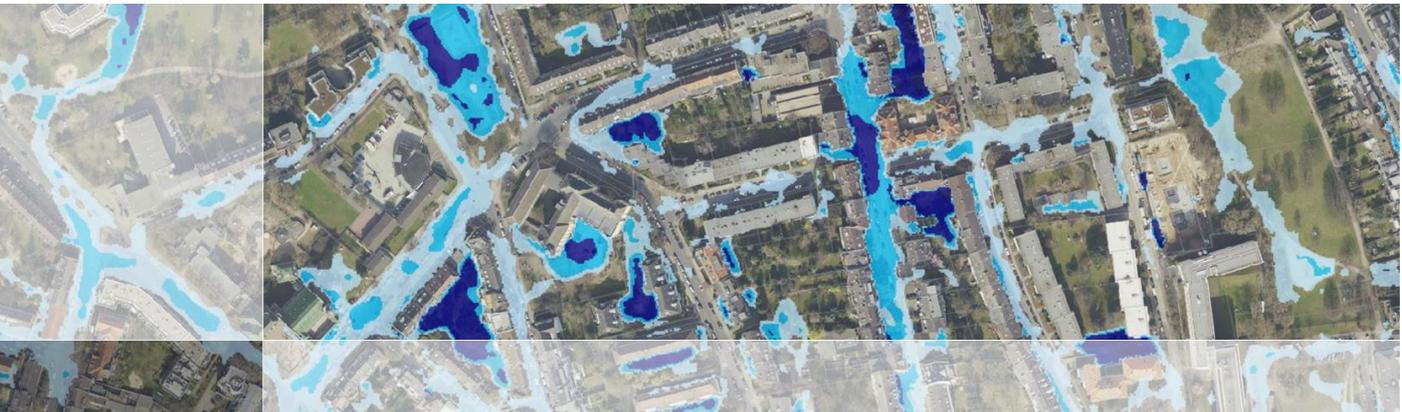


# Handlungsempfehlungen zur Erstellung von Starkregen- gefahrenkarten im Saarland



April 2019

**Auftraggeber:**

Ministerium für Umwelt  
und Verbraucherschutz  
Keplerstraße 18  
66117 Saarbrücken



**Auftragnehmer:**

Hochschule Kaiserslautern  
Fachbereich Bauen und Gestalten  
Professur Siedlungswasserwirtschaft  
Schoenstraße 6  
67659 Kaiserslautern



**Bearbeitung:**

Prof. Dr.-Ing. Marc Illgen  
T | +49 (0)631 | 3724-4526  
E | marc.illgen@hs-kl.de

Projekt im Rahmen des Forschungsschwerpunktes  
"Nachhaltige Produkte und Dienstleistungen" (NAPUD)  
der Hochschule Kaiserslautern



## INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	III
<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Hintergrund	1
1.2 Gegenstand und Zielsetzung der Betrachtung	1
1.3 Aufbau des Berichtes	2
<b>2 Starkregenerisikomanagement</b>	<b>4</b>
2.1 Urbane Sturzfluten und resultierende Überflutungsschäden	4
2.2 Kommunales Starkregenerisikomanagement	5
2.3 Lokale Überflutungsrisiken erkennen, bewerten und priorisieren	8
2.4 Vorsorgemaßnahmen	9
2.4.1 Maßnahmen in kommunaler Regie	10
2.4.2 Grundstücks- und gebäudebezogene Vorsorgemaßnahmen	17
2.5 Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit	19
<b>3 Gefährdungs- und Risikoanalysen</b>	<b>21</b>
3.1 Analyse der Überflutungsgefährdung	22
3.1.1 Topografische Gefährdungsanalyse	22
3.1.2 Vereinfachte Überflutungsberechnung	23
3.1.3 2D-Überflutungssimulationen	25
3.1.4 Gekoppelte 1D/2D-Abflusssimulationen	27
3.1.5 Gegenüberstellung der Methoden	28
3.1.6 Starkregenhydrologie	30
3.2 Analyse und Bewertung der Überflutungsrisiken	31
<b>4 Pilotprojekte im Saarland</b>	<b>33</b>
4.1 Pilotprojekt Sulzbach / Friedrichsthal	35
4.2 Pilotprojekt Wadern	37
4.3 Pilotprojekt Eppelborn	40
<b>5 Kernerkenntnisse und Empfehlungen</b>	<b>47</b>
<b>6 Literatur</b>	<b>56</b>
<b>7 Abbildungsverzeichnis</b>	<b>58</b>
<b>8 Tabellenverzeichnis</b>	<b>59</b>

# 1 EINFÜHRUNG

## 1.1 Hintergrund

Wie verwundbar Städte und Gemeinden gegenüber extremen Starkregen sind, haben viele Gemeinden in den letzten Jahren leidvoll erfahren müssen – gerade auch im Saarland. Sturzflutereignisse sind gekennzeichnet von einer sehr großen Niederschlagsmenge in sehr kurzer Zeit und werden durch kleinräumige Starkregenzellen ausgelöst, die überwiegend in den Sommermonaten auftreten können (Ausdehnung von wenigen Kilometern, Zeitraum Mai-Sept.).

Die Regenmengen und -intensitäten dieser Ereignisse sind derart groß, dass die innerhalb der Bebauung entstehenden Abflüsse weit über dem liegen, was auch sachgerecht dimensionierte Entwässerungssysteme (öffentliche wie private!) fassen und abzuleiten vermögen. Daher kommt es zu größeren Oberflächenabflüssen entlang von Straßen und größeren Wasseransammlungen insbesondere an Geländetiefpunkten. Hinzu kommt, dass sich in unbebauten Außengebieten (z.B. Landwirtschafts- oder Waldflächen) z.T. sehr große Regenabflüsse bilden, mit dem Geländegefälle in die Siedlung einströmen und dabei große Mengen an Schlamm und Geröll mit sich führen können. Die innerhalb und außerhalb der Bebauung entstehenden Regenabflüsse führen letztlich zu massiven Überschwemmungen innerhalb der Bebauung und verursachen entsprechend großen Schäden an Gebäuden, Inventar, technischen Anlagen und allgemeiner Infrastruktur.

Angesichts der jüngst im Saarland aufgetretenen Starkregenereignisse stellt sich auf Seiten der saarländischen Wasserwirtschaftsverwaltung die Frage, wie in den Kommunen ein systematisches Starkregenmanagement initiiert und vollzogen werden kann. Im Rahmen von Pilotvorhaben wurden für drei kommunale Einzugsgebiete unabhängig voneinander Gefährdungsanalysen mit verschiedenen Berechnungswerkzeugen und unterschiedlichem Genauigkeitsanspruch durch drei Ingenieurbüros durchgeführt und Starkregengefahren- bzw. -risikokarten erstellt. Die Beauftragung der Ingenieurbüros erfolgt durch die betreffenden Kommunen in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (MUV), das die Vorhaben finanziell fördert.

## 1.2 Gegenstand und Zielsetzung der Betrachtung

Die Aufgabe der Hochschule Kaiserslautern bestand darin, das Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz des Saarlandes (MUV) im Vorfeld und während

der Pilotanwendungen fachlich zu beraten, die erzielten Ergebnisse auszuwerten sowie Empfehlungen für zukünftige Herangehensweisen und Strategien im Kontext der kommunalen Starkregenvorsorge im Saarland zu formulieren. Die Begleitung und Auswertung der Pilotanwendungen umfasste i. W. folgende Arbeiten:

- Beratung des MUV bei der Konzeption, Vergabe und Durchführung der pilothaften Gefährdungsanalysen
- Teilnahme an ausgewählten Besprechungsterminen
- Begutachtung der drei Pilotvorhaben (Berichte, Pläne)
- zusammenfassende Bewertung der Pilotanwendungen
- Formulierung von Schlussfolgerungen und Anwendungshinweisen (Synthese)

Die Analyse der Pilotanwendungen zielt nicht darauf, die Durchführung und die (Berechnungs)Ergebnisse der einzelnen Betrachtungen im Hinblick auf ihre Korrektheit gutachterlich und detailliert unter die Lupe zu nehmen. Es geht vielmehr darum zu bewerten, welche prinzipiellen Methoden sich in der praktischen Anwendung besonders bewährt haben und welche prinzipiellen Vorgehensweisen auch in Zukunft verfolgt werden sollten. Gleichwohl sei an dieser Stelle ausdrücklich konstatiert, dass die Dokumentationen der ausführenden Büros (Berichte, Pläne, Präsentationen) durchweg von einer weitgehend kompetenten, sachgerechten und fachlich korrekt erscheinenden Bearbeitung zeugen.

### **1.3 Aufbau des Berichtes**

Mit dem vorliegenden Bericht sollen die aus den Pilotvorhaben ableitbaren Kernerkenntnisse auf den Punkt gebracht und Empfehlungen für das weitere Handeln insbesondere auf kommunale Ebene ausgesprochen werden.

In Kap. 2 des vorliegenden Berichtes werden zunächst die Grundzüge eines kommunalen Starkregenrisikomanagements dargelegt. Die Ausführungen verstehen sich als grundlegende Empfehlungen zum Umgang mit Starkregen im Saarland. Kommunen, die sich gegen Starkregen wappnen und ein kommunales Starkregenrisikomanagement in der Kommune aufbauen wollen, sollten sich hieran orientieren.

Die prinzipiell möglichen Vorgehensweisen und Berechnungsmethoden zur Erstellung von Starkregengefahrenkarten bzw. Starkregenrisikokarten werden in Kap. 3 erläutert und einige Anwendungshinweise hierzu gegeben.

Die drei durchgeführten Pilotprojekte sowie die hierbei verwendeten Berechnungsmethoden werden in Kap. 4 vorgestellt und die Ergebnisse diskutiert. Auf dieser Grundlage werden abschließend in Kap. 5 die Kernerkenntnisse aus den Pilotbetrachtungen benannt sowie Handlungsempfehlungen mit besonderem Fokus auf die simulationsgestützte Erstellung von Starkregenrisikokarten formuliert.

In die im vorliegenden Bericht formulierten Einschätzungen und Empfehlungen sind neben den Erfahrungen aus den Pilotvorhaben im Saarland auch persönliche Anwendungserfahrungen aus Arbeiten für zahlreiche Kommunen und angrenzende Bundesländer sowie der Regelwerkstätigkeit der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) und des Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) eingeflossen (u.a. LUBW, 2016; MULNV NRW, 2018; DIfU, 2018, DWA, 2013; DWA, Illgen, 2017; Illgen et. al., 2018).

## 2 STARKREGENRISIKOMANAGEMENT

Das vorliegende Kapitel formuliert grundsätzliche Empfehlungen, wie in den Kommunen vorgegangen werden sollte, um Starkregen zukünftig besser bzw. schadensärmer bewältigen zu können.

### 2.1 Urbane Sturzfluten und resultierende Überflutungsschäden

Als urbane Sturzflut bezeichnet man die aus einem oftmals lokal auftretenden Starkregen resultierende Überflutung eines Siedlungsgebietes. Derartige Niederschläge treten überwiegend während der Sommerzeit auf und bringen in kürzester Zeit sehr große Niederschlagsmengen auf Flächen von wenigen Quadratkilometern (DWA, 2016). Sie gehen oftmals einher mit Gewitter und Hagel. Urbane Sturzfluten können generell überall – auch fernab von Gewässern – vorkommen (DWA, 2013). Gerade in den letzten Jahren war dies auch im Saarland zu beobachten.



**Abb. 1:** Bildimpressionen lokaler Sturzflutereignisse

Anders als bei Flusshochwasser ist bei urbanen Sturzfluten derzeit noch keine nennenswerte Vorwarnzeit möglich. Die Starkregenabflüsse aus Sturzflutereignissen übersteigen die Leistungsfähigkeiten von Grundstücksentwässerungen, Kanalisation und Gewässern oftmals bei weitem. Regenwasser und Schlämme fließen dann ungeordnet von Landwirtschafts-, Forstwirtschafts-

oder sonstigen Außengebietsflächen über Gräben und Wege in das Siedlungsgebiet. Kleine Entwässerungsgräben, Bäche und Straßen werden zu reißenden Strömen und das Oberflächenwasser fließt unkontrolliert zu den Geländetiefpunkten ab (DWA, 2013). Grundstücke und Gebäude werden überflutet; Rettungszufahrten abgeschnitten. Bauwerke, technische Anlagen, ideelle und Vermögenswerte werden innerhalb kürzester Zeit zerstört. Gerade auch Industrie- und Gewerbetriebe können massiv von Überflutungsschäden betroffen sein, bis hin zur Existenzbedrohung. Über die hohen, rein monetären Schäden hinaus kann sich zudem eine akute Gefahr für Leib und Leben ergeben; beispielsweise im Bereich von kritischen Infrastrukturen wie Elektrizitätsanlagen oder Unterführungen, Tiefgaragen und Tunneln oder in Kinder- und Senioreneinrichtungen sowie Souterrainwohnungen. Besondere Starkregenextreme können gar ein Risiko für die allgemeine öffentliche Ordnung darstellen (DWA, 2016).

## **2.2 Kommunales Starkregenisikomanagement**

Kommunen sind mit dem generellen Risiko, von besonders schweren Regen getroffen werden zu können, konfrontiert. Ein absoluter Schutz gegen Sturzfluten oder ein "Null-Risiko" gibt es nicht.

Zielsetzung einer zukunftsorientierten Überflutungsvorsorge auf kommunaler Ebene kann es nicht sein, die enormen Oberflächenabflüsse bei besonders seltenen Starkregen mit den üblichen technischen Entwässerungsbauwerken zu beherrschen. Vielmehr sind die Siedlungsräume und die Infrastruktur so auszurichten, dass die verbleibenden und räumlich erheblich variierenden Überflutungsrisiken hinnehmbar sind. Daher können die Bestrebungen nur darauf abzielen, die Risiken möglichst gering zu halten, um Überflutungsschäden bei (unvermeidbaren) Regenextremen zu vermindern. Es geht also um einen aktive(re)n Umgang mit dem Starkregenisiko, das man auch als Starkregenisikomanagement bezeichnet und das alle zielführenden Vorsorge- und Bewältigungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene bündelt und koordiniert (Abb. 2). Es geht dabei letztlich darum, "aus Schäden klug zu werden, bevor sie überhaupt entstehen".



Abb. 2: Starkregenrisikomanagement und seine Bausteine

Den Kern einer wirkungsvollen Vorsorge gegenüber urbanen Sturzfluten stellt ein entsprechend ganzheitlich ausgerichtetes Risikomanagement bzgl. Starkregen dar, das alle planerischen, technischen und organisatorischen Maßnahmen umfasst, um seltene und extreme Niederschläge besser und schadensärmer bewältigen zu können als bislang. Zielsetzung des Starkregenrisikomanagements ist es

- bestehende Überflutungsrisiken zu verringern
- zusätzliche Überflutungsrisiken zu vermeiden
- eine bessere Bewältigung während eines Starkregens zu ermöglichen
- und die nachteiligen Folgen nach einem Starkregen abzumindern.

Das Starkregenrisikomanagement bündelt und koordiniert hierzu alle zielführenden Vorsorge- und Bewältigungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene. Es umfasst das Erkennen und Bewerten der bestehenden Risiken gegenüber Niederschlägen jenseits des Bemessungsniveaus der öffentlichen Entwässerungssysteme sowie die Entwicklung und Umsetzung geeigneter Vorkehrungen auf kommunaler (und privater) Ebene. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei der gezielten oberflächigen Wasserführung innerhalb des Siedlungsgebietes, dem Rückhalt von Niederschlagswasser in der Fläche und am Sied-

lungsrund sowie dem objektbezogenen Überflutungsschutz zu. Die planerische und technische Überflutungsvorsorge ist hierbei eng verknüpft mit einem retentionsorientierten Regenwassermanagement, einer naturnahen Gewässerentwicklung sowie einer wassersensiblen und klimaangepassten Gestaltung des Siedlungsraumes.

Mit dem prognostizierten Klimawandel ist zudem zu erwarten, dass schadensträchtige Starkregen in Häufigkeit und Intensität in den nächsten Jahren (weiter) zunehmen werden. Ein aktives Starkregenrisikomanagement ist insofern ein zentraler Bestandteil einer vorausschauenden Anpassung der Kommunen an den Klimawandel. Nur durch die konsequente Umsetzung eines solchen Risikomanagements können Schäden aus sehr seltenen oder gar extremen Sturzfluten mit angemessenem wirtschaftlichen Einsatz wirkungsvoll abgemildert, begrenzt oder gar vermieden werden (DWA, 2016).

Diese weitergehende kommunale Überflutungsvorsorge in Bezug auf Starkregen ist eine Querschnittsaufgabe und tangiert eine Vielzahl von Akteuren. Dies resultiert daraus, dass die Möglichkeiten zur Überflutungsvorsorge sehr vielfältig sind und Vorsorgemaßnahmen in den Zuständigkeiten verschiedener Stellen und Akteure liegen. Sie umfassen sowohl technische, bauleitplanerische und städtebauliche als auch administrative Maßnahmen. Hier sind neben der Stadtentwässerung v. a. die angrenzende Referate (Tiefbau, Grünflächen, Umweltschutz, Stadtentwicklung etc.) gefordert, bei der Entwicklung und Umsetzung wirksamer Vorsorgemaßnahmen mitzuwirken (Illgen, 2017). Überdies sind auch die Bürger und Unternehmen aufgefordert, Eigenvorsorge zu betreiben. Dies setzt eine intensive Kommunikation und den Austausch zwischen den Beteiligten voraus, in die auch der Katastrophenschutz und die örtlichen Rettungskräfte einzubinden sind. Die kommunalen Planungsabläufe und Zuständigkeiten sind hierauf anzupassen und ggf. neu auszurichten.

Im Handlungsfeld der Kommunalverwaltung liegt es, nach Möglichkeit (DWA, 2013):

- Oberflächenwasser im Siedlungsgebiet in der Fläche zurückzuhalten,
- Außengebietszuflüsse vom Siedlungsgebiet fernzuhalten,
- unvermeidbares Oberflächenwasser im Straßenraum geordnet und schadensarm abzuleiten und/oder zwischen zu speichern,
- Freiflächen zum schadensarmem Rückhalt von Oberflächenwasser zu aktivieren,
- Gewässer und Gräben rückstaufrei und gefährdungsarm zu gestalten,

- eine angemessene Auslegung und einen bedarfsgerechten Betrieb der Entwässerungsinfrastruktur zu gewährleisten,
- die Überflutungsvorsorge bei der Bauleitplanung und Stadtplanung frühzeitig und angemessen einzubeziehen,
- eine organisatorische Struktur für die ressortübergreifende Koordination aller Vorsorge- und Bewältigungsmaßnahmen zu schaffen,
- die Bürger über die bestehenden Risiken und ihre Eigenverantwortung zu informieren sowie bzgl. der Eigenvorsorge zu beraten und
- insgesamt ein ganzheitlich ausgerichtetes Risikomanagement bzgl. urbaner Sturzfluten aufzubauen und zu etablieren.

Der erweiterten Überflutungsvorsorge mit Blick auf außergewöhnlichen Starkregen muss innerhalb der Kommunen zukünftig eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. In vielen Kommunen ist die aktive und kontinuierliche Vorsorge gegenüber Starkregen noch nicht etabliert oder allenfalls auf die Erfüllung der jeweiligen Bemessungsanforderung an das Kanalnetz beschränkt. Das Szenario eines Extremregens bleibt bei kommunalen Planungen bislang meist unberücksichtigt. Insgesamt besitzt die Vorsorge vor Risiken starkregenbedingter Überflutungen innerhalb vieler Kommunen und ihrer Verwaltungen bislang nur eine geringe Priorität, wenngleich es auch einige Kommunen gibt, die sich der Problematik bereits sehr intensiv annehmen und eine Vorreiterrolle einnehmen. Die Kommunen – in der Gesamtheit der vielfältigen öffentlichen und privaten Akteure – sind aufgefordert, eine stärker risikoorientierte und ganzheitlich ausgerichtete Überflutungsvorsorge anzustoßen, in der Kommune zu etablieren und langfristig umzusetzen.

### **2.3 Lokale Überflutungsrisiken erkennen, bewerten und priorisieren**

Grundvoraussetzung für das Einleiten, Planen und Umsetzen von effizienten Vorsorgemaßnahmen und somit für den Einstieg in ein zielgerichtetes Risikomanagement ist es, die kritischen Gefährdungs- bzw. Risikobereiche zu kennen. Die Identifizierung und räumliche Eingrenzung potenzieller Gefährdungsbereiche, die Ermittlung der konkreten Überflutungsursachen sowie die Bewertung der lokalen Überflutungsrisiken müssen stets vorweg laufen, um zielführende planerische, technische und/oder organisatorische Vorsorgemaßnahmen auf kommunaler und privater Ebene ergreifen zu können (DWA, 2013).

Zielsetzung einer qualifizierten Risikobewertung muss es sein, lokal variierende Risiken miteinander abzuwägen, um Handlungsschwerpunkte zu definieren und die verfügbaren Ressourcen möglichst effektiv zu einer Risikominimierung einsetzen zu können. Zur Abschätzung oder dezidierten Ermittlung der Überflutungsgefährdung kommen verschiedene Herangehensweisen in Betracht, die sich hinsichtlich der benötigten Datengrundlagen, der eingesetzten EDV-Werkzeuge, der Aussagekraft der Ergebnisse sowie des erforderlichen Bearbeitungsaufwandes und letztlich auch der Kosten unterscheiden (DWA, 2016; Fuchs et al., 2015; Löwe et. al., 2017). Hier muss eine Abwägung getroffen werden, wo und welchen Betrachtungen welcher Aufwand betrieben werden soll.

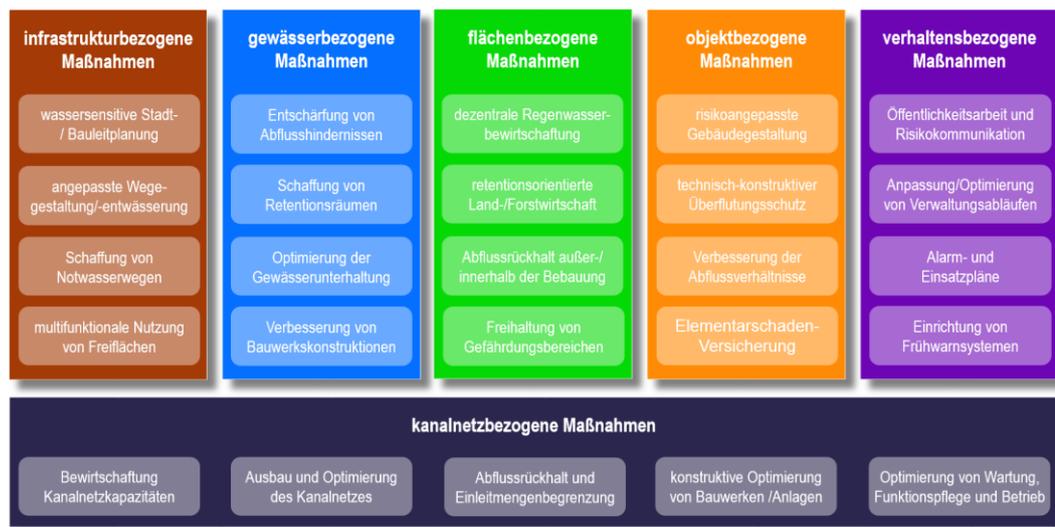
War vor einigen Jahren die modelltechnische Nachbildung von Überflutungsvorgängen in urbanen Räumen noch nicht möglich, stehen heute leistungsfähige EDV-Werkzeuge und hochaufgelöste Grundlagendaten zur Verfügung, die z. B. für hydrodynamische Überflutungssimulationen (Oberfläche, Gewässer, Kanalnetz) genutzt werden können. Zur Bewertung des örtlichen – und letztlich maßgebenden – Überflutungsrisikos ist es zudem erforderlich, die Überflutungsgefährdung mit den zugehörigen Schadenspotenzialen zu überlagern (DWA, 2016).

Auf die möglichen Vorgehensweisen und Berechnungsmethoden zur Erstellung von Starkregengefahrenkarten bzw. Starkregenrisikokarten wird in Kap. 3 näher eingegangen.

## 2.4 Vorsorgemaßnahmen

Primäre Zielsetzung des Risikomanagements zur kommunalen Überflutungsvorsorge ist es, das lokal variierende Überflutungsrisiko wirtschaftlich angemessen zu minimieren. Auf Grundlage der vorlaufenden Gefährdungs- und Risikoanalyse können bestehende Risikoschwerpunkte erkannt, Handlungserfordernisse abgeleitet und Handlungsprioritäten festgelegt werden. Darauf aufbauend können geeignete Vorsorgemaßnahmen konzipiert, hinsichtlich ihrer Effektivität geprüft und schließlich umgesetzt werden. Nur umgesetzte Maßnahmen bringen die Überflutungsvorsorge voran.

Die Maßnahmenmöglichkeiten sind äußerst vielfältig. Sie können zum Beispiel in kanalnetzbezogene, infrastrukturbezogene, gewässerbezogene, flächenbezogene, objektbezogene sowie verhaltensbezogene unterteilt werden (Abb. 3). Weitergehende Erläuterungen hierzu können DWA (2018) entnommen werden.



**Abb. 3: Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge (DWA, 2016)**

Zur Vermeidung oder Minderung von Schäden aus Starkregenereignissen muss neben den Grundstückseigentümern insbesondere die öffentliche Hand einen Beitrag leisten (Illgen, 2017). Dies betrifft v.a. Vorsorgemaßnahmen, die in unmittelbaren Bezug zur kommunalen Infrastruktur stehen und im Aufgabenspektrum kommunaler Träger und Gebietskörperschaften liegen. Hinzu kommen objektbezogenen Maßnahmen in Regie der Grundstückseigentümer (DWA, 2013).

### 2.4.1 Maßnahmen in kommunaler Regie

Mit der Unterhaltung des öffentlichen Entwässerungssystems haben die Kommunen einen definierten Entwässerungskomfort zu gewährleisten und liefern damit im Zusammenspiel mit der Grundstücksentwässerung einen wesentlichen Grundbeitrag zum Überflutungsschutz. Das hierdurch leistbare Schutzniveau hat jedoch seine Grenzen, gerade mit Blick auf sehr seltene und extreme Starkregen, die über den Bemessungsvorgaben der Entwässerungsinfrastruktur liegen (DWA, 2016; Abb. 4).

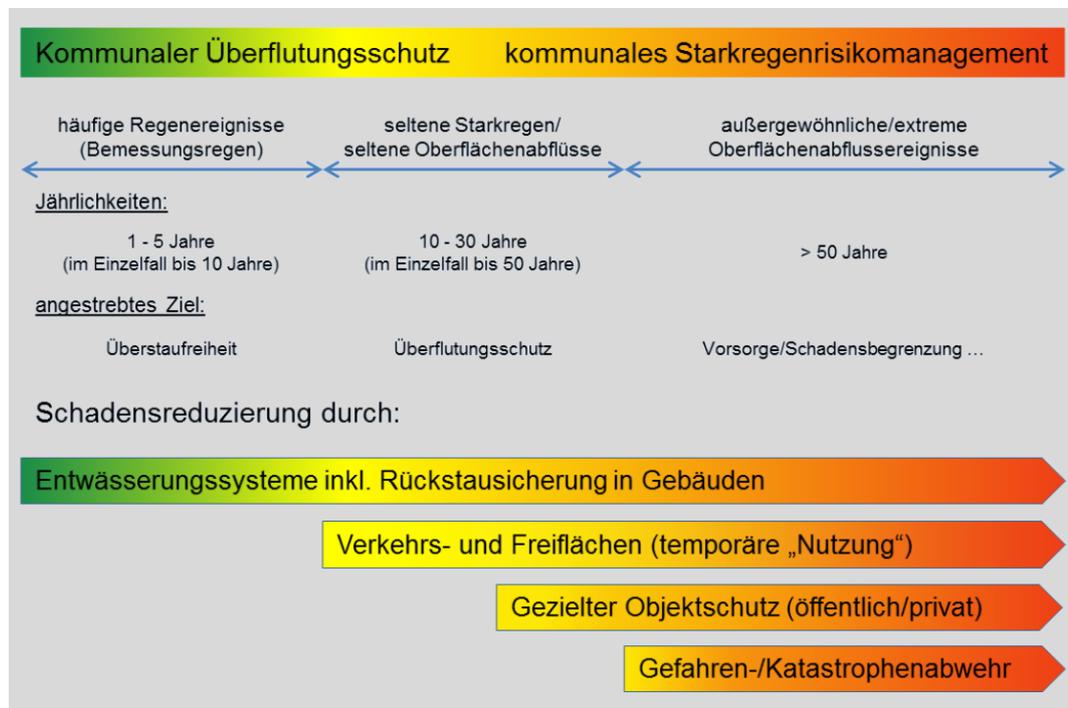


Abb. 4: Abgrenzung bzw. Übergang vom kommunalen Überflutungsschutz zum Starkregenisikomanagement (MULNV, 2018)

Zur Erreichung eines weitgehenden Überflutungsschutzes bedarf es u.a. der gezielten Einbeziehung der möglichen Ableitungs- und Speicherkapazitäten von Verkehrs- und Freiflächen, die als kommunale Infrastruktur ebenfalls im Zuständigkeitsbereich der Kommunen liegen. Ähnliches gilt für die örtlichen Gewässerläufe, die bei Starkregen recht schnell ausufern können, zugleich aber auch ein wichtiges Biotop darstellen. Sie spielen im Hinblick auf eine ganzheitliche Überflutungsvorsorge eine wichtige Rolle.

Zur Schadensbegrenzung v.a. bei extremen Ereignissen rückt letztlich der gezielte Objektschutz durch die öffentlichen und privaten Grundstückseigentümer in den Vordergrund. Dies gilt insbesondere auch für Anlagen der sog. kritischen Infrastruktur, deren Ausfall bei bzw. nach einem Starkregenereignis besonders schwer wiegt. Für ein effizientes Vorsorgekonzept ist es indes erforderlich, Maßnahmen der Kommune und der Privaten ineinander greifen und aufeinander abgestimmt sind.

Die verschiedenen Vorsorgemaßnahmen wirken in unterschiedlichen Wiederkehrzeitbereichen (häufige, seltene, extreme Starkregen) und können technischer oder planerischer Natur sein. Technische Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung oder Minderung von Schäden aus urbanen Sturzfluten umfassen vor

allein die Errichtung, die Gestaltung und den Betrieb von technischen Anlagen zur gezielten Abflussrückhaltung oder -ableitung im Bereich von

- Straßen und Wegen innerhalb des Siedlungsgebietes,
- Frei- und Grünflächen,
- öffentlichen Entwässerungssystemen (Kanalisationen),
- Gewässern und Entwässerungsgräben sowie
- Grün-, Land- und Forstwirtschaftsflächen außerhalb der Bebauung (inkl. Wegen und Wegeentwässerung).

Derartige Maßnahmen können den lokalen Überflutungsschutz fraglos verbessern. Sie zielen aber nicht auf ein durchgängiges "Beherrschen" der enormen Abflüsse bei einem extremen Starkregen ab. Ihre Wirkung ist entsprechend begrenzt und entfaltet sich gerade im vglw. niedrigen Wiederkehrzeitbereich ( $T = 10\text{-}50$  a). Dafür bieten sie vglw. häufig einen Beitrag zum Überflutungsschutz und sind entsprechend wirtschaftlich.

Im Hinblick auf eine langfristig wirkungsvolle und wirtschaftlich ausgewogene Überflutungsvorsorge auf kommunaler Ebene kommt der Raumordnungsplanung eine besondere Bedeutung zu. Die kommunale Überflutungsvorsorge ist eine Querschnittsaufgabe und bedarf einer engen Verzahnung von städtebaulicher Entwicklung, Siedlungsentwässerung sowie Straßen- und Freiraumgestaltung (DWA, 2013). In diesem Kontext ist die Raum- und Stadtplanung als Querschnittsdisziplin ein zentraler Akteur auf kommunaler Ebene und nimmt eine Schlüsselrolle für ein aktives Risiko- und Vorsorgemanagement gegenüber Starkregen ein. Die Minderung des Überflutungsrisikos sollte bereits bei städtebaulichen wie auch verkehrstechnischen Konzeptionen einen angemessenen Stellenwert erhalten und in nachfolgenden Planwerken fest verankert werden. Hier ist den Aspekten der Überflutungsvorsorge wie auch der generellen Anpassung an die Folgen des Klimawandels stärker und frühzeitiger Rechnung zu tragen, als dies bislang meist der Fall ist. Das Leitbild einer "wassersensiblen und klimagerechten Stadtentwicklung" sollte als wichtiges Planungskriterium erkannt und etabliert werden (DWA, 2013; DIfU, 2018).

Die vorbereitende und die verbindliche Bauleitplanung sind die wichtigsten Planungsinstrumente zur Lenkung und Ordnung der städtebaulichen Entwicklung einer Kommune. Nur durch die frühzeitige Integration der Belange der Überflutungsvorsorge lassen sich Straßen und Grundstücke gefähigungsarm anlegen, gefähigungsmindernde Retentionsräume einplanen oder überflu-

tungsgefährdete Bereiche gänzlich von Bebauung freihalten. Das Baugesetzbuch bietet hierzu einen hinreichenden gestaltungsspielraum (Illgen, et al, 2018). Das Auftreten urbaner Sturzfluten und ihrer Auswirkungen sollte wie heute bereits bei Themen wie Naturschutz, Lärmschutz oder Barrierefreiheit bei der Aufstellung von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen geprüft und berücksichtigt werden. Bei unzureichender Würdigung der Überflutungsvorsorge sind wirkungsvolle und kosteneffiziente Schutzmaßnahmen im Nachhinein oft nicht mehr möglich oder nur mit äußerst hohem Aufwand realisierbar.

Die Belange des Überflutungsschutzes müssen immer mit einer Vielzahl städtebaulicher, verkehrstechnischer, umweltspezifischer oder wirtschaftlicher Aspekte im Zuge eines integral ausgerichteten Planungsprozesses abgewogen werden. Oftmals bedeuten Regenwassermanagement und Überflutungsvorsorge einen gewissen "Flächenverlust", der sowohl von Planern als auch von der Kommunalpolitik nur ungern eingeräumt wird, zumal der damit erzielte Überflutungsschutz nicht unmittelbar wahrnehmbar ist. Andererseits lassen sich oftmals Synergien und Mehrwerte erzielen, insbesondere im Hinblick auf das Kleinklima, die Luftqualität oder die Aufenthaltsqualität von Freiflächen (DWA, 2013).

Bei der wassersensiblen Stadtgestaltung kommt insbesondere der Straßenplanung eine gewichtige Rolle zu. Straßen bilden innerhalb des Siedlungsgebietes bei Starkregen die Hauptabflusspfade des Oberflächenwassers. Daher gilt es, die Bedeutung des Straßenraumes als oberflächiges Ableitungselement sowie als temporären Speicherraum zu erkennen und bedarfsgerecht als Maßnahme der Überflutungsvorsorge zu nutzen (Abb. 5).



Abb. 5: Beispiele einer wassersensiblen Straßengestaltung (Restra, 2015; Landezine, 2018)

Entlang von oberflächigen Hauptfließwegen sollte bspw. einer Querschnittsprofilierung mit Hochborden oder angerampten Gehwegen der Vorrang vor einem vollkommen barrierefreien Straßenausbau eingeräumt werden. Die Entwässerung des Straßenkörpers ist generell auf die örtlichen Verhältnisse abzustimmen (Bebauung, Oberfläche, Kanalnetz, Überflutungsrisiko). Nach Möglichkeit sollten grüne Elemente, die der Retention wie auch einem verbesserten Lokalklima dienen, integriert werden.

Zur Fassung und gezielten unterirdischen Ableitung von Oberflächen aus Außengebieten sollten die Einlaufbauwerke angemessen groß dimensioniert und mit dreidimensionalen Rechen ausgestattet sein. Dies betrifft vor allem die Fassung von Zuflüssen aus Außengebieten am Siedlungsrand (Abb. 6).



Abb. 6: Starkregengerechte Gestaltung von Einlaufbauwerken mit Raumrechen (DWA, 2013)

Detaillierte Hinweise zu den vielfältigen Maßnahmenmöglichkeiten in Außengebieten können der Fachliteratur entnommen werden (z.B. DWA, 2013; LUBW, 2016). Sie sind im Dialog mit der Land- und Forstwirtschaft zu entwickeln. Genannt seien an dieser Stelle insbesondere entsprechend gestaltete Abfanggräben, Verwallungen, Kleinrückhalte und Flutmulden. Zudem können abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen in der Fläche ergriffen werden. Hierzu zählt auch eine retentionsorientierte Gestaltung und Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen beispielsweise durch Ackerrandstreifen, Querbewirtschaftung, Grünlandbewirtschaftung, alternative Aussaatverfahren usw.

Vorsorgemaßnahmen auf oder entlang land- und forstwirtschaftlichen Flächen setzen eine intensive Kommunikation, Aufklärung und Abstimmung mit den betreffenden Land- und Forstwirten voraus, da mit ihnen Mehraufwand oder Ertragsausfälle verbunden sein können und ihre Akzeptanz mitunter gering ist. Gleichwohl sind z.B. Landwirte rechtlich verpflichtet, Abschwemmungen zu vermeiden und bei Starkregen abgetragenes Schwemmmaterial zu beseitigen (BBodSchV, 1999/2017; WHG, 2009/2018).

Bei der Überflutungsvorsorge und insbesondere zur Schadensbegrenzung bei sehr seltenen und außergewöhnlichen Starkregen besteht grundsätzlich die Option, unvermeidbares Oberflächenwasser gezielt in ausgewählte Bereiche mit geringerem Schadenspotenzial zu leiten und die dort entstehenden Schäden anstelle noch größerer Schäden in anderen Bereichen bewusst in Kauf zu nehmen (Abb. 7).

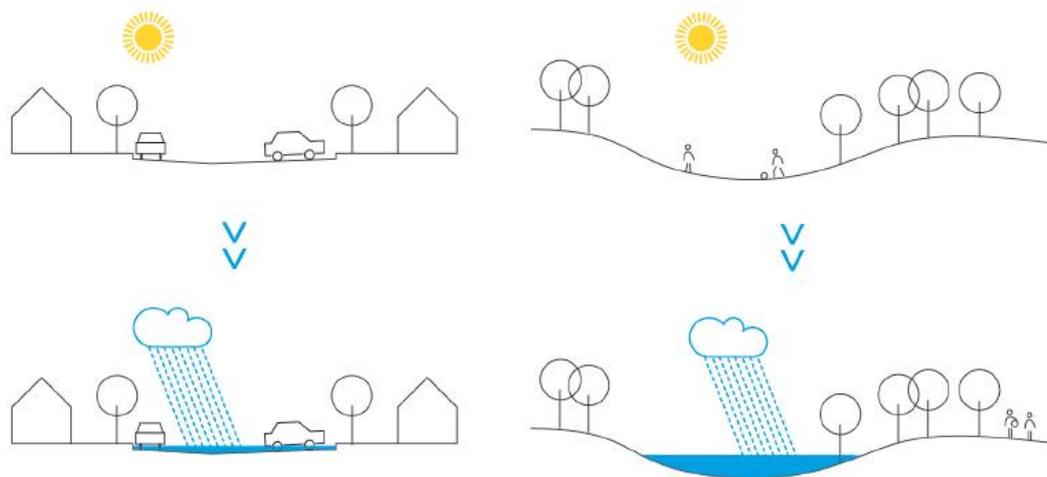


**Abb. 7: Öffentliche Grünfläche als multifunktionaler Retentionsraum für Starkregen**

Solche multifunktionalen urbanen Retentionsflächen erfüllen als überwiegend öffentliche Räume die meiste Zeit ihren Hauptzweck als Verkehrsflächen (Straßen, Parkplätze) oder dienen als Aufenthaltsort und Erholungsflächen für die Bevölkerung (z. B. als Grünflächen, Sport-, Spiel- oder Stadtplätze). Im Fall eines seltenen oder außergewöhnlichen Starkregens übernehmen Sie kurzzeitig die zusätzliche Funktion als Notretentionsraum (Abb. 8).

Grundsätzlich können sich hierzu öffentliche Grünflächen, befestigte öffentliche Plätze ohne Bebauung, großflächige öffentliche Sportanlagen, Parkplätze, Teichanlagen, Brachflächen oder unbebaute Flächen eignen. Ein großer Vorteil einer solchen multifunktionalen Flächennutzung besteht in der sehr hohen

Kosteneffizienz. Im Vergleich zu alternativen Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge ist die angepasste Gestaltung von Frei- und Grünflächen oftmals mit relativ geringen Kosten verbunden (Illgen et. al., 2018).



**Abb. 8:** Prinzip einer multifunktionalen urbanen Retentionsfläche zur Überflutungsvorsorge

Wie auch bei der starkregenangepassten Gestaltung des Straßenraumes wird eine bestehende Starkregenproblematik meist nicht den alleinigen Anstoß geben, eine Fläche bzw. ein bestimmtes Areal baulich umzugestalten. Ohnehin anstehende Umgestaltungen und Neuplanungen öffentlicher Räume (Grünanlagen, Plätzen, Straßen etc.) bieten dagegen ideale Gelegenheitsfenster, die Starkregenvorsorge peu a peu und wirtschaftlich effizient in der öffentlichen Infrastruktur baulich umzusetzen. Diese Gelegenheitsfenster sollten daher konsequent genutzt werden. Die Starkregenvorsorge läuft dabei "Huckepack" mit der normalen bzw. konventionellen infrastrukturellen Planung.

Dies erfordert eine enge und kooperative Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Verwaltungsreferaten, insbesondere zwischen Stadtplanung, Tiefbau, Stadtentwässerung und Grünflächen. In der kommunalen Verwaltung sollten Planungsabläufe ggf. so verändert werden, dass die Notwendigkeit sowie die Möglichkeiten zur weitergehenden Überflutungsvorsorge von Projektbeginn an geprüft und bedarfsgerecht umgesetzt werden (DIfU, 2018).

Multifunktionale urbane Retentionsflächen dienen der verbesserten Bewältigung extremer Niederschläge, indem sie schadensträchtiges Oberflächenwasser bei Regenereignissen, die deutlich oberhalb des Bemessungsniveaus öffentlicher Entwässerungssysteme liegen, gezielt aufnehmen und somit Überflutungsschäden an anderer Stelle mindern oder gar vermeiden (Abb. 8). Dabei

wird bewusst in Kauf genommen, dass die, meist nicht-wasserwirtschaftliche, Hauptnutzung der Fläche in (sehr) seltenen Fällen vorübergehend eingeschränkt oder gar nicht möglich ist und der betroffene Bereich nach dem Ereignis ggf. gereinigt oder instandgesetzt werden muss.

Diesen Nutzungseinschränkungen wird jedoch der Vorzug gegenüber wesentlich umfangreicheren Sachschäden, höheren Personenrisiken und/oder einer diffusen Schmutz- bzw. Schadstoffverteilung in der Umwelt eingeräumt, wie sie sich ohne diese gezielte und kontrollierte (Not-)Retention an anderer Stelle ergeben würden. Eine multifunktionale Flächennutzung bietet u. a. folgende Vorteile:

- Verbesserung des Überflutungsschutzes bei minimalem Flächenverbrauch
- Mehrfachnutzung vorhandener bzw. ohnehin geplanter Infrastruktur
- Auflösung von Flächenkonkurrenzen durch Kombination von Nutzungsansprüchen
- geringe bzw. minimale Kosten (Wirtschaftlichkeit) und Bündelung finanzieller Ressourcen
- Eröffnung zusätzlicher Fördermöglichkeiten und Finanzierungsspielräume
- leichte Berücksichtigung bei Neuplanungen und Grundsanierungen
- Verknüpfbarkeit mit Maßnahmen des allgemeinen Regenwassermanagements
- hohes Synergiepotenzial mit anderen Maßnahmen der Klimafolgenanpassung (z. B. zur Hitzeminderung oder Verbesserung der Luftqualität)
- hohes Potenzial zur Flächenaufwertung (z.B. gestalterisch oder ökologisch)

#### **2.4.2 Grundstücks- und gebäudebezogene Vorsorgemaßnahmen**

Bei besonders starken Niederschlägen ist immer mit einem sehr hohen Aufkommen an Oberflächenwasser im Siedlungsgebiet zu rechnen – unabhängig davon, ob weiter gehende infrastrukturbezogene Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge umgesetzt wurden oder nicht. Überflutungsschutzmaßnahmen von kommunaler Seite können nur einen begrenzten Schutz bieten. Ergänzend

dazu ist es daher erforderlich, dass die Grundstückseigentümer eigenverantwortlich Objektschutz betreiben, um ihre Gebäude wirksam zu schützen und einen Beitrag zum Überflutungsschutz leisten. Objektschutzmaßnahmen stellen einen elementaren Bestandteil einer ganzheitlichen Überflutungsvorsorge dar (DWA, 2013).

Auch auf Grundstücksebene bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur Überflutungsvorsorge. Neben einem richtigen Verhalten im Falle eines Starkregens spielt der technisch-konstruktive Überflutungsschutz eine wichtige Rolle, vor allem in Bestandsgebieten. Dies umfasst alle konstruktiven oder technischen Schutzmaßnahmen vor Überflutungsschäden direkt an gefährdeten Gebäuden und Anlagen sowie in deren unmittelbarem Umfeld. Beispielhaft genannte seien an dieser Stelle Rückstausicherungen in der Gebäudeentwässerung, konstruktive Erhöhungen von Eingängen oder Lichtschächten, wasser- und druckdichte Fenster und Türen sowie selbsttätig schließende Klappschotte oder Schutz Tore (Abb. 9). Diese Elemente fungieren meist als letzte Barriere gegenüber zufließendem Wasser und sind im Hinblick auf den wirksamen Überflutungsschutz des Grundstücks von entsprechend herausragender Bedeutung.

Insbesondere bei bereits bestehender Bebauung sind Objektschutzmaßnahmen oftmals wesentlich wirtschaftlicher als großräumiger angelegte Überflutungsschutzmaßnahmen durch die öffentliche Hand. Sie lassen sich in aller Regel auch zügiger umsetzen und bieten somit schneller einen zielgerichteten Überflutungsschutz.



Abb. 9: Beispiele technisch-konstruktiver Objektschutzmaßnahmen (DWA, 2013)

Ob sich die entsprechenden Investitionen rentieren, muss vom Grundstückseigentümer mit Blick auf die möglichen Schäden und das erreichte Schutzniveau selbst bewertet werden. Bei Industrieunternehmen und Gewerbebetrieben ist

die Betroffenheit bzw. das Überflutungsrisiko meist größer. Schutzmaßnahmen sind hier besonders lohnend.

## **2.5 Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit**

Die Kommunikation von Überflutungsrisiken mit einer zielgerichteten Öffentlichkeitsarbeit stellt einen wesentlichen Baustein des Starkregenisikomanagements dar, der ebenfalls der kommunalen Zuständigkeit zuzuordnen ist. Sie muss darauf abzielen,

- Risikobewusstsein sowohl bei den Bürgern als auch bei kommunalen Fachplanungen und politischen Entscheidungsträgern zu wecken,
- über lokale Gefährdungssituationen und bestehende Überflutungsrisiken zu informieren,
- auf die Notwendigkeit zur privaten Überflutungsvorsorge hinzuweisen,
- Wege und Maßnahmen zum objektbezogenen Überflutungsschutz aufzuzeigen und
- Bereitschaft zum Ergreifen kommunaler wie privater Vorsorgemaßnahmen zu erzeugen.

Dies setzt voraus, dass die relevanten Informationen die Betroffenen erreichen, technische Sachverhalte anschaulich und verständlich vermittelt werden und die gegebenen Informationen fachlich korrekt und vollständig sind. Dies gilt insbesondere für Starkregengefahrenkarten und erfordert einen Dialog mit dem Bürger und Gewerbetreibenden.

In diesem Zusammenhang stellt sich meist die Frage, inwieweit erarbeitete Starkregengefahrenkarten der Bevölkerung zugänglich gemacht werden sollen bzw. müssen oder dürfen. Hier besteht noch eine ausgeprägte Rechtsunsicherheit, da nach dem Umweltinformationsgesetz (2004/2018) einerseits eine gewisse Veröffentlichungspflicht besteht, andererseits der Datenschutz heute ebenfalls hohe Anforderungen stellt. Diese und weitere Aspekte sind von der Kommunalverwaltung abzuwägen.

Als Entscheidungshilfe sind in nachstehender Tabelle einige Pro- und Contra-Argumente bzgl. einer Veröffentlichung (z.B. im Internet) und somit einer Zugänglichkeit für jedermann aufgeführt. Es sei aber auch darauf hingewiesen, dass es zahlreiche Wege gibt, Gefahren- und Risikoinformationen dem Bürger

sowie den kommunalen Akteuren zugänglich zu machen (z.B. zielgruppenorientiertes Stufenkonzept; vgl. DWA, 2016).

**Tab. 1: Vor- und Nachteile der Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten**

Pro	Contra
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betroffene können sich leicht und selbständig über die Gefahrenlage informieren</li> <li>• Betroffene werden in die Lage versetzt, die Notwendigkeit der Eigenvorsorge zu erkennen und diese zu leisten</li> <li>• es wird eine gleichermaßen transparente Risikoinformation geleistet wie bei den Hochwassergefahrenkarten (im WHG gefordert) oder anderen Umweltinformationen (Geoportale)</li> <li>• die rechtliche Position der Kommune im Hinblick auf Regressansprüche bei Überflutungsschäden wird gestärkt</li> <li>• die Kommune kommt den Pflichten des Umweltinformationsgesetzes nach</li> <li>• die Starkregenthematik rückt in die öffentliche Diskussion und erhält Aufmerksamkeit</li> <li>• Bürger können erkennen, dass es vielfältige und unterschiedlich gravierende Problembereiche gibt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahr der Verletzung von Persönlichkeitsrechten oder Datenschutzerfordernungen</li> <li>• Gefahr der Entwertung von Grundstücken und Immobilien sowie der Erhöhung von Versicherungsprämien</li> <li>• Sorge vor möglichen Haftungsansprüchen an die Kommune (Entwertung)</li> <li>• es werden Probleme offenbart, zu denen die Kommune mitunter keine Lösung anbieten kann</li> <li>• Gefahr der Fehlinterpretation durch Laien</li> <li>• Ungenauigkeit der Karten</li> </ul>

### 3 GEFÄHRDUNGS- UND RISIKOANALYSEN

Das Überflutungsrisiko setzt sich generell aus zwei Komponenten zusammen: der Komponente der Überflutungsgefährdung einerseits und der Komponente der Vulnerabilität andererseits, die als Schadenspotenzial beziffert werden kann. Mögliche Überflutungen in unkritischen Bereichen sind anders zu bewerten als Überflutungen in Siedlungsbereichen, wo hohe monetäre Schäden oder gar Gefahren für Leib und Leben zu befürchten sind. Die Einschätzung des örtlichen Überflutungsrisikos erfolgt daher grundsätzlich in drei Schritten, die nacheinander zu bearbeiten sind: (1) die Ermittlung der Überflutungsgefährdung, (2) die Abschätzung der möglichen Schäden und (3) die Ermittlung und Bewertung des Überflutungsrisikos als Zusammentreffen von Gefährdung und Schadenspotenzial.

Zur Bewertung des örtlichen – und letztlich maßgebenden – Überflutungsrisikos ist es erforderlich, die Überflutungsgefährdung mit den zugehörigen Schadenspotenzialen zu überlagern. Hierzu empfiehlt es sich, die örtliche Gefährdung, das zugehörige Schadenspotenzial und das Überflutungsrisiko in Klassen einzuteilen und bereichsweise einzelnen Gebäuden, Grundstücken oder Stadtteilen zuzuordnen. Die Bewertung des (monetären) Schadenspotenzials ist v.a. dann wichtig, wenn für etwaige Vorsorgemaßnahmen der konkrete (monetäre) Nutzen bewertet werden soll. Dabei ist die Quantifizierung des Schadenspotenzials oftmals schwierig, insbesondere dann, wenn nicht-monetäre Schäden berücksichtigt werden sollen. Monetäre Schadensfunktionen, wie sie heute zur Abschätzung der Auswirkungen von Gewässerüberflutungen bereits herangezogen werden, sind für Sturzfluten derzeit mit sehr großen Ungenauigkeiten behaftet und können bislang nicht empfohlen werden.

Im Zuge des Starkregenrisikomanagements muss von den kommunalen Akteuren entschieden werden, welche lokalen Überflutungsrisiken innerhalb der Kommune hingenommen werden und in welchen Bereichen des Siedlungsgebietes Maßnahmen zur Risikominderung bzw. Überflutungsvorsorge ergriffen werden sollen. Hierzu ist ein möglichst klarer Überblick über die bestehenden, räumlich variierenden Überflutungsgefahren und Schadensempfindlichkeiten unerlässlich. Beide Risikoaspekte lassen sich in Karten darstellen (Starkregengefahrenkarten, Schadenspotenzialkarten, Risikokarten).

### 3.1 Analyse der Überflutungsgefährdung

Für die Analyse der Überflutungsgefährdung stehen unterschiedlich detaillierte und unterschiedlich aufwändige methodische Ansätze zur Verfügung (DWA, 2016; DWA, 2013). Neben der im Rahmen der konventionellen Entwässerungsplanung etablierten hydraulischen Analyse der Überstauhäufigkeiten und -mengen aus dem Kanalnetz können vereinfachend rein topografisch basierte (und damit niederschlagsunabhängige) Untersuchungen der oberflächigen Fließwege und Senken auf Basis eines digitalen Geländemodells erfolgen. Detailliertere Analysen betrachten in Abhängigkeit von der Niederschlagsbelastung die statische Ausbreitung von Überstauvolumina aus dem Kanalnetz auf der Oberfläche oder modellieren weitergehend das dynamische Abflussverhalten auf der Oberfläche als reine Oberflächenabflussmodellierung (2D-Verfahren) bzw. als gekoppelte Modellierung von Kanal- und Oberflächenabfluss (1D-2D-Verfahren). Die wichtigsten Verfahren werden nachfolgend kurz beschrieben.

#### 3.1.1 Topografische Gefährdungsanalyse

Die topografische Gefährdungsanalyse baut auf digitalen Geländemodellen auf, die mit entsprechenden Werkzeugen in einem geografischen Informationssystem (GIS) aufbereitet und ausgewertet werden. Diese Geländemodelle sind heute vielerorts verfügbar oder können zu vergleichsweise geringen Kosten erstellt werden (z.B. auf Basis einer Laserscanbefliegung). Teilweise sind die Auflösungen gering (z.B. ein Höhenpunkt für 10 m x 10 m). Vielfach sind jedoch Auflösungen in der Größenordnung von 2 m x 2 m oder feiner verfügbar, die als hinreichend genau angesehen werden können.

Zu beachten ist jedoch, dass rein topografische Analysen ebenso wie detailliertere hydraulische Analysen eine sorgfältige Aufbereitung des DGM erfordern (Pre-Processing). Hierbei sind fehlende oder falsche Informationen im DGM, die von Relevanz für das oberflächige Abflussgeschehen sind, in das DGM einzuarbeiten. Die betrifft zum Beispiel Brücken, Unterführungen, Durchlässe, Gräben und Gewässer.

Anhand der Höhendaten erfolgt eine rein topografische Analyse des Betrachtungsgebietes. Mit der GIS-Anwendung können insbesondere Fließwege und Geländesenken lokalisiert und in entsprechenden Karten visualisiert werden. Abb. 10 zeigt ein Beispiel aus der Pilotuntersuchung für Eppelborn.

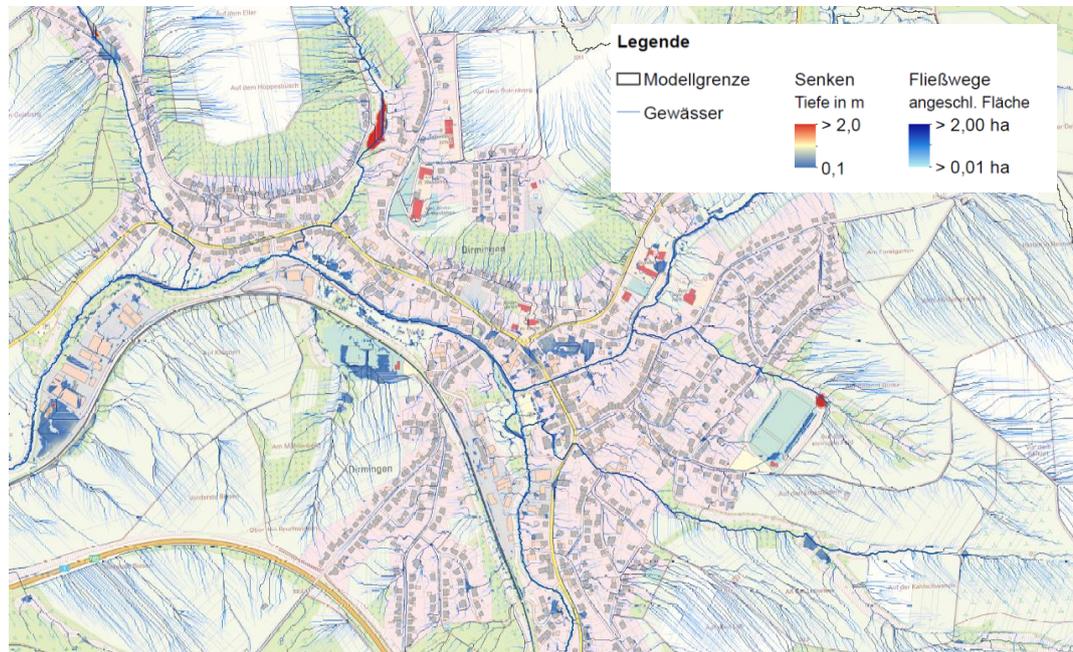


Abb. 10: Beispiel einer Fließwegekarte aus einer rein topografischen GIS-Analyse

### 3.1.2 Vereinfachte Überflutungsberechnung

Aufbauend auf der topografischen Analyse können für Geländesenken in einem zusätzlichen Arbeitsschritt Wasserstände für beliebige Niederschlagszenarien GIS-gestützt ermittelt und visualisiert werden.

Das Oberflächenabflussvolumen kann in Verbindung mit einzugsgebietspezifischen Abflussbeiwerten aus der Einzugsgebietsfläche und der Niederschlagshöhe der gewählten Niederschlagsbelastung bestimmt werden. Für dieses Oberflächenabflussvolumen wird die statische Füllung der einzelnen Geländesenken näherungsweise ermittelt, indem die Geländeoberfläche vom Tiefpunkt her mit dem rechnerischen Abflussvolumen aufgefüllt wird (statische Volumenbetrachtung). Als Ergebnis resultiert für die gewählte Niederschlagsbelastung eine Lageplandarstellung von Überflutungsbereichen, die sich nach ihrer flächigen Ausdehnung und/oder der abgeschätzten Wassertiefen sowie der damit verbunden Überflutungsgefährdung bewerten lassen (Abb. 11). Die Ergebnisse dieser Überflutungsberechnung sind hinsichtlich der Ausdehnung der Überflutungsbereiche als sehr grobe Näherung zu verstehen.



Abb. 11: Ergebnisbeispiel einer topografischen Analyse mit statischer Volumenbetrachtung (Fließwege, Wassertiefen in Geländesenken)

Ebenso kann das rechnerische Austrittsvolumen aus dem Kanalnetz als Belastungsgröße angesetzt werden, sofern eine hydrodynamische Kanalnetzbe-  
rechnung für ein entsprechendes Regenereignis vorliegt. Die Austrittsvolu-  
mina werden hierbei zu einem Oberflächenabflussvolumen zusammengefasst.  
Der letztgenannte Ansatz bietet den Vorteil, dass bei der Überflutungsbetrach-  
tung die hydraulische Leistungsfähigkeit und der Überlastungszustand des  
Kanalnetzes mit berücksichtigt werden. Dies ist ansonsten bei der Abschät-  
zung des Oberflächenabflussvolumens nur stark vereinfacht durch eine pau-  
schale Abminderung der Regenbelastung in der Größenordnung der hydraulischen  
Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes (z. B. 15-30 mm) möglich.

Die topografischen Gegebenheiten werden über die räumliche Ausprägung der  
Geländesenken und die Abgrenzung der Einzugsgebiete berücksichtigt. Eine  
explizite Berücksichtigung der oberflächigen Fließvorgänge erfolgt bei dieser  
vereinfachten Methodik jedoch nicht. Dies betrifft auch die Weitergabe über-  
schüssiger Abflussvolumina an angrenzende Gebiete, wenn eine Senke voll-  
ständig gefüllt ist und eigentlich überläuft. Aussagen zu Wasserständen ent-  
lang der Fließpfade sind ebenfalls nicht unmittelbar möglich. Der Vorteil der  
Methode liegt darin, dass sie mit relativ wenig Aufwand und ohne Einsatz eines

hydraulischen Strömungsmodells allein mithilfe von GIS-Werkzeugen vollzogen werden kann.

### 3.1.3 2D-Überflutungssimulationen

Neben den Analysewerkzeugen geografischer Informationssysteme sind heute auch hydraulische Simulationsprogramme verfügbar, mit denen die Abflussvorgänge auf der Oberfläche berechnet werden können. Dabei ist es möglich, diese Modelle mit hydraulischen Kanalnetz- oder Gewässermodellen zu koppeln.

Eine Berechnung der Abflussvorgänge auf der Oberfläche erfordert ebenfalls detaillierte Informationen zur Topografie, die für das Berechnungsmodell in einem zweidimensionalen Oberflächengitter nachgebildet wird. Hierzu ist wiederum ein möglichst hoch aufgelöstes Höhenmodell (digitales Geländemodell) erforderlich.

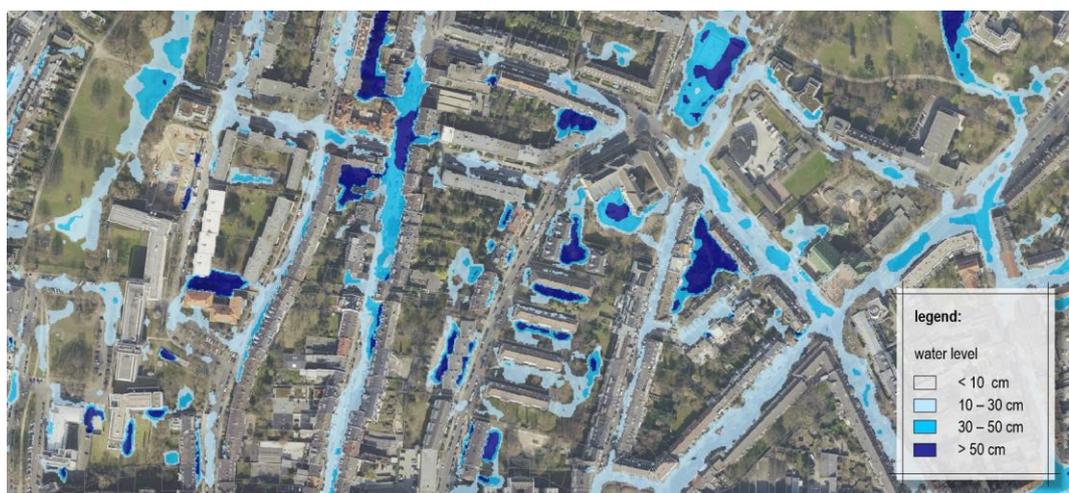
Reine 2D-Modelle zur Oberflächenabflusssimulation beschreiben ausschließlich die Abflussvorgänge auf der Geländeoberfläche. In urbanen Gebieten findet zwar üblicherweise ein Abfluss auf der Oberfläche und im Kanalnetz statt. Mit zunehmender Wiederkehrzeit der betrachteten Regenereignisse nimmt der Einfluss des Kanalabflusses auf die Überflutungsvorgänge jedoch ab. Entsprechend kann der Abfluss im Kanalnetz bei der Betrachtung großer Wiederkehrzeiten vereinfacht berücksichtigt werden. Dies kann zum Beispiel durch eine anteilige Reduzierung der Niederschlagshöhe oder -intensität erfolgen.

2D-Oberflächenabflussmodelle basieren auf der zweidimensionalen Darstellung der Navier-Stokes-Gleichungen (Flachwassergleichungen). Einige Modelle verwenden auch mehr oder minder stark vereinfachte hydraulische Berechnungsgleichungen. Simulationsmodelle, die das vollständige Gleichungssystem der zweidimensionalen Flachwassergleichungen verwenden, liefern prinzipiell genauere Berechnungsergebnisse als vereinfachte Modelle, bei denen einzelne Terme des oben genannten Gleichungssystems vereinfacht bzw. vernachlässigt werden (z.B. Trägheit, Beschleunigung, Druckgradient). Dennoch können auch instationäre Strömungsmodelle mit angemessenen Vereinfachungen des oben genannten hydrodynamischen Berechnungsansatzes hinreichend genaue Berechnungsergebnisse liefern. Ihr Vorteil liegt im Allgemeinen in einem geringeren Aufwand für die Modellerstellung sowie in kürzeren Simulationszeiten.

Im Unterschied zu den voranstehend beschriebenen topografischen Verfahren und vereinfachten Überflutungsberechnungen erhält man bei der Verwendung von 2D-Modellen zur Oberflächenabflusssimulation als Berechnungsergebnis Fließwege mit Wassertiefen sowie Fließgeschwindigkeiten. Damit lassen sich die Tiefe und die Ausdehnung von Überflutungsbereichen vollständig darstellen.

Diese Abflussinformationen sind entsprechend der Auflösung des verwendeten Höhenmodells und sonstiger getroffener Annahmen als gute Näherung zu betrachten und liefern ein deutliches Bild der Strömungsverhältnisse. Zudem werden das etwaige Überlaufen von Senken aufgrund erhöhter Zuflüsse aus ihrem direkten Einzugsgebiet und die nachfolgende Aktivierung weiterer Fließwege und Senken hier hydraulisch zutreffend berechnet. Darüber hinaus können im Gebiet vorhandene Gewässer problemgerecht in die Berechnung einbezogen werden. Ein Beispiel zur Ergebnisdarstellung einer 2D-Oberflächenabflusssimulation für ein städtisches Gebiet zeigt Abb. 12.

Anstelle einer Berechnung des Gebietes und der Berechnung des Effektivniederschlages können auch die Ergebnisse einer hydrodynamischen Kanalnetz-berechnung als Belastungswerte für die 2D-Oberflächenabflussberechnung verwendet werden (Offline-Kopplung).



**Abb. 12:** Beispiel einer Überflutungskarte auf Basis einer 2D-Oberflächenabflussberechnung

Bei der Modellerstellung empfiehlt es sich, Gebäude als nicht durchströmbare Abflusshindernisse im Geländemodell zu definieren. Ein besonderes Augenmerk ist auf die sachgerechte Erfassung der Höhensituation entlang der neuralgischen Fließwege zu legen. In Bereichen von Brücken und Unterführungen,

wie auch in vielen anderen Bereichen, ist je nach Güte des verwendeten Höhenmodells meist eine manuelle Nachbearbeitung und Korrektur der Höhen-  
daten erforderlich. Die Aufbereitung des Geländemodells für die Überflutungs-  
simulation ist generell der aufwändigste Arbeitsschritt und spielt mit Blick auf  
die Qualität der Berechnungsergebnisse eine große Rolle. Sie sollte sorgfältig  
und gründlich durchgeführt werden (inkl. Ortsbegehungen). Die gilt auch für  
die vorgenannten rein GIS-basierten Methoden.

### 3.1.4 Gekoppelte 1D/2D-Abflusssimulationen

Wird das 2D-Oberflächenabflussmodell mit einem hydraulischen Kanalab-  
flussmodell (1D) gekoppelt, lassen sich noch genauere Berechnungsergeb-  
nisse erzielen. Dies gilt insbesondere für Regenereignisse, bei denen das Ka-  
nalnetz einen hohen Abflussanteil hat. Dies ist bei z. B. bei Wiederkehrzeiten  
von 10-30 a der Fall.

Bei der gekoppelten 1D-/2D-Simulation erfolgt eine gemeinsame 1D-Berech-  
nung der Abflussvorgänge im Kanalnetz und der 2D-Abflusssituation auf der  
Oberfläche (dual drainage). Dies ermöglicht den modellinternen, bi-direkti-  
onalen Austausch von Wasservolumen zwischen Oberfläche und Kanalnetz. Die  
Koppelung der beiden Simulationsmodelle erfolgt an den Schächten und/oder  
Straßeneinläufen als Austauschpunkte zwischen Kanalnetz und Oberfläche.  
Dazu müssen diese lokalisiert, ihre hydraulischen Eigenschaften definiert und  
in beiden Modellen berücksichtigt werden. Vereinfacht kann der Wasseraus-  
tausch z. B. auch über die Haltungslänge verteilt angesetzt werden.

Die beiden Simulationsmodelle laufen simultan, d. h. sobald Wasser bei Über-  
stau aus dem Kanalnetz austritt, wird seine Ausbreitung auf der Oberfläche  
direkt durch das 2D-Oberflächenmodell berechnet. Sind im Bereich der Ober-  
flächenüberflutung Schächte und/oder Straßeneinläufe mit Wasserständen  
unterhalb der Geländehöhe vorhanden, kann das Wasser wieder in das Kanal-  
netz eintreten. Die Methode ist bei der Wahl kleiner Oberflächenelemente, d.  
h. hoher räumlicher Auflösung des Berechnungsgitters, sehr rechenintensiv.

Darüber hinaus bieten einige gekoppelte Modelle die Möglichkeit, auch die  
Prozesse der Abflussbildung auf Grundlage der 2D-Oberflächenabflussmo-  
delle detailliert nachzubilden (z.B. direkte Beregnung nicht befestigter Freiflä-  
chen oder befestigter Grundstücks- und Straßenflächen). Die ist v.a. bei der  
Betrachtung sehr seltener Starkregen empfehlenswert, bei denen die Anlagen

der Grundstücksentwässerung meist stark überlastet sind. Diese sind bei allen Modellen in der Regel nicht enthalten. Die Abflüsse von Dachflächen können dagegen unmittelbar der Kanalisation zugeordnet werden. Beispielhaft zeigt Abb. 13 eine Ergebnisdarstellung mit Wasserständen aus einer gekoppelten 1D/2D-Abflusssimulation.



Abb. 13: Beispiel einer Überflutungskarte auf Basis einer 1D/2D-Abflusssimulation

### 3.1.5 Gegenüberstellung der Methoden

Bei der Erstellung von Starkregengefahrenkarten stehen Kommunen vor der Frage, mit welcher Methodik bzw. wie detailliert die Betrachtung durchgeführt werden soll. Um hier eine gewisse Entscheidungshilfe zu bieten, sind die wesentlichen Merkmale (Vor- und Nachteile), bevorzugte Einsatzbereiche und der Kostenrahmen der verschiedenen Methoden in nachstehender Tabelle kompakt benannt. Bei der Gegenüberstellung wird davon ausgegangen, dass alle Methoden mit einem DGM vergleichbarer Qualität (Auflösung, Preprocessing, Ortsbegehungen etc.) vollzogen werden.

Es sei zudem angemerkt, dass die angegebenen Kosten nur eine äußerst grobe Orientierung bieten können. Die Kosten hängen stets von zahlreichen Faktoren ab (Gebietsgröße, Bearbeitungsaufwand Pre-Processing, Umfang Dokumentation und Besprechungen, Wettbewerb usw.!) Hier wird von einer Gebietsgröße von mind. 25 km<sup>2</sup> ausgegangen.

**Tab. 2: Gegenüberstellung der Methoden zur Analyse der Starkregengefährdung**

Methodik	Merkmale	besonders geeignet	Kostenrahmen
rein topografische Analyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veranschaulichung Abflusspfade</li> <li>• keine Fließtiefen/-geschwindigkeiten</li> <li>• mäßige Aussagekraft</li> <li>• erfordert nur GIS-Knowhow</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenn sehr grobe Analyse ausreicht (erster Eindruck)</li> <li>• bei bewegter Topografie, kleinen Gebieten und großem Grünlandanteil</li> <li>• wenn die Kosten minimal sein sollen</li> </ul>	ca. 100-300 €/km <sup>2</sup>
topografische Analyse mit vereinfachter Überflutungsberechnung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fließwegebild und ereignisbezogene Wasserstände in Geländesenken</li> <li>• keine Fließtiefen/-geschwindigkeiten</li> <li>• mäßige Aussagekraft</li> <li>• erfordert Knowhow im Bereich GIS / Stadthydrologie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenn grobe Analyse ausreicht</li> <li>• bei ausgeprägten Senkenlagen und flachem Gelände</li> <li>• wenn die Kosten gering sein sollen</li> </ul>	ca. 200-500 €/km <sup>2</sup>
2D-Überflutungssimulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• realitätsnahes Bild der Abfluss- und Überflutungssituation</li> <li>• ereignisbezogene Fließtiefen und -geschwindigkeiten</li> <li>• hohe Aussagekraft</li> <li>• erfordert spezielles Knowhow</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• für umfassende Analyse in breitem Regenspektrum (v.a. T &gt; 20 a)</li> <li>• wenn anschauliche Karten gewünscht sind</li> <li>• wenn die Wirkung von Maßnahmen beurteilt werden soll</li> </ul>	ca. 500-1.500 €/km <sup>2</sup>
gekoppelte 1D/2D-Abflusssimulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wie vor</li> <li>• Berücksichtigung Kanal/Gewässer</li> <li>• hohe Aussagekraft auch bei vglw. häufigen Starkregen</li> <li>• erfordert spezielles Knowhow</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wie vor</li> <li>• wenn Fokus auch auf 10-30-jährlichen Regen liegt</li> <li>• wenn Kanalnetzbeurteilung ohnehin ansteht (GEP)</li> </ul>	ca. 700-2.000 €/km <sup>2</sup>

### 3.1.6 Starkregenhydrologie

Die vorgenannten Berechnungsmethoden unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich der Oberflächenhydraulik, die entweder gar nicht, nur vereinfacht oder sehr detailliert modelltechnisch abgebildet wird. Hierbei spielt auch die räumliche Auflösung des zugrunde gelegten digitalen Geländemodells eine Rolle. Insbesondere sollten die Festlegung von Oberflächenrauheiten mit einem hohen Maß an Sorgfalt und möglichst flächendifferenziert erfolgen. Eine grundsätzliche Problematik bei der Abflussberechnung infolge von Starkregenereignissen stellen jedoch die vorweglaufenden Prozessphasen der Belastungsbildung und der Abflussbildung dar.

Starkregenereignisse sind i.d.R. konvektive Niederschläge, die sich durch ausgesprochen kleinräumige Regen- und Gewitterzellen mit flächigen Ausdehnungen von nur wenigen Kilometern auszeichnen. Bei der Berechnung größerer Gebiete ( $> \text{ca. } 5 \text{ km}^2$ ) weicht der Ansatz einer gleichmäßigen Überregnung mit zunehmender Gebietsgröße von der realen Niederschlagsverhältnissen ab und kann dazu führen, dass die Oberflächenabflüsse deutlich überschätzt werden. Sofern innerhalb des Betrachtungsgebietes hydrologisch getrennte Teilabflussgebiete, die nicht größer als  $5\text{-}10 \text{ km}^2$  sind, vorliegen, ist eine gleichmäßige Überregnung gerechtfertigt und auch pragmatisch. Liegen größere Teilgebiete vor, sollten zusätzliche Betrachtungen und ggf. Teilberechnungen angesetzt werden.

Eine weitere Herausforderung besteht darin, die aus einem Starkregen resultierenden Oberflächenabflüsse sachgerecht zu quantifizieren. Zum einen ist die Abflussbildung von zahlreichen Faktoren abhängig (Bodenart, Bodenfeuchte, aktuelle Landnutzung, Gefälle usw.). Zum anderen ist der Wissensstand zur Abflussbildung bei Starkregenereignissen relativ begrenzt. Dies macht die Wahl eines hydrologischen Anfangszustandes (trocken, feucht, nass) und die Festlegung geeigneter hydrologischer Berechnungsparameter für die meist vereinfachte hydrologische Berechnung zu einem Knackpunkt. Die beste Oberflächenhydraulik nützt nichts, wenn die sich aus einem Regenszenario resultierenden Abflussvolumina in erheblichem Maße über- oder unterschätzt werden.

Angesichts der vorgenannten Problematiken empfiehlt es sich, Abflüsse (Maxima, Volumina, Ganmlinien) und Fließgeschwindigkeiten an ausgewählten Kontrollquerschnitten zu plausibilisieren und möglichst mit Beobachtungen abgelaufener Ereignisse abzugleichen.

### 3.2 Analyse und Bewertung der Überflutungsrisiken

Zur Bewertung der Überflutungsrisiken sind die Schadenspotenziale zu ermitteln und mit den lokalen Überflutungsgefährdungen zu verknüpfen. Die Abschätzung, Charakterisierung und Bewertung des Schadenspotenzials von möglichen Überflutungen betroffener Objekte und Flächen erfordert eine entsprechende Datengrundlage. Geeignet sind insbesondere georeferenzierte Daten und Informationen bzgl.

- der Nutzung von Gebäuden und/oder Grundstücken (z. B. Wohnen, Krankenhaus, Elektrizitätsversorgung);
- der Nutzung von Freiflächen (z. B. Verkehrsflächen, Gewerbeflächen, Grünflächen);
- der baulicher Gestaltung von Gebäuden (z. B. mit Untergeschossen);
- der Infrastrukturanlagen (z. B. U-Bahn, Tunnel, neuralgische Versorgungsanlagen).

Anhand dieser Basisdaten lassen sich näherungsweise unterschiedlich große Schadenspotenziale definieren und zuordnen. So kann zum Beispiel eine objekt- bzw. nutzungsbezogene Einteilung nach Schadenspotenzialkategorien erfolgen und in entsprechenden Karten dargestellt werden. Ein Beispiel zeigt Abb. 14.



Abb. 14: Beispiel einer Kartendarstellung mit Überflutungsausdehnung bei drei Starkregensszenarien und Kennzeichnung von besonderen Risikoobjekten (Geomer, Wadern, 2018)

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, einzelnen Gebäuden und Anlagen unmittelbar eine Risikoklasse zuzuordnen. Hierbei ist jeweils die individuelle Gefährdungsklasse aus der Überflutungsberechnung mit der Schadenspotenzialklasse zu einer Risikoklasse zu verrechnen. Hierzu ist eine entsprechende Risikomatrix zu definieren (Abb. 15). Auf eine dezidierte Erläuterung dieses Ansatzes wird an dieser Stelle jedoch verzichtet (siehe z.B. DWA, 2016).

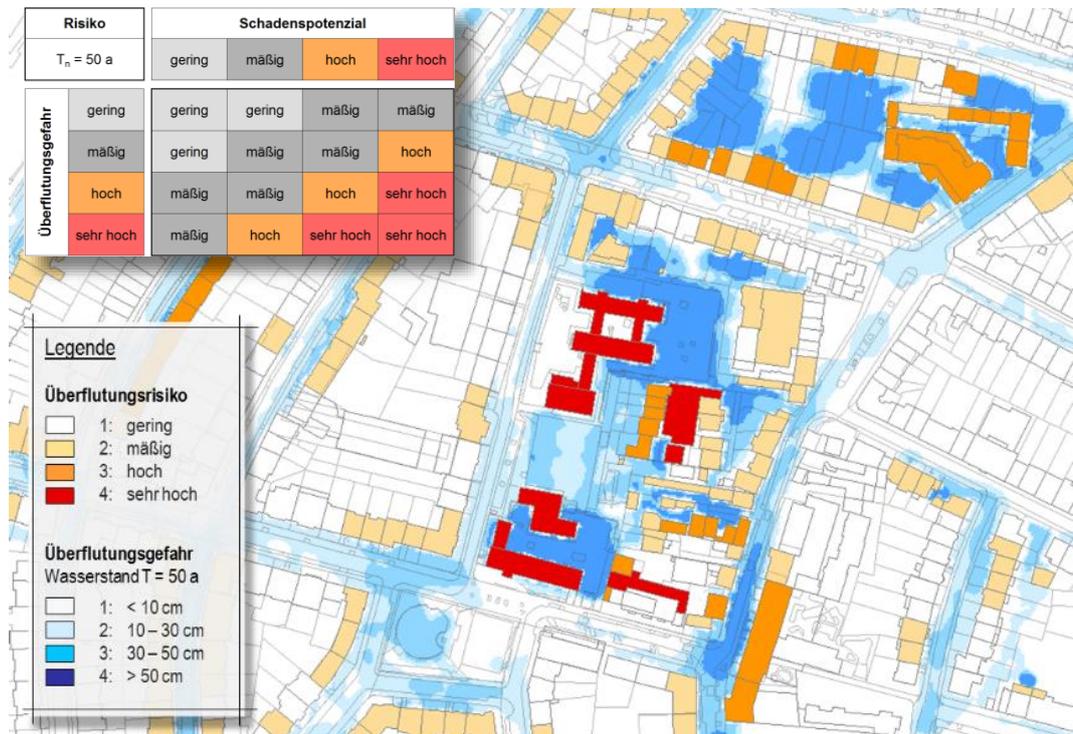


Abb. 15: Beispiel einer Starkregenerisikokarte mit kombinierter Darstellung von gebäudebezogenen Risikoklassen und Überflutungstiefen

## 4 PILOTPROJEKTE IM SAARLAND

Bei den Pilotprojekten ging es darum, die verschiedenen Möglichkeiten zur Erstellung von Starkregengefahren- und -risikokarten als Einstieg in das Risikomanagement auf kommunaler Ebene zu erproben, um daraus Schlussfolgerungen für die zukünftige Herangehensweise im Saarland abzuleiten. Dabei wurden bewusst Kommunen ausgewählt, die in jüngerer Vergangenheit von heftigen Starkregen getroffen wurden und somit die Überflutungsrisiken vor Ort bekannt sind. Dies bot die Möglichkeit, die Ergebnisse der Abflussberechnungen mit den örtlichen Erfahrungen abzugleichen.

Die Pilotvorhaben umfassten die Erstellung von Starkregenvorsorgekonzepten und somit neben der modellgestützten Erarbeitung von Starkregengefahren- und -risikokarten auch die Entwicklung von Vorsorgemaßnahmen. Im Rahmen des vorliegenden Berichtes wird jedoch in erster Linie auf die Gefährdungs- und Risikoanalysen eingegangen.

Bei den Pilotvorhaben kamen vereinfachte topografische wie auch aufwändige Berechnungsmethoden zum Einsatz. Sie reichen von der GIS-gestützten Auswertung der Geländetopografie über vereinfachte Überflutungssimulationen bis hin zu detaillierten Überflutungssimulationen mit Offline-Kopplung mit einer hydrodynamischen Kanalabflussberechnung. Eine duale Abflusssimulation wurde nicht vollzogen. Die nachstehende Tabelle zeigt einige wesentliche Merkmale der einzelnen Betrachtungen in der Gegenüberstellung.

**Tab. 3: Merkmale der Pilotbetrachtungen**

Gebiet	Sulzbach/Friedrichsthal	Wadern	Eppelborn
<b>EZG-Größe</b>	33 km <sup>2</sup>	134 km <sup>2</sup>	38 km <sup>2</sup> (6,7 km <sup>2</sup> )
<b>Abflussberechnung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FloodArea (vereinfachter hydraulischer 2D-Ansatz)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FloodArea (vereinfachter hydraulischer 2D-Ansatz)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HYDRO_AS-2D (detaillierter hydraulischer 2D-Ansatz)</li> <li>Offline-Kopplung mit hydrodynamischem Kanalnetzmodell</li> <li>ArcGIS (Fließweganalyse)</li> </ul>
<b>Regenszenarien</b>	$h_{N,D60} = 50 / 100 \text{ mm}$	$h_{N,D60} = 60 / 90 / 120 \text{ mm}$	$h_{N,D60} = 20 / 50 / 100 \text{ mm}$
<b>DGM</b>	Raster 1 x 1 m	Raster 1 x 1 m	Raster 1 x 1 m Raster 5 x 5 m

Tab. 3: Merkmale der Pilotbetrachtungen (Forts.)

Gebiet	Sulzbach/Friedrichsthal	Wadern	Eppelborn
<b>Belastungstyp</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• endbetonter Modellregen</li> <li>• gleichmäßige Überregnung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• endbetonter Modellregen</li> <li>• gleichmäßige Überregnung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blockregen</li> <li>• gleichmäßige Überregnung</li> </ul>
<b>Abflussbildung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pauschaler Abflussbeiwert (<math>\psi = 0,8</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flächendifferenzierte Abflussbeiwerte</li> <li>• Verfahren in Anlehnung an Lutz (Pre-Processing)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vereinfachtes hydrologisches Bodenwassermodell (<math>\rightarrow h_{N,eff}</math>)</li> <li>• Anfangsverluste und Infiltrationskapazität</li> </ul>
<b>Rauheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pauschale Rauheit (<math>k_{ST} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flächendifferenzierte Rauheiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flächendifferenzierte Rauheiten</li> <li>• z.T. fließtiefen-gestaffelt (Feinmodell)</li> </ul>
<b>Erfassung Kanalisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• teilweise und sehr vereinfachte Berücksichtigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• teilweise und sehr vereinfachte Berücksichtigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• z.T. unberücksichtigt (Screeningmodell)</li> <li>• Offline-Kopplung mit 1D-KN-Modell (Feinmodell)</li> </ul>

#### 4.1 Pilotprojekt Sulzbach / Friedrichsthal

Zusammen mit weiteren Betrachtungen zum gewässerseitigen Hochwasserschutz sowie zur hydraulischen Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes wurde für die beiden Städte Friedrichsthal und Sulzbach Starkregengefahrenkarten erstellt. Zum Einsatz kam hier das Modell FloodArea der Fa. Geomer. Bei dem eingesetzten Modell handelt es sich um einen Hydraulik-Aufsatz für ArcGIS (ESRI) mit einem vereinfachten hydraulischen Ansatz (modifiziertes Manning-Strickler-Verfahren).

Das Betrachtungsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 33 km<sup>2</sup>. Das zugrunde gelegte digitale Geländemodell hatte eine Auflösung von 1 m x 1 m. Für das Gebiet wurden zwei Starkregenszenarien mit Niederschlagshöhen von 50 mm und 100 mm betrachtet. Sie wurden jeweils als einstündige Regen mit einer endbetonten Intensitätsverteilung flächig und homogen für das Gebiet angesetzt.

Die rechnerische Abflussbildung erfolgte sehr vereinfacht mit einem pauschalen Abflussbeiwert von  $\psi = 0,80$  für das gesamte Gebiet und unabhängig von der Flächenbeschaffenheit (Bebauung, Grünland usw.). Lediglich für drainierte Bahntrassen wurde ein reduzierter Abflussbeiwert ( $\psi = 0,30$ ) zugrunde gelegt. Für die Oberflächenrauheit wurde pauschal und einheitlich ein Wert von  $k_{ST} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  angesetzt. Diese pauschalen Annahmen führen in der Tendenz zu einer Überschätzung des Abflussaufkommens. Dies kann zwar als Worst-Case-Szenario tituliert werden, doch erscheint es hier grundsätzlich sinnvoller, eine differenziertere modelltechnische Erfassung dieser bedeutenden Flächeneigenschaften anzustreben. Worst-Case-Szenarien sollten eher über die ange setzte Niederschlagshöhe definiert werden.

Das Basis-DGM wurde im Zuge der Modellerstellung umfassend aufbereitet (Korrekturen, Ergänzungen) und anhand der Ergebnisse von Vorsimulation fortlaufend überprüft. So wurden u.a. Durchlässe, Gewässerläufe und Unterführungen eingearbeitet, Brücken bzw. Dämme eliminiert und die Gebäude als Fließhindernisse integriert. Nachteilig erscheint an dieser Stelle, dass das verfügbare DGM teilweise bereits über 10 Jahre alt war.

Die hydraulische Wirkung der Kanalisation, verrohrter Bachläufe und von Rückhalteanlagen wurden teilweise vereinfacht berücksichtigt. Hierbei wurde u.a. mit punktbezogenen Quellen-/Senkenansätzen gearbeitet.

Es wurde ein Kartensatz mit Überflutungstiefenkarten für die beiden betrachteten Starkregenszenarien erstellt (Abb. 16). Eine Kennzeichnung von Risikoobjekten (kritische Infrastrukturen, gefährdete Einrichtungen) ist angedacht, bislang aber noch nicht umgesetzt.

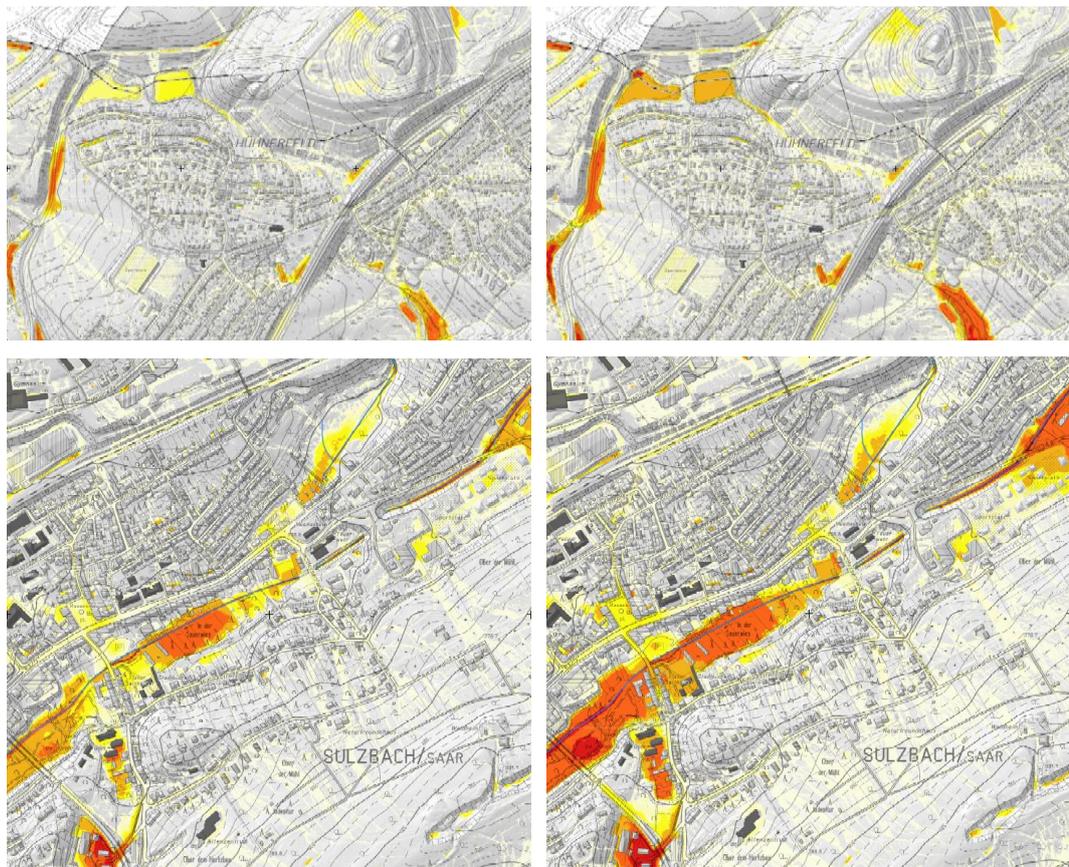


Abb. 16: Exemplarische Kartenausschnitte der Gefahrenkarten mit Darstellung der maximalen Fließtiefen je Ereignis (links: 50 mm, rechts 100 mm)

## 4.2 Pilotprojekt Wadern

Das Pilotprojekt Wadern umfasst das mit Abstand größte Untersuchungsgebiet. Es wurde das Stadtgebiet von Wadern mit einer Ausdehnung von ca. 134 km<sup>2</sup> überrechnet, wobei ebenfalls das FloodArea eingesetzt wurde (siehe Kap. 4.1). Die Berechnungen erfolgten für ein Raster von 1 m x 1 m für drei Starkregenszenarien. Es wurden Fließtiefen und Fließgeschwindigkeiten für drei einstündige, endbetonte Starkregen mit Niederschlagshöhen von 60 mm, 90 mm und 120 mm ermittelt und in entsprechenden Kartenwerken visualisiert. Zur Belastungsbildung wurde eine gleichmäßige Überregnung des gesamten Gebietes als endbetonter Niederschlag angesetzt (Spitze nach ca. 45 min).

Die Wiederkehrzeit des "kleinsten" Ereignisses liegt nach KOSTRA-DWD 2010R (extrapoliert) in der Größenordnung von 300 Jahren. Die Wiederkehrzeit des Extremereignisses mit  $h_{N,D60} = 120$  mm dürfte deutlich über 10.000 Jahre liegen. Das Belastungsspektrum erscheint damit etwas sehr hoch gewählt.

Der hydrologische Vorgang der Abflussbildung wurde in einem Pre-Processing-Schritt vereinfachend anhand von flächendifferenzierten Abflussbeiwerten bestimmt. Hierbei kommt ein Verfahren in Anlehnung an das Verfahren von Lutz zur Anwendung, das die Abflusswirksamkeit nach Boden-, Landnutzungs- und Reliefeigenschaften über Abflussbeiwerte differenziert. Bei der Oberflächenabflussberechnung wurden die Rauheiten ( $k_{ST}$ -Werte) nach der Landnutzung zugeordnet.

Die umfassende Aufbereitung des Geländemodells (siehe Kap. 3.1) beinhaltete auch die vereinfachte Erfassung von Gewässerstrukturen. Gebäude wurden als Fließhindernisse in das Modell integriert. Die hydraulische Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und die Speicherwirkung von Rückhaltebauwerken wurde lediglich für das kleinste betrachtete Starkregenszenario berücksichtigt, wobei aus der Dokumentation nicht hervorgeht, wie die Berücksichtigung konkret erfolgte. Die Vorgehensweise begründet sich auf der Tatsache, dass die Relevanz des Kanalnetzes mit zunehmender Größe bzw. Seltenheit des Starkregens zurückgeht. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass ein Kanalnetz i.d.R. eine Niederschlagshöhe in der Größenordnung von 20-30 mm in 1 h abarbeiten kann, so dass bei einer Nichtberücksichtigung dieser Leistungsfähigkeit die Oberflächenabflüsse entsprechend überschätzt werden können.

Im Zuge der Bearbeitung wurden Kontrollquerschnitte definiert, an denen Abflussganglinien und Abflussvolumina bilanziert und plausibilisiert wurden.

Dies trägt fraglos zur Absicherung der Berechnungsergebnisse bei und wird daher sehr begrüßt.

Der erstellte Kartensatz umfasst folgende Kartentypen (Abb. 17):

- Überflutungsausdehnungskarten mit kombinierter Darstellung der Überflutungsbereiche der drei betrachteten Szenarien sowie Kennzeichnung von Risikoobjekten in einer Karte
- Überflutungstiefenkarten mit Darstellung der maximalen Wasserstände je Starkregenszenario
- Fließgeschwindigkeitskarten inkl. Fließrichtungskennzeichnung je Starkregenszenario

Die Karten sind in puncto Anschaulichkeit und Aussagekraft als sehr gelungen zu bewerten und können sicher als Musterkartensatz für zukünftige Starkregengefahrenkarten im Saarland dienen. Exemplarische Kartenausschnitte sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

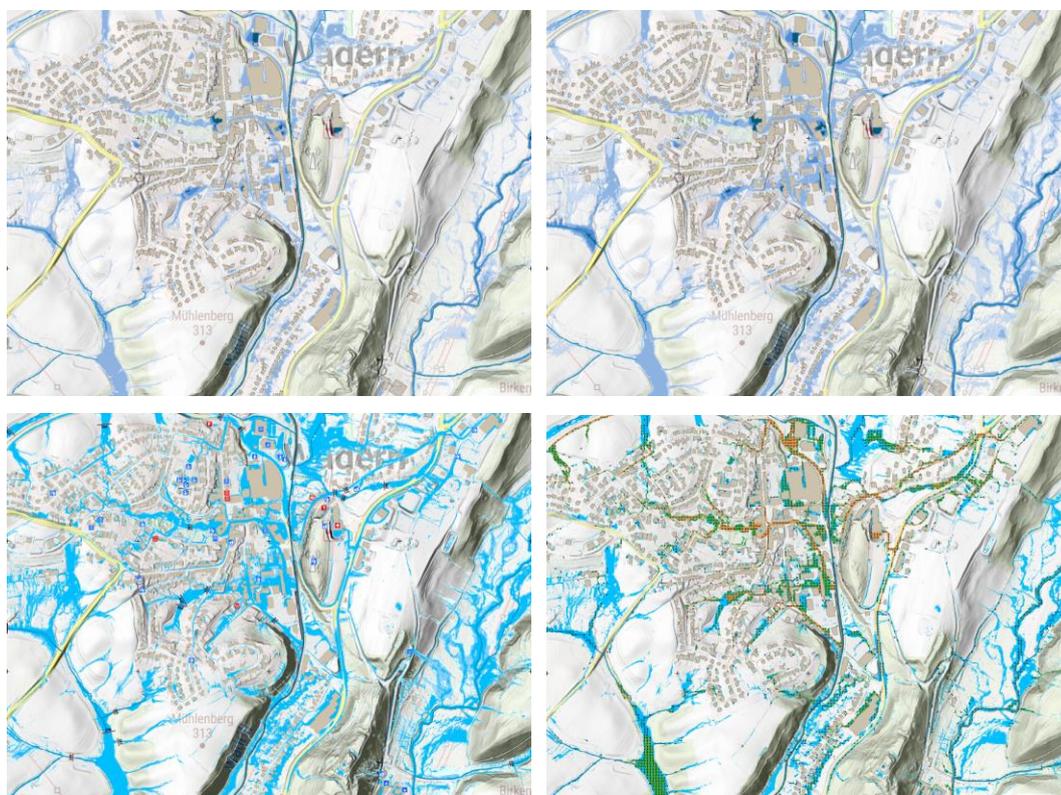


Abb. 17: Exemplarische Kartenausschnitte der Tiefenkarten (60 mm und 120 mm, o.l. und o.r.), der Ausdehnungskarten (u.l.) und der Fließgeschwindigkeitskarten (u.r.)

Anhand der erarbeiteten Karten wurden gemeinsam mit den kommunalen Akteuren Risikoschwerpunkte identifiziert und priorisiert. Für die primären Risikobereiche wurden mögliche Handlungsoptionen beleuchtet und Maßnahmevorschläge erarbeitet.

### 4.3 Pilotprojekt Eppelborn

Die von den eingesetzten Methoden her umfangreichste Betrachtung wurde für die Gemeinde Eppelborn vollzogen, die nacheinander in drei Genauigkeitsstufen erfolgte:

- rein topografische GIS-Analyse (Auflösung DGM: 1 x 1 m)
- reine 2D-Überflutungssimulation auf Basis eines groben Geländemodells (Screeningmodell, Auflösung DGM: 5 x 5 m)
- sequenzielle gekoppelte Abflusssimulation (Kanalnetz/Oberfläche) auf Basis eines feinen Geländemodells (Auflösung DGM: 1 x 1 m)

Das Untersuchungsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 47 km<sup>2</sup>, wobei das hydrologisch maßgebende Einzugsgebiet eine Fläche von ca. 38 km<sup>2</sup> aufweist.

In einem ersten Schritt wurde eine rein topografische Analyse des Gebietes mittels ArcGIS (Spatial Analyst) durchgeführt. Auf Basis des DGM 1 mit einer Rasterauflösung der Höhendaten von 1 x 1 m wurden das hydrologische Gesamteinzugsgebiet abgegrenzt, Hangneigungen visualisiert sowie Fließwege und Senkenlagen herausgearbeitet. Eine Berechnung von Abflüssen und Wasserstände erfolgt hierbei nicht (vgl. Kap. 3.1.1). Fließwege werden über die Größe der entlang des Fließweges akkumulierten Einzugsgebietsfläche (hier ohne Gewichtung nach Abflusswirksamkeit, z.B. über Abflussbeiwerte) sowie über eine Flussordnungszahl (→ Linienstärke) veranschaulicht; Senken über ihre Tiefe (Abb. 18, vgl. auch Abb. 10).

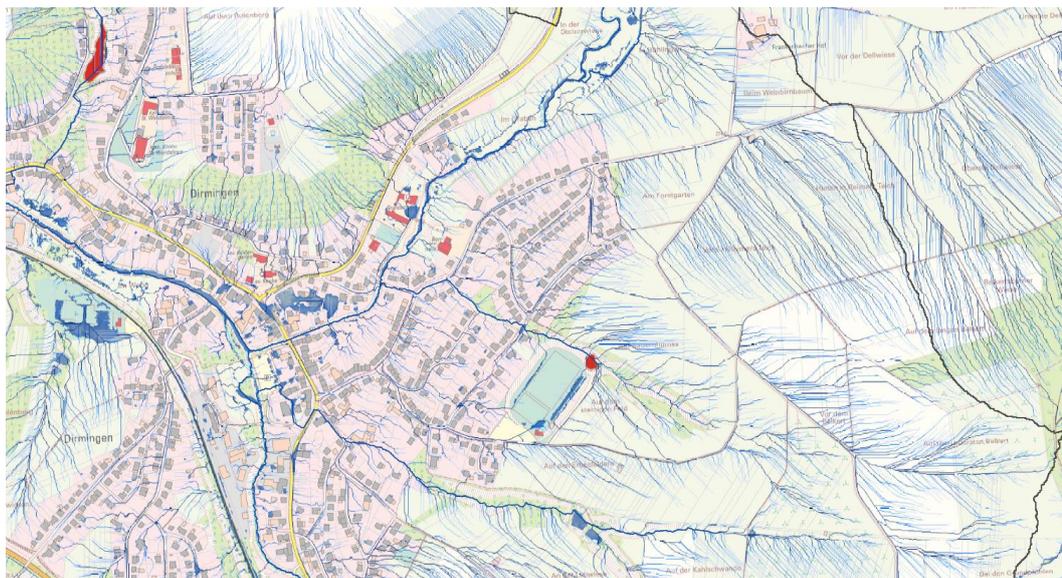


Abb. 18: Exemplarisch Kartenausschnitt der Fließwege- und Senkenkarte (DGM1)

Inwieweit das digitale Geländemodell vorab aufbereitet wurde (Glättung, Nachbearbeitung), geht aus der Dokumentation nicht hervor. Im Vordergrund stand angesichts der ohnehin nachfolgenden Abflusssimulationen, mit möglichst geringem Aufwand ein erstes Bild der Abflussverhältnisse bei Starkregen zu erhalten. Daher wird davon ausgegangen, dass die Betrachtung auf dem "rohen" DGM erfolgte. Gebäude wurde nicht als Fließhindernisse integriert.

In einem zweiten Schritt wurde eine hydraulische Überflutungsberechnung auf Grundlage eines vergrößerten digitalen Geländemodells vollzogen (Screeningmodell). Die Auflösung wurde hierbei räumlich gestaffelt. In Außengebieten und unbebauten Siedlungsflächen wurde eine Auflösung von 5 x 5 m verwendet, während im Bereich von Gebäuden und entlang der Gewässer feinere Auflösungen mit Rasterweiten von 2,5 m bzw. 1,0 m erhalten blieben. Gebäude wurden als nicht durchströmbare Elemente in das DGM integriert

Die Berechnungen erfolgten mit dem Abflussmodell HYDRO\_AS-2D der Fa. Hydrotec, das einen sehr weitgehenden hydraulischen Berechnungsansatz mit 2D-tiefengemittelten Strömungsgleichungen verwendet. Im Vergleich zum vereinfachten hydraulischen Ansatz des Modells FloodArea ist dieser Berechnungsansatz umfassender bzw. detaillierter. Er ist als sehr leistungsfähig und realitätsnah anzusehen.

Als Niederschlagsbelastungen wurden zwei einstündige Blockregen mit konstanter Regenintensität und Regenhöhen von 50 mm sowie 100 mm angesetzt. Auch hier wurde eine gleichmäßige Gebietsüberregnung angenommen. Der 50-mm-Regen entspricht statistisch einem 50-jährlichen Starkregenereignis, während eine Niederschlagshöhe von 100 mm in 1 h eine Wiederkehrzeit von deutlich über 1.000 Jahre aufweist. Diese Belastungsvorgabe des MUV erscheint im Nachhinein sehr hoch. Eine Niederschlagshöhe von 75-80 mm/h (max. 90 mm) erscheint als "Extremszenario" oder "Katastrophenszenario" prinzipiell hinreichend. Das Szenario eines besonders extremen Ereignisses vermag jedoch gerade auch diejenigen Gebietsbereiche abzugrenzen, die selbst bei einem gewissermaßen "größtmöglichen" Starkregen nicht betroffen bzw. weitgehend "sicher" sind.

Zur Abflussbildung wurde ein "vereinfachtes" hydrologisches Verfahren (Porenwassermodell) verwendet, bei dem sich der Effektivniederschlag boden- und landnutzungsabhängig unter Berücksichtigung von definierten Anfangsverlusten und über Infiltrationsterme ergibt. Hierbei wurde ein mittlerer

Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 1,8 \text{ mm/h} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  angesetzt. Die Anfangsverlusthöhen wurden differenziert nach acht verschiedenen Landnutzungs-klassen zugeordnet. Die Abflusswirksamkeit der Flächen wurde damit als insgesamt sehr hoch angenommen, was sich auch in Abflussbeiwerten von rd. 0,90 (50-mm-Ereignis) bzw. 0,95 (100-mm-Ereignis) äußert. Diese Werte werden als zu hoch erachtet.

Die Rauheit der Oberflächen wurde ebenfalls landnutzungsdifferenziert zugewiesen. Siedlungsflächen wurden hierbei überwiegend  $k_{ST}$ -Werte von 20-35  $\text{m}^{1/3}/\text{s}$  zugeordnet, Landwirtschaftsflächen Werte von 10-20  $\text{m}^{1/3}/\text{s}$  und Naturräumen (z.B. Waldflächen) Werte von 10  $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ .

Für die o.g. Starkregenszenarien wurden Kartensätze mit Darstellung von Fließtiefen und Geschwindigkeitspfeilen erstellt. Die errechneten Daten zu Fließtiefen, Fließgeschwindigkeiten, Überflutungsausdehnung und Wasserspiegellagen wurden zudem als Datensätze übergeben.

Für den Ortsteil Dirmingen mit einer Einzugsgebietsgröße von 6,7  $\text{km}^2$  wurde die Überflutungssituation zusätzlich anhand eines Feinmodells mit einer Rasterweite von 1 m x 1 m untersucht. Inwieweit das Geländemodell aufbereitet wurde, geht aus der Dokumentation leider nicht hervor. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Gewässerläufe, Durchlässe und sonstige durchströmte Elemente von Relevanz sachgerecht im Geländemodell integriert sind. Den Karten nach zu urteilen, scheint dies zumindest der Fall zu sein.

Für die Abflussberechnung wurde wie beim Screeningmodell das Modell HYDRO\_AS-2D verwendet, allerdings nun mit einem fließtiefenabhängigen Rauheitsansatz. Bei diesem Ansatz wird bis zu einer Fließtiefe von 5 cm pauschal mit einer Rauheit von 5  $\text{m}^{1/3}/\text{s}$  gerechnet und erst ab 15 cm die maximale flächenspezifische Rauheit herangezogen (hier: analog Screeningmodell zugeordnet). Zwischenwerte werden interpoliert. Der Ansatz soll dazu beitragen, Fließgeschwindigkeiten nicht zu überschätzen und Fließtiefen sowie Überflutungsausdehnungen nicht zu unterschätzen.

Die Berechnungen wurden für drei einstündige Starkregenszenarien mit Niederschlagshöhen von 20 mm, 50 mm und 100 mm vollzogen. Das 20-mm-Ereignis weist eine Wiederkehrzeit von lediglich 1-2 Jahren auf. Warum ein derart "häufiges" bzw. "kleines" Ereignis, mit dem das öffentliche Entwässerungssystem keine größeren Probleme haben sollte, betrachtet wurde, ist unklar. Hier erscheint ein Regenergebnis mit einer Wiederkehrzeit von 10-30 Jahren

bzw. einer Niederschlagshöhe von ca. 35-40 mm in 1 h sinnvoller. Abgesehen davon erscheinen die Berechnungsergebnisse mit einem überraschend ausgeprägten Aufkommen an Oberflächenwasser auch nicht ganz schlüssig.

In die Berechnungen für die beiden größeren Regenbelastungen von 50 mm bzw. 100 mm wurden die Ergebnisse einer vorlaufenden hydrodynamischen Kanalnetzrechnung integriert (Offline-Kopplung). Die rechnerischen Überstauvolumina aus diesen Berechnungen wurden innerhalb der Bebauung als Belastungswerte über entsprechende Quellterme angesetzt. Eine Überregung des Gebietes bzw. eine Beaufschlagung mit einem Effektivniederschlag fand in diesem Falle nur außerhalb der Bebauung statt.

Das Kanalnetz umfasst insgesamt rd. 950 Knoten. Bei dem 50-mm-Szenario überstauen lediglich 65 Knoten (7%), bei dem 100-mm-Szenario rd. 170 Knoten (18%). Diese Werte erscheinen angesichts der hohen Belastung als sehr gering.

Nichtsdestotrotz zeigen die Berechnungsergebnisse nach Angaben der Modelanwender eine gute Übereinstimmung mit beobachteten Fließwegen und Überflutungsflächen. Dies wurde anhand des Feinmodells für Dirmingen durch Nachrechnung des aufgetretenen Starkregenereignisses vom 7. Juni 2016 validiert (Masterarbeit F. Missy, 2018). Für die o.g. Starkregenszenarien wurden die analogen Kartensätze und Übergabedatensätze wie bei der Screeningmodellierung erstellt.

Da im vorliegenden Fall unterschiedliche Methoden für das gleiche Betrachtungsgebiet zum Einsatz kamen, ergibt sich die Möglichkeit zum direkten Vergleich der Methoden bzw. der erzielten Ergebnisse. In Abb. 19 sind exemplarisch an einem ausgewählten Kartenausschnitt die Ergebnisse aus der Fließweganalyse, aus dem hydraulischen Grobmodell ( $h_N = 100$  mm) sowie dem hydraulischen Feinmodell ( $h_N = 100$  mm) einander gegenüber gestellt. Abb. 20 zeigt eine Ergebnisgegenüberstellung für einen weiteren Gebietsausschnitt und das Starkregenszenario mit einer Niederschlagshöhe von 50 mm.

Die Abbildungen dokumentieren, dass die Ergebnisse in sich schlüssig sind und der Genauigkeitsgrad mit zunehmendem Detaillierungsgrad der Methodik steigt. Die hydraulischen Modelle liefern nicht nur Fließwege sondern auch Fließtiefen, Überflutungsausdehnungen und Fließgeschwindigkeiten. Mit ihnen lässt sich somit ein sehr anschauliches Bild der Abfluss- bzw. Überflutungsverhältnisse zeichnen.

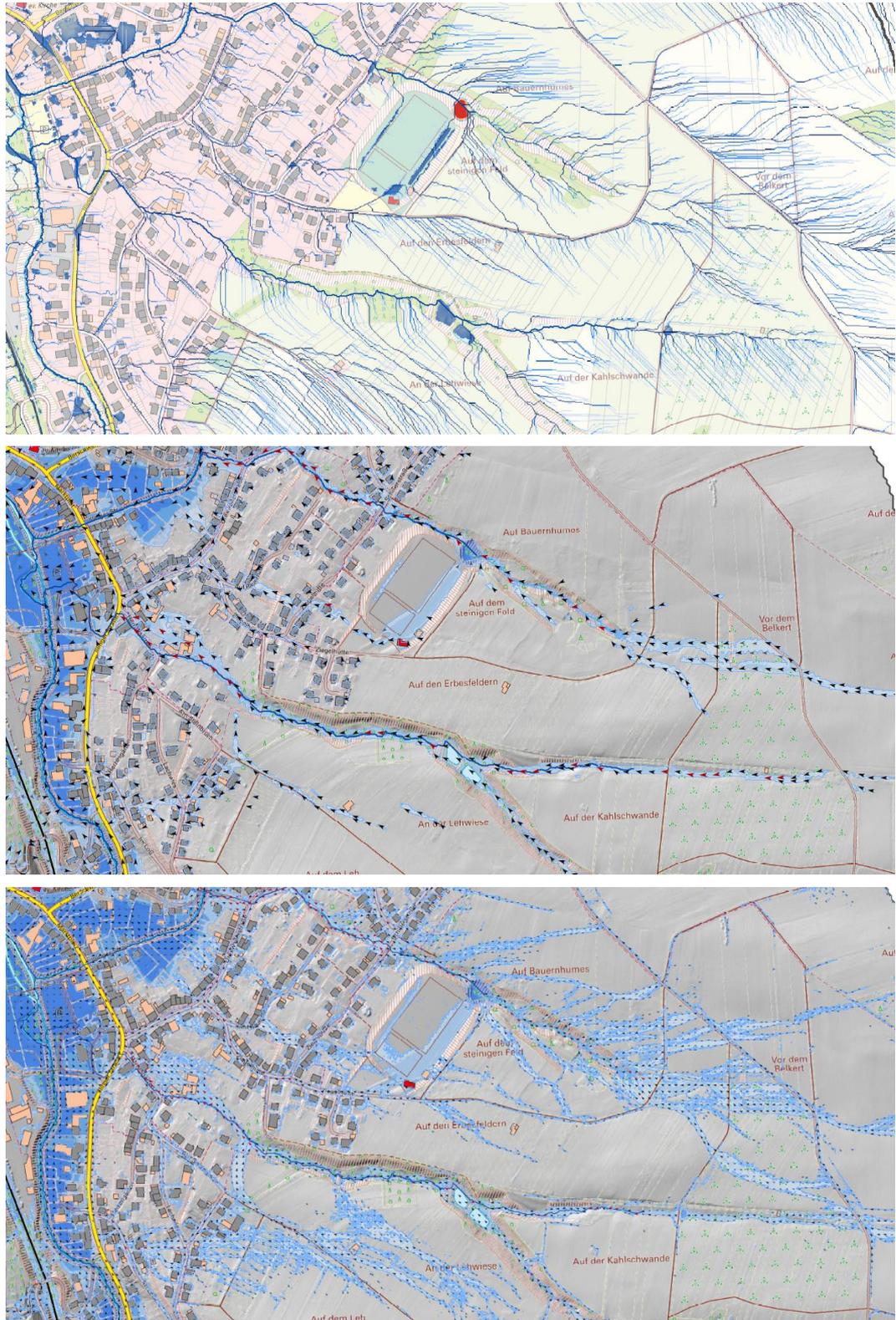


Abb. 19: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Fließweganalyse (oben), des hydraulischen Grobmodells ( $h_N = 100$  mm, Mitte) und des hydraulischen Feinmodells ( $h_N = 100$  mm, unten)

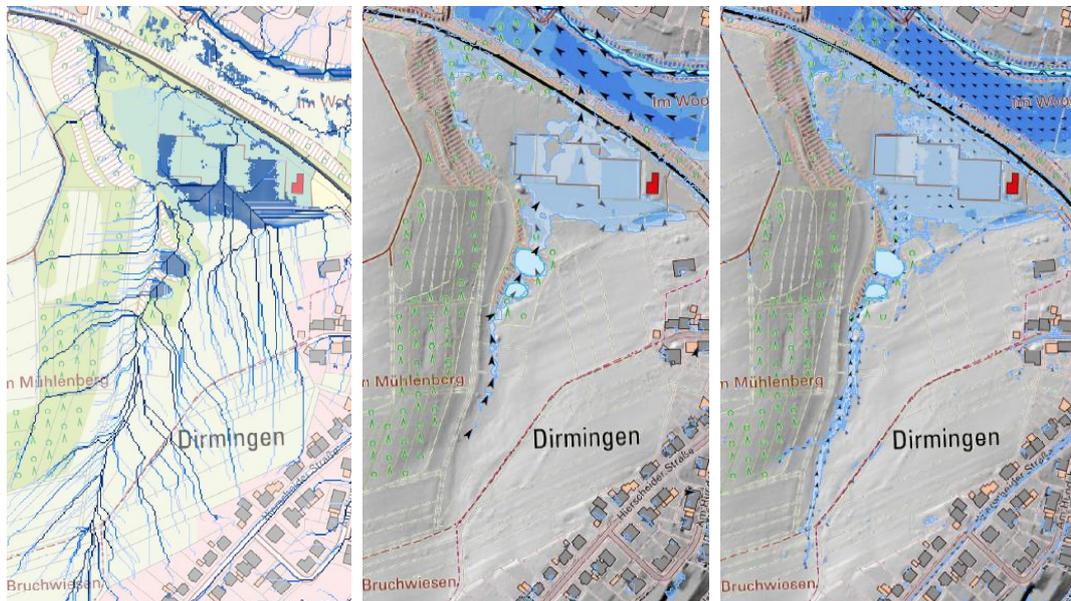


Abb. 20: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Fließweganalyse (links), des hydraulischen Grobmodells ( $h_N = 50$  mm, Mitte) und des hydraulischen Feinmodells ( $h_N = 50$  mm, rechts)

Im Feinmodell werden Fließwege insgesamt klarer und durchgängiger wiedergegeben als im Grobmodell. Dem Feinmodell kann insgesamt eine höhere Genauigkeit zugesprochen werden. Allerdings sind die Unterschiede bei den ermittelten Fließwegen, Abflüssen, Fließtiefen und Fließgeschwindigkeit nicht sehr ausgeprägt. Die wesentlichen Problembereiche gehen zumindest auch aus dem Screeningmodell hervor.

Ergänzend zu den vorstehend gezeigten Fließtiefenkarten (inkl. Fließgeschwindigkeiten) wurden im Rahmen der Gesamtbetrachtung weitere Karten erstellt. U.a. wurde anhand einer Gefahrenmatrix eine zusammenfassende Gefahrenkarte erstellt. Dabei wurde die Gefährdungsintensität (klassifiziert nach Fließtiefe bzw. Produkt aus Fließtiefe und Fließgeschwindigkeit) mit der Eintrittswahrscheinlichkeit über die drei betrachteten Regenszenarien zu Gefahrenklassen verknüpft.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurde den Gebäuden die maximale Gefahrenklasse entlang ihres jeweiligen Umrisses zugewiesen. Zusammen mit der Darstellung der Fließtiefen wird auf diese Weise eine sog. Risikokarte erzeugt (Abb. 21).

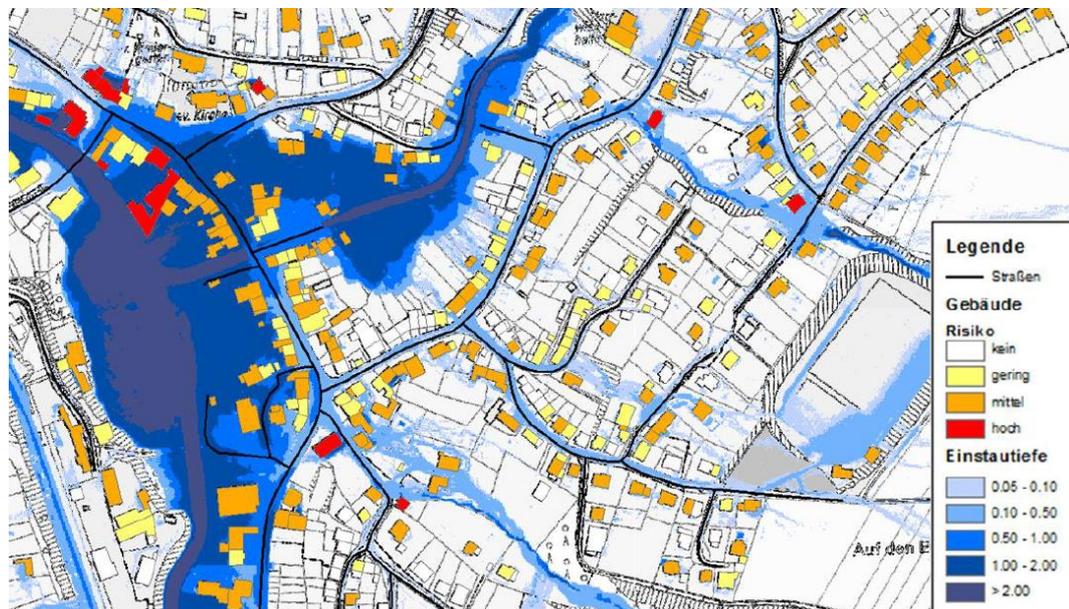


Abb. 21: Kartenausschnitt einer Risikokarte mit kombinierter Darstellung gebäudebezogener Gefahrenklassen und Fließtiefen (Starkregenszenario 100 mm)

Der Vorteil dieser Darstellung liegt darin, dass die besonders von Überflutungen betroffenen Gebäude sehr gut erkennbar werden. Nachteilig an der Vorgehensweise ist jedoch, dass das (monetäre) Schadenspotenzial der Gebäude – und damit ein wesentlicher Risikoaspekt – komplett unberücksichtigt bleibt.

So kann es sein, dass ein es sich bei einem rot markierten Gebäude lediglich um ein untergeordnetes Gebäude mit geringem Schadenspotenzial handelt (Laube, Scheune, Garage usw.); andererseits kann es sich bei gelb oder orange gekennzeichneten Gebäuden um besonders sensible Gebäude bzw. Gebäudenutzungen handeln, bei denen bereits bei geringen bis mäßigen Überflutungstiefen massive oder folgenschwere Schäden resultieren. Die Darstellungsweise des Überflutungsrisikos kann daher nicht vollends überzeugen.

Im Rahmen des Projektes wurden weitere Betrachtungen zum Schadenspotenzial angestellt. Diese sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt jedoch noch nicht abgeschlossen und gehen in die hier vorgenommene Analyse nicht ein.

Darüber hinaus wurden abschließend verschiedene Überflutungsschutzmaßnahmen konzipiert. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Rückhaltemaßnahmen zur Speicherung, Fassung und sicheren Weiterleitung von Außengebietsabflüssen.

## 5 KERNERKENNTNISSE UND EMPFEHLUNGEN

Aus der Begutachtung der Pilotprojekte resultiert eine Reihe grundlegender Erkenntnisse zur Erstellung von Starkregengefahren- bzw. -risikokarten. Sie sind nachstehend zusammen mit allgemeinen Empfehlungen zur kommunalen Starkregenvorsorge im Saarland kompakt benannt und kurz erläutert.

- (1) Die Erstellung von Starkregengefahren- und -risikokarten hilft den kommunalen Akteuren in erheblichem Maße, die örtlichen Überflutungsrisiken zu erkennen, sie zu bewerten und darauf aufbauend effiziente Vorsorgemaßnahmen zu entwickeln und letztlich auch umzusetzen.**

Dies gilt prinzipiell sowohl für Kommunen, die bereits "Live-Erfahrungen" mit Sturzfluten gemacht haben als auch für Kommunen, die bislang weitgehend verschont geblieben sind. Durch die enge Zusammenarbeit der Ingenieurbüros mit den Akteuren vor Ort gelingt eine intensive Auseinandersetzung mit dem (möglichen) Abflussgeschehen bei einem Starkregenereignis. Auch kleinräumige Problembereiche werden dabei erkannt bzw. kommen überhaupt erst ins Bewusstsein.

Durch die Visualisierung der Abflussgeschehnissen in Starkregengefahrenkarten entsteht ein klares und anschauliches Bild der Situation (Fließwege, Gefährdungs- bzw. Überflutungsbereiche, zu erwartende Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten etc.). Die Karten helfen zudem dabei, die Problematik mit den vielfältigen Akteuren innerhalb der Verwaltung (z.B. Stadtplanung, Straßenbau, Kommunalpolitik etc.) zu diskutieren und auch dem Bürger zu erläutern.

Ferner bieten Abflusssimulationen die Möglichkeiten, die Wirkung angelegter Maßnahmen vorab zu prüfen und ihren Nutzen einzuschätzen. Das Abflussgeschehen in Gräben und Gewässern kann zudem vereinfacht berücksichtigt werden.

- (2) Betrachtungen für verschiedene Starkregenszenarien sind sinnvoll.**

Es empfiehlt sich, Starkregengefahrenkarten nicht nur für ein einziges Starkregenszenario zu erstellen, sondern für mehrere Szenarien, da der Hauptaufwand in der Modellerstellung und weniger in der Durchführung der Berechnungen und der Visualisierung der Ergebnisse liegt.

Dabei erscheint es sinnvoll, drei bis vier Szenarien zu betrachten. Ein Kernszenario sollte einen sehr seltenen bzw. sehr schweren Starkregen mit einer Wiederkehrzeit von ca. 100 Jahren abdecken (im Saarland: 45-55 mm/h; z.B. 50 mm). Darüber hinaus können ein Szenario im Bereich der Überflutungsschutzniveaus nach DIN EN 752 (Wiederkehrzeit 20-30 Jahre, ca. 35-40 mm/h), eine Art Worst-Case-Szenario (z.B. 75-100 mm in 1-2 Stunden) und/oder die Nachrechnung eines abgelaufenen Naturereignisses erwogen werden. Das Worst-Case-Szenario dient neben der Katastrophenvorsorge u.a. dazu, diejenigen Bereiche zu lokalisieren, die auch bei einem extremen Regenereignis von größeren Überflutungen weitgehend verschont bleiben. Welche Szenarien außer dem Kernszenario gewählt werden, sollte mit Blick auf die örtliche Situation entschieden werden (Schadenserfahrung, Kanalnetz, Fokus).

**(3) Die Kleinräumigkeit konvektiver Starkniederschläge ist zu berücksichtigen.**

Starkregenereignisse sind i.d.R. konvektive Niederschläge, die sich durch ausgesprochen kleinräumige Regen- und Gewitterzellen mit flächigen Ausdehnungen von nur wenigen Kilometern auszeichnen. Bei der Berechnung größerer Gebiete ( $> \text{ca. } 5 \text{ km}^2$ ) weicht der Ansatz einer gleichmäßigen Überregnung mit zunehmender Gebietsgröße von der realen Niederschlagsverhältnissen ab und kann dazu führen, dass die Oberflächenabflüsse deutlich überschätzt werden. Sofern innerhalb des Betrachtungsgebietes hydrologisch getrennte Teilabflussgebiete, die nicht größer als 5-10  $\text{km}^2$  sind, vorliegen, ist eine gleichmäßige Überregnung gerechtfertigt und auch pragmatisch. Die Teilgebietsgrößen sollten in der Projektdokumentation ausgewiesen werden. Liegen größere Teilgebiete vor, sollten zusätzliche Betrachtungen und ggf. Teilberechnungen angesetzt werden. Dementsprechend sind dann für ein Gebiet mitunter Berechnungen für mehrere räumliche Niederschlagsverteilungen anzustellen.

**(4) Oberflächenabflusssimulationen sollten auf einem möglichst hoch aufgelösten Geländemodell erfolgen.**

Es hat sich gezeigt, dass Abflusssimulationen auf der Basis eines hoch aufgelösten digitalen Geländemodells (DGM 1, 1 x 1 m) ein realitätsnahes

und anschauliches Bild der Abflussverhältnisse zeichnen können. Zwar weisen Abflusssimulationen von Starkregenereignissen grundsätzlich gewisse und quasi unvermeidbare Ungenauigkeiten auf. Nicht für jedes Grundstück gelingt eine vollends zutreffende Berechnung und nicht jeder errechnete Abflussweg liegt exakt dort, wo er in Realität auftritt. Dennoch müssen die wesentlichsten Problembereiche mit angemessener Genauigkeit identifizieren werden, um Handlungsschwerpunkte zu definieren. Dies ist durch Abflusssimulationen anhand eines topografischen Feinmodells sehr gut und weitgehend verlässlich möglich. Die Berechnungen sind auch für größere Gebiete leistbar (Waden, Sulzbach/Friedrichsthal).

Eine rein topografische Analyse des Geländes auf Fließwege und Senkenlagen wie auch eine vereinfachte Überflutungsberechnung kommen ohne hydraulische Berechnung aus, vermögen jedoch ein nur sehr eingeschränktes Bild des Abfluss- bzw. Überflutungsgeschehens zu zeichnen. Dabei erfolgt die Berechnung ebenfalls anhand eines digitalen Geländemodells. Der Aufwand des Pre-Processings ist mitunter vergleichbar, der Output jedoch deutlich geringer.

Die Anwendung eines Grob- oder Screeningmodells zur hydraulischen Simulation mit entsprechend verringerter Auflösung des Geländemodells ist mit einem vergleichbar hohen Aufwand für den Modellierer (Kosten) verbunden wie bei einem Feinmodell. Die Ersparnis liegt v. a. in der benötigten Leistung von Hard- und Software, was Abstriche bei der Berechnungsgenauigkeit nicht rechtfertigt.

Insgesamt wird empfohlen, hydraulische Berechnungen auf Basis eines Geländemodells mit einer räumlichen Auflösung von 1 x 1 m zu vollziehen. Die Daten liegen für das Saarland flächendeckend vor. In Bereichen außerhalb der Bebauung kann das Modell in begründeten Fällen sinnvoll vergrößert werden (Rasterweite 2-5 m). Allerdings ist es stets zwingend erforderlich, das DGM aufzubereiten (Pre-Processing), um fehlende Geländeinformationen insbesondere im Bereich von Brücken, Durchlässen usw. im Modell zu erfassen. Die Aufbereitung des Geländemodells ist hinreichend zu dokumentieren und durch umfassende Ortsbegehungen abzusichern.

**(5) Die Abflussbildung ist ein Knackpunkt und erfordert besondere Aufmerksamkeit.**

Im Hinblick auf die rechnerische Abflussbildung ist ein angemessenes Maß zu finden. Sehr trockene oder sehr feuchte Böden haben eine andere Abflussbereitschaft als normal-feuchte Böden; Landwirtschaftsflächen in vollem Bestand reagieren anders als abgeerntete Äcker. Ein "Überziehen" bei der durchgehenden Annahme von ungünstigen Bedingungen führt zu unrealistischen Abflussergebnissen und muss vermieden werden. Worst-Case-Szenarien sind über die Regenbelastung zu definieren.

Die beste Oberflächenhydraulik nützt nichts, wenn die Abflussvolumina in erheblichem Maße über- oder unterschätzt werden. Daher sollte die Ermittlung des Effektivniederschlages bzw. der entstehenden Oberflächenabflüsse sorgfältig und gründlich erfolgen. Sehr pauschale Annahmen sollten vermieden werden (z.B. fester Abflussbeiwert für Gesamtgebiet). Stattdessen sollte die Abflussbildung möglichst detailliert und flächendifferenziert erfolgen.

**(6) Der Rauheit der Oberfläche ist ein weiterer Knackpunkt und erfordert ebenfalls besondere Aufmerksamkeit.**

Auch bei der Vordefinition von Oberflächenrauheiten ist besondere Sorgfalt geboten, insbesondere in unbebauten Flächen, da durch eine unzutreffende Parameterwahl Abflüsse, Fließtiefen und Fließgeschwindigkeiten in eklatantem Maße über- oder unterschätzt werden können. Pauschale Oberflächenrauheiten ohne jegliche Flächendifferenzierung sind nicht sachgerecht. Eine zu achtlose Übernahme von Rauheitswerten aus der allgemeinen Gewässerhydraulik verbietet sich. Die Festlegung der Oberflächenrauheiten sollte möglichst detailliert und flächendifferenziert erfolgen.

**(7) Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Kanalisation inkl. der Speicherbauwerke ist vereinfacht zu erfassen.**

Die öffentliche Kanalisation spielt bei besonders schweren Starkregen oftmals eine untergeordnete Rolle, da sie auf statistische Regenwiederkehrzeiten von  $T = 1-5$  a ausgelegt ist. Zudem gehen Starkregenereignisse i.d.R. mit heftigen Vorwinden und Sturmböen einher, die zu einem

raschen Zusetzen von Straßeneinläufen mit Laub, Geäst und sonstigem Geschwemmsel führen. Dennoch vermag eine durchschnittliche Kanalisation rd. 10-20 mm Niederschlag ohne größere Überstauungen abzuführen und rd. 10-20 mm in Speicherbauwerken zwischen zu speichern. In Summe wird i. d. R. ein Ereignis mit einer Niederschlagshöhe von rd. 25-30 mm in 1 h durch die öffentliche Kanalisation ohne besonders ausgeprägte oder gar flächenhafte Überflutungen technisch beherrscht. Daher sollte die Wirkung der Kanalisation einschließlich der Sonderbauwerke in diesem Maße berücksichtigt werden, auch bei sehr großen Ereignissen. Eine vereinfachte Berücksichtigung des Kanalnetzes beispielsweise durch pauschale Subtraktion einer angemessenen Niederschlagshöhe im Bereich der Bebauung bzw. einen pauschalen prozentualen Abschlag beim Abflussvolumen ist hierbei hinreichend.

Bekannte bzw. vorab identifizierte Überlastungsschwerpunkte können als Punktquellen modelltechnisch abgebildet werden. Es empfiehlt sich, vorliegende Ergebnisse hydrodynamischer Kanalnetzrechnungen (für  $T \geq 20$  a) hierzu auszuwerten. Sind im Betrachtungsgebiet besondere "Problemschächte" bekannt, bei denen bei Starkregen über einen längeren Zeitraum größere Wassermengen austreten (z.B.  $> 500 \text{ m}^3$ ), sollte diese punktuelle Überlastungen bei der Simulation entsprechend integriert werden. 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. Kleinere Überstauungen können hingegen vernachlässigt werden, da ihre modelltechnische Erfassung nur unwesentlich zur Genauigkeit der Berechnungsergebnisse beiträgt.

Das Speichervermögen größerer Rückhaltebauwerke, die auf Wiederkehrzeiten  $T \geq 20$  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. Die Speicherwirkung von Regenüberlaufbecken können vernachlässigt werden.

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.

**(8) Gewässerläufe, Gräben und Bachverrohrungen sind angemessen zu berücksichtigen.**

Kleinere Gewässer und Gräben sollten entsprechend ihrer Relevanz ebenfalls angemessen im Modell repräsentiert sein, da sie vielfach Hauptabflusspfade bei Starkregen darstellen und rasch ausufernd überfluten sind. Sie sind gekennzeichnet von Überflutungen abseits aber auch entlang von Gewässern. Dabei ist es bei kleineren Gewässern meist hinreichend, sie über ein nachbearbeitetes Geländemodell modelltechnisch zu erfassen. Verrohrte Gewässerabschnitte mit Relevanz für die Überflutungssituation sind ebenfalls modelltechnisch abzubilden, z.B. über eine Senken-Quellen-Funktionalität oder als unterirdisches Ableitungselement.

**(9) Es sind Plausibilitätskontrollen der Berechnungen durchzuführen und zu dokumentieren.**

Im Zuge der Modellerstellung sollten zunächst Basisberechnungen durchgeführt werden und die Ergebnisse mit den Akteuren vor Ort besprochen werden, um Bereiche, in denen eine Verfeinerung der Modellabbildung angezeigt ist, zu identifizieren und das Modell dahingehend fortzuentwickeln.

An geeigneten Stellen im Betrachtungsgebiet sollten Kontrollpunkte bzw. Kontrollquerschnitte definiert werden, an denen die Abflussberechnungen plausibilisiert bzw. mit Beobachtungen abgelaufener Ereignisse abgeglichen werden. Für diese Stellen sind aussagekräftige Kennwerte auszuweisen (z.B. Abflussbeiwerte, Abflussspenden, spezifische Abflussvolumina, Abflussganglinien, Fließgeschwindigkeiten, Wasserstände). Dabei ist insbesondere zu überprüfen, ob die Abflusswirksamkeit und die Rauheit der Oberfläche sachgerecht im Modell erfasst sind. Die Werte sollten durchweg in einem plausiblen Bereich liegen bzw. sich mit Beobachtungen vor Ort decken. Die vollzogenen Kontrollen sind auch in der Projektdokumentation darzulegen.

#### **(10) Qualitätssicherung**

Die sachgerechte und kompetente Anwendung der hydraulischen Modelle ist bei der Erstellung von Starkregengefahrenkarten von besonderer Bedeutung. Die Modellierung ist äußerst komplex und erfordert sowohl umfassendes Know-how als auch Erfahrung. Gleiches gilt für den Umgang mit den enormen Datenmengen, die bei der Modellierung generiert werden. Es wird dringend empfohlen, von möglichen Auftragnehmern hinreichende Referenzen als Nachweis der fachlichen Eignung einzufordern. Überdies sollte die Darlegung von Plausibilitätsprüfungen der vollzogenen Berechnungen an mindestens fünf Kontrollpunkten im Einzugsgebiet verbindlich vorgeschrieben werden (s.o.).

#### **(11) Schadenspotenziale sollte als wesentliche Risikoaspekte berücksichtigt und in entsprechende Starkregenerisikokarten visualisiert werden.**

Die Bewertung, welcher konkrete monetäre Schaden an einem Gebäude, einer technischen Anlage o. ä. entsteht, ist derzeit mit angemessenem Aufwand nicht möglich. Es empfiehlt sich jedoch, das Schadenspotenzial näherungsweise über die Gebäude- oder Grundstücksnutzung zu bewerten und darzustellen. Eine Gartenlaube ist im Hinblick auf das (monetäre und personelle) Schadenspotenzial anders zu bewerten als ein Wohnhaus, eine Schule, ein Seniorenheim oder ein Wasserwerk. Digitale Informationen zur Nutzung liegen i.d.R. vor und können im Hinblick auf das Schadenspotenzial in Kategorien eingeteilt werden. Gebäude unterschiedlichen Schadenspotenzials können dann in unterschiedlicher Einfärbung zusammen mit den errechneten Überflutungstiefen in einer vereinfachten Risikokarte dargestellt werden (Piktogramme, Einfärbung). Die Informationen zum Schadenspotenzial helfen dabei, Bereiche mit größeren Handlungserfordernissen zu erkennen.

#### **(12) Veröffentlichung von Starkregenerisikoinformationen**

In allen Kommunen, die Starkregengefahren-/risikokarten erstellt haben, stellt sich die Frage, ob die Karten der allgemeinen Öffentlichkeit (mehr oder weniger frei) zugänglich gemacht werden sollen oder gar müssen. Informationspflichten treffen hier u.a. auf Datenschutzbelange und sind gegeneinander abzuwägen.

An dieser Stelle wird sich ausdrücklich für eine offensive Veröffentlichung ausgesprochen (stellt jedoch keine juristische Expertise dar). Dies aus folgenden Gründen:

- Das Umweltinformationsgesetz sieht eindeutig vor, dem Bürger für ihn relevante Informationen zugänglich zu machen. Dies wird u.a. auch beim (gewässerseitigen) Hochwasserrisikomanagement deutschlandweit so praktiziert. Eine Zurückhaltung der Informationen birgt die Gefahr, wegen der Unterlassung der Bekanntmachung in Haftung bzw. Regress genommen zu werden.
- Ein wesentlicher Schlüssel zur Minderung von starkregenbedingten Überflutungsschäden liegt im Objektschutz. Ein Bürger bzw. ein Grundstücksbesitzer kann jedoch nur aktiv werden, wenn er die Gefährdungslage kennt. Ohne eine Vermittlung der bestehenden Überflutungsrisiken beraubt man Grundstückseigentümer um die Chance, sich selbst zu schützen.
- Die Sorge, dass Grundstücke entwertet werden oder Versicherungsprämien in die Höhe schießen, hat sich bislang in keiner Kommune, die Starkregengefahrenkarten veröffentlicht hat, bestätigt. Die Gefahr des "Vermögensverlustes" aufgrund des Versäumens von Schutzmaßnahmen erscheint demgegenüber höher.

Trotz dieses Plädoyers wird empfohlen, die Sachlage juristisch prüfen zu lassen und eine Abstimmung mit den zuständigen Datenschutzbeauftragten zu führen.

### (13) Entwicklung und Etablierung eines dauerhaften Starkregenrisikomanagements auf kommunaler Ebene

Kommunen sind mit dem generellen Risiko, von besonders schweren Regen getroffen werden zu können, konfrontiert. Der Klimawandel wird dieses Risiko in den nächsten Jahrzehnten weiter verstärken. Daher sollte in den Kommunen die Frage aufgeworfen werden, was passiert bei uns bei einem schweren Starkregen? Welche Bereiche sind dann besonders betroffen und welche Maßnahmen können helfen, besonders gravierende Überflutungsschäden zu mindern? Die aktive Beantwortung dieser Fra-

gen zusammen mit der zielgerichteten Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen bezeichnet man als kommunales Starkregenrisikomanagement.

Es wird den saarländischen Kommunen daher empfohlen, ein solches Starkregenrisikomanagement, wie es auch in Kap. 2 skizziert ist, anzustoßen, aufzubauen und im kommunalen Verwaltungsbetrieb zu etablieren. Dies gilt insbesondere für Kommunen, die in den letzten Jahrzehnten von starkregenbedingten Überflutungen weitgehend verschont geblieben sind.

Prof. Dr.-Ing. Marc Illgen

**Hochschule Kaiserslautern - University of Applied Sciences**

Professur Siedlungswasserwirtschaft  
Fachbereich Bauen und Gestalten



Kaiserslautern, den 8. April 2019

## 6 LITERATUR

- BBodSchV (1999/2017): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554); zuletzt geändert durch Art. 3 Abs. 4 V v. 27.9.2017 I 3465
- DIfU (2018): Kommunale Überflutungsvorsorge - Planer im Dialog; <https://difu.de/publikationen/2018/kommunale-ueberflutungsvorsorge-planer-im-dialog.html>
- DWA (2013) Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), DWA-Themen T1/2013, ISBN 978-3-944328-14-0.
- DWA (2016) Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Merkblatt M 119, Hennef, Germany
- Fuchs L, Schmid N (2015) Comparison of three different modeling approaches for the simulation of flooding in urban areas. Proc 10th UDM Mont-Saint-Anne, Quebec, Canada
- Illgen M (2017) Starkregen und urbane Sturzfluten: Handlungsempfehlungen zur kommunalen Überflutungsvorsorge. In: Porth M, Schüttrumpf H: Wasser, Energie und Umwelt, Springer Vieweg, ISBN 978-3-658-15922-1, p 20-30
- Illgen M, Benden J, Scheid C, Lennartz G, Broesi R, Leinweber U und Schmitt TG (2018): Multifunktionale urbane Retentionsräume - Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem praxisorientierten Forschungsprojekt MURIEL. In KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 2/2018, p 94-99
- Löwe R, Urich C, Sto. Domingo N Mark O, Deletic A, Arnbjerg-Nielsen K (2017): Assessment of urban pluvial flood risk and efficiency of adaptation options through
- LUBW (2016): Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/starkregen](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/starkregen)
- MULNV (2018): Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement; Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen; <https://www.flussgebiete.nrw.de/arbeitshilfe-kommunales-starkregenrisikomanagement-verfuegbar-7994>
- ReStra (2015): Wissensdokument: Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation, Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen (ReStra)
- Landezine (2018): Ramboll Studio Dreiseitl - Copenhagen Strategic Flood Masterplan. Landezine - Society for Promotion of Landscape Architecture, <http://www.landezine.com/index.php/2015/05/copenhagen-strategic-flood-masterplan-by-atelier-dreiseitl/>

WHG (2009/2018): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585); zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 4.12.2018 I 2254

## 7 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Bildimpressionen lokaler Sturzflutereignisse	4
Abb. 2:	Starkregenrisikomanagement und seine Bausteine	6
Abb. 3:	Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge (DWA, 2016)	10
Abb. 4:	Abgrenzung bzw. Übergang vom kommunalen Überflutungsschutz zum Starkregenrisikomanagement (MULNV, 2018)	11
Abb. 5:	Beispiele einer wassersensiblen Straßengestaltung (Restra, 2015; Landezine, 2018)	13
Abb. 6:	Starkregengerechte Gestaltung von Einlaufbauwerken mit Raumrechen (DWA, 2013)	14
Abb. 7:	Öffentliche Grünfläche als multifunktionaler Retentionsraum für Starkregen	15
Abb. 8:	Prinzip einer multifunktionalen urbanen Retentionsfläche zur Überflutungsvorsorge	16
Abb. 9:	Beispiele technisch-konstruktiver Objektschutzmaßnahmen (DWA, 2013)	18
Abb. 10:	Beispiel einer Fließwegekarte aus einer rein topografischen GIS-Analyse	23
Abb. 11:	Ergebnisbeispiel einer topografischen Analyse mit statischer Volumebetrachtung (Fließwege, Wassertiefen in Geländesenken)	24
Abb. 12:	Beispiel einer Überflutungskarte auf Basis einer 2D-Oberflächenabflussberechnung	26
Abb. 13:	Beispiel einer Überflutungskarte auf Basis einer 1D/2D-Abflusssimulation	28
Abb. 14:	Beispiel einer Kartendarstellung mit Überflutungsausdehnung bei drei Starkregenszenarien und Kennzeichnung von besonderen Risikoobjekten (Geomer, Wadern, 2018)	31
Abb. 15:	Beispiel einer Starkregenrisikokarte mit kombinierter Darstellung von gebäudebezogenen Risikoklassen und Überflutungstiefen	32
Abb. 16:	Exemplarische Kartenausschnitte der Gefahrenkarten mit Darstellung der maximalen Fließtiefen je Ereignis (links: 50 mm, rechts 100 mm)	36
Abb. 17:	Exemplarische Kartenausschnitte der Tiefenkarten (60 mm und 120 mm, o.l. und o.r.), der Ausdehnungskarten (u.l.) und der Fließgeschwindigkeitskarten (u.r.)	38
Abb. 18:	Exemplarisch Kartenausschnitt der Fließwege- und Senkenkarte (DGM1)	40
Abb. 19:	Gegenüberstellung der Ergebnisse der Fließweganalyse (oben), des hydraulischen Grobmodells (hN = 100 mm, Mitte) und des hydraulischen Feinmodells (hN = 100 mm, unten)	44
Abb. 20:	Gegenüberstellung der Ergebnisse der Fließweganalyse (links), des hydraulischen Grobmodells (hN = 50 mm, Mitte) und des hydraulischen Feinmodells (hN = 50 mm, rechts)	45
Abb. 21:	Kartenausschnitt einer Risikokarte mit kombinierter Darstellung gebäudebezogener Gefahrenklassen und Fließtiefen (Starkregenszenario 100 mm)	46

## 8 TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Vor- und Nachteile der Veröffentlichung von Starkregengefahrenkarten	20
Tab. 2:	Gegenüberstellung der Methoden zur Analyse der Starkregengefährdung	29
Tab. 3:	Merkmale der Pilotbetrachtungen	33