS\_V)
- optional *Außergewöhnlich* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname UT\_AUS\_U)
- *extremes* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UT\_EXT\_V)

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort (*optional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/UT_SEL_V/</li> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/UT_SEL_U/*</li> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/UT_AUS_V/</li> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/UT_AUS_U/*</li> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/UT_EXT_V/</li> </ul>

Datensatzname	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ [AGS ohne führende „0“] + „_UT_SEL_V_“ + [„000“ Laufende Nr.] + „_“ + [optionale Ergänzung].PDF Beispiel: 08335001_UT_SEL_V_001_SchlossbergSued.pdf</li> <li>▪ Analog für die anderen Szenarien</li> </ul>
Datenformat	PDF, DIN A1, 300 DPI. Ein Vorschlag für ein Kartenlayout ist im Ergebnisverzeichnis enthalten.

### 4.10.3 Überflutungsausdehnungskarte

Die Detailkarten der maximalen Überflutungsausdehnung des Szenarios selten, außergewöhnlich und extrem, jeweils mit der Annahme *verschlämmt* in einer Karte.

- *seltene* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UA\_SEL\_V)
- *außergewöhnliches* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UA\_AUS\_V)
- *extremes* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname UA\_AUS\_V)

Oder es können die gleichen Abflussereignisse, jeweils mit der Annahme *unverschlämmt* in einer eigenen Karte dargestellt werden.

- (optional) *seltene* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname UA\_SEL\_U)
- (optional) *außergewöhnliches* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname UA\_AUS\_U)

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort (*optional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/UA_verschlaemmt/</li> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/UA_unverschlaemmt/*</li> </ul>
Datensatzname	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ [AGS ohne führende „0“] + „_UA_V_“ + [„000“ Laufende Nr.] + „_“ + [optionale Ergänzung].PDF Beispiel: 08335001_UA_V_001_SchlossbergSued.pdf</li> <li>▪ [AGS ohne führender „0“] + „_UA_U_“ + [„000“ Laufende Nr.] + „_“ + [optionale Ergänzung].PDF Beispiel: 08335001_UA_U_001_SchlossbergSued.pdf</li> </ul>
Datenformat	PDF, DIN A1, 300 DPI. Ein Vorschlag für ein Kartenlayout ist im Ergebnisverzeichnis enthalten.

#### 4.10.4 Fließgeschwindigkeit

Die Detailkarten der maximalen Fließgeschwindigkeit in Kombination mit der zugehörigen Überflutungsausdehnung:

- *seltene* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname FG\_SEL\_V)
- optional *seltene* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname FG\_SEL\_U)
- *außergewöhnliches* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname FG\_AUS\_V)
- optional *außergewöhnlich* Abflussereignis, *unverschlämmt*  
(Dateiname FG\_AUS\_U)
- *extremes* Abflussereignis, *verschlämmt*  
(Dateiname FG\_EXT\_V)

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort (*optional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/FG_SEL_V/</li> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/FG_SEL_U/*</li> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/FG_AUS_V/</li> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/FG_AUS_U/*</li> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/FG_EXT_V/</li> </ul>
Datensatzname	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ [AGS ohne führende „0“] + „_FG_SEL_V_“ + [„000“ Laufende Nr.] + „_“ + [optionale Ergänzung].PDF Beispiel: 08335001_FG_SEL_V_001_SchlossbergSued.pdf</li> <li>▪ Analog für die anderen Szenarien</li> </ul>
Datenformat	PDF, DIN A1, 300 DPI. Ein Vorschlag für ein Kartenlayout ist im Ergebnisverzeichnis enthalten.

#### 4.10.5 Animation

Überflutungsausdehnungsanimationen für das *außergewöhnliche* und das *extreme* Szenario (Annahme *verschlämmt*). Für jedes Szenario soll eine Animation zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Überflutungsausdehnung erstellt werden. Die Animationen sollten in 24 Fünf-Minuten-Zeitschritten (eine Stunde Niederschlagsphase und eine Stunde Nachlauf) für eine ansprechende visuelle Qualität der Animation erfolgen.

Rückgabestatus	Rückgabe an den Auftraggeber und die LUBW
Speicherort	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/ANI_UA_AUS_V/</li> <li>▪ .../Ergebnisse/Karten/ANI_UA_EXT_V/</li> </ul>
Datensatzname	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ [AGS ohne führende „0“] + „_ANI_UA_AUS_V_“ + [„000“ Laufende Nr.] + „_“ + [optionale Ergänzung].PDF Beispiel: 08335001_ANI_UA_AUS_V_001_SchlossbergSued.pdf</li> <li>▪ [AGS ohne führende „0“] + „_ANI_UA_EXT_V_“ + [„000“ Laufende Nr.] + „_“ + [optionale Ergänzung].PDF Beispiel: 08335001_ANI_UA_EXT_V_001_SchlossbergSued.pdf</li> </ul>
Datenformat	MP4



## Muster Risiko-Steckbrief:

### 1. Daten zum Objekt: \* von Fachbüro vorauszufüllen

Gemeinde	*
Name	*
Objekttyp	*
Adresse	*
Rechts/Hochwert	*

### 2. Betroffenheit des Objektes:

Starkregen Szenario	Wasserstand in m	Fließgeschwindigkeit		Hochwasser- gefahrenkarten	Wasser- stand in m	Wasser-stand über NN
Selten	*	*		HQ 10	*	*
Außergewöhnlich	*	*		HQ 100	*	*
Extrem	*	*		HQ Extrem	*	+

### 3. Betroffenheit bei abgelaufenen Hochwassern?

Hochwasserereignis Datum	Kurze Beschreibung der Betroffenheit und der Schäden

### 4. Beschreibung des Risikos für und aufgrund des Objektes:

Art des Risikos	Kurze Beschreibung
Risiko für Personen im Objekt	
Risiko für hohe Sachwerte (Ausstattung)	
Risiko für das Objekt (Bausubstanz ggf. auch Auftrieb)	
Risiko durch Funktionsausfall (z.B. Versorger Strom, Gas, Wasser)	
Risiko ausgehend vom Objekt. (Z.B. wassergefährdende Stoffe)	

### 5. Wassereintritt ins Gebäude:

Wassereintritt ins Gebäude	Kurze Beschreibung
Kellerfenster (UG)	
Türen (EG)	
Erdgeschoßfußbodenhöhe in m+NN	
Gibt es Rückstausicherungen gegen Wassereintritt aus dem Kanalnetz	
Sind Rohrdurchlässe (nicht abgedichtet) bekannt	
Sonstiges	

**6. Hochwassergefährdete Personen und Ausstattung:** (Erläuterungen ggf. siehe Beiblatt)

Hochwassergefährdete Personen und Ausstattung	Stockwerk	Gefährdungspotential Was kann passieren (Stichwort)	HW Schutz vorhanden Kurze Beschreibung
Gefährdete Personen (UG)			
Gefährdete Personen (EG)			
Heizung (Art)			
Elektroinstallationen			
EDV Zentralen und ähnliches			
Sonstige Schadenspotentiale			
Sonstige Schadenspotentiale			
Sonstige Schadenspotentiale			

**7. Gibt es an/in dem Objekt HW-Schutzmaßnahmen?** (Erläuterungen ggf. siehe Beiblatt)

Art des Schutzes	Zuständig Planung	Zuständig Ausführung	Ab welchem Szenario
Interner Hochwasseralarm- und Einsatzplan			
Mobiler Schutz			
Feste Schutzanlagen			
Räumung / Evakuierungsplanung			
Ist die HW-gefahr in den Feuerwehrlaufkarten enthalten?			

**Sonstige Bemerkungen:**



## **Maßnahmenvorschläge:**

### **Themen für Maßnahmenvorschläge können sein:**

- Interner Hochwasseralarm- Einsatzplan und Räumung / Evakuierungsplanung
- Objektschutz wie feste Kellerfenster, druckdichte Türen, Kanalrückstausicherung, Abdichtungen und Mauern auch in Objektnähe
- Sicherung des Inventars wie Sicherung der Heizung/Öltanks, Sicherung der Elektroinstallationen
- Mobile Schutzmaßnahmen
- Hochwasserangepasste Baumaterialien
- Änderung der Nutzung
- Sonstiges

### **Anzugeben ist:**

Zuständig Planung

Zuständig Ausführung

Ab welchem Szenario

**Beiblatt zur Nr. 6: Hochwassergefährdete Personen und Ausstattung:**

**Beiblatt zu Nr. 7: Gibt es an/in dem Objekt HW-Schutzmaßnahmen?**

# Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg

Anhang 2, 3, 4 und 5



<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de">www.lubw.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>BEARBEITUNG</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
<b>REDAKTION</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
<b>BEZUG</b>	Kostenloser Download unter: <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/starkregen">www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/starkregen</a>
<b>STAND</b>	Dezember 2016

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Anhang 2: Hochwasser-Alarmstufenmodell	4
Anhang 3: Methodische Grundlagen Oberflächenabflusswerte Baden-Württemberg	7
1. Hintergrund	7
2. Vorgehen	8
2.1 Das Modell RoGeR	8
2.2 Datenaufbereitung und Modellevaluation	10
2.3 Niederschlagsdaten: Plausibilisierung und Statistik	10
2.4 Modellierung der Abflüsse bei extremen Starkniederschlägen	14
2.5 Literatur	16
Anhang 4: Glossar „Kommunales Starkregenrisikomanagement“	17
Anhang 5: Weitere Quellen zur Bewusstseinsbildung und Einschätzung der Gefahrenlage	22

## Anhang 2: Hochwasser-Alarmstufenmodell

entwickelt von Christian Brauner, Risk Management

Um die verfügbare Reaktionszeit zu verlängern bzw. die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen, wurde ein vierstufiges Alarmstufenmodell entwickelt, das durch folgende Merkmale gekennzeichnet ist:

- Ständige Beobachtungen der Wetter-Warmlage
- ausdifferenzierte Maßnahmen zwischen Eingang einer Wetterwarnung und dem tatsächlichen Eintreten einer kritischen Hochwassersituation, um dem Problem der Überwarnung Rechnung zu tragen
- Vereinfachung der Kommunikation der beteiligten Akteure
- adäquate Abbildung der gesetzlich definierten Aufgabenzuweisungen

### **Auslösung der Alarmstufen:**

Auf kommunaler Ebene wird im Alarm- und Einsatzplan definiert, unter welchen Bedingungen welche Alarmstufe auszulösen ist. Dies wird von Kommune zu Kommune zumindest teilweise unterschiedlich sein, um den örtlichen Gegebenheiten, Risiken, Möglichkeiten und Bedürfnissen gerecht zu werden.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass der Bürgermeister und die von ihm beauftragten Funktionsträger jede Alarmstufe auslösen oder aufheben.

### **Kommunikation der aktuellen Alarmstufe:**

Alarmstufenmodelle bieten die Möglichkeit, zahlreiche Einzelmaßnahmen zu Paketen zusammenzufassen und diese den einzelnen Stufen zuzuordnen. Mit der Auslösung der Stufe erfolgt auch die Auslösung der Maßnahmen. Auf diese Weise kann die Kommunikation erheblich vereinfacht werden, weil nicht mehr Einzelmaßnahmen, sondern nur noch die jeweiligen Alarmstufen zu kommunizieren sind. Für die Blaulichtorganisationen sind solche Alarmstufenmodelle Standard.

## Vierstufenmodell

Die nachstehende Tabelle zeigt das Modell und nennt die stufenauslösenden Ereignisse, die primär auf der jeweiligen Stufe zu verfolgenden Ziele und die wichtigsten Aufgaben:

Stufe → ↓ Indikator	0 Monitoring	1 Warnphase	2 Kontrollphase	3 Notfallphase
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Ständiger Auftrag der zuständigen Stelle; i.d.R. der Feuerwehr- bzw. integrierten Leitstelle.	Für die Kommune liegen relevante Warnungen oder Informationen über Ereignisse vor, insbesondere von DWD, HVZ oder HMO.	Ein kritisches Wetterereignis wird sehr wahrscheinlich eintreten oder ist bereits eingetreten. Wasser fließt aber noch überwiegend kontrolliert ab.	Eine kritische Abflusssituation wird sehr wahrscheinlich eintreten oder ist bereits eingetreten. Wasser droht außer Kontrolle zu geraten oder ist bereits außer Kontrolle.
<b>Ziele</b>	Alle Akteure erhalten unverzüglich die für sie relevanten Warnungen.	Frühestmögliche Erkennung der tatsächlich kritischen Wetterentwicklungen. Vorbereitung aller Akteure auf eine mögliche kritische Entwicklung.	Hochwasserschutz-Einrichtungen sind aktiviert und kontrolliert. Wasser wird unter Kontrolle gehalten oder (zum Beispiel Hangwasser) unter Kontrolle gebracht. Prognostizieren des Eintritts kritischer Zustände (= Abwehrphase) bei steigenden Wasserständen.	Menschen, Tiere und Sachwerte sind vor Hochwassergefahren zu schützen. Hochwassergefahren werden abgewehrt bzw. gemindert.
<b>Aufgaben</b>	Ständiges Beobachten der Warnlage (365/24). Auslösen des Unwetter-Voralarms oder HMO-Alarms, sobald definierte Warnschwellen überschritten werden.	Interpretation der Warnung aus Sicht der Kommune. Beobachten von Warnlage und Wetterentwicklung. Sicherstellung der Einsatzbereitschaft.	Beobachten der Abflusssituation. Inbetriebnahme und Kontrolle von Abflüssen und Hochwasserschutzeinrichtungen. Beheben von Abflussstörungen.	Schützen/Retten von Mensch, Tier und Sachwerten. Abwehr von (Hoch-)Wassergefahren und damit einhergehenden Gefahren. Verteidigung von Hochwasserschutzanlagen.

### Anwendung des Hochwasser-Alarmstufenmodells für Starkregenereignisse:

Das Alarmstufenmodell bietet die Möglichkeit, die vorhandenen Ressourcen optimal auszunutzen. Das ist gerade für Starkregenereignisse angesichts der extrem kurzen Vorwarnzeiten von enormer Bedeutung. Den einzelnen Alarmstufen können anhand einer Warnmatrix verschiedene Indikatoren zugeordnet werden. Mögliche Indikatoren für Starkregenereignisse sind:

- Wetterwarnungen, insbesondere des DWD
- HW-Frühwarnungen für kleine Einzugsgebiete (Hochwasservorhersagezentrale - HVZ)
- Betriebszustand von Hochwasser-Schutzanlagen
- Definierte Stände lokaler Pegel
- Einstauungen / Ausuferungen an definierten Stellen, z.B. Brücken
- Definierte Ereignisse, z.B.
  - Ereignisse auf der typischen Zugbahn von Gewitterzellen
  - Ereignisse im Bereich des Oberlieggers,
  - markante Niederschlagsereignisse,
  - markante Abflusssituationen
  - ...
  - ...

**Beispiel für eine zu ergänzende Warnmatrix für das vierstufige**

Indikator	Monitoring	Warnphase	Kontrollphase	Notfallphase
DWD BLAU, GELB oder ORANGE	x			
DWD VORABINFORMATION		x		
DWD ROT		x		
DWD LILA				
Lokaler Niederschlagsmesser A			x	
Oberlieger kritisch			x	
...			x	
				x

## Anhang 3: Methodische Grundlagen Oberflächenabflusswerte Baden-Württemberg

### Konsistente Grundlagendaten als Eingangsgröße für die in-stationäre 2-D hydraulische Starkregen - Gefährdungsanalyse

Markus Weiler, Andreas Steinbrich, Michael Stölzle

#### 1. Hintergrund

Zur Ermittlung der seltenen, außergewöhnlichen und extremen Oberflächenabflusswerte in Baden-Württemberg wurden für festgelegte, extreme lokale Niederschlagsereignisse mit einer Dauer von einer Stunde und Wiederkehrintervallen (T) von 30 und 100 Jahren zur Generierung der seltenen und außergewöhnlichen Ereignisse sowie einem „Extrem“-Szenario die daraus lokal in der Fläche gebildeten Abflüsse berechnet. Das Modell RoGeR bestimmt dafür alle Abflussprozesse, wobei für das Starkregenerisikomanagement nur die berechneten Oberflächenabflusswerte verwendet werden, da nur kurze lokale Ereignisse betrachtet werden. Die Oberflächenabflusswerte werden einerseits durch die Niederschlagsmenge und -intensität und andererseits von der Vorfeuchte sowie den lokalen Bodeneigenschaften und der Landnutzung beeinflusst. Zur Quantifizierung der Niederschläge für unterschiedliche Jährlichkeiten wurde an der Professur für Hydrologie der Universität Freiburg anhand von ca. 350 Stationsdatensätzen eine für die Aufgabenstellung besonders geeignete Methodik entwickelt, um daraus räumlich hochaufgelöste Starkregenmengen abzuleiten (Kapitel 2.3).

Der Ansatz zur Bestimmung der Oberflächenabflusswerte beruht auf Arbeiten des Wasser- und Bodenatlas (WaBoA) und dem Modell RoGeR (Runoff Generation Research) der Universität Freiburg, Professur für Hydrologie. Die räumliche Verteilung der Vorfeuchtwerte wurde aus dem Grundwasserneubildungsmodell GWN-BW (Gudera & Morhard 2015) abgeleitet, das für das Land Baden-Württemberg entwickelt und für andere Fragestellungen schon erfolgreich getestet und angewandt wurde.

Die Modellierung der Abflussbildungsprozesse und somit der Oberflächenabflusswerte erfolgte für Vorfeuchtebedingungen im Sommer, einmal unter der Annahme, dass auf Ackerstandorten mit wenig Vegetationsbedeckung Verschlammung eingetreten ist (vorangegangene erosive Niederschläge) und einmal unter der Annahme, dass keine Verschlammung eingetreten ist. Um das Maß der möglichen Verschlammung zu quantifizieren, wurden die K-Faktoren der Böden herangezogen. Somit sind nur bestimmte Standorte verschlammungsgefährdet. Bei der Erstellung der Starkregengefahrenkarten sollte in Bezug auf die Verschlammung und Kenntnis des Einzugsgebietes ein fachlich plausibler Ansatz gewählt werden. In der Regel sollte allerdings im Rahmen einer worst-case Betrachtung der Ansatz verschlammung gewählt werden.

Aus der Kombination der Niederschlagsszenarien mit den beiden Verschlammungsszenarien ergeben sich fünf landesweite Modellläufe:

- 1) Seltenes Oberflächenabflussereignis unverschlämmt (sOFu): Niederschlagsereignis: Dauer 1h, T=30 Jahre, keine Bodenverschlämzung eingetreten.
- 2) Seltenes Oberflächenabflussereignis verschlämmt (sOFv): Niederschlagsereignis: Dauer 1h, T=30 Jahre, Bodenverschlämzung eingetreten.
- 3) Außergewöhnliches Oberflächenabflussereignis unverschlämmt (aOFu): Niederschlagsereignis: Dauer 1h, T=100 Jahre, keine Bodenverschlämzung eingetreten.
- 4) Außergewöhnliches Oberflächenabflussereignis verschlämmt (aOFv): Niederschlagsereignis: Dauer 1h, T=100 Jahre, Bodenverschlämzung eingetreten.
- 5) Extremes Oberflächenabflussereignis (eOF): höchstes beobachtetes Niederschlagsereignis in Baden-Württemberg, Dauer 1h, Berücksichtigung der kleinräumigen Erhöhung in konvektiven Zellen und eingetretener Bodenverschlämzung (worst-case Szenario).

Die Modellierung erfolgte in 5-Minuten-Schritten mit einer räumlichen Auflösung von 5 x 5 m. In dieser Auflösung wurde landesweit für alle Zeitschritte der gebildete Oberflächenabfluss (Horton'scher Oberflächenabfluss und Sättigungsflächenabfluss) sowie der Maximalwert und die Summe über alle Zeitschritte ausgegeben.

Diese konsistenten Informationen über die räumliche und zeitliche Verteilung des gebildeten Oberflächenabflusses können anschließend als Eingangsdaten für die 2-D hydraulische Gefährdungsanalyse dienen, um potenzielle Überflutungstiefen, -ausdehnungen und Fließgeschwindigkeiten nach Starkregenereignissen zweidimensional zu berechnen.

Die bisherigen Untersuchungen zu RoGeR haben gezeigt, dass die räumliche Auflösung von 5 x 5 m für die Modellierung der Abflussbildungsprozesse vollkommen ausreicht. Die Modellierung der Abflusskonzentration mit hydraulischen Modellen wird jedoch häufig in einer höheren räumlichen Auflösung erfolgen. Deshalb werden die Ergebnisdaten der landesweiten Modellierung in der Auflösung 1 x 1 m von der LUBW bereitgestellt.

Im Fokus der Datenbereitstellung sind kurze Starkniederschlagsereignisse sehr hoher Intensitäten, die in der Lage sind, sogenannte Sturzfluten auszulösen, die fast ausschließlich auf Oberflächenabfluss zurückzuführen sind. Da solche Ereignisse fast ausschließlich im Sommerhalbjahr auftreten, wurden keine Modellläufe unter Vorbedingungen durchgeführt, wie sie im Winter anzutreffen sind (noch höhere Vorfeuchten, geringere Interzeption, gepflügte Äcker, etc.). Aufgrund der hohen Vorfeuchten im Winter und in dieser Jahreszeit bevorzugt auftretender moderater aber lange anhaltender Niederschläge spielen im Winter auch vermehrt Abflussprozesse im Boden (Zwischenabfluss) eine Rolle. Solche Ereignisse führen eher zu Hochwasser entlang der Flüsse als zu lokalen Sturzfluten. Somit wird der Einfluss von Schneeschmelze oder von gefrorenen Böden in den Szenarien nicht abgebildet.

## 2. Vorgehen

### 2.1 Das Modell RoGeR

RoGeR ist ein ereignisbasiertes Niederschlag-Abflussmodell, das anhand von Erkenntnissen aus der internationalen Abflussforschung unter Nutzung hoch aufgelöster digitaler räumlicher Daten die Abflussbildungsprozesse in der Fläche quantifiziert. RoGeR berücksichtigt alle für die Abflussbildung relevanten Prozesse (Abb. 1 Anhang) und bildet diese in hoher räumlicher (bis zu 1 x 1 m) und zeitlicher (bis zu 1 Minute) Auflösung ab.

Die Parametrisierung von RoGeR erfolgt aufgrund von digitalen, räumlich verteilten Daten wie:

- der Bodenkarte 1:50.000 (BK50)
- der Hydrogeologischen Karte 1:50.000 (HGK50)
- dem Versiegelungsgrad der Landoberfläche 1 x 1 m
- Laser Scan Daten 1 x 1 m sowie
- dem CORINE Land cover (Bodenbedeckungsdaten für Deutschland).

Aufgrund der räumlich verteilten Parametrisierung ist RoGeR in ganz Baden-Württemberg für beliebig große Gebiete (von einzelnen Hängen und Kleinst Einzugsgebieten bis zum mesoskaligen Einzugsgebiet) einsetzbar, ohne dass eine Kalibrierung des Modells erforderlich ist.

Die Eignung von RoGeR wurde anhand von sieben Großberechnungsversuchen (75 m<sup>2</sup>) an fünf verschiedenen Standorten und anhand von 36 beobachteten Hochwasserereignissen in 13 Einzugsgebieten (3 – 170 km<sup>2</sup>) in Baden-Württemberg getestet (Steinbrich und Weiler 2012, Steinbrich und Weiler 2015, Steinbrich et al. 2016). Dabei wurden für ausgewählte beobachtete Starkregenereignisse die simulierte und gemessene Abflussganglinie am Pegel verglichen und bezüglich Abflussvolumen, Abflussspitze und Form der Abflussganglinie analysiert. Die Anwendung von RoGeR auf sieben Großberechnungsversuche erbrachte eine sehr gute Wiedergabe sowohl der gemessenen Oberflächen- wie auch der gemessenen Zwischenabflüsse (Steinbrich et al. 2016). Diese Vergleiche haben gezeigt, dass RoGeR für die Modellierung der Abflussbildungsprozesse in der Hang- und Plotskala sowie in kleinen Einzugsgebieten ohne Beobachtungsdaten besonders geeignet ist.

RoGeR ist in der Lage, räumlich verteilte Informationen zur Bodenfeuchte und somit die herrschenden Vorfeuchtebedingungen zu berücksichtigen. Damit wird der Infiltrationsprozess (Abb. 1 Anhang) zeitlich dynamisch in Abhängigkeit vom beobachteten Niederschlagsgeschehen oder von statistisch abgeleiteten Extremwertereignissen abgebildet. Dadurch und aufgrund seiner universellen Einsetzbarkeit in den unterschiedlichen Naturräumen in Baden-Württemberg ist RoGeR gut geeignet, die Abfluss-

bildung bei extremen Starkniederschlägen für verschiedene Vorbedingungen (Bodenfeuchte, Rissbildung, saisonale Ausstattung wie Bodenbearbeitungsstand von Ackerböden und Belaubungsgrad von Bäumen) zu quantifizieren.

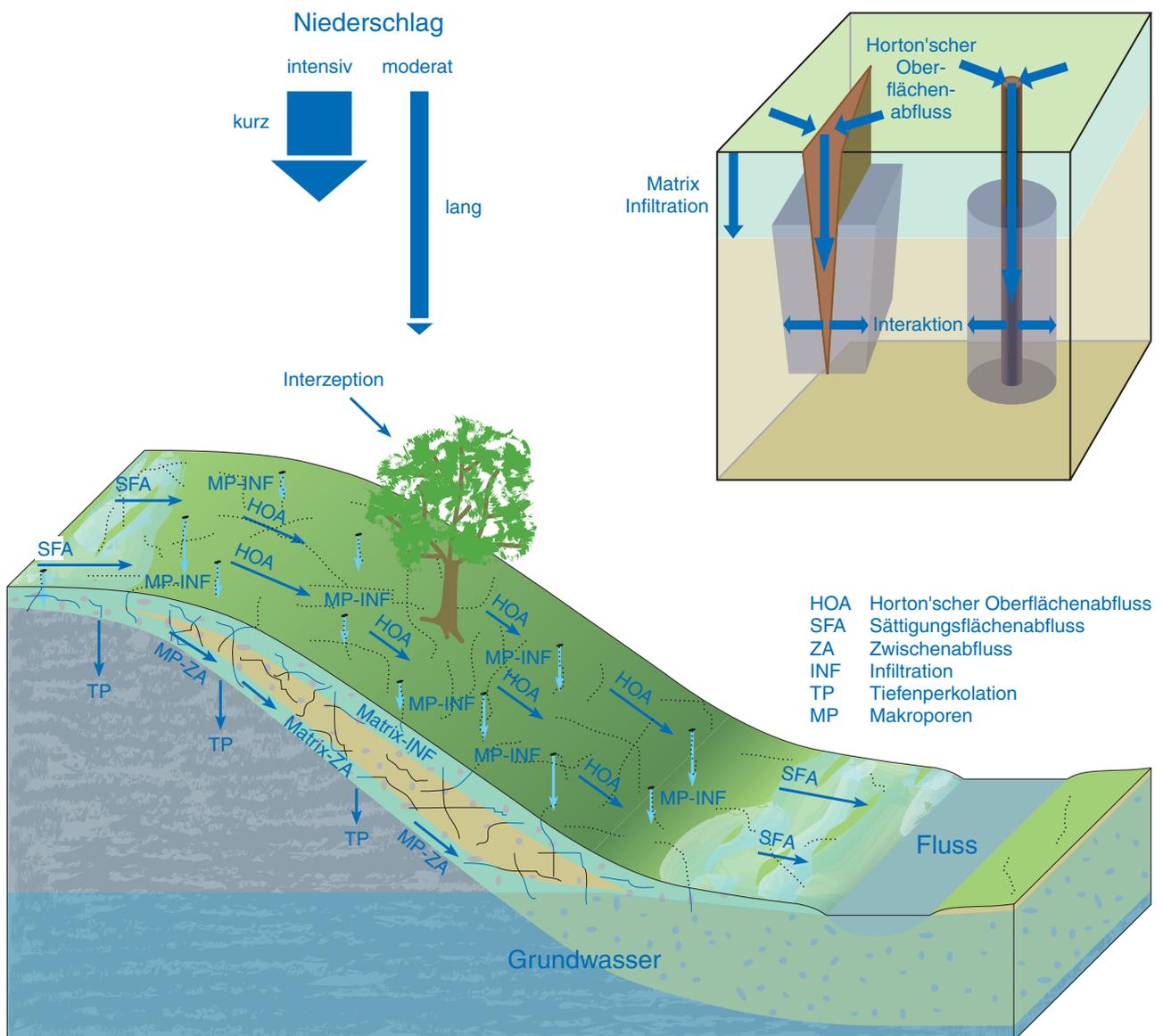


Abbildung 1 Anhang: Überblick über die im Modell berücksichtigten Prozesse

## 2.2 Datenaufbereitung und Modellevaluation

Für die Modellierung von Szenarien mit RoGeR sind die folgenden räumlich verteilten Eingangsdaten landesweit als 5 x 5 m - Raster aufbereitet worden:

Grundlagendaten (Geo-Daten)

- Landnutzung (Kombination aus CORINE Land Cover, ATKIS und Laser Scann Daten)
- Versiegelungsgrad (Kombination aus ALK und ATKIS; aggregiert aus 1 x 1 m<sup>2</sup> Auflösung)
- Gefälle der Erdoberfläche (aggregiert aus Laser Scann Daten 1 x 1 m<sup>2</sup> Auflösung)
- Dichte der vertikalen Makroporen (in Abhängigkeit von Landnutzung)
- Tiefe der vertikalen Makroporen (in Abhängigkeit von Landnutzung)
- Dichte der hangparallelen Makroporen (in Abhängigkeit von Landnutzung)
- Mittlerer Abstand von Trockenrissen (aus Literatur)
- Mittlerer Grundwasserflurabstand (aus DEM und AWGN Gewässernetz)
- Mächtigkeit des Bodens (BK 50)
- Nutzbare Feldkapazität des Bodens (BK50)
- Luftkapazität des Bodens (BK50)
- Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit des Bodens (BK50)
- Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit des geologischen Untergrundes (HGK 50)

### Niederschlag

Extreme lokale Niederschlagsereignisse sind eine wichtige Eingangsgröße für das Model RoGeR, um Oberflächenabflüsse zu quantifizieren. Die Aufbereitung der Niederschlagsdaten ist in Kapitel 2.3 detailliert beschrieben.

### Vorfeuchte

Das Grundwasserneubildungsmodell für Baden-Württemberg (GWN-BW), das auf den gleichen bodenkundlichen Datengrundlagen wie RoGeR aufbaut, wurde verwendet, um den täglichen Bodenwassergehalt von 1971 bis 2013 zu simulieren. Daraus wurden für alle modellierten Teilflächen Baden-Württembergs für das Sommerhalbjahr Häufigkeitsverteilungen der Bodenfeuchte erstellt.

## 2.3 Niederschlagsdaten: Plausibilisierung und Statistik

### Grundlagen

Als Alternative zu KOSTRA-DWD-2010 als Starkregenprodukt wurde ein regionaler Ansatz zur Ableitung der Bemessungsniederschläge realisiert. Dies war erforderlich, da KOSTRA-DWD-2010 bezüglich der Datengrundlage und der Methodik für kurze Niederschlagsdauern und hohe Jährlichkeiten nicht als geeignet angesehen werden kann (z.B. aufgrund der unzureichenden räumlichen Auflösung für lokale extreme Niederschlagsereignisse).

Um konsistente Grundlagen für eine Starkregengefahrenkartierung und die Ableitung von Bemessungsniederschlägen in Baden-Württemberg zu schaffen, wurden durch die Uni Freiburg hochaufgelöste Niederschlagsstationsdatensätze zusammengeführt und ihre Reliabilität überprüft. Als Datengrundlage standen Niederschlagsstationsdatensätze der Behörden LUBW (Karlsruhe) und des DWD (Offenbach) zur Verfügung. Etwa 63% der Daten hatten eine zeitliche Auflösung von 5 Minuten, 37% der Daten von sogar 1 Minute, womit auch für sehr kurze Dauerstufen (5-Minuten-Starkregen) Ereignisse extrahiert und analysiert werden konnten. Die Datenreihen erstreckten sich auf den Zeitraum 1950 bis 2015, die Mehrheit der Aufzeichnungen stammte aus dem Zeitraum 2000 bis 2015. Stationen umliegender Bundesländer (Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz) wurden genutzt, um auch in den Randbereichen Baden-Württembergs zu einer verlässlichen Niederschlagsstatistik mit guter Datengrundlage zu gelangen. Das vorgestellte Verfahren kann für jede Dauerstufe zwischen 5 Minuten und 1 Tag angewandt werden. Für die Bestimmung der Oberflächenabflusswerte wurde 1 Stunde als Dauerstufe gewählt.

## Verfahren

Insgesamt wurden 346 Niederschlagsstationen ausgewertet (Abbildung 2). Die Niederschlagsstatistik basierte im Wesentlichen auf der Ableitung von partiellen Serien für die Anpassung von Extremwertverteilungen. Partielle Serien berücksichtigen nicht nur das größte jährliche, sondern etwa die 2.7-fache jährliche Anzahl der größten Niederschlagsereignisse in der gesamten Stationszeitreihe. Hiermit können auch mehrere Starkregenereignisse aus einem Jahr berücksichtigt werden und eine Periode mit besonders vielen hohen Ereignissen findet ebenfalls Berücksichtigung. Die zeitliche Unabhängigkeit der Ereignisse im Rahmen der Niederschlagsstatistik wurde durch mindestens 2 Tage Abstand zwischen Einzelereignissen sichergestellt. Die Plausibilisierung der Stationsdaten basierte dabei auf verschiedenen Schritten, welche teils iterativ ausgeführt wurden: Berücksichtigung von Datenqualitätsmerkmalen, Zusammenführung und Homogenisierung von verschiedenen Niederschlagsmesstechniken an einem Ort, Abgleich der Aufzeichnungsauflösung der Zeitreihen. Zusätzlich wurden außergewöhnliche Intensitätsverläufe (z.B. Blockregen) entfernt und Stationscharakteristika

(z.B. Jahressummen des Niederschlags) mit benachbarten Stationen verglichen, um auffällige Stationsdaten zu entfernen. Starkregen treten vor allem im Sommer auf, daher wurden für das Verfahren Ereignisse zwischen dem 1. April und 31. Oktober ausgewählt. Die Datenreihen zeigen zudem im Winterhalbjahr häufig höhere Niederschlagsmengen, welche aber stichpunktartig Schneefallereignissen zugewiesen werden konnten. Die Fokussierung auf das Sommerhalbjahr reduziert somit auch die Messfehler von winterlichen Schneefallereignissen.

Die Zeitreihen der Niederschlagsstationen in Baden-Württemberg sind in ihrer Länge sehr heterogen. Im Durchschnitt weist jede Station 12 Jahre Daten auf, die Zeitreihenlängen schwanken jedoch zwischen 1 bis 53 Jahren (Abbildung 2 Anhang). Stationen mit weniger als 4 Jahren Daten wurden aus der Analyse entfernt, da bei kurzen Zeitreihen keine umfangreiche Datenplausibilisierung durchgeführt werden konnte. Die unterschiedlichen Zeitreihen führen zu unterschiedlichen Längen der partiellen Serien für die extremen Niederschlagsereignisse. Hierdurch müsste mit starken Unterschieden zwischen

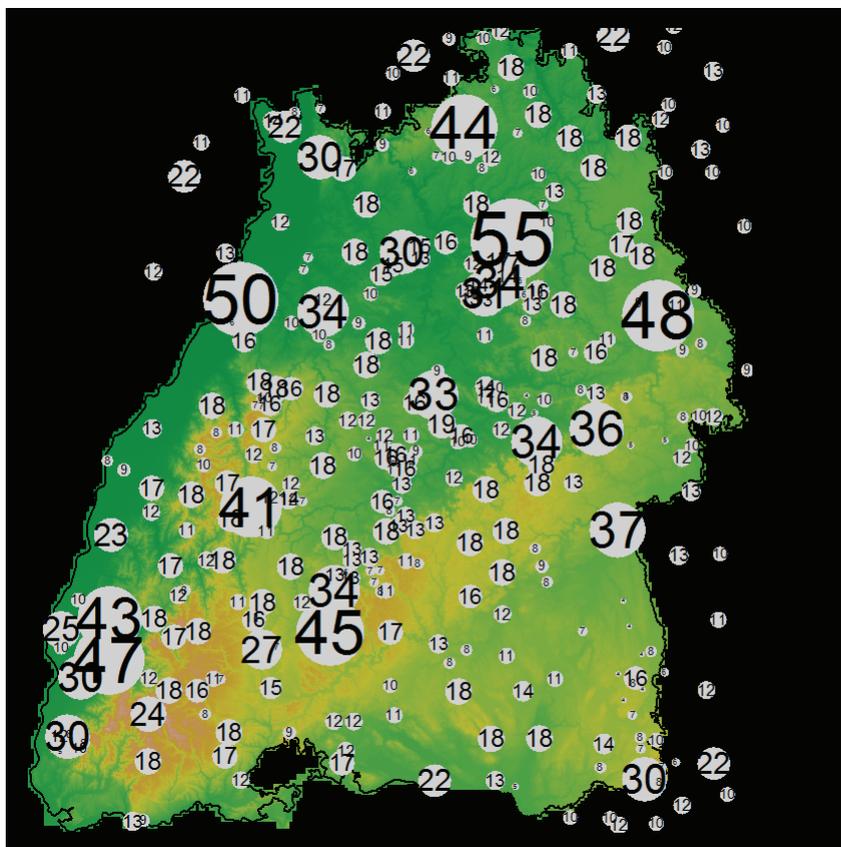


Abbildung 2 Anhang: Ausgangsdatenlage der Niederschlagsstationen für das Projekt. Dargestellt ist die räumliche Verteilung der Niederschlagsstationen und die Anzahl der Stationsjahre je Station. Kleine Ziffern verweisen auf 8 oder weniger Stationsjahre.

den Stationen bezüglich der Anpassung der Extremwertverteilungen an die Daten gerechnet werden (z.B. Unterschiede in den Unsicherheiten der Schätzungen). Dies würde zwangsläufig zu räumlichen Unterschieden in der Niederschlagsstatistik führen, welche dann auf die Methode und nicht die Daten zurückzuführen wäre. Deshalb wurden Informationen über Starkregenereignisse von benachbarten Stationen (Tochterstationen) auf die jeweilige Zielstation (Mutterstation) übertragen. Ziel war es, eine einheitliche Datenlage für alle 346 Stationen in Baden-Württemberg zu schaffen (vergleichbare Zeitreihenlänge). Die Übertragung berücksichtigt dabei spezifische Stationsmerkmale wie die mittlere Niederschlagshöhe. Das bedeutet, dass Niederschlagsereignisse mit einem Korrekturfaktor übertragen und je nach Charakteristika der Mutter- und Tochterstation bei der Übertragung erhöht oder vermindert werden. Hierdurch wurden alle partiellen Serien auf vergleichbare Zeitlängen angepasst (ca. 100 Stationsjahre). Alle Niederschlagsstationen traten dabei als Mutter- und auch als Tochterstationen auf. Für die Anpassung der Extremwertverteilungen kann nun auf längere Datenreihen zurückgegriffen werden, wodurch eine höhere Anpassungsgüte für Wiederkehrintervalle  $\leq 100$  Jahre diagnostiziert wurde.

Für die Auswahl der Tochterstationen wurde ein höhen- gewichtetes Entfernungsmaß, basierend auf einer Weiterentwicklung des LARSIM Interpolationsverfahrens, genutzt. Durchschnittlich waren für die Auffüllung auf 100 Stationsjahre ca. 7 Tochterstationen notwendig, in Regionen mit geringer Stationsdichte oder vielen kurzen Datenreihen bis zu 13 Stationen. Es wurde ein mittelwerttreuer Ansatz bei der Auffüllung der Stationsjahre genutzt, um zu garantieren, dass alle Ereignisse einer Station übertragen wurden. Das bedeutet, dass die Stationsjahre solange mit kompletten Ereignisreihen von Tochterstationen aufgefüllt wurden, bis die Differenz auf 100 Stationsjahre minimal war.

An die beobachteten Ereignisse von etwa 100 Stationsjahren wurde dann die Paretoverteilung (Extremwertverteilung für partielle Serien mit 3 Parameter) angepasst (ATV, 1985). Daraus wurden für jede Station für die Wiederkehrintervalle 30 und 100 Jahren die Niederschlagsmengen für die Dauer von einer Stunde geschätzt. Abschlie-

ßend wurde ein multiples lineares Modell genutzt, um die Stationsdaten zu interpolieren. Für jede 1 km Rasterzelle in Baden-Württemberg wurden die 12 benachbarten Niederschlagsstationen verwendet (mit einer Distanzgewichtung), um mit den Prädiktoren Lage (X,Y) und Höhe (Z) die Niederschlagsmenge zu bestimmen. Da nach der Interpolation in einigen Regionen außergewöhnlich hohe oder geringe Werte generiert wurden, wurden die unteren bzw. oberen 5% der interpolierten Werte jeweils auf die entsprechenden Werte des 5% bzw. 95% Perzentils festgelegt.

Für das extreme Ereignis (eOF) werden die größten, beobachteten Niederschlagsereignisse innerhalb der Datenreihen für die gesamte Landesfläche als Grundlage genommen. Da für die größten Ereignisse kurzer Dauern kein räumliches Muster zu beobachten ist, wird die daraus resultierende Niederschlagsmenge als konstant für das Land angenommen, da dieses extremste Ereignis landesweit auftreten kann. Außerdem wurde berücksichtigt, dass das verwendete Stationsmessnetz die kleinräumigen Starkregenereignisse nur unzureichend erfassen kann. Aus den Beobachtungsdaten der Starkregenereignisse ergibt sich ein ausgeprägter Gradient zwischen den Niederschlagsmengen und der Distanz der Stationen hin zum maximal beobachteten Ereignis. Um höhere Niederschlagsintensitäten der Starkregenereignisse auch für kleinere Einzugsgebiete bis zu 5 km<sup>2</sup> zu berücksichtigen, wurde dieser Gradient in einen Erhöhungsfaktor umgerechnet. Dieser liegt im Mittel für alle Stationen bei 30%, womit sich ein landesweiter Niederschlagswert als Eingangsgröße für das extreme Ereignis (eOF) von 128 mm pro Stunde ergibt.

#### **Ergebnisse und Plausibilisierung**

Durch die Auffüllung der Stationen auf 100 Stationsjahre wird eine konsistente Datenbasis für die Anpassung der Extremwertverteilungen geschaffen. Im Vergleich zu den Originalzeitreihen können die Unsicherheiten für alle Wiederkehrintervalle deutlich reduziert werden. Es zeigt sich auch, dass der eigentliche Schätzwert, also die Niederschlagsmenge, durch das Verfahren wenig beeinflusst wird. Dennoch ist häufig von einer leicht höheren Niederschlagsschätzung auszugehen, da Starkregenereignisse aus dem Umland mit in die Stationsstatistik einfließen.

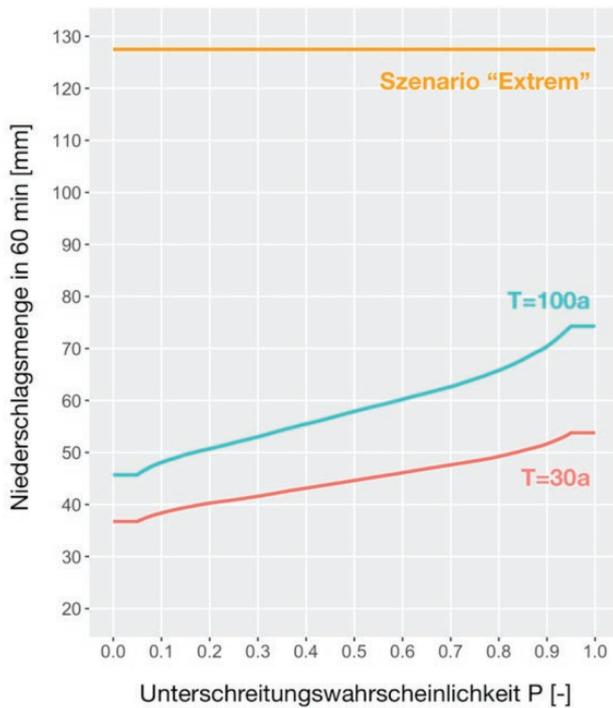


Abbildung 3 Anhang: Verteilung der landesweiten Niederschlagsmengen für die Wiederkehrintervalle  $T=30$  und  $T=100$  Jahre und dem konstanten landesweiten Niederschlagswert für das extreme Szenario.

Die 3-parametrische Paretoverteilung ermöglicht ein stärkeres Abflachen oder Ansteigen der Extremwertverteilung im Bereich großer und sehr großer Wiederkehr. Somit können sowohl die erfassten Extremniederschläge an den Stationen wie auch physikalische Prozesse (z. B. eine Limi-

tierung der Luftmassenhebung in der Atmosphäre und damit eine Begrenzung der verfügbaren Niederschlagsmenge) durch die Pareto-Extremwertverteilung gut abgebildet werden. Einen Überblick über kumulierte Verteilung der Niederschlagsmengen der 3 Szenarien zeigt Abbildung 3 Anhang.

Die resultierende räumliche Verteilung der Niederschlagsmengen für die Wiederkehrintervalle  $T=30$  und  $T=100$  Jahre ist in der Abbildung 3a Anhang dargestellt. Insbesondere in den südlichen Landesteilen sind die Niederschlagsmengen generell höher als in den nördlichen Landesteilen.

#### Zeitliche Verteilung der Niederschläge

Zur Ermittlung eines mittleren zeitlichen Verlaufs der Niederschlagsintensitäten wurden die Niederschlagsaufzeichnungen aller zur Verfügung stehender Stationen herangezogen. Es wurden die 1-Stunden-Niederschläge mit einer Summe größer 25 mm ausgelesen und deren zeitliche Verteilung ausgewertet (Abb. 4 Anhang). Für die Modellläufe mit RoGeR wurde der mediane zeitliche Verlauf gewählt. Daraus ergibt sich ein anfangsbetonter Niederschlagsverlauf (siehe auch Tabelle. 1 und Abb. 5 Anhang).

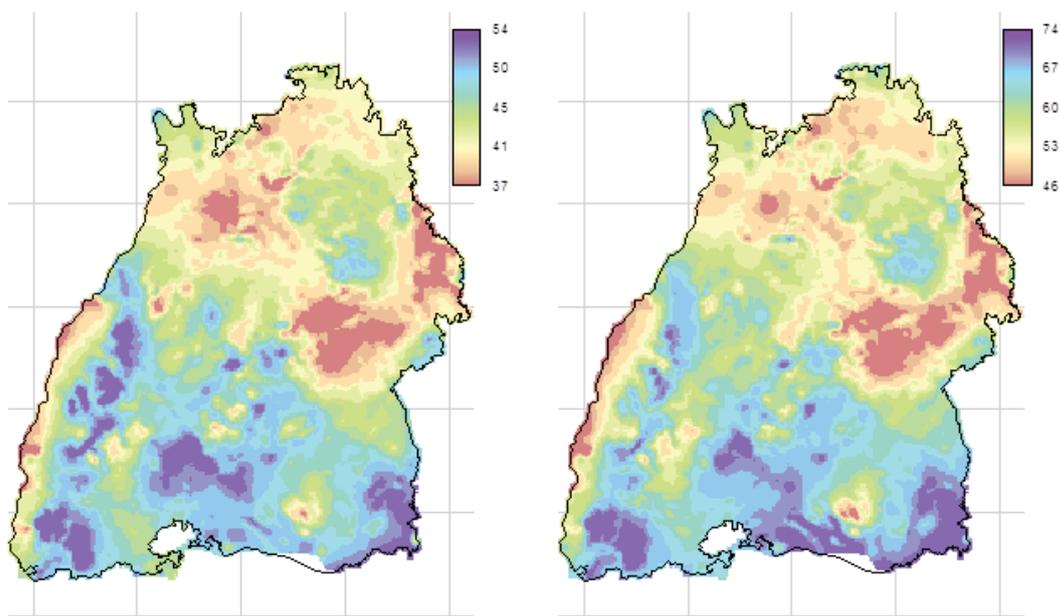


Abbildung 3a Anhang: Räumliche Verteilung der sommerlichen Niederschlagsmengen (mm) für die Wiederkehrintervalle  $T=30$  Jahre (links) und  $T=100$  Jahre (rechts).

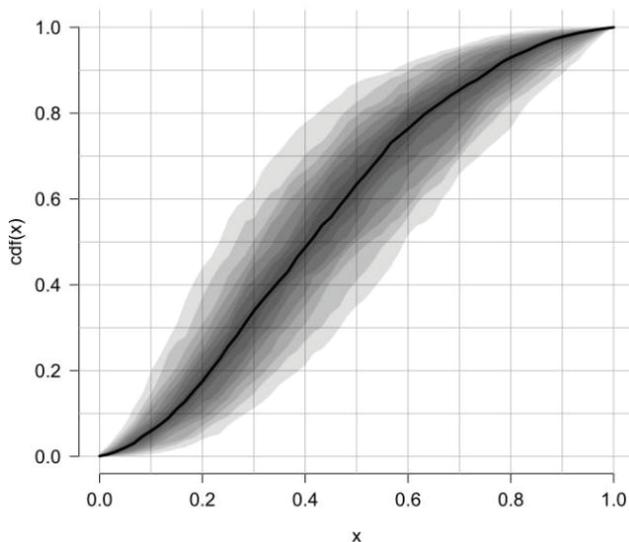


Abbildung 4 Anhang: Zeitlicher kumulativer Verlauf der Stundenniederschläge > 25 mm über alle Stationen in Baden-Württemberg (Median und 5% Perzentile)

## 2.4 Modellierung der Abflüsse bei extremen Starkniederschlägen

Die landesweite Modellierung der Abflussbildungsprozesse erfolgte für Vorfeuchtebedingungen im Sommer. Im ersten Fall wurde angenommen, dass auf Ackerstandorten Verschlammung eingetreten ist. Dies kann auf verschlamm-

ungsgefährdeten Böden der Fall sein, wenn der Boden kaum durch eine Vegetationsdecke geschützt ist (z.B. Maisanbau und Starkregen im Frühjahr). Im zweiten Fall sind die Bodenaggregate noch intakt und der Boden nicht verschlammte. Die Modellläufe erfolgten in einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten mit einer räumlichen Auflösung von 5 x 5 m. In dieser räumlichen und zeitlichen Auflösung wurde landesweit der gebildete Oberflächenabfluss (Horton'scher Oberflächenabfluss und Sättigungsflächenabfluss) sowie der Maximalwert und die Summe über alle Zeitschritte ausgegeben.

In Tabelle 1 Anhang ist beispielhaft für eine Rasterzelle auf einem Ackerstandort auf Lössboden die Modellausgabe dargestellt. Für jeden in Tabelle 1 dargestellten Ausgabewert wird ein landesweites 5 x 5 m<sup>2</sup>-Rasterdantensatz erzeugt. Abb. 5 Anhang zeigt den zeitlichen Verlauf von Niederschlag, Infiltration und Oberflächenabfluss für das in Tabelle 1 Anhang dargestellte Beispiel. Der zeitliche Verlauf des Niederschlages wurde wie oben beschrieben ermittelt.

In Abbildung 6 Anhang ist beispielhaft die räumliche Verteilung der Abflusssummen aller 5 Szenarien für ein Gebiet im Kraichgau dargestellt. Aufgrund der hohen räumlichen Auflösung sind einerseits die Siedlungsge-

Tabelle 1 Anhang: Beispiel der am Ende zu Verfügung stehenden Ergebnisdaten für eine Gridzelle auf einem Ackerstandort auf Lössboden

Objekt / Bereich	sOFu	sOFv	aOFu	aOFv	eOF
Niederschlagssumme [mm]	44.0	44.0	59.0	59.0	127.5
Abflusssumme [mm]	13.13	19.70	26.81	34.05	101.53
Maximaler Abfluss [mm/5min]	2.88	3.64	4.90	5.61	14.39
Abfluss [mm] von 0-5min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
Abfluss [mm] von 5-10min	0.06	0.12	0.54	1.12	7.45
Abfluss [mm] von 10-15min	1.18	2.46	2.95	4.66	13.74
Abfluss [mm] von 15-20min	1.86	3.16	4.12	5.17	14.06
Abfluss [mm] von 20-25min	2.45	3.39	4.50	5.34	14.04
Abfluss [mm] von 25-30min	2.88	3.64	4.90	5.61	14.39
Abfluss [mm] von 30-35min	2.24	2.89	3.93	4.54	11.93
Abfluss [mm] von 35-40min	1.45	2.02	2.80	3.34	9.23
Abfluss [mm] von 40-45min	0.50	1.01	1.45	1.93	6.10
Abfluss [mm] von 45-50min	0.46	0.91	1.36	1.79	5.72
Abfluss [mm] von 50-55min	0.05	0.10	0.26	0.55	3.00
Abfluss [mm] von 55-60min	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12

biete und Verkehrswege klar erkennbar. Die Boden- und Landnutzungseigenschaften beeinflussen darüber hinaus die Variation der Oberflächenabflüsse. Auch beim extremen Oberflächenabflussereignis können gewisse Gebiete immer noch den Niederschlag aufnehmen und das Wasser infiltriert fast vollständig, wohingegen andere Gebiete Abflüsse von über 100 mm produzieren. Bei den seltenen und außergewöhnlichen Oberflächenabflussereignissen

sind auch schon einige Gebiete sehr abflussbereit, auch der Unterschied durch die Verschlammung ist klar sichtbar, insbesondere auf den ackerbaulich genutzten Flächen.

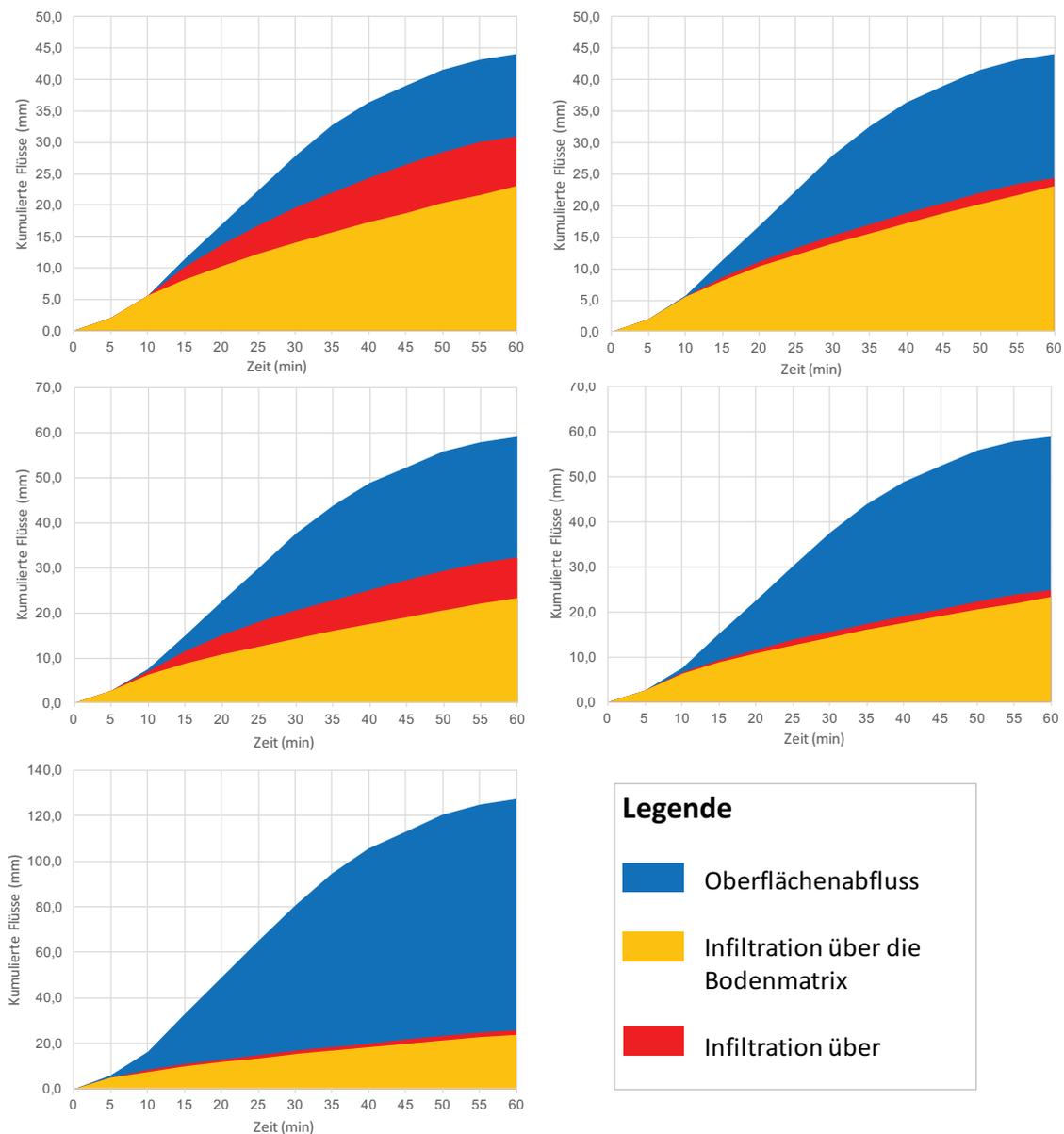


Abbildung 5 Anhang: Kumulierte Ganglinien von Niederschlag, Infiltration (Matrix und Makroporen) und Oberflächenabfluss am Beispiel eines Ackerstandortes auf Lössboden (Tabelle 1 Anhang).

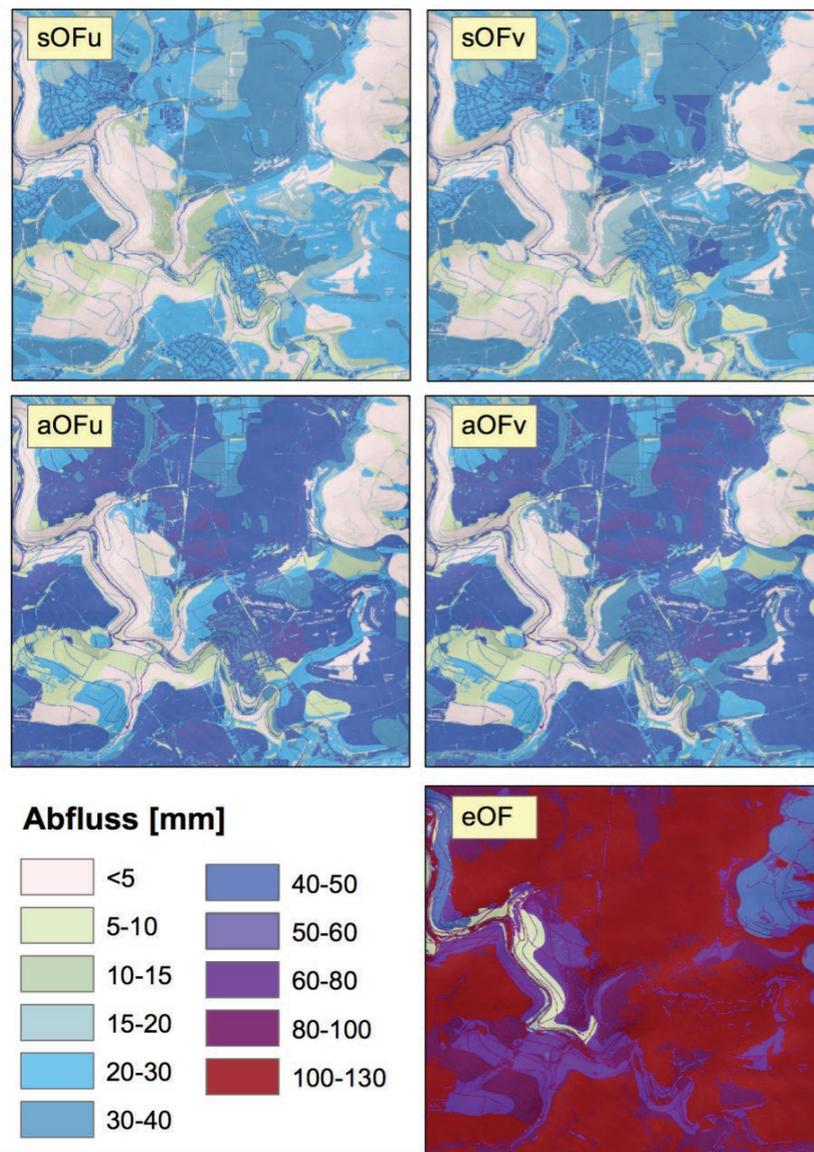


Abbildung 6 Anhang: Summe der Oberflächenabflüsse (mm) für ein Gebiet im Kraichgau für die fünf Szenarien: sOFu (oben links), sOFv (oben rechts), aOFu (mittel links), aOFv (mitte rechts), eOF (unten rechts).

## 2.5 Literatur

ATV (1985): Niederschlag – Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer. ATV-Regelwerk Abwasser und Abfall, Arbeitsblatt A 121.

Gudera, T. & Morhard, A. (2015): Hoch aufgelöste Modellierung des Bodenwasserhaushalts und der Grundwasserneubildung mit GWN-BW. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 59. Jahrgang, Heft 5, 205-216

Steinbrich, A., Weiler M. (2012) Abflussbildung und Abflusskomponenten (Atlafafel 6.5) Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart (2001): Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg, 4. Lieferung 2012.

Steinbrich, A., Weiler, M., Leistert, H. (2015): Alles RoGeR? Modellierung von Sturzfluten aufgrund von Starkniederschlägen. In: Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. Heft 35.15, Aktuelle Herausforderungen im Flussgebiets- und Hochwassermanagement, Beiträge zum Tag der Hydrologie am 19./20. März 2015 an der Universität Bonn, S. 115-125. Mariele Evers Weiler und Bernd Dieckrüger (Herausgeber) DWA-Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften, Bonn 2015

Steinbrich, A., Leistert, H., Weiler, M. (2016): Model-based quantification of runoff generation processes at high spatial and temporal resolution. Environmental Earth Sciences Thematic Issue Water Resources and Research in Germany. (akzeptiert)

## Anhang 4: Glossar „Kommunales Starkregenrisikomanagement“

**Abflussvolumen:** Summe der in einem bestimmten Zeitraum abgeflossenen Wassermenge.

**Abflusswirksamer Niederschlag:** auch Effektivniederschlag – Teil des Niederschlags, der als Direktabfluss wirksam wird.

**Advektiver Niederschlag:** Niederschlagstyp, der an horizontale Luftbewegungen gebunden ist und häufig als Dauerregen auftritt.

**Ausbaugrad:** Bezeichnung für die Leistungsfähigkeit eines Gewässers oder einer Anlage in Bezug auf das abführbare Hochwasserereignis.

**Auslassbauwerk:** Bauliche Einrichtung, um den geregelten Austritt von Wasser aus Kanälen, Abwasserleitungen und Abwasserdruckleitungen zu ermöglichen.

**Baugesetzbuch:** Mit dem Baugesetzbuch (BauGB) werden die rechtlichen Grundlagen des Städtebaues, soweit sie zur Gesetzgebungskompetenz des Bundes gehören, in einem einheitlichen Gesetzeswerk zusammengefasst. Während das BauGB mehr die planungsrechtliche Seite des Bauens betrifft (ob, wo, wie), regeln die Bauordnungen der Länder mehr die technische und gestalterische Seite sowie das bauaufsichtliche Verfahren (Baugenehmigung).

**Bebauungsplan:** Der Bebauungsplan (B-Plan) enthält als verbindlicher Bauleitplan die rechtsverbindlichen Festsetzungen für die städtebauliche Ordnung. Der von der Gemeinde als Satzung zu beschließende Bebauungsplan bildet die Grundlage für weitere zum Vollzug des Baugesetzbuches erforderliche Maßnahmen und hält Regelungen für die Zulässigkeit der einzelnen Bauvorhaben fest.

**Bemessungsabfluss / Bemessungswassermenge:** (Hochwasser-)Abflussmenge (in  $\text{m}^3/\text{s}$  oder  $\text{l/s}$ ) zur Bemessung von Hochwasserschutzanlagen unter Berücksichtigung eines evtl. vorhandenen Freibords.

**Bemessungsereignis:** Hochwasserereignis mit einer bestimmten Jährlichkeit zur Bemessung von Hochwasserschutzanlagen.

**Bemessungsgrenze:** Maximal zulässige Belastung einer Anlage entsprechend ihrer Bemessung (z.B. Hochwasserschutzanlage).

**Direktabfluss:** Schnell wirksamer Teil des Abflusses, Summe aus Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss.

**Effektivniederschlag:** Auch abflusswirksamer Niederschlag, Teil des Gebietsniederschlags, der als Direktabfluss wirksam wird.

**Einstautiefe:** Höhe des Wassers über Gelände (in m) in überfluteten Gebieten.

**Einzugsgebiet:** Teil der Erdoberfläche, der zum Wasserabfluss an einem bestimmten Gewässerquerschnitt beiträgt.

**Einstauvolumen:** Im betrachteten Zeitraum einem Überflutungsgebiet zufließende Wassermenge.

**Erosion/Bodenerosion:** Abtragung lockerer Bodenteile der Erdoberfläche durch Wasser oder Wind. Ob und in welcher Höhe es zu Erosion durch Wasserabspülung kommt, hängt von äußeren Faktoren wie Art und Menge des Niederschlags, der Geländeform, der Vegetationsart, der Vegetationsdichte und der Landnutzung sowie den Bodeneigenschaften ab.

**Flächennutzungsplan:** Der Flächennutzungsplan (F-Plan) ist ein vorbereitender Bauleitplan. Im F-Plan ist für das gesamte Gemeindegebiet die beabsichtigte Art der Bodennutzung nach den voraussehbaren Bedürfnissen der Gemeinde in den Grundzügen darzustellen. Er setzt den Rahmen für die B-Pläne einer Gemeinde.

**Flutmulden:** Kleine Mulden zur Rückhaltung von Hochwasser.

**Freibord:** Senkrechter Abstand zwischen Wasserspiegel beim Bemessungsereignis und Deich- bzw. Dammkrone als Reserve für Windstau, Wellenschlag, Eisgang und evtl. als Sicherheitszuschlag (vgl. DIN 19712, Flussdeiche und DIN 19700, Stauanlagen).

**Gebietsniederschlag:** Niederschlagshöhe, gemittelt über ein bestimmtes Gebiet.

**Gefährdung:** nach Art, Ausdehnung, Eintrittswahrscheinlichkeit und Intensität bestimmte Gefahr.

**Gefährdungsanalyse:** systematisches Verfahren zur Untersuchung der Ursachen einer Gefährdung z.B. durch Starkregenereignisse.

**Gerinne:** Fließgebiet einer Strömung mit freiem Wasserspiegel.

**Gewässerpflege:** Teil der Gewässerunterhaltung mit landschaftsökologischem Schwerpunkt.

**Gewässerunterhaltung:** Erhaltung des wasserwirtschaftlich und landespflegerisch ordnungsgemäßen Zustandes des Gewässers, vor allem für den Wasserabfluss und als Lebensraum.

**Hangabfluss:** Niederschlagswasser, das nicht in der Fläche zurückgehalten wird, sondern aus den Hanglagen (wild) dem Gefälle folgend flächig abfließt.

**Hochwasser:** Gewässerzustand, bei dem der Wasserstand deutlich über dem normalen Pegelstand liegt und zu Überflutungen führen kann.

**Hochwasserrisikomanagement:** Mit dem „Hochwasserrisikomanagement“ hat die Europäische Union einen neuen Begriff verbindlich eingeführt. Ziel ist, durch Hochwasser bedingte Risiken nachhaltig zu minimieren. Dafür sollen auf regionaler Ebene verschiedene Disziplinen wie Wasserwirtschaft, Raumplanung, Bauleitplanung, Ver- und Entsorgung, Denkmalschutz, Katastrophenschutz und Wirtschaft in einem kontinuierlichen, zyklischen Prozess enger zusammenarbeiten und gemeinsam ein Maßnahmenpaket schnüren – den sogenannten Hochwasserrisi-

komanagementplan. Grundlage dieser Maßnahmen sind Hochwassergefahrenkarten, in denen die Flächen markiert werden, die bei Hochwasserereignissen an Gewässern überflutet werden können. Überflutungsrisiken infolge von Starkregen sind in Deutschland nicht in den Hochwassergefahrenkarten vermerkt.

**Hochwasserrückhaltebecken:** Stauanlage, deren Hauptzweck die Zwischenspeicherung und Regulierung der Abflussmenge eines Fließgewässers bei Hochwasser ist.

**Hochwasserschutz:** Schutz von Bevölkerung und Sachwerten vor Überschwemmungen durch Hochwasser. Für den Hochwasserschutz werden technische Maßnahmen wie Deiche, Rückhaltebecken oder Retentionszonen sowie eine organisatorische Infrastruktur eingesetzt.

**Jährlichkeit:** Das statistische Wiederkehrintervall eines Ereignisses (berechnet aus Überschreitungswahrscheinlichkeiten bestimmter Grenzwerte). Ein 100-jährliches Ereignis tritt im statistischen Mittel alle 100 Jahre wieder auf, was, wie bei allen statistischen Werten, nicht ausschließt, dass es sich auch in zwei aufeinanderfolgenden Jahren ereignen kann.

**Kanalisation:** Anlagen zur Sammlung und Ableitung von Abwasser, Regen- und Schmelzwasser durch unterirdische Kanäle.

**Konvektiver Niederschlag:** Niederschlagstyp, der an vertikale (aufsteigende) Luftbewegungen gebunden ist und sich häufig in Form von Schauerregen darstellt.

**KOSTRA-Atlas:** Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierungs – Auswertung des Deutschen Wetterdienstes (DWD). In Abhängigkeit von verschiedenen Niederschlagsdauern (5 min bis 72 h) und verschiedenen Wiederkehrzeiten (bis 100 a) werden maximale Niederschlagshöhen (in mm) und –spenden (in l/s x ha) berechnet und auf ein deutschlandweites Raster mit einer Maschenweite von 8,5 km x 8,5 km übertragen.

**Maßnahmenplanung:** Ermittlung und Auswahl risikovermindernder Maßnahmen aufgrund des erkannten Regulationsbedarfs.

**Niederschlagsdauer:** Zeitspanne zwischen Niederschlagsbeginn und -ende; auch unter Einschluss von Niederschlagsunterbrechungen.

**Niederschlagshöhe:** Auch Niederschlagssumme – Niederschlag an einem bestimmten Ort, ausgedrückt als Wasserhöhe über einer horizontalen Fläche in einer Betrachtungszeitspanne (in mm oder l/m<sup>2</sup>).

**Niederschlagsintensität:** Quotient aus Niederschlagshöhe und Niederschlagsdauer.

**Oberflächenabfluss:** Teil des Abflusses, der dem Vorfluter als Reaktion auf ein auslösendes Ereignis (Niederschlag oder Schneeschmelze) über die Bodenoberfläche unmittelbar zufließt.

**Regenwasserversickerung:** Im Gegensatz zur Ableitung in einen Kanal versickert Regenwasser hier im Boden und trägt zur Grundwasserneubildung bei.

**Retention:** Stoff- oder Wasserrückhalt durch natürliche Gegebenheiten oder künstliche Maßnahmen.

**Retentionsräume:** Flächen, die bei Hochwasser ohne Gefährdung der Bevölkerung oder erhebliche Sachschäden überflutet werden können. Die Rückhaltung großer Wassermengen kann die Scheitelhöhe eines Hochwassers verringern.

**Risiko:** Qualitative oder quantitative Charakterisierung eines Schadens hinsichtlich der Möglichkeit des Eintreffens und der Tragweite der Schadenswirkungen. Wird im Allgemeinen als Kombination von Gefahrenpotenzial oder Eintrittswahrscheinlichkeit und Verletzbarkeit (Vulnerabilität) oder Schadenspotenzial verstanden.

**Risikoakzeptanz:** Persönliche oder kollektive Bereitschaft, das subjektiv erkannte Risiko eines Zustands oder einer Handlung zu tolerieren.

**Risikoanalyse:** Systematische Verfahren, um ein Risiko hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens und des Ausmaßes der Folgen zu charakterisieren und wenn möglich zu quantifizieren.

**Risikobewertung:** Verfahren, um die aus der Risikoanalyse gewonnenen Erkenntnisse mit Hilfe persönlicher oder kollektiver Kriterien auf ihre Akzeptabilität hin zu beurteilen.

**Risikokommunikation:** Interaktiver Prozess des Austauschs von Informationen und Meinungen über Risiken zwischen Betroffenen, Behörden und Experten, zur gleichberechtigten Auswahl von Optionen.

**Rückbau:** Im wasserbaulichen Sinne bedeutet Rückbau die Renaturierung oder Revitalisierung von Gewässern.

**Rückstau:** Höhe, unter der innerhalb der Grundstücksentwässerung besondere Maßnahmen gegen Rückstau zu treffen sind. Die maßgebende Rückstauhöhe wird von der örtlichen Behörde (Ortssatzung) festgelegt. Sofern von der zuständigen Behörde die Rückstauhöhe nicht festgelegt worden ist, gilt als Rückstauhöhe die Höhe der Straßenoberkante an der Anschlussstelle.

**Rückstauklappe:** Klappenverschluss, der verhindert, dass Wasser in ein Rohr eindringt. Der Verschluss schließt sich selbsttätig bei einem Rückstau.

**Schaden:** Negativ bewertete Konsequenz eines Ereignisses oder einer Handlung, z.B. der durch ein Starkregenereignis auftretende Wertverlust an Gebäuden, Infrastruktureinrichtungen und Flächen (abhängig von Siedlungsdichte, Nutzung, Einstautiefe und Fließgeschwindigkeit).

**Schadenspotenzial:** Summe der möglicherweise geschädigten Werte im gefährdeten Bereich. Das Schadenspotenzial ist nicht gleichzusetzen mit dem tatsächlichen Schadensumfang infolge eines Ereignisses, es dient vielmehr der Abschätzung des maximalen Ausmaßes, in dem Schutzgüter von Schaden betroffen sein können.

**Schutzgrad:** Ähnlich Ausbaugrad, aber mit Bezug auf zu schützende Güter hinter Hochwasserschutzanlagen.

**Starkregen:** Seltene, meist lokal begrenzte Regenereignisse mit großer Niederschlagsmenge, die wegen ihrer Intensität ein schwer zu kalkulierendes Überschwemmungsrisiko darstellen. Die verursachenden Niederschläge sind meist von sehr geringer räumlicher Ausdehnung und kurzer Dau-

er (konvektive Niederschlagsereignisse). Laut Definition handelt es sich ab einer Menge von 5 mm innerhalb von 5 Minuten bzw. ab 20 mm in einer Stunde um Starkregen. Der Deutsche Wetterdienst warnt in 2 Stufen vor Starkregen: 1) Markante Wetterwarnung (Regenmengen  $\geq 10$  mm / 1 Std. oder  $\geq 20$  mm / 6 Std) und 2) Unwetterwarnung (Regenmengen  $\geq 25$  mm / 1 Std. oder  $\geq 35$  mm / 6 Std).

**Starkregenrisiko:** Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit eines Oberflächenabflusses nach einem Starkregenereignis und der überflutungsbedingten potenziellen nachteiligen Folgen bzw. Schäden (Gefahr für Leib und Leben, Schäden an Objekten und Infrastruktur).

**Sturzflut:** Von einer Sturzflut spricht man, wenn innerhalb von sechs Stunden nach einem starken Regenereignis oder einem Dambruch bzw. Durchbruch einer anderen Barriere plötzlich große Wassermengen über ein Gebiet hereinbrechen (nach NOAA)

**Treibsel, Treibgut:** Schwimmfähiges Material, das besonders bei Hochwasser angetrieben wird.

**Überflutung:** Zustand, bei dem Schmutz- und/oder Regenwasser aus einem Entwässerungssystem entweichen, nicht in dieses eintreten können, auf der Oberfläche verbleiben oder in Gebäude eindringen.

**Überschwemmung:** Austritt von Wasser und mitgeführten Feststoffen aus hochwasserführenden Gewässern in die Umgebung mit meist langsamer Anstiegsgeschwindigkeit.

**Überschwemmungsgebiete:** Flächen, die nach dem Ausufern von hochwasserführenden Gewässern bei einem Abfluss mit einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren überflutet sein können.

**Überstau:** Zustand, bei dem der Wasserstand die Geländeoberkante erreicht oder Wasser aus dem Kanalnetz auszutreten beginnt bzw. zufließendes Wasser nicht vom Kanalnetz aufgenommen werden kann.

**Unwetter/Extremwetterereignis/Wetteranomalie:** Sammelbegriffe für extreme Wetterereignisse. Diese Wetterereignisse bewirken oft hohe Sachschäden, Katastrophen und Lebensgefahr für viele Menschen. Der Deutsche Wetterdienst definiert folgende Ereignisse als Unwetter, wenn die genannten Schwellen überschritten werden:

Bezeichnung	Kriterien
<b>Gewitter</b>	mit Hagel (Körner größer als 1,5 cm) oder mit Starkregen oder mit Sturm oder Orkan
<b>Sturm</b>	Orkanartige Böen von 11 Bft. (in 10 m Höhe gemessen)
<b>Orkan</b>	mind. 12 Bft. (in 10 m Höhe gemessen)
<b>Starkregen</b>	mehr als 20 l/m <sup>2</sup> in 1 Stunde oder mehr als 35 l/m <sup>2</sup> in 6 Stunden
<b>Dauerregen</b>	mehr als 40 l/m <sup>2</sup> in 12 Stunden oder mehr als 50 l/m <sup>2</sup> in 24 Stunden oder mehr als 60 l/m <sup>2</sup> in 48 Stunden

**Urbane Fließgewässer:** Fließgewässer, die urbane Bereiche durchfließen oder von urbanen Auswirkungen geprägt bzw. beeinflusst werden.

**Verkläusung:** Ansammlung von Treibgut in oder am Gewässer, was zu einer Erhöhung des Wasserspiegels führen kann.

**Versiegelungsgrad:** Anteil der bebauten Flächen innerhalb eines Gebietes, auf denen durch Gebäude, Verkehrsflächen etc. keine natürliche Versickerung von Regenwasser stattfinden kann.

**Vorflut:** Möglichkeit des Wassers und Abwassers, mit natürlichem Gefälle oder durch künstliche Hebung abzufließen (natürliche und künstliche Vorflut).

**Vorfluter:** der Vorflut dienendes Gewässer.

**Vulnerabilität:** Im Bereich der Naturrisiken beschreibt die Vulnerabilität die Verletzbarkeit und die möglichen Schäden im Ereignisfall. Damit bezieht sich die Vulnerabilität vorrangig auf den Menschen und seine Errungenschaften (Mensch-Natur-Verhältnis) und nicht auf die Störung von Naturzusammenhängen.

**Zwischenabfluss:** Teil des Abflusses, der dem Vorfluter als Reaktion auf ein auslösendes Ereignis (Niederschlag oder Schneeschmelze) aus den oberflächennahen Bodenschichten zugeflossen ist.

## **Anhang 5: Weitere Quellen zur Bewusstseinsbildung und Einschätzung der Gefahrenlage**

- Broschüre „Starkregen - Was können Kommunen tun“ , herausgegeben vom Informations- und Beratungszentrum Hochwasservorsorge Rheinland-Pfalz und der WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbH (WBWF)
- Hochwasserpapp des Hochwasser-Kompetenz-Centrums (HKC)
- Broschüre „Mobile Hochwasserschutzsysteme“ des HKC und der VdS Schadenverhütung
- Hochwasserschutzfibel des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
- DWA - Themenheft T1/2013 „Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“ (kostenpflichtig, ca. 55 €), DWA/BWK
- DWA - Merkblatt M 119 „Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge - Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken“ (Entwurf vom Juli 2015, kostenpflichtig, ca. 48 €)

