

# Starkregen – Urbane Sturzfluten 4.0

Fortschreibung der Studie Niederschlagswasser vom Mai 2016

Anpassung der quantitativen Niederschlagswasserbeseitigung an den Klimawandel

Hintergründe – Risiken – Vorsorgemaßnahmen



Univ.-Prof. Dr.-Ing. F. Wolfgang Günthert

Simon Faltermaier, M.Sc.

Bernd Schneider, B. Sc.

Fotomotive der Titelseite

Oben: Starkregenereignis, das den Austritt von Wasser aus der Kanalisation an die Oberfläche zeigt und die Überflutung der Straße zur Folge hat.

Unten links: Gefahrenstelle Kellereingang in ein Haus.

Unten rechts: Starkregengefahrenkarte.

Auftraggeber

Bundesverband Deutscher Baustoff- Fachhandel e.V. (BDB)

Am Weidendamm 1A

10117 Berlin

Auftragnehmer

Univ.-Prof. Dr.-Ing. F.W. Günthert

an der Universität der Bundeswehr München

Institut für Wasserwesen

Herthastraße 49

80639 München

München, Mai 2016

Fortsetzung, August 2018

Diese Studie wurde aufgrund wissenschaftlicher und eigener Erfahrungen erarbeitet. Die Quellenangaben erfolgten nach wissenschaftlichen Regeln. Die Abbildungen sind entweder mit Quellenangaben versehen oder selbst angefertigt. Vor einer weiteren Veröffentlichung ist ggf. das Urheberrecht zu prüfen. Die Abbildungen 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 36 und 37 wurden nach Originalvorlagen von der Agentur Heinrich grafisch bearbeitet.

## Kurzfassung

Durch die zunehmenden Starkregenereignisse in den letzten Jahren sind Bürger und Kommunen mehr sensibilisiert. Lokale extreme Niederschläge, ohne nennenswerte Vorwarnzeit, führen im urbanen Raum zu hohen Schäden an Gebäuden, Infrastruktur und gestalteter Natur. Diese Schäden machen inzwischen 50 % der Überflutungsschäden aus.

Seltene Starkregenereignisse können von den zumeist unterirdischen Kanälen und Versickerungsanlagen nicht aufgenommen werden und überfluten dann Straßen, Keller und andere Einrichtungen. Privatpersonen und private Einrichtungen verfügen meist nicht über die Fachinformationen und vertrauen auf die öffentlichen Entwässerungseinrichtungen und werden dann von solchen Ereignissen überrascht.

Anhand einer Ereignisdatenbank zu Extremwetterereignissen von 2008 sowie weiteren neueren Erhebungen wurde gezeigt, dass Starkregenereignisse von kurzer Dauer und hoher Intensität überall in Deutschland, vorwiegend in den Sommermonaten, auftreten. Besonders gefährdete Objekte sind Wohn- und Industriegebäude, Infrastruktureinrichtungen und Verkehrsanlagen. Die Höhe der Schäden nimmt immer mehr zu. Insbesondere Gebäude sind vielfältigen Gefahren durch Kellerabgänge und Lichtschächte, sowie fehlender oder nicht funktionierender Rückstausicherung in der Gebäudeentwässerung ausgesetzt.

Zur Vorsorge vor den Gefahren dieser Starkregenereignisse werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

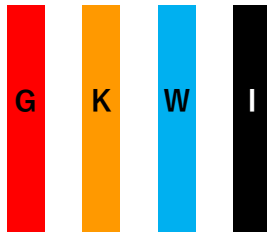
- Niederschlags- und Abflussmessungen mit aktuellen hydraulischen Nachweisen des Entwässerungssystems (Überflutungsnachweis)
- Gefährdungsanalyse und Gefahrenkarte der betroffenen Gebiete und Objekte
- Integraler und multifunktionaler Überflutungsschutz mit Regenwassermanagement (Versickerung, Rückhalt und Verdunstung)
- Objektschutz (Kellerabgänge, Lichtschächte, Grundstücksentwässerungsanlage u.a.)
- Anpassung des Entwässerungssystems und Einbindung von Verkehrs- und Freiflächen
- Information und Beratung der möglichen Betroffenen

Vorgaben hierzu sind sowohl im Baugesetzbuch als auch in den Wassergesetzen enthalten, die bei Planungen und Genehmigungen umzusetzen sind.

Der Gesetzgeber, Bundesländer und Kommunen haben in den letzten Jahren zwar auf diese Ereignisse reagiert, aber in den Kommunen und in vielen Bereichen wurden noch zu wenige Vorkehrungen ergriffen, um durch vorsorgende und schützende Maßnahmen (s.o.) die Betroffenen vor den größten Schäden zu bewahren.

## Kernaussagen und Forderungen der Studie auf einen Blick:

### Betroffene Akteure



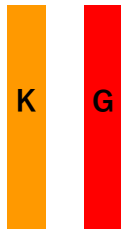
- G Grundstückseigentümer
- K Kommune (Entwässerung, Bauamt, o.ä.)
- W Wasserwirtschaft (Staatliche Behörden)
- I allgemeine Informationen



**Für die Prognose und Nachbereitung von Starkregenereignissen sind in Siedlungsgebieten eine ausreichende Anzahl an Niederschlagsmessstationen in Kombination mit Radarmessungen zu errichten und zu betreiben.**



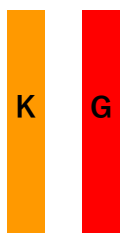
S. 28



**Zur Abflussreduzierung sollen alle Möglichkeiten des Regenwassermanagements mit Rückhalt, Versickerung und Verdunstung genutzt werden.**



S. 31



**Niederschlagswasser soll, soweit dies technisch und wasserwirtschaftlich möglich ist, versickert werden.**



S. 33

G

**Hausentwässerungsanlagen müssen so ausgelegt werden, dass Abwasser bis zur Rückstauenebene schadlos in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden kann bzw. nicht in die Hausentwässerungsanlage eindringen kann.**

S. 37K

**Überflutungsnachweise für die zu schützenden Gebiete sind für die aktuelle Bebauung und Oberflächengestaltung erforderlich, um gegebenenfalls notwendige Sanierungs- und Schutzmaßnahmen auszuführen.**

S. 39K

**Zur Anpassung der Kanalisation an veränderte Risiken durch den Klimawandel sind die Bemessungsabflüsse bei Bedarf, insbesondere bei vermehrten Überflutungsereignissen, angemessen zu erhöhen.**

S. 40G

**Für alle Gebäude besteht unabhängig von der Lage die Gefahr von Wasserschäden. Alle möglichen Gefahrenstellen müssen daher überprüft werden und Vorsorgemaßnahmen für die gefährdeten Bereiche ergriffen werden. Kellerabgänge, Lichtschächte und Grundstücksentwässerungsanlagen sind dabei besonders zu beachten.**

S. 43

**K**

**Es ist eine Überprüfung erforderlich, welche Flächen überflutet werden (Überflutungsnachweis), welche Flächen unbedingt frei von Überflutungen gehalten werden müssen und welche Flächen überflutet werden können und in das Abflussgeschehen mit einbezogen werden können.**

  
S. 44**K****W**

**Für unterirdische Verkehrsanlagen (Unterführungen, Tunnelbauwerke) sind die Bemessungsregen mit der geringsten Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. die strengsten Nachweise für die Überflutungshäufigkeit anzusetzen, da dies die empfindlichsten Verkehrsanlagen sind.**

  
S. 46**I**

**Starkregen und Schadensereignisse können überall in Deutschland auftreten, wobei Bayern, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen stärker gefährdet sind als die anderen Bundesländer.**

  
S. 51**I**

**Am häufigsten von Starkregenereignissen sind Gebäude, Infrastruktur und Verkehr betroffen. Die häufigsten Schäden waren überflutete Keller, beschädigte Häuser, überflutete Tiefgaragen sowie Störungen bei den Verkehrswegen.**

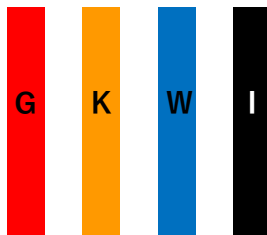
  
S. 53



**Wegen der Zunahme der Schadenssummen infolge von Starkregenereignissen wird eine umfassende Fortschreibung der Daten zu Schadenskategorien und Starkregenereignissen als Grundlage für weitere Maßnahmen dringend empfohlen.**



S. 55



**Die Analyse von Überflutungsgefährdungen und der Schadenspotentiale mit einer Risikokommunikation ist wichtiger Bestandteil einer integralen Überflutungsvorsorge.**



S. 63



**Der ganzheitliche Überflutungsschutz besteht aus dem Entwässerungssystem mit Regenwassermanagement, den Verkehrs- und Freiflächen und dem Objektschutz. Hierfür müssen Grundstückseigentümer, kommunale und staatliche Behörden und Ämter zusammenarbeiten.**



S. 68



**Vorsorgemaßnahmen beginnen bei kurzfristigen, kleinräumigen Maßnahmen (Objektschutz) und müssen mit großräumigen, langfristigen Maßnahmen (Kanalnetzausbau, Flächenvorsorge) fortgeführt werden.**



S. 70

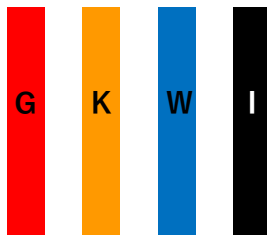




**Ausgewertete Starkregenereignisse in Deutschland zeigen die unerwarteten Niederschläge, die hohen Schäden sowie Konsequenzen daraus.**



S. 73



**Die Strategie der LAWA für ein effektives Starkregenrisikomanagement ist eine wichtige Informationsquelle für die Bundesländer, Kommunen, Verwaltungen, Bürger und Unternehmen.**



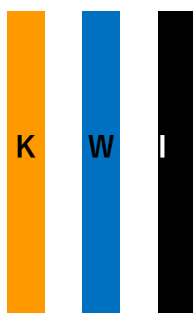
S. 78



**Sowohl im Baugesetzbuch als auch in den Wassergesetzen sind zur Vorsorge und zum Schutz vor urbanen Sturzfluten Vorgaben enthalten, die bei Planungen und Genehmigungen umzusetzen sind. Dazu sind in der Bauleitplanung Maßnahmen zur Verminderung und Rückhaltung des Oberflächenabflusses vorzusehen. Im Rahmen der Generalentwässerungsplanung ist eine Überprüfung des Entwässerungssystems erforderlich, um gefährdete Gebiete zu ermitteln und das Haftungsrisiko für den Entwässerungsverpflichteten zu reduzieren.**



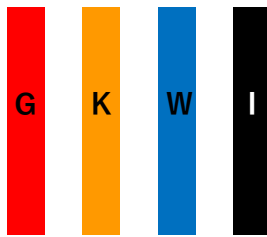
S. 87



**Die DIN EN 752 ist die technische Regel für die Siedlungsentwässerung, die für Planung, Bau und Betrieb alle technischen Vorgaben beinhaltet, auch unter Berücksichtigung des Überflutungsschutzes durch kanalindizierte Überflutungen.**



S. 93



**Kommunale Beispiele verschiedener deutscher Städte zeigen die Vorgehensweise zur Starkregenvorsorge mit Gefahrenkarten auf.**



S. 101



**Erstellung von Gefahrenkarten durch Kommunen muss verpflichtend gefordert werden.**

**Alle potentiellen Gefahrenereignisse müssen berücksichtigt werden.**

**Weitere Förderungsmöglichkeiten müssen geprüft werden.**

**Berücksichtigung des Regenwassermanagements in der Bauleitplanung.**

**Öffentlichkeitsarbeit und Risikokommunikation erforderlich.**



S. 102

## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Kurzfassung .....   | 3  |
| Kernaussagen und Forderungen der Studie auf einen Blick: .....  | 4  |
| Inhaltsverzeichnis .....  | 10 |
| Abbildungsverzeichnis .....   | 13 |
| Tabellenverzeichnis .....   | 16 |
| 1. Einleitung .....   | 17 |
| 2. Klima, Niederschlag, Sturzfluten und Abflussgeschehen im urbanen Raum .....                                | 19 |
| 2.1. Klimaprojektionen .....  | 19 |
| 2.1.1. Globale Klimamodelle .....   | 19 |
| 2.1.2. Regionale Klimamodelle .....   | 20 |
| 2.1.3. Das Projekt „Klimaanpassungsstrategien zur Überflutungsvorsorge<br>verschiedener Siedlungstypen“ ..... | 22 |
| 2.2. Niederschlag – Abflussbildung – Entwässerung .....   | 24 |
| 2.2.1. Niederschlags– und Abflussbildung .....  | 25 |
| 2.2.2. Charakterisierung von Starkregen .....   | 26 |
| 2.2.2.1. Konvektiver Starkregen .....   | 26 |
| 2.2.2.2. Prognose von Dauer und Intensität der Starkregenereignisse .....                                     | 26 |
| 2.2.3. Niederschlagsmessung .....   | 27 |
| 2.2.4. Abflussbildung .....   | 29 |
| 2.2.5. Abflusskonzentration .....   | 31 |
| 2.3. Siedlungsentwässerung .....  | 32 |
| 2.3.1. Abwasserarten .....  | 32 |
| 2.3.2. Entwässerungsverfahren im urbanen Raum .....   | 33 |
| 2.3.3. Belastungsbildung - Gesamtniederschlag .....   | 35 |
| 2.3.4. Abflussgeschehen im Kanalnetz .....  | 35 |
| 2.3.4.1. Einstau .....  | 35 |
| 2.3.4.2. Überlastung .....  | 36 |
| 2.3.4.3. Überstau .....   | 36 |
| 2.3.4.4. Überflutung .....  | 37 |
| 2.3.5. Dimensionierung und Nachweis von Entwässerungssystemen .....   | 38 |
| 2.3.5.1. Bemessung von Kanalnetzen .....  | 38 |
| 2.3.5.2. Überflutungsnachweis .....   | 38 |
| 2.3.5.3. Anpassung der Kanalisation an veränderte Risiken durch Klimawandel ...                               | 39 |
| 3. Gefährdungen von Gebäuden .....  | 40 |
| 4. Gefährdung von öffentlichen Flächen und Einrichtungen .....  | 44 |
| 4.1. Siedlungsflächen .....   | 44 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 4.2.     | Unterführungen und Tunnelbauwerke .....  | 45 |
| 5.       | Risiken durch urbane Sturzfluten.....  | 47 |
| 5.1.     | Risiko der einzelnen Bundesländer .....  | 47 |
| 5.2.     | Schadenskategorien und Schadensumfang .....  | 52 |
| 5.3.     | Starkregenereignisse in Baden-Württemberg .....  | 56 |
| 5.4.     | Entwicklung von Starkregen in Deutschland.....   | 57 |
| 6.       | Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen .....  | 61 |
| 6.1.     | Integrale Überflutungsvorsorge .....   | 61 |
| 6.2.     | Überflutungsschutz durch multifunktionale Flächennutzung .....   | 63 |
| 6.3.     | Multidimensionale Anpassungsstrategie.....   | 69 |
| 7.       | Starkregenereignisse in deutschen Kommunen .....   | 70 |
| 8.       | Rechtliche Rahmenbedingungen.....  | 73 |
| 8.1.     | Hochwasserschutzgesetz II und Änderungen im Wasserhaushaltsgesetz.....   | 73 |
| 8.2.     | Regelungen und Vorgaben einzelner Bundesländer.....  | 75 |
| 8.2.1.   | LAWA Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement.....  | 75 |
| 8.2.2.   | Starkregenstrategien einzelner Bundesländer .....  | 78 |
| 8.2.2.1. | Baden-Württemberg: „Leitfaden kommunales<br>Starkregenrisikomanagement in Baden -Württemberg“ (LUBW 2016) .....  | 78 |
| 8.2.2.2. | Bayern: „Integrale Konzepte zum kommunalen Sturzflut-<br>Risikomanagement“ (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und<br>Verbraucherschutz 2017)..... | 79 |
| 8.2.2.3. | Niedersachsen: „Leitfaden zur Starkregenvorsorge“ (INKOKA 2016) .....  | 79 |
| 8.2.2.4. | Rheinland-Pfalz: „Starkregen – Was können Kommunen tun?“ (ibh und<br>WBH 2013) .....   | 80 |
| 8.2.2.5. | Hamburg: „RISA – RegenInfraStrukturAnpassung – Leben mit Wasser“<br>(RISA 2012) .....  | 80 |
| 8.2.2.6. | Bremen: Praxisleitfaden – „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit<br>vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“ (HSB 2017).....         | 80 |
| 8.2.2.7. | Sachsen-Anhalt: Beratungsleitfaden – „Bodenerosion und Sturzfluten“<br>(LLG 2018) .....  | 81 |
| 8.2.2.8. | Nordrhein-Westfalen .....  | 81 |
| 8.2.2.9. | Weitere Bundesländer.....  | 82 |
| 8.3.     | Klimaangepasste Bauleitplanung .....   | 82 |
| 8.4.     | Vorgaben für die Entwässerung .....  | 83 |
| 8.4.1.   | Das Wasserhaushaltsgesetz .....  | 83 |
| 8.4.2.   | Landeswassergesetze am Beispiel des Bayerischen Wassergesetzes<br>(BayWG) .....  | 84 |
| 8.4.2.1. | Zielsetzung des integralen Überflutungsschutzes.....   | 84 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 8.4.2.2. | Regelung zur Abwasserbeseitigungspflicht .....   | 84  |
| 8.4.3.   | Zuständigkeiten bei Abwasserleitungen .....  | 85  |
| 8.4.4.   | Rechtsentscheidungen bezüglich der erforderlichen Leistungsfähigkeit des<br>Kanalnetzes .....  | 86  |
| 8.5.     | Neue technische Regeln (DIN, DWA).....   | 88  |
| 8.5.1.   | DWA Merkblatt M 553 Hochwasserangepasstes Planen und Bauen, November<br>2016   | 88  |
| 8.5.2.   | DWA Merkblatt M 119 Risikomanagement in der kommunalen<br>Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen, November 2016..... | 88  |
| 8.5.3.   | Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement, DIN<br>EN 752, Juli 2017 .....  | 90  |
| 8.6.     | Beispiele kommunaler Starkregenvorsorge und Maßnahmen .....  | 93  |
| 8.6.1.   | Umsetzung von Gefährdungs- und Risikoanalysen in deutschen Städten .....   | 93  |
| 8.6.2.   | Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in der<br>Landeshauptstadt München, Oktober 2016 .....                                | 95  |
| 8.6.3.   | Köln.....  | 99  |
| 8.6.4.   | Ditzingen .....  | 100 |
| 9.       | Starkregenwarnungen .....  | 101 |
| 10.      | Defizite in der Starkregenvorsorge.....  | 101 |
| 11.      | Schlussfolgerungen und Ausblick .....  | 103 |
|          | Anhang.....  | 112 |
|          | Anhang 1 - Begriffsdefinitionen.....   | 112 |
|          | Anhang 2 – Mittlere Abflussbeiwerte .....  | 116 |
|          | Anhang 3 - Bemessungsregenhäufigkeiten .....   | 117 |
|          | Anhang 4 - Überflutungshäufigkeiten.....   | 117 |
|          | Anhang 5 – Festsetzungsmöglichkeiten nach BGB .....  | 118 |
|          | Anhang 6 - Fotodokumentation .....   | 125 |
|          | Fotodokumentation von Starkregenereignissen .....  | 125 |
|          | Fotodokumentation von Gefahrenstellen.....   | 129 |
|          | Fotodokumentation von Maßnahmen.....   | 130 |
|          | Bildnachweis .....   | 134 |

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Prognose der globalen durchschnittlichen Niederschlagsentwicklung (IPCC 2014a).....   | 20 |
| Abbildung 2: Prognose Lufttemperatur 2021-2050 (Deutscher Wetterdienst 2015) .....   | 21 |
| Abbildung 3: Prognose Lufttemperatur 2071-2100 (Deutscher Wetterdienst 2015) .....   | 21 |
| Abbildung 4: Prognose Niederschlag Winter 2021-2050 (Deutscher Wetterdienst 2015) ..   | 22 |
| Abbildung 5: Prognose Niederschlag Sommer 2021-2050 (Deutscher Wetterdienst 2015)<br>.....   | 22 |
| Abbildung 6: Liste von Fallbeispielen und Referenzprojekten zur Anpassung an den<br>Klimawandel im Städtebaulichen Kontext (BBSR 2013) .....   | 24 |
| Abbildung 7: Bestandteile des Niederschlags-Abflussprozesses im urbanen Raum.....  | 25 |
| Abbildung 8: Niederschlagsmessstation (Typ: Pluvio Fa. Ott, Kempten) nach dem Wäge-<br>Prinzip: (a) AuSSenansicht, (b) Sammelbehälter, (c) Wägezelle (Fotos: Metzner 2015) ..  | 27 |
| Abbildung 9: Stadtgebiet Ingolstadt mit Lage des Einzugsgebietes des Kanalnetzes<br>(graue Flächen), Lage der Niederschlagsmessstationen (dunkelblau) und Lage der<br>virtuellen Radarmessstation (rot). (Foto: Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR) ..... | 29 |
| Abbildung 10: Niederschlags-Abflussprozess mit Regenwassermanagement (LfU<br>2013)(nach LfU 2013) .....  | 31 |
| Abbildung 11: Abwasserarten (Thimet und Günthert 2017) .....   | 32 |
| Abbildung 12: Entwässerungsverfahren (Thimet und Günthert 2017) .....  | 34 |
| Abbildung 13: Einstau (nach Schmitt 1996) .....  | 35 |
| Abbildung 14: Überlastung (nach Schmitt 1996) .....  | 36 |
| Abbildung 15: Überstau (nach Schmitt 1996) .....   | 36 |
| Abbildung 16: Überflutung (nach Schmitt 1996) .....  | 37 |
| Abbildung 17: Mögliche Gefahrenstellen für Gebäude.....  | 41 |
| Abbildung 18: Gefahrenstellen an Gebäuden. Kellereingang (I) und Tiefgaragenzufahrt<br>(R) (Fotos: Günthert 2015).....   | 42 |
| Abbildung 19: Kellerlichtschacht (Foto: MEA Water Management GmbH) .....   | 42 |
| Abbildung 20: Hausentwässerung ohne (links) und mit (rechts) Rückstausicherung.....  | 43 |
| Abbildung 21: Unterführungsbauwerk als Tiefpunkt der Entwässerung (Foto: Günthert<br>2015).....  | 46 |
| Abbildung 22: Überflutete Unterführung (Foto: Stadtentwässerung München).....  | 47 |
| Abbildung 23: Erfasste Sturzflutereignisse in URBAS Datenbank (Stand 31.09.2007)<br>(Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008) .....   | 49 |

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 24: Verteilung der erfassten Starkregenereignisse nach Bundesländern<br>(Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008).....   | 50 |
| Abbildung 25: Verteilung der erfassten Starkregenereignisse bezogen auf den<br>Siedlungsflächenanteil der einzelnen Bundesländer (Hydrotec Ingenieurgesellschaft für<br>Wasser und Umwelt mbH et al. 2008) .....                            | 51 |
| Abbildung 26: Häufigkeit der betroffenen Schadenskategorien (Hydrotec<br>Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008).....  | 52 |
| Abbildung 27: Schadenmeldungen und Schadensumfang der Kategorie „Gebäude“<br>(Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008).....  | 53 |
| Abbildung 28: Schadenmeldungen und Schadensumfang der Kategorie "Infrastruktur"<br>(Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008).....  | 54 |
| Abbildung 29: Erhebung der Schadenssummen 1990 bis 2005 (Hydrotec<br>Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008).....  | 55 |
| Abbildung 30: Starkregenereignisse in Baden Württemberg 1980 bis 2016 (LUBW 2016)<br>.....  | 56 |
| Abbildung 31: Unwetter in Deutschland: Gesamtzahl der Niederschlagsstunden im<br>Zeitraum 2001-2016 mit Überschreitung der Warnschwellen (LAWA 2018) .....  | 57 |
| Abbildung 32: Entwicklung von Starkregenereignissen in Deutschland von 1996 bis 2014<br>(Stern Magazin 2017) .....  | 58 |
| Abbildung 33: Räumliche Verteilung der Starkniederschlagshöhe (in mm) nach KOSTRA-<br>DWD-2010 für die Dauerstufe D = 60 min und das Wiederkehrintervall $T_n = 10$ a (1951<br>bis 2010, Monate Januar bis Dezember) (Quirnbach 2017) ..... | 59 |
| Abbildung 34: Entwicklung von Starkregen in der Emscher-Lippe Region und von<br>Jahresniederschlagssummen in Nordrhein-Westfalen und in der Emscher-Lippe Region<br>(Quirnbach et al. 2015) .....   | 60 |
| Abbildung 35: Integrale Überflutungsvorsorge .....  | 62 |
| Abbildung 36 Stufenkonzept zur Erstellung einer urbanen Gefahrenkarte (Dr. Pecher AG<br>2014).....  | 63 |
| Abbildung 37: Verschiedene Einlaufsysteme (Fotos: Funke Kunststoffe GmbH, aco<br>tiefbau gmbh) .....  | 64 |
| Abbildung 38: Gründach einer Garage im urbanen Bereich (Foto: Günthert 2015).....   | 65 |
| Abbildung 39: Retentionsdach (ZinCo GmbH).....  | 65 |
| Abbildung 40: Fünf Elemente des Überflutungsschutzes im urbanen Raum (nach Krieger<br>und Fröbe 2014) .....   | 67 |

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 41: Elemente des Überflutungsschutzes (DWA AG ES 2.5 2008) .....  | 68  |
| Abbildung 42: Multidimensionale Anpassung an das Risiko Urbaner Sturzfluten (RWB = Regenwasserbehandlung).....  | 69  |
| Abbildung 43: Zuständigkeitsgrenzen bei Grundstücksentwässerungsanlagen (Thimet und Günthert 2017) .....  | 85  |
| Abbildung 44: Zyklus des kommunalen Risikomanagements Überflutungsschutz (Krieger und Schmitt 2015) aus (DWA 2016a) .....   | 89  |
| Abbildung 45: Beispiel einer Risikokarte (Kartenausschnitt) mit kombinierter Darstellung ereignisbezogener Wasserstände (Überflutungsgefahren) und Gebäude- und anlagenbezogener Schadenspotenziale (Illgen 2015) Aus (DWA 2016a) ..... | 90  |
| Abbildung 46: Übersichtskarte der befragten 17 Städte (Krieger und Schmitt 2018) .....  | 95  |
| Abbildung 47: Übergeordnete Bereiche, Themen mit Handlungsbedarf und Handlungsfelder (RGU 2016) .....   | 96  |
| Abbildung 48: Maßnahmen AG Niederschlag und Wasser - Teil 1 (RGU 2016) .....  | 97  |
| Abbildung 49: Maßnahmen AG Niederschlag und Wasser - Teil 2 (RGU 2016) .....  | 97  |
| Abbildung 50: Gefahrenkarten Köln (Stadtplan: oben; Luftbild: Unten) (StEB Köln 2018) .....   | 99  |
| Abbildung 51: Beispiel einer Gefahrenkarte aus dem Einzugsgebiet der Glems (LUBW 2016).....   | 100 |
| Abbildung 52: Extremniederschlag in Dortmund vom 26.06.2008 (Foto: Erhardt 2008 in Grünewald (2009)) .....  | 125 |
| Abbildung 53: Überflutung Gewerbegebiet Baiersdorf bei Forchheim (Foto Freiwillige Feuerwehr Stadt Baiersdorf (Brunner 2008)) .....   | 125 |
| Abbildung 54 Auswirkungen einer Sturzflut im Innenstadtbereich (Foto: Wupperverband (Scheibel 2013)) .....  | 126 |
| Abbildung 55: Überlastete Ablaufrinne infolge eines Starkregenereignisses (Foto: Wupperverband (Scheibel 2013)) .....   | 126 |
| Abbildung 56: Überfluteter Verkehrsraum nach einem Starkregenereignis (Foto: Wupperverband (Scheibel 2013)) .....   | 127 |
| Abbildung 57: Überflutete Landstrasse während eines Starkregenereignisses (Foto: Deutscher Wetterdienst (Becker 2014)) .....  | 127 |
| Abbildung 58: Überflutung der Unterführung Verdistrasse in München 20111 © (Foto: Stadtentwässerung München) .....  | 128 |



|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 59: Überflutung der Unterführung Verdistrasse in München 2011 (Foto: Stadtentwässerung München) .....                | 128 |
| Abbildung 60: Gefahrenstelle Kellerabgang (Foto: Günthert 2015) .....  | 129 |
| Abbildung 61: Gefahrenstelle Tiefgaragenzufahrt (Foto: Günthert 2015) .....  | 130 |
| Abbildung 62: Terrassenzugang höhergesetzt für zusätzlichen Überflutungsschutz (Foto: Günthert 2015) .....                     | 130 |
| Abbildung 63: Höhergesetzter Hauseingang (Foto: Günthert 2015) .....   | 131 |
| Abbildung 64: Gemauerter Schutz gegen Oberflächenwasser vor Kellerfenster (Foto: Günthert 2015) .....                          | 132 |
| Abbildung 65: Entsiegelte Garagenzufahrt zur Verminderung und Verzögerung des Oberflächenabflusses (Foto: Günthert 2015) ..... | 132 |
| Abbildung 66: Retentions- und Versickerungsanlage (FOTO: Fränkische 2018).....   | 133 |
| Abbildung 67: Dachbegrünung als ein Element der Entwässerung (Foto: GÜnthert 2017) .....                                       | 133 |

## Tabellenverzeichnis

|   |     |
|---|-----|
| Tabelle 1: Empfohlene Häufigkeiten als mögliche Vorsorge für Auswirkungen des Klimawandels (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2009).....       | 39  |
| Tabelle 2: AG Niederschlag und Wasser (RGU 2016) .....  | 98  |
| Tabelle 3 Empfohlene mittlere Abflussbeiwerte $\psi$ m von Einzugsgebietsflächen für Berechnungen (nach DWA (2007)) .....                     | 116 |
| Tabelle 4: Beispiele für Bemessungsregenhäufigkeiten für Rohre, die ohne Überlastung lediglich vollgefüllt sind (DIN EN 752:2017) .....       | 117 |
| Tabelle 5: Beispiele für Bemessungskriterien für kanalindizierte Überflutungen für stehendes Wasser aus Überflutungen (DIN EN 752:2017) ..... | 117 |

## 1. Einleitung

Mit extremen Temperaturen und stärkeren Niederschlägen im Sommer nehmen die Menschen subjektiv die Klimaveränderung wahr. Auch objektiv finden immer häufiger die Wetterereignisse den Weg in die Versicherungsstatistiken und werden in den Medien erwähnt. Katastrophenereignisse mit Hochwasser an Elbe und Donau, mit großflächigen Überschwemmungen sowie plötzlichen Starkregen mit lokalen Überflutungen haben in den vergangenen Jahren zu hohen Sachschäden und zu Todesfällen geführt.

Hochwasser und Überflutungen durch Starkregen können verschiedene Ursachen und Folgen haben. Während Hochwasserereignisse in großen Flusseinzugsgebieten, wie Elbe oder Donau, Vorwarnzeiten von mehreren Tagen für die betroffenen Gebiete haben, kann bei Sturzfluten infolge lokaler Starkregenereignisse in kleinen Gebieten, wie in Dortmund, Münster, Simbach und Braunsbach meist kaum bzw. nur kurz vorgewarnt werden. Dies hat zur Folge, dass Sachwerte und Menschenleben bei sogenannten urbanen Sturzfluten extrem bedroht sind. Es entstehen hohe Schäden im urbanen Raum an Gebäuden, Infrastruktur und gestalteter Natur. Die volkswirtschaftlichen Schäden infolge dieser Starkregen belaufen sich nach Schätzungen der Versicherungswirtschaft auf 8 % der Schäden aus Naturgefahren und machen inzwischen ca. 50 % der Überflutungsschäden aus.

Die in Siedlungsgebieten vorhandenen öffentlichen Entwässerungseinrichtungen für Gebäude, Straßen und sonstige Flächen sind aus wirtschaftlichen Gründen für häufiger auftretende Niederschläge ausgelegt. Seltene Starkregenereignisse können von diesen zumeist unterirdischen Kanälen und Versickerungsanlagen nicht aufgenommen werden und überfluten dann Straßen, Keller und andere Einrichtungen. Die besonders stark betroffenen Privatpersonen und privaten Einrichtungen verfügen meist nicht über die Fachinformation und Fachkunde, vertrauen auf die öffentlichen Entwässerungsanlagen und werden dann von solchen Ereignissen unvorbereitet überrascht.

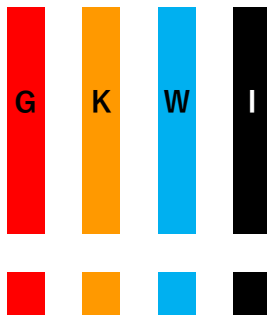
Ziel dieser Studie ist es, über Ursachen, Gefahren und Risiken von Sturzfluten zu informieren und deutlich zu machen, dass diese Ereignisse überall eintreten können, sowie Vorsorgemaßnahmen im urbanen Raum aufzuzeigen. In der Fortschreibung „Starkregen – Urbane Sturzfluten 4.0“ werden folgende Fragen aufgegriffen:

- Wie haben sich die Starkregen-Ereignisse in den letzten Jahren entwickelt? (s. Kap. 5.3 und 5.4)
- Welche Randbedingungen (Flächenverbrauch u.a.) beeinflussen zusätzlich das Entwässerungssystem? (s. Kap. 2.2 und 2.3)
- Welche gesetzlichen Anpassungen beinhalten das Thema Starkregen? (s. Kap. 8)
- Welche technischen Regelwerke bezüglich der Starkregen-Überflutungsvorsorge sind in der Zwischenzeit veröffentlicht worden? (s. Kap. 8.5)

- Wie haben Länder und Kommunen auf die Zunahme der Starkregen-Gefahr reagiert? (s. Kap. 8.2)
- Welche Defizite bestehen in der Starkregen-Vorsorge? (s. Kap. 10)
- Welche Maßnahmen sind erforderlich für einen besseren Starkregenschutz? (s. Kap. 6, 8.3, 8.4)

Diese Studie soll als Ratgeber für Politik und Bürger dienen. Überflutungsvorsorge ist eine Aufgabe unserer kommunalen Gemeinschaft. Sie wirkt nur, wenn alle Beteiligten - Privatpersonen, Behörden und Kommunen - zusammenarbeiten und jeder seinen Teil dazu beiträgt.

Um einen schnellen Blick auf die wesentlichen Ergebnisse und Forderungen dieser Studie zu erhalten, werden die Kernaussagen mit folgenden farbigen Balken am Seitenrand für die jeweiligen Betroffenen ergänzt:



- **G Grundstückseigentümer**
- **K Kommune (Entwässerung, Bauamt, o.ä.)**
- **W Wasserwirtschaft (Staatliche Behörden)**
- **I allgemeine Informationen**

## **2. Klima, Niederschlag, Sturzfluten und Abflussgeschehen im urbanen Raum**

Klima, Temperatur, Niederschlag und Abfluss hängen sehr eng zusammen und werden häufig im Zusammenhang mit Hochwasser und Überschwemmungen in den Medien aufgeführt. Deshalb sollen diese Begriffe im Folgenden erläutert werden, um die Zusammenhänge besser zu verstehen.

Das Klima der Bundesrepublik wird u.a. von der geographischen Lage, der Topographie, sowie Wind beeinflusst. Insgesamt befinden wir uns in einem warmgemäßigten Regenklima der mittleren Breiten. Wesentlich ist der ozeanische Einfluss, welcher von Nordwest nach Südost abnimmt und für milde Winter und nicht zu heiße Sommer sorgt. Zudem spielt die Topographie eine entscheidende Rolle. Windströmungen in Richtung Süden bringen die feuchten, ozeanischen Luftmassen an die Mittel- und Hochgebirge, wo sich diese abregnen. Diese Gebiete sind besonders niederschlagsreich. Im Osten Deutschlands, weiter entfernt vom Atlantik und mit weniger Erhebungen gibt es im Vergleich dazu nur sehr geringen Niederschlag. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Wettereinflüsse und -bedingungen für die unterschiedlichen Regionen Deutschlands.

### **2.1. Klimaprojektionen**

Das Klima wird aus aufgezeichneten Wetterdaten von Niederschlag, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Wind, etc. ermittelt. Klimadaten sind nur großräumig und für Mittelwerte verfügbar. Klimamodelle versuchen aus der Entwicklung der historischen Daten Abschätzungen für die Entwicklung in der Zukunft zu geben. Je nach Modell ergeben sich große Variationen. Diese Modelle eignen sich daher nur bedingt zur Prognose von lokalen Einzelereignissen und leisten somit nur geringe Unterstützung für die Dimensionierung wasserwirtschaftlicher Anlagen.

Dennoch besteht für die Zukunft die Notwendigkeit zur Anpassung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur an den Klimawandel auf Basis einer Risikoabschätzung. Für das Risiko muss die Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmter Niederschlagsereignisse und das dadurch verursachte Schadensausmaß ermittelt werden. Für die Anpassung an Starkregenereignisse muss folglich sowohl die jährliche Wiederkehrhäufigkeit, als auch deren Intensität (in mm/h oder l/(s\*ha)) abgeschätzt werden. Beide Faktoren versucht man u.a. mithilfe von regionalen Klimamodellen abzuschätzen und vorherzusagen.

#### **2.1.1. Globale Klimamodelle**

Globale Klimamodelle sind, je nach Zeitpunkt der Entwicklung und der verfolgten Zielstellung, unterschiedlich detailliert aufgebaut. Zum einen gibt es historisch gewachsene Modelle, die häufig nur Prozesse in der Atmosphäre betrachten und weitere Rahmenbedingungen (wie Vorgänge im Ozean und auf der Landoberfläche) nur als feste Parameter einfließen lassen. Die neueste Generation der Klimamodelle stellen die sogenannten „Earth System Models (ESM)“ dar, welche die wichtigsten physikalischen Vorgänge in der Erdatmosphäre, den Ozeanen und der Erdoberfläche

abbilden können und zudem auf Annahmen über weltweite Entwicklungs- und Emissionspfade zurückgreifen. Die Modelle prognostizieren eine zukünftig großräumig veränderte Niederschlagsverteilung, die sich aus der höheren Wärmeenergie in der Atmosphäre und dem daraus resultierenden veränderten globalen Wasserkreislauf ergibt. Die Abbildung 1 zeigt die prozentuale Veränderung des Niederschlags für den Zeitraum bis zum Ende dieses Jahrhunderts. Je dunkler das Blau umso höher werden die Niederschläge, je dunkler das Rot umso trockener werden diese Regionen. In den höheren Breiten werden in Zukunft mehr Niederschläge erwartet, in den meisten subtropischen Regionen wird von einer Abnahme der Niederschläge ausgegangen. Diese Prognosen stimmen mit Beobachtungen bei der globalen Niederschlagsentwicklung überein (s. IPCC 2014).

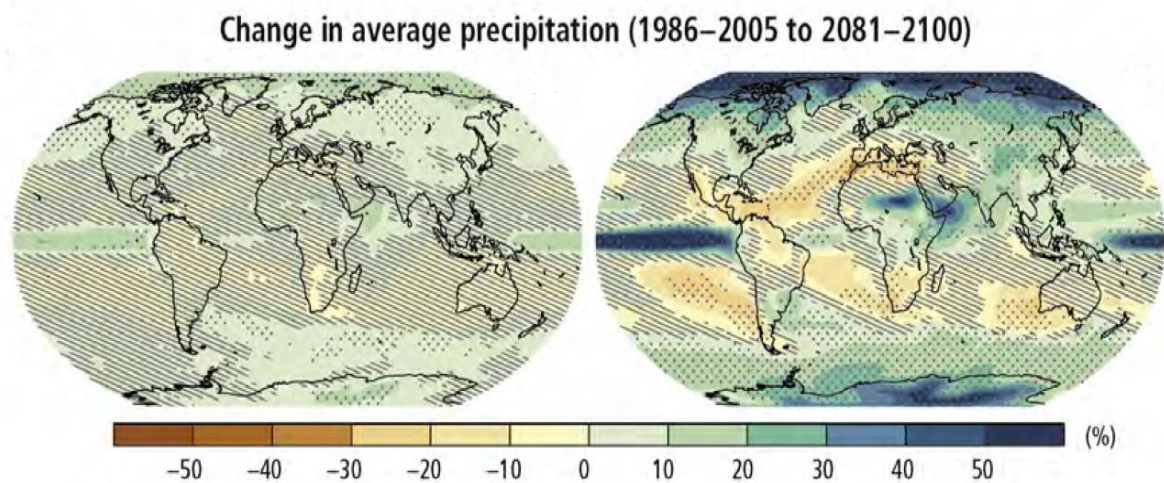


ABBILDUNG 1: PROGNOSE DER GLOBALEN DURCHSCHNITTLICHEN NIEDERSCHLAGSENTWICKLUNG (IPCC 2014A)

### 2.1.2. Regionale Klimamodelle

Die derzeit eingesetzten globalen Klimamodelle mit einer Gitterweite  $\geq 120$  km (Benden 2014) können keine differenzierten Aussagen für die einzelnen Regionen Deutschlands treffen. Hierzu sind kleinräumigere Klimaprojektionen auf lokaler oder regionaler Ebene nötig.

In Deutschland wird insbesondere im Winter für den Zeitraum 2021 - 2050 eine Erwärmung um 0,5 - 1,5 ° C und im Zeitraum 2071 - 2100 um 1,5 - 3,5 ° C im Vergleich zum Kontrollzeitraum 1961 - 1990 erwartet (Bundesregierung 2008; Walkenhorst und Stock 2009; IPCC 2014). Diese Prognosen werden durch den „deutschen Klimaatlas“ des Deutschen Wetterdienstes unterstützt (erreichbar unter [www.dwd.de](http://www.dwd.de)), wie Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen.

Zeitfenster: 2021 - 2050

Zeitfenster: 2071 - 2100

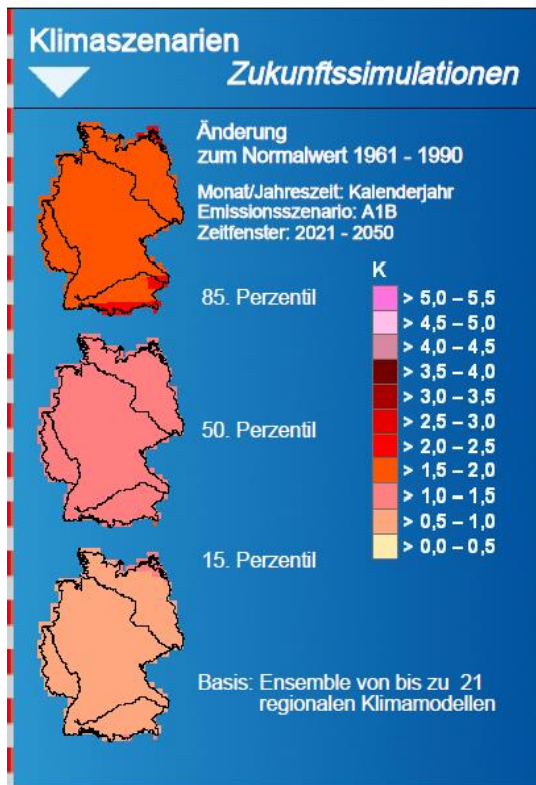


ABBILDUNG 2: PROGNOSE LUFTTEMPE-  
RATUR 2021-2050 (DEUTSCHER WETTER-  
DIENST 2015)

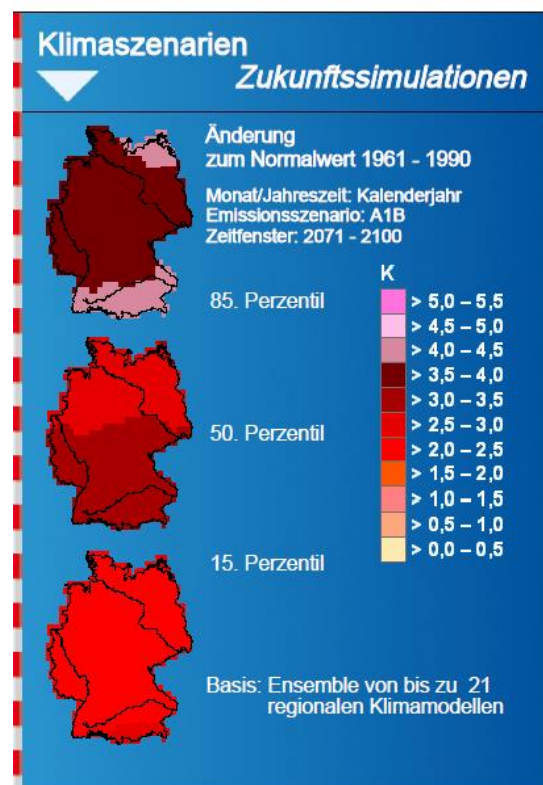


ABBILDUNG 3: PROGNOSE LUFTTEMPE-  
RATUR 2071-2100 (DEUTSCHER WETTER-  
DIENST 2015)

Neben der Temperatur wird sich auch die regionale Niederschlagscharakteristik hinsichtlich Häufigkeit, Intensität und Dauer verändern. Bedingt durch die globale Erwärmung und den höheren Wasserdampfanteil in der Luft werden die Niederschlagsmengen generell ansteigen und sich von den Sommermonaten in die Wintermonate verschieben. Deutschlandweit werden die Sommerniederschläge insbesondere im Süden und Nordosten des Landes um bis zu 40 % zurückgehen, während im Winter eine Zunahme um bis zu 40 % vorhergesagt wird (Bundesregierung 2008). Diese Tendenz ist bereits heute vielerorts feststellbar und wird im deutschen Klimaatlas (Abbildung 4 und Abbildung 5) als Ergebnis verschiedener gekoppelter regionaler Modelle abgebildet.

Zeitraum: 2021 - 2050

Zeitraum: 2021 - 2050

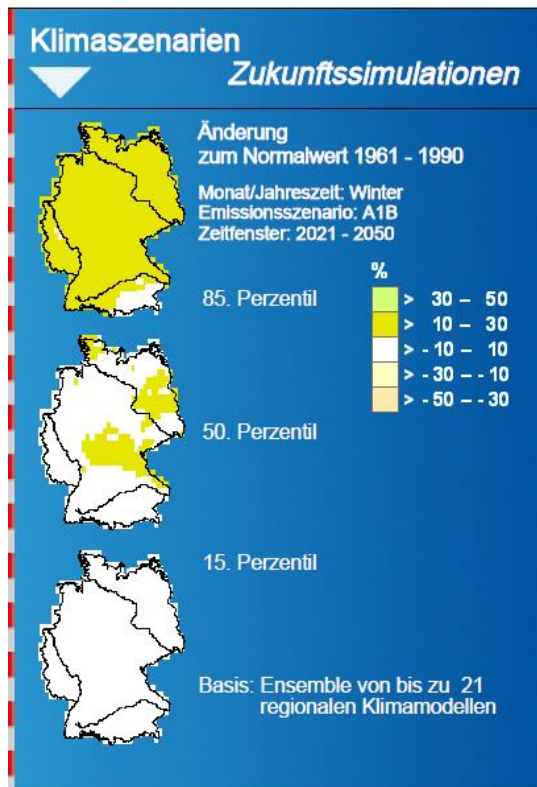


ABBILDUNG 4: PROGNOSE NIEDERSCHLAG WINTER 2021-2050 (DEUTSCHER WETTERDIENST 2015)

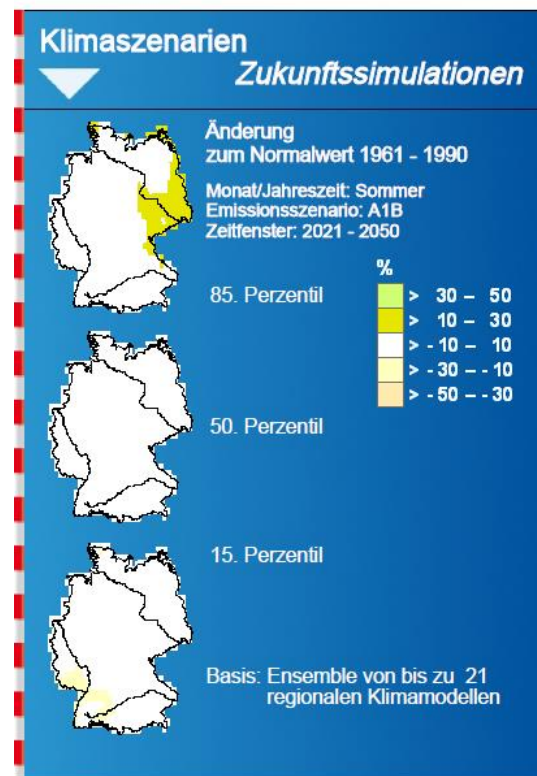


ABBILDUNG 5: PROGNOSE NIEDERSCHLAG SOMMER 2021-2050 (DEUTSCHER WETTERDIENST 2015)

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muss immer auf die Unsicherheiten bei der Prognosegüte hingewiesen werden. Diese steigen, je kleiner das Untersuchungsgebiet bzw. je kleiner der Bilanzierungsraum wird. Gerade sehr seltene Extremwetterereignisse können daher kaum prognostiziert werden.

### 2.1.3. Das Projekt „Klimaanpassungsstrategien zur Überflutungsvorsorge verschiedener Siedlungstypen“

Der Klimawandel stellt durch zunehmende Extremwetterereignisse neue Herausforderungen an die Stadtentwicklung. Schäden an der Infrastruktur sind dabei insbesondere von Starkregenniederschlägen zu erwarten. Neben extremen Hitzewellen stellen diese auch eines der größten Risiken für die Einwohner dar, z.B. durch umfallende Bäume bzw. einzelne herabfallende Äste sowie durch rasch abfließendes Oberflächenwasser. Dies konnte beispielsweise im Juni 2013 im Ruhrgebiet beobachtet werden. Dort gingen innerhalb von kurzer Zeit 60 mm Niederschlag nieder und dies obwohl der Raum bereits wenige Jahre zuvor von unwetterartigen Starkregenereignissen betroffen war.

Zu großräumigen Niederschlagsereignissen mit längeren Dauerstufen (> 12 h) können inzwischen Aussagen über Veränderungen in Folge des Klimawandels getroffen werden. Für kurze Dauerstufen (< 1 h), mit typischerweise sehr hohen Intensitäten, sind noch keine Aussagen möglich. Diese

finden räumlich begrenzt statt und können nur durch Messungen mit sehr hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung erfasst werden. Zwar ist es mittlerweile möglich, diese kurzen Starkregenereignisse zu erfassen und zeitnah vorherzusagen, wie z.B. über die Radar-Online-Niederschlagsvorhersage (RADVOR-OP) des DWD. Es fehlen jedoch für eine Prognose noch flächendeckende und langjährige Messreihen.

Auch wenn noch keine wissenschaftlich fundierte Prognose möglich ist, so ist aufgrund der Korrelation mit anderen Parametern von einer Zunahme der Extremereignisse auszugehen (Deutschländer und Dalelane 2012). Maßgeblich beeinflusst werden Starkregenereignisse vom zunehmenden Energiegehalt der Atmosphäre, welcher durch den Trend der Temperaturzunahme bedingt ist. Grünewald (2009) empfiehlt daher insbesondere sogenannte vorbeugende „no regret“ Maßnahmen zur ergreifen, welche man auch dann nicht bereut, wenn die Vorhersagen so nicht eintreffen würden. Hierzu zählt z.B. die Aufwertung des Stadtbildes durch Entsiegelung und Schaffung natürlicher Retentionsräume oder auch die Renaturierung kleiner Bachläufe in der Stadt zur Verbesserung der natürlichen Entwässerung.

Eine Liste verschiedener Fallstudien und Konzepte, erstellt im Rahmen des Projekts „Klimaanpassungsstrategien zur Überflutungsvorsorge verschiedener Siedlungstypen“ (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung 2013), befindet sich in Abbildung 6. Zur Überflutungsvorsorge sind acht Fallstudien und vier Referenzprojekte aufgeführt. Zur Vorsorge wild abfließenden Wassers sind je zwei Fallstudien und zwei Referenzobjekte angegeben. Zusätzliche programmatische Ansätze liefern Ideen für eine Anpassung an den Klimawandel im urbanen Raum.

In Kapitel 5 sind aus dem Forschungsprojekt zu Vorhersage und Management von urbanen Sturzfluten (URBAS - (Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008) zum Stand 2007 erfasste Sturzflutereignisse, Schadenskategorien und Schadensumfang zusammengestellt.



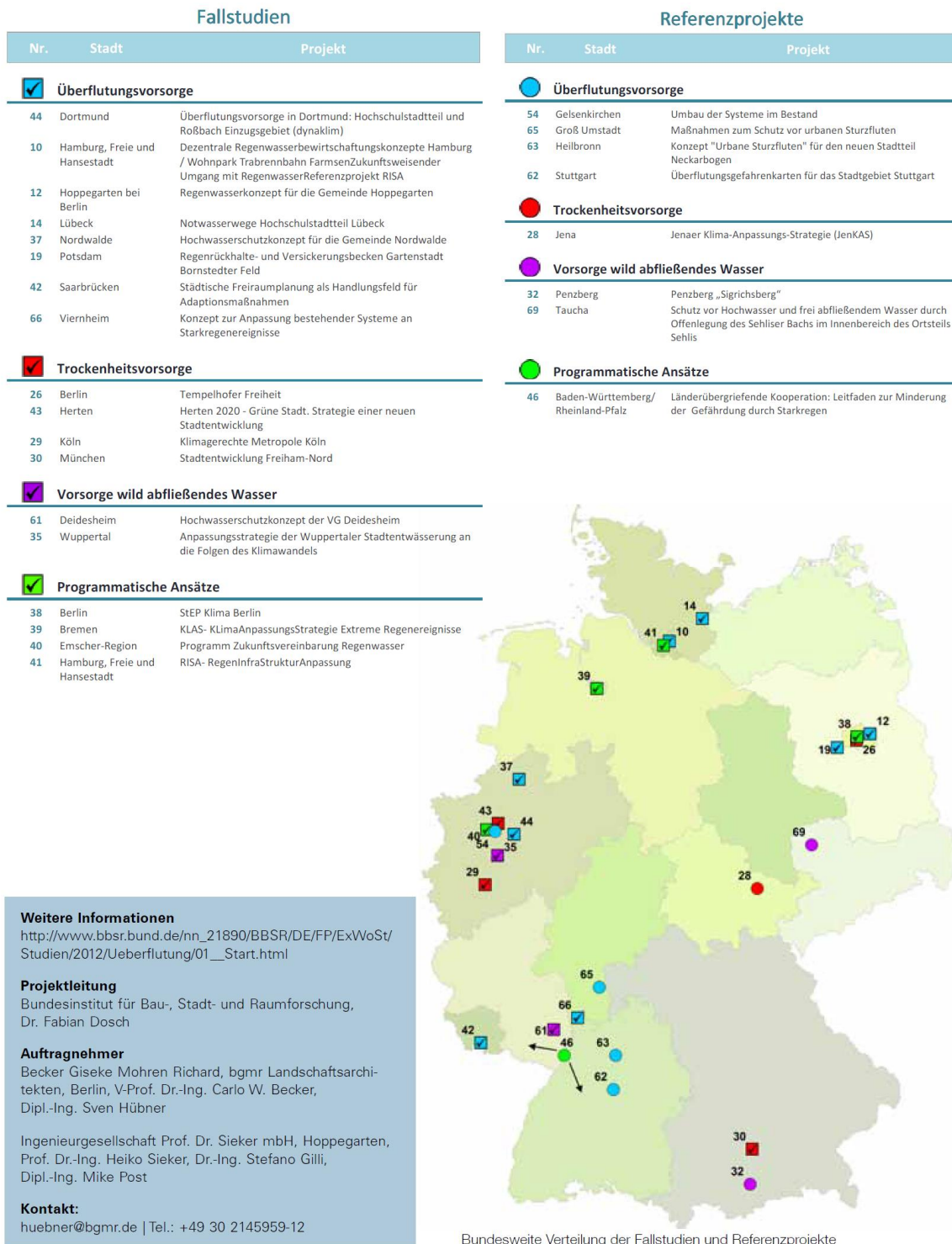


ABBILDUNG 6: LISTE VON FALLBEISPIELEN UND REFERENZPROJEKTEN ZUR ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL IM STÄDTEBAULICHEN KONTEXT (BBSR 2013)

## 2.2. Niederschlag – Abflussbildung – Entwässerung

Globale wie auch regionale Klimamodelle zeigen einen Trend bei der Änderung der Jahresdurchschnittswerte, sowie auch eine Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen

(Walkenhorst und Stock 2009; IPCC). In der fernen Zukunft werden sich insbesondere die Klimasignale „Temperatur“ und „Niederschlag“ stark verändern (Umweltbundesamt 2015). Extremwetterereignisse können entweder über die Auswirkungen oder über die Häufigkeit eines Ereignisses definiert werden. Neben Hitzewellen und Dürren wirken sich in Deutschland Stürme, Hagel, Gewitter und Starkniederschläge auf Gebäude und andere Einrichtungen aus.

Es soll im Folgenden näher auf die Niederschläge, die Abflussbildung und die Auswirkungen insbesondere von Starkregen eingegangen werden.

### 2.2.1. Niederschlags- und Abflussbildung

Abbildung 7 zeigt, wie der auf die Oberfläche gefallene Niederschlag vorwiegend oberflächlich abfließt, sobald die Niederschlagsintensität die Versickerungsrate des Bodens übersteigt.

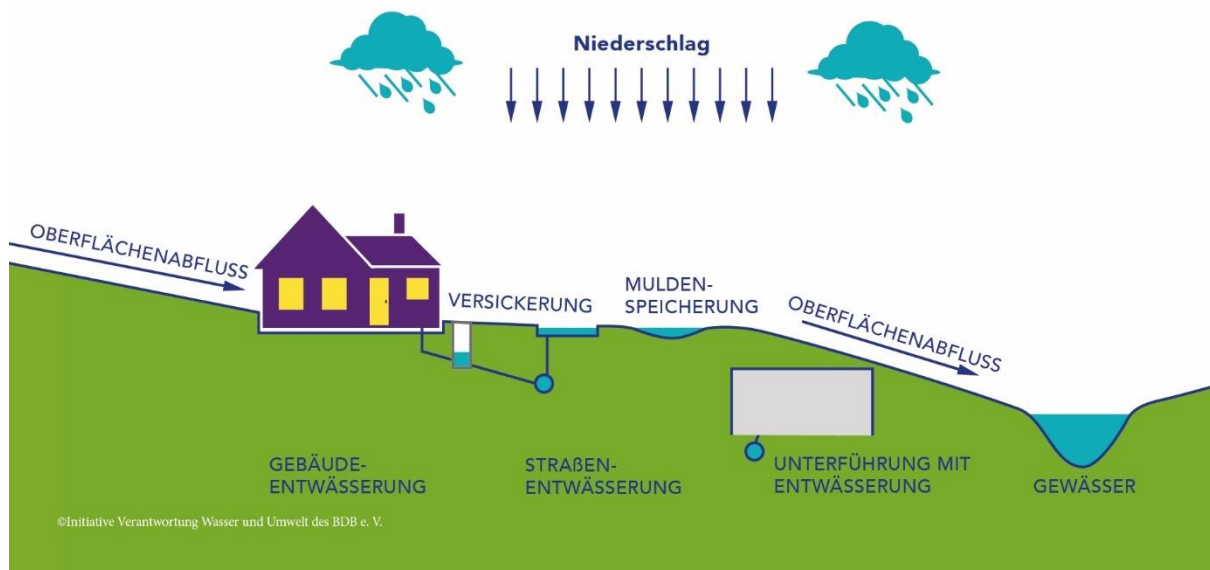


ABBILDUNG 7: BESTANDTEILE DES NIEDERSCHLAGS-ABFLUSSPROZESSES IM URBANEN RAUM

Ein Teil des Niederschlagsabflusses kann in Mulden gesammelt werden, der größte Anteil gelangt jedoch in die künstlichen und natürlichen Entwässerungssysteme (Kanalisation, Gräben), soweit diese aufnahmefähig sind. Wenn die Aufnahmefähigkeit dieser Systeme überschritten ist, bleibt das Niederschlagswasser an der Oberfläche bzw. fließt zu natürlichen Mulden oder künstlichen Tiefpunkten (Unterführungen) und überflutet diese.

## **2.2.2. Charakterisierung von Starkregen**

Man unterscheidet bei Starkregenereignissen zwischen konvektiven und zyklonalen Starkniederschlägen. Im Sommerhalbjahr treten kleinräumige und kurze konvektive Niederschläge („Wärmegewitter“) mit hoher Intensität auf. Häufig gehen damit Sturm oder sogar Hagel und Tornados einher.

Zyklonale Niederschläge erstrecken sich typischerweise über mehrere Tage und über ein deutlich größeres Gebiet. Diese treten vor allem im Winter auf und können daher auch als sehr ergiebige Schneefälle in Erscheinung treten (Binder und Steinreiber 2005).

### **2.2.2.1. Konvektiver Starkregen**

Als Auslöser für urbane Sturzfluten (niederschlagsbedingte Überflutungen im urbanen Raum) sind die konvektiven Niederschläge ausschlaggebend. Diese treten in Erscheinung, wenn die Luft einen hohen Feuchtigkeitsgrad erreicht und die Konvektion starken Luftauftrieb bewirkt. Kühlt sich die feuchte Luft in den höheren Lagen unter den Tau- bzw. Kondensationspunkt ab entstehen Platzregen. Da im Sommer in Europa Erdoberfläche und Luft am wärmsten sind und somit die meiste Feuchtigkeit transportiert werden kann, finden Starkregenereignisse besonders zu dieser Zeit statt (Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008).

Ab welcher Regenmenge, -intensität oder -dauer von einem Starkregenereignis gesprochen wird, ist je nach Fachrichtung unterschiedlich definiert:

Nach Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. (2008) ist ein „Heftiger Starkregen“ ein Ereignis, bei dem mehr als 25 mm pro Stunde bzw. mehr als 35 mm in sechs Stunden Niederschlag fallen und eine Unwetterwarnung ausgegeben wird, entsprechend der Definition durch den DWD. Auch die Versicherungswirtschaft bezieht sich diesbezüglich auf 35 mm in sechs Stunden. Diese Definitionen sind für die Allgemeinheit gültig.

Aus Sicht der Fachleute in der Siedlungswasserwirtschaft sind bei der Definition von Starkregenereignissen auch die örtlichen Verhältnisse zu berücksichtigen. Gemäß DIN EN 752 und dem daraus abgeleiteten DWA Arbeitsblatt A-118 (DWA 2006b) wird bei der Bemessung von Kanälen das örtliche Gefährdungspotential von Überflutungen berücksichtigt. Tritt niederschlagsbedingt an einem Standort Wasser aus einem nach dem Regelwerk bemessenen Kanal aus, so gilt dieses Niederschlagsereignis als „seltener Starkregen“. Sobald das Regenwasser über Verkehrsflächen (Straßen, Parkplätze) hinaustritt, spricht man von einem außergewöhnlichen Starkregen (Schmitt 2011).

### **2.2.2.2. Prognose von Dauer und Intensität der Starkregenereignisse**

Die verschiedenen Klimamodelle gehen davon aus, dass Häufigkeit und Intensität der Starkregenereignisse zunehmen werden. Jedoch ist aufgrund des zu kurzen Beobachtungszeitraums und möglicher anderer Einflüsse, wie z.B. Reliefgestaltung, eine wissenschaftlich fundierte und exakte Prognose nicht möglich. Ferner können durch die klassische punktuelle Niederschlagsmessung nicht

alle kleinräumigen Starkregenereignisse während des Beobachtungszeitraums erfasst worden. Bei einer nachträglichen Digitalisierung von analogen Aufzeichnungen des DWD im Beobachtungszeitraum von 1951 - 2000 ergab sich somit auch keine Veränderung der KOSTRA-Daten im Bereich der 15 min und 60 min Regenspenden über Jährlichkeiten (Bartels et al. 2005). Neuere Datenauswertungen (Malitz 2015) der Reihen hoch aufgelöster Niederschläge haben ergeben, dass es Regionen in Deutschland gibt, für die in Planungsentscheidungen höhere Bemessungsniederschläge als bisher Beachtung finden sollten (itwh 2017).

Für eine flächendeckende Erfassung des Niederschlags bedarf es radargestützter Bodenniederschlagsmessungen, welche sich jedoch noch in der Entwicklungs- bzw. Optimierungsphase befinden. Hier müssen noch weitere Messstationen eingerichtet bzw. verdichtet werden.

### 2.2.3. Niederschlagsmessung

Die genaue Erfassung des Niederschlagsgeschehens ist für hydrologische Betrachtungen sowie zur Planung und Beurteilung von wasserwirtschaftlichen Anlagen von grundlegender Bedeutung. Daher ist es erforderlich, insbesondere in Siedlungsgebieten eine ausreichende Anzahl an Niederschlagsmessstationen zur Verfügung zu haben und diese zu überprüfen und auszuwerten. An die Auswahl und Aufstellung von Niederschlagsmessgeräten (s. **Abbildung 8**) werden technische Anforderungen gestellt (DWA 2011a), deren Erfüllung für die Genauigkeit der Ergebnisse maßgebend ist. Gesicherte Niederschlagsdaten bilden die Grundlage für die Auslegung wasserwirtschaftlicher Anlagen.

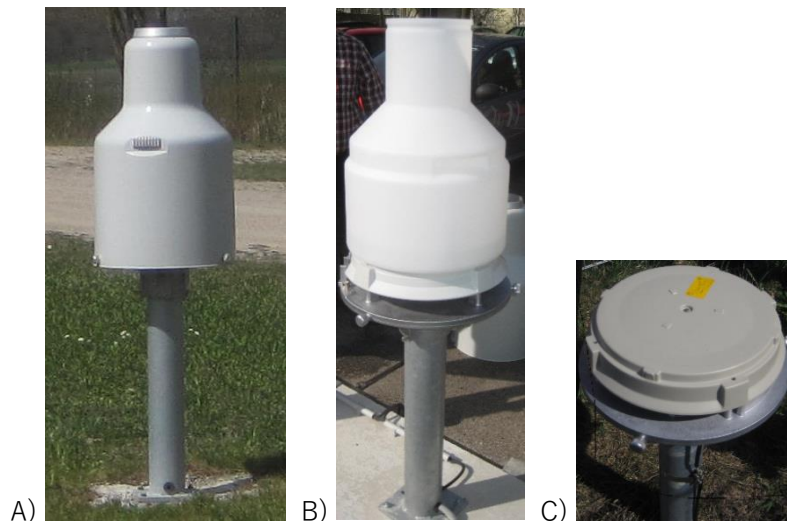


ABBILDUNG 8: NIEDERSCHLAGSMESSSTATION (TYP: PLUVIO FA. OTT, KEMPTEN) NACH DEM WÄGE-PRINZIP: (A) AUSSENANSICHT, (B) SAMMELBEHÄLTER, (C) WÄGEZELLE (FOTOS: METZNER 2015)

Die Daten aus der punktuellen Messung mittels Niederschlagsmessstation gelten erfahrungsgemäß nur für sehr kleine Einzugsgebiete von wenigen Quadratkilometern. Nach Schmitt et al. (2004) können Messungen einer Messstation als repräsentativ für eine Flächengröße von 3 – 5 km<sup>2</sup> angenommen werden. Nach Quirnbach und Schultz (2002) wird ein Abstand zwischen den einzelnen


Messgeräten von  $< 4$  km bzw. mindestens ein Gerät pro  $16 \text{ km}^2$  empfohlen. Im Wesentlichen ist die notwendige Messnetzdicke abhängig von der Art der Nutzung, der Größe und der Topographie des Erfassungsgebietes. Wegen der räumlich begrenzten Aussagekraft von Niederschlagsmessstationen bieten Radarmessungen den Vorteil, den Verlauf eines Niederschlagsgeschehens flächenhaft und online zu erfassen. Nach Pfister et al. (2015) liegt die räumliche Auflösung verschiedener Radarprodukte zwischen  $1$  und  $4 \text{ km}^2$  und die zeitliche Auflösung bei  $5$  bis  $60$  min.

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass sowohl für die Prognose als auch die Nachbereitung von Starkregenereignissen eine Kombination aus Radarmessung und Messstationen sinnvoll ist. Für die Eichung von Radarmessungen sind Niederschlagsmessstationen erforderlich. Becker (2014) zeigt am Beispiel der Stadt Hamburg, dass Radarmessungen beim Vergleich mit punktuellen Messstationen in der Prognose von Starkregenereignissen überlegen sein können. Die Aussage geht soweit, dass radarbasierte Niederschlagsanalysen unverzichtbar für starkregenorientierte Auswertungen sind. Im Beispiel wurden von einer Niederschlagsmessstation im Stadtgebiet  $2 \text{ mm}$  in  $5$  min aufgezeichnet, während mittels Radarmessung  $11,5 \text{ mm}$  in  $5$  min für denselben Standort ermittelt wurden. Die aufgetretenen lokalen Überschwemmungen legen nahe, dass in diesem Fall eine höhere Präzision mit der Radarmessung erreicht wurde (Becker 2014). Der Einsatz von Radardaten bei Emschergenossenschaft und Lippeverband zeigt die zunehmende Bedeutung für die Nachbereitung von Ereignissen auf der Grundlage von Radarniederschlagsinformationen auf (Pfister et al. 2015).

Als Beispiel für eine vorbildliche Gewinnung und Verarbeitung von Messdaten seien hier die Kommunalbetriebe Ingolstadt genannt. Die Stadt Ingolstadt mit rund  $132.000$  Einwohnern (Stand März 2015) erstreckt sich über ein Stadtgebiet von etwa  $133 \text{ km}^2$ . In den Jahren 2013 und 2014 wurden insgesamt sieben repräsentativ über das gesamte Stadtgebiet angeordnete Niederschlagsmessstationen eingerichtet (Abbildung 9).

**K**

**Für die Prognose und Nachbereitung von Starkregenereignissen sind in Siedlungsgebieten eine ausreichende Anzahl an Niederschlagsmessstationen in Kombination mit Radarmessungen zu errichten und zu betreiben.**



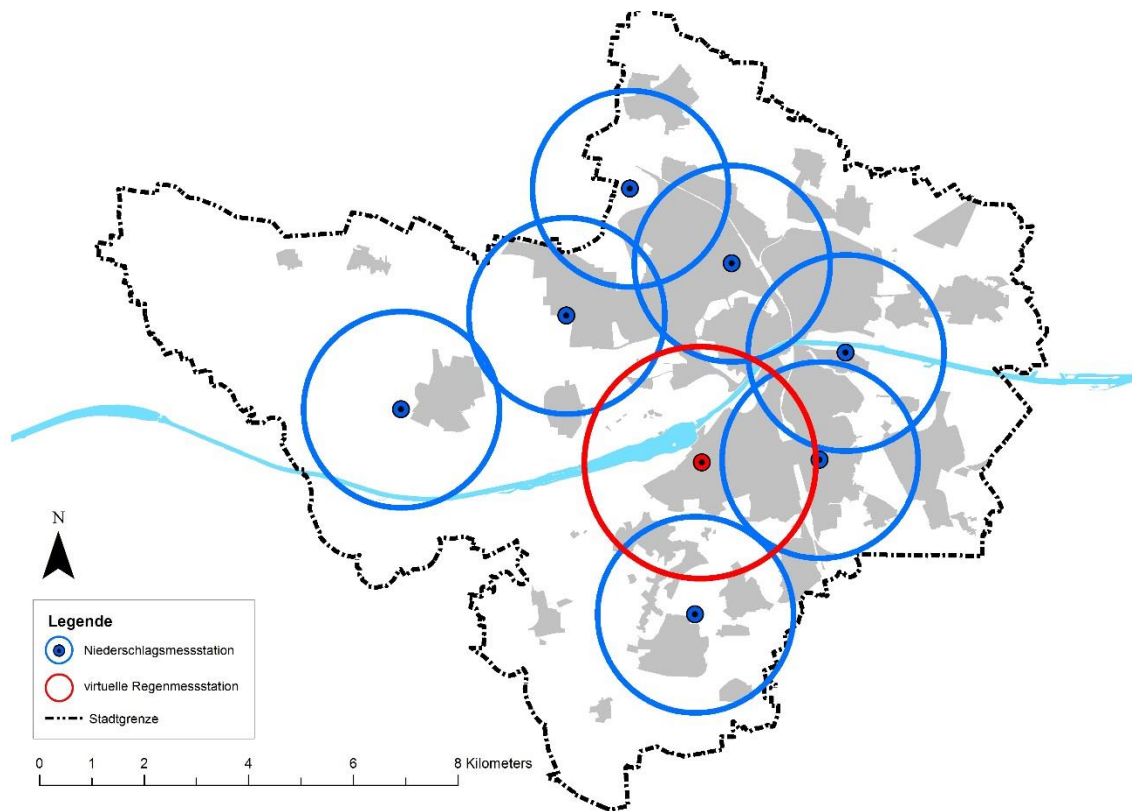


ABBILDUNG 9: STADTGEBIET INGOLSTADT MIT LAGE DES EINZUGSGEBIETES DES KANALNETZES (GRAUE FLÄCHEN), LAGE DER NIEDERSCHLAGSMESSSTATIONEN (DUNKELBLAU) UND LAGE DER VIRTUELLEN RADARMESSSTATION (ROT). (FOTO: INGOLSTÄDTER KOMMUNALBETRIEBE AÖR)

Die Daten werden seit Oktober 2014 in minutengenauer Auflösung geloggt und ausgewertet. Parallel hierzu werden fünf Durchflussmessstationen an repräsentativen Stellen im Kanalnetz betrieben. Durch Prüfalgorithmen werden die Daten kontinuierlich überprüft und validiert. Diese Kombination aus Niederschlags- und Durchflussmessung bietet die Möglichkeit zur ereignisbezogenen Plausibilitätsprüfung der Logdatei während und insbesondere nach einem Niederschlagsereignis. Neben der Verifizierung hydrodynamischer Berechnungen sollen Erfahrungswerte für Zukunftsprognosen zur besseren Anpassung an künftige Starkregenereignisse zur Verfügung gestellt werden.

#### 2.2.4. Abflussbildung

„Unter dem Begriff der Abflussbildung werden die physikalischen Vorgänge zusammengefasst, die die Umwandlung des auf eine Einzugsgebietsfläche gefallenen Niederschlags in den zum Entwässerungssystem gelangenden Abfluss bewirken: Befeuchtung der Oberfläche, Füllung von Mulden, Verdunstung von der Oberfläche und Versickerung in den Boden“ (ATV-DVWK 2004). Hierfür werden die meteorologischen Daten der Niederschläge und der Verdunstung benötigt.

Wegen der Unterschiede im Abflussverhalten unterscheidet man grob zwischen undurchlässig

befestigten Flächen (Straßen, Dächer), nicht befestigten Flächen (Grünflächen, Gärten) und durchlässig befestigten Flächen (Pflasterbeläge, Schotterwege). Je höher der Anteil des Niederschlags der versickert, verdunstet oder an der Oberfläche in Mulden oder durch Benetzung verbleibt ist, desto geringer ist der sogenannte abflusswirksame Niederschlag. Da die verschiedenen Flächen, die im kanalisiertem Einzugsgebiet liegen deutlich unterschiedlich zum Abfluss beitragen können, ist eine sorgfältige Analyse vor Ort zur Abschätzung notwendig. Gemäß der folgenden Formel

$$h_W = \psi_m * h_N$$

$h_W$  Abflusswirksamer Niederschlag [mm]

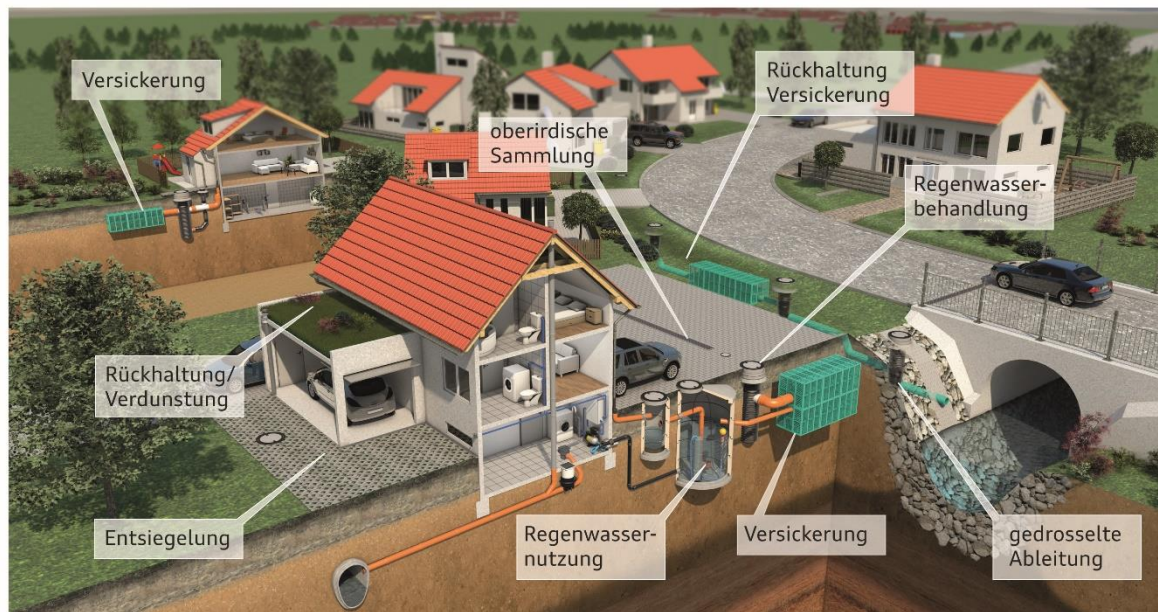
$h_N$  Niederschlagshöhe [mm]

$\psi_m$  Mittlerer Abflussbeiwert [-]

kann die Regenmenge pro Fläche bestimmt werden, die dann abgeleitet wird.

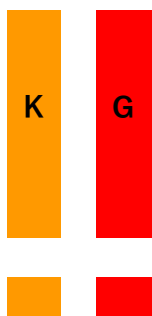
Typische Werte für der mittleren Abflussbeiwert  $\psi_m$  finden sich in DWA (2007) (s. Anhang 2 – Mittlere Abflussbeiwerte).

Es ergibt sich aus obiger Formel, dass gerade im urbanen Raum mit hohem Versiegelungsgrad und nur geringem Anteil an Garten- und Wiesenflächen der abflusswirksame Niederschlag  $h_W$  besonders hoch ist. Daher ist das Ziel der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie eine Reduzierung der Flächeninanspruchnahme bis 2030 auf unter 30 ha/d auch in Hinblick auf die Abflussbildung und die Anpassung der Entwässerungseinrichtung von hoher Bedeutung (LAWA 2018). Auch Möglichkeiten zur Rückhaltung und Verdunstung, beispielsweise durch Mulden oder größere Baum- und Strauchgebiete, sind im urbanen Raum kaum vorhanden. Dennoch sollten alle Möglichkeiten des Regenwassermanagements ausgenutzt werden, um eine Reduzierung des Abflusses zu erreichen, z.B. durch Gründächer und Versickerungsanlagen (s. Abbildung 10).



© Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e.V.

ABBILDUNG 10: NIEDERSCHLAGS-ABFLUSSPROZESS MIT REGENWASSERMANAGEMENT (LFU 2013)(NACH LFU 2013)



**Zur Abflussreduzierung sollen alle Möglichkeiten des Regenwassermanagements mit Rückhalt, Versickerung und Verdunstung genutzt werden.**

### 2.2.5. Abflusskonzentration

Neben dem anfallenden abflusswirksamen Niederschlag (also der Wassermenge die abzuleiten ist) spielt auch die Abflusscharakteristik bei der Einschätzung eines Einzugsgebiets eine wichtige Rolle. „Die Abflusskonzentration beschreibt die Umwandlung des flächenhaft verteilten abflusswirksamen Niederschlags in die am Tiefpunkt der betrachteten Teilfläche entstehende Abflussganglinie. Dabei spielen die Fließvorgänge auf der Oberfläche (Translation) und Verzögerungseffekte (Retention) eine Rolle.“ (ATV-DVWK 2004) Der Einfluss der Oberflächengestaltung ist für undurchlässige befestigte Flächen (z.B. größere Straßen oder Parkplätze) verhältnismäßig einfach und detailliert bewertbar. Auf diesen Flächen beeinflussen nur wenige Parameter den Abflussvorgang. Außerdem liegt dazu eine Vielzahl an Daten vor. Deutlich komplexer gestaltet sich die Berechnung beispielsweise in Wohngebieten mit kleinen Strukturen (Gartenzäune, Bordsteine). Die Fließwege sind dann nur schwer zu prognostizieren. Die Auswirkungen sind zwar bei kleinen und mittleren Niederschlägen stärker als bei starken und extremen Niederschlägen (Assmann 2012), sollten jedoch immer bei Planungen, die den Schutz von Siedlungen sicherstellen, berücksichtigt werden.



### 2.3. Siedlungsentwässerung

Die Entwässerung im urbanen Raum (Siedlungsentwässerung) hat die Funktion, mit ausreichend dimensionierten Abwasseranlagen das gesammelte Abwasser so zu entsorgen, dass hygienisch einwandfreie Zustände und ein entsprechender Entwässerungskomfort (Überflutungsvorsorge) bestehen (DWA 2006a). Hierfür müssen die Anlagen so geplant, betrieben und unterhalten werden, dass sie den Regeln der Technik entsprechen und die wasserwirtschaftlichen Zielvorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) erfüllen (s. Kap. 8.4.1). Zu den Anlagen der Siedlungsentwässerung gehören

- Abwasserkanäle und -leitungen
- Rückhalte- und Versickerungsanlagen
- Behandlungsanlagen für Regen- und Schmutzwasser.

#### 2.3.1. Abwasserarten

Gemäß DIN 4045 werden verschiedene Arten von Abwasser definiert, welche sich in Menge und Charakteristik unterscheiden.

- Schmutzwasser  $Q_s$ : häuslichen, gewerblichen oder industriellen Ursprungs
- Niederschlagswasser  $Q_r$ : durch Regen oder Schneeschmelze
- Fremdwasser  $Q_f$ : beispielsweise durch Fehlan schlüsse oder Grundwasserinfiltration infolge undichter Kanäle

Die Summe aus Schmutzwasser  $Q_s$  und Fremdwasser  $Q_f$  bildet den sogenannten Trockenwetterabfluss  $Q_t$ . Wird zusätzlich Niederschlagswasser  $Q_r$  abgeleitet, so spricht man vom Regen- oder Mischwasserabfluss  $Q_m$  (s. Abbildung 11).



©Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e. V.

ABBILDUNG 11: ABWASSERARTEN (THIMET UND GÜNTHERT 2017)

Die Legaldefinition für Abwasser findet sich in § 54 Abs. 1 WHG:

„Abwasser ist

- das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften verändertes Wasser und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie
- das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelte abfließende Wasser (Niederschlagswasser).“

Demnach ist Niederschlagswasser als Abwasser definiert, unterliegt damit den Anforderungen des Wasserrechts und wird je nach Entwässerungsverfahren beseitigt.

### 2.3.2. Entwässerungsverfahren im urbanen Raum

Man unterscheidet zwischen zwei Typen von Entwässerungsverfahren (s. Abbildung 12). Beim Mischverfahren werden Schmutz- und Niederschlagswasser gemeinsam gesammelt und abgeleitet, während beim Trennverfahren die beiden Abwasserströme separat abgeleitet werden. Für beide Verfahren gibt es zudem verschiedene Modifikationen. Bei beiden Verfahren soll das Schmutzwasser zur Abwasserreinigung abgeleitet werden. Das anfallende und nicht verunreinigte Niederschlagswasser von befestigten Flächen soll versickert werden, soweit dies technisch und wasserwirtschaftlich umsetzbar ist (§ 55 (2) WHG).

Die Wahl des Entwässerungsverfahrens ergibt sich aus den wasserwirtschaftlichen Vorgaben (WHG) und den örtlichen Verhältnissen, zusammenfassend in der DIN EN 752 dargestellt. Einflussfaktoren sind z.B. die Nähe zum Vorfluter, dessen Belastbarkeit, die zu erwartenden Schmutzfrachten des Niederschlagswassers, die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes, der Grundwasserstand sowie die Tiefenlage des Kanals.



**Niederschlagswasser soll, soweit dies technisch und wasserwirtschaftlich möglich ist, versickert werden.**

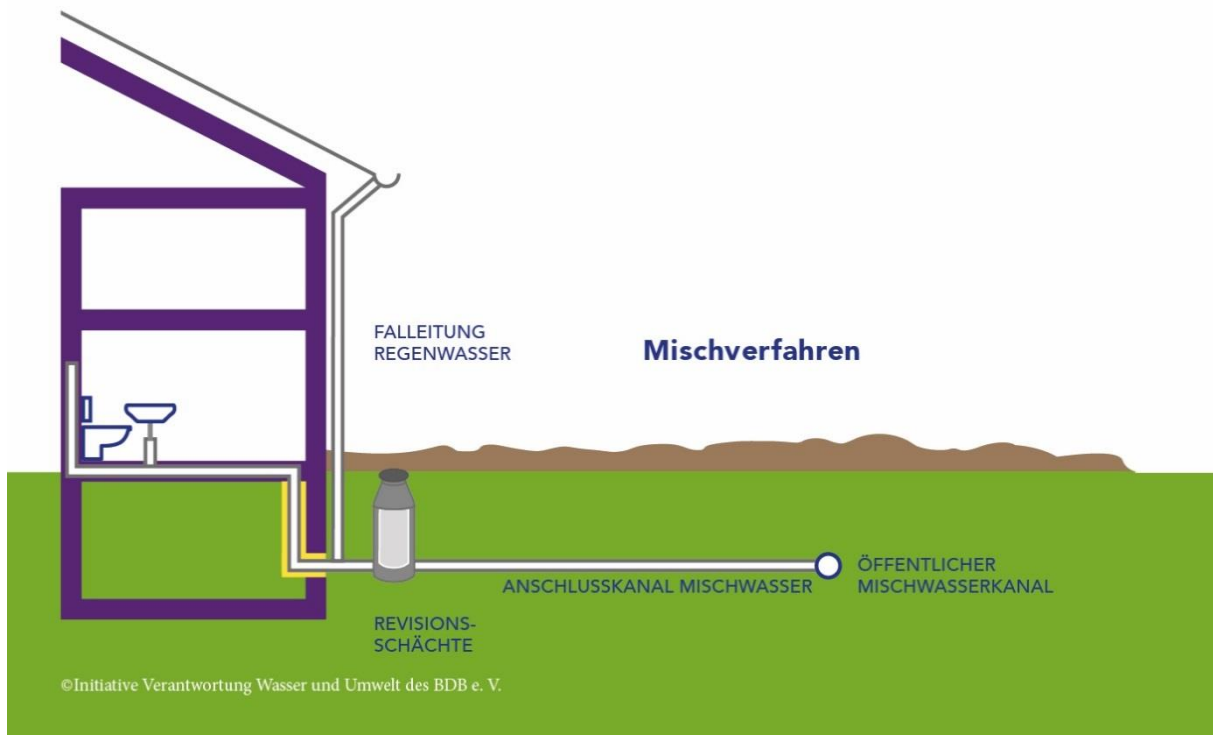
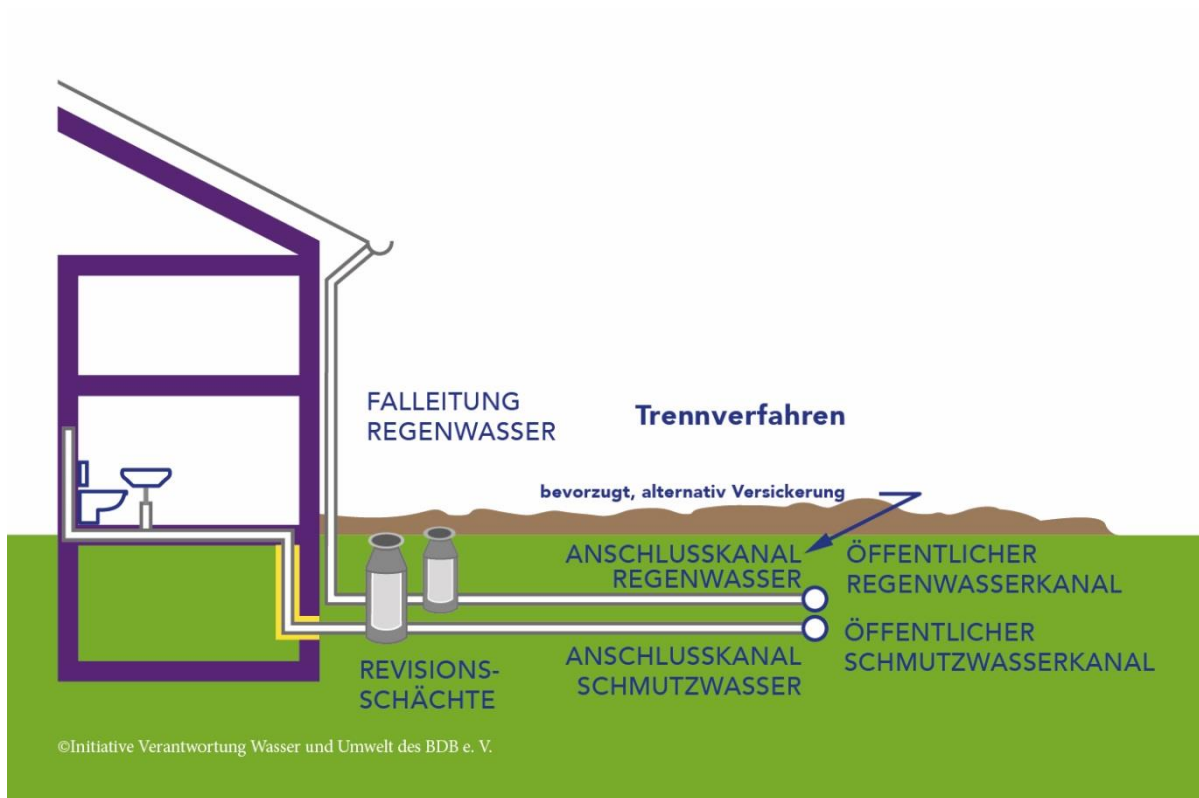


ABBILDUNG 12: ENTWÄSSERUNGSVERFAHREN (THIMET UND GÜNTHERT 2017)

### 2.3.3. Belastungsbildung - Gesamtniederschlag

Das DWA Arbeitsblatt A 531 gibt Handlungsempfehlungen, in welcher Art und Umfang die Regendaten für eine Auswertung beschaffen sein müssen (DWA 2012). Den Berechnungen zugrunde liegen Wiederkehrhäufigkeiten von Regenereignissen (s. Anhang 3 - Bemessungsregenhäufigkeiten). Hier zeigen sich die Herausforderungen bei der Ableitung von klimabedingten Starkregenereignissen. Zum einen ist die Prognose der Regendaten mit den meist nicht ausreichend vorliegenden Daten bereits schwierig, insbesondere von Starkregen für einen Planungszeitraum von 50 - 100 Jahren. Zum anderen handelt es sich bei urbanen Sturzfluten um Regenereignisse, die mit sehr hohen Intensitäten in kurzer Zeit örtlich sehr begrenzt auftreten. Regenmessungen stellen lediglich punktuelle Messungen dar. Besonders starke Regenereignisse mit geringer Ausdehnung in der Fläche sind damit nur schwer zu erfassen und zu prognostizieren. Die Kommunen müssen daher frühzeitig, soweit noch nicht geschehen, ein ausreichendes Niederschlagsmessnetz errichten und betreiben (s. Kap. 2.2.3).

### 2.3.4. Abflussgeschehen im Kanalnetz

Unter den verschiedenen Belastungszuständen im Kanalnetz (Trockenwetterabfluss, Mischwasserabfluss, Starkregen) können verschiedene Zustände im Kanal auftreten, die im Folgenden definiert werden. In den nachfolgenden Abbildungen sind die jeweiligen Wasserspiegel den Fachbegriffen zugeordnet, die für die Bemessung und Nachweise von Bedeutung sind.

#### 2.3.4.1. Einstau

Beim Einstau ist das Rohr voll gefüllt. Es tritt noch keine Überlastung auf (Abbildung 13). Dieser Zustand tritt bei normalen Betriebsbedingungen auf und wird der Bemessung zugrunde gelegt.

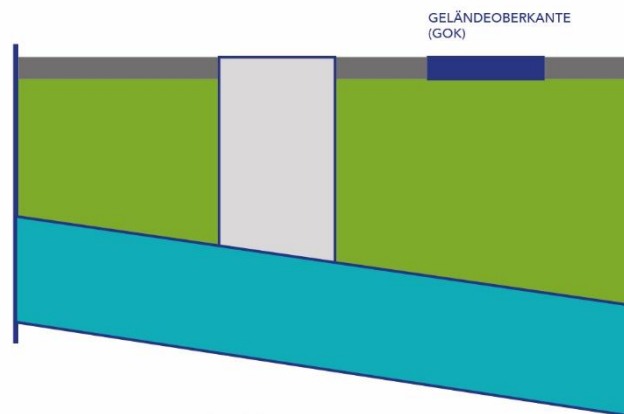


ABBILDUNG 13: EINSTAU (NACH SCHMITT 1996)

### 2.3.4.2. Überlastung

Bei einer Überlastung liegt der Wasserstand über dem Rohrscheitel (Abbildung 14). Dieser Zustand tritt bei Mischwasserabfluss während oder nach einem Regenereignis auf. Schmutzwasser und/oder Niederschlagswasser fließen dann in einem Freispiegelsystem oder in einer Kanalisation unter Druck ab, es gelangt aber kein Abwasser an die Oberfläche und verursacht somit keine Schäden (DIN EN 752). Zuleitungen können eingestaut werden und müssen bei Bedarf gegen Rückstau gesichert werden (s. Kapitel 3).

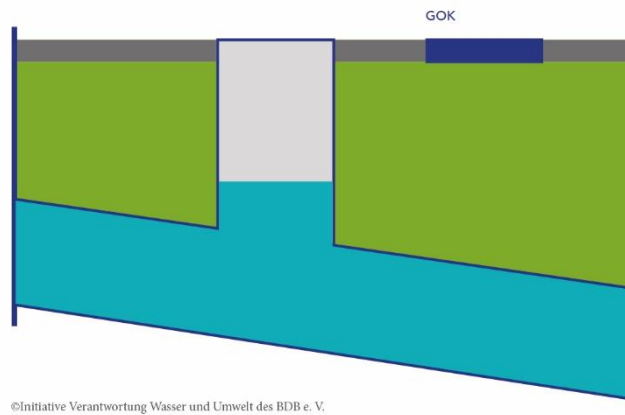


ABBILDUNG 14: ÜBERLASTUNG (NACH SCHMITT 1996)

### 2.3.4.3. Überstau

Als Überstau wird definiert: „Belastungszustand der Kanalisation bei dem der Wasserstand ein definiertes Bezugsniveau überschreitet“ (DWA 2006b) (Abbildung 15).

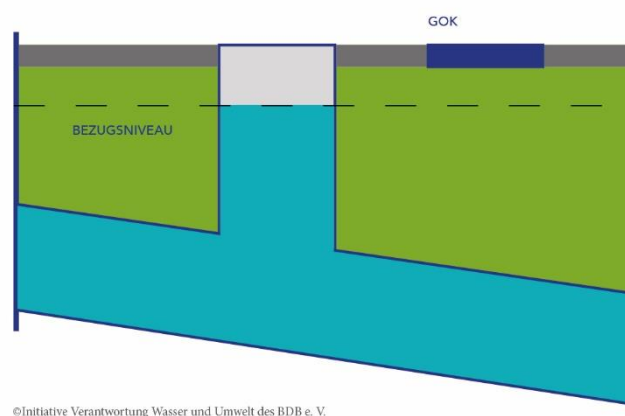


ABBILDUNG 15: ÜBERSTAU (NACH SCHMITT 1996)

Häufig wird die Geländeoberkante als Bezugsniveau definiert. Das Bezugsniveau wird als Rückstauenebene bezeichnet. Bis zu diesem Niveau müssen die Hausentwässerungsanlagen so ausgelegt

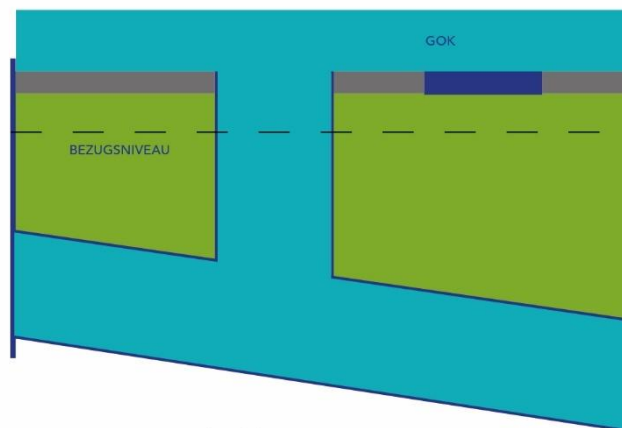
werden, dass das Abwasser schadlos in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden kann bzw. nicht in die Hausentwässerungsanlage eindringen kann. Dazu werden, wenn es im freien Gefälle nicht möglich ist, entweder Rückstauklappen oder Hebeanlagen in die Grundstücksentwässerungsanlage eingebaut. Dieser Zustand tritt für Mischwasser- oder Regenwasserabfluss bei selteneren, stärkeren Regenereignissen auf (s. Kapitel 3).

G

**Hausentwässerungsanlagen müssen so ausgelegt werden, dass Abwasser bis zur Rückstauenebene schadlos in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden kann, bzw. nicht in die Hausentwässerungsanlage eindringen kann.**

#### 2.3.4.4. Überflutung

Als Überflutung wird definiert: „Zustand, bei dem Schmutzwasser und/oder Niederschlagswasser aus einem Entwässerungssystem entweichen oder nicht in dieses eintreten können und entweder auf der Oberfläche verbleiben oder in Gebäude eindringen“ (DIN EN 752) (Abbildung 16).



©Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e. V.

ABBILDUNG 16: ÜBERFLUTUNG (NACH SCHMITT 1996)

Nach DWA A-118 (DWA 2006b) gilt in der deutschen Entwässerungspraxis außerdem, dass mit einer Überflutung auftretende Schädigungen bzw. Funktionsstörungen in Verbindung gebracht werden, die entweder durch Wasseraustritt oder nicht möglichen Wassereintritt in das Entwässerungssystem infolge eines Überstaus verursacht werden. Dieser Zustand tritt bei sehr seltenen, extremen Regenereignissen ein und ist für den Überflutungsnachweis zugrunde zu legen.

## **2.3.5. Dimensionierung und Nachweis von Entwässerungssystemen**

### **2.3.5.1. Bemessung von Kanalnetzen**

Da die Kanalisation typischerweise eine Lebensdauer von 50 - 80 Jahren hat, müssen die Planungsgrundlagen für diesen Zeitraum prognostiziert werden. Die Berechnungen finden in der Regel im Rahmen einer Generalentwässerungsplanung auf der Grundlage des DWA Arbeitsblattes A 118 statt (DWA 2006b).

Der Berechnungsablauf erfolgt in vier Schritten, von der Ermittlung des Oberflächenabflusses bis zur Kanalabflussberechnung:

1. Modellierung des Niederschlags
2. Abflussbildung
3. Abflusskonzentration
4. Fließvorgang im Kanalnetz

Die angesetzten Bemessungsregenhäufigkeiten (s. Anhang 3) ergeben für die regionale Niederschlagsreihe und den örtlichen Abflussbeiwert einen Abfluss im Kanal ohne Überlastungen (Abbildung 13). Damit verbleibt für den Betrieb eine Abflussreserve für seltenere Regenereignisse bevor ein Überstau (ABBILDUNG 15) oder eine Überflutung (Abbildung 16) eintritt. Der Ansatz verschiedener Jährlichkeiten für die jeweiligen Orte (ländlich, Stadtzentrum usw.) richtet sich nach dem erforderlichen bzw. gewünschten Schutzniveau.

### **2.3.5.2. Überflutungsnachweis**

Für den Nachweis von bestehenden Entwässerungssystemen müssen verschiedene Belastungszustände des Entwässerungsnetzes (s. Kap. 2.3.4) in Abhängigkeit verschiedener topographischer und hydrologischer Parameter des Einzugsgebiets überprüft werden. Hierfür sind gegenüber der Bemessung des Kanalnetzes deutlich seltenere Regenereignisse mit einer entsprechend höheren Niederschlagsspende anzusetzen. Das bedeutet, dass die nach den Regeln der Technik bemessenen Entwässerungssysteme bei entsprechendem Überflutungsnachweis je nach Ort auch sehr seltene Regenereignisse ohne Überflutung ableiten können. Im Anhang 4 sind die für Überflutungsnachweise anzusetzenden Jährlichkeiten enthalten. Im Vergleich zu Anhang 3 ist zu erkennen, dass für den Nachweis deutlich seltenere Regenereignisse unter Ausnutzung des gesamten Kanalvolumens abgeleitet werden können. Häufig ändert sich nach der Bemessung und der Errichtung des Kanalnetzes die örtliche Bebauung und damit das Abflussgeschehen. Daher ist ein aktueller Überflutungsnachweis erforderlich, der ggf. Sanierungs- und Schutzmaßnahmen zur Folge hat.

K

**Überflutungsnachweise für die zu schützenden Gebiete sind für die aktuelle Bebauung und Oberflächengestaltung erforderlich, um gegebenenfalls notwendige Sanierungs- und Schutzmaßnahmen auszuführen.**

Gegenüberstellungen verschiedener Berechnungs- und Anwendungsfälle zeigen erhebliche Unterschiede in den Ergebnissen auf (Schaardt 2013). Daher sind hierfür fachkundige, erfahrene Ingenieurbüros zu beauftragen.

### **2.3.5.3. Anpassung der Kanalisation an veränderte Risiken durch Klimawandel**

Wenngleich eine genaue ortsspezifische Prognose zukünftiger Starkregenereignisse noch nicht möglich ist, stellt sich dennoch die Frage, wie auf diese Unsicherheiten im Bereich der Kanalnetzdimensionierung reagiert werden kann.

Beispielsweise hat das Bayerische Landesamt für Umwelt hierfür im Merkblatt Nr. 4.4/3 (LfU 2009) folgende Hinweise zusammengefasst. „Es wird empfohlen, die Bemessungsabflüsse nicht pauschal zu erhöhen, sondern bei Bedarf die rechnerisch zulässigen Wiederkehrzeiten von Überflutungen angemessen zu erhöhen.“ Das bedeutet, dass die nach DWA A 118 (DWA 2006b) gewählten Häufigkeiten mit der Folge größerer erforderlicher Leitungsquerschnitte herabgesetzt werden können. Im bayerischen Raum würden sich die Bemessungsregenspenden dann in Abhängigkeit von Häufigkeit, Regendauer und Region um 10 - 40 % erhöhen (s. Tabelle 1) und damit auch die für die Bemessung zugrunde liegenden Bemessungsabflüsse.

TABELLE 1: EMPFOHLENE HÄUFIGKEITEN ALS MÖGLICHE VORSORGE FÜR AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2009)

| Häufigkeiten nach DWA A-118<br>(1-mal in „n“ Jahren) | Empfohlene herabgesetzte<br>Häufigkeiten<br>(1-mal in „n“ Jahren) | Erhöhung der Bemessungsregenspenden<br>(nach KOSTRA-DWD 2000) |
|--|---|---|
| 1 in 1   | 1 in 2  | 22 bis 40 %   |
| 1 in 2   | 1 in 3  | 10 bis 19%  |
| 1 in 3   | 1 in 5  | 12 bis 21 %   |
| 1 in 5   | 1 in 10   | 14 bis 23 %   |
| 1 in 10  | 1 in 20   | 12 bis 19 %   |



Das Bayerische Landesamt für Umwelt stellte außerdem fest, dass die Entscheidung für oder gegen die Anpassung der Bemessungsregenspenden im Einzelfall entschieden werden soll. „Eine pauschale Überrechnung bestehender Anlagen zur Abschätzung der Folgen von „Katastrophenszenarien“ wird derzeit als nicht notwendig erachtet“ (LfU 2009).

Gründe für eine Überprüfung könnten demnach sein (LfU 2009):

- Vermehrte Beobachtung von Überflutungen in der Vergangenheit
- Es wird festgestellt, dass bereits nach den aktuell geltenden Bemessungsregeln eine Unterdimensionierung vorliegt
- Einzelne Kanalabschnitte sind aus baulichen Gründen zu erneuern
- Neubaugebiete werden an ein bestehendes Kanalnetz angeschlossen
- Der Generalentwässerungsplan für eine Siedlung soll aktualisiert werden

Auf die neuen Bemessungsniederschläge im KOSTRA DWD 2010 R im Kapitel 2.2.2.2 wird zudem verwiesen.

**K**

**Zur Anpassung der Kanalisation an veränderte Risiken durch Klimawandel sind die Bemessungsabflüsse bei Bedarf, insbesondere bei vermehrten Überflutungsereignissen, angemessen zu erhöhen.**



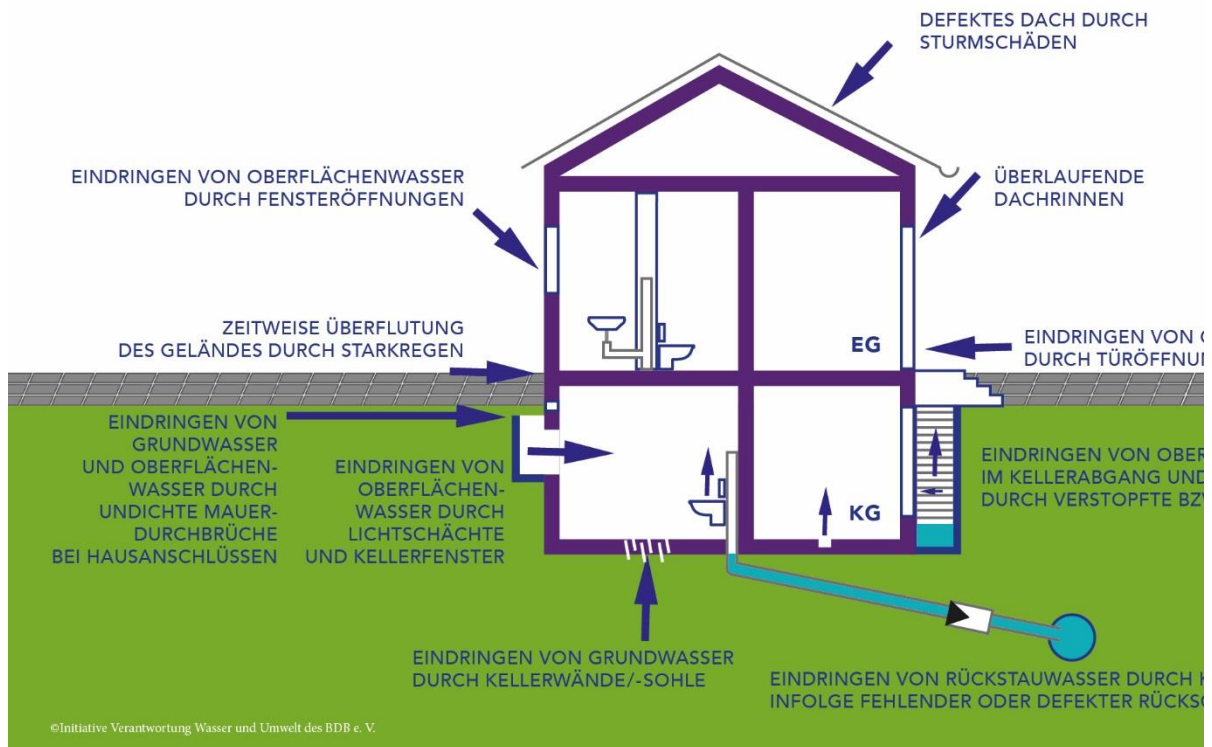
### 3. Gefährdungen von Gebäuden

Starkregenereignisse mit extremen Regenintensitäten haben in den vergangenen Jahren vermehrt zu Überflutungen in Siedlungsgebieten geführt (s. Kapitel 7). Betroffen waren dabei öffentliche Flächen, Verkehrswege, Unterführungen und besonders auch Gebäude. Neben hohen Sachschäden in und an Gebäuden forderten Überflutungen an Wohngebäuden auch Menschenleben. Daher ist es dringend erforderlich, der Gefährdung von Gebäuden durch Sturzfluten mehr Aufmerksamkeit zu schenken, die Gefährdungspotentiale zu analysieren und Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen. Da Sturzfluten überall auftreten können (s. Kap. 5.1) und diese Ereignisse ohne lange Vorwarnzeit eintreffen, sind Gebäude generell zu überprüfen und bei Bedarf dauerhaft zu sichern und zu schützen. So entstanden durch das Juni-Hochwasser 2013 in Deutschland knapp 85 % der Gebäudeschäden in den vermeintlich ungefährdeten Versicherungszonen 1 und 2 (GDV 2013, S. 27).

Während in hochwassergefährdeten Gebieten strenge Bauvorschriften gelten, sind Gebäude in Gegenden ohne Hochwassergefahr durch Fließgewässer bei plötzlichen Starkregenfällen den Wassermassen schutzlos ausgeliefert (Hansmann 2015, S. 27).

In Abbildung 17 sind die möglichen Gefahrenstellen für Gebäude aufgezeigt. Nachdem Starkregenereignisse häufig mit Sturm und Gewitter einhergehen, besteht unabhängig von der Höhenlage des Gebäudes die Gefahr von Wasserschäden im Dachbereich sowie an Fensteröffnungen. Überlaufende Dachrinnen infolge Überlastung oder mangelhafter Reinigung ergießen große Wassermassen über die Hauswand und dringen durch Fenster- und Türöffnungen ins Haus (s. Abbildung 17).

ABBILDUNG 17: MÖGLICHE GEFAHRENSTELLEN FÜR GEBÄUDE



Besonders gefährdet sind alle tiefliegenden Bauteile und Gebäudeöffnungen, außenliegende Kellerabgänge (s. Abbildung 18), Lichtschächte (s. Abbildung 19) von Kellerfenstern sowie Wanddurchbrüche für Leitungszuführungen. Hier können schnell große Mengen Niederschlagswasser aus dem Umfeld hereinfließen und zu erheblichen Schäden im Kellerbereich führen. Nachdem heute auch der Kellerbereich z.T. als wertvoller Wohn- und Nutzraum ausgebaut ist, sind die Auswirkungen einer Überflutung dieser Räume besonders schwerwiegend. Schlafräume sind in diesem stark gefährdeten Bereich zu vermeiden bzw. besonders zu schützen.



ABBILDUNG 18: GEFAHRENSTELLEN AN GEBÄUDEN. KELLEREINGANG (L) UND TIEF-GARAGENZUFABRT (R) (FOTOS: GÜNTHERT 2015)



ABBILDUNG 19: KELLERLICHTSCHACHT (FOTO: MEA WATER MANAGEMENT GMBH)

Längere Starkregen mit hohen Niederschlagsintensitäten von über 100 mm in wenigen Stunden (entsprechend mehr als 100 l/m<sup>2</sup>) führen schnell zu hohen oberflächigen Abflüssen, großen Einleitungsmengen in die Entwässerungsanlagen und damit zu Überschwemmungen in Tiefpunkten und

Überlastungen bzw. Überflutungen der Kanalisation (s. Kap. 2.3.4). Das anstehende Wasser dringt durch Öffnungen und Undichtigkeiten in das Gebäude ein. Die Überlastungen in der Kanalisation führen zu Rückstau in die Grundstücksentwässerungsanlage und dann bei fehlender oder nicht betriebsbereiter Rückstausicherung zur Überflutung des Kellers mit Abwasser (s. Abbildung 20). Daher muss besonderes Augenmerk auf die Gebäudeentwässerung gelegt werden, um die Rückstausicherheit durch entsprechende Einrichtungen zu gewährleisten. Hierfür können entsprechend der Nutzung Rückschlagklappen unterschiedlicher Bauart oder Hebeanlagen eingesetzt werden. Beide müssen nach Herstellerangaben regelmäßig gewartet werden.

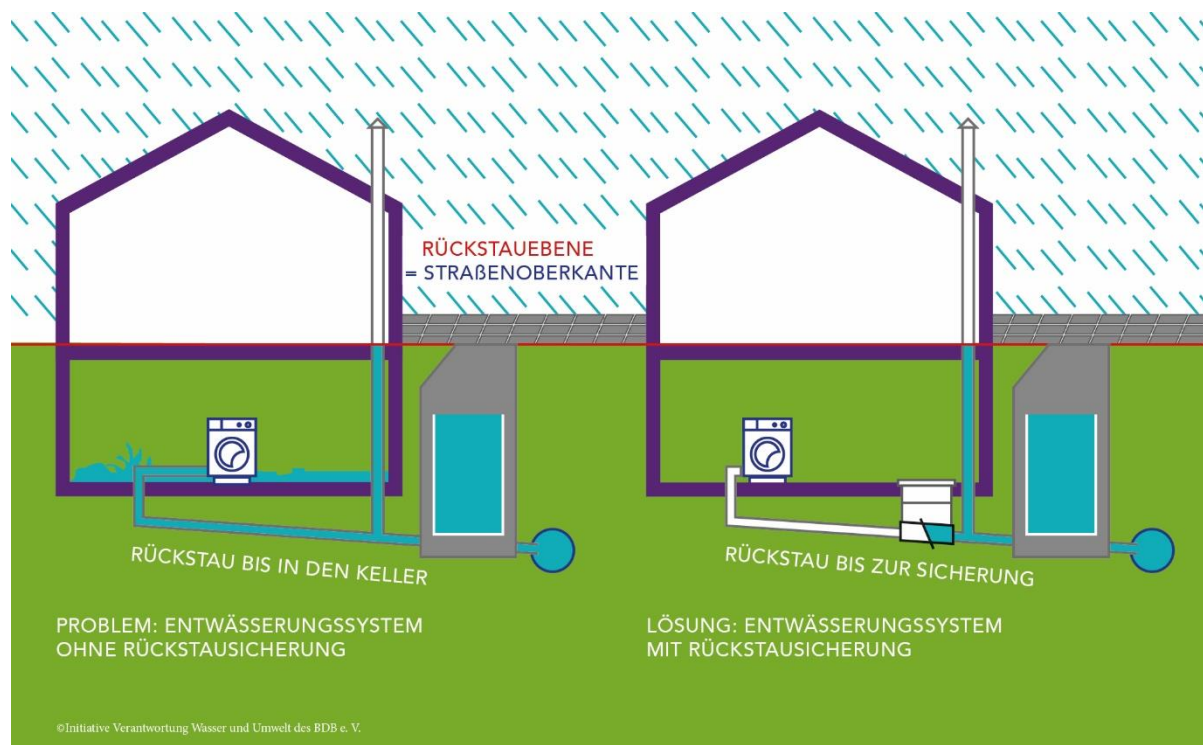


ABBILDUNG 20: HAUSENTWÄSSERUNG OHNE (LINKS) UND MIT (RECHTS) RÜCKSTAU-SICHERUNG

Effizienter Hochwasserschutz für Gebäude wird zunehmend als Gemeinschaftsaufgabe der Kommunen, des Staates und der privaten Hausbesitzer angesehen. Gefordert wird die Sensibilisierung der Bürger für eine stärkere Eigenvorsorge zum Schutz vor Überflutung aus Grund- und Oberflächenwasser (Hansmann 2015, S. 27; Ruiz Rodriguez + Zeisler + Blank, GbR 2010)

G

**Für alle Gebäude besteht unabhängig von der Lage die Gefahr von Wasserschäden. Alle möglichen Gefahrenstellen müssen daher überprüft werden und Vorsorgemaßnahmen für die gefährdeten Bereiche ergriffen werden. Kellerabgänge, Lichtschächte und Grundstücksentwässerungsanlagen sind dabei besonders zu beachten.**

Im DWA Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge sind für die verschiedenen gefährdeten Bereiche Objektschutzmaßnahmen enthalten (DWA 2013), ebenso im Leitfaden von Hamburg Wasser (2012).

## 4. Gefährdung von öffentlichen Flächen und Einrichtungen


Die Gefährdung, also das Schadensrisiko öffentlicher und privater Flächen durch Starkregenereignisse, ist mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet. Wie bereits in Kap. 2.2.2.2 dargestellt, sind die Prognosen zur Eintrittswahrscheinlichkeit urbaner Sturzfluten mit großen Unsicherheiten behaftet. Außerdem sind die resultierenden Oberflächenabflüsse gerade durch die kleinräumigen urbanen Strukturen nur schwer zu modellieren, wodurch eine Festlegung betroffener Gebiete schwierig aber dennoch erforderlich ist.

### 4.1. Siedlungsflächen

Die Überflutung von Park- und Grünflächen verursacht deutlich weniger monetären Schaden als die Überflutung von Wohn- oder Gewerbegebieten. Das sich ergebende Risiko als Produkt aus Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit ist i.d.R. geringer. Aus o.g. Unsicherheiten muss sich nach Schmitt (2011) eine methodische Neuorientierung der Siedlungsentwässerung weg von sicherheitsbetonten Bemessungs- und Nachweiskonzepten für die Kanalisation hin zu einer stärker risikobetonen Bewertung des Abfluss- und Überflutungsverhaltens kommunaler Entwässerungssysteme in Zusammenhang mit der darüber liegenden Oberfläche und den daraus abzuleitenden Maßnahmen erfolgen. Es muss geprüft werden, welche Flächen bei einer Überflutung betroffen sind, welche unbedingt frei von Überflutungen gehalten werden müssen und welche überflutet werden können. Letztere können in das Abflussgeschehen einbezogen werden, ohne dass dabei große Schäden angerichtet werden.

  
K

**Es ist eine Überprüfung erforderlich, welche Flächen überflutet werden (Überflutungsnachweis), welche Flächen unbedingt frei von Überflutungen gehalten werden müssen und welche Flächen überflutet werden können und in das Abflussgeschehen mit einbezogen werden können.**



## 4.2. Unterführungen und Tunnelbauwerke

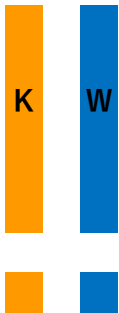
Unterführungen und Tunnelbauwerke sind sowohl topographische als auch entwässerungstechnische Tiefpunkte (Abbildung 21). Dort fließt bei Niederschlägen einerseits oberflächlich Regenwasser ab und andererseits besteht eine erhöhte Gefahr des Austretens von Abwasser aus den Entwässerungseinrichtungen. Dies sind die sensibelsten Punkte in den Siedlungsflächen, insbesondere dann, wenn dort noch andere Zu- und Abfahrten angelegt sind (Abbildung 21).

Gemäß Tabelle 4 bzw. Tabelle 5 (Kap. 2.3.5.1) sind für unterirdische Verkehrsanlagen die Bemessungsregen mit der geringsten Eintrittshäufigkeit anzusetzen bzw. die strengsten Nachweise für die Überflutungshäufigkeit zu führen. Die Bemessung der Entwässerung von Tunnelbauwerken ist nach ZTV-ING Teil 5 (Bundesanstalt für Straßenwesen und Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2012) sowie den Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2010) auszuführen. Demnach sind die Entwässerungssysteme des Tunnels und der Rampen möglichst zu trennen. Das auf Tunnel sowie längere Unterführungen zuströmende Oberflächenwasser ist durch leistungsfähige Entwässerungseinrichtungen vor den Bauwerken aufzunehmen und abzuführen (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2005). Der Bemessung der Entwässerungseinrichtungen ist eine umfassende hydraulische Berechnung zugrunde zu legen. Die Bemessung der Gewässerschutzanlagen (Regenrückhaltebecken etc.) am Tiefpunkt des Tunnels muss gemäß der Richtlinie zur Anlage von Straßen in Wasserschutzgebieten (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2002) erfolgen. Zudem sind Hebeeinrichtungen für die Sammeleinrichtungen oder ein entsprechendes Entsorgungskonzept mit Saugwagen vorzusehen. Extreme Starkregenereignisse finden bei der Bemessung kaum Berücksichtigung, daher sind diese Bauwerke als erstes in der Funktion beeinträchtigt (Abbildung 22).

Werden unterirdische Bauwerke während eines Starkregenereignisses geflutet, so führt dies zu einem Funktionsverlust der Infrastruktur. Wenn dabei Hauptverkehrsachsen betroffen sind, können v.a. im innerstädtischen Bereich mit dichter Infrastruktur die indirekten Schäden (z.B. durch Verzögerung von Rettungsfahrzeugen und Abschneiden von Fluchtwegen) die direkten Schäden am Bauwerk selbst bzw. an darin verbliebenen Fahrzeugen übersteigen.



ABBILDUNG 21: UNTERFÜHRUNGSBAUWERK ALS TIEFPUNKT DER ENTWÄSSERUNG (FOTO: GÜNTHERT 2015)



**Für unterirdische Verkehrsanlagen (Unterführungen, Tunnelbauwerke) sind die Bemessungsregen mit der geringsten Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. die strengsten Nachweise für die Überflutungshäufigkeit anzusetzen, da dies die empfindlichsten Verkehrsanlagen sind.**



ABBILDUNG 22: ÜBERFLUTETE UNTERFÜHRUNG (FOTO: STADTENTWÄSSERUNG MÜNCHEN)

Des Weiteren ist die Gefahr von Personenschäden bei schnell abfließendem Oberflächenwasser und hohen Wasserständen zu betrachten. Wird anfallendes Regenwasser im Straßenbereich gesammelt, kann es bei ungünstigen Voraussetzungen im Bereich von Rampen durch sehr hohe Fließgeschwindigkeiten zu einem erhöhten Sturzrisiko mit Personenschäden kommen. Bereits bei relativ geringen Wasserständen von unter einem halben Meter besteht bei entsprechend hohen Geschwindigkeiten bereits Sturzgefahr (RESCDAM 2000).

## 5. Risiken durch urbane Sturzfluten

### 5.1. Risiko der einzelnen Bundesländer

Starkregen sind zwar regionale kleinräumige Ereignisse, die aber überall auftreten können. Sie sind nicht nur auf die engen Einzugsgebiete und Flusstäler von Gewässern begrenzt, sondern können auch außerhalb – sogar in Hochlagen – zu Schäden führen. Hinzu kommt, dass die Auswirkungen umso größer sind, da Menschen und Objekte nicht darauf vorbereitet sind.

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts zu Vorhersage und Management von urbanen Sturzfluten (URBAS - (Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008) wurde eine umfangreiche Ereignisdatenbank zu Extremwetterereignissen aufgebaut. Diese



basieren auf Informationen aus Medienberichten und verschiedenen Katastrophenschutzportalen im Internet (s. <http://www.urbanesturzfluten.de/ereignisdb>). Abbildung 23 zeigt die räumliche Verteilung der erfassten Ereignisse sowie die Häufigkeit des Auftretens an einem Ort. Es zeigt sich, dass die dokumentierten Extremwetterereignisse ungleichmäßig über Deutschland verteilt festgestellt werden und die größeren Städte wie Hamburg, Berlin, München, Stuttgart und die dicht besiedelten Bereiche Nordrhein-Westfalens häufiger von Sturzfluten betroffen sind bzw. dort Schäden festgestellt werden. Dies liegt vermutlich auch daran, dass in diesen Bereichen eine detailliertere Auswertung dieser Ereignisse stattfindet und daher mehr Daten in diesen Bereichen zu finden sind. Zum anderen zeigt sich der Einfluss des Reliefs. Es wurde bereits erörtert, dass urbane Sturzfluten aus konvektiven Niederschlägen hervorgehen, welche durch aufsteigende, warm-feuchte Luftmassen entstehen (s. Kapitel 2.2.2.1). Besonders an Rändern von Gebirgen (z.B. im Alpenvorland) führt dies nachweislich zu mehr Starkregenereignissen.

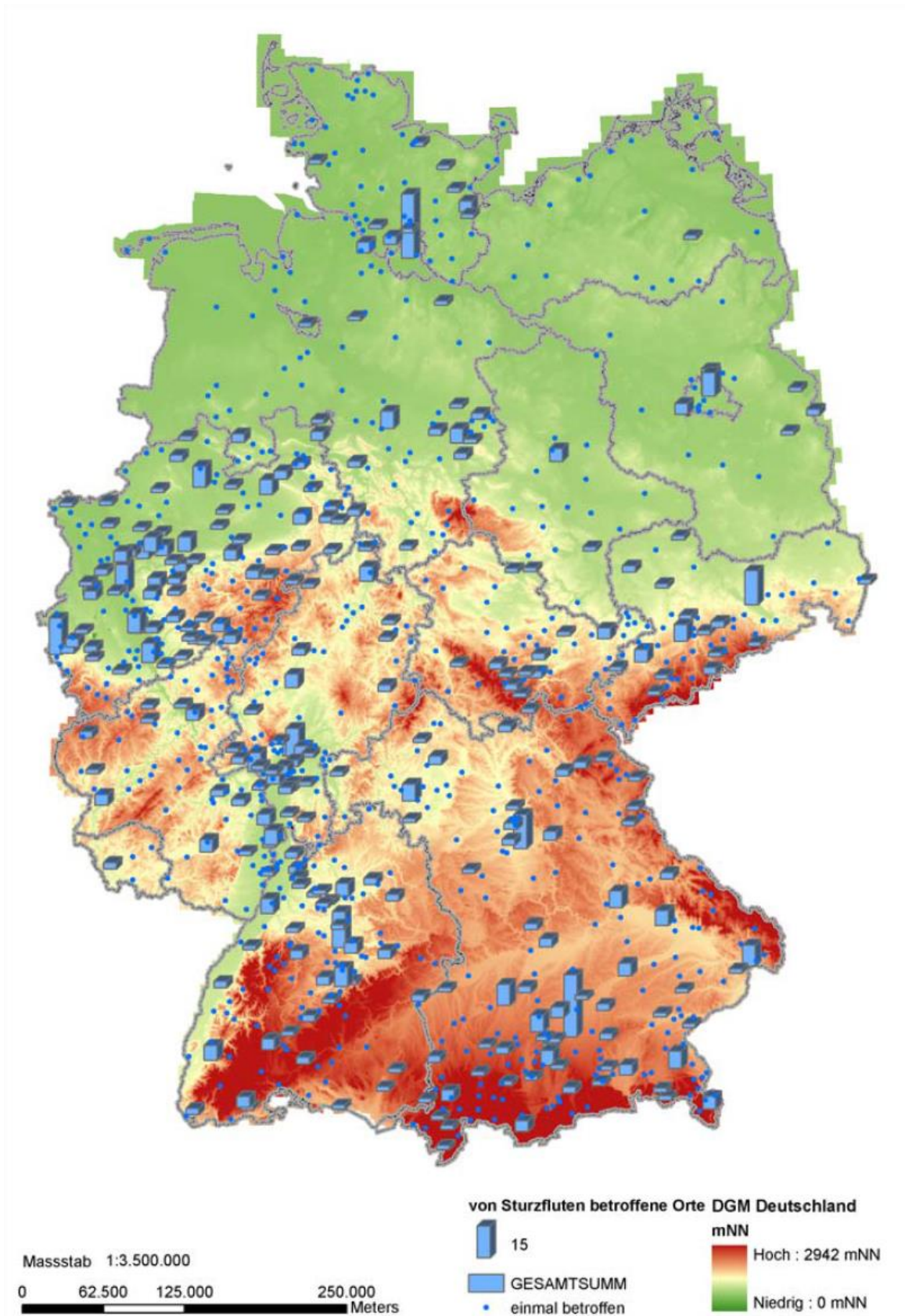
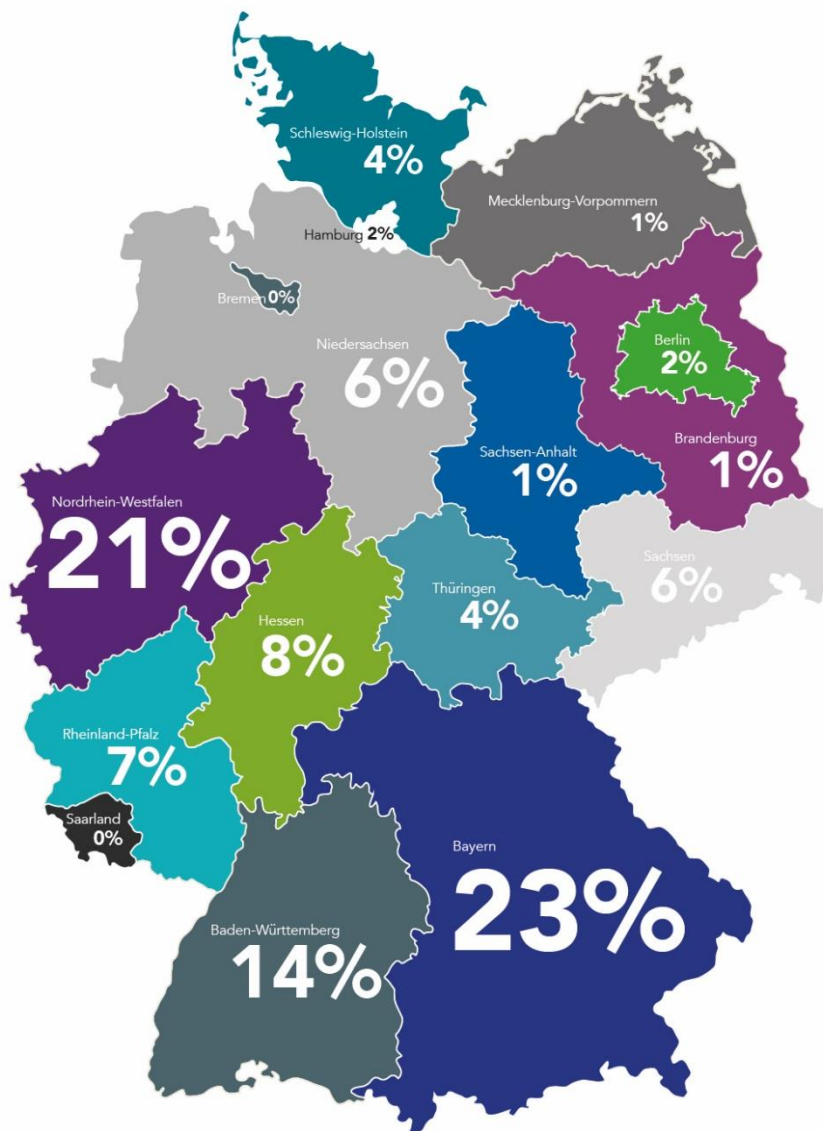


ABBILDUNG 23: ERFASSTE STURZFLUTEREIGNISSE IN URBAS DATENBANK (STAND 31.09.2007) (HYDROTEC INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER UND UMWELT MBH ET AL. 2008)

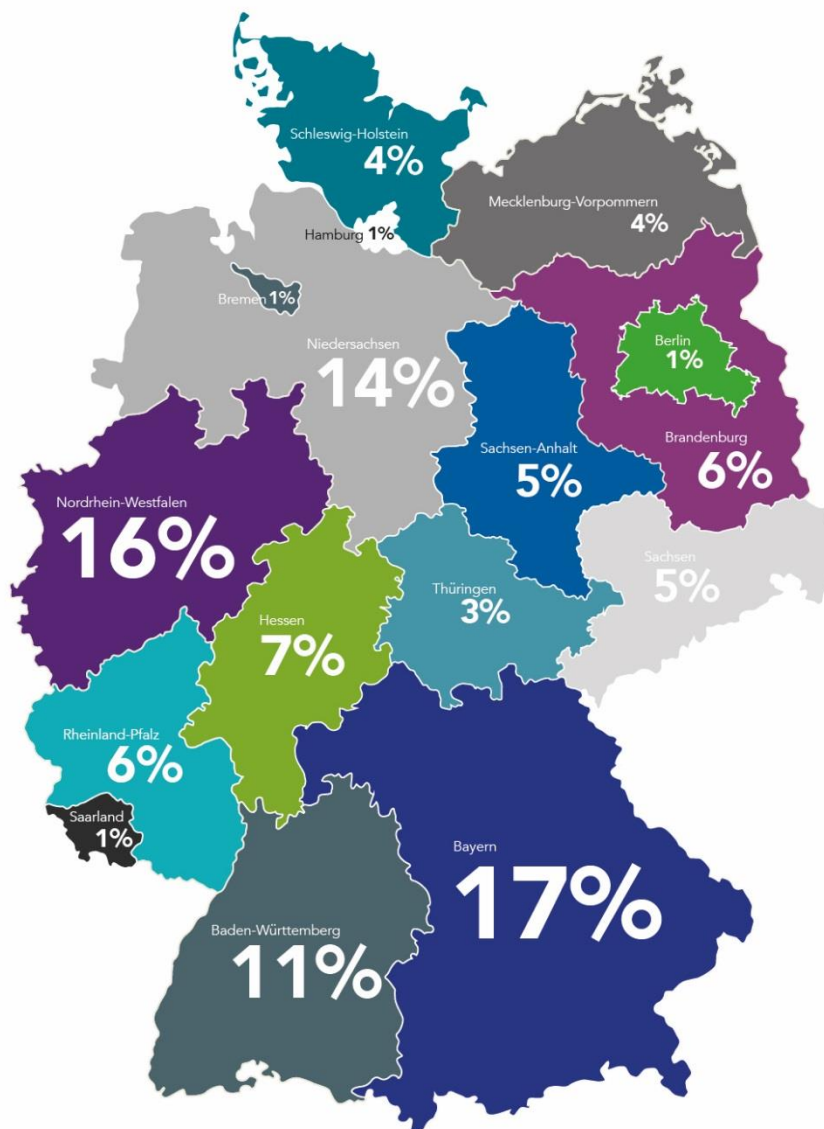
Abbildung 24 und Abbildung 25 stellen die erfassten Starkregenereignisse in den Bundesländern insgesamt dar. In beiden Fällen sind Unterschiede zwischen den Bundesländern feststellbar. Die verschiedenen Bundesländer sind unterschiedlichen Starkregenrisiken ausgesetzt, wobei die Unterschiede bezogen auf die Siedlungsfläche (Abbildung 25) geringer sind als insgesamt (Abbildung 24). Aus diesen Auswertungen ist festzuhalten, dass Starkregen mit Schadensereignissen zwar überall in Deutschland auftreten können, aber dass manche Gebiete wie Bayern, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Baden-Württemberg stärker gefährdet sind als die anderen (Abbildung 25).



©Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e. V.

ABBILDUNG 24: VERTEILUNG DER ERFASSTEN STARKREGENEREIGNISSE NACH BUNDESLÄNDERN (HYDROTEC INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER UND UMWELT MBH ET AL. 2008)

**Starkregen und Schadensereignisse können überall in Deutschland auftreten, wobei Bayern, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Baden-Württemberg stärker gefährdet sind als die anderen Bundesländer.**



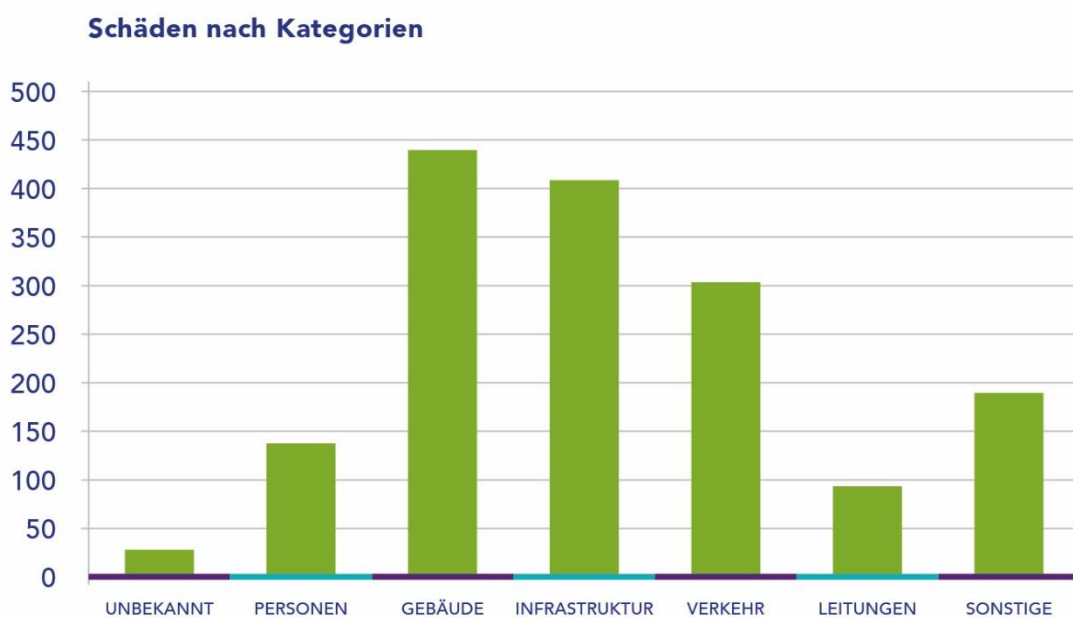
©Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e. V.

ABBILDUNG 25: VERTEILUNG DER ERFASSTEN STARKREGENEREIGNISSE BEZOGEN AUF DEN SIEDLUNGSFLÄCHENANTEIL DER EINZELNEN BUNDESLÄNDER (HYDROTEC INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER UND UMWELT MBH ET AL. 2008)

## 5.2. Schadenskategorien und Schadensumfang

Auch Auswirkungen auf einzelne Schadenskategorien können der URBAS Datenbank (Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008) entnommen werden. Für die gut dokumentiert vorliegenden Daten konnte eine differenziertere Schadensmeldung nach Schadens-  
typ und -umfang erstellt werden. Zugrunde liegen dabei 206 gut dokumentierte Ereignisse der Kategorie „Sturzflut“, „Starkregen“ oder „Gewitter“ aus den Jahren 1977 bis 2007.

Am häufigsten von diesen Niederschlagsereignissen betroffen waren dabei nach Abbildung 26 die Kategorien „Gebäude“, „Infrastruktur“ und „Verkehr“. Es wurden bei diesen 206 Ereignissen jedoch auch insgesamt 138 Meldungen zu Personenschäden verzeichnet.



©Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e. V.

ABBILDUNG 26: HÄUFIGKEIT DER BETROFFENEN SCHADENSKATEGORIEN (HYDROTEC INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER UND UMWELT MBH ET AL. 2008)

In der Kategorie „Gebäude“ (s. Abbildung 27), stellen die überfluteten Keller mit insgesamt 134 Meldungen von 206 Ereignissen die häufigste Schadenkategorie dar, gefolgt von beschädigten Häusern und überfluteten Tiefgaragen (s. Kap. 3). Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Meldungen auf mehrere Orte beziehen können, d.h. in Wirklichkeit ist die Anzahl der einzelnen Schäden deutlich höher. Insgesamt kann im Bereich der Gebäude festgestellt werden, dass dort vorwiegend privater Besitz betroffen ist. Daher ist eine Gefährdungsanalyse (s. Kap. 3) mit anschließender Umsetzung von Maßnahmen (s. Kap. 6) dringend überall erforderlich.



**Am häufigsten von Starkregenereignissen sind Gebäude, Infrastruktur und Verkehr betroffen. Die häufigsten Schäden waren überflutete Keller, beschädigte Häuser, überflutete Tiefgaragen sowie Störungen bei den Verkehrswegen.**

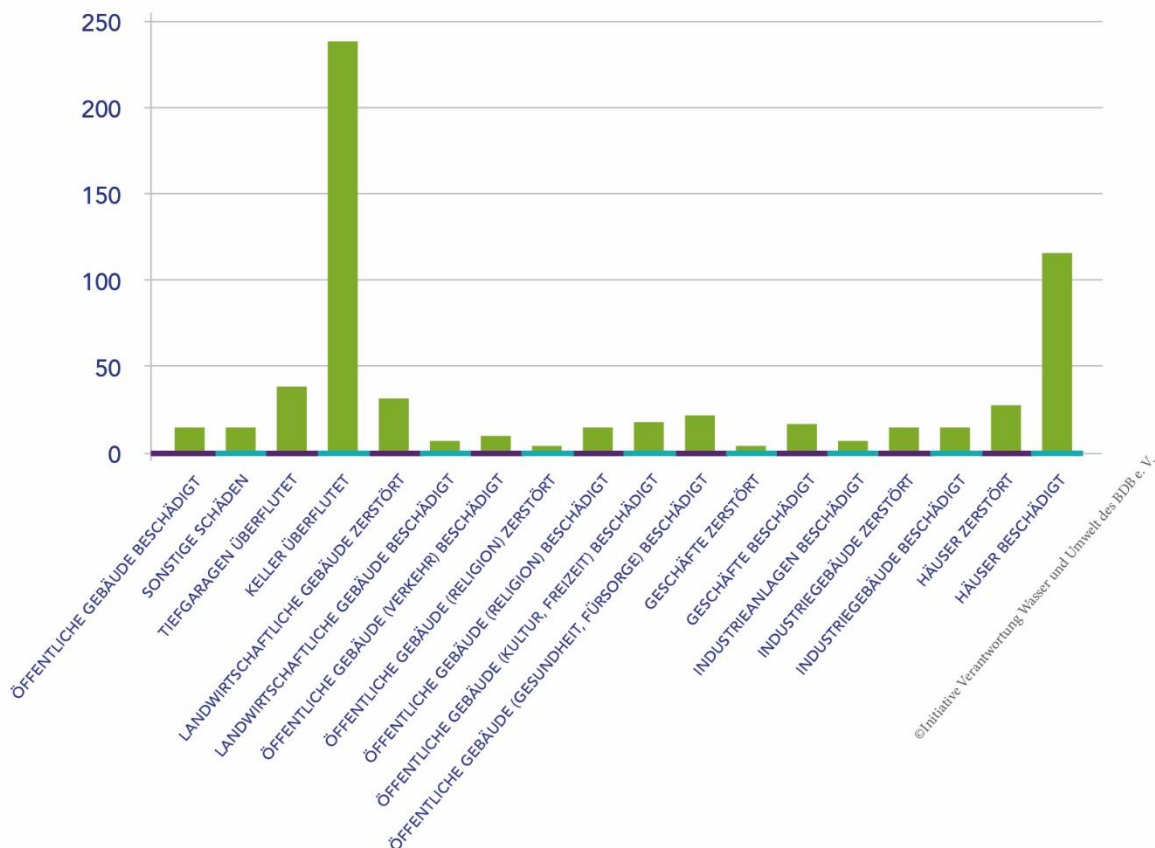


ABBILDUNG 27: SCHADENMELDUNGEN UND SCHADENSUMFANG DER KATEGORIE „GEBÄUDE“ (HYDROTEC INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER UND UMWELT MBH ET AL. 2008)

In der Kategorie „Infrastruktur“ sind im Wesentlichen öffentliche Objekte aufgeführt. Dabei wurden neben Schäden im Landwirtschafts- und Forstbereich vor allem kurzzeitige Störungen bei den Verkehrswegen dokumentiert. Hauptsächlich wurden Straßen, Unterführungen und Schienen überflutet. Nur in vier Fällen wurde eine Straße und nur in einem Fall wurden Schienen zerstört. Sturzfluten haben bei der öffentlichen Infrastruktur daher seltener dauerhafte Schäden zur Folge. Durch Überflutungen von Straßen, Unterführungen und Schienen kann es aber zu erheblichen Folgewirkungen kommen:

- Direkte Gefährdung der Verkehrsteilnehmer
- Verzögerung von Rettungseinsätzen
- Hoher Versiegelungsgrad führt zu großen Mengen an Oberflächenabfluss und Schäden in der Umgebung

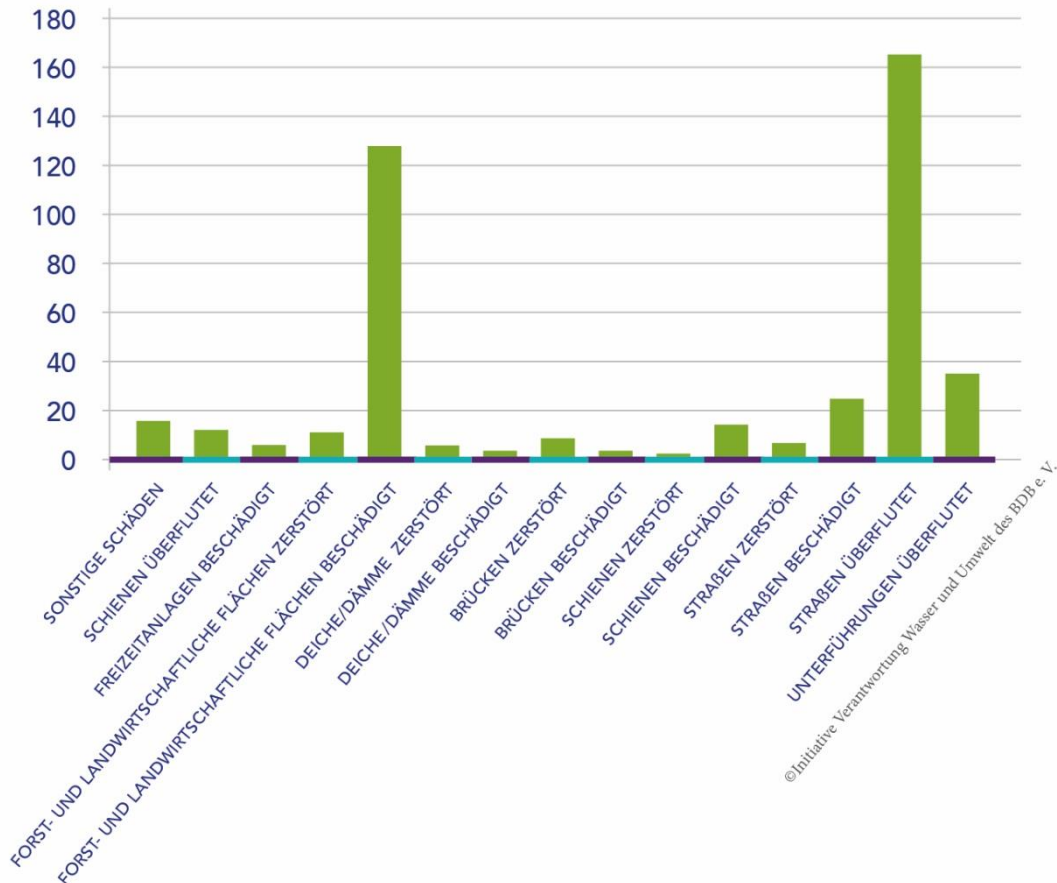
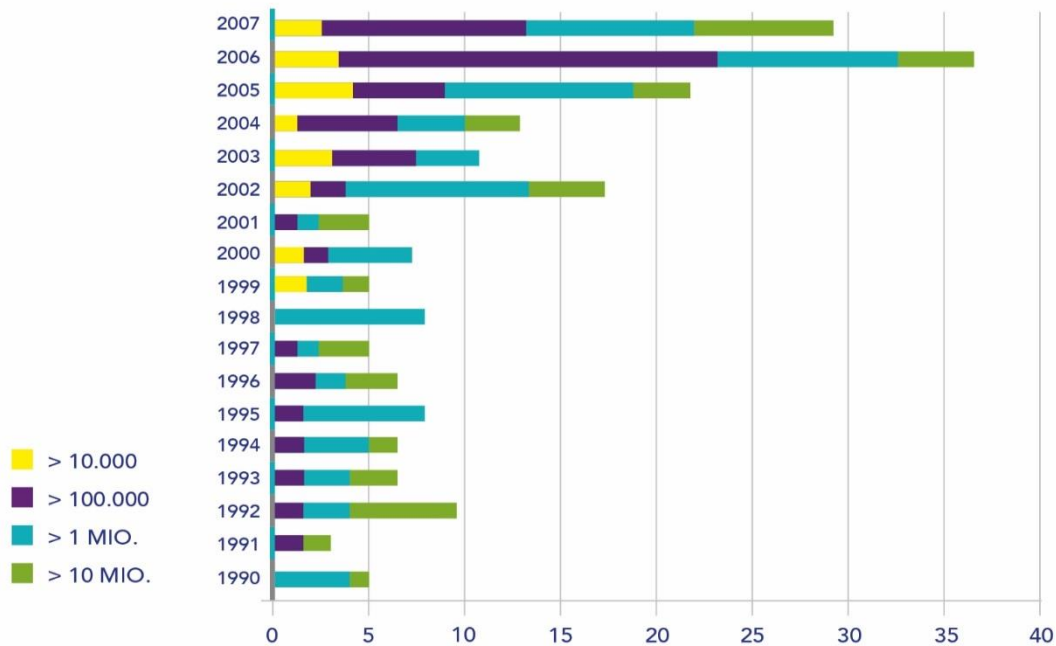


ABBILDUNG 28: SCHADENSMELDUNGEN UND SCHADENSUMFANG DER KATEGORIE "INFRASTRUKTUR" (HYDROTEC INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER UND UMWELT MBH ET AL. 2008)

Im Rahmen des URBAS Projekts wurde außerdem die Entwicklung der Schadenssummen pro Jahr ausgewertet. Hierbei wurde zwar eine Zunahme der Schadenssumme festgestellt, jedoch auch darauf hingewiesen, dass die Dokumentation vor allem kleinerer Schadenssummen unter 1 Mio. € in früheren Jahren noch nicht so ausführlich durchgeführt wurde (Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008). Daher zeigt Abbildung 29 zwar eine Tendenz auf, die absoluten Werte sind jedoch sicher mit Fehlern behaftet.



©Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e. V.

ABBILDUNG 29: ERHEBUNG DER SCHADENSSUMMEN 1990 BIS 2005 (HYDROTEC INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER UND UMWELT MBH ET AL. 2008)

Leider ist bisher keine Fortschreibung dieser Daten bekannt. Dennoch ist davon auszugehen, dass sich der aufgezeigte Trend infolge der zunehmenden Starkregenereignisse und der steigenden Vermögenswerte fortsetzen wird. Dies zeigen z.B. auch Erhebungen der Versicherungskammer Bayern mit knapp 4.000 hochwasserbedingten Schadensmeldungen im Sommer 2014. Hierbei entfielen 90 % der Flutschäden auf Gegenden mit niedrigem Risiko. Auch die Münchner Rückversicherung hat eine Zunahme der Intensität von Starkregen in Bayern von bis zu 40 % ermittelt. Die Tiefs Elvira und Friederike aus dem Jahr 2016 sind mit rund 800 Mio. € versichertem Schaden die bislang teuersten Starkregenereignisse in Deutschland (GDV 2013).

Obwohl in der aktuellen Fördermaßnahme INIS des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (<https://www.bmbf.de/>) in den Verbundvorhaben SAMUWA und KURAS diese Thematik aufgegriffen wird, ist eine umfassende Fortschreibung der o.g. Daten derzeit nicht geplant, wäre aber als Grundlage für weitere Maßnahmen dringend erforderlich.

W

**Wegen der Zunahme der Schadenssummen infolge von Starkregenereignissen wird eine umfassende Fortschreibung der Daten zu Schadenskategorien und Starkregenereignissen als Grundlage für weitere Maßnahmen dringend empfohlen.**



### 5.3. Starkregenereignisse in Baden-Württemberg

In den letzten Jahren traten auch in Baden-Württemberg verstärkt Überflutungen auf, die durch lokal begrenzte Starkregenereignisse verursacht wurden z.B. in Bretten, Bonndorf im Juni 2015 und in Braunsbach im Mai 2016. In Abbildung 30 ist eine zusammenfassende Übersicht (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) zu Starkregenereignissen in Baden-Württemberg für die Jahre 1980 bis 2015 zusammengestellt.

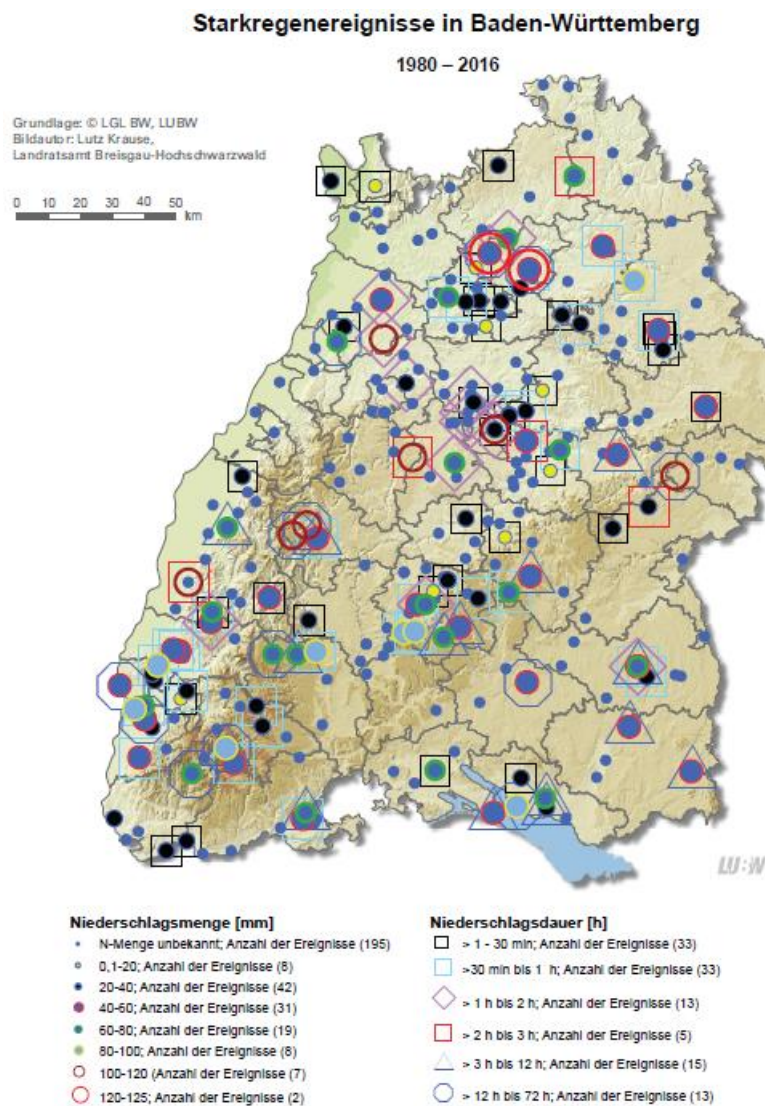


ABBILDUNG 30: STARKREGENEREIGNISSE IN BADEN WÜRTTEMBERG 1980 BIS 2016  
(LUBW 2016)

Im Leitfaden „Kommunales Starkregenmanagement“ in Baden-Württemberg wird daher darauf hingewiesen, dass prinzipiell jede Gemeinde von Starkregenereignissen betroffen sein kann. Die Kommunen sollten daher mögliche Gefährdungen von Menschen sowie Schäden an Objekten, Bereichen und Infrastruktur durch Starkregen in Betracht ziehen und geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Risikominimierung treffen (LUBW 2016).

### 5.4. Entwicklung von Starkregen in Deutschland

Der Deutsche Wetterdienst DWD wertet Niederschlagsereignisse nach Dauerstufen und Intensitäten aus. Als Starkregen sind insbesondere die Warnstufen für Unwetterwarnungen relevant (DWD 2005), d.h. entsprechende Niederschlagsintensitäten in den Dauerstufen eine Stunde und sechs Stunden. Starkregenereignisse sind lokal eng begrenzt, werden durch starke Aufwärtsbewegungen warmer, feuchter Luftmassen ausgelöst und sind mit hohen Niederschlagsmengen innerhalb weniger Stunden verbunden. Auf Grund der zeitlich und räumlich hoch variablen Niederschlagsverteilung ist eine Aufzeichnung und Dokumentation dieser Ereignisse mittels Niederschlagsmessgeräten (Kapitel 2.2.3) äußerst schwierig. In Kombination mit Radardaten können seit Anfang dieses Jahrhunderts auch Starkregenereignisse dokumentiert werden. Diese Zeitreihe ist für eine belastbare Trendaussage zu kurz, dennoch deuten Auswertungen des DWD darauf hin, dass entsprechende Starkregenereignisse in Deutschland in den vergangenen Jahren, zumindest regional vermehrt aufgetreten sind.

Abbildung 31 gibt eine Übersicht über die Starkregen der verschiedenen Warnstufen (Stufe 2 markantes Wetter, Stufe 3 Unwetter, Stufe 4 extremes Unwetter) für die Dauerstufen eine und sechs Stunden für den Zeitraum 2001-2016. Diese Abbildung zeigt eine gewisse Abhängigkeit von der Orografie Deutschlands, aber auch, dass alle Teile Deutschlands betroffen sind.

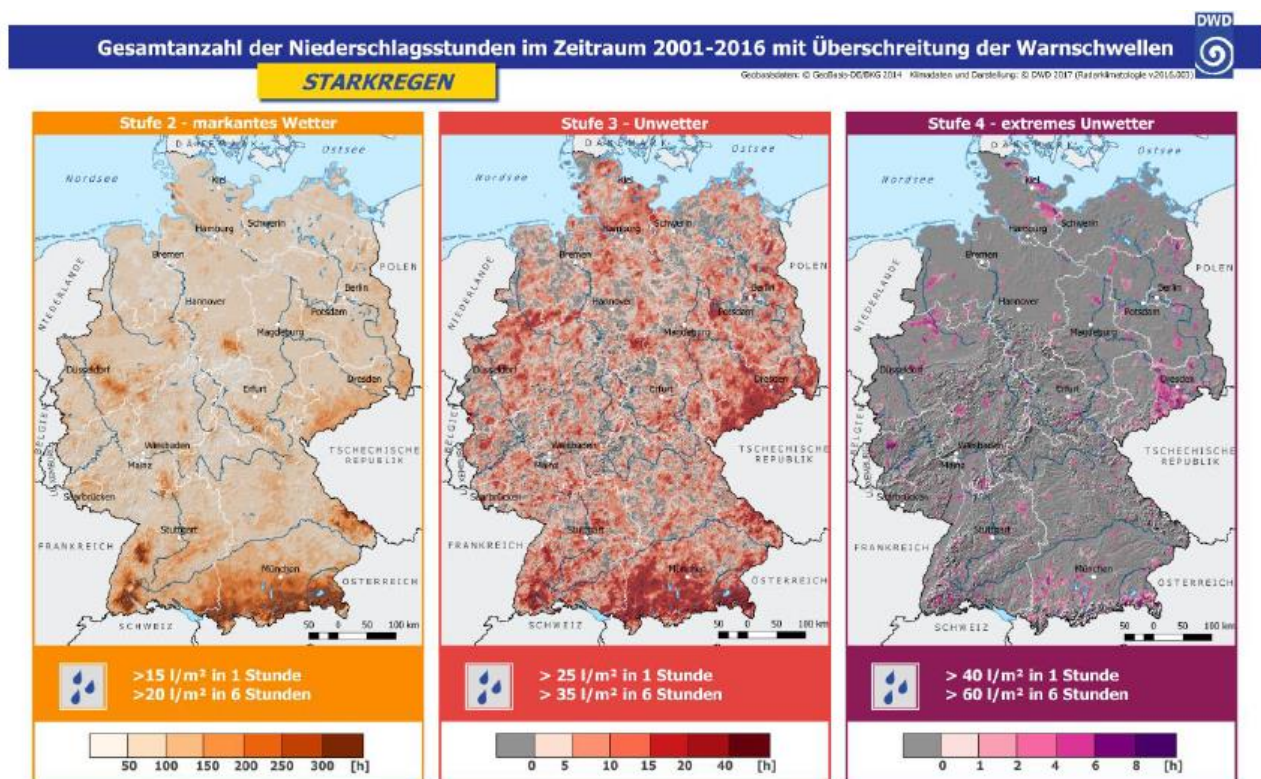


ABBILDUNG 31: UNWETTER IN DEUTSCHLAND: GESAMTZAHL DER NIEDERSCHLAGSSTUNDEN IM ZEITRAUM 2001-2016 MIT ÜBERSCHREITUNG DER WARNSCHWELLEN (LAWA 2018)

Die Starkregenereignisse sind aufgrund der hohen Aktualität und deren Auswirkungen auch Thema in allen Medien. Ein aktuelles Wochenmagazin hat in einem umfangreichen Bericht über die Unwetter und Überschwemmungen im Sommer 2017 auch eine Grafik veröffentlicht, die auf der Auswertung von Niederschlagsmessstationen in Deutschland basiert (Stern Magazin 2017).

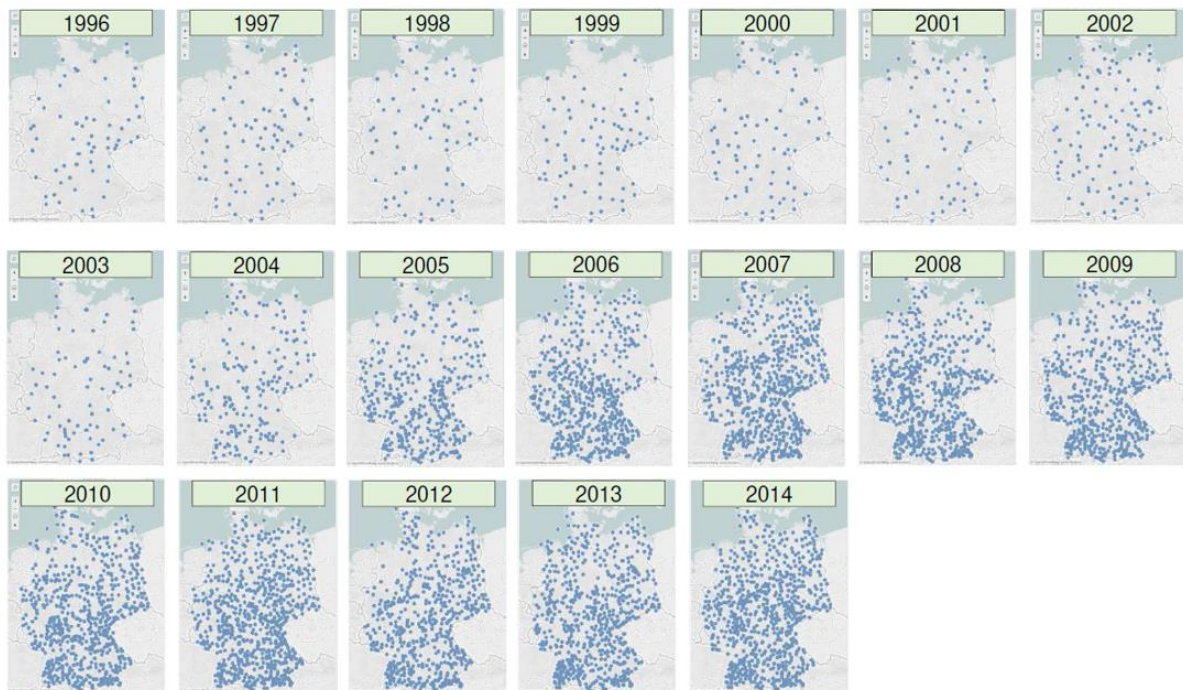


ABBILDUNG 32: ENTWICKLUNG VON STARKREGENEREIGNISSEN IN DEUTSCHLAND VON 1996 BIS 2014 (STERN MAGAZIN 2017)

Jeder Punkt der Karten steht für eine Station, an der im betroffenen Jahr mindestens einmal Niederschläge von 15 mm pro Stunde oder mehr erfasst wurden. Unter Berücksichtigung der oben genannten schwierigen Randbedingungen und der Zunahme der hochfrequenten Niederschlagsmessungen im Zuge der Automation des DWD Messnetzes kann damit zwar nicht direkt auf einen tatsächlichen Anstieg geschlossen werden, die Karten geben aber dennoch einen Einblick in die Verteilung und Entwicklung der Starkregenereignisse in Deutschland.

Im KOSTRA-DWD-2010 R stehen flächendeckend für Deutschland in mehr als 5000 Rasterfeldern mit der Größe von 71,5 km<sup>2</sup> statistisch ermittelte Niederschlagshöhen für die Dauerstufen D von 5 min bis 72 h und für die Wiederkehrzeiten  $T_n$  von 1 a bis 100 a zur Verfügung. In Abbildung 33 wird exemplarisch die Verteilung der Niederschlagshöhen von Starkregen für D = 60 min und  $T_n = 10$  a dargestellt (Quirnbach 2017).

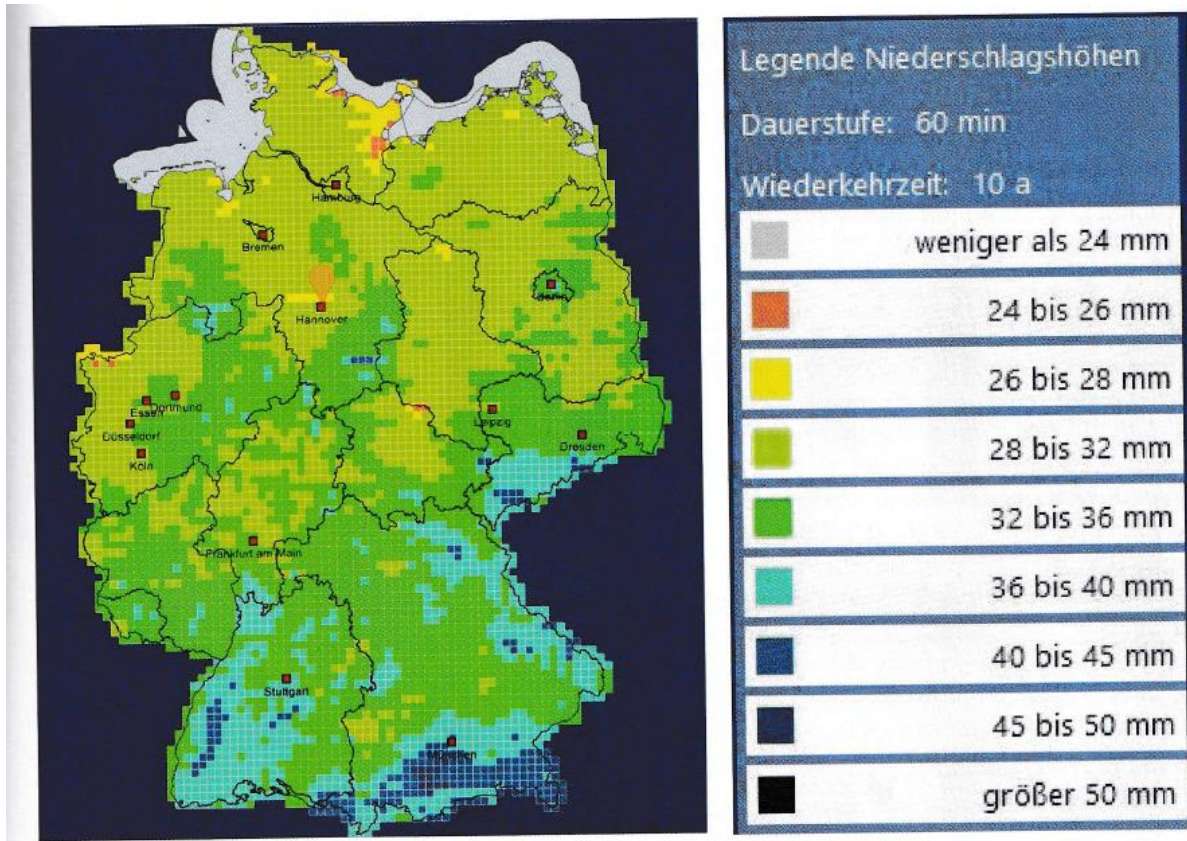


ABBILDUNG 33: RÄUMLICHE VERTEILUNG DER STARKNIEDERSCHLAGSHÖHE (IN MM) NACH KOSTRA-DWD-2010 FÜR DIE DAUERSTUFE  $D = 60$  MIN UND DAS WIEDERKEHRINTERVALL  $T_N = 10$  A (1951 BIS 2010, MONATE JANUAR BIS DEZEMBER) (QUIRMBACH 2017)

Eine Auswertung der partiellen Serien gemäß DWA-A 531 für das Gebiet der Emscher-Lippe Region für die Dekaden 1951-1960 bis 2001-2010 zeigt eine Zunahme der statistisch relevanten Starkregen (Quirmbach et al. 2015). Bei den Trendanalysen sind immer auch die Jahresniederschlagssummen mit zu berücksichtigen (s. Abbildung 34).

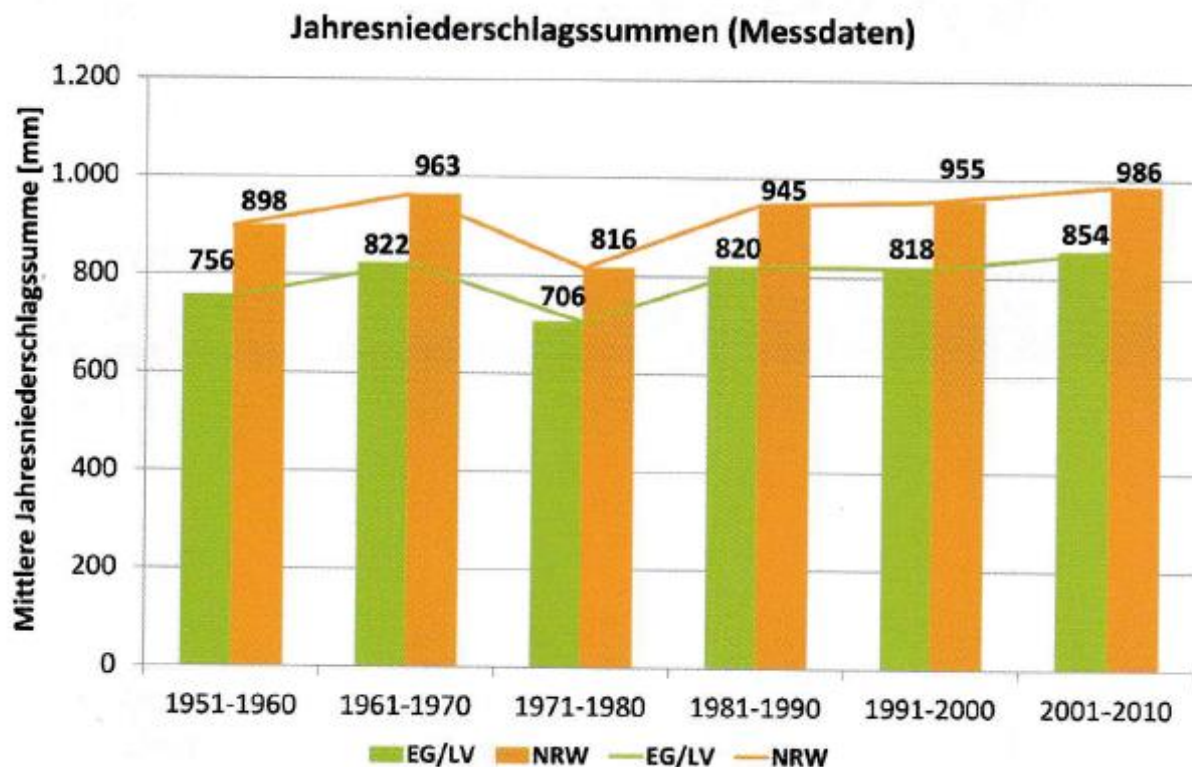
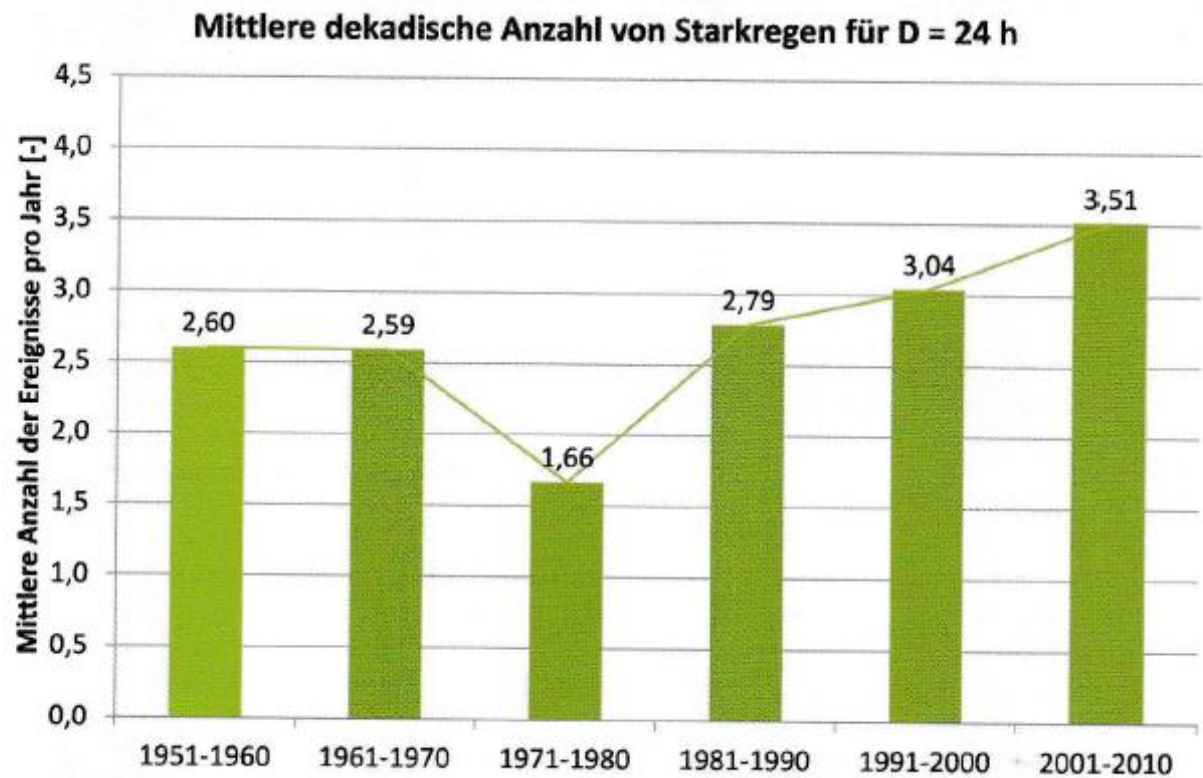


ABBILDUNG 34: ENTWICKLUNG VON STARKREGEN IN DER EMSCHER-LIPPE REGION UND VON JAHRESNIEDERSCHLAGSSUMMEN IN NORDRHEIN-WESTFALEN UND IN DER EMSCHER-LIPPE REGION (QUIIRMBACH ET AL. 2015)

## 6. Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen

### 6.1. Integrale Überflutungsvorsorge

Um einerseits die Wetterbedingungen zu berücksichtigen und andererseits auch die veränderten Rahmenbedingungen im urbanen Raum mit zunehmender Befestigung der Oberfläche, steigenden Vermögenswerten der Gebäude und begrenzter hydraulischer Kapazität der Entwässerungseinrichtungen einzubeziehen, ist eine integrale Überflutungsvorsorge erforderlich (Abbildung 35). Im Vordergrund der Schutzziele stehen dabei der Mensch und seine Gebäude. Hierfür ist eine Risikobewertung erforderlich, die bereits in der Planungsphase (Stadt- und Bauleitplanung) erfolgen muss. Hydrologische Messdaten (Niederschlags- und Abflussmessdaten) über einen ausreichenden Zeitraum sind Voraussetzung für eine Bewertung und Planungsgrundlage. Hierbei sind Wasserwirtschafts- und Umweltbehörden ein wichtiger Partner und Berater. Für eine Umsetzung und Sicherstellung der erforderlichen Maßnahmen einer integralen Überflutungsvorsorge ist jedoch sowohl ein ausreichend dimensioniertes und aktuell überprüftes Entwässerungssystem (s. Kap. 2.3.5) erforderlich, als auch eine mögliche Einbeziehung von Verkehrs- und anderen Flächen zu prüfen. Zusätzlich sollte jedes Gebäude entsprechend seiner Gefährdungsanalyse bedarfsweise mit Schutzvorkehrungen versehen werden (DWA 2013; Brenner et al. 2013).

Für einen möglichen Schadensfall infolge unvorhersehbarer extremer Regenereignisse wird sowohl ein ausreichender Versicherungsschutz empfohlen, als auch ein gut organisierter Katastrophenschutz für Notfälle. Alle Maßnahmen und Aktivitäten müssen von einer guten Öffentlichkeitsarbeit begleitet werden. Alle Betroffenen sind einzubeziehen, zu informieren und zu beraten. Die Öffentlichkeitsarbeit sowie die Koordination aller Aktionen einer integralen Überflutungsvorsorge müssen in kommunaler Hand liegen und durch Fachbehörden und an (KLIWA 2013) dere Fachleute unterstützend beraten werden. Hierzu ist es auch erforderlich, dass alle Kommunen ihre Entwässerungssysteme regelmäßigen hydraulischen Überprüfungen unterziehen, um die Grundstückseigentümer über notwendige Objektschutzmaßnahmen informieren zu können (s. Kapitel 8.5.3).



ABBILDUNG 35: INTEGRALE ÜBERFLUTUNGSVORSORGE

Zur Bewertung von Überflutungsrisiken hat die DWA das Merkblatt M-119 „Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge – Analyse von Überflutungsgefährdungen und des Schadenspotentials zur Bewertung von Überflutungsrisiken“ entworfen (Schmitt 2015a). Hierbei werden die vier wesentlichen Schritte zur Analyse entsprechend Abbildung 36 erläutert und Anleitungen zur Risikokommunikation als gute Hilfestellung für die Kommunen gegeben (s. auch KA 2/2015 Nr. 4).

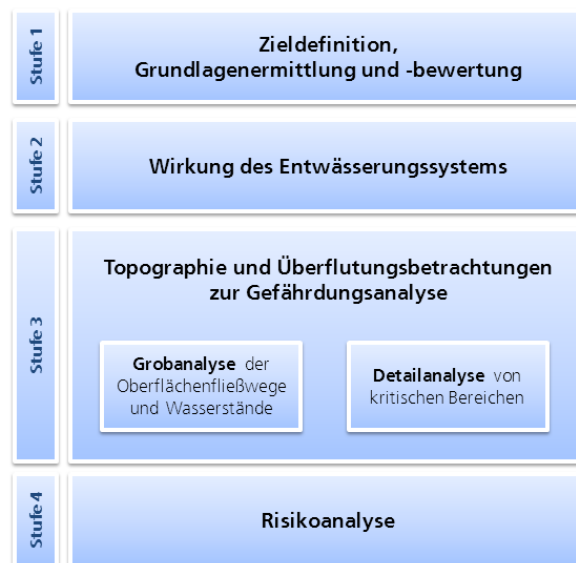


ABBILDUNG 36 STUFENKONZEPT ZUR ERSTELLUNG EINER URBANEN GEFAHRENKARTE (DR. PECHER AG 2014)

„Vor dem Hintergrund häufiger werdender Starkregenereignisse (s. Kap.2.2.2.2) sind Stadtentwässerung und Stadtplanung gemeinsam gefordert, das oberflächlich abfließende Wasser als strukturellformgebende Kraft anzuerkennen und die räumliche Organisation der Stadt im Zusammenspiel zwischen Oberflächenrelief, ober- und unterirdischen Fließwegen und daran angepassten Raumnutzungen zu optimieren" (Stokman et al. 2015, S. 122).

**G K W I** Die Analyse von Überflutungsgefährdungen und der Schadenspotentiale mit einer Risikokommunikation ist wichtiger Bestandteil einer integralen Überflutungsvorsorge.



## 6.2. Überflutungsschutz durch multifunktionale Flächennutzung

Außergewöhnliche lokale Starkregenereignisse, die sich sowohl räumlich als auch zeitlich schwierig vorhersagen lassen, zwingen Kommunen zum flexiblen Planen und Handeln unter großen Unsicherheiten (Benden 2015). Die Kanalisation dient dabei als Hauptwerkzeug der Siedlungsentwässerung. Die richtige Dimensionierung und Steuerung des Kanalnetzes, z.B. über die gezielte Befüllung von Regenrückhaltebecken, bildet hierfür die Grundlage. Aber auch die Art der Einlaufgestaltung der Abwasserkanäle (Abbildung 37) und deren regelmäßige Reinigung (s. DWA 2017) ist für die schnelle und sichere Ein- und Ableitung von Oberflächenwasser notwendig.





ABBILDUNG 37: VERSCHIEDENE EINLAUFSYSTEME (FOTOS: FUNKE KUNSTSTOFFE GMBH, ACO TIEFBAU GMBH)

Aufgrund ihrer Auslegung für die nächsten 50 - 100 Jahre stellt die Kanalisation an sich jedoch kein flexibles System dar und es bedarf für die Anpassungsmaßnahmen an zukünftige Starkregenereignisse zusätzlicher Maßnahmen. Hierbei spielt ein integrales Regenwassermanagement eine zunehmende Rolle. Gründächer, Rückhalte- und Versickerungsanlagen speichern und verzögern den Abfluss und unterstützen bzw. entlasten die Entwässerungssysteme. Ziel ist dabei eine möglichst naturnahe Regenwasserbewirtschaftung und eine Förderung von Verdunstung, Versickerung und Speicherung des Niederschlags (Stokman et al. 2015). Regenwasserbewirtschaftung muss dann wirksam werden, wenn das natürliche Rückhaltevermögen von Niederschlagswasser an der Oberfläche (s. Kap. 2.2.4 und Kap. 2.2.5) überschritten wird. So haben z.B. Gründächer (s. Abbildung 38) ein hohes Aufnahmevermögen für Niederschläge, insbesondere für unwetterartige Niederschläge nach langen Hitzeperioden. Bei optimalem Gründachaufbau werden nur 1% des 15 minütigen Bemessungsregens abflusswirksam, 99% verbleiben auf dem Gründach (Mann und Klinger 2015).

Hierzu werden Gründächer als Retentionsraum angeboten, die eine zusätzliche Speicherwirkung

haben und damit einen Ausgleich für versiegelte Dachflächen bilden Abbildung 39.



ABBILDUNG 38: GRÜNDACH EINER GARAGE IM URBANEN BEREICH (FOTO: GÜNTHERT 2015)

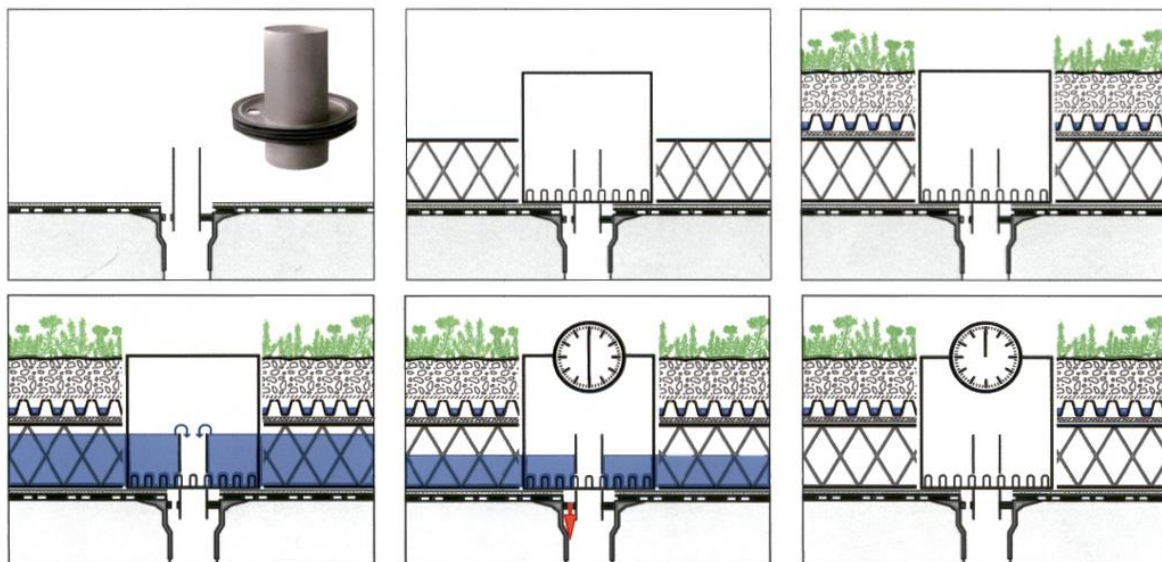


ABBILDUNG 39: RETENTIONSdach (ZINCO GMBH)

Aktuelle Entwicklungen präferieren den Lösungsansatz „Multifunktionale Flächennutzung“ als eine sogenannte „no-regret-Strategie“, welche auch bei nicht eintreffenden Prognosen zur Niederschlagsentwicklung keine negativen Folgen hat. „Dabei werden Freiflächen einer ursprünglich

anderen Nutzung (zum Beispiel Straßen, Parkplätze, Sportanlagen, Grünflächen etc.) oder auch ungenutzte Räume in Gebäuden im Fall eines Starkregenereignisses temporär zur gezielten Retention oder zur kontrollierten Ableitung der bei Überflutungen auftretenden Oberflächenabflüsse in dafür vorbestimmte Bereiche mit geringerem Schadenspotential genutzt“ (Benden 2015).

Während im Ausland bereits derartige Projekte erfolgreich durchgeführt wurden (Rotterdam, Kopenhagen), gibt es in Deutschland noch verschiedene rechtliche Bedenken. Häufige Schlagwörter sind dabei z.B. der Kompromiss zwischen Barrierefreiheit im öffentlichen Raum und der Möglichkeit, Straßen bei Bedarf einstauen zu können. Hier helfen z.B. regelmäßig angeordnete Rampen. Auch Haftungsfragen bei der Mehrfachnutzung, der Unterhalt und allgemein die Finanzierung von Umbaumaßnahmen sind Fragen, die zwischen den verschiedenen Beteiligten (vgl. Abbildung 40) geklärt werden müssen. Letztendlich kann bei allen Beteiligten nur dann ein Konsens erreicht werden, wenn sich die Erkenntnis durchgesetzt hat, dass die multifunktionale Flächennutzung zur Vermin- derung des Risikos von Starkregenereignissen unumgänglich sein wird.

Der dritte Bestandteil eines ganzheitlichen Überflutungsschutzes ist, neben den Entwässerungssystemen mit Regenwassermanagement und den Verkehrs- und Freiflächen, der Objektschutz. Abbildung 40 zeigt, dass für einen wirkungsvollen Überflutungsschutz innerhalb von Siedlungen die Entwässerungsbetriebe, die Wasserwirtschaft, der Straßenbaulastträger und die für die öffentlichen Flächen zuständige Behörde sowie der Grundstückseigentümer zusammenarbeiten müssen.

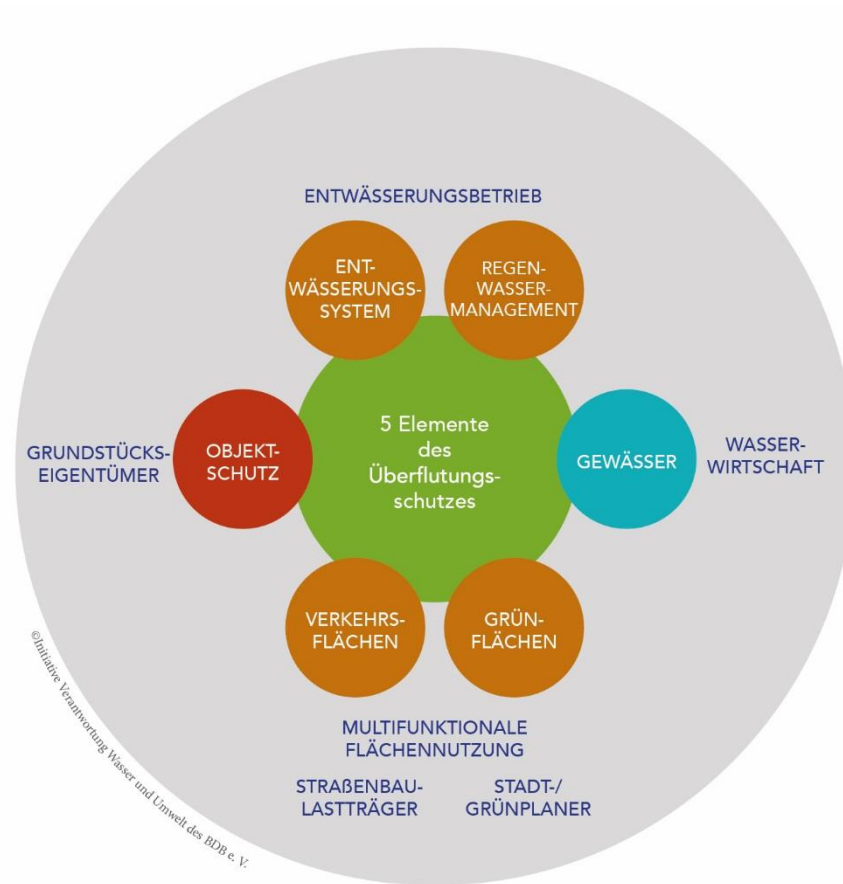


ABBILDUNG 40: FÜNF ELEMENTE DES ÜBERFLUTUNGSSCHUTZES IM URBANEN RAUM (NACH KRIEGER UND FRÖBE 2014)

Abbildung 41 verdeutlicht, dass das Kanalisationsnetz nur für die Überstaufreiheit aufnahmefähig ist, die Überflutungssicherheit ist nur unter Einbeziehung der Oberfläche (Verkehrs- und Freiflächen) gegeben. Für außergewöhnliche Starkregenereignisse ist ein zusätzlicher Objektschutz erforderlich.

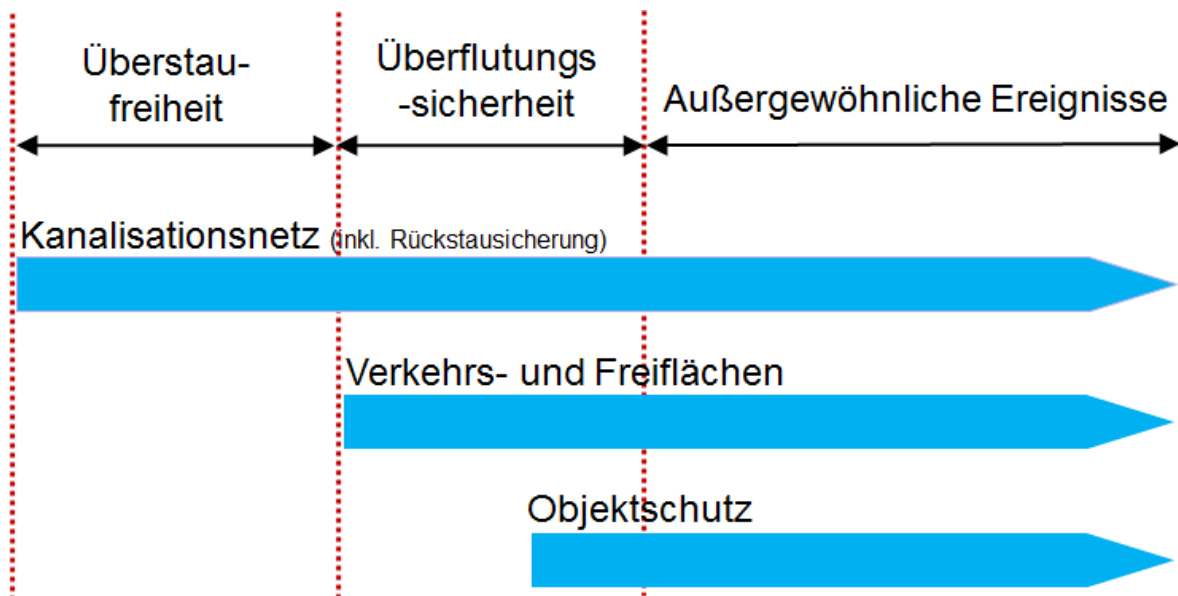


ABBILDUNG 41: ELEMENTE DES ÜBERFLUTUNGSSCHUTZES (DWA AG ES 2.5 2008)

Im Fall von außergewöhnlichen Ereignissen müssen Gebäude und andere Einrichtungen gezielt gesichert werden. Neben höher gesetzten Lichtschächten und anderen langfristigen Schutzmaßnahmen (s. Kap. 3) können allerdings nur bei ausreichender Vorwarnzeit, die meist nicht vorhanden ist, Sandsäcke oder mobile Hochwasserschutzwände installiert werden, um den Fließweg des Oberflächenabflusses von gefährdeter Infrastruktur fernzuhalten.

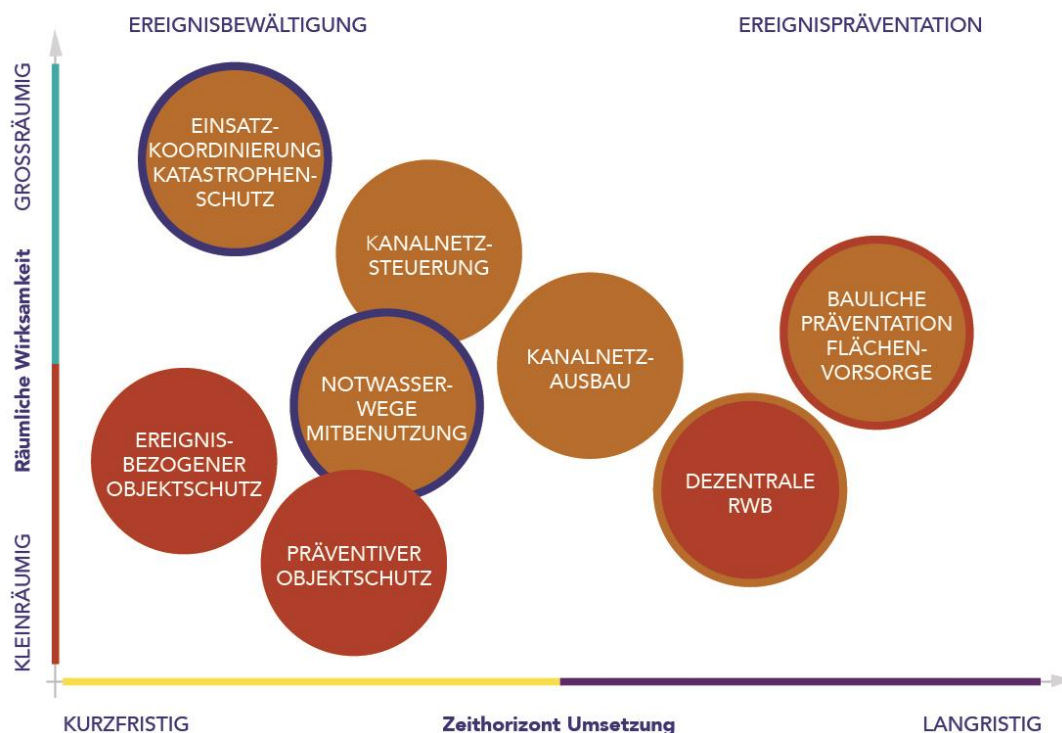
Beispielhaft hat das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz ein PDF-Tool für Gemeinden zum „Klimacheck“ herausgebracht. Hierin werden für bayerische Gemeinden Risikoabschätzungen und weiterführende Informationen angeboten. Neben Hitzebelastung, Trockenheit und Hochwasser wird auch das Thema Starkregenniederschläge und kleinräumige Überflutungen behandelt (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2014).



**Der ganzheitliche Überflutungsschutz besteht aus dem Entwässerungssystem mit Regenwassermanagement, den Verkehrs- und Freiflächen und dem Objektschutz. Hierfür müssen Grundstückseigentümer, kommunale und staatliche Behörden und Ämter zusammenarbeiten.**

### 6.3. Multidimensionale Anpassungsstrategie

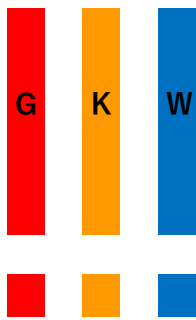
Die multifunktionale Flächennutzung stellt (wie im Kapitel 6.2 beschrieben) für den öffentlichen Raum die beste Möglichkeit zur Anpassung an urbane Sturzfluten dar. Dennoch müssen Vorsorge-maßnahmen in mehreren Dimensionen geschehen (s. Abbildung 42). Dies umfasst verschiedene Bestandteile von kurzfristig-kleinräumigen Maßnahmen, wie den ereignisbezogenen Objektschutz (z.B. Sandsäcke), bis zur kurzfristig-großräumigen Koordinierung von Rettungseinsätzen im Katastrophenfall.



©Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e. V.

ABBILDUNG 42: MULTIDIMENSIONALE ANPASSUNG AN DAS RISIKO URBANER STURZFLUTEN (RWB = REGENWASSERBEHANDLUNG)

Für eine langfristige Anpassung sind sowohl die Entwässerungssysteme gemeinsam mit einem Regenwassermanagement entsprechend zu gestalten, aber auch potentielle Fließwege von Oberflächenwasser zu simulieren und entsprechende Freiflächen als Rückhalteräume auszuweisen. Doch wenngleich ein Großteil zur Anpassung an urbane Sturzfluten von den entsprechenden Ämtern und Behörden geplant und ausgeführt werden muss, sind auch private Hauseigentümer, durch nachhaltige Planung und Anpassungsmaßnahmen ihr Risiko im Fall von Starkregen zu vermindern (s. Kapitel 3), gefordert.



**Vorsorgemaßnahmen beginnen bei kurzfristigen, kleinräumigen Maßnahmen (Objektschutz) und müssen mit großräumigen, langfristigen Maßnahmen (Kanalnetzausbau, Flächenvorsorge) fortgeführt werden.**

## 7. Starkregenerereignisse in deutschen Kommunen

Anhand der nachfolgenden Zusammenstellungen sollen beispielhaft Starkregenerereignisse in deutschen Kommunen aufgezeigt werden. Schäden, Rückschlüsse und Maßnahmen werden soweit bekannt mit aufgeführt. Es wurde sowohl mit technischen Maßnahmen als auch mit Risikomanagement und Öffentlichkeitsarbeit auf die jeweiligen Ereignisse reagiert. Alle Ereignisse traten im Sommer verschiedener Jahre auf.

Neben den hier aufgeführten Ereignissen kam es in der jüngsten Vergangenheit zu vielen weiteren starkregenbedingten Überflutungen in Deutschland. Im Rahmen dieser Studie werden nur Informationen verwendet, die in entsprechender Fachliteratur enthalten sind. Weitere Ereignisse können über mediale Plattformen aus dem Internet bezogen werden.

### **WUPPERTAL im Mai 2018** (Wupperverband 2018)

**Intensität:** 85 mm in einer Stunde

#### **Schäden:**

- Zusammenbruch eines Daches im Uni Campus
- Einreißen des Daches einer Tankstelle

### **BERLIN im Juni 2017** (rbb24 2017; n-tv 2017)

**Intensität:** 196 mm innerhalb 24 h (Berlin-Tegel) und 173 mm in 6 h (Berlin-Oranienbrug)

#### **Schäden:**

- Verwüstungen ganzer Straßenzüge
- Am Flughafen Tegel stehen die Start- und Landebahn teilweise komplett unter Wasser
- Die U Bahn-Haltestelle „Walther-Schreiber-Platz“ läuft mit Wasser voll

### **BONN im Juni 2016** (Koch 2016; General Anzeiger Bonn 2017)

**Intensität:** 95 mm in einer Stunde

**Schäden:** Insgesamt fallen für die Beseitigung der Schäden mehr als 3 Mio. € an;

- Vier große und mehrere kleinen Brücken wurden zerstört

- Keller, Straßen und Unterführungen wurden überflutet und waren einige Zeit unzugänglich
- An der Rheinmündung kam es zu einem Geländeeinbruch

**Maßnahmen/ Rückschlüsse:**

- *Überflutungs-/Hochwasserschutz ist eine Gemeinschaftsaufgabe*
- *Messungen erweitern, wobei zu beachten ist, dass Messen alleine keine sichere Vorwarnung garantiert*
- *Elementarpflichtversicherungen*

**SIMBACH im Juni 2016** (LAWA 2018; LfU 2017; Hübl 2017)

**Intensität:** endbetonter Gebietsniederschlag von 180 mm in 48 h

**Schäden:** Es starben 7 Menschen und man rechnet mit einem Sachschaden von ca. 1 Mrd. €

- Der Wasserstand im Simbach stieg in kurzer Zeit um ca. 5 Meter an
- Einschränkungen / Ausfälle der Trinkwasser- und Abwasserentsorgung
- Unterbrechung wichtiger Verkehrswege

**BRAUNSBACH im Mai 2016** (LAWA 2018; LUBW 2016)

**Intensität:** In einer Stunde 90 mm bei einer Gesamtniederschlagsmenge von 105 mm innerhalb eines Tages

**Schäden:** Insgesamt mehr als 100 Mio. €

- 145 Häuser schwer beschädigt, eines davon komplett zerstört
- Die über die Ufer tretenden Bäche Schlossbach und Orlacher Bach führten von Überschwemmungen von 0,5 bis 3 m
- Hangrutschungen und die damit verbundenen Schlammengen führten zu Schäden im talabwärts gelegenen Ort

**MÜNSTER im Juli 2014** (Grüning und Grimm 2015)

**Intensität:** 220 mm in 105 min bei einer Gesamtniederschlagshöhe von 290 mm in 7 h

**Schäden:** Insgesamt mehrere 100 Mio. €;

- Einzelgebäude > 100.000 €; Böschungsschäden an Straßen ca. 400.000 €

**Maßnahmen/ Rückschlüsse:**

- Systematische Gefährdungsanalyse für gesamtes Stadtgebiet mittels hydraulischer Berechnungen
- Erweiterung Kanaldatenbank um hochwasserspezifische Informationen
- Einrichtung öffentlicher Flächen als Regenrückhalteraum
- Einbau von Schutzrechen vor kritischen Durchlässen
- Verkürzung der Intervalle für Straßenablaufreinigung von 1x auf 2x pro Jahr



- Vergrößerung der hydraulischen Gewässerdurchlässe (Kombination europäische Hochwasserrisikomanagementrichtlinie & europäische Wasserrahmenrichtlinie)
- Privater Objektschutz: Rückstausicherung, erhöhte Lichtschächte, Hochwasserschutzwände; Vorbeileitung von Oberflächenwasser, kostenlose Rückstauberatung durch Tiefbauamt

### **BREMEN im August 2011** (Gatke et al. 2015)

**Intensität:** 39 mm in 90 min

**Schäden:** großflächige Überflutungen;

- im Überflutungsschwerpunkt Einstau von Unterführungen bis 2,1 m über Straßenoberkante

**Maßnahmen/ Rückschlüsse:**

- Einrichtung Notüberläufe von gefährdeten Straßen auf Sportplätze
- Bordsteinhöhe von kritischen Straßen 10 cm
- Neubau von Regenrückhaltebecken

### **DORTMUND im August 2008** (Grünwald 2009)

**Intensität:** 200 mm in 120 min; 129 mm in 150 min

**Schäden:** Gesamt ca. 17,5 Mio. €

- davon ca. 11 Mio. € auf Gelände der Universität Dortmund,
- ca. 3,5 Mio. € an städtischen Einrichtungen,
- ca. 2 Mio. € an Privateigentum,
- ca. 950.000 € an Gewerbe

**Maßnahmen/ Rückschlüsse:**

- natürlicher Wasserrückhalt in den Einzugsgebieten
- Flächen-, Bau-, Risiko-, Informations- und Verhaltensvorsorge
- technischer Hochwasserschutz, Maßnahmen zur Katastrophenabwehr
- Vorhaltung und Vorbereitung des Katastrophenschutzes
- Empfehlungen zum Hochwasserrisikomanagement für die einzelnen Stadtteile
- Hilfe für Betroffene

### **BAIERSDORF in Mittelfranken im Juli 2007** (DWA 2011b; Hinkelmann et al. 2010; Scheibel 2013)

**Intensität:** bis zu 200 mm in 6 h nach extremen abendlichen Gewitter (mehr als doppelt so viel wie im Monatsmittel)

**Schäden:** über 70 Mio. € an etwa 1.000 Gebäuden sowie im Gewerbegebiet; trotz Lage auf einer hochwasserfreien Terrasse der 500 m entfernten Pegnitz; Pegnitz erreichte knapp die Meldestufe 1

und hatte mit den Überflutungen in Baidersdorf nichts zu tun; flächenhafte Zuflüsse aus freiem Gelände bei wassergesättigtem Boden

- Aussagen Bürgermeister: „Die Gemeinde galt zuvor nie als eine vom Hochwasser bedrohte“, „99% der Firmen haben keine Versicherung gegen Elementarschäden“
- Aussage Gewerbetpark-Chef: „mit einer solchen Sturzflut konnte hier wirklich niemand rechnen“

#### **Maßnahmen/ Rückschlüsse:**

- Erstellung eines Hochwasserschutzkonzeptes in Zusammenarbeit mit TU-Berlin
- Untersuchung der Wirkung von Hochwasserrückhaltebecken auf Überschwemmungsflächen und Wassertiefen im Modellgebiet



**Ausgewertete Starkregenereignisse in Deutschland zeigen die unerwarteten Niederschläge, die hohen Schäden sowie Konsequenzen daraus.**

## **8. Rechtliche Rahmenbedingungen**

Vorsorge und Schutz vor urbanen Sturzfluten ist in Gesetzen und Regelwerken verschiedener betroffener Fachrichtungen verankert und in Planungen und Genehmigungen zu berücksichtigen und umzusetzen. Das Wasserhaushaltsgesetz enthält in § 5 Abs. 2 „Allgemeine Sorgfaltspflichten“ folgende Verpflichtung: *Jede Person, die durch Hochwasser betroffen sein kann, ist im Rahmen des ihr Möglichen und Zumutbaren verpflichtet, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen nachteiligen Folgen für Mensch, Umwelt oder Sachwerte durch Hochwasser anzupassen.*

### **8.1. Hochwasserschutzgesetz II und Änderungen im Wasserhaushaltsgesetz**

Das Wasserhaushaltsgesetz definiert im **§ 72 Hochwasser:**

*Hochwasser ist eine zeitlich beschränkte Überschwemmung von normalerweise nicht mit Wasser bedecktem Land, insbesondere durch oberirdische Gewässer oder durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser. Davon ausgenommen sind Überschwemmungen aus Abwasseranlagen.*

Nachdem bei Starkregen auch Überflutungen durch das Kanalnetz auftreten können (Kapitel 2.3.4.4) sind die folgenden Vorgaben bzgl. Gefahren- und Risikokarten nach § 74 WHG für diese

Fälle nicht bindend. Ebenfalls werden für diese Ereignisse keine Risikomanagementpläne nach § 75 WHG erstellt.

Im Hochwasserschutzgesetz II vom 30. Juni 2017, veröffentlicht am 5. Juli 2017, wurden Änderungen und Ergänzungen im Wasserhaushaltsgesetz und Baugesetzbuch festgelegt.

### **§ 78 b WHG, Risikogebiete außerhalb von Überschwemmungsgebieten:**

*(1) Risikogebiete außerhalb von Überschwemmungsgebieten sind Gebiete, für die nach § 74 Absatz 2 Gefahrenkarten zu erstellen sind und die nicht nach § 76 Absatz 2 oder Absatz 3 als Überschwemmungsgebiete festgesetzt sind oder vorläufig gesichert sind; dies gilt nicht für Gebiete, die überwiegend von den Gezeiten beeinflusst sind, soweit durch Landesrecht nichts anderes bestimmt ist. Für Risikogebiete außerhalb von Überschwemmungsgebieten gilt Folgendes:*

*1. Bei der Ausweisung neuer Baugebiete im Außenbereich sowie bei der Aufstellung, Änderung oder Ergänzung von Bauleitplänen für nach § 30 Absatz 1 und 2 oder nach § 34 des Baugesetzbuches zu beurteilende Gebiete sind insbesondere der Schutz von Leben und Gesundheit und die Vermeidung erheblicher Sachschäden in der Abwägung nach § 1 Absatz 7 des Baugesetzbuches zu berücksichtigen; dies gilt für Satzungen nach § 34 Absatz 4 und § 35 Absatz 6 des Baugesetzbuches entsprechend;*

*2. außerhalb der von Nummer 1 erfassten Gebiete sollen bauliche Anlagen nur in einer dem jeweiligen Hochwasserrisiko angepassten Bauweise nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik errichtet oder wesentlich erweitert werden, soweit eine solche Bauweise nach Art und Funktion der Anlage technisch möglich ist; bei den Anforderungen an die Bauweise sollen auch die Lage des betroffenen Grundstücks und die Höhe des möglichen Schadens angemessen berücksichtigt werden.*

*(2) Weitergehende Rechtsvorschriften der Länder bleiben unberührt.*

Damit ergibt sich die Möglichkeit sowohl Gefahrenkarten außerhalb von Überschwemmungsgebieten zu erstellen, als auch bei der Ausweisung neuer Baugebiete und der Errichtung von baulichen Anlagen eine dem Hochwasserrisiko angepasste Bauweise zu verlangen. Allerdings ist bezüglich Hochwasser die Definition im § 72 WHG zu beachten.

### **§ 78 d WHG Hochwasserentstehungsgebiete:**

*(1) Hochwasserentstehungsgebiete sind Gebiete, in denen bei Starkniederschlägen oder bei Schneeschmelze in kurzer Zeit starke oberirdische Abflüsse entstehen können, die zu*

*einer Hochwassergefahr an oberirdischen Gewässern und damit zu einer erheblichen Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung führen können.*

*(2) Die Länder können Kriterien für das Vorliegen eines Hochwasserentstehungsgebietes festlegen. Hierbei sind im Rahmen der hydrologischen und topographischen Gegebenheiten insbesondere das Verhältnis von Niederschlag zu Abfluss, die Bodeneigenschaften, die Hangneigung, die Siedlungsstruktur und die Landnutzung zu berücksichtigen. Auf Grund dieser Kriterien kann die Landesregierung Hochwasserentstehungsgebiete durch Rechtsverordnung festsetzen.*

Bisher sind allerdings noch keine Festsetzungen von Hochwasserentstehungsgebieten bekannt, daher sind die in § 78d folgenden Abschnitte zwar inhaltlich interessant, jedoch rechtlich ohne Festsetzung nicht bindend.

*(3) In festgesetzten Hochwasserentstehungsgebieten ist zur Vermeidung oder Verringerung von Gefahren durch Hochwasser, das natürliche Wasserversickerungs- und Wasserrückhaltevermögen des Bodens zu erhalten oder zu verbessern, insbesondere durch die Entsiegelung von Böden oder durch die nachhaltige Aufforstung geeigneter Gebiete. Satz 1 gilt nicht für Anlagen der öffentlichen Verkehrsinfrastruktur.*

*(4) In festgesetzten Hochwasserentstehungsgebieten bedürfen folgende Vorhaben der Genehmigung durch die zuständige Behörde:*

- 1. die Errichtung oder wesentliche Änderung baulicher Anlagen im Außenbereich, einschließlich Nebenanlagen und sonstiger Flächen ab einer zu versiegelnden Gesamtfläche von 1 500 Quadratmetern,*
- 2. der Bau neuer Straßen,*
- 3. die Beseitigung von Wald oder die Umwandlung von Wald in eine andere Nutzungsart oder*
- 4. die Umwandlung von Grünland in Ackerland.*

## **8.2. Regelungen und Vorgaben einzelner Bundesländer**

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über bereits bestehende Leitfäden und Handlungsempfehlungen von Bund und Ländern. Es wurde eine beispielhafte Aufzählung von verschiedenen Strategien, Infomaterialien und Fördermöglichkeiten zusammengestellt. Darüberhinausgehende Informationen sind direkt von den einzelnen Bundesländern einzuholen.

### **8.2.1. LAWA Strategie für ein effektives Starkregenisikomanagement**

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat im Auftrag der Umweltministerkonferenz eine Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement im Januar 2018 herausgegeben (LAWA 2018).

Folgende **Rahmenbedingungen** für das Starkregenrisikomanagement müssen beachtet werden:

- *Starkregenereignisse kann man nicht vermeiden.*
- *Starkregenereignisse können überall zu Überflutungen führen und erhebliche Schäden verursachen.*
- *Ein absoluter Schutz gegen die negativen Auswirkungen von Überflutungen durch Starkregen ist nicht möglich.*
- *Starkregenereignisse sind kaum vorhersagbar.*
- *Starkregenereignisse in Deutschland werden wahrscheinlich zunehmen.*

Die LAWA sieht dabei folgende **Handlungserfordernisse**:

- *Grundlagen schaffen: Vergangene Ereignisse, bestehende Gefahren und Risiken, Maßnahmen und Handlungsmöglichkeiten kennen*
- *Informationen und Wissen vermitteln*
- *Vorsorge betreiben*
- *Schutz verbessern*
- *Abwehr organisieren*

Dabei nehmen die Kommunen eine Schlüsselrolle in den Bereichen Vorsorge, Bewältigung und Wiederaufbau im Starkregenrisikomanagement ein. Es sind u.a. als **Aufgaben** definiert:

- *Systematische Analyse der Gefährdungs- und Schadenspotentiale mit Ermittlung der Überflutungsgefährdung (lokale Starkregengefahrenkarten).*
- *Vermeiden und Minimierung von wild abfließendem Niederschlagswasser im urbanen Raum durch dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (wassersensible Stadtentwicklung u.a. durch Unterstützung von Rückhalt und Verdunstung).*

Als **Aufgaben für Privatpersonen und Unternehmen** sind u.a. aufgeführt:

- *Selbstverantwortliches Einholen von Informationen, die durch Kommunen und öffentliche Institutionen zur Verfügung gestellt werden, z.B. lokale Starkregengefahrenkarten, Warnmeldungen, Vorhersagewerte.*
- *Eigenverantwortliches Umsetzen von Maßnahmen zur Vermeidung oder Minderung von Schäden aus Starkregenereignissen, insbesondere durch Objektschutz.*
- *Dezentrales Rückhalten von Niederschlagswasser durch wassersensible Grundstücksgestaltung.*

Neben Aufgaben für Land- und Forstwirte werden auch **Aufgaben für die Bundes- und Landespolitik** formuliert:

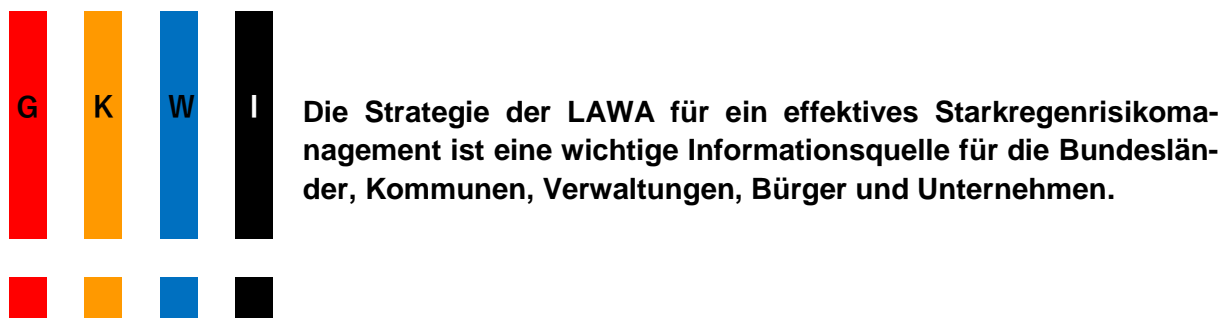
- *Bereitstellung von Fördermitteln zur Unterstützung der Kommunen sowie Bürgerinnen und Bürger beim Starkregenrisikomanagement. Schaffen neuer bzw. Erweiterung bestehender Fördermöglichkeiten für die Konzeption und insbesondere auch die Umsetzung von Vorsorge- und Schutzmaßnahmen. Hierfür bietet sich z.B. das bundesweite Förderinstrument der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) an. Weitere Finanzierungsinstrumente, welche sich gezielt an die kommunale Umsetzung von Maßnahmen zur Risikoreduktion und Klimaanpassung richten, sollten geprüft und bei Bedarf neu eingeführt bzw. vorhandene Instrumente angepasst werden.*
- *Erneutes Prüfen der Möglichkeit, eine Pflichtversicherung für Elementarschäden einzuführen.*
- *Konsequentes Verfolgen des Zieles, die Flächeninanspruchnahme und damit die Versiegelung in Deutschland zu reduzieren.*
- *Aufarbeitung und Bewertung von Zielkonflikten wie Barrierefreiheit, Unterhaltslast von Verkehrswegen, multifunktionale Nutzung von Flächen,...*

Trotz der Einschränkung für Starkregenrisiken keine Risikogebiete nach § 73 Abs. 1 WHG ausweisen zu können und um den vergangenen Starkregenereignissen Rechnung zu tragen empfiehlt die LAWA im Rahmen der Überprüfung und Aktualisierung der Hochwasserrisikomanagementpläne Maßnahmen des Starkregenrisikomanagements aufzunehmen.

Der Siedlungswasserwirtschaft wird im Zusammenhang mit Starkregen eine wesentliche Rolle zugewiesen. Der Bau, Betrieb und Erhalt funktionstüchtiger Anlagen nimmt bereits heute eine besondere Rolle bei der Analyse und Prävention von starkregenbedingten Überflutungsschäden ein.

Die LAWA Strategie ist eine gute Zusammenstellung wichtiger Quellen und Hinweise. Sie weist allen von Starkregen betroffenen und Beteiligten klare Aufgaben zu. Allerdings wird dabei die Überflutungsgefahr durch austretendes Abwasser aus der Kanalisation zu wenig berücksichtigt, sowie die Gefahr durch eindringendes Abwasser aus der Kanalisation über die Grundstücksentwässerungsanlagen bei häufig nicht vorhandener oder nicht funktionsfähiger Rückstausicherung. Es fehlen zudem klare Vorgaben zur rechtlichen Umsetzung dieser Empfehlungen und Maßnahmen in den Ländern durch Gesetze und Verordnungen.

Die Strategie der LAWA für ein effektives Starkregenrisikomanagement ist eine wichtige Informationsquelle für die Bundesländer, Kommunen, Verwaltungen, Bürger und Unternehmen.



## 8.2.2. Starkregenstrategien einzelner Bundesländer

### 8.2.2.1. *Baden-Württemberg: „Leitfaden kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden -Württemberg“ (LUBW 2016)*

Der Leitfaden soll allen Entscheidungsträgern des Bundeslandes ein einheitliches Verfahren aufzeigen, wie Gefahren und Risiken in Bezug auf Starkregenereignisse ermittelt werden und dadurch Schäden reduziert werden können (s. Kapitel 5.3).

Im hier beschriebenen Konzept soll in einem ersten Schritt eine hydraulische Gefährdungsanalyse erfolgen, die als Ergebnis eine Starkregengefahrenkarte mit sich führt. Im Anschluss daran soll eine Risikoanalyse stattfinden und daraus ein Handlungskonzept zum Starkregenrisikomanagement entwickelt werden.

Es wird dabei hervorgehoben, dass für einen effektiven Schutz vor Starkregenereignissen Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen aus vielen Bereichen zusammenspielen. Darunter fallen neben der Rückleitung und Ableitung von Außengebietswasser auch die nicht sichtbaren „schlafenden“ Gewässer, die Siedlungsentwässerung, Straßen und Wege, Frei- und Grünflächen, Objektschutzmaßnahmen sowie der Wasserrückhalt in der Fläche.

Förderfähig sind die Leistungen des Ingenieurbüros bei der Erstellung eines Starkregenrisikomanagements in einer Höhe von 70 %, solange die Bearbeitung nach den Vorgaben und Inhalten dieses Leitfadens erfolgt.

#### **8.2.2.2. Bayern: „Integrale Konzepte zum kommunalen Sturzflut-Risikomanagement“ (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2017)**

Die in dem Infoblatt aufgezeigten integralen Konzepte zum kommunalen Sturzflut-Risikomanagement, sollen der Kommune und den Bürgern Möglichkeiten aufzeigen, wie Schäden und Risiken durch z.B. Vorsorgemaßnahmen reduziert oder sogar vermieden werden können und welche Handlungsmöglichkeiten zur Ereignisbewältigung und Nachsorge bestehen. Dabei spielt auch die Zuordnung zu einem verantwortlichen Maßnahmenträger eine wichtige Rolle.

Hier sollen zunächst vorhandene Daten der entsprechenden Kommune in einer Bestandsanalyse ausgewertet und analysiert werden, um eine gute Grundlage für die anschließende Gefahrenermittlung zu liefern. Im Anschluss daran können die Gefahren beurteilt und einem Risiko zugeordnet werden. Diese Stufe des Konzepts ist entscheidend, um daraus konzeptionelle Maßnahmen zu entwickeln und in einem letzten Schritt die integrale Strategie zum kommunalen Sturzflutrisikomanagements herauszuarbeiten.

Die Analysen sind jeweils für Fließgewässer und wild abfließendes Wasser durchzuführen, wobei auch z.B. Gräben, Ableitungen, Anlagen an Gewässern und Siedlungsentwässerungsanlagen eine Rolle spielen.

Im Rahmen dieses Programms werden Ingenieursleistungen gefördert, die zur Erstellung des Konzepts erforderlich sind. Der Fördersatz beträgt dabei 75 % der zuwendungsfähigen Ausgaben bis zu einer maximalen Höhe von 150.000 €.

#### **8.2.2.3. Niedersachsen: „Leitfaden zur Starkregenvorsorge“ (INKOKA 2016)**

Ziel dieses Leitfadens ist es, den Bürger über die Gefahren von Starkregenereignissen zu informieren und ihm konkrete Handlungsempfehlungen aufzuzeigen, um sich gegen diese zu schützen.

Hierbei werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie Regenwasser naturnah bewirtschaftet werden kann, wie es effektiv vom Grundstück abgeleitet wird und wie das Eindringen von Wasser in das Haus selbst vermieden werden kann.

Der Bürger wird zudem darauf hingewiesen, dass mancherorts öffentliche Förderprogramme für Maßnahmen wie der Regenwassernutzung, Versickerung, Dachbegrünung oder Entsiegelung bestehen.



#### **8.2.2.4. Rheinland-Pfalz: „Starkregen – Was können Kommunen tun?“ (ibh und WBH 2013)**

Im Rahmen dieses Leitfadens sollen die Kommune und die Bürger über die Gefahren von Starkregenereignissen aufgeklärt werden und Wege zur Schadens-/Gefahrenminimierung aufgezeigt werden. Eine konkrete Anleitung soll dazu dienen, die Art und das Ausmaß der Gefährdung bewerten zu können.

Die o.g. Gefährdungsbeurteilung erfolgt zunächst durch eine örtliche Analyse, in welcher die einzelnen Gefährdungsbereiche identifiziert werden. Im Anschluss daran werden in einer simulationstechnischen Analyse die potentiellen und vorrangigen Risikobereiche ermittelt. Im letzten Abschnitt werden praktische und konkrete Maßnahmen zur Starkregenvorsorge dargestellt. Neben der Vorsorge durch Planung, Bauvorsorge und den Objektschutz wird hierbei verdeutlicht, dass Maßnahmen sowohl gegen Außengebietswasser, als auch gegen Überflutungen aus der Ortsentwässerung und gegen Überflutung aus Gewässern berücksichtigt werden müssen.

#### **8.2.2.5. Hamburg: „RISA – RegenInfraStrukturAnpassung – Leben mit Wasser“ (RISA 2012)**

Der Leitfaden ist v.a. an Hauseigentümer, Bauherren und Architekten gerichtet, die das Ziel verfolgen, ihr Eigentum oder ein Objekt vor Wasser zu schützen. Neben baulichen Vorsorgemaßnahmen für Neubauten, werden dabei auch nachträgliche Schutzmaßnahmen für Bestandsbauten thematisiert.

Dem Betroffenen wird dabei aufgezeigt, wie er sich und das Gebäude vor Oberflächenwasser, Bodenfeuchtigkeit und nichtstauendem Sickerwasser, Grundwasser und aufstauendem Sickerwasser sowie Rückstau aus dem Sielnetz schützen kann. Außerdem werden gegen Ende einige Punkte zur Verhaltensvorsorge genannt, wobei z.B. schon durch einige einfache Nutzungsanpassungen der Kellerräume viele Schäden vermieden werden können.

In der Broschüre sind Kostenangaben für die verschiedenen Maßnahmen zu finden, die jeweils als Größenordnung dienen sollen, allerdings nicht verbindlich sind.

#### **8.2.2.6. Bremen: Praxisleitfaden – „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“ (HSB 2017)**

Im Rahmen des Projekts „KLAS – KlimaAnpassungsStrategie Extreme Regenwetterereignisse“, wurde dieser Leitfaden, anknüpfend an die Ausführungen des DWA – M 119, entwickelt, mit dem Ziel eine ausführliche Übersicht über die dem aktuellen Stand der Technik entsprechenden Methoden zur hydrodynamischen Überflutungsberechnung zu geben. Gerichtet ist der Leitfaden an Akteure, die sich z.B. mit Aufgaben wie der Identifikation von Überflutungsschwerpunkten, der Erarbeitung von Gefahren- und Risikokarten oder der Maßnahmenplanung beschäftigen.

Wie bereits oben aufgeführt, widmet sich dieser Leitfaden vollumfänglich den Methoden zur hydrodynamischen Überflutungsberechnung. Dabei werden zunächst die verschiedenen Modelle dargestellt, bevor die erforderlichen Grundlagendaten beschrieben werden. Hierbei spielen Daten des Kanalnetzes, der Oberfläche sowie der Niederschlagsbelastung eine wichtige Rolle. Bevor eine geeignete Berechnungsmethode gefunden werden kann, müssen in einem weiteren Schritt die Auswirkungen wichtiger Einflussfaktoren wie der Abflussbildung, der Struktur des Oberflächenmodells, Straßeneinläufe oder die Niveaus der Schachtdeckel untersucht werden. Gegen Ende wird exemplarisch dargestellt, wie die Auswirkungen des Klimawandels in diesen Modellen integriert werden können.

#### **8.2.2.7. Sachsen-Anhalt: Beratungsleitfaden – „Bodenerosion und Sturzfluten“ (LLG 2018)**

Im Rahmen dieses Leitfadens sollte ein Erosionsschutzkonzept für den ländlichen Raum erarbeitet werden, mit dem Ziel Niederschläge besser in der Landschaft zurückzuhalten und damit einen Verbleib des Bodenmaterials auf der landschaftlich genutzten Fläche zu erzielen. Das Konzept soll zur Informationsquelle und Sensibilisierung der Landwirte, Bürger und Kommunen im ländlichen Raum dienen.

Die Kernpunkte bilden dabei die Schutzmaßnahmen, die zum einen im Außenbereich und zum anderen im Innenbereich von Ortschaften ergriffen werden können. Während im Außenbereich die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen großen Einfluss haben, sind im Innenbereich eher Fragen zu berücksichtigen, wie man z.B. sein Haus oder Grundstück sichern kann oder wie eine Überbelastung der Kanalisation durch Regenwasser vermieden werden kann.

#### **8.2.2.8. Nordrhein-Westfalen**

In Nordrhein-Westfalen gibt es bisher noch keine landesweite Strategie, allerdings ist eine Arbeitshilfe (Entwurf) zum Starkregenrisikomanagement in Abstimmung. Im Projekt KISS (Klima-Innovationsfonds Projekt IF-37) werden die Inhalte vorliegender Projekte zusammengefasst, die sich mit dem Thema Starkregen in Bezug auf Stadtentwässerung und Stadtentwicklung beschäftigen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf praktische Punkte, wie erforderliche Datenbasis, Gefährdungsanalysen, Maßnahmen der Gestaltung bzw. des Schutzes, den hierfür einsetzbaren Modellen und den Richtlinien gelegt.

Zudem bestehen hier in einigen Kommunen bereits Konzepte. An dieser Stelle wird auf das Kapitel 8.6.3 verwiesen, mit der Stadt Köln als vorbildliches Beispiel. Daneben bestehen bereits weitere Strategien in z.B. Dortmund, Gelsenkirchen, Unna und Wuppertal.

### **8.2.2.9. Weitere Bundesländer**

Andere Bundesländer wie z.B. Sachsen und Berlin greifen das Thema Starkregen zwar indirekt in Bezug auf Anpassungen an den Klimawandel auf, allerdings sind hier keine konkreten Leitfäden bekannt.

Auch Hessen beschäftigt sich zurzeit im Rahmen des Projektes „KLIMPRAX“, welches voraussichtlich im Jahr 2020 zum Abschluss kommen soll, intensiv mit dem Thema Starkregen (LAWA 2018).

In Schleswig-Holstein gibt es für die Landeshauptstadt Lübeck ein Planungs- und Warnungstool für Starkregen.

Aus Brandenburg, Saarland und Thüringen liegen keine Informationen zur Starkregenvorsorge vor.

## **8.3. Klimaangepasste Bauleitplanung**

Durch das „Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden“ vom 22.07.2011 wurde das Baugesetzbuch (BauGB) unter den Aspekten Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel novelliert („BauGB-Klimanovelle 2011“).

Durch die Aufnahme der sog. „Klimaschutzklausel“ 2011 ins BauGB (§ 1 Abs. 5 BauGB) wird das Anliegen einer klimaangepassten Stadtentwicklung gestärkt. Dort heißt es:

*„Die Bauleitpläne sollen [...] beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern [...]. Hierzu soll die städtebauliche Entwicklung vorrangig durch Maßnahmen der Innenentwicklung erfolgen.“*

Mit dieser Klimaschutznovelle wurde die Verantwortung der Bauleitplanung, sowohl für den Klimaschutz als auch für die Klimaanpassung, klargestellt.

Die in der Bauleitplanung umzusetzenden Regelungsgehalte von Klimaanpassungsmaßnahmen umfassen unter anderem (Brenner et al. 2013) :

- Ver- und Entsorgung innerhalb von Siedlungen
- Anpassung von Gebäuden
- Schutz und Entwicklung von Grün-, Wasser- und Freiflächen und urbane Durchgrünung
- Freihaltung bzw. differenzierte Nutzungsregelung für von (klimabeeinflussten) Extremereignissen betroffene Gebiete

Zudem sind Maßnahmen und Anpassungsstrategien im Stadtumbau (§ 171a Abs. 2 BauGB) festzulegen. Diese umfassen nach Brenner et al. (2013):

1. Freihalten von Brachflächen in von Extremereignissen betroffenen Gebieten
2. Schaffung von Grünflächen und Retentionsräumen

3. Entsiegelungsmaßnahmen
4. Gebäudebezogene, technische Vorkehrungen

Verschiedene Möglichkeiten und Projektbeispiele zur Klimaanpassung im Rahmen des Festsetzungskataloges wurden in Brenner et al. (2013) zusammengefasst (s. Anhang ).

Eine weitere Konkretisierung der erforderlichen Maßnahmen ist in den Flächennutzungs- und Bebauungsplänen anzugeben und in den Baugenehmigungsverfahren umzusetzen.

Mit der Novellierung des Hochwasserschutzgesetzes II wurde auch in das Baugesetzbuch „Risikogebiete außerhalb von Überschwemmungsgebieten“ entsprechend § 78 b Abs. 1 eingefügt.

Die Oberste Baubehörde in Bayern hat in den Planungshilfen für die Bauleitplanung bei fachlichen Planungsvorgaben das Thema Starkregen mit Vorgaben aufgenommen (Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr 2016/2017).

## **8.4. Vorgaben für die Entwässerung**

### **8.4.1. Das Wasserhaushaltsgesetz**

§ 54 (WHG) Abs. 1 Nr. 2 besagt *„Abwasser ist [...] das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser).“*

In § 60 Abs. 1 WHG werden die Vorgaben für Abwasseranlagen allgemein wie folgt definiert:

*„Abwasseranlagen sind so zu errichten, zu betreiben und zu unterhalten, dass die Anforderungen an die Abwasserbeseitigung eingehalten werden.“*

Im Übrigen dürfen Abwasseranlagen *„nur nach den allg. anerkannten Regeln der Technik errichtet, betrieben und unterhalten werden.“*

Hierbei wird nicht zwischen öffentlichen und privaten Abwasserleitungen unterschieden. Die allgemein anerkannten Regeln der Technik werden für Entwässerungsanlagen in DIN Normen (z. B. DIN EN 752) und Arbeits- und Merkblätter der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (z.B. DWA A-118) festgeschrieben und sind demnach für die Bemessung und den Betrieb der Abwasseranlagen maßgebend.

Ferner ist in den Grundsätzen der Abwasserreinigung WHG § 55 Abs. 1 festgehalten, *„Abwasser ist so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird [...]“* und nach Abs. 2 soll *„Niederschlagswasser zunächst ortsnah versickert, verrieselt oder direkt über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden, soweit dem weder wasserrechtliche noch sonstige öffentlich-rechtliche Vorschriften noch wasserwirtschaftliche Belange entgegenstehen.“*

## **8.4.2. Landeswassergesetze am Beispiel des Bayerischen Wassergesetzes (BayWG)**

### **8.4.2.1. Zielsetzung des integralen Überflutungsschutzes**

Die Umsetzung des Wasserhaushaltsgesetzes erfolgt in den Bundesländern mit Landeswassergesetzen, Vorschriften und Richtlinien. Die Umsetzung soll am Beispiel des Bayerischen Wassergesetzes (BayWG) dargestellt werden.

Art. 44 BayWG „Grundsätze für den Schutz vor Hochwasser und Dürre“ besagt in Abs. 1:

*„Zur Minderung von Hochwasser- und Dürregefahren sollen Staat und Gemeinden im Rahmen ihrer Aufgaben auf*

- 1. Erhalt und Wiederherstellung der Versickerungsfähigkeit der Böden.*
- 2. Dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser.*
- 3. Maßnahmen zur natürlichen Wasserrückhaltung und zu Wasserspeicherung*

*hinwirken.“*

Art. 44 Abs. 2 BayWG:

*„Bei der Planung von Hochwasserschutzanlagen sind die Auswirkungen der Klimaänderung angemessen zu berücksichtigen.“*

Damit ist das Ziel eines integralen Überflutungsschutzes durch gezielte Verminderung, Speicherung und Verzögerung des Oberflächenabflusses definiert, welcher auch unter Berücksichtigung zukünftiger Klimaveränderungen geplant werden muss. No-regret Maßnahmen wie in Kapitel 6.2 beschrieben bieten sich hier an.

### **8.4.2.2. Regelung zur Abwasserbeseitigungspflicht**

Nach Art. 34 Abs. 1 BayWG sind *„zur Abwasserbeseitigung und damit auch zur Beseitigung des Niederschlagswassers die Gemeinden verpflichtet.“* Nach Art. 34. Abs.2 BayWG können Gemeinden und Zweckverbände jedoch durch eine Satzung bestimmen, dass die Übernahme des Abwasser abgelehnt werden darf, *„wenn das Abwasser wegen seiner Art- oder Menge besser von demjenigen behandelt wird, bei dem es anfällt.“* Somit kann durch Satzung festgelegt werden, dass ein Benutzungsrecht der Abwasseranlagen (also eine Einleitung in den Abwasserkanal) nicht besteht, wenn eine Versickerung oder anderweitige Beseitigung von Niederschlagswasser ordnungsgemäß möglich ist.

Für Benutzungen im Sinne des § 9 WHG z.B. für das Einleiten von Abwasser in Gewässer ist nach § 8 WHG Abs. 1 *„eine Erlaubnis oder Bewilligung erforderlich, soweit nicht durch dieses Gesetz oder auf der Grundlage dieses Gesetzes erlassener Vorschriften etwas anderes bestimmt ist“.* Dies

ist. z.B. bei der Ableitung oder Versickerung von Niederschlagswasser zu berücksichtigen, soweit nicht Verordnungen der Länder eigene Regelungen erlassen haben, z.B. die Niederschlagswasserfreistellungsverordnung in Bayern (Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen 2000).

### 8.4.3. Zuständigkeiten bei Abwasserleitungen

Abwasserleitungen werden hinsichtlich der Zuständigkeitsbereiche in öffentliche Kanalisation und private Grundstücksentwässerungsanlage (GEA) unterteilt (Cvaci 2009). Für die Frage, wer für welche Teile der GEA oder auch der Zuleitungskanäle zuständig ist, bestehen keine bundeseinheitlichen Vorgaben. Die Regelungen werden länderspezifisch vorgegeben und sind in den Entwässerungssatzungen der Kommunen umgesetzt.

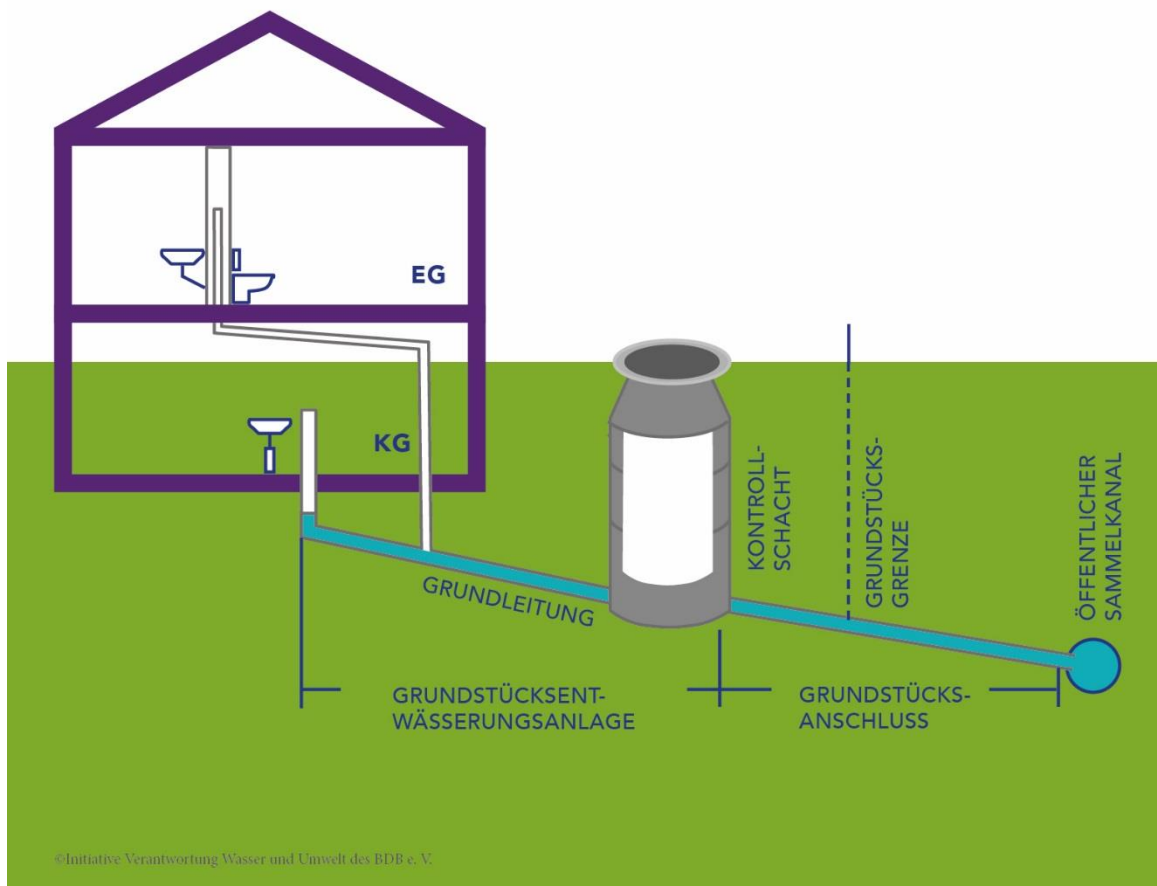


ABBILDUNG 43: ZUSTÄNDIGKEITSGRENZEN BEI GRUNDSTÜCKSENTWÄSSERUNGSANLAGEN (THIMET UND GÜNTHERT 2017)

Es können für die Zuständigkeitsgrenze grundsätzlich drei Fälle festgelegt werden:

1. Übergang der Zuständigkeitsgrenze am Hauptkanal
2. Übergang der Zuständigkeitsgrenze an der Grundstücksgrenze
3. Übergang der Zuständigkeitsgrenze am Revisionsschacht

Bei der Frage, ob die so genannte Anliegerregie (also Grenze am Hauptsammler) oder die Kommunalregie (ab Revisionsschacht oder Grundstücksgrenze) technisch oder wirtschaftlich zu bevorzugen ist, gibt es keine eindeutige Antwort, wobei auch viele Gemeinden im Interesse Ihrer Bürger die Kommunalregie bevorzugen. In allen drei Fällen besteht jedoch eine geteilte Zuständigkeit, die immer Schnittstellen und Umsetzungsprobleme erzeugt. Die Grundstückseigentümer sind häufig Laien und sich der Risiken mangelhafter Entwässerungseinrichtungen auf dem Grundstück und im Gebäude (z.B. Rückschlagklappen) nicht bewusst. Sie benötigen daher die fachliche Kompetenz der Entwässerungsbetriebe.

#### **8.4.4. Rechtsentscheidungen bezüglich der erforderlichen Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes**

Die Dimensionierung des Kanalnetzes erfolgt in Deutschland gemäß den allgemein anerkannten Regeln der Technik nach dem DWA Arbeitsblatt A-118 „Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen“ (DWA 2006b) und DIN EN 752 (s. Kap. 2.3.5).

Verschiedene Urteile des Bundesgerichtshofs weisen darauf hin, dass auch die „Überstauhäufigkeit“ eines Kanalnetzes als Maßstab für die Dimensionierung der Kanalisation zu berücksichtigen ist. Als Überstauenebene wird meistens die Höhe der Straßenoberkante festgelegt. Dies bedeutet, dass nicht allein der Bemessungsregen bei der Bemessung der Kanalisation zu berücksichtigen, sondern auch die konkreten örtlichen Verhältnisse, z.B. an der Oberfläche abfließendes Wasser.

Überflutungswahrscheinlichkeiten und -häufigkeiten können nur mit komplexen Verfahren ermittelt werden. Die nach DIN EN 752 empfohlenen Überflutungshäufigkeiten ergeben sich in Abhängigkeit der Gebietsstruktur. Aus diesem Vorgehen ist ersichtlich, dass Entwässerungssysteme, wenn sie nach den technischen Regeln bemessen und aktuell überprüft sind, auch seltene Ereignisse noch schadlos ableiten können. Diese Überprüfung wird bisher vorwiegend von den Kommunen durchgeführt, die bereits von Starkregenereignissen betroffen waren.

Der Entwässerungsbetrieb bzw. die Gemeinde ist grundsätzlich nicht für Schäden durch Überflutungen aus der Kanalisation haftbar, wenn die technischen Regelwerke bei Planung und Bau beachtet wurden. Dies gilt auch dann, wenn die Regelwerke nachträglich verschärft wurden. Daher ist eine aktuelle Überprüfung des Entwässerungssystems von großer Bedeutung.

So hat das LG Trier entschieden, dass eine Haftung der Gemeinde (Amtshaftung aus Art. 34 GG, § 839 BGB) nicht in Betracht kommt, wenn durch ein katastrophenartiges Regenereignis Schäden durch Regenwasser entstehen, weil dieses von der (bereits überfüllten) Kanalisation nicht mehr

aufgenommen werden kann, sondern ungefasst auf die Anliegergrundstücke gelangt (vgl. BGH, Urteil vom 22.11.2001 - Az.: III ZR 322/00 - ; OLG Schleswig, Urteil vom 10.5.2002 - Az.: 11 U 202/00).

Generell darf nicht verkannt werden, dass eine Gemeinde nicht gehalten ist, ihr Kanalnetz auf Katastrophenregen oder katastrophentypische Unwetter auszulegen, weil dieses budgetmäßig nicht vertretbar wäre und einen erheblichen Anstieg der Regenwassergebühr zur Folge hätte (Stichwort höhere Gewalt) (vgl. BGH, Urteil vom 11.7.1991 - Az.: III ZR 177/90 - NJW 1992, S. 39ff.; OLG Frankfurt, Urteil vom 13.5.1985 - Az.: 1 U 164/84 - VersR 1986, S. 1125, BGH Urteil vom 5.6.2008 – Az.: III ZR 137/07).

Wenn sich in Zukunft Handlungsbedarf durch zunehmende Starkregenereignisse ergibt, oder bereits in der Gegenwart besonders gefährdete Gebiete (z.B. durch die Topographie) ausgemacht werden können, sind Maßnahmen erforderlich.

Hierzu wurde festgestellt, dass ein Grundstückseigentümer es nach der Rechtsprechung nicht hinnehmen muss, wenn sein Grundstück einmal jährlich einer Überschwemmung ausgesetzt ist, wenn der erforderliche Leitungsquerschnitt nicht unter umfassender Würdigung aller relevanten wasserwirtschaftlichen, technischen und topographischen Gegebenheiten ermittelt wurde (vgl. BGH, Urteil vom 11.7.1991 - Az.: III ZR 177/90 - NJW 1992, S. 39ff. und den Arbeitsbericht der der DWA-Arbeitsgruppe ES-2.5 in der Zeitschrift KA 2008, S. 972ff.).

Dieser Fall kann auch bei einer korrekten Bemessung der Kanalisation auf Basis des Bemessungsregens eintreten, sofern die örtlichen Verhältnisse im Einzelfall (z.B. schnelle Oberflächenabflüsse an Hanglagen) bei der Planung nicht berücksichtigt wurden (s. BGH, Urteil vom 18.2.1999 - Az.: III ZR 272/96).

Um einer Überlastung des Kanalnetzes vorzubeugen, müssen folglich bereits während der Bauleitplanung zur Erschließung neuer Gebiete Maßnahme getroffen werden, die zu einer Verminderung, Rückhaltung und Verzögerung des Oberflächenabflusses führen. Dazu ist regelmäßig im Rahmen des Generalentwässerungsplanes eine Überprüfung des Entwässerungssystems erforderlich, um einerseits gefährdete Gebiete ermitteln zu können und andererseits das Haftungsrisiko zu vermindern.



**Sowohl im Baugesetzbuch, als auch in den Wassergesetzen sind zur Vorsorge und zum Schutz vor urbanen Sturzfluten Vorgaben enthalten, die bei Planungen und Genehmigungen umzusetzen sind. Dazu sind in der Bauleitplanung Maßnahmen zur Verminderung und Rückhaltung des Oberflächenabflusses vorzusehen. Im Rahmen der Generalentwässerungsplanung ist eine Überprüfung des Entwässerungssystems erforderlich, um gefährdete Gebiete zu ermitteln und das Haftungsrisiko für den Entwässerungsverpflichteten zu reduzieren.**



## **8.5. Neue technische Regeln (DIN, DWA)**

Die deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) hat für das Themenfeld Hochwasser und Starkregen eine Vielzahl von Regelwerken und Merkblättern in einem neuen Hochwasserkompodium zusammengefasst. Vom Hochwasser-Audit bis urbane Sturzfluten von Feuchtgebieten bis Schadensanalysen, von Regenwasserbehandlungsanlagen bis zum Sicherheitsbericht stehen derzeit 25 Arbeits- und Merkblätter sowie Themenbände in dem Kompodium zur Verfügung ([www.dwa.de-Hochwasserkompodium-komplett](http://www.dwa.de-Hochwasserkompodium-komplett)).

Auf zwei neue DWA Merkblätter sowie die DIN EN 752, Ausgabe Juli 2017, wird im Folgenden näher eingegangen.

### **8.5.1. DWA Merkblatt M 553 Hochwasserangepasstes Planen und Bauen, November 2016**

Das DWA M 553 vom November 2016 beschreibt die wichtigsten Strategien zur Risikominderung und ihre grundsätzlichen Handlungsoptionen (DWA 2014, 2016):

- Ausweichen
- Widerstehen
- Anpassen

Für Starkregenereignisse kommt die erste Handlungsoption meist nicht in Frage, während die anderen beiden sowohl für Hochwasser als auch Starkregen relevant sind. Besonders das Kapitel 6 des M 553 „Hochwasserangepasstes Bauen“ gibt viele wertvolle Anregungen und Hinweise, die auch für Starkregengefahren bedeutend sind.

### **8.5.2. DWA Merkblatt M 119 Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen, November 2016**

In Kapitel 6.1 wurde im Rahmen der integralen Überflutungsvorsorge bereits auf den Entwurf des DWA M 119 Bezug genommen. Im November 2016 erschien der Weißdruck des DWA M 119 (DWA 2016). In Ergänzung zum DWA Arbeitsblatt A 118 (DWA 2006) „Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen“ enthält das Merkblatt M 119 weiterführende Regelungen zur Bearbeitung der vielfältigen Fragestellungen der kommunalen Überflutungsvorsorge. Grundlage bildet der Zyklus des kommunalen Risikomanagements Überflutungsschutz mit den 4 Elementen Risiko, Risikokommunikation, Maßnahmen und Überflutungsereignisse (s. Abbildung 44).



ABBILDUNG 44: ZYKLUS DES KOMMUNALEN RISIKOMANAGEMENTS ÜBERFLUTUNGSSCHUTZ (KRIEGER UND SCHMITT 2015) AUS (DWA 2016A)

Dieser Zyklus zeigt die einzelnen Schritte des Risikomanagements auf, die in den Kapiteln des DWA M 119 mit Empfehlungen und Arbeitsanweisungen zur Durchführung vertieft werden. Grundlage dieses Systems ist die Erstellung von Gefahrenkarten anhand von digitalen Geländekarten und Geländetiefpunkten, der oberflächigen Fließwege sowie der Hydraulik an der Oberfläche und im Entwässerungsnetz. Auf der Grundlage von Gefahrenkarten und Kennzeichnung der Wasserstände bei seltener Wiederkehrzeit (z.B.  $T_n = 50$  a) und der Gebäudebetroffenheit kann eine detaillierte Risikobewertung erfolgen. In diesen Karten (Abbildung 45) wird mit ereignisbezogenen Wasserständen (z.B.  $T_n = 30$  a) ein Gebäude- und Anlagenbezogenes Schadenspotential dargestellt. Diese Risikokarten bilden die Grundlage für die Risikokommunikation, Klärung der Zuständigkeiten und Finanzierung sowie anschließend der Planung und Umsetzung von Maßnahmen. Die Dokumentation von Überflutungsereignissen dient der Wirksamkeitsbewertung und Risikoverhinderung.



ABBILDUNG 45: BEISPIEL EINER RISIKOKARTE (KARTENAUSSCHNITT) MIT KOMBI- NIERTER DARSTELLUNG EREIGNISBEZOGENER WASSERSTÄNDE (ÜBERFLUTUNGS- GEFAHREN) UND GEBÄUDE- UND ANLAGENBEZOGENER SCHADENSPOTENZIALE (ILL- GEN 2015) AUS (DWA 2016A)

### 8.5.3. Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement, DIN EN 752, Juli 2017

Wesentliches Element der in DIN EN 752: 2017-07 beschriebenen integralen Siedlungsentwässerung bildet die integrale Entwässerungsplanung. Sie ist ein iterativer und dauerhafter Prozess mit einer ganzheitlichen Betrachtung der Anliegen von Siedlungsentwässerung und Gewässerschutz und umfasst neben der eigentlichen Planung auch Bau und Betrieb von Anlagen der Siedlungsentwässerung. Für Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke gilt die DIN 1986-100 von Dezember 2016 mit den Abschnitten 14.2 (Regenwasseranlagen) und 14.9 (Überflutungs- und Überlastungsnachweise).

Im Folgenden werden aus der DIN EN 752: 2017-07 die Teile aufgeführt, die für die Starkregenvorsorge relevant sind.

Bereits in der Einleitung der DIN EN 752: 2017-07 wird ausgeführt:

*Entwässerungssysteme sind ein Teil des Abwasserentsorgungssystems, welches eine Dienstleistung für die Gesellschaft leistet. Diese Dienstleistung kann wie folgt kurz beschreiben werden:*

- *Beseitigung des Abwassers von Grundstücken aus Gründen der öffentlichen Gesundheit und der Hygiene;*
- *Vermeidung von Überflutungen in Siedlungsgebieten;*

- *Schutz der Umwelt.*

Als Ziele werden unter 4.1 Allgemeines definiert (DIN EN 752: 2017-07):

- *Öffentliche Gesundheit und Sicherheit;*
- *Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals;*
- *Umweltschutz;*
- *Nachhaltige Entwicklung.*

In Kapitel 4.2 öffentliche Gesundheit und Sicherheit, werden Entwässerungssysteme vorgesehen, um (DIN EN 752: 2017-07):

- *Die Ausbreitung von Krankheiten durch Kontakt mit fäkalen und anderen im Wasser enthaltenen Verunreinigungen zu vermeiden;*
- *Regenabfluss und Niederschlagswasser abzuleiten und damit die Gefährdung der Öffentlichkeit zu minimieren (einschließlich der Gefährdung durch Überflutung).*

#### 5.1.2 Schutz vor Kanalinduzierter Überflutung (DIN EN 752: 2017-07)

*Überflutungen aus Abwasserleitungen und -kanälen können Auswirkungen auf die Gesundheit der betroffenen Menschen haben. Darüber hinaus können sie Gebäude und die kommunale Infrastruktur beschädigen. Die wirtschaftlichen Auswirkungen können hoch sein und sind abhängig von der Art des überfluteten Gebietes. Überflutungen müssen auf national oder lokal festgelegte Häufigkeiten begrenzt werden unter Berücksichtigung:*

- *der Auswirkungen auf Gesundheit und Sicherheit durch kanalinduzierte Überflutung;*
- *der Schadenskosten verursacht durch kanalinduzierte Überflutung;*
- *des Rahmens, in dem kanalinduzierte Überflutungen an der Oberfläche bewältigt werden können, ohne Schäden zu verursachen;*
- *ob Überlastungen zu kanalinduzierten Überflutungen von Kellergeschossen führen können.*

Nach Kapitel 5.2.3 DIN EN 752: 2017-07 „Hydraulikbezogene Leistungsanforderungen“ sollen die Leistungsanforderungen unter Berücksichtigung des Schadenspotentials und der Gefahren festgelegt werden. Die hydraulischen Leistungsanforderungen an Entwässerungssysteme müssen daher das ganze Einzugsgebiet des Entwässerungssystems berücksichtigen sowie insbesondere Folgendes:

- das derzeitige Überflutungsrisiko im Entwässerungssystem und im Einzugsgebiet;*
- die Ziele für das zukünftige Überflutungsrisiko im Entwässerungssystem und im Einzugsgebiet;*

- c) *alle anderen vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verbesserung oder negativen Beeinflussung des Überflutungsrisikos im Entwässerungssystem und im Einzugsgebiet;*
- d) *alle Strategien zum Erreichen der Ziele hinsichtlich des Überflutungsrisikos.*

Unter Kapitel 5.3.2 DIN EN 752: 2017-07 werden die hydraulischen Bemessungskriterien festgelegt:

- a) *die erwartete Häufigkeit, mit der keine Überlastung des Entwässerungssystems eintritt;*
- b) *die erwartete Häufigkeit, mit der ein festgelegtes Maß an Überlastung des Entwässerungssystems eintritt;*
- c) *die erwartete Häufigkeit von kanalindizierter Überflutung oder Oberflächenüberflutung (können ohne Überlastung auftreten); und*
- d) *die Auswirkungen der Abflüsse aus den Ausläufen auf Überschwemmungen des aufnehmenden Oberflächengewässers oder auf die grundwasserinduzierte Überflutung;*
- e) *die Auswirkungen der Abflüsse auf den Betrieb der Kläranlage.*

Die Bemessungsregenhäufigkeiten für Rohre, die ohne Überlastung lediglich vollgefüllt sind, sind in Anhang 3 enthalten und entsprechen den Festlegungen des bisherigen DIN EN 752 von 2008.

Bemessungshäufigkeiten für kanalindizierte Überflutungen sollten festgelegt werden, um das Risiko von kanalindizierten Überflutungen unter Berücksichtigung der Überflutungshäufigkeiten und -folgen umgehen zu können (DIN EN 752: 2017-07):

*Die Auswirkungen einer kanalindizierten Überflutung hängen von der Beschaffenheit der Oberflächen oder der Gebäudeart ab, auf die sie einwirkt. Dies hängt wiederum von den Oberflächeneigenschaften und den Wegen des aus Überflutungen resultierenden Wassers auf der Oberfläche ab. Die Auswirkungen können Sachbeschädigungen und Auswirkungen auf die Gesundheit oder Sicherheit von Menschen umfassen.*

*Bemessungskriterien sollten Folgendes berücksichtigen:*

- a) *tiefes oder schnell fließendes Wasser bei einer Überflutung stellt eine erhöhte Gefahr für Menschen dar;*
- b) *Überschwemmungen in Gebäuden können hohe wirtschaftliche Schäden verursachen und stellen eine Gefahr für Leben und Gesundheit dar;*
- c) *In Abhängigkeit ihrer Ausmaße verursachen Überflutungen, die sich auf äußere Flächen beschränken wie Straßen, oft begrenzte Schäden.*

*Bei Orten mit einem hohen Schadens- oder Gefährdungspotential sollten unter Berücksichtigung der Fließwege und des Einflusses der Oberflächeneigenschaften (z.B. Bordsteine) umfassende Untersuchungen durchgeführt werden.*

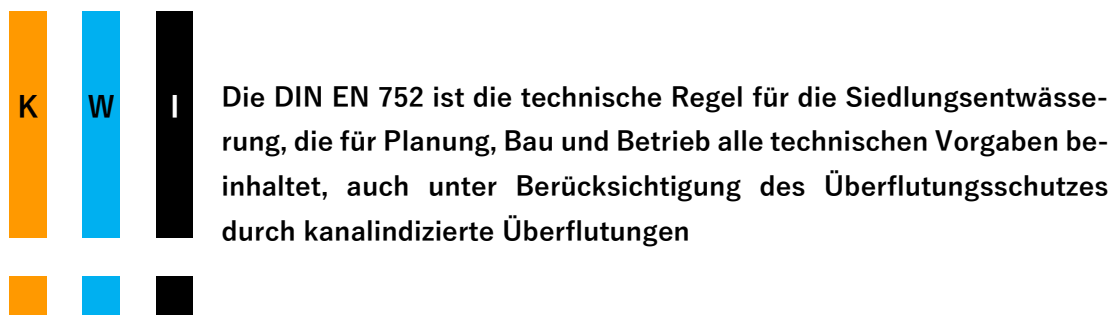
Beispiele für Bemessungskriterien für die Häufigkeit von kanalindizierten Überflutungen sind im Anhang 4 aufgeführt. Diese Tabelle ist gegenüber der DIN EN 752: 2008 modifiziert worden und bezüglich der Auswirkungen und der Orte detaillierter dargestellt.

Die Untersuchung in Kapitel 6.2 wird zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Entwässerungssystems sowie seiner Systemkomponenten durchgeführt. Dazu sind aktualisierte Bestandsdaten erforderlich aufgrund derer nach Kapitel 6.3 DIN EN 752: 2017-07 eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Systems erfolgen muss. Daraus ist ein Maßnahmenplan zu erstellen, der Folgendes enthalten sollte (DIN EN 752: 2017-07):

- *Detaillierte Ziele;*
- *Gesetzliche Anforderungen oder Erlaubnisse einschließlich aller Sanierungsfristen;*
- *Leistungsanforderungen;*
- *Prioritäten;*
- *Vorgesehene Maßnahmen einschließlich Kosten und Bauphasen;*
- *Koordinierung mit anderen Baumaßnahmen oder geplanten Erschließungen;*
- *Auswirkungen auf Betrieb und Unterhalt*

Regenentwässerungssysteme sind nach Kapitel 8.4.3 DIN EN 752: 2017-07 so zu bemessen, dass kanalindizierte Überflutungen begrenzt werden. Die Überflutung ist bei sehr starken Regenfällen kaum zu vermeiden. Daher müssen die Kosten und die politische Entscheidung der damit erzielbaren Überflutungssicherheit in einem ausgewogenen Verhältnis stehen.

Damit ist die DIN EN 752: 2017-07 die technische Regel für die Siedlungsentwässerung, die für Planung, Bau und Betrieb alle technischen Vorgaben beinhaltet, auch unter Berücksichtigung des Überflutungsschutzes durch kanalindizierte Überflutungen.



## 8.6. Beispiele kommunaler Starkregenvorsorge und Maßnahmen

### 8.6.1. Umsetzung von Gefährdungs- und Risikoanalysen in deutschen Städten

Die DWA Arbeitsgruppe ES 2.5 „Anforderungen und Grundsätze der Entsorgungssicherheit“ hat eine erste Erfassung zum Stand von Gefährdungs- und Risikoanalysen in deutschen Städten erstellt

(Krieger und Schmitt 2018). Auf der Grundlage einer nicht repräsentativen, fragebogengestützten Befragung von 17 Städten mit insgesamt 11,7 Mio. Einwohnern, konnten erste Erfahrungswerte und Tendaussagen zum Stand der Umsetzung abgeleitet werden.

Von den 17 befragten Städten haben 14 Städte bereits zumindest eine erste flächendeckende Gefährdungsanalyse für Starkregen erstellt. Eine Risikobetrachtung unter Einbeziehung der Schadenspotentiale ist hingegen erst in drei Städten erfolgt. Lediglich Köln hat bereits eine flächendeckende Gefährdungsanalyse durchgeführt (s. Kapitel 8.6.3).

Alle beteiligten Städte äußerten die Einschätzung, dass die Untersuchungen der Gefährdungs- und Risikopotentiale einen relevanten Beitrag zur kommunalen Überflutungsvorsorge leisten können.

Die gewählten Ansätze der 17 Städte zur Risikokommunikation lassen sich drei Strategien zuordnen:

- 6 Städte verwaltungsinterne Kommunikation
- 5 Städte gestufte Kommunikation
- 3 Städte breite Kommunikation



ABBILDUNG 46: ÜBERSICHTSKARTE DER BEFRAGTEN 17 STÄDTE (KRIEGER UND SCHMITT 2018)

### 8.6.2. Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in der Landeshauptstadt München, Oktober 2016

Der Stadtrat der Landeshauptstadt München beauftragte 2013 das Referat für Gesundheit und Umwelt (RGU) in enger Abstimmung mit den durch Klimawandel betroffenen Referaten ein Maßnahmenkonzept zur Anpassung an den Klimawandel in der LH München zu entwickeln. Ziel war es ein möglichst umsetzungsorientiertes Konzept zu entwickeln. Folgende Aspekte wurden dabei erarbeitet (RGU 2016):

- Auswirkungen des Klimawandels auf München und wo ist München besonders betroffen
- Handlungsfelder, Ziele und Rahmenbedingungen
- Entwicklung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel
- Entwicklung eines maßnahmenbezogenen Monitoring-Konzeptes



Im Folgenden werden einzelne Aspekte aus dem Konzept herausgezogen, die bezüglich Starkregenvorsorge beispielhaft sind.

Bei den Auswirkungen des Klimawandels wird auf die Zunahme von kleinräumigen Starkregenereignissen und Veränderungen im Wasserhaushalt mit Veränderungen des Hochwasserrisikos, Herausforderungen durch lokale Starkregenereignisse und Anstieg des Grundwasserspiegels hingewiesen. Die Veränderung des Niederschlagsmusters, insbesondere der erwarteten Zunahme lokaler Starkregenereignisse bringt deutlich negative Auswirkungen durch die Gefahr lokaler Überflutungen. Um den Auswirkungen des Klimawandels effektiv zu begegnen sind zielgerichtete Maßnahmen zu entwickeln und es wurden fünf übergeordnete Bereiche mit Handlungsbereich und Handlungsfeldern abgeleitet (s. Abbildung 47).



ABBILDUNG 47: ÜBERGEORDNETE BEREICHE, THEMEN MIT HANDLUNGSBEDARF UND HANDLUNGSFELDER (RGU 2016)

Im Handlungsfeld „Niederschlag und Wasser“ geht es im Wesentlichen um die „Vorbereitung auf Extremereignisse“. Dazu wurden 6 Maßnahmen definiert und verschiedenen Referaten der LH München zugeordnet (s. Abbildung 48 und Abbildung 49):

|                 | Maßnahme 1   | Maßnahme 2  | Maßnahme 3  |
|-----------------|--|---|---|
| Maßnahme        | Fließgewässerrenaturierung   | Kartierung und Abflussmodellierung von Gewässern 3. Ordnung                           | Verbesserte Grundwassererfassung (Grundwasserkarten und Datenlogger)  |
| Anpassungsziele | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung auf Extremereignisse</li> <li>• Ausgleichsfunktion</li> <li>• Aufenthaltsqualität</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung auf Extremereignisse</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung auf Extremereignisse</li> <li>• Datengrundlage</li> </ul> |
| Referat         | BAU  | BAU/RGU   | RGU   |

|               |                   |
|---------------|-------------------|
| Neue Maßnahme | Laufende Maßnahme |
|---------------|-------------------|

ABBILDUNG 48: MAßNAHMEN AG NIEDERSCHLAG UND WASSER - TEIL 1 (RGU 2016)

|                 | Maßnahme 4  | Maßnahme 5   | Maßnahme 6  |
|-----------------|---|--|---|
| Maßnahme        | Verbesserung der Datengrundlage bzgl. extremer Wetterereignisse (Kooperation mit Versicherungen und DWD)        | Aktualisierung des Informationsmaterials zur Sensibilisierung von Bauherren für die Starkregenproblematik  | Ertüchtigung der Notfallbrunnen und deren Armaturen                                   |
| Anpassungsziele | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datengrundlage</li> <li>• Informations-/ Austauschplattform</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung auf Extremereignisse</li> <li>• klimawirksame Freiflächen</li> <li>• Bewusstseins-schärfung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung auf Extremereignisse</li> </ul> |
| Referat         | RGU   | PLAN   | KVR   |

|               |                   |
|---------------|-------------------|
| Neue Maßnahme | Laufende Maßnahme |
|---------------|-------------------|

ABBILDUNG 49: MAßNAHMEN AG NIEDERSCHLAG UND WASSER - TEIL 2 (RGU 2016)

Besonders wichtig ist dabei die Maßnahme 5 „Aktualisierung des Informationsmaterials zur Sensibilisierung von Bauherren für die Starkregenproblematik“.

Im Rahmen eines Monitoringkonzeptes werden zu den einzelnen Maßnahmen Erfolgsindikatoren und Dokumentation festgelegt (Tabelle 2).

TABELLE 2: AG NIEDERSCHLAG UND WASSER (RGU 2016)

| Maßnahme   | Erfolgsindikator(en)   | Dokumentation   |
|--|--|---|
| <b>Fließgewässer-Renaturierung</b>   | Renaturierter Laufmeter der Uferlänge;<br>Anzahl gemeldeter Schadensfälle  | Jährlicher Monitoringzyklus;<br>Aktuell wird eine Gewässerdatenbank aufgebaut.                              |
| <b>Kartierung und Abflussmodellierung von Gewässern 3. Ordnung</b>   | Erfasste und berechnete Gewässerlänge in Kilometern;<br>Karten für die maßgebenden Abflüsse liegen vor.  | Beschreibung der Maßnahme und ihrer Wirkung (Erfasste und berechnete Gewässerlänge)                         |
| <b>Verbesserte Grundwassererkartung (Grundwasserkarten und Datenlogger)</b>                                      | Datenlogger sind eingerichtet: n=20;<br>Größe der modellierten Fläche:<br>- Schritt 1: Pilotfläche<br>- Schritt 2: Erweiterungen (abhängig von Geldern)                  | Beschreibung der Maßnahme und ihrer Wirkung (Anzahl Datenlogger, Größe modellierte Fläche)                  |
| <b>Verbesserung der Datengrundlage bzgl. extremer Wetterereignisse (Kooperation mit Versicherungen und DWD)</b>  | Kontakt zu Versicherungen und DWD ist hergestellt;<br>Eingang bzw. Austausch der Daten mit Versicherungen/DWD ist erfolgt;<br>Abschluss Masterarbeit: Auswertung erfolgt | Beschreibung der Maßnahme, der aufgebauten Kontakte und der Daten   |
| <b>Aktualisierung des Informationsmaterials zur Sensibilisierung von Bauherren für die Starkregenproblematik</b> | Schadenindikator: Daten aus Beschwerdemanagement der MSE (aktuell Schadensfälle n < 100 / Jahr);<br>Erfolgte Aktualisierung der Broschüren                               | Beschreibung der Maßnahme und ihrer Wirkung (Schadensfälle), Veröffentlichung der aktualisierten Broschüren |
| <b>Ertüchtigung der Notfallbrunnen und deren Armaturen</b>   | Bestandsaufnahmen Soll-Ist-Vergleich ist erfolgt;<br>Anzahl der betriebsbereiten Notfallbrunnen  | Beschreibung der Maßnahme und ihrer Wirkung (Ergebnisse der Bestandsaufnahme, Anzahl)                       |

Ein umfangreiches Konzept zur Information der Bürgerinnen und Bürger über die erwarteten klimatischen Veränderungen für die LH München und dem damit verbundenen Anpassungsbedarf ist geplant. Im Rahmen der Maßnahmen sind u.a. folgende bestehende Förderprogramme für private Grundstücke nach klimatischen Gesichtspunkten zu überarbeiten und ggf. anzupassen (RGU 2016):

**Förderprogramm Hof- und Vorgartenbegrünung:** *Gefördert wird die Umgestaltung bisher ungenutzter Hofräume oder begehbare Dachflächen zu einladenden Aufenthalts-/Kontaktzonen sowie die Neuschaffung von Vorgärten.*

**Förderprogramm Fassadenbegrünung im Straßenraum:** *Gefördert wird die auf den Straßenraum wirksame Anlage von Fassadenbegrünungen auf öffentlichen Gehwegen oder in privaten Vorgärten.*

**Förderprogramm Entsiegelungsmaßnahmen:** *Gefördert wird die Verwendung wasserdurchlässiger Beläge verbunden mit der Anlage von Pflanzflächen in Höfen, die bereits anderweitig genutzt werden (z.B. als Stellflächen, Lagerplätze, Fahrbereiche in Garagenhöfen).*

**Förderprogramm Dachbegrünung:** *Gefördert wird die extensive Begrünung von zuvor unbegrünter Dachflächen.*

### 8.6.3. Köln

Als erste deutsche Großstadt hat die Stadt Köln im März 2017 grundstücksscharfe Gefahrenkarten für drei Regenintensitäten (mittel, selten, extrem) veröffentlicht. Die Starkregengefahrenkarten wurden dabei in das bereits bestehende Hochwasser-Informationssystem integriert (DWA 2018). Der Nutzer kann damit zwischen den Optionen Hochwasser, Grundhochwasser und Starkregen wählen und somit für ihn wichtige Informationen für eine individuelle Gefahreinschätzung gewinnen. Außerdem wird in der Karte die Starkregengefährdung (gering, mäßig, hoch, sehr hoch) dargestellt. Eine Adresssuche und die Wahl des Kartenhintergrundes zwischen Stadtplan und Luftbild gestalten dem Nutzer die Suche sehr einfach und übersichtlich. Abbildung 50 zeigt beispielhaft ein Kartenausschnitt für ein seltenes Ereignis, sowohl als Luftbild, als auch als Stadtplan.

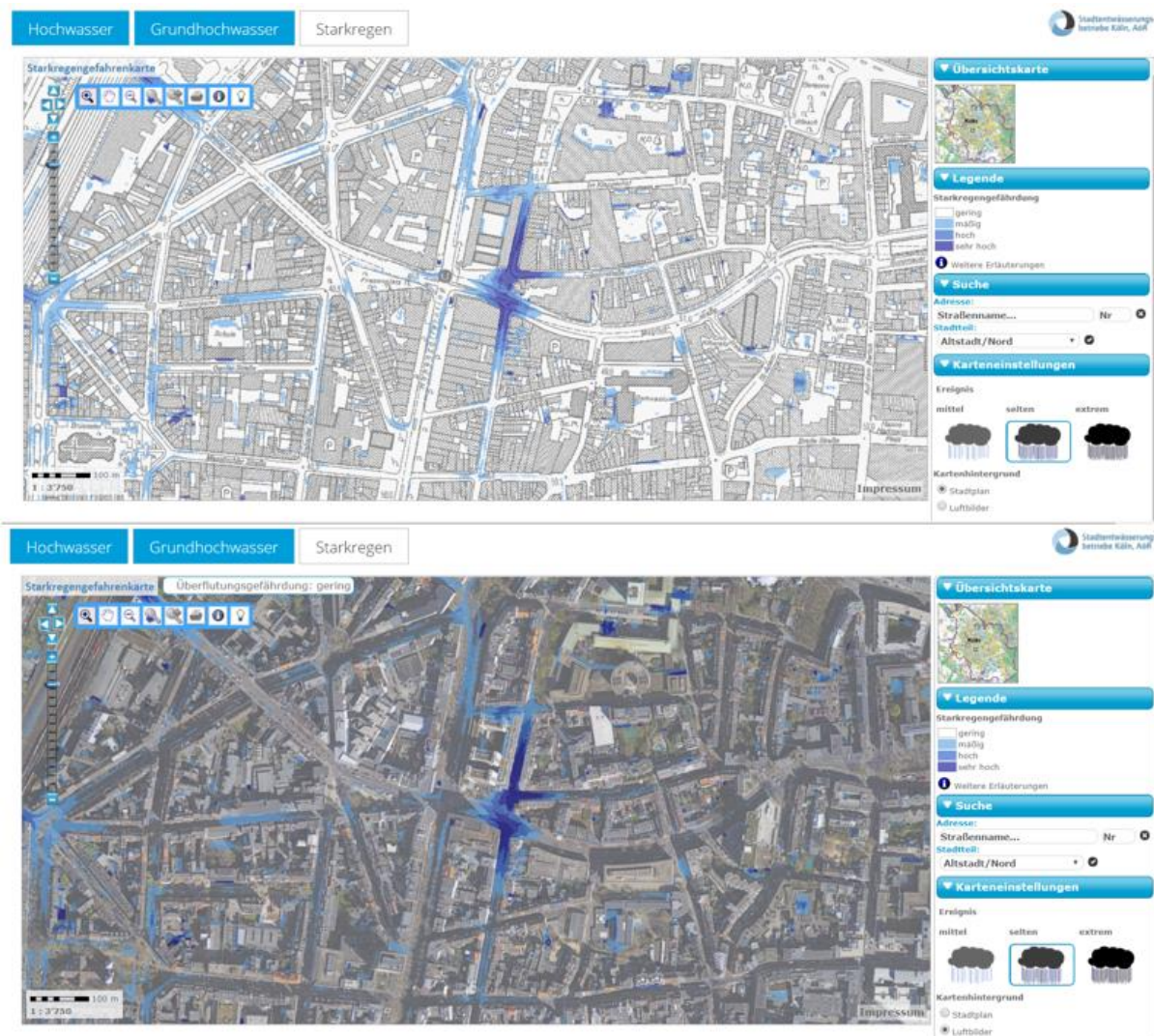


ABBILDUNG 50: GEFAHRENKARTEN KÖLN (STADTPLAN: OBEN; LUFTBILD: UNTEN)  
(STEB KÖLN 2018)

### 8.6.4. Ditzingen

Am 04. Juli 2010 war die Stadt Ditzingen und mehrere umliegende Gemeinden von schweren Starkregenereignissen mit Niederschlagshöhen von teilweise mehr als 100 mm betroffen. Da es bei diesen Unwettern zu hohen Schäden kam und der Bevölkerung die Gefahren bewusst wurden, beschlossen einige Nachbarkommunen eine gemeinsame Vorsorgestrategie zu entwickeln. Dazu wurde ein Ingenieurbüro für die Erstellung von Starkregengefahrenkarten beauftragt, mit dem Ziel, die Fließwege des Wassers über Land festzustellen, um besser vorbereitet zu sein und die interkommunale Kommunikation zu stärken. Die Koordination übernahm an dieser Stelle die Stadt Ditzingen.

Die Starkregengefahrenkarten zeigen jeweils 3 Szenarien (häufiges-, seltenes-, extremes Ereignis), wobei neben der Überflutungstiefe auch immer die Fließgeschwindigkeit im entsprechenden Bereich dargestellt wird. In den Karten werden die Risikoschwerpunkte abgebildet und schaffen dadurch die Grundlage für ein erfolgreiches Risikomanagement. Abbildung 51 zeigt die Starkregengefahrenkarte der Stadt Ditzingen (LUBW 2016; Schühle 2018).

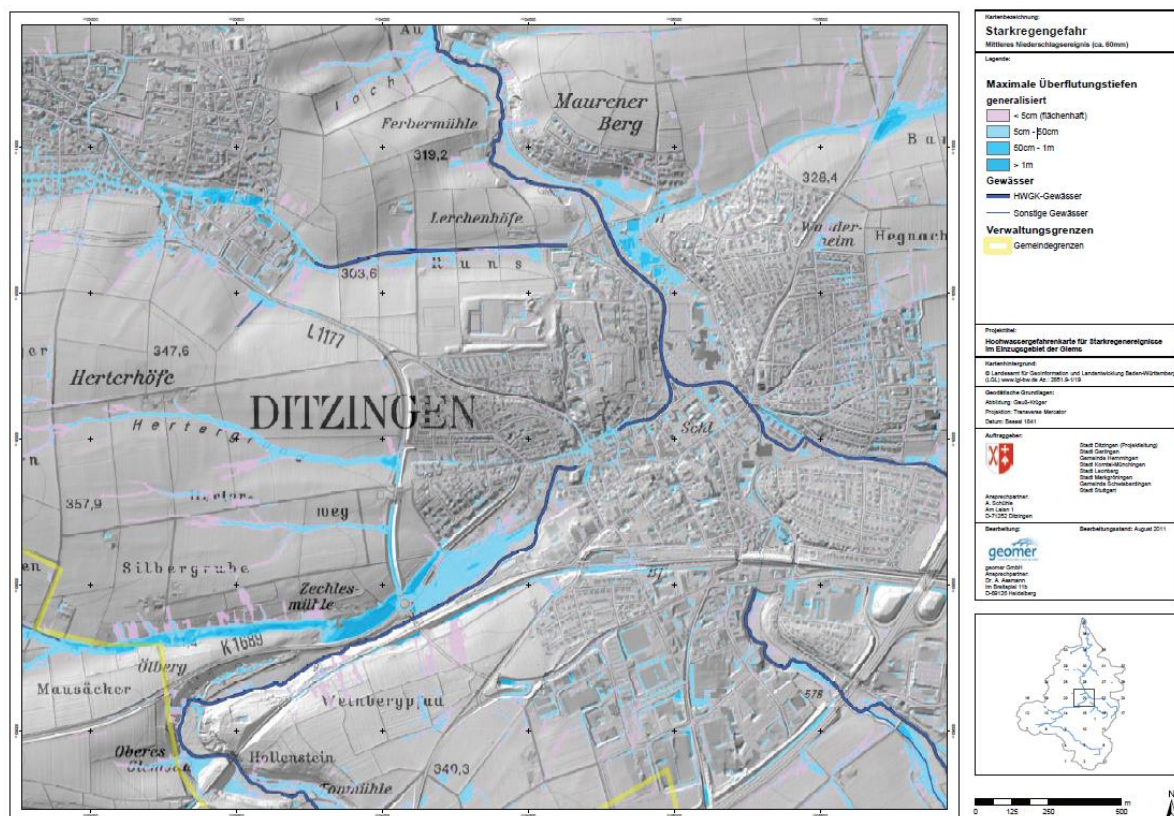
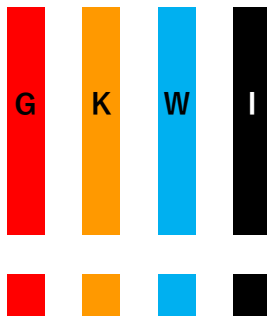


ABBILDUNG 51: BEISPIEL EINER GEFAHRENKARTE AUS DEM EINZUGSGEBIET DER GLEMS (LUBW 2016)



**Kommunale Beispiele verschiedener deutscher Städte zeigen die Vorgehensweise zur Starkregenvorsorge mit Gefahrenkarten auf.**

## 9. Starkregenwarnungen

Die Prognose von Starkregen ist wegen der räumlichen und zeitlichen engen Begrenzung schwer möglich (s. Kapitel 2.2.2). Der Deutsche Wetterdienst warnt daher allgemein vor Starkregen in zwei Stufen, wenn voraussichtlich die folgenden Schwellenwerte überschritten werden (Anhang 1):

Regenmengen  $\geq 10$  mm / 1 Std. oder  $\geq 20$  mm / 6 Std. (Markante Wetterarnung)

Regenmengen  $\geq 25$  mm / 1 Std. oder  $\geq 35$  mm / 6 Std. (Unwetterwarnung)".

In der Gemeinde Adelsdorf in Bayern wurde im Sommer 2018 erstmals ein Frühwarnsystem installiert ([www.spekter.de](http://www.spekter.de)). Die Warnungen kommen per Email, SMS oder automatischem Telefonanruf. Dazu können die Entwicklungen der Niederschlagsereignisse im Internet verfolgt werden. Bei einem ersten Einsatzfall kamen die Warnungen 12 Minuten nach Einsetzen der Niederschläge, sodass die Möglichkeit bestand zu reagieren. Engmaschig verteilte Sensoren melden die Situation von verschiedenen Standorten in das System. Erfasst werden die Niederschlagsmenge, die Zustände im Kanalsystem und die jeweiligen Pegelstände. Es wird farblich gekennzeichnet in 4 Gefahrenstufen gewarnt. Das Pilotprojekt wurde vom Freistaat Bayern staatlich gefördert.

## 10. Defizite in der Starkregenvorsorge

Mit technischen Regeln für die Starkregenvorsorge, Gefahren- und Risikoermittlung, Schutzmaßnahmen u.a. (DWA und DIN), liegen in Deutschland umfangreiche, gut ausgearbeitete Arbeitsgrundlagen seit einigen Jahren vor (s. Kapitel 8.5). Programme zur Überflutungsberechnung (DHIWASY, ITWH, Rehm, Tandler...) sowohl für Oberflächenabfluss als auch für kanalindizierte Überflutungen und zur Erstellung von Gefahrenkarten stehen Fachbüros zur Verfügung (Krieger und Schmitt 2018). Die Länder haben 2017 gemeinsam eine umfassende Strategie für ein effektives Starkregenmanagement erarbeitet (s. Kapitel 8.2.1). Einzelne Bundesländer haben zudem eigene Strategien, Konzepte und Förderungen entwickelt (s. Kapitel 8.2.2). Bei genauerem Studium der Länder- und kommunalen Strategien fällt auf, dass der Schwerpunkt vorwiegend auf Hochwasser und Überschwemmungen aus Gewässern und oberflächigen Abflüssen liegt, während kanalindizierte Überflutungen und Zuflüsse aus Außengebieten in besiedelte Bereiche noch zu wenig berücksichtigt werden.









Obwohl die technischen Grundlagen für die Erstellung von Starkregengefahrenkarten zur Verfügung stehen und diese auch in der LAWA-Strategie empfohlen werden, werden diese bisher nur von einzelnen Kommunen beauftragt und erstellt. Einzelne Bundesländer fördern Maßnahmen zur Starkregenvorsorge, nachdem aber im Wasserhaushaltsgesetz und den Landesgesetzen keine Verpflichtung zur Erstellung von Starkregengefahrenkarten enthalten ist, sowie es nach § 73 WHG für Hochwasserrisikogebiete vorgeschrieben ist, geben viele Kommunen diese Gefahrenkarten nicht in Auftrag.

Überflutungen infolge Starkregen können durch über die Ufer getretene Bachläufe, Zuflüsse von Außengebieten (wild abfließendes Abwasser) und hydraulische Überlastung der Entwässerungseinrichtung (Kanalisation, Grundstücks- und Straßenentwässerung) entstehen. Daher sind bei der Ermittlung der Gefahren (Gefahrenkarten) alle potentiellen Ereignisse einzubeziehen.

Zur Unterstützung der Kommunen und Grundstückseigentümer sollten weitere Fördermöglichkeiten zu Starkregenvorsorge (Gefahrenkarten, Objektschutzmaßnahmen u.a.) geprüft werden.

In die Bauleitplanung (Flächennutzungs- Bebauungspläne) muss ein Regenwassermanagement mit Starkregenvorsorge einbezogen werden, dem bereits konkrete Planungen zugrunde liegen, um die hierfür benötigten Flächen für Versickerungs- Rückhalte- und Ableitungsanlagen bereitzustellen.

Vielen Bürgern, Grundstückseigentümern und auch Kommunen ist das Risiko von Starkregengefahren noch nicht bewusst. Im § 5 (2) WHG ist zwar die Verpflichtung enthalten, dass sich jede Person, die durch Hochwasser betroffen sein kann, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen zu treffen hat, was aber den wenigsten Betroffenen bewusst ist. Daher ist eine gute, kompetente Öffentlichkeitsarbeit für alle Betroffenen Grundlage für alle Starkregenvorsorgemaßnahmen. Hier sind sowohl der Staat (Wasser- und Umweltbehörden) als auch die Kommunen gefordert, intensiv zu informieren und zu beraten. Notwendige Unterlagen und Informationen liegen hierzu sowohl von staatlicher Seite als auch von den Fachverbänden (DWA, BWK) vor.

|   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
| <br><b>G</b> | <br><b>K</b> | <br><b>W</b> | <br><b>I</b> | <p><b>Erstellung von Gefahrenkarten durch Kommunen muss verpflichtend gefordert werden.</b><br/> <b>Alle potentiellen Gefahrenereignisse müssen berücksichtigt werden.</b><br/> <b>Weitere Fördermöglichkeiten müssen geprüft werden.</b><br/> <b>Berücksichtigung des Regenwassermanagements in der Bauleitplanung.</b><br/> <b>Öffentlichkeitsarbeit und Risikokommunikation erforderlich.</b></p> |
|              |              |              |              |  |

## 11. Schlussfolgerungen und Ausblick

Der Beseitigung von Niederschlagswasser haben sich Kommunen und Grundstückseigentümer bisher zu wenig angenommen. Während die Schmutzwasserbeseitigung aus hygienischen Gründen unstrittig eine wichtige Aufgabe ist, die weitgehend gelöst ist, ist die Niederschlagswasserbehandlung häufig noch nicht zufriedenstellend geklärt. Durch die zunehmenden Starkregenereignisse in den letzten Jahren sind alle Beteiligten (Bürger und Kommunen) mehr sensibilisiert und es wurden Methoden zur Überflutungsvorsorge durch extreme Niederschlagsereignisse entwickelt. Leider sind diese Lösungsansätze noch nicht so verbreitet, dass die Betroffenen und insbesondere die Privatpersonen wissen, dass und wie sie sich vor diesen Naturereignissen schützen können.

Starkregenereignisse von kurzer Dauer und hoher Intensität können überall in Deutschland vorwiegend in den Sommermonaten auftreten. An Rändern von Gebirgen, z.B. im Alpenvorland aber auch in den Mittelgebirgen, treten vermehrt konvektive Niederschläge auf.

Eine Häufung von Starkregenereignissen mit Überflutungen im urbanen Raum wird wahrgenommen. Auch wenn noch keine wissenschaftlich fundierte Prognose aufgrund fehlender hydrologischer Daten möglich ist, so zeigen verschiedene Auswertungen, dass mit einer Zunahme dieser Extremereignisse zu rechnen ist.

Besonders gefährdete Objekte sind Wohn- und Industriegebäude, Infrastruktureinrichtungen und Verkehrsanlagen. Nachdem die Immobilien und deren Einrichtungen immer wertvoller werden, nimmt die Höhe der Schäden zu.

Während bei Flusshochwasser aus großen Einzugsgebieten lange Vorwarnzeiten den Betroffenen ermöglichen, sich und wertvolle Güter zu schützen und zu sichern, fehlen bei extremen Niederschlägen mit schnellem Abfluss sowohl Prognosen als auch entsprechende Vorwarnzeiten. Auch wenn ein Pilotvorhaben zur Warnung vor Starkregen erfolgreich umgesetzt wurde, ist es für diese Ereignisse besonders wichtig, vorab bereits geeignete Vorsorgemaßnahmen zu treffen.

Die gefühlte Sicherheit, dass das Entwässerungssystem ausreichend Schutz vor Überschwemmungen aus Niederschlägen im Siedlungsgebiet bietet, bedarf weiterer Aufklärung. Das Entwässerungssystem kann nach den Regeln der Technik entsprechend bemessenen Querschnitten und Volumen seltene Ereignisse aufnehmen und mit Einstau und Überstau abführen, ohne dass es zu Überflutungen und Schäden kommt. Aus wirtschaftlichen Gründen wird die Kanalisation aber nicht für sehr seltene, extreme Niederschlagsereignisse ausgelegt, bei denen Überflutungen auftreten können.



Eine zunehmende Bedeutung für die Leistungsfähigkeit des Entwässerungssystems hat auch ein integrales Regenwassermanagement mit Entsiegelung und Abkopplung von Flächen vom Kanalnetz, die Errichtung von Versickerungs- und Rückhalteanlagen sowie das Anlegen von Gründächern.

Für eine integrale Überflutungsvorsorge sind Niederschlags- und Abflussmessungen sowie aktuelle hydraulische Nachweise des Entwässerungssystems für eine Risikobewertung der Siedlungsgebiete wasserwirtschaftlich erforderlich und gegebenenfalls als Sanierungsmaßnahme umzusetzen.

Anhand von Überflutungsnachweisen unter Einbeziehung der Oberfläche muss ermittelt werden, an welchen Stellen des Entwässerungssystems Abwasser austritt, wohin dieses fließt und welche Einrichtungen gefährdet sind. Mit Hilfe von 2D Modellen können Gefahrenkarten erstellt werden, die mögliche Überflutungsflächen mit den Gefahrenstufen hoch, mittel und gering aufzeigen. Die Erstellung der Starkregengefahrenkarten muss durch Bundes- oder Länderregelungen verpflichtend eingeführt werden.

Der Überflutungsschutz für Starkregen im urbanen Raum kann nur in Zusammenarbeit aller Beteiligten erfolgreich sein. Neben den Entwässerungsbetrieben, die für die Entwässerung und z.T. für die Regenwasserbewirtschaftung zuständig sind, muss die staatliche und kommunale Wasserwirtschaft bei der Gestaltung der Gewässer die Niederschlagswasserabflüsse einbeziehen. Bei der multifunktionalen Flächennutzung von Verkehrs- und Grünflächen für die Überflutungsvorsorge sind viele Beteiligte wie Straßenbaulastträger und verschiedene Ämter einer Kommune betroffen.

Den privaten Grundstückseigentümern ist meist das Risiko einer Überflutung am wenigsten bewusst, daher ist eine Information und Beratung dieser Zielgruppe durch die Kommune am wichtigsten. Hier können oft mit einfachen Maßnahmen Schutzvorkehrungen getroffen werden.

Bei dem integralen Überflutungsschutz spielt die Risikokommunikation mit Information und Beratung der möglichen Betroffenen eine große Rolle. Hierbei ist vorab zu klären und zu regeln, wie mit flächenbezogenen Risikoinformationen umzugehen ist.

Für die Überflutungsvorsorgemaßnahmen ist von den Beteiligten zu klären, wer für welche Maßnahmen zuständig ist, und wer diese Maßnahmen finanziert. Maßnahmen, die mit der Entwässerung zusammenhängen, können über die Abwasserbeiträge und -gebühren finanziert werden. Sind an Straßen-, Frei- und Grünflächen Vorkehrungen geplant, so ist hierfür eine Kostenaufstellung erforderlich. Gewässerausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen sind von den jeweiligen Eigentümern und Anliegern zu übernehmen. Objektschutzmaßnahmen an Gebäuden und anderen Einrichtungen werden von den jeweiligen Eigentümern zu finanzieren sein. Eine staatliche Förderung, sowohl von Kommunen zur Erarbeitung von Strategien, Gefahren- und Risikokarten sowie Umsetzung von Maßnahmen, als auch Eigentümern zum Objektschutz, wird als notwendig erachtet.

Ein ausreichender Versicherungsschutz sowie ein gut organisierter Katastrophenschutz helfen bei Überflutungen, Menschen und Güter zu schützen und zu retten sowie eingetretene Schäden zu regulieren.

Die Überflutungsvorsorge von Starkregen im urbanen Raum ist eine Gemeinschaftsaufgabe aller Beteiligten und Betroffenen. Sie erfordert eine detaillierte Analyse der Gefährdungen und der Risiken in Zusammenhang mit den hydrologischen Daten. Sie muss in der kommunalen Planung und Entwicklung in Flächennutzungs- und Bauleitplänen neben den Belangen der Baukultur, des Denkmalschutzes und der Denkmalpflege sowie der funktionalen Verbesserung der Infrastruktur einen ebenso hohen Stellenwert haben und bei Flächennutzungen mitberücksichtigt werden.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. F.W. Günthert

München, August 2018

## LITERATURVERZEICHNIS

DIN 4045, 2003-08-00: Abwassertechnik - Grundbegriffe.

Assmann, A. (2012): Modellierung von extremen Starkregenereignissen - was ist möglich? 10. Hochwasserschutzforum in der Metropolregion Rhein Neckar. IHK Rhein-Neckar. Mannheim, 03.12.2012.

ATV-DVWK (2004): Merkblatt ATV-DVWK-M 165. Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung. Hennef: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.

Bartels, Hella; Dietzer, Bernd; Malitz, Gabriele; Albrecht, Franz M.; Guttenberger, Josef (2005): Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 – 2000). Fortschreibungsbericht. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Offenbach am Main.

Baumgarten, Corinna; Christiansen, Eike; Naumann, Stephan; Penn-Bressel, Gertrude; Rechenberg, Jörg; Walter, Anne-Barbara (2011): Hochwasser - Verstehen, erkennen, handeln. UBA Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/hochwasser>, zuletzt geprüft am 10.04.2015.

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (2000): Niederschlagswasserfreistellungsverordnung. NWFreiV, vom 2008. Online verfügbar unter <http://www.izu.bayern.de/download/pdf/NWFreiV.pdf>.

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2014): Klimacheck. Klimawandel in Ihrer Gemeinde: Auswirkungen und Anpassung. Online verfügbar unter [http://www.tourismus.hm.edu/die\\_fakultaet/forschung\\_projekte/c3\\_alps\\_1.de.html](http://www.tourismus.hm.edu/die_fakultaet/forschung_projekte/c3_alps_1.de.html).

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2017): Integrale Konzepte zum kommunalen Sturzflut-Risikomanagement. Online verfügbar unter [https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/foerderung/doc/infoblatt\\_sonderprogramm\\_sturzfluten.pdf](https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/foerderung/doc/infoblatt_sonderprogramm_sturzfluten.pdf).

Becker, Paul (2014): Das Projekt Starkregen. Naturgefahrenkonferenz Berlin vom 03.06.2014. Hg. v. Deutscher Wetterdienst und Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. Online verfügbar unter [http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2014/06/NGK\\_2014\\_DWD\\_Becker.pdf](http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2014/06/NGK_2014_DWD_Becker.pdf), zuletzt geprüft am 02.04.2015.

Benden, Jan (2013): Möglichkeiten und Grenzen der Mitbenutzung von Verkehrsflächen bei Starkregenereignissen. In: RWTH Aachen (Hg.): Aachener Schriften zur Stadtentwässerung. Band 17, Tagungsband. 14. Kölner Kanal und Kläranlagen Kolloquium am 09./10.09.2013.

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

Benden, Jan (2015): Multifunktionale Flächennutzung als Beitrag zur urbanen Starkregenvorsorge. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 62 (2), S. 130–137.

Binder, C.; Steinreiber, Christian (2005): Charakterisierung von extremen Wetterereignissen. In: Karl W. Steininger, Christian Steinreiber und Christoph Ritz (Hg.): Extreme Wetterereignisse und ihre wirtschaftlichen Folgen. Anpassung, Auswege und politische Forderungen betroffener Wirtschaftszweige. Berlin: Springer.

Brenner, János; Dorsch, Fabian; Greiving, Stefan, Rüdiger, Andrea; Schlegelmilch, Frank; Ahrens, Filip (2013): Planungsbezogene Empfehlungen zur Klimaanpassung auf Basis der Maßnahmen des Stadtklimalotsen. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS-Online-Publikation, 25), zuletzt geprüft am 07.05.2015.

Bundesanstalt für Straßenwesen; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2012): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten. ZTV-ING. Ausg. 2012. Köln: FGSV-Verl (FGSV, 782/1).

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2013): Info-Brief 1: Fallstudiengestützte Expertise "Klimaanpassungsstrategien zur Überflutungsvorsorge verschiedener Siedlungstypen. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (ExWoSt), zuletzt geprüft am 12.05.2015.

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen, zuletzt geprüft am 08.05.2015.

- Cvaci, Darius (2009): Zustandserfassung und Bewertung von Grundstücksentwässerungsanlagen unter Einbeziehung einer optimierten organisatorischen Vorgehensweise. Aachen: Shaker (Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen, H. 103).
- Deutscher Wetterdienst (2015): Deutscher Klimaatlas. Version : Deutscher Wetterdienst. Online verfügbar unter <http://www.dwd.de/klimaatlas>, zuletzt geprüft am 03.07.2015.
- Deutschländer, Thomas; Dalelane, Clementine (2012): Auswertung regionaler Klimaprojektionen für Deutschland hinsichtlich der Änderungen des Extremverhaltens von Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit. Hg. v. BBK, THW, DWD und UBA.
- DKKV (2015): Das Hochwasser im Juni 2013: Bewährungsprobe für das Hochwasserrisikomanagement in Deutschland. Hg. v. DKKV- Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V. Bonn (DKKV-Schriftenreihe, 53).
- Dr. Pecher AG (2014): Expertise Urbane Gefahrenkarten zur Ermittlung des Überflutungsrisikos. Hg. v. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Infobriefe). Online verfügbar unter [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Studien/2012/Ueberflutung/05\\_Veroeffentlichungen.html](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Studien/2012/Ueberflutung/05_Veroeffentlichungen.html), zuletzt geprüft am 22.02.2016.
- Dr. Pecher AG; TU Kaiserslautern; DWA (2015): Schlussbericht - Das Verbundprojekt KliWäss: Konzeption, Erstellung und pilothafte Umsetzung eines Bildungsmoduls für Studierende, Meister und techniker zum Thema "Klimaangepasste Siedlungsentwässerung". Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- DWA (2006a): Arbeitsblatt A-100. Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA (2006b): Arbeitsblatt A-118. Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. März 2006. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA (2007): Merkblatt M-153. Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. August 2007. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA (2010): Merkblatt M-551. Audit "Hochwasser - wie gut sind wir vorbereitet". Hennef: DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall.
- DWA (2011a): Arbeitsblatt A-530. Beobachteranleitung für nebenamtliche Niederschlagsstationen Nst (A) und Nst (k) (BAN). Hennef.
- DWA (2011b): Vom Hochwasser überrascht - das unterschätzte Sturzflutrisiko. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Mitglieder-Rundbrief, 1/2011).
- DWA (2012): Arbeitsblatt A-531. Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer. September 2012. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA (2013): Starkregen und urbane Sturzfluten - Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. DWA-Themen: T1/2013. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA-Themen, 1/2013).
- DWA (2014): Merkblatt M-553. Hochwasserangepasstes Planen und Bauen. Entwurf. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA (2016): Merkblatt DWA-M 553 Hochwasserangepasstes Planen und Bauen. November 2016. Hennef: DWA (DWA-Regelwerk, M 553).
- DWA (2017): Arbeitsblatt DWA-A 147. Betriebsaufwand für kommunale Entwässerungssysteme - Betriebsaufgaben und Häufigkeiten. März 2017. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA-Regelwerk, 147).
- DWA (Hg.) (2018): Korrespondenz Abwasser Abfall. KA 8/18.
- DWA AG ES 2.5 (2008): Prüfung der Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-2.5 "Anforderungen und Grundsätze der Entwässerungssicherheit". In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 2008, 2008, zuletzt geprüft am 2008.
- DWD (2005): Wetterlexikon. Deutscher Wetterdienst. Online verfügbar unter <http://www.deutscher-wetterdienst.de/lexikon/>, zuletzt aktualisiert am 05.08.2005, zuletzt geprüft am 02.04.2015.

- DIN 1986-100, 2016: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke.
- DIN EN 752, 2008-04-00: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden.
- EU (2007): Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. Amtsblatt der Europäischen Union.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2002): Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten. RiStWag. Ausg. 2002. Köln: FGSV-Verl (FGSV, 514).
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2005): Teil: Entwässerung. RAS-Ew ; mit "RAS-Ew-Bemessungshilfen" auf CD-ROM. Ausg. 2005. Köln: Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (Richtlinien für die Anlage von Straßen Entwässerung, / Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen ; Hauptbd).
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2010): Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln. RABT. Ausg. 2006, korrigierter Nachdr. Köln: FGSV-Verl (FGSV, 339).
- Gatke, Dietmar; Thielking, Katharina; Hoppe, Holger; Kirschner, Nora; Koch, Michael; Behnken, Katrin (2015): Extreme Regen im urbanen Raum. Stadtgebietsweise Überflutungsbetrachtungen und Detailanalysen in Bremen. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 62 (2), S. 150–156.
- GDV (2013): Verteilung der Juni-Hochwasserschäden 2013 in Deutschland. Hg. v. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.
- General Anzeiger Bonn (2017): Rückblick: Das Unwetter in Bad Godesberg und Wachtberg - Die Angst bei Starkregen bleibt. <https://www.facebook.com/gaonline/>. Online verfügbar unter <http://www.general-anzeiger-bonn.de/bonn/bad-godesberg/Die-Angst-bei-Starkregen-bleibt-article3571493.html>, zuletzt geprüft am 21.08.2018.
- Grünwald, Uwe (2009): Gutachten zu Entstehung und Verlauf des extremen Niederschlag-Abfluss-Ereignisses am 26.06.2008 im Stadtgebiet von Dortmund. einschließlich der Untersuchung der Funktionsfähigkeit von wasserwirtschaftlichen Anlagen und Einrichtungen der Stadt, Emschergenossenschaft und Dritter in den Gebieten Dortmund-Marten, -Dorstfeld und -Schönau. Unter Mitarbeit von Sabine Schümborg, Britta Wöllecke, Gert Graf-van Riesenbeck und Klaus Piroth. Stadt Dortmund, Tiefbauamt; Emschergenossenschaft.
- Grüning, Helmut; Grimm, Michael (2015): Unwetter mit Rekordniederschlägen in Münster. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 62 (2), S. 157–162.
- Günthert, F. Wolfgang (1996): Wohin mit dem Regenwasser? Thema: Wassergüte- und Abfallforschung - Innovation zu jeder Zeit. Festschrift zum 70. Geburtstag von em. Prof. Dr. -Ing. W. Bischofsberger. Hg. v. TUM - Technische Universität München. Lehrstuhl für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Garching b. München (Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Technischen Universität München, 125).
- Hack, Hans-Peter (2014): Hydraulische Modellversuche bei Flutpoldern. In: *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 7 (11).
- Hamburg Wasser (2012): Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen. Ein Leitfaden für Hauseigentümer, Bauherren und Planer. Online verfügbar unter <http://www.hamburgwasser.de/formulare-downloads.html?download=801>, zuletzt geprüft am 09.07.2015.
- Hansmann, Armin (2015): Flexibles Hochwasserschutzsystem für Gebäude. In: *Wasserwirtschaft - Hydrologie, Wasserbau, Hydromechanik, Gewässer, Ökologie, Boden* 105 (4), S. 27–31.
- Hinkelmann, R.; Lange, C.; Om, Y.; Seemann, S. (2010): Hochwasserschutzkonzept Baiersdorf. Hg. v. Technische Universität Berlin. Institut für Bauingenieurwesen. Wasserwirtschaft und Hydrosystemmodellierung. Online verfügbar unter [https://www.wahyd.tu-berlin.de/menue/forschung/projekte/abgeschlossene\\_projekte/hochwasserschutzkonzept\\_baiersdorf/](https://www.wahyd.tu-berlin.de/menue/forschung/projekte/abgeschlossene_projekte/hochwasserschutzkonzept_baiersdorf/), zuletzt aktualisiert am 31.08.2010, zuletzt geprüft am 11.05.2015.
- HSB (2017): Praxisleitfaden. Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen.
- Hübl (2017): Hochwasser Simbach 2016: Dokumentation und Analyse.

- Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH; Fachhochschule Aachen; Deutscher Wetterdienst (2008): Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS). Ergebnisse des Forschungsvorhabens; Abschnitt A: Datenbank. Hg. v. BMBF. Aachen.
- ibh; WBH (2013): Starkregen - Was können Kommunen tun?, zuletzt geprüft am 21.08.2018.
- INKOKA (2016): Leitfaden zur Starkregenvorsorge. Informationen und Tipps für Bürgerinnen und Bürger.
- IPCC: 4. IPCC-Bericht Kurzzusammenfassung, zuletzt geprüft am 08.05.2015.
- IPCC (2014): Fünfter Sachstandsbericht des IPCC. Synthesebericht. Hg. v. BMUB, BMBF, UBA und De-IPCC. Online verfügbar unter [http://www.de-ipcc.de/\\_media/141102\\_Kernbotschaften\\_IPCC\\_SYR.pdf](http://www.de-ipcc.de/_media/141102_Kernbotschaften_IPCC_SYR.pdf), zuletzt geprüft am 03.07.2015.
- itwh (2017): Kostra-DWD 2010 R. Version : Deutscher Wetterdienst. Online verfügbar unter <https://www.itwh.de/de/software/software-produkte/produkt-detailansicht/kostra-dwd-2010r.html>.
- Jeskulke, Michael; Laschet, Udo; Ioannis, Papadakis; Plexnies, Stefan; Quirnbach, Markus (2014): Verfahrensansatz zur Ermittlung und Bewertung von Überflutungsgefahren in großen Einzugsgebieten im Rahmen der Überflutungsprüfung gemäß DIN EN 752. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 61 (6), S. 511–517.
- KLIWA (2013): 5. KLIWA-Symposium am 6. und 7. Dezember 2012 in Würzburg. Fachvorträge: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft. Heft 19. Hg. v. Arbeitskreis KLIWA - Klimaveränderung und Wasserwirtschaft, LUBW - Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, BLfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt, LUWG - Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz und DWD - Deutscher Wetterdienst (KLIWA-Berichte).
- Koch, Daniel (2016): Maßnahmen und Schlussfolgerungen nach den Starkregenereignissen in Bonn. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Bonn, 27.09.2016.
- Krieger; Schmitt (2018): Starkregenbezogene Gefährdungs- und Risikoanalysen für Entwässerungssysteme. In: *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 65 (8), S. 680–685.
- Krieger, Klaus; Schmitt, Theo G. (2015): Möglichkeiten der Risikokommunikation im Rahmen eines präventiven Risikomanagements für Starkregen und urbane Sturzfluten. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 62 (2), S. 145–149.
- LANUV: KISS - Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung. Methoden und Konzepte.
- LAWA (2018): LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement, S. 1–86, zuletzt geprüft am 21.08.2018.
- LfU (2009): Merkblatt Nr. 4.3/3 Bemessung von Misch- und Regenwasserkanälen. Teil 1: Klimawandel und möglicher Anpassungsbedarf. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Online verfügbar unter [https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil4\\_oberirdische\\_gewaesser/doc/nr\\_433\\_teil1.pdf](https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil4_oberirdische_gewaesser/doc/nr_433_teil1.pdf).
- LfU (2017): Sturzfluten- und Hochwasserereignisse Mai/Juni 2016. Online verfügbar unter [https://media.hnd.bayern.de/berichte/lfu\\_SturzflutenMaiJuni2016.pdf](https://media.hnd.bayern.de/berichte/lfu_SturzflutenMaiJuni2016.pdf), zuletzt geprüft am 21.08.2018.
- LLG (2018): Beratungsleitfaden Bodenerosion und Sturzfluten. Lokale Kooperation zwischen Landwirten und Gemeinden sowie weiteren Akteuren zur Vermeidung von Bodenerosion. In: *Schriftenreihe der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau* (1/2018).
- LUBW (2016): Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg. Stand Dezember 2016. Karlsruhe: LUBW Landesanstalt für Umwelt Messungen und Naturschutz.
- Malitz, Gabriele (2015): Extremwertstatistisch ermittelte Starkniederschlagshöhen auf der Basis von Messwerten aus dem Zeitraum 1951 bis 2010. Ausblick auf KOSTRA-DWD-2010. In: *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 8 (2), S. 79–80.
- Mann, Gunter; Klinger, Tobias (2015): Regenwassermanagement auf dem (begrünten) Dach. In: *fbr-wasserspiegel* 2015 (3), S. 22–24.

- Müller, Manfred (2014): Starkregenereignisse machen mittelfristig ein Umdenken notwendig. In: RWTH Aachen (Hg.): Aachener Schriften zur Stadtentwässerung. Band 18, Tagungsband. 15. Kölner Kanal und Kläranlagen Kolloquium am 01./02.10.2014.
- n-tv (2017): Heftige Unwetter legen Berlin lahm. Online verfügbar unter <https://www.n-tv.de/media-theke/videos/panorama/Heftige-Unwetter-legen-Berlin-lahm-article19913153.html>, zuletzt aktualisiert am 21.08.2018, zuletzt geprüft am 21.08.2018.
- Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (2016/2017): p 16/17 Planungshilfen für die Bauleitplanung. Hinweise für die Ausarbeitung und Aufstellung von Flächennutzungsplänen und Bebauungsplänen.
- Pfister, Angela; Treis, Adrian; Teichgräber, Burkhard (2015): Der Einsatz von Radardaten für wasserwirtschaftliche Zwecke bei Emschergenossenschaft und Lippeverband. In: *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 8 (2), S. 115–124.
- Quirnbach, M. (2017): Starkregen im Fokus von Wasserwirtschaft und Öffentlichkeit. In: *gwf Wasser + Abwasser*, S. 65–74.
- Quirnbach, M.; Schultz, G. A. (2002): Comparison of rain gauge and radar data as input to an urban rain-fall-runoff model. In: *Water Science & Technology* 02 (45).
- Quirnbach et al. (2015): Berücksichtigung von Bandbreiten möglicher Klimaentwicklungen in der wasserwirtschaftlichen Bemessungspraxis am Beispiel der Emscher-Lippe Region. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 62 (8), S. 694–699.
- rbb24 (2017): Zu warm, zu windig und vor allem zu nass. Online verfügbar unter <https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2017/12/berlin-brandenburg-wetter-rueckblick-2017-viel-regen-viel-wind.html>, zuletzt geprüft am 21.08.2018.
- RESCDAM (2000): The use of physical models in dam-break flood analysis. Helsinki University of Technology.
- RGU (2016): Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in der Landeshauptstadt München, zuletzt geprüft am 21.08.2018.
- RISA (2012): Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen? Ein Leitfaden für Hauseigentümer, Bauherren und Planer.
- Rohde, Sophia; Müller, Hannes; Schroeder, Kai; Kuchenbecker, Andreas; Haberlandt, Uwe (2015): Mit SYNOPSE auf Starkregen und urbane Sturzfluten vorbereiten. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 62 (2), S. 100–101.
- Rother, Karl-Heinz (2014): Zur Abschätzung des Restrisikos hinter Hochwasserschutzanlagen unter sich verändernden gesellschaftlichen Randbedingungen. In: *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 7 (11), S. 659–666.
- Ruiz Rodriguez + Zeisler + Blank, GbR (2010): Hochwasserschutzfibel. Objektschutz und bauliche Vorsorge. 3. Aufl. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Online verfügbar unter <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Sonderveroeffentlichungen/2010/Hochwasserschutzfibel.html>.
- RWTH Aachen (Hg.) (2014): Aachener Schriften zur Stadtentwässerung. Band 18, Tagungsband. 15. Kölner Kanal und Kläranlagen Kolloquium am 01./02.10.2014.
- Schaardt, Volker (2013): Vergleich hydrologischer und hydrodynamischer Kanalnetzrechnungen und Konsequenzen für die praktische Anwendung. Aachen: Shaker (Mitteilungen / Institut für Wasserwesen, 2012,14).
- Scheibel, Marc (2013): Starkregen und urbane Sturzfluten. Wupperverband. Online verfügbar unter [http://www.wupperverband.de/internet/mediendb.nsf/gfx/MED\\_IWER-99BEVQ\\_3C2268/\\$file/12\\_16Symp\\_Gebietsforum\\_Scheibel\\_Symposium\\_15.05.13\\_dz.pdf](http://www.wupperverband.de/internet/mediendb.nsf/gfx/MED_IWER-99BEVQ_3C2268/$file/12_16Symp_Gebietsforum_Scheibel_Symposium_15.05.13_dz.pdf), zuletzt geprüft am 02.04.2015.
- Schmitt, Theo G. (1996): Probleme der Überstau- und Überflutungshäufigkeit. In: ATV (Hg.): ATV Bundestagung, Bd. 4. ATV-Bundestagung. Leipzig, 14.-17.10. (ATV-Schriftenreihe, 4), S. 5–20.

- Schmitt, Theo G. (2011): Risikomanagement statt Sicherheitsversprechen. Paradigmenwechsel auch im kommunalen Überflutungsschutz? In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 58 (1), S. 40–49.
- Schmitt, Theo G. (2015a): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge. Werkstattbericht zum Merkblatt DWA-M 119. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 62 (2), S. 114–120.
- Schmitt, Theo G. (2015b): Starkregen - (k)ein neues Phänomen? In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 62 (2), S. 93.
- Schmitt et al. (2004): Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme. ATV-Arbeitsgruppe ES 2.1. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 51 (1), S. 69–76.
- Schrader, Meeno (2015): Und jetzt ... das Wetter von morgen. Vortrag auf dem ACO Tiefbau Fachseminar REGENWELTEN am 05. März 2015.
- Schühle, A. (2018): Starkregengefahr - Lösungsansätze auf kommunaler Ebene am Beispiel des Glems-Einzugsgebietes. Nürnberger Wasserwirtschaftstag - Seminar Gewässer. DWA. Nürnberg, 13.06.2018.
- Sieber, Hans-Ulrich (2014): Anpassungsstrategien für Stauanlagen an den Klimawandel. Eine Ergebniszusammenfassung aus den DWA-Themen T2/2014. In: *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 7 (11), S. 625–629.
- Stern Magazin (2017): SOMMER EXTREM. Starkregen, Hochwasser, Hitze, Dürre und gewaltige Gewitter - Warum das Wetter in Zeiten des Klimawandels verrückt spielt. In: *Stern* 2017, 03.08.2017 (32/2017).
- Stokman, Antje; Hoppe, Holger; Massing, Christian; Brenne, Fabian; Deister, Lisa (2015): Starkregeneignisse als Motor einer wassersensitiven Stadtentwicklung. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 62 (2), S. 122–129.
- Thimet, Juliane; Günthert, F. Wolfgang (2017): Abwasserbeseitigung. Technik und Recht. 2., neue Ausg. Wiesbaden: Kommunal- und Schul-Verlag Wiesbaden (Praxisreihe des Bayerischen Gemeindetags, 6).
- Umweltbundesamt (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate\\_change\\_24\\_2015\\_vulnerabilitaet\\_deutschlands\\_gegenueber\\_dem\\_klimawandel\\_1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_24_2015_vulnerabilitaet_deutschlands_gegenueber_dem_klimawandel_1.pdf), zuletzt geprüft am 21.08.2018.
- van Dillen, Anette; Schwarz, Katharina (2014): Den Flüssen mehr Raum geben. UMK beschließt Nationales Hochwasserschutzprogramm. In: *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 7 (11), S. 624.
- Walkenhorst, Oliver; Stock, Manfred (2009): Regionale Klimaszenarien für Deutschland. Eine Leseanleitung. Hannover, zuletzt geprüft am 08.05.2015.
- Wernecke, Gabriele; Henschel, Frank; Lubrichs, Martin (2014): Überflutungsvorsorge - Projektbeispiele aus Siegburg. In: RWTH Aachen (Hg.): *Aachener Schriften zur Stadtentwässerung*. Band 18, Tagungsband. 15. Kölner Kanal und Kläranlagen Kolloquium am 01./02.10.2014.
- Wupperverband (2018): Heißer Mai mit regionalem Starkregen. Wupperverband, Körperschaft des öffentlichen Rechts, 42289 Wuppertal, Germany. Online verfügbar unter [https://www.wupperverband.de/internet/web.nsf/id/li\\_de\\_pm\\_niederschlag\\_mai\\_2018.html](https://www.wupperverband.de/internet/web.nsf/id/li_de_pm_niederschlag_mai_2018.html), zuletzt geprüft am 21.08.2018.
- Yörük, Alpaslan; Buchholz, Oliver (2014): Einsatz eines 2D-hydrodynamischen Modells zur Berechnung von Überflutungsfläche. Empfehlung und Werkzeuge zur Qualitätssicherung. In: *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 7 (11), S. 635.



## Anhang

### Anhang 1 - Begriffsdefinitionen

Im Folgenden sind Begriffsdefinitionen aus verschiedenen Quellen dargestellt, um auch dem nicht so fachkundigen Leser Hilfestellung beim Verständnis der z.T. auch unterschiedlich gebrauchten Begriffe zu geben.

#### **Abwasser ( § 54 Abs. 1 WHG):** WHG

„das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser)“.

#### **Bauvorsorge (DWA):** (DWA 2010, S. 9)

„Alle Maßnahmen der Hochwasservorsorge, die durch die bauliche Gestaltung und die Auswahl der Materialien, sowie durch die Gestaltung von Nutzungen auf die Minderung von Schadenspotenzialen und Schäden Einfluss nehmen“.

#### **Flächenvorsorge (DWA):** (DWA 2010, S. 9)

„Alle Maßnahmen der Hochwasservorsorge, die über die Flächennutzung auf die Minderung von Schadenspotenzialen und Schäden Einfluss nehmen“.

#### **Flusshochwasser (DWA):** (DWA 2010, S. 9)

„Hochwasser aus einem über die Ufer tretenden Gewässer infolge andauernder Überregnung und/oder Schneeschmelze in großen Teilen des Einzugsgebietes“.

#### **Hochwasser (EU):** (EU 2007, S. 3)

„zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist. Diese umfasst Überflutungen durch Flüsse, Gebirgsbäche, zeitweise ausgesetzte Wasserströme im Mittelmeerraum sowie durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser; Überflutungen aus Abwassersystemen können ausgenommen werden“.

#### **Hochwassergefahrenkarten (EU):** (EU 2007, S. 4–5)

„erfassen die geografischen Gebiete, die nach folgenden Szenarien überflutet werden könnten:

- a) Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit oder Szenarien für Extremereignisse;
- b) Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit (voraussichtliches Wiederkehrintervall  $\geq 100$  Jahre);
- c) gegebenenfalls Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit.

Für jedes [...] genannte Szenario ist Folgendes anzugeben:

- a) Ausmaß der Überflutung;
- b) Wassertiefe bzw. gegebenenfalls Wasserstand;

c) gegebenenfalls Fließgeschwindigkeit oder relevanter Wasserabfluss“

**Hochwasserrisiko (EU):** (EU 2007, S. 3)

„Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses und der hochwasserbedingten potenziellen nachteiligen Folgen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten“.

**Hochwasserrisikokarten (EU):** (EU 2007, S. 4–5)

„verzeichnen potenzielle hochwasserbedingte nachteilige Auswirkungen [...], die anzugeben sind als:

- a) Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner (Orientierungswert);
- b) Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten in dem potenziell betroffenen Gebiet;
- c) Anlagen gemäß Anhang I der Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (1), die im Falle der Überflutung unbeabsichtigte Umweltverschmutzungen verursachen könnten, und potenziell betroffene Schutzgebiete gemäß Anhang IV Nummer 1 Ziffern i, iii und v der Richtlinie 2000/60/EG;
- d) weitere Informationen, die der Mitgliedstaat als nützlich betrachtet, etwa die Angabe von Gebieten, in denen Hochwasser mit einem hohen Gehalt an mitgeführten Sedimenten sowie Schutt mitführende Hochwasser auftreten können, und Informationen über andere bedeutende Verschmutzungsquellen“.

**Hochwasservorsorge (DWA):** (DWA 2010, S. 9)

„Alle Maßnahmen und Strategien, die in Ergänzung zum technischen Hochwasserschutz in Form von Deichen, Schutzmauern und Hochwasserrückhaltung geeignet sind, Hochwasserschäden zu mindern“.

**Informationsvorsorge (DWA):** (DWA 2010, S. 9)

„Alle Maßnahmen der Hochwasservorhersage und der Hochwasserwarnung“.

**Jährlichkeit:** (Baumgarten et al. 2011)

„Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Hochwasserereignisses mit dazugehörigem Wasserstand und Wassermenge“.

**Klima (gemeingültig):** (Schrader 2015)

"Wetter" gemittelt über einen sehr langen Zeitraum, z.B. 30 Jahre.

**Klimamodell:**

Dient zur Berechnung und Projektion des Klimas in einem bestimmten Zeitabschnitt.

**KOSTRA-Atlas** (itwh 2017)

„KOordinierte-Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen“. Bibliothek von gebietsspezifischen Regenspenden zur Bemessung von Regen beeinflusster Systeme. Wird regelmäßig aktualisiert.

**Konvektiver Niederschlag:** (DWD 2005)

„Kurz andauerndes Niederschlagsereignis (unter einer Stunde) mit meist hoher, manchmal schnell wechselnder Niederschlagsintensität und eng begrenztem Niederschlagsfeld (i. d. R. kleiner als 10 km<sup>2</sup>)“. Entstehung durch starke vertikale Luftbewegungen infolge hoher Temperaturen.

**Natürlicher Wasserrückhalt (DWA):** (DWA 2010, S. 9)

„Alle Maßnahmen zur Verbesserung der natürlichen Wasserrückhaltung auf forst- und landwirtschaftlichen Flächen sowie in Siedlungsgebieten und zur Wiedergewinnung von Überschwemmungsgebieten entlang der Gewässer“.

**Niederschlag (DWD):** (DWD 2005)

„Ausscheidung von Wasser aus der Atmosphäre im flüssigen und/oder festen Aggregatzustand, die man am Erdboden messen oder beobachten kann. Dabei wird unterschieden zwischen fallenden (z.B. Regen), aufgewirbelten (z.B. Schneetreiben), abgelagerten (z.B. Schneedecke) und abgesetzten (z.B. Reif) Niederschlägen. Die fallenden Niederschläge sind definiert als das Ausscheiden von Wasser aus Wolken, das den Erdboden in flüssiger und/oder fester Form erreicht. Arten der fallenden Niederschläge: Sprühregen, Regen, gefrierender Regen, gefrierender Sprühregen, Eisregen, Schnee, Schneegriesel, Eisnadeln, Diamantstaub, Polarschnee, Eiskörner Reifgraupel, Frostgraupel, Hagel“.

**Niederschlagsereignis (DWD):** (DWD 2005)

„Natürlich gegebenes oder je nach Betrachtung festzulegendes Niederschlagsgeschehen, charakterisiert durch Niederschlagsart, Niederschlagsdauer, Niederschlagsverlauf und räumliche Verteilung an der Erdoberfläche“.

**Niederschlagshöhe (DWD):** (DWD 2005)

„gibt an, wie hoch flüssiger Niederschlag eine horizontale Erdbodenfläche in einer Betrachtungszeitspanne bedecken würde, wenn nichts von dieser Fläche abfließen, verdunsten oder versickern könnte. Die Messgenauigkeit beträgt Zehntel Millimeter. Wird z.B. eine Niederschlagshöhe von 1 mm gemessen, so entspricht dieser Wert einer Niederschlagsmenge von 1 Liter pro Quadratmeter. Fester Niederschlag wird zur Angabe der Niederschlagshöhe geschmolzen, um danach die Wasserhöhe zu messen“.

**Niederschlagsintensität (DWD):** (DWD 2005)

|                           | <b>Niederschlagshöhe in 60 min</b> | <b>Niederschlagshöhe in 10 min</b> |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Leichter Regen</b>     | < 2,5 mm                           | < 0,5 mm                           |
| <b>Mäßiger Regen</b>      | ≥ 2,5 mm und < 10 mm               | ≥ 0,5 mm und < 1,7 mm              |
| <b>Starker Regen</b>      | ≥ 10 mm                            | ≥ 1,7 mm                           |
| <b>Sehr starker Regen</b> | ≥ 50 mm                            | ≥ 8,3 mm                           |

**Niederschlagsspende (DWD):** (DWD 2005)

„Volumen des in einer bestimmten Zeitspanne auf eine bestimmte Fläche gefallenen Niederschlags, dividiert durch das Produkt aus dieser Zeitspanne und dieser Fläche (angegeben in l/(s·ha))“.

**Niederschlagswahrscheinlichkeit (DWD):** (DWD 2005)

„Bei der Ermittlung der Niederschlagswahrscheinlichkeit wird auf vergleichbare Fälle, bzw. Wetterlagen aus der Vergangenheit zurückgegriffen, d.h., eine Aussage: "Morgen ist (an einem bestimmten Ort) mit einer Niederschlagswahrscheinlichkeit von 80% zu rechnen" ist so zu interpretieren, dass es in 8 von 10 Fällen (Tagen) bei der (für "morgen") prognostizierten Wetterlage am betreffenden Ort geregnet hat. Es ist damit **n i c h t** ausgesagt, dass 80% des Zeitraumes des ("morgigen") Tages verregnet sein werden und auch nicht, wie viel es regnen soll. Eine solche Wahrscheinlichkeitsaussage kann jedoch mit quantitativen Angaben verknüpft werden, d.h. eine Aussage: "Morgen ist (an einem bestimmten Ort) mit einer Wahrscheinlichkeit von 20% damit zu rechnen, dass mehr als 5 l/m<sup>2</sup> Niederschlag fallen" bedeutet, dass es in 2 von 10 Fällen (Tagen) bei der (für "morgen") prognostizierten Wetterlage am betreffenden Ort vorgekommen ist, dass mehr als 5 l/m<sup>2</sup> Niederschlag gefallen sind“.

**Risiko:**

Kombination aus Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und dessen nachteiligen Auswirkungen (vgl. „Hochwasser Risiko“).

**Schadenspotenzial (gemeingültige Bedeutung):** (Baumgarten et al. 2011)

mit zunehmender Einengung der natürlichen Läufe und Ausuferungsbereiche von Gewässern und gleichzeitig teuren Baumaßnahmen für Wohnhäuser, Industrie und Verkehr nehmen die Schadenssummen im Falle eines Überflutungsereignisses zu. Der Umfang für potenzielle Schäden (Schadenspotenzial) steigt.

**Starkregen (DWD):** (DWD 2005)

„Von Starkregen spricht man bei großen Niederschlagsmengen pro Zeiteinheit. Er fällt meist aus konvektiver Bewölkung (z.B. Cumulonimbuswolken). Starkregen kann zu schnell ansteigenden Wasserständen und (bzw. oder) zu Überschwemmungen führen, häufig einhergehend mit Boden-

erosion. Der DWD warnt deswegen vor Starkregen in 2 Stufen (wenn voraussichtlich folgende Schwellenwerte überschritten werden):

Regenmengen  $\geq 10$  mm / 1 Std. oder  $\geq 20$  mm / 6 Std. (Markante Wetterwarnung)

Regenmengen  $\geq 25$  mm / 1 Std. oder  $\geq 35$  mm / 6 Std. (Unwetterwarnung)".

**Sturzflut (DWA):** (DWA 2010, S. 9)

„Lokales extremes Hochwasser infolge hoher, zeitlich und räumlich eng begrenzter Niederschläge, wobei es ohne nennenswerte Vorwarnzeit zu unkontrolliertem Oberflächenabfluss kommen kann und kleinste Gewässerläufe zu reißenden Fluten werden“.

**Verhaltensvorsorge (DWA):** (DWA 2010, S. 9)

„Alle Strategien und Maßnahmen, die über das Verhalten in Vorbereitung auf das Hochwasser und während des Hochwassers selbst auf die Minderung von Schadenspotenzialen und Schäden Einfluss nehmen“.

**Wetter (gemeingültig):** (Schrader 2015)

Ist-Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem Ort, d.h. was wir an Auswirkungen direkt abbekommen.

## Anhang 2 – Mittlere Abflussbeiwerte

TABELLE 3 EMPFOHLENE MITTLERE ABFLUSSBEIWERTE  $\psi_m$  VON EINZUGSGEBIETSFLÄCHEN FÜR BERECHNUNGEN (NACH DWA (2007))

| Flächentyp  | Art der Befestigung       | $\psi_m$ |
|---|---------------------------|----------|
| Schrägdach  | Ziegel, Dachpappe         | 0,8-1,0  |
| Straßen, Wege und Plätze (flach)  | Asphalt, fugenloser Beton | 0,9      |
|   | Rasengittersteine         | 0,15     |
| Böschungen, Bankette und Gräben mit Regenabfluss in das Entwässerungssystem         | Kies- und Sandboden       | 0,3      |
| Gärten, Wiesen und Kulturland mit möglichem Regenabfluss in das Entwässerungssystem | Flaches Gelände           | 0,0-0,1  |
|   | Steiles Gelände           | 0,1-0,3  |

### Anhang 3 - Bemessungsregenhäufigkeiten

TABELLE 4: BEISPIELE FÜR BEMESSUNGSREGENHÄUFIGKEITEN FÜR ROHRE, DIE OHNE ÜBERLASTUNG LEDIGLICH VOLLGEFÜLLT SIND (DIN EN 752:2017)

| Ort   | Bemessungsregenhäufigkeiten <sup>a</sup> |  |
|---|--|--|
|   | Jährlichkeit<br>Jahre                    | Überschreitungs-<br>wahrscheinlichkeit je Jahr |
| Ländliche Gebiete                             | 1  | 100 %  |
| Wohngebiete                                   | 2  | 50 %   |
| Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete   | 5  | 20 %   |
| Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen | 10                                       | 10 %   |

<sup>a</sup> Für das gewählte Bemessungsregenereignis darf das Rohr lediglich vollgefüllt und nicht überlastet sein.

### Anhang 4 - Überflutungshäufigkeiten

TABELLE 5: BEISPIELE FÜR BEMESSUNGSKRITERIEN FÜR KANALINDIZIERTE ÜBERFLUTUNGEN FÜR STEHENDES WASSER AUS ÜBERFLUTUNGEN (DIN EN 752:2017)

| Auswirkung        | Beispielhafte Orte  | Beispiele für Bemessungshäufigkeiten von kanalindizierten Überflutungen |  |
|-------------------|---|---|--|
|                   |   | Jährlichkeit<br>Jahre   | Überschreitungs-<br>wahrscheinlichkeit je Jahr |
| Sehr gering       | Straßen oder offene Flächen abseits von Gebäuden                            | 1   | 100 %  |
| Gering            | Agrarland (in Abhängigkeit von der Landnutzung, z. B. Weidegrund, Ackerbau) | 2   | 50 %   |
| Gering bis mittel | Für öffentliche Einrichtungen genutzte offene Flächen                       | 3   | 30 %   |
| Mittel            | An Gebäude angrenzende Straßen oder offene Flächen                          | 5   | 20 %   |
| Mittel bis stark  | Überflutungen in genutzten Gebäuden mit Ausnahme von Kellerräumen           | 10  | 10 %   |
| Stark             | Hohe Überflutungen in genutzten Kellerräumen oder Straßenunterführungen     | 30  | 3 %  |
| Sehr stark        | Kritische Infrastruktur   | 50  | 2 %  |

Die Jährlichkeit sollte erhöht werden (Wahrscheinlichkeiten reduziert), wo das Wasser aus Überflutungen schnell fließt.  
Bei der Sanierung von bestehenden Systemen und wo das Erreichen derselben Bemessungskriterien für ein neues System übermäßige Kosten zur Folge hätte, darf ein niedrigerer Wert in Betracht gezogen werden.

## **Anhang 5 – Festsetzungsmöglichkeiten nach BGB**

Auszüge aus den Festsetzungsmöglichkeiten im Bebauungsplan zur Anpassung an urbane Sturzfluten nach BauGB (Brenner et al. 2013)

| <b>Festsetzung (§ 9 Abs. 1 BauGB)</b><br>Im Bebauungsplan können aus städtebaulichen Gründen festgesetzt werden: | <b>Bezug zur Anpassung an den Klimawandel</b>                                      | <b>Bezug zu den StadtKlimaExWoSt-Expertisen</b>   | <b>Anwendungsmöglichkeiten im Rahmen</b>  |   |
|--|--|---|---|---|
|  |  |   | <b>der Modellvorhaben</b>   | <b>von externen Beispielen</b>  |
| 1. die Art und das Maß der baulichen Nutzung   | Begrenzung der Verdichtung zur Vermeidung von Überwärmung                          | Überblick bestehende Instrumente:<br>Expertise "Rolle der bestehenden planerischen und rechtlichen Instrumente" (BBSR-Online-Publikation 24/2009)<br>Diskussion verschiedener Leitbilder:<br>Expertise "Leitbilder" (BBSR-Online-Publikation 24/2009)<br>Einfacher Bebauungsplan:<br>Expertise "Flexibilisierung der Planung für eine Klimaangepasste Stadtentwicklung – Verfahren, Instrumente und Methoden für anpassungsflexible Raum- und Siedlungsstrukturen " | Essen:<br>Cool-City-Szenario<br>Nachbarschaftsverband Karlsruhe:<br>alternative Planentwürfe<br>Nürnberg:<br>Neuerschließung Gelände Weststadt<br>Regensburg:<br>Thematisierung in der historischen Altstadt; Problem: Bestand Weltkulturerbe<br>Saarbrücken:<br>Strategie zur Anpassung an Hitze | DWD-Stadtklima-Projekte Köln und Frankfurt<br>z. B. Klimawandelgerechte Metropole Köln. Abschlussbericht. Kap 5.1 Humanbioklimatische Bewertung für den Gestaltungsplan eines Teils des Großmarktgeländes in Köln. LANUV-Fachbericht 50 |
|  | Wasserrückhalt durch flächensparende Festsetzungen mit niedrigem Versiegelungsgrad | Langfristige Umbaukonzepte im Bestand:<br>Expertise "Alles im Wandel: Demografische und klimatische Veränderungen im Kontext der integrierten Stadtentwicklung"<br>Festsetzungsmöglichkeiten Hochwasserschutz:<br>"Flexibilisierung der Planung für eine Klimaangepasste Stadtentwicklung – Verfahren, Instrumente und Methoden für anpassungsflexible Raum- und Siedlungsstrukturen"   | Städtereion Aachen:<br>Hochwasser Kategorie in Verwundbarkeits-Check<br>Bad Liebenwerda:<br>Öffnung von historischen Gräben in der Innenstadt<br>Saarbrücken:<br>Flussbett des Fischbachs im Stadtteil Rußhütte<br>Syke:<br>Umgang mit Extremwetterereignissen                                    | Kommunen im Verbandsgebiet der Emschergenossenschaft (15% des Niederschlagswassers dezentral versickern)  |



|   |  |  |   |  |
|---|--|--|---|--|
| <p>2.<br/>die Bauweise,<br/>die über-<br/>baubaren und<br/>die nicht<br/>überbaubaren<br/>Grundstücks-<br/>flächen sowie<br/>die Stellung der<br/>baulichen<br/>Anlagen</p>   | <p>Durchlüftungs-<br/>optimierte Stellung<br/>baulicher Anlagen bzw.<br/>Begrenzung der<br/>Verdichtung durch<br/>Festlegung nicht<br/>überbaubarer<br/>Grundstücksflächen</p>   | <p>Überblick bestehende<br/>Instrumente:<br/>Expertise "Rolle der<br/>bestehenden<br/>planerischen und<br/>rechtlichen<br/>Instrumente" (BBSR-<br/>Online-Publikation<br/>24/2009)<br/><br/>Synergien und<br/>Konflikte von<br/>Anpassungs- und z. T.<br/>Klimaschutz-<br/>maßnahmen:<br/>Stadtklimalotse<br/>(www.stadtklima-<br/>lotse.de;<br/>klimastadtraum.de)</p>                              | <p>Essen:<br/>Krupp-Park<br/><br/>Nachbarschafts-<br/>verband Karlsruhe:<br/>alternative<br/>Planentwürfe</p>   | <p>In verschiedenen<br/>Städten im<br/>Zusammenhang<br/>mit Klimaschutz<br/>(Südausrichtung<br/>PV-Anlagen,<br/>Sonnen-<br/>einstrahlung),<br/>aber Konflikt mit<br/>Anpassung<br/>möglich</p> |
| <p>4.<br/>die Flächen für<br/>Neben-anlagen,<br/>die auf Grund<br/>anderer<br/>Vorschriften für<br/>die Nutzung von<br/>Grundstücken<br/>erforderlich sind,<br/>wie Spiel-,<br/>Freizeit- und<br/>Erholungsflächen<br/>sowie die<br/>Flächen für<br/>Stellplätze und<br/>Garagen mit<br/>ihren Einfahrten</p> | <p>Flächen für<br/>Nebenanlagen die<br/>aufgrund anderer<br/>Vorschriften errichtet<br/>werden müssen sind<br/>festsetzbar. Somit<br/>kann eine<br/>unkontrollierte<br/>Flächenversiegelung<br/>vermieden werden und<br/>damit der Erwärmung<br/>sowie dem<br/>Oberflächenabfluss bei<br/>Starkregen<br/>entgegengewirkt<br/>werden.</p> | <p>Überblick bestehende<br/>Instrumente:<br/>Expertise "Rolle der<br/>bestehenden<br/>planerischen und<br/>rechtlichen<br/>Instrumente" (BBSR-<br/>Online-Publikation<br/>24/2009)<br/><br/>Langfristige<br/>Umbaukonzepte im<br/>Bestand:<br/>Expertise "Alles im<br/>Wandel:<br/>Demografische und<br/>klimatische<br/>Veränderungen im<br/>Kontext der<br/>integrierten<br/>Stadtentwicklung"</p> | <p>Essen:<br/>Cool-City-Konzept,<br/>Ausbildung von<br/>grünen Korridoren<br/><br/>Nachbarschafts-<br/>verband Karlsruhe:<br/>alternative Plan-<br/>entwürfe<br/><br/>Nürnberg:<br/>Neuerschließung<br/>des Quelle Areals in<br/>der Nürnberger<br/>Weststadt</p> | <p>-</p>   |

|  |   |   |   |          |
|--|---|---|---|----------|
| <p>5.<br/>die Flächen für den Gemeinbedarf sowie für Sport- und Spielanlagen</p> | <p>In überschwemmungsbedrohten Arealen ist nur schadensresistente Nutzung zu planen. Diese sind ggf. multifunktional für Notentwässerung nutzbar zu machen.</p> | <p>Überblick bestehende Instrumente:<br/>Expertise "Rolle der bestehenden planerischen und rechtlichen Instrumente" (BBSR-Online-Publikation 24/2009)<br/><br/>Langfristige Umbaukonzepte im Bestand:<br/>Expertise "Alles im Wandel: Demografische und klimatische Veränderungen im Kontext der integrierten Stadtentwicklung"</p> | <p>Saarbrücken:<br/>Neubaugebiet Franzenbrunnen<br/><br/>Syke:<br/>Parkplatz der Kreissparkasse</p> | <p>-</p> |
|--|---|---|---|----------|

|   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| <p>9.<br/>der besondere Nutzungszweck von Flächen</p> | <p>Sinnvoll, wenn etwa Parkplätze, Freiflächen, Grünflächen etc. zur (Zwischen-) Speicherung von Extremniederschlag dienen sollen</p> | <p>Überblick bestehende Instrumente:<br/>Expertise "Rolle der bestehenden planerischen und rechtlichen Instrumente" (BBSR-Online-Publikation 24/2009)<br/><br/>Multifunktionale Nutzungen:<br/>Expertise "Flexibilisierung der Planung für eine Klimaangepasste Stadtentwicklung – Verfahren, Instrumente und Methoden für anpassungsflexible Raum- und Siedlungsstrukturen"</p> | <p>StädteRegion<br/>Aachen:<br/>Qualitative Betroffenheitsanalyse Niederschlag (Gebiet Eschweiler Königsbenden);<br/>Qualitative Betroffenheitsanalyse Niederschlag (Gebiet Stolberg Finkensief)<br/>Saarbrücken:<br/>Neubaugebiet Franzenbrunnen<br/>Syke:<br/>Parkplatz der Kreissparkasse</p> | <p>Hamburg:<br/>Regenwasserbewirtschaftungskonzepte Wohnpark Trabrennbahn Farmsen.<br/>Gemeinde Hoppegarten:<br/>Regenwasserkonzept für den Ortsteil Hönow<br/>Potsdam:<br/>Regenrückhalte- und Versickerungsbecken<br/>Gartenstadt Bornstedter Feld u. a. m.</p> |
|---|---|--|--|---|

|   |  |  |  |          |
|---|--|--|--|----------|
| <p>12. die Versorgungsflächen, einschließlich der Flächen für Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung</p> | <p>Standorte sind entweder hochwassersicher (insbesondere gegenüber Sturzfluten) zu planen oder es ist für geeigneten Objektschutz (z. B. Kapselung) zu sorgen</p> | <p>Überblick bestehende Instrumente:<br/>                 Expertise "Rolle der bestehenden planerischen und rechtlichen Instrumente" (BBSR-Online-Publikation 24/2009)<br/>                 Bewertung und Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen im Vergleich zu anderen Änderungsprozessen:<br/>                 Expertise "Bewertung und Priorisierung von Klimaanpassungsmaßnahmen – Leitfaden zur Entscheidungsunterstützung bei der urbanen Klimaanpassung" (BMVBS-Online-Publikation 11/13)<br/>                 Expertisen "Klimawandelgerechte Stadtentwicklung" (Förderprogramme z. B. Förderung von Klimaschutzkonzepten)<br/>                 "Ex-Post-Analyse kommunaler Klimaschutzkonzepte" (BBSR-Online-Publikation 11/2010)</p> | <p>StädteRegion<br/>                 Aachen:<br/>                 Versorgung<br/>                 Gewerbegebiete<br/>                 Essen:<br/>                 Aufsatteln der Anpassungsstrategie auf das Integrierte Energie- und Klimakonzept<br/>                 Nachbarschaftsverband Karlsruhe: (Entwurfprinzipien und Maßnahmen berücksichtigen Klimaschutz)</p> | <p>-</p> |
|---|--|--|--|----------|

|   |   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
| <p>14. die Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser, sowie für Ablagerungen</p> | <p>Die Beseitigung der Niederschläge umfasst das Sammeln, Fortleiten, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln des Abwassers im Sinne des § 18 a WHG, sofern eine gesonderte Behandlung sowie Klärschlamm nicht anfallen</p> <p>Die Festsetzung gemäß Nr. 14 bezieht sich auf die Flächen für Einrichtungen der Rückhaltung und Versickerung von aus Niederschlägen stammendem Wasser, nicht jedoch auf die Maßnahme selbst</p> <p>Zur Beseitigung von Niederschlagswasser in einem Baugebiet kann aber nach § 9 Abs. 1 Nr. 14, 15 und 20 BauGB ein dezentrales System privater Versickerungsmulden und Grünflächen festgesetzt werden (bebauungsplanerische Festsetzung gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 14, 15 und 20 BauGB beinhalten keine unmittelbare Verpflichtung der Grundeigentümer Mulden anzulegen und dauerhaft zu unterhalten)</p> | <p>Überblick bestehende Instrumente: Expertise "Rolle der bestehenden planerischen und rechtlichen Instrumente" (BBSR-Online-Publikation 24/2009)</p> <p>Festsetzungsmöglichkeiten Hochwasserschutz: Expertise "Flexibilisierung der Planung für eine Klimaangepasste Stadtentwicklung – Verfahren, Instrumente und Methoden für anpassungsflexible Raum- und Siedlungsstrukturen"</p> | <p>StädteRegion Aachen: Hochwasser Kategorie in Verwundbarkeits-Check</p> <p>Syke: Umgang mit Extremwetterereignissen</p> | <p>Kommunen im Verbandsgebiet der Emschergenossenschaft: Ziel: 15% des Niederschlagswassers dezentral versickern</p> <p>Ostfildern: Scharnhorster Park</p> |
|---|---|--|---|--|

|  |   |   |  |   |
|--|---|---|--|---|
| <p>16. die Wasserflächen sowie die Flächen für die Wasserwirtschaft für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses</p> | <p>Beinhaltet Maßnahmen des aktiven Hochwasserschutzes (Deiche, Dämme) sowie Flächen für Maßnahmen der Hochwasservorsorge (Sicherung eines Überflutungsbereichs)</p> <p>Ermöglicht der Kommune eine eigenständige städtebauliche Regelung, deren Inhalt gleichwohl Gegenstand einer gemäß §§ 7 und 38 BauGB vorrangigen fachgesetzlichen Planung sein kann</p> <p>Bedeutend für Wasserflächen, die keine wesentliche wasserverkehrliche oder wasserwirtschaftliche Bedeutung besitzen, aber für das Lokalklima große Bedeutung haben können, um Überwärmung vorzubeugen</p> | <p>Überblick bestehende Instrumente: Expertise "Rolle der bestehenden planerischen und rechtlichen Instrumente" (BBSR-Online-Publikation 24/2009)</p> | <p>StädteRegion Aachen, Jena, Syke: Hochwasser in Anpassungsstrategie thematisiert</p> <p>Bad Liebenwerda: Öffnung von Stadtgräben; Umsetzung über Landschaftsplan</p> | <p>KlimaMORO: Oberes Elbtal / Osterzgebirge</p> |
|--|---|---|--|---|

|   |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| <p>24. die von der Bebauung freizuhaltenen Schutzflächen und ihre Nutzung [...]</p> | <p>Solche Schutzflächen können auch vor klimabeeinflussten Extremereignissen schützen (Sturzfluten, Rutschungen, Lawinen etc.)</p> <p>Die freizuhaltenen Flächen können als natürlicher Überschwemmungsraum bzw. als unversiegelte Fläche den Wasserrückhalt in der Fläche gewährleisten und den Klimakomfort verbessern</p> | <p>Überblick bestehende Instrumente: Expertise "Rolle der bestehenden planerischen und rechtlichen Instrumenten" (BBSR-Online-Publikation 24/2009)</p> | <p>StädteRegion Aachen: Hochwasser Kategorie in Verwundbarkeits-Check</p> <p>Bad Liebenwerda: Öffnung Stadtgräben</p> <p>Saarbrücken: Resiliente Strukturen für Hochwasserschutz</p> | <p>KlimaMORO: "KlimaNeu" Landkreis Neumarkt</p> |
|---|--|--|--|---|

## Anhang 6 - Fotodokumentation

### Fotodokumentation von Starkregenereignissen



ABBILDUNG 52: EXTREMNIEDERSCHLAG IN DORTMUND VOM 26.06.2008 (FOTO: ERHARDT 2008 IN GRÜNEWALD (2009))



ABBILDUNG 53: ÜBERFLUTUNG GEWERBEBEBIET BAIERSDORF BEI FORCHHEIM (FOTO FREIWILLIGE FEUERWEHR STADT BAIERSDORF (BRUNNER 2008))



ABBILDUNG 54 AUSWIRKUNGEN EINER STURZFLUT IM INNENSTADTBEREICH (FOTO: WUPPERVERBAND (SCHEIBEL 2013))



ABBILDUNG 55: ÜBERLASTETE ABLAUFRINNE INFOLGE EINES STARKREGENEREIGNISSES (FOTO: WUPPERVERBAND (SCHEIBEL 2013))



ABBILDUNG 56: ÜBERFLUTETER VERKEHRSRAUM NACH EINEM STARKREGENEREIGNIS (FOTO: WUPPERVERBAND (SCHEIBEL 2013))

DUNG  
ÜBER-  
TETE  
LAND-



ABBIL-  
57:  
FLU-

STRASSE WÄHREND EINES STARKREGENEREIGNISSES (FOTO: DEUTSCHER WETTERDIENST (BECKER 2014))





ABBILDUNG 58: ÜBERFLUTUNG DER UNTERFÜHRUNG VERDISTRAßE IN MÜNCHEN 2011 ©  
(FOTO: STADTENTWÄSSERUNG MÜNCHEN)



ABBILDUNG 59: ÜBERFLUTUNG DER UNTERFÜHRUNG VERDISTRAßE IN MÜNCHEN 2011  
(FOTO: STADTENTWÄSSERUNG MÜNCHEN)

## Fotodokumentation von Gefahrenstellen

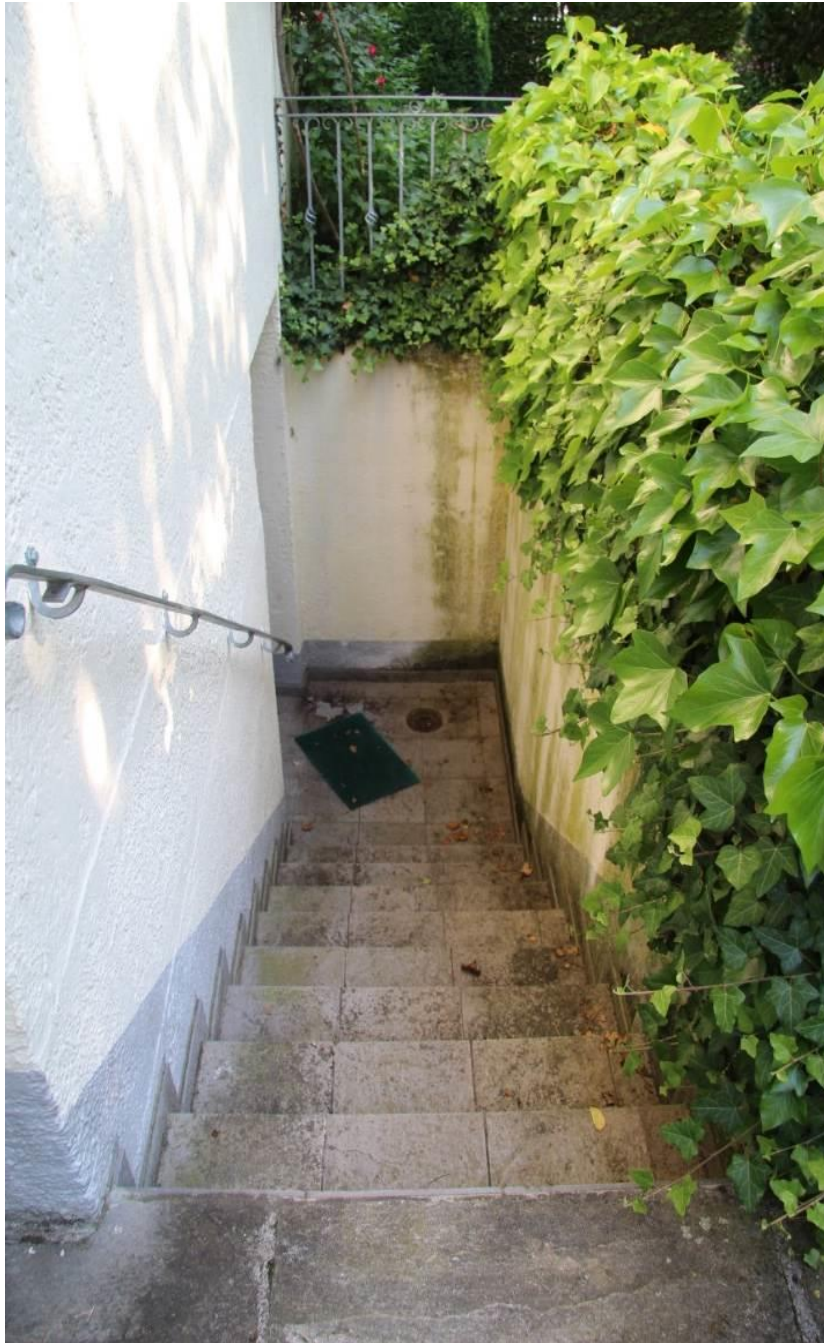


ABBILDUNG 60: GEFAHRENSTELLE KELLERABGANG (FOTO: GÜNTHERT 2015)



ABBILDUNG 61: GEFAHRENSTELLE TIEFGARAGENZUFAHRT (FOTO: GÜNTHERT 2015)

### Fotodokumentation von Maßnahmen



ABBILDUNG 62: TERRASSENZUGANG HÖHERGESETZT FÜR ZUSÄTZLICHEN ÜBERFLUTUNGSSCHUTZ (FOTO: GÜNTHERT 2015)



ABBILDUNG 63: HÖHERGESETZTER HAUSEINGANG  
(FOTO: GÜNTHERT 2015)



ABBILDUNG 64: GEMAUERTER SCHUTZ GEGEN OBERFLÄCHENWASSER VOR KELLERFENSTER (FOTO: GÜNTHERT 2015)



ABBILDUNG 65: ENTSIEGELTE GARAGENZUFAHRT ZUR VERMINDERUNG UND VERZÖGERUNG DES OBERFLÄCHENABFLUSSES (FOTO: GÜNTHERT 2015)



ABBILDUNG 66: RETENTIONS- UND VERSICKERUNGSANLAGE (FOTO: FRÄNKISCHE 2018)



ABBILDUNG 67: DACHBEGRÜNUNG ALS EIN ELEMENT DER ENTWÄSSERUNG (FOTO: GÜNTHERT 2017)

**Bildnachweis**

Aco Tiefbau GmbH: Titelseite oben, S.64; Tandler.com GmbH: Titelseite rechts unten; Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung: S.24; Deutscher Wetterdienst: S.21/22/127; Dr. Pecher AG S.63; DWA AG ES 2.5: S. 68; Erhardt: S. 125; Freiwillige Feuerwehr Stadt Baiersdorf: S. 125; Funke Kunststoffe GmbH: S. 64; Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH: S. 49; Ingolstädter Kommunalbetriebe: S. 29; IPCC: S. 20; Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e.V. (Vorlage: LfU): S. 31; Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e.V. (Vorlage: Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al.): 50/51/52/54/55; Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e.V. (Vorlage: Universität der Bundeswehr München): S. 25/41/43/62/67/69; Metzner, Tim: S. 27; MEA Water Management GmbH: S.42; Prof. Dr.-Ing.Schmitt, Theo: S.35/36/37; Stadtentwässerung München: S. 47/128; Thimet und Günthert: S. 32/34/85; FRÄNKISCHE GmbH & Co: S.133; ZinCO GmbH: S.65; KG: S. Wupperverband: S.126/127; alle anderen Abbildungen: Prof. Dr.-Ing. Günthert, F. Wolfgang