

Mitteilungen

50. IWASA

Internationales Wasserbau-Symposium Aachen 2020

20. Starkregenforum



"Starkregen und Sturzfluten"

9. und 10. Januar 2020

50. IWASA

Internationales Wasserbau Symposium Aachen 2020

20. Starkregenforum

Starkregen und Sturzfluten

9. und 10. Januar 2020

Holger Schüttrumpf (Hrsg.)

Am 09. und 10. Januar 2020 fand in Aachen das 50. Internationale Wasserbau-Symposium Aachen (IWASA) sowie das 20. Starkregenforum zum Thema „**Starkregen und Sturmfluten**“ statt.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten hat sich der Hochwasserschutz zum Hochwasserrisikomanagement entwickelt. Bei dieser Entwicklung standen, flankiert durch die Anforderungen der EU-Hochwasserrichtlinie, insbesondere Hochwasserereignisse an Flüssen im Fokus von Fachleuten und Öffentlichkeit.

Ausgelöst wurde diese Entwicklung in Deutschland durch die Hochwasserereignisse an Rhein (1993 und 1995), Oder (1997) und Elbe (2002 und 2013). Zwar gibt es auch auf dem Gebiet der Flusshochwasserereignisse noch viel zu tun, der Fokus im Kampf gegen Hochwasser rückt aber zunehmend in Richtung von Starkregen- und Sturzflutereignissen.

Starkregenereignisse und dadurch ausgelöste Sturzfluten können theoretisch jeden treffen und sind unabhängig von der Lage zu einem größeren Fließgewässer. Besonders verheerend trafen Starkniederschlagsereignisse in den letzten Jahren die Städte Dortmund (2008), Münster (2014) und Aachen (2018). Doch auch international können Starkregenereignisse wie z.B. der Zyklon Idai in Mosambik, Simbabwe und Malawi großflächig ganze Landstriche durch Starkniederschläge unter Wasser setzen und schädigen.

Die große Problematik von Starkniederschlagsereignissen liegt in der Tatsache begründet, dass grundsätzlich jeder an jedem Ort gefährdet ist und bereits kleine Gewitterzellen können zu schweren lokalen Überschwemmungen mit hohen Schäden führen. Somit können Hochwasserschutzkonzepte aus dem klassischen Hochwasserschutz nicht oder nicht unmittelbar auf den Schutz vor Starkniederschlagsereignissen übertragen werden.

Klimamodelle deuten zudem auf einen stärkeren Trend zu Extremereignissen hin. Dies könnte für die Zukunft eine erhöhte Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlagsereignissen und daraus resultierenden Schäden bedeuten.

Somit wurden wie auch in den Vorjahren auf dem IWASA eine Vielzahl neuer Entwicklungen vorgestellt und diskutiert. Entsprechend wurden die einzelnen Vortragsblöcke wie folgt gewählt:

- „Ereignisse“
- „Daten“
- „Modelle“
- „Vorsorge“
- „Maßnahmen“

Der erste Vortragsblock unter dem Titel „**Ereignisse**“ widmete sich historischen Starkniederschlags- und Sturzflutereignissen.

Hier trugen Referenten vor, die entweder ein derartiges Ereignis als Augenzeugen miterlebt haben oder während bzw. nach einem Ereignis in der Verantwortung für den Katastrophenschutz waren. Ziel ist es, aus den Erfahrungen dieser Ereignisse zu lernen und entsprechende Vorsorgemaßnahmen besser planen zu können.

Im zweiten Vortragsblock unter dem Titel „**Daten**“ wurden Datenverfügbarkeit, Datenqualität und Frühwarnsysteme angesprochen. Eine Herausforderung bei Starkniederschlagsereignissen ist die Verfügbarkeit hochaufgelöster Niederschlagsvorhersagen in Echtzeit als Grundlage für Frühwarnsysteme. Selbst heute verfügbare moderne Niederschlagsradare reichen mit ihrer Auflösung vielfach noch nicht aus, um lokale Vorhersagen mit entsprechender Genauigkeit zu ermöglichen.

Es ist notwendig, durch neue „**Modelle**“ Lösungen für einen nachhaltigen Schutz gegen Starkniederschläge zu erarbeiten. Dazu ist es erforderlich, geeignete Niederschlagsmodelle, Abflussmodelle, Schadensmodelle und Frühwarnsysteme zur Verfügung zu stellen, die den besonderen Herausforderungen des Themas Starkniederschlag gerecht werden.

Das Thema „**Vorsorge**“ gegen Starkniederschläge betrifft somit jeden Einzelnen und alle Vorsorgemaßnahmen kommen hier in Betracht: Informationsvorsorge, Verhaltensvorsorge, Bauvorsorge, Flächenvorsorge und Risikovorsorge. Hierzu wurden auf dem IWASA konkrete Projekte vorgestellt, wie die Vorsorge für die Gesellschaft aber auch für jeden Einzelnen verbessert werden kann.

Abschließend widmete sich der Vortragsblock „**Maßnahmen**“ konkreten Projekten zum Schutz gegen Starkniederschlagsereignisse. An dieser Stelle wurden Projekte auf regionaler Ebene sowie Landes- und Bundesebene vorgestellt. Ebenso konkrete Projekte bei Verbänden und Fachgesellschaften. Ziel ist es auch hier, die Breite der verschiedenen Möglichkeiten und Maßnahmen im Kampf für einen verbesserten Hochwasserschutz aufzuzeigen.

Ziel des 50. IWASAs war es, die Herausforderungen an die Forschung zum Thema „Starkregen und Sturmfluten“ aus verschiedenen Perspektiven aufzuzeigen und gemeinsam zu diskutieren.

Holger Schüttrumpf

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Aussteller und Sponsoren.....	VII
---	-----

Ereignisse

Analyse des Starkregenereignisses vom 29.05.2018 in Aachen zur Validierung eines hybriden und risikobasierten Frühwarnsystems

Julian Hofmann.....	1
---------------------	---

Starkregen und Sturzfluten - Lessons Learned

Vom Dortmunder Starkregenereignis 2008 zum heutigen Starkregenrisikomanagement

Klaus Piroth	8
--------------------	---

Starkregenrisikomanagement

Beispiele aus RAINMAN, HoWa-innovativ CO.

Uwe Müller.....	15
-----------------	----

Daten

Wasserwirtschaftliche Anwendung von Radardaten in der operationellen Hochwasservorhersage

Angela Pfister	24
----------------------	----

Forschungsprojekt mobileVIEW

Echtzeit-Niederschlagsinformationen aus Fahrzeugen am Beispiel des Emscher- und Lippe-Gebietes

Mark Braun, Magnus Hoffmann, Dimitri Falk, Adrian Treis, Etienne Costa-Patry	32
--	----

Ein katastrophentaugliches Hochwasser – Informationssystem

Jörg Höttges, Christian Lassert, Dieter Stein †	38
---	----

Modelle

Herausforderung Starkregen: Empfehlungen für die modelltechnische Berechnung von extremen Niederschlagsereignissen

Alpaslan Yörük.....	44
---------------------	----

Extremwertstatistische Untersuchung von Starknieder-schlägen in NRW 2020 Fortschreibung des ExUS - Projektes

Roland Funke, Vera Schimetzek, Markus Quirnbach, Thomas Einfalt, Elke Freistühler,
Gerd Langstädtler 52

Kritische Infrastrukturen und Bevölkerungsschutz bei Starkregenereignissen

Alexander Fekete..... 58

Vorsorge

„Leitfaden Starkregen“ – Objektschutz und bauliche Vorsorge als Beitrag zur DAS Sind wir ausreichend gewappnet, den Folgen des Klimawandels zu widerstehen?

Bernhard Fischer 66

Ein GIS-basiertes Planungstool zur Unterstützung von Kommunen in ihrer Anpassung an Starkniederschläge

Christiane Pyka..... 76

Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement in Städten rund um den Globus Der Umgang mit Richtlinien im Gegensatz zur praktischen Umsetzung von Maß- nahmen auf Grund lokaler Gegebenheiten

Christian Pohl 86

Maßnahmen

Starkregenkarte und Maßnahmen am Beispiel der Stadt Leichlingen

Uwe Ross, Jörg Bierbaum 93

Schutz vor Starkregen durch Rückhaltung und Versickerung

Hagen Güssow 103

Komplexe Einsatzplanung von mobilen Hochwasserschutzsystemen

Hartmut Wibbeler 109

Starkregen und Sturzfluten: Risikoanalyse und Maßnahmenkonzepte auf Industrieanlagen

Detlef Rieger, Julien Mir..... 114










Verzeichnis der Aussteller und Sponsoren

Wir danken folgenden Firmen und Institutionen für ihre freundliche Unterstützung:

<p>aqua_plan Ingenieurgesellschaft für Problemlösungen in Hydrologie und Umweltschutz mbH Amyastraße 126 52066 Aachen</p>	
<p>BERDING BETON GmbH Industriestraße 6 49439 Steinfeld</p>	
<p>Bermüller & Co. GmbH Rotterdammer Straße 7 90451 Nürnberg</p>	
<p>Björnsen Beratende Ingenieure GmbH Maria Trost 3 56070 Koblenz</p>	
<p>Bundesanstalt für Gewässerkunde Am Mainzer Tor 1 56068 Koblenz</p>	
<p>Bundesanstalt für Wasserbau Kußmaulstraße 17 76187 Karlsruhe</p>	
<p>Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau - (BWK) e.V. Mies-van-der-Rohe-Straße 17 52074 Aachen</p>	
<p>CDM Smith Consult GmbH Am Umweltpark 3-5 44793 Bochum</p>	

<p>DAHLEM Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG Bonsiepen 7 45136 Essen</p>	
<p>DHI WASY GmbH Volmerstraße 8 12489 Berlin</p>	
<p>DMT GmbH & Co. KG Am TÜV 1 45307 Essen</p>	
<p>Deutsche Vereinigung für Wasser- wirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hydrologische Wissenschaften - Fachgemeinschaft in der DWA Theodor-Heuss-Allee 17 53773 Hennef</p>	  <p>Hydrologische Wissenschaften Fachgemeinschaft in der DWA</p>
<p>Ferrostaal Sediments GmbH D-Sediment GmbH Huysenallee 52-54 45128 Essen</p>	  <p>Consulting. Research. Solutions</p>
<p>Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V. Kackertstraße 15-17 52072 Aachen</p>	
<p>Fischer Teamplan Ingenieurbüro GmbH Holzdamm 8 50374 Erftstadt</p>	
<p>G quadrat Geokunststoffgesellschaft mbH Adolf-Dembach-Straße 4a 47829 Krefeld</p>	
<p>G.U.N.T. Gerätebau GmbH Hanskampring 15-17 22885 Barsbüttel</p>	

<p>Hafentechnische Gesellschaft e.V. Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg</p>	
<p>HochwasserKompetenzCentrum (HKC) e.V. Ostmerheimer Straße 555 51109 Köln</p>	
<p>Holcim Coastal B.V. Hoorn 350 2404 HL Alphen aan den Rijn</p>	
<p>HUESKER Synthetic GmbH Fabrikstraße 13-15 48712 Gescher</p>	 <p>Ideen. Ingenieure. Innovationen.</p>
<p>Hülskens Wasserbau GmbH & Co. KG Hafenstraße 3 46483 Wesel</p>	
<p>Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH Bachstraße 62-64 52066 Aachen</p>	
<p>Fichtner Water & Transportation GmbH Sarweystr. 3 70191 Stuttgart Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH Bachstraße 62-64 52066 Aachen</p>	 <p>FICHTNER WATER & TRANSPORTATION</p>
<p>Internationale Geotextil GmbH Vor der Lake 14 57392 Schmallenberg</p>	

<p>KISTERS AG Pascalstraße 8-10 52076 Aachen</p>	
<p>Lehr- und Forschungsgebiet Ingenieurhydrologie, RWTH Aachen University Mies-van-der-Rohe-Str. 17 52074 Aachen</p>	 
<p>Naue GmbH & Co. KG Gewerbestraße 2 32339 Espelkamp</p>	
<p>Ott Hydromet GmbH Ludwigstraße 16 87437 Kempten</p>	
<p>ProAqua Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Umwelttechnik mbH Turpinstraße 19 52066 Aachen</p>	
<p>proRWTH Freunde und Förderer der RWTH Aachen e.V. Kackertstraße 9 52072 Aachen</p>	
<p>Ramboll GmbH Stadtdeich 7 20097 Hamburg</p>	
<p>Secon Systems GmbH Kurfürstendamm 226 10719 Berlin</p>	

<p>Spiekermann GmbH Consulting Engineers Fritz-Vomfelde-Straße 12 40547 Düsseldorf</p>	
<p>Springer Vieweg/Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Abraham-Lincoln-Straße 46 65189 Wiesbaden</p>	
<p>STS Sensoren Transmitter Systeme GmbH Poststraße 7 71063 Sindelfingen</p>	
<p>Sumitomo Deutschland GmbH Georg-Glock-Straße 8 40474 Düsseldorf</p>	
<p>TauchService Naue GmbH Hoher Weg 7 99425 Weimar</p>	
<p>Technik ohne Grenzen e.V. Aachen Jülicher Straße 146 52070 Aachen</p>	
<p>terra4 - Gesellschaft für Geosystemanalyse mbH Saarbrücker Straße 19 10405 Berlin</p>	
<p>toposoft GmbH Soerser Weg 10 52070 Aachen</p>	
<p>Tractebel Hydroprojekt GmbH Rießnerstraße 18 99427 Weimar</p>	

<p>Vereinigung zur Förderung des Lehrstuhls und Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH Aachen e.V. Mies-van-der-Rohe-Straße 17 52056 Aachen</p>	<p>Vereinigung zur Förderung des Lehrstuhls und Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft <small>der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen e.V.</small></p> 
<p>Wasserverband Eifel-Rur Eisenbahnstraße 5 52353 Düren</p>	
<p>Wellink Equipment Den Sliem 85C 7141 JG Groenlo</p>	
<p>Xylem Analytics Germany Sales GmbH & Co. KG Dr.-Karl-Slevogt-Straße 1 82362 Weilheim</p>	

Analyse des Starkregenereignisses vom 29.05.2018 in Aachen zur Validierung eines hybriden und risikobasierten Frühwarnsystems

Julian Hofmann, M.Sc. RWTH

Abstract

Das Risiko durch Starkniederschlagsereignisse und urbane Sturzfluten scheint in den letzten Jahren dramatisch zuzunehmen. So führte im Jahr 2018 eine ganze Serie von Starkniederschlagsereignissen zu Überflutungen in vielen deutschen Kommunen. Die Stadt Aachen wurde dabei gleich zweimal innerhalb eines Monats getroffen. Das Ereignis in Aachen am 29. Mai 2018 verdeutlichte die Heftigkeit und kurze Reaktionszeit von starkregenbedingten Überflutungen. Innerhalb kürzester Zeit waren zentrale Bereiche der Stadt überflutet und ohne Strom, Einkaufsstraßen und Unterführungen nicht mehr passierbar. Operationelle Frühwarnsysteme basieren bislang auf der Prognose von Niederschlagsmengen und berücksichtigen damit nicht die Auswirkungen eines Starkniederschlagsereignisses. Dieser Beitrag stellt einen Ansatz für ein hybrides und risikobasiertes Frühwarnsystem für urbane Sturzfluten dar. Durch die Kombination von szenariobasierten KI-Modellen und hydrodynamischen Echtzeitsimulationen urbaner Teilmobile wird der Echtzeiteinsatz für operationelle Anwendungen möglich.

1 Hintergrund

Vor dem Hintergrund zunehmender Extremwetterlagen stellen Starkniederschlagsereignisse und urbane Sturzfluten ein steigendes Risiko für unsere Gesellschaft dar. Fühlte sich die Bevölkerung abseits von Flüssen bislang hochwassersicher, so wurde dieses Dogma in den vergangenen Jahren durch entsprechende Ereignisse widerlegt. So wurde die Stadt Aachen im Frühsommer 2018 gleich zweimal getroffen. Insbesondere das Ereignis am 29.05.2018 führte dabei zu schweren urbanen Überflutungen und großen Schäden in der Innenstadt Aachens. Innerhalb kürzester Zeit waren viele zentrale Bereiche der Stadt überflutet und nicht mehr passierbar. Das einströmende Wasser führte zu Stromausfällen und bei der Aachener Feuerwehr gingen über 400 Notrufe ein (SCHMETZ & ESSER, 2018; Aachener Nachrichten, 2018).

Am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft (IWW) wurden bereits im Vorfeld szenariobasierte Überflutungssimulationen und Risikoanalysen für ein 36 km² großes Untersuchungsgebiet der Stadt Aachen durchgeführt. Auf Grundlage dieser Informationen waren die Risiko-Hotspots bekannt und konnten während des Ereignisses dokumentiert werden.

Obwohl bereits große Fortschritte bei der Entwicklung von radarbasierten Niederschlagsvorhersagen gemacht worden sind, fehlt es bislang an einem operationellen Frühwarnsystem für urbane Sturzfluten (LAWA, 2017). Bisherige Warnungen werden auf Grundlage der Niederschlagsmenge ausgegeben, wodurch weder die hydrologische Gefahr noch die Vulnerabilität der urbanen Infrastruktur berücksichtigt wird. Mikroskalige Überflutungssimulationen sind auf Grundlage von physikalisch-basierten Modellen zwar aktuell verfügbar und liefern detaillierte Ergebnisse, weisen derzeit aber zu hohe Rechenzeiten für operationelle Vorhersagesysteme auf. Zur Überwindung dieser Rechenzeitproblematik stellt dieser Beitrag ein Konzept für ein hybrides und risikobasiertes Frühwarnsystem dar, welches innovative Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) sowie Echtzeit-Optimierungsverfahren für hydrodynamische Modelle einsetzt.

2 Risikobasiertes und hybrides Frühwarnsystem

Das Konzept des Frühwarnsystems basiert auf einem risikoanalytischen Ansatz zur Warnung vor starkregeninduzierten Überflutungsfolgen. Als fundamentale Grundlage dienen zum einen Überflutungsmodelle und zum anderen GIS-basierte Schadensmodelle. Im operationellen Betrieb wird das System mit den Niederschlagsvorhersagen von Nowcasting-Systemen (z. B. HydroMaster oder DWD) gekoppelt. Durch die Kombination beider Modelle können unmittelbar jene Bereiche in der Stadt identifiziert werden, die bei einem Ereignis besonders betroffen sind und schnelle Maßnahmen zur Schadensminimierung erfordern (Abb. 1).

Die Zeit zwischen Niederschlagsvorhersage und hydrodynamischer Überflutungsvorhersage gehört zu den wichtigsten Faktoren zur Anwendung eines echtzeitfähigen Vorhersagemodells für Überflutungen. Einerseits müssen die Berechnungszeiten so kurz wie möglich sein, andererseits ist eine sehr hohe räumliche und zeitliche Modellierungsgenauigkeit erforderlich, um wirksame Maßnahmen abzuleiten. Aufgrund der hohen Komplexität hochaufgelöster 2D-Oberflächenabflussmodellierungen stellen Echtzeitsimulationen von Überflutungen aktuell eine Rechenzeitproblematik für Computersysteme dar. Zur Überwindung der Rechenzeitproblematik verwendet das hybride System Schlüsseltechnologien der Künstlichen Intelligenz (KI) sowie Verfahren der Echtzeitoptimierung und Parallelisierung hydrodynamischer Modelle von urbanen Teileinzugsgebieten. Das System beruht auf einem dreistufigen Prozessschritt und setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

1. Analyse kritischer Niederschlagsgrenzwerte
2. KI-basierte Abschätzung der Überflutungsfolgen auf Grundlage von Szenarien
3. Hydrodynamische Echtzeitsimulation überflutungskritischer urbaner Teil-Modelle

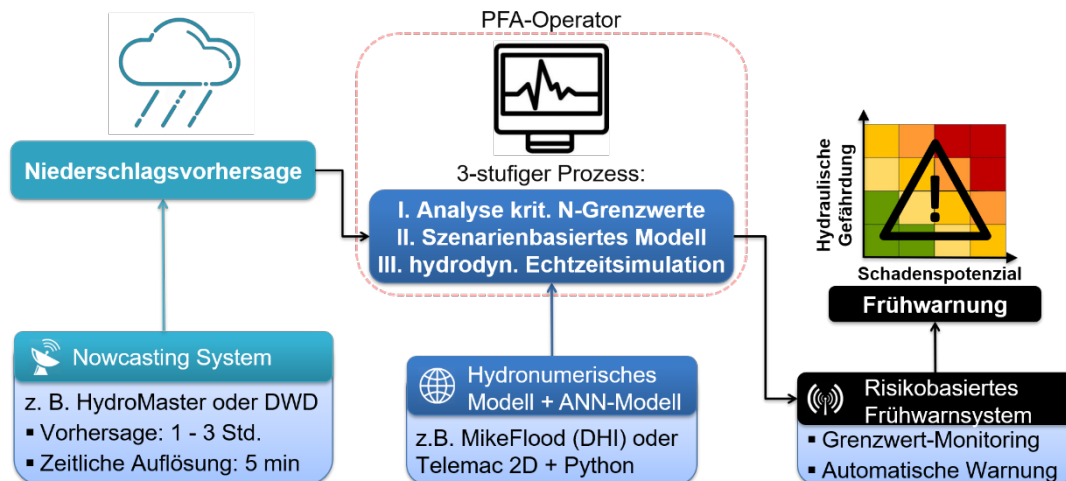


Abb. 1: Aufbau und Module des hybriden Frühwarnsystems

Im ersten Prozessschritt werden Niederschlagsgrenzwerte (N-Grenzwerte) für urbane Teileinzugsgebiete mit den Niederschlagsvorhersagen überprüft. Bei Überschreitung eines kritischen Grenzwertes werden neben einer Warnung weitere Modellierungsprozesse aktiviert. Im zweiten Prozessschritt erfolgt eine Abschätzung der starkregenbedingten Überflutungsfolgen für das gesamte Stadtgebiet auf Basis eines szenarienbasierten KI-Modells. Im dritten Schritt erfolgen (parallele) hydrodynamische Echtzeitsimulationen von Teilmodellen, die zuvor einen kritischen N-Grenzwert überschritten haben. Die Steuerung der einzelnen Module erfolgt auf Basis eines speziell entwickelten Pluvial Flood Alarm Operators (PFA-Operator).

2.1 Szenarien-basiertes Deep-Learning Modell

Das Szenarien-Verfahren basiert auf dem Prinzip der Vorsimulation vieler synthetisch generierter Starkniederschlagsszenarien und dessen risikoanalytischer Auswertung. Die Szenarien variieren dabei in ihrem Niederschlagsmuster, welche sich aus Dauerstufe, Ausdehnung, Zugrichtung sowie Niederschlagsmenge ergeben. Als wesentliche Parameter zur Ableitung des Starkregenrisikos dienen die hydraulischen Parameter Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit sowie auch das Schadenspotenzial der urbanen Infrastruktur.

Die Rasterbildpaare, bestehend aus Niederschlagsmuster und Überflutungswirkung, dienen im nächsten Schritt als Input für ein Deep Learning Modell (DL-Modell). Deep Learning ist ein spezielles Verfahren des Maschinellen Lernens, welches auf dem Prinzip künstlicher Neuronaler Netze beruht und die besonders effiziente Analyse großer Datenmengen ermöglicht (LECUN *et al.*, 2015). Das DL-Modell wird anhand einer Vielzahl von synthetischen Starkregenszenarien sowie zusätzlicher Einzugsgebietsinformationen wie Topografie, urbane Infrastruktur etc. trainiert, indem es die komplexen Zusammenhänge der Überflutungsprozesse erkennt. Im Falle eines vorhergesagten

Starkniederschlagsereignisses kann ein vollständig trainiertes DL-Modell mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit Ergebnisse liefern.

Am Beispiel eines kleinen Testgebiets innerhalb der Stadt Aachen wurden auf Grundlage vollautomatisierter Simulationsprozesse rund 500 Szenarien-Datensätze erstellt. Hierbei dienten die hydro-numerischen Berechnungselemente zur Verknüpfung von Niederschlag und Überflutung. Die Ergebnisse weisen auf eine gute Anwendbarkeit von DL für Echtzeit-Überflutungsvorhersagen hin. Allerdings erfolgt das Training aktuell nur auf Basis statischer Kartenwerke, wodurch die hohe Dynamik starkregeninduzierter Abflussprozesse nicht abgebildet werden kann.

2.2 Hydrodynamische Echtzeitsimulation

Die vollständig dynamische Abbildung der Überflutungsprozesse in beliebig strukturierten urbanen Gebieten erfolgt auf Grundlage von hydrodynamischen Modellen. In diesem Fallbeispiel wurde die Modellierungssoftware MIKE FLOOD von DHI verwendet. Da physikalisch-basierte Simulationen sehr rechenintensiv sind, wurde ein Verfahren zur Geschwindigkeitsoptimierung entwickelt. Ziel der Optimierung ist es, eine optimale Lösung zwischen Rechengeschwindigkeit, Detaillierungsgrad und Verwertbarkeit der Ergebnisse zu finden. Hierzu werden Vereinfachungen von hydrodynamischen Modellparametern identifiziert, die zur Verkürzung der Rechenzeit unter Beibehaltung der Modellgüte herangezogen werden können.

Auf Grundlage von hydrologischen Modellanalysen und Risikoanalysen werden urbane Teileinzugsgebiet-Modelle abgeleitet, welche verteilt bzw. parallelisiert berechnet werden können. Im nächsten Schritt werden hydrodynamische Modellparameter bei laufender Überwachung der Rechenzeit und Detailgrad variiert. In diesem Fallbeispiel wurde z. B. die Rechenzeit für das Teileinzugsgebiet-Modell Kaiserplatz (1,3 km²) von 268 Minuten auf 4,2 Minuten verkürzt. Abweichungen zwischen hochdetailliertem und geschwindigkeitsoptimiertem Modell konnten hinsichtlich der Fließgeschwindigkeit festgestellt werden. Wasserstände und Überflutungsausdehnungen zeigten nur geringfügige Abweichungen.

3 Das Starkregenereignis vom 29.05.2018

Am 29.05.2018 wurde die Stadt Aachen von einer konvektiven Gewitterzelle mit sehr hoher Intensität getroffen. Die radarbasierten Niederschlagsbeobachtungen des HydroMasters zeigten, dass der Starkregen gegen 14:25 Uhr begann und für ca. 50 Minuten andauerte (Abb. 2 A). Mit einer Niederschlagsintensität von bis zu 50 mm/h entsprach das Ereignis gemäß KOSTRA DWD (CDC & DWD Climate Datacenter, 2016) einem 100-jährlichen Starkniederschlag.

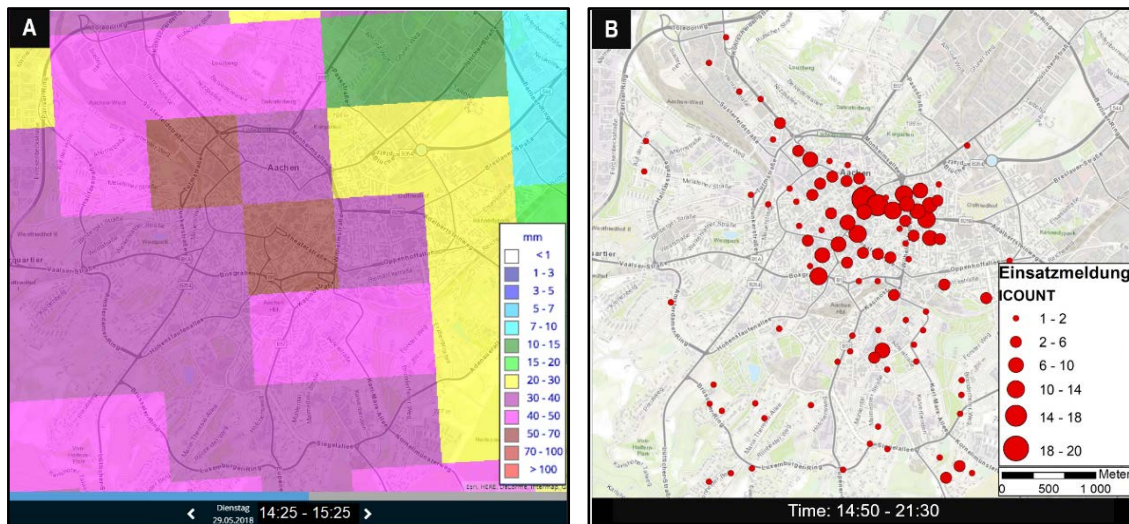


Abb. 2: (A) 1-Niederschlagssumme (KISTERS AG, 2018) und (B) Einsatzmeldungen der Feuerwehr Aachen vom Starkniederschlagsereignis am 29.05.2018

Auf Grundlage der Niederschlagsvorhersage-Systeme konnte die Starkregenzelle am IWW verfolgt und Überflutungen an bekannten Hotspots dokumentiert werden. Als Basis hierfür dienten im Vorfeld durchgeführte szenarienbasierte Überflutungssimulationen und Risikoanalysen. Weiterhin wurden dem IWW im Nachgang des Ereignisses die Einsatzdaten der Feuerwehr Aachen zur Verfügung gestellt. Auf Basis eines Geocoders konnten die schriftlichen Adresdaten zurückverfolgt und geolokalisiert für raumzeitliche Analysen aufbereitet werden. Die räumliche Analyse der Einsatzmeldungen verdeutlicht die starke Betroffenheit des Zentrums im Vergleich der Umgebung (Abb. 2 B).

4 Modellvalidierung

Die Ergebnisse der Validierung zeigten insgesamt hohe Übereinstimmungen zwischen den in situ Beobachtungen und den Überflutungssimulationen. Simulierte Wasserstände konnten im Bereich des Kaiserplatzes sehr gut validiert werden (Abb. 3). Gleichermäßen zeigten die Überflutungstiefen in der Peterstraße, Wirichsbongardstraße und Augustastraße hohe Korrelationen zwischen Simulation und Realität.

Weiterhin konnten auch erstmalig die raumzeitlichen Ereignisdaten der Feuerwehr und daraus abgeleitete Risiko-Hotspots zur Validierung herangezogen werden. Sowohl die Anzahl als auch die Geo-Position der einzelnen Objekte zeigten in der Summe eine sehr hohe Kongruenz in den überflutungskritischen Bereichen der Innenstadt. Insgesamt 9 von 11 Hotspots konnten mit einer sehr hohen Genauigkeit auf Grundlage der Modelle vorhergesagt werden.

Die Ergebnisse zeigten jedoch auch, dass die zwei Hotspots, die im Modell nicht abgebildet wurden, insbesondere auf kanalinduzierte Überflutungen zurückzuführen sind. Darüber hinaus zeigten sich an einzelnen Bereichen wie am Kaiserplatz oder Wirichsbongardstraße, dass die Modelle die Überflutungsgefahr tendenziell überschätzen.

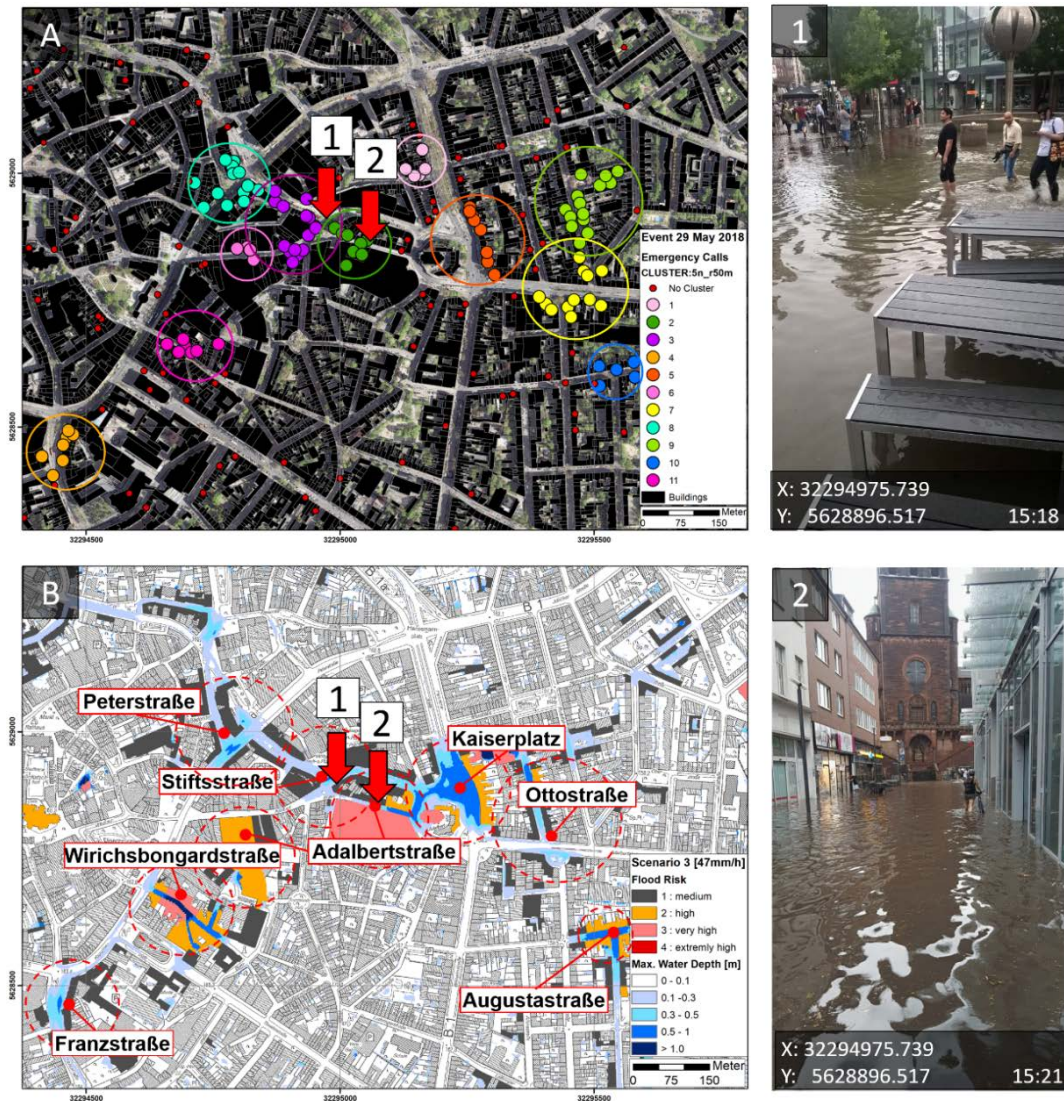


Abb. 3: (A) Analyse der Feuerwehreinsatzdaten und abgeleitete Hotspots; (B) Max. Wasserstände und risiko-klassifizierte Objekte im Aachener Zentrum; (1) Aufnahme am Kugelbrunnen bzw. Adalbertstraße (2)

5 Fazit

Das vorgestellte Modellkonzept für ein hybrides und risikobasiertes Frühwarnsystem zeigt erste vielversprechende Ergebnisse für einen operationellen Einsatz im Echtzeitbetrieb. Die kombinierte Anwendung von Künstlicher Intelligenz und hydrodynamischen Echtzeitsimulationen eröffnet neue Möglichkeiten zur effektiven Vorhersage von komplexen Überflutungsprozessen unter Nutzung von Standard-Computersystemen. Während das szenarienbasierte KI-Verfahren für erste stadtgebietsweite Prognosen und Abschätzungen der Überflutungen dient, so werden hydrodynamische Echtzeitsimulationen effektiv für überflutungskritische Bereiche durchgeführt. Auf Basis einer Geschwindig-

keitsoptimierung können so hydrodynamische Simulationen prioritär dort eingesetzt werden, wo eine hohe zeitliche und räumliche Vorhersage der Überflutungsprozesse notwendig ist.

Die Modellvalidierungen zeigen im Allgemeinen, dass die starkregeninduzierten Überflutungsprozesse modelltechnisch gut abgebildet werden können. Die Gegenüberstellung von simulations- und ereignisbasierten Risiko-Hotspots demonstrieren eine hohe Vorhersagequalität der Überflutungen und deren Auswirkungen in Raum und Zeit. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass eine vereinfachte Abbildung der Kanalisation sowohl zu einer Überschätzung als auch Unterschätzung der Überflutungsgefahr führen kann. Für überflutungskritische Bereiche muss demnach ortsspezifisch entschieden werden, ob eine gekoppelte 1D/2D-Modellierung durchzuführen ist.

6 Literatur

Aachener Nachrichten (2018): Extremes Gewitter wütet über Aachen und Wuppertal.

Aachener Nachrichten. Aachener Nachrichten, 29.05.2018.

CDC; DWD Climate Datacenter (2016): Raster der Wiederkehrintervalle für Starkregen (Bemessungsniederschläge) in Deutschland (KOSTRA-DWD), Version 2010R, Offenbach.

KISTERS AG (2018): <https://www.hydromaster.com/de/>.

LAWA (2017): LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomangement. LAWA; LAWA-Kleingruppe "Starkregen", Darmstadt.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. (2015): Deep learning. Nature (521), S. 436–444 (doi: 10.1038/nature14539).

SCHMETZ, O.; ESSER, R. (2018): Die Innenstadt versinkt in Wassermassen. Schweres Unwetter trifft Aachen mit voller Wucht: ungezählte Keller vollgelaufen, Straßen überflutet. Feuerwehr fährt 400 Einsätze. Aachener Zeitung 73, 30.05.2018(123), S. 15.

Julian Hofmann, M.Sc. RWTH
Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Mies-van-der-Rohe-Str. 17
52056 Aachen

Starkregen und Sturzfluten - Lessons Learned

Vom Dortmunder Starkregenereignis 2008 zum heutigen Starkregenrisikomanagement

Dr. Klaus Piroth

Abstract

Since the 2008 Heavy Rain Fall Event in Dortmund Heavy Rainfall and Flash Flood Management was established within 10 years in Germany. The Lessons Learned have led to various guidelines and recommended actions for states, municipalities and organizations. The development since 2008 is described in this paper. The Lessons Learned can be summarized as follows: a) Bring together all relevant planners in a community, b) Involve higher order agencies, c) Inform and participate community members from the beginning and keep them informed, d) Perform Technical Analysis (what if?), e) Establish an action plan and implement it, f) Continuous check and update of the action plan.

Zusammenfassung

Seit dem Starkregenereignis in Dortmund im Jahr 2008 hat sich das Starkregenrisikomanagement in Deutschland innerhalb von 10 Jahren etabliert. Die Lehren aus Starkregen- und Sturzflutereignissen fanden in vielen Leitfäden und verbindlichen Handlungsanweisungen von Verbänden, Städten und Bundesländern Niederschlag. Die Entwicklung mit wichtigen Meilensteinen ist in diesem Artikel beschrieben. Die Lehren lassen sich in folgenden Thesen zusammenfassen: a) Alle innerhalb der Kommunen/Verbände (Stadtplanung, Wasserwirtschaft, Verkehr, Feuerwehr, ...) müssen an einen Tisch b) Übergeordnete Behörden von Beginn an einbinden (u.a. für Förderung wichtig) c) Öffentlichkeit frühzeitig einbinden und informiert halten (was haben wir vor, wo stehen wir) d) Technische Analysen (Grundlagendaten, Starkregengefahren- und Risikokarten verfügbar, Vorwarnmöglichkeiten) durchführen e) Daraus einen Handlungsplan erstellen und umsetzen f) Regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung des Handlungsplans (regelmäßig üben, ständige Öffentlichkeitsarbeit).

1 Einführung

Das Thema Starkregen ist in den letzten Jahren immer stärker in den Blickpunkt gerückt. Ausgelöst durch zum Teil spektakuläre Starkregenereignisse, die es aufgrund ihrer Auswirkungen bis in die Hauptnachrichten der Fernsehsender gebracht haben, wurde das

Thema einer breiteren Öffentlichkeit und damit auch den politisch Verantwortlichen nähergebracht. Entsprechend fanden die bereits vorhandenen wasserwirtschaftlichen Ansätze deutlich mehr Gehör und das Thema gelangte so auch verstärkt in den Mittelpunkt der wasserwirtschaftlichen Betrachtungen. Allen die sich mit dem Starkregenphänomen beschäftigen ist klar, dass es sich hierbei nicht um ein Problem handelt, welches von der Wasserwirtschaft (allein) gelöst werden kann, sondern fach- und disziplinübergreifend auf allen Planungsebenen (Bauherren, Planer, Ausführende,...) angegangen werden muss. In diesem Beitrag wird in einem kurzen Abriss die Entwicklung des Starkregenrisikomanagements, ausgehend von dem einschneidenden Ereignis am 26. Juli 2008 in Dortmund (Grünwald 2009) anhand von Meilensteinen aufgezeigt.

2 Dortmund 2008: Ein einschneidendes Ereignis

Zwischen 15:00 Uhr und 17:30 Uhr am 26. Juli 2008 ergossen sich ca. 200 mm Regen über die Dortmunder Stadtteile Marten und Dorstfeld. Die geschätzten Schäden betragen ca. 17 Millionen Euro. Menschen kamen zum Glück nicht zu Schaden. Die Stadt Dortmund und die Emschergenossenschaft beauftragten im Nachgang eine Analyse des Ereignisses. Die Ergebnisse wurden in internen und öffentlichen Veranstaltungen vorgestellt. Wesentliche Inhalte und Hinweise auf weitere Quellen sind aus Grünwald (2009) zu entnehmen. Ausgehend von der Niederschlagsintensität und der Wiederkehrzeit von deutlich jenseits der 100-Jährlichkeit war klar, dass dieses Ereignis aus meteorologischer und hydrologischer Sicht als Extremereignis einzustufen war. Entsprechend dem BGH-Urteil vom 22.04.2004 (III ZR 108/03) handelte es sich um Höhere Gewalt. Somit konnte die Betrachtung auch nicht in Bezug auf das Regelwerk für die Stadtentwässerung vorgenommen werden. Der Ansatz der Analyse zielte auf die Übertragung der Methodik des Hochwasserrisikomanagements, wie es für Überschwemmungen aus Flusshochwasser verstärkt nach 2002 in Deutschland entwickelt wurde, ab. Dazu wurde der Kreislauf des Hochwasserrisikomanagements auf Starkregen und Sturzfluten übertragen und insbesondere der Aspekt der Vorsorgemaßnahmen genauer betrachtet. Aus heutiger Sicht ist festzuhalten, dass dieser Ansatz der Übertragung und die im Zuge des Gutachtens (weiterentwickelte) Methodik grundlegend für das heutige Starkregenrisikomanagement sind. So war gleich zu Beginn der Analyse klar, dass die Aufgabe nicht sektoral (z.B. nur durch die Wasserwirtschaft) bewältigt werden kann. Die damals ausgesprochenen Empfehlungen wurden unterteilt in Empfehlungen an die Stadt Dortmund und die Emschergenossenschaft (als Betreiber der Entwässerungsanlagen) und an die Anwohner (als Verantwortliche für Maßnahmen auf den Grundstücken und an den Gebäuden). Nur ein Zusammenspiel beider Akteure versetzt eine Kommune überhaupt in die Lage mit einem solchen Extremereignis umzugehen und Schäden zu verhindern bzw. so gut es geht zu mindern. Beispielhaft sind wesentliche Empfehlungen an die Stadt Dortmund in Tabelle 1 und Beispiele für Empfehlungen an die Anwohner in Tabelle 2

aufgeführt. Die Stadt Dortmund hat inzwischen viele der Empfehlungen aufgegriffen und in eine Handlungsstrategie überführt (Stadt Dortmund, 2014).

Tab. 1: Empfehlungen an die Stadt Dortmund

Schlagwort	Empfehlung
Kommunale Gemeinschaftsaufgabe	Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement als Gemeinschaftsaufgabe der beteiligten kommunalen Akteure (Entwässerungsbetrieb, Tiefbauamt, Straßenlastträger, Umweltamt, Stadtplanungsamt und Bezirksregierung) und der Grundstückseigentümer verstehen.
Handlungsplan Starkregenvorsorge	Erstellung eines „Handlungsplans Hochwasser/Starkregenvorsorge in Zusammenarbeit Dortmund“, des Katastrophenschutzes und der Emschergenossenschaft
Kommunaler Hochwasserbeauftragter	Ernennung eines kommunalen Hochwasserbeauftragten für die Stadt Dortmund
Bauleitplanung	Starkregen Aspekte bereits in der Bauleitplanung berücksichtigen (z.B. Ausweisung von Notabflusswegen)
Kommunikation	Kommunikation auf allen Ebenen, nach Innen und Außen in der (Fach-) Öffentlichkeit. Kontinuität im Handeln ist wichtig.
Stabsübung	Stabsübung "Szenario Sturzflut" durchführen
Vorwarnung	Vorwarnung verbessern (zentrale Stelle für die Emscher).
Natürlicher Wasserrückhalt	Klimawandel und zunehmende Siedlungs- und Verkehrsflächen führen eher zu einer Zunahme solcher Extremereignisse. Deshalb: dem Rückgang der natürlichen Wasserrückhaltung im Einzugsgebiet der Emscher entgegenwirken und die „Zukunftsvereinbarung Regenwasser“ weiterentwickeln.
Solidargemeinschaft Emscher	Gründung einer interkommunalen, akteursübergreifenden Solidargemeinschaft entlang der Poldergebiete der Emscher (richtet sich auch an die Emschergenossenschaft).

Tab. 2: Empfehlungen an die Anwohner

Schlagwort	Empfehlung
Bauvorsorge	Eindringen von Oberflächenwasser verhindern; Aufkantung an Lichtschächten, Kellerabgängen; Gefälle immer vom Gebäude weg richten
Bauvorsorge	Rückstausicherungen einbauen und regelmäßig warten
Verhaltensvorsorge	Hochwasserbewusstsein erhöhen
Verhaltensvorsorge	Vertraut machen mit Notfallplänen für Starkregen und Hochwasser; Notrufnummern, Ansprechstellen
Risikoversorge	Möglichkeit, einer Elementarschadenversicherung prüfen

3 Entwicklung des Starkregenrisikomanagements

Die intensive Diskussion des Dortmunder Ereignisses und die generelle Diskussion der Auswirkungen des Klimawandels lenkten die Aufmerksamkeit vieler Betroffener und der Verantwortlichen in Planung, Wissenschaft und Regelwerksarbeit in der Folgezeit auf das Thema Starkregen und hierbei insbesondere auf die „weitergehende Überflutungsvorsorge“ mit Blick auf seltene und außergewöhnliche Starkregen. Diese Überlegungen wurden zum Starkregenrisikomanagement weiterentwickelt und sind inzwischen fest in Planungen und im Regelwerk verankert. Die nachfolgende Zusammenstellung gibt einen knappen Überblick zu den wichtigsten Meilensteinen der Entwicklung.

Vor 2008: Ausgelöst durch das Hochwasser 2002 richtet sich das Augenmerk auf das Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse. Von 2005 bis 2009 werden im Förderschwerpunkt „**RIMAX**“ 38 Verbundprojekte mit ca. 24 Mio. EUR vom BMBF gefördert (Merz et. al. 2011). Ein einziges Projekt (URBAS) befasst sich mit dem Thema Starkregen und Sturzfluten und liefert eine sehr gute Zusammenstellung bisheriger Ereignisse, Analysen und Empfehlungen zum Umgang in urbanen Gebieten. Im ebenfalls vom BMBF geförderten Projekt **Klimanet** wird von 2006 bis 2010 unter Federführung des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft (ISW) der RWTH Aachen das Thema Starkregen in urbanen Gebieten als Teil der wassersensiblen Stadtentwicklung vor dem Hintergrund des Klimawandels und den notwendigen Anpassungsmaßnahmen in dicht bebauten Gebieten behandelt. Vor allem werden Infrastruktursystemen vor dem Hintergrund der Veränderungen durch den Klimawandel betrachtet. Die begleitende Öffentlichkeitsarbeit und das Zusammenwirken der verschiedensten Planungs- und Fachdisziplinen im städtischen Raum werden als wichtige Erfolgsfaktoren herausgearbeitet.

2008: Kurz vor dem Starkregenereignis in Dortmund ereignet sich im Zollernalbkreis (Baden-Württemberg) im **Killertal** (Gewässer Starzel) am 2. Juni eine Sturzflut infolge eines Starkregenereignisses (DWD: 65 mm in 24h) mit 3 Toten. Dieses Ereignis bildet den Startpunkt für die Entwicklung des Starkregenrisikomanagements in Baden-Württemberg.

2009 startet in Hamburg das Projekt **RISA**. Es behandelt die zunehmenden Zielkonflikte zwischen Stadtentwicklung und Wasserwirtschaft und ist Wegbereiter einer wassersensiblen Stadtentwicklung in Hamburg. Die Ergebnisse sind im „RISA Strukturplan Regenwasser 2030“ zusammengefasst. Mit dynamischer Anpassung regionaler Planungs- und Entwicklungsprozesse an die Auswirkungen des Klimawandels befasst sich **DYNAKLIM**. Die Ergebnisse sind in einer Roadmap 2020 zur regionalen Klimaanpassung auf verschiedenen Themenfeldern (Schultze et al. 2014) veröffentlicht. Leitfrage: Wie kann eine integrierte Stadtentwicklung zukünftig effizient und flexibel mit Starkregenereignissen und mit längeren Trockenperioden umgehen? Welche Maßnahmen eignen sich, wie können Planungsabteilungen untereinander kooperieren sowie Verbände und Bürgerinnen und Bürger einbeziehen?

2010 wird das **DWA-Merkblatt M551 „Hochwasseraudit“** veröffentlicht. Das Audit ist

ein Angebot an Kommunen um zu überprüfen, wie gut man auf Hochwasser und (hier in einem gesonderten Teil behandelt) Starkregen vorbereitet ist. Damit wird der Starkregen gleichberechtigt mit dem Hochwasser in die Überlegungen zum „Hochwasserrisikomanagement“ einbezogen.

2012 erscheint der **Leitfaden „Starkregen - Was können Kommunen tun“** der Bundesländer **Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg**. Hier wird deutlich hervorgehoben, dass es sich um eine „Kommunale Gemeinschaftsaufgabe“ handelt.

2013: Das DWA-Themenheft (**DWA-T2/2013**) und die **BWK Fachinformation (1/2013) „Starkregen und urbane Sturzfluten: Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“** wird als Ergebnis der verbandsübergreifenden DWA/BWK Arbeitsgruppe veröffentlicht. Hier sind erstmals die Grundzüge der Vorgehensweise beim Umgang mit Starkregen in Kommunen systematisch zusammengestellt. Der Leitfaden gibt kommunalen Fachplanern und Entscheidungsträgern eine praxisorientierte Hilfestellung für eine zukunftsgerichtete Überflutungsvorsorge mit den Schritten: a) Risiko erkennen (Möglichkeiten zur Ermittlung und Bewertung des Überflutungsrisikos), b) Vorsorge treffen (Maßnahmen auf kommunaler Ebene, Objektschutz) und c) die Risikokommunikation.

2014: Die Starkregenereignisse in **Meissen/Sachsen** (27. Mai, 40 bis 60 mm in 1h) und **Münster** (28. Juli, 290 mm in 6h) verdeutlichen erneut die Gefahren und Risiken, die von Starkregenereignissen ausgehen und sie lieferten auch für die breite Öffentlichkeit die Gewissheit, dass Starkregen überall auftreten kann und nicht an topographische Gegebenheiten gebunden ist.

2015 veröffentlicht der **Deutsche Städtetag die Arbeitshilfe „Starkregen und Sturzfluten in Städten“** und liefert damit ein sehr gute Zusammenfassung vorhandener Leitfäden, eine Vorstellung von 14 Projekten, Studien und Konzepten zum Umgang mit Starkregen, Beispiele für gelungene Anpassungsmaßnahmen, technische und rechtliche Rahmenbedingungen zum Umgang mit dem Thema in der täglichen Praxis und Hinweise zur Öffentlichkeitsarbeit.

2016 kann als das „Starkregenjahr“ bezeichnet werden, sowohl in Bezug auf einschneidende Ereignisse als auch auf relevante Entwicklungen im Starkregenrisikomanagement. Die Ereignisse in **Braunsbach und Simbach** im Mai stehen stellvertretend für viele Starkregenereignisse im Frühsommer. Der GDV (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft) berichtet über ca. 80.000 versicherte Starkregenschäden in diesem Zeitraum, mit ca. 900 Mio. Euro Schäden und einer Betroffenheit von 75% aller Landkreise und Städte in Deutschland (Burghoff 11/2018). **Baden-Württemberg** startet das „kommunale Starkregenrisikomanagement“ mit den Schritten a) Berechnung von Starkregengefahrenkarten b) Risikoanalyse c) Handlungskonzept. Es erfolgt eine Förderung durch das Land bis zu 75% der Kosten. Das aktualisierte **DWA Merkblatt M119** zum „Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen“ wird veröffentlicht. Hier wird erstmal mit verbindlichem Merkblattcharakter der Umgang mit seltenen und außergewöhnlichen

Starkregen bei der Entwässerungsplanung im Sinne des Risikomanagements verankert. Und die 86. **Umweltministerkonferenz** gibt der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) die **Starkregenstrategie** (Strategie zu einem effektiven Starkregenmanagement), angelehnt an die Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie, in Auftrag. **2017** meldet **Berlin am 29. Juni** 1.400 Feuerwehreinsätze wegen Starkregen. An der Messstation Tegel werden 143,5 mm Niederschlag in 24 h gemessen. Die Ergebnisse des Projektes **Muriel - multifunktionale urbane Retentionsräume** werden veröffentlicht, mit praktischen Beispielen von Maßnahmen zum Starkregentrückhalt im Stadtgebiet als Teil einer wassersensiblen Stadtentwicklung. Das **DWA-Arbeitsblatt A 531** „Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer“ erscheint und liefert aktualisierte Grundlagen zur Ermittlung von Starkregenswahrscheinlichkeiten.

2018: Im März wird die **LAWA-Starkregenstrategie** veröffentlicht, die am 8. Juni durch die Umweltministerkonferenz bestätigt wird. Spätestens jetzt ist das Starkregenrisikomanagement bundesweit etabliert. 10 Jahre nach dem Dortmunder Starkregenereignis. Die Strategie sieht a) eine Verbesserung der Vorhersage- und Frühwarnsysteme b) eine Verbesserung der Risikobewertung und Risikokommunikation c) Aufklärung der Bevölkerung d) Vorsorgende Raum- und Flächenplanung und e) Vorsorgende Stadtplanung vor. Dazu sollen a) Bund und Länder Rahmenbedingungen (rechtlich, strategisch, methodisch, finanziell) setzen b) Vorsorgemaßnahmen gefördert werden c) die Flächeninanspruchnahme auf < 30 ha/Tag (aktuell ca. 60 ha/Tag) reduziert werden d) städtebauliche Vorsorgemaßnahmen und e) Maßnahmen der Raumplanung (Freihaltung Notabflusswege; multifunktionale Flächennutzungen), der Wasserwirtschaft (Datengrundlagen bereitstellen, Bemessungsgrundlagen für Starkregen schaffen) und in der Land- und Forstwirtschaft (erosionsmindernde Flächenbewirtschaftung) umgesetzt werden. Betont wird, dass es sich um eine Querschnittsaufgabe unterschiedlicher Tätigkeitsfelder und Akteure handelt. Starkregen wird als generelles aber **nicht** als signifikantes Risiko im Sinne des §73 des WHG eingeordnet. Im Februar 2018 wird der **Starkregenindex für die Risikokommunikation** (Schmitt et al. 2018) in einer zwischen mehreren Autoren abgestimmten Version veröffentlicht. Hierbei geht es um ortsbezogene Bewertungen von Starkregenereignissen auf einer Skala von 1 bis 12 mit den Zuordnungen 1 - 2 (Starkregen), 3 - 5 (intensiver Starkregen), 6 - 7 (außergewöhnlicher Starkregen) und 9 - 12 (extremer Starkregen). Die bisherigen Erfahrungen sind überwiegend positiv. Im November erscheint die „**Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement**“ für **Nordrhein-Westfalen**, die sich sehr stark an der Vorgehensweise in Baden-Württemberg orientiert. Im Dezember wird die **Bürgerbroschüre „Leitfaden Starkregen“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)** mit vielen praktischen Beispielen zu Objektschutz und Vorsorge in sehr gelungenen plakativen Darstellungen veröffentlicht.

2019 widmet sich der Verband der kommunalen Unternehmen (**VKU**) dem Thema **Starkregen im Kontext der Anpassung an den Klimawandel**. Er identifiziert die 4

Handlungsfelder a) Infrastrukturen integral denken, zukunftsfähig ausgestalten und bezahlbar halten; b) Sicherheit der Trinkwasserversorgung gewährleisten; c) Klimarobustheit überprüfen und d) Mehr Grün und Blau ins Grau: Wie Wasser in der Stadt gehalten werden kann; als die Herausforderungen für Kommunen und kommunale Unternehmen der Wasserwirtschaft.

4 Literatur

Grünewald, U. (2009): „Erkenntnisse und Konsequenzen aus dem Sturzflutereignis in Dortmund im Juli 2008.“ Korrespondenz Wasserwirtschaft, 8/2009.

Merz, B.; Bittner, R.; Grünewald, U.; Piroth, K. (Hrsg), (2011): „Management von Hochwasserrisiken – mit Beiträgen aus den RIMAX-Forschungsprojekten“, Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart.

DWA/BWK (2013): „Starkregen und urbane Sturzfluten: Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“; DWA-Themenheft T2/2013 und BWK-Fachinformation 1/2013.

Stadt Dortmund (2014): „Handlungsstrategie für den Umgang mit Starkregenereignissen“; Stadtentwässerung Stadt Dortmund, Oktober 2014.

Schultze, J.; Kohlgrüber, M.; Hasse, J. (2014): Roadmap 2020. Regionale Klimaanpassung in ausgewählten Themenfeldern. Dortmund: TU Dortmund Eigenpublikation. ISBN 978 - 3 - 921823 - 64 - 4.

Benden, J.; Broesi, R.; Illgen, M.; Leinweber, U.; Lennartz, G.; Scheid, C.; Schmitt, T. G. (2017): Multifunktionale Retentionsflächen. Teil 3: Arbeitshilfe für Planung, Umsetzung und Betrieb. MURIEL Publikation.

Burghoff, O. (2018): „Starkregen, Schadenspotentiale und darauf basierende Versicherungssystematik“, Wasserwirtschaft, 11/2018.

Schmitt, T.; Krüger, M.; Pfister, A.; Becker, M.; Mudersbach, C.; Fuchs, L.; Hoppe, H.; Lakes, I. (2018): „Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex“; Korrespondenz Wasserwirtschaft 2/2018.

Anschrift des Verfassers

Dr.-Ing. Klaus Piroth
CDM Smith Consult GmbH
Darmstädter Straße 63
64404 Bickenbach

Starkregenrisikomanagement

Beispiele aus RAINMAN, HoWa-innovativ CO.

Uwe Müller

Abstract

Heavy rain risk management, like flood risk management, is increasing in importance. The heavy rain events, which also occur more frequently in Germany due to climate change, require a well-founded handling of the heavy rain risk in order to avoid unnecessary damage. In the following article, projects and first results of the Saxon State Office for Environment, Agriculture and Geology are presented.

Zusammenfassung

Starkregenrisikomanagement nimmt genau wie das Hochwasserrisikomanagement an Bedeutung zu. Die auch in Deutschland durch die Klimaveränderung häufiger auftretenden Starkregenereignisse erfordern einen fachlich fundierten Umgang mit dem Starkregenrisiko um unnötige Schäden zu vermeiden. Im folgenden Beitrag werden Projekte und erste Ergebnisse des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie vorgestellt.

1 Allgemeines

Mit der Einführung der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (EU 2007) hat man in Europa als Antwort auf die extremen Hochwasserereignisse der letzten beiden Dekaden ein Risikomanagement etabliert. Einen wichtigen Bestandteil in diesem Prozess stellt auch die Hochwasservorbeugung dar. Bezüglich der auch immer häufiger auftretenden Starkregenereignisse fehlt es noch an methodischen Werkzeugen für ein angemessenes Starkregenrisikomanagement. Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) leitet oder beteiligt sich deshalb an etlichen europäischen oder nationalen Projekten, um Daten und Methoden zum Starkregenrisikomanagement bereitstellen zu können.

Die Relevanz, sich mit Starkregenereignissen auseinanderzusetzen, zeigt die Abb. 1. Die Abbildung verdeutlicht links anhand der Stationsdaten von 1951 bis 2010 und rechts anhand der Radardaten von 2001 bis 2017, dass es insbesondere im Süden Deutschlands und auch in Sachsen zu Starkregen kommt.

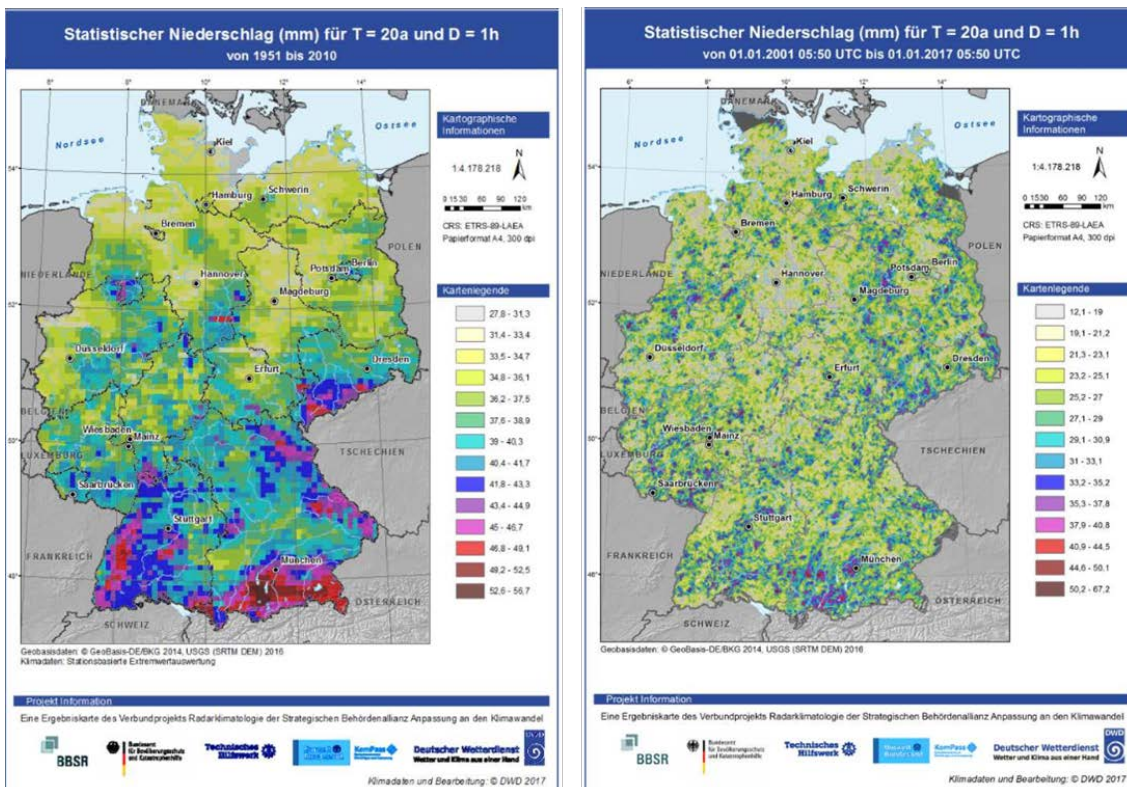


Abb. 1: Statistischer Niederschlag Deutschland, Stationsdaten und Radardaten (DWD 2017)

Was dies für den Freistaat Sachsen bedeutet zeigen die Abbildungen 2 und 3. In der Abbildung 2 sind die Starkregenereignisse von 2013 mit Schäden dargestellt.

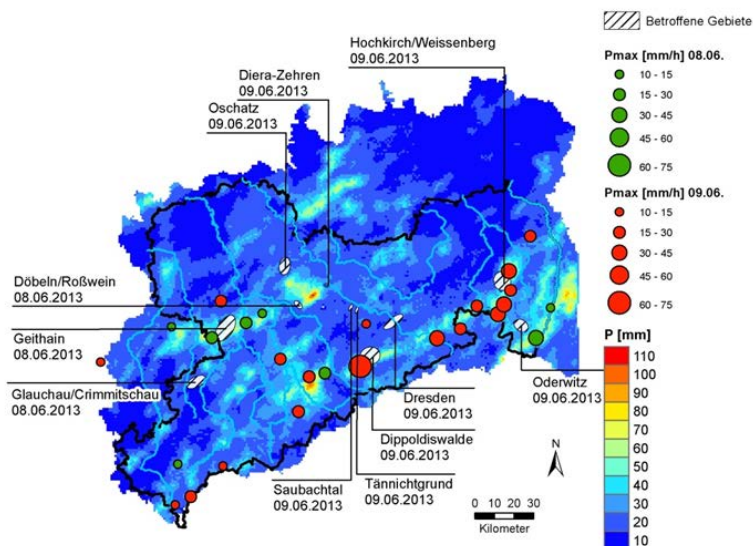


Abb. 2: Starkregenereignisse mit Schäden in Sachsen 2013 (LfULG)

Die Abbildung 3 zeigt, dass auf ca. der Hälfte der Landesfläche die Fließgewässer im Starkregenfall eine Reaktionszeit von weniger als 3 Stunden aufweisen, was ein operatives Handeln erschwert. Deshalb ist es wichtig schon im Vorfeld von Ereignissen entsprechende Vorkehrungen getroffen zu haben. Hier sind insbesondere die Kommunen und die Eigenvorsorge der Betroffenen gefragt.

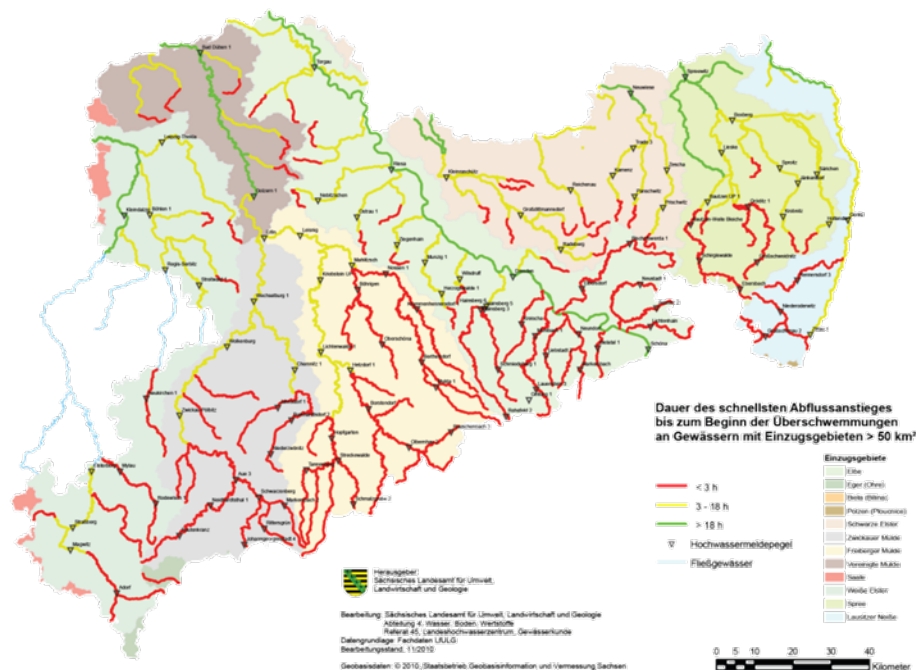


Abb. 3: Hydrologische Reaktionszeiten von Gewässern in Sachsen (LfULG)

2 Projekt RAINMAN

Das Projekt RAINMAN (Laufzeit 2017 bis 2020) hatte das Ziel, über ein integriertes Starkregen-Risikomanagement Schäden in städtischen und ländlichen Regionen zu reduzieren, die mit Starkregen in Zusammenhang entstehen. Zehn Partner aus sechs Ländern erarbeiteten gemeinsam eine Toolbox mit übertragbaren Werkzeugen:

- Bewertungs- und Kartierungswerkzeug für Starkregenrisiken,
- Umsetzungshilfe für risikomindernde Maßnahmen, Warnung und Krisenmanagement,
- Empfehlungen für Hochwasserrisikomanagementpläne,
- Werkzeuge zur Sensibilisierung und Akteurs-Beteiligung,
- Gute Maßnahmenbeispiele aus der Praxis (als Katalog).

Die Toolbox ist unter <https://rainman-toolbox.eu/de/> abrufbar.

Im ersten Schritt entwickelten die Partner Methoden zur Bewertung von Starkregenrisiken unter verschiedenen vordefinierten Szenarien und Landnutzungen in Zentraleuropa. Die Methoden wurden z.B. für städtische und ländliche Landnutzung sowie für Gebirgs- und Flachlandregionen spezifiziert. Das Werkzeug unterstützt die Identifikation und effektive Kommunikation von gefährdeten Flächen. Die Ergebnisse bilden das Fundament für Kommunen und Regionen, ihre regionale und lokale Entwicklung an bestehende Risiken anzupassen.

Im zweiten Schritt wurden ein Werkzeug und eine Strategie zur Reduzierung von Starkregenrisiken vorgeschlagen. Das Werkzeug besteht aus einem Katalog mit Maßnahmen zur Reduzierung des Starkregenrisikos in verschiedenen Situationen und gibt Hilfestellung bei der Auswahl geeigneter Optionen und Maßnahmen, wie auch bei der Anwendung und Umsetzung von Maßnahmen. Die gemeinsam erarbeitete Strategie zum Umgang mit Starkregenrisiken in städtischen und ländlichen Gebieten soll helfen, lokale, regionale, aber auch europaweite Hochwasserpolitik zu verbessern.



Abb. 4: Toolbox des Projektes RAINMAN (LfULG)

Daneben wurden in allen teilnehmenden Partnerregionen Pilotaktionen durchgeführt, um die gemeinsam entwickelten Methoden und Werkzeuge auf ihre Machbarkeit zu überprüfen. Um ein breites Spektrum an Grundvoraussetzungen abzudecken, gibt es sieben Pilotaktionen mit verschiedenen Charakteristika. Unter anderem sind die sächsischen

Kommunen Meißen (eher städtischer Charakter) und Oderwitz (eher ländlicher Charakter) in das Projekt eingebunden. Die Erfahrungen aus den Pilotaktionen flossen in die Weiterentwicklung der Maßnahmen ein und machten sie so übertragbar auf andere Situationen. Außerdem stellen sie gute Umsetzungsbeispiele dar.

Das Projekt wurde durch das Interreg CENTRAL EUROPE Programm finanziert. Dieses Programm wird durch den Europäischen Fond für regionale Entwicklung getragen. Es unterstützt Institutionen bei der gemeinsamen Arbeit über Ländergrenzen hinweg, um Städte und Regionen in Österreich, Kroatien, Tschechien, Deutschland, Ungarn, Italien, Polen, Slowakei und Slowenien zu stärken. Das LfULG war Leadpartner für das Projekt. Es verantwortete das Projektmanagement und ist für die Erstellung der »Toolbox« (<https://rainman-toolbox.eu/de/>) geeigneter Werkzeuge zum Umgang mit Starkregenrisiken verantwortlich, in welcher die Projektergebnisse zusammenfließen (siehe Abb. 4).

3 Projekt HoWa-innovativ

Das Projekt HoWa-innovativ (Laufzeit 2018 – 2021) mit dem Langtitel Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete mit innovativen Methoden der Niederschlagsmessung und –vorhersage hat zum Ziel eine räumlich präzisere Vorhersage von Hochwasser unter Nutzung innovativer Niederschlagsmess- und Vorhersageverfahren zu erzielen.

Durch die neuartige Kombination von Radardaten des DWD mit Niederschlagsinformation von kommerziellen Richtfunkstrecken (engl. Commercial Microwave Links, CMLs), wird die Genauigkeit der Niederschlagsmessung quasi über „Linienradare“ erhöht.

Zudem wird ein Demonstrator eines niederschlagsbasierten Hochwasserfrühwarnsystems erarbeitet, der auch die Berücksichtigung von Unsicherheiten mit einer geeigneten Kommunikationsstrategie beinhaltet. Damit werden zuverlässigere Warnungen für die Katastrophenabwehr speziell in kleinen Einzugsgebieten ermöglicht und das bestehende Frühwarnsystem in Sachsen (siehe Abbildung 5) ausgebaut (<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/hwims/portal/web/fruehwarnung>).

In der Zusammenarbeit des Landeshochwasserzentrums (LHWZ) Sachsen mit Experten der Technischen Universität Dresden (TUD) und der Universität Augsburg (AUG) werden anwendernahe und technisch innovative Lösungen zur Erreichung dieses Zieles erarbeitet.

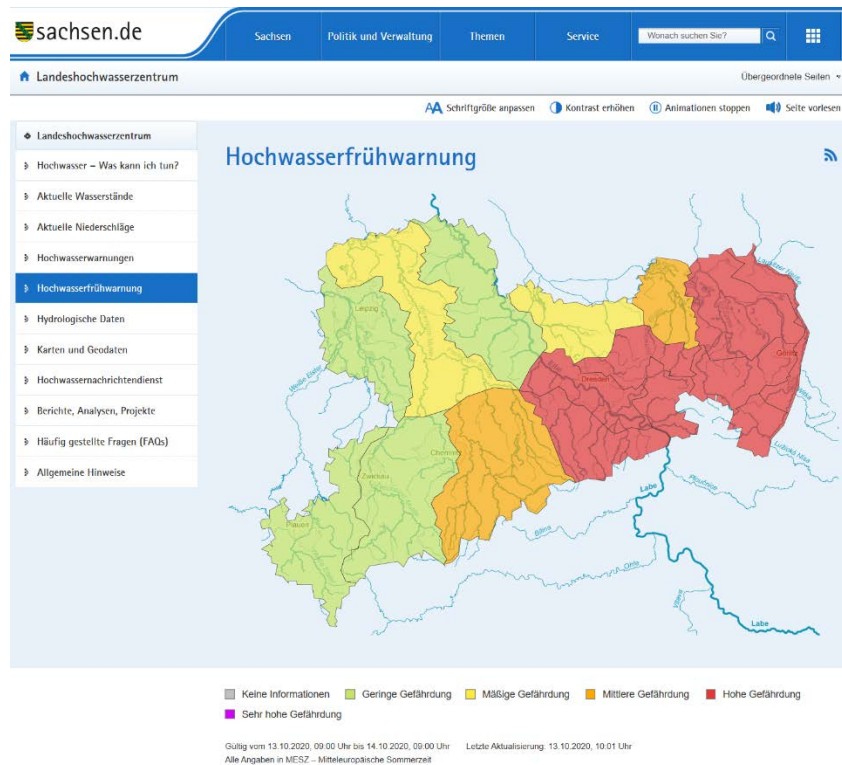


Abb. 5: Frühwarnsystem des Landeshochwasserzentrum Sachsen (LfULG)

Die beteiligten assoziierten Partner stellen die notwendigen Radar- und CML-Daten bereit und ermöglichen die Übertragung der Ergebnisse auf andere hochwassergefährdete Regionen in Deutschland.

4 Projekt INNOVARU

Das Projekt INNOVARU (Laufzeit 2019 – 2021) mit dem Langtitel innovative Vulnerabilitäts- und Risikobewertung urbaner Räume gegenüber Überflutungsereignissen will ein realitätsnahes, praxisbezogenes Modell zur monetären Bewertung potenzieller Hochwasser- und Starkregenschäden erarbeiten. Neben der Bestimmung lokaler Überschwemmungsrisiken berücksichtigt es erstmals auch die Vulnerabilität einzelner Gebäude. Es erlaubt so eine exakte Abschätzung zu erwartender Schäden und genaue Kosten-Nutzen-Analysen bereits vor Eintritt eines Überflutungsereignisses. Die neue Methode wird anhand realer Schadenswerte vergangener Ereignisse in drei mittelstädtischen Testgebieten validiert.

Das neue Schadensmodell ermittelt die Wiederherstellungskosten individueller Gebäudetypen in Relation zu bestimmten Überflutungsintensitäten. Es wird konsequent an den Bedürfnissen des behördlichen Anwenders ausgerichtet und fließt zunächst in das Hochwasserrisikomanagement des Landes Sachsen ein. Das Modell ist mit begrenztem Auf-

wand auf andere Regionen übertragbar. Weitere Nutzungspotenziale bestehen im ingenieurtechnischen Bereich sowie im Gebiet der Elementarschadenversicherung und der Rückversicherungswirtschaft.

5 Projekt STRIMA II

Mit dem Projekt STRIMA II (Laufzeit 2017 – 2020) wird seit September 2017 das Hochwasserrisikomanagement im Grenzraum Tschechien – Sachsen fortgeführt. Ziel ist die Verbesserung der Schadensvorsorge als Möglichkeit der Risikoprävention für hochwasser- und starkniederschlagsinduzierte Überflutungsereignisse unter Berücksichtigung einer klimawandelbedingten Intensitäts- und Häufigkeitszunahme. Weiterhin soll die grenzüberschreitende Zusammenarbeit insbesondere auf kommunaler Ebene verbessert werden. Das Projekt wird durch das Kooperationsprogramm der Europäischen Union zur grenzüberschreitenden Zusammenarbeit zwischen Sachsen und Tschechien gefördert und durch das LfULG als Lead Partner durchgeführt.

In Auswertung abgelaufener Ereignisse in Deutschland und Tschechien ist festzustellen, dass ein hoher Anteil geschädigter Gebäude und Infrastrukturen bereits wiederholt von einer Überflutung betroffen war und dass bei der Schadensbeseitigung die Möglichkeiten der Vorsorge unzureichend genutzt werden. Durch die Ableitung von geeigneten und wirtschaftlichen Vorsorgemaßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen und deren Darstellung in Leistungskatalogen soll für typische Schadensbilder an Wohngebäuden, Verkehrsinfrastrukturen und an sehr schnell reagierenden kleinen Fließgewässern die Umsetzung der Hochwasser- und Starkregenvorsorge wesentlich verbessert werden. Im Rahmen des Projektes wird ein Hilfesystem zur Baueigenvorsorge geschaffen, welches unter der Web-Seite des [Landeshochwasserzentrum](#) Sachsen abrufbar sein wird.

Die im Projekt weiterentwickelte kostenlose Software [INGE](#) (Interaktive Gefahrenkarte für den kommunalen Hochwasserschutz) visualisiert den Katastrophenabwehrplan (Alarm- und Einsatzplan) örtlicher Behörden und Einsatzleitungen und ist so ein hilfreiches Instrument für Entscheidungen bei der Planung, Durchführung und Nachbearbeitung der Katastrophenabwehr.

INGE ist einfach zu bedienen: in strukturierten Übersichten werden alle wichtigen Informationen kompakt dargestellt. Da INGE zeit- und ortsunabhängig verfügbar ist und keine Online-Verbindung benötigt, ist sie auch für den mobilen Einsatz geeignet. Entsprechend dem individuellen Bedarf der Gemeinde können mit dieser Software Daten eingepflegt und wieder abgerufen werden. Somit unterstützt INGE die Kommune beim vorausschauenden Planen, umfassenden Informieren, nachhaltigen Sichern und gemeinsamen Handeln, durch:



Abb. 6: Software INGE (LfULG)

- Gefährdungsanalysen und Risikoabschätzungen,
- Protokollierung von Maßnahmen,
- Verwalten von Zuständigkeiten und Ansprechpartnern,
- Einbindung von Fotos, Dokumenten, Karten, Pegel- und Geodaten sowie
- Datenexport über Schnittstelle oder als PDF-Dokument.

Hinweise zu weiteren Projekten dieses Themenfeldes finden Sie unter folgendem Link:

<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/lhwz/projekte.html>

6 Literatur

EU, Europäische Union (2007): Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, (ABl. L 288 vom 06.11.2007, S. 27), 2007

DWD, Deutscher Wetterdienst (2017): Erstellung einer dekadischen radargestützten hochauflösenden Niederschlagsklimatologie für Deutschland zur Auswertung der rezenten Änderung des Extremverhaltens von Niederschlag.

Anschrift des Verfassers

Dr.-Ing. habil. Uwe Müller

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe

Zur Wetterwarte 11

01109 Dresden

Wasserwirtschaftliche Anwendung von Radardaten in der operationellen Hochwasservorhersage

Angela Pfister

Abstract

The processing of water management aspects using radar data for areal recording of precipitation has by now become daily practice with the Emschergenossenschaft (EG) [Emscher Water Management Association] and Lippeverband (LV) [Lippe Water Management Association]. In particular, radar data play a crucial role for the assessment of the situation in the case of flooding, but also increasingly in the post-processing of events. Platforms and procedures have been developed in cooperations and projects, which enable the application of radar data.

Zusammenfassung

Die Bearbeitung wasserwirtschaftlicher Fragestellungen unter Nutzung von Radardaten zur flächenhaften Erfassung des Niederschlags hat bei Emschergenossenschaft (EG) und Lippeverband (LV) inzwischen eine längere Tradition. Sie spielen für die Lageeinschätzung im Hochwasserfall, aber auch zunehmend in der Nachbereitung von Ereignissen, eine zentrale Rolle. In Kooperationen und Projekten wurden Plattformen und Verfahren entwickelt, die eine Anwendung von Radardaten im Routinebetrieb ermöglichen. Der vorliegende Beitrag stellt anhand von Beispielen aus der Praxis die Nutzung von Radarinformationen in der operationellen Hochwasservorhersage in Online-Anwendungen vor und beschreibt zudem die Vorteile bei weiteren Offline-Anwendungen.

1 Einführung

Die genaue Erfassung des Regengeschehens ist von zentraler Bedeutung für Hydrologie und wasserwirtschaftliche Aufgaben. Während Regenschreiber als Punktmessungen mit ihrer räumlich begrenzten Aussagefähigkeit bis heute die Grundlage für wasserwirtschaftliche Analysen und Planungen bilden, bietet die Niederschlagsmessung mittels Radar den Vorteil, das Regengeschehen weiträumig flächenhaft online erfassen zu können. Bei EG und LV sind beide Verfahren langjährig etabliert und neben den mehr als achtzig Jahre umfassenden Zeitreihen bodengebundener Punktmessungen des Niederschlags [1] wird die Nutzung der Radarerfassung des Niederschlags in verschiedenen Projekten weiterentwickelt und fortgeschrieben.

Mit dem Einsatz von Radardaten in der operationellen Hochwasservorhersage bei EG und LV stiegen die Anforderungen an die Geräteverfügbarkeit und die Datenübertragung, da eine hohe zeitliche und räumliche Verfügbarkeit der Daten erforderlich ist. Weil die Qualität und Bereitstellung der Radardaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) seit dem Jahr 2001 deutlich verbessert wurde [2] und die räumliche und zeitliche Auflösung der C-Band Radardaten für eine Kopplung mit den hydrologischen Gebietsmodellen bei EG/LV optimal geeignet erschienen, wurde im Jahr 2008 die Radarkooperationsvereinbarung der Wasserverbände NRW mit dem DWD, die den gegenseitigen Datenaustausch regelt [3], unterzeichnet.

Der Bedarf an einer integralen Betrachtung sowohl von Radardaten, als auch von terrestrischen Messungen und meteorologischen Vorhersagedaten, sowie der Wunsch nach einer verbesserten Anbindung an die Hochwassermodellierung, führte im Jahr 2010 zu der Implementierung einer Vorhersageplattform auf Basis der Software DelftFEWS. Diese wird in einer Kooperation von fünf Wasserverbänden betrieben und weiterentwickelt. Die Software bildet das zentrale Element des Hochwasserinformationssystems (HOWIS) von EG und LV, welches intern den Betriebs- und Planungsbereich in der Einschätzung der Hochwasserlage unterstützt.

Eine zunehmende Bedeutung kommt der Nachbereitung von Ereignissen auf Grundlage von Radarniederschlagsinformationen zu. Hier werden ereignisspezifische Auswertungen für besonders betroffene Bereiche zur Verfügung gestellt [4]. Die positiven Erfahrungen in der Nutzung von Radardaten bewogen EG und LV dazu, sich auch aktiv an der Verbesserung von radargemessenen Niederschlagsinformationen zu beteiligen. Im Fokus steht dabei das speziell für die Wasserwirtschaft entwickelte DX-Produkt des DWD. Die Entwicklungen reichen dabei von der Erarbeitung von Konzepten zur physikalischen Korrektur der Radardaten [5], bis zur Umsetzung von Verfahren zur Aneicherung von Radardaten mit terrestrischen Niederschlagsinformationen. Der zunehmenden Bedeutung der Verwendung radargemessener Niederschläge trägt auch die VDI/KRdL Rechnung [6/4], die weitergehende Hinweise für die wasserwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten von Radardaten integriert.

2 Einsatz von Radarinformationen im technischen Hochwassermanagement

Die Anwendung von Radardaten sollte angepasst an die hydrologischen Gegebenheiten der jeweiligen Einzugsgebiete sowie die Qualität der Radarprodukte erfolgen [7]. Hierzu stehen verschiedene Radarprodukte mit unterschiedlicher zeitlicher und räumlicher Auflösung sowie unterschiedlich angewandten Korrekturverfahren zur Verfügung [siehe 2]. Unterschieden werden Radardaten, die in Echtzeit zur Verfügung stehen und für die Online-Berechnung verwendet werden können sowie Daten, die in einer Offline-

Bearbeitung noch einmal qualitätsgeprüft, korrigiert und ggf. auch an terrestrische Stationsdaten angeeicht werden. Diese werden vorwiegend bei der Ereignisnachbereitung, Modellkalibrierung und Bauwerksbemessung sowie bei radarklimatologischen Betrachtungen eingesetzt. Werden die Radarniederschläge als Inputdaten für wasserwirtschaftliche Simulationsrechnungen verwendet, so ist auf eine geeignete Aggregation der Radarpixel auf die Modellgebiete zu achten. Hierbei spielen die wasserwirtschaftlich relevanten Besonderheiten in der betrachteten Region eine wesentliche Rolle.

Das Emschergebiet, aber auch einige Nebenläufe des Lippegebietes, sind geprägt durch eine hohe Bevölkerungsdichte und hohe Versiegelung. Durch die Dichte der Bebauung, die bergbaulich bedingte Absenkung großer Areale und damit verbunden die Eindeichung langer Flussabschnitte, können die Fließgewässer bei extremen Wetterlagen in kurzer Zeit erheblich ansteigen. Die Konzentrationszeit der Hochwasserabflüsse beträgt an der Emscher sechs bis zwölf Stunden, an den Nebenläufen unter zwei Stunden. An den Nebenläufen der Lippe liegt die Konzentrationszeit bei 2 bis 6 Stunden. Besondere Gefahr geht hier von lokalen Starkregen und Unwettern aus. In diesem Fall sind kurzfristig verfügbare Radarprodukte in hoher räumlicher Auflösung zu bevorzugen.

Als überwiegend sandgeprägter Fluss des Tieflands mit stärker landwirtschaftlich geprägtem Einzugsgebiet und geringerer Versiegelung sind die Reaktionszeiten an der Lippe naturgemäß geringer. Sie betragen 2 bis 4 Tage. Hohe Abflüsse werden hier durch langanhaltende Niederschläge erreicht. Vor diesem Hintergrund ist eine Berechnung mit stündlich verfügbaren, angeeichten Radarprodukten ausreichend.

2.1 Das Hochwasserinformationssystem (HOWIS) – Online-Anwendung

Zur Unterstützung des Anlagenbetriebs und als Auskunftssystem für die hydrologische Situation an ihren Gewässern haben EG und LV ein Hochwasserinformationssystem (HOWIS) etabliert, in dem eine integrale Betrachtung sowohl von terrestrischen Messdaten, als auch von Radarprodukten und meteorologischen Vorhersagedaten möglich ist. Durch Kopplung mit den hydrologischen Vorhersagemodellen für Emscher und Lippe ist eine Analyse und Vorhersage sowohl der Niederschlags- als auch der Abflusssituation möglich. Wichtigster Bestandteil des Warnmanagements von EG und LV ist eine tägliche Lageeinschätzung des diensthabenden Hydrologen in Bezug auf die Hochwassersituation. In einer dynamisch generierten Lageübersicht im HTML-Format wird der zum Zeitpunkt der Berichtserstellung vorliegende aktuelle Zustand in Form von Ganglinien, Tabellen und Animationen im Intranet bereitgestellt. Radardaten werden zur Visualisierung und zur Quantifizierung von Gebietsniederschlägen herangezogen. Die Berechnung der Tagessummen erfolgt auf Basis des RW-Produktes. Die Bilder werden laufend aktualisiert, die Berichte bei Bedarf mehrmals täglich.

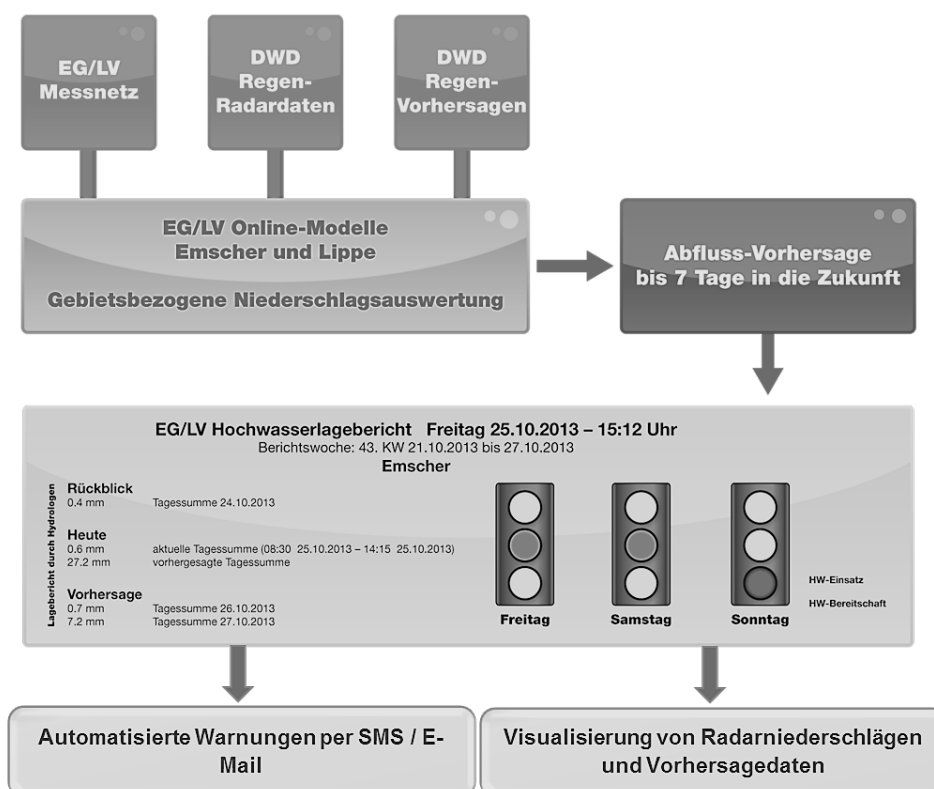


Abbildung 1: Überblick über den Aufbau des Hochwasserinformationssystems (HOWIS) bei EG und LV

In Form einer Ampelschaltung basierend auf festgelegten Schwellwerten mit hinterlegter, automatisierter SMS- und E-Mail-Warnung wird die Lageeinschätzung durch den Hydrologen vorgenommen. Das im HOWIS eingesetzte Delft-FEWS stellt eine Reihe von Analysewerkzeugen zur Verfügung, die eine qualitative und quantitative Auswertung, bezogen auf die jeweiligen Einzugsgebiete ermöglichen. Innerhalb HOWIS ist derzeit ein automatisiertes Warnmanagement implementiert, denn im Zuge des Emscherumbaus ist die Einrichtung zahlreicher Baustellen an den Gewässern und in der Kanalisation erforderlich. Hier ist es möglich, radardatenbasierte, automatisierte Warnungen für ausgewählte Teilgebiete einzurichten. In Abhängigkeit vom Anwendungsfall werden bei Überschreitung definierter Intensitäten oder Niederschlagssummen per SMS und E-Mail Warnungen generiert und an ausgewählte Empfängerkreise versandt.

2.2 Das DX-Produkt – Offline-Anwendung

Das DX-Produkt, welches vom DWD speziell für die Wasserwirtschaft bereitgestellt wird, wird alle 5-Minuten aus dem „precipitation scan“ der lokalen Radare abgeleitet [siehe auch 2]. Die Vorteile für seine Verwendung in wasserwirtschaftlichen Fragestellungen liegen neben der hohen zeitlichen Verfügbarkeit auch in der hohen räumlichen Auflösung (1 km x 1° Azimuth) sowie in der hohen Auflösung der Reflektivitäten in 256 Klassen.

Da noch keine Umrechnung in Intensitäten stattgefunden hat, ist die Verwendung unterschiedlicher Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Intensitäten aus den Radarreflektivitäten (Z-R Beziehungen) möglich. Ebenso können Verfahren zur physikalischen Korrektur des DX-Produktes angewandt werden. Für schnell reagierende Einzugsgebiete wie das Emschersystem ist das DX-Produkt zur Visualisierung und auch zur Modellierung gut geeignet, um die hohe Dynamik der Abflussbildung wiederzugeben. Neben der Echtzeit-Anwendung werden DX-Daten in einem gemeinsamen Projekt von zehn Wasserverbänden, dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW und dem DWD Offline korrigiert und angeeicht. [8].

Dieses große Datenkollektiv ermöglicht die Erstellung eines qualitativ sehr hochwertigen Radarproduktes, welches mit fortschreitender Zeitreihenlänge künftig neben Wasserhaushaltsbilanzierungen auch für Kalibrierungs- und Bemessungszwecke sowie für statistische Analysen und radarklimatologische Auswertungen verwendet werden kann. Die Fortschreibung des aktuellen Kollektivs (2001-2018) erfolgt jährlich. Ein Beispiel solcher Auswertungen stellt die Kartendarstellung der räumlichen jährlichen Niederschlagssummen dar. Diese basierten zunächst im Emscher-Lippe-Gebiet auf 50 mm-Intervallen, die von < 750 bis > 1100 mm reichten. Dies musste im Jahr 2018 angepasst werden, denn gebietsweit fielen lediglich Niederschläge von weniger als 550 mm bis nur vereinzelt rund 750 mm. Sehr aufschlussreich wird die grafische Gegenüberstellung besonders trockener Jahre wie z. B. 2003 oder 2018 mit einem überdurchschnittlich nassen Jahre, z. B. 2007, im Vergleich zum Gesamtmittel.

3 Ereignisauswertungen

Einen zunehmend stärker werdenden Raum nehmen Radarauswertungen in der Nachbereitung von Starkregenereignissen mit hohem Schadenspotenzial ein. Gerade bei lokal eng begrenzten Starkregen reicht die Messnetzdicke der terrestrischen Stationen oft nicht aus, die Schwerpunkte des Ereignisses zu erfassen. Hier können Radardaten sowohl qualitativ als auch quantitativ einen wichtigen Beitrag zum Nachweis des Ereignisses liefern.

Dies ist für die Kommunikation mit und in den betroffenen Kommunen sehr hilfreich. Der unmittelbare Nutzen wird am Beispiel des Starkregen vom 12.7.2014 im Stadtgebiet Herne deutlich, in dessen Verlauf es zu Schäden durch Überflutungen in verschiedenen Stadtteilen kam.

Automatisiert werden GIS-gestützte Karten erzeugt, die eine ereignisbezogene Auswertung von Radardaten in Bezug auf unterschiedliche Betrachtungsräume ermöglichen (s. Abb. 2). Für das Ereignis vom 12.07.2014 war diese z. B. die maximale 3-Stundensumme (DX-Produkt) über den Ereigniszeitraum von 19:55 Uhr bis 00:50 Uhr.

Die nächstgelegene terrestrische Niederschlagsstation lag außerhalb des Ereignisschwerpunktes. In der Risikokommunikation helfen diese Karten sehr, um dem betroffenen Bürger die Bedeutung sowie Ausdehnung des Starkregenereignisses zu erläutern.



Abbildung 2: Maximale 3-Stundensumme [mm] im Stadtgebiet von Herne vom 12.07.2014

Ein gutes Beispiel aus der siedlungswasserwirtschaftlichen Anwendung von Radardaten bietet das Niederschlagsereignis vom 28. Mai 2019. In Folge eines Regenereignisses am 28.05.2019 zwischen 11:00 und 23:50 Uhr (MESZ) kam es zu erheblichen Entlastungen an Mischwasserbehandlungsanlagen im Raum Dortmund in einen bereits renaturierten Gewässerabschnitt.

Die terrestrischen Niederschlagsdaten konnten dies nicht erklären, da dort nur vergleichsweise geringe Mengen aufgezeichnet wurden. Demgegenüber zeigte die Analyse der Radarniederschlagsdaten auf Basis des dämpfungskorrigierten DX-Produktes im verursachenden Teileinzugsgebiet jedoch hohe Niederschlagssummen. Auf dieser Grundlage wurden Niederschlagszeitreihen erzeugt, die als Input für das Kanalnetzmodell herangezogen wurden.

Der Vergleich zwischen gemessenen und simulierten Wasserständen auf Basis des Kanalnetzmodells verdeutlicht eine sehr gute Übereinstimmung hinsichtlich Einstau und Entlastungsverhalten an den Mischwasserbehandlungsanlagen im Bereich Dortmund Brakeler Straße (s. Abb. 3).

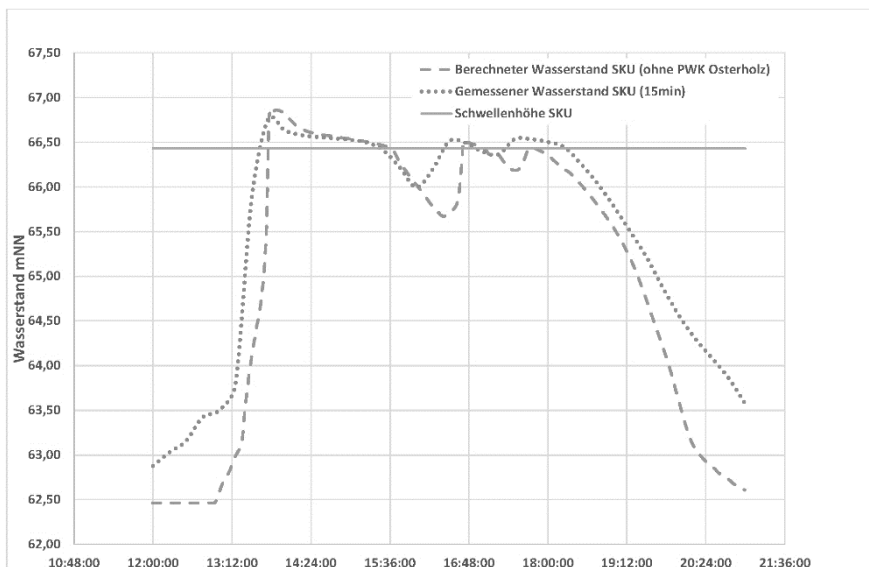


Abbildung 3: Vergleich gemessener und berechneter Wasserstand am SKU DO-Brakeler Straße am 28.5.2019

Diese offline Anwendung von dämpfungskorrigierten Radardaten bietet damit auch ein überaus hilfreiches Instrument in der Modellvalidierung.

4 Fazit

Der vorliegende Beitrag liefert einen Eindruck über die Bandbreite der Einsatzmöglichkeiten von radarerfassten Niederschlägen im Hochwassermanagement bei EG und LV. Für die Bearbeitung wesentlicher wasserwirtschaftlicher Fragestellungen ist die Nutzung dieser Radardaten aus der täglichen Praxis nicht mehr wegzudenken.

Die Technik der flächenhaften Niederschlagserfassung mittels Radar hat sich in Fachkreisen weltweit seit vielen Jahren durchgesetzt und fortentwickelt. So werden künftig langjährige Reihen zeitlich und räumlich hochaufgelöster Radardaten, die aus einer Kombination von terrestrischen und Radar gemessenen Daten umfangreich korrigiert wurden, für wasserwirtschaftliche Auswertungen verfügbar sein.

Seitens Emschergenossenschaft und Lippeverband wird der enorm hohe Nutzen in der Hochwasservorhersage, insbesondere in urban geprägten Einzugsgebieten mit schnellen Abflussreaktionen, in den Vordergrund gestellt. Aber auch Offline-Analysen kommt eine immer höher werdende Bedeutung zu.

5 Literatur

- [1] Pfister, Angela (2016): Langjährige Entwicklung von Starkregen- Handlungsempfehlungen für die Zukunft. In: Johannes Pinnekamp (Hg.): 49. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft. "Wasserwirtschaft 4.0". Essen, 02.-04.03.2016. Aachen: Ges. zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen (Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, 239), 35/01-35/14.
- [2] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2017): Niederschlagserfassung durch Radar und Anwendung in der Wasserwirtschaft. Unter Mitarbeit von Norbert Demuth, Uwe Haberlandt, Andreas Kuchenbecker, Gabriele Malitz, Konrad Miegel, Angela Pfister et al. Hennef (DWA-Themen, T2/2017)
- [3] Treis, A. & Krüsken, B. (2011): Vorhersageplattform FEWS der Wasserverbände NRW im operationellen Einsatz. In: Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Newsletter Hydrometeorologie. Nr. 5, April 2011. ISBN: 978-3-88721-478-4/ 479-1.
- [4] Treis, A. (2013): Einsatz von Radardaten bei Emscherogenossenschaft und Lippeverband. In: KRdL – Schriftenreihe Nr. 47, S. 53-63, Oktober 2013, Düsseldorf.
- [5] Krämer, S., Treis, A., Pfister, A., Verworn H.R. (2012): Real time radar rainfall processing for flood management in the Emscher catchment. Proc. 9th int. Workshop on Precipitation in Urban Areas, St. Moritz, CH.
- [6] VDI 3786 Blatt 20 (2014-09): Umweltmeteorologie; Bodengebundene Fernmessung des Niederschlags; Wetterradar (Environmental meteorology; Ground-based remote sensing of precipitation; Weather radar). Berlin: Beuth Verlag
- [7] Johann, G., Ott, B., Treis, A. (2009): Einfluss von terrestrisch gemessenen und radarbasierten Niederschlagsdaten auf die Qualität der Hochwasservorhersage. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft (2), Nr. 9, S.487-493.
- [8] Einfalt, T., Treis, A., Frerk, I., Pfister, A., Jessen, M. (2013): Zehn Jahre qualitätsgeprüfter und angeeichter Radardaten für die Wasserverbände in NRW – Methodik und Anwendungen. Tag der Hydrologie 2013 – Wasserressourcen im globalen Wandel. Poster, Bern, CH.

Autor

Dipl.-Geogr. Angela Pfister
Emscherogenossenschaft/Lippeverband
Kronprinzenstr. 24, 45128 Essen

Forschungsprojekt mobile^{VIEW}

Echtzeit-Niederschlagsinformationen aus Fahrzeugen am Beispiel des Emscher- und Lippe-Gebietes

Braun, Mark; Hoffmann, Magnus; Falk, Dimitri; Treis, Adrian; Costa-Patry, Etienne

Zusammenfassung

Starkregenereignisse sowie ihre Risiken und Auswirkungen gewinnen im Zuge des Klimawandels immer größere Bedeutung, sind einem Großteil der Bevölkerung aber häufig nur im Schadensfall präsent. Aufgrund der Kurzfristigkeit ihres räumlichen und zeitlichen Entstehens ist eine Vorhersage aktuell noch mit vielen Unsicherheiten verbunden. Das Forschungsprojekt mobile^{VIEW} zielt auf eine systematische räumliche und zeitliche Verdichtung von Niederschlagsinformationen für wasserwirtschaftliche Anwendungen ab. Fahrende Kfz, die heutzutage bereits standardmäßig eine Vielzahl von Sensordaten erfassen, sollen als „mobile Wetterstationen“ verwendet werden. Die erhobenen Daten werden an einen zentralen Server übertragen, auf dem sie in Echtzeit aufbereitet und innerhalb eines Informationsmodells analysiert, klassifiziert und mit konventionellen Erhebungsmethoden kombiniert werden. Die Kombination der Daten aus den Kfz mit korrigierten Niederschlagsradardaten und terrestrischen Messdaten ermöglicht die Erstellung von Multi-Source-Precipitation-Maps. Diese Karten bieten durch die Integration der zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Kfz-Sensordaten eine präzisere Quantifizierung von Niederschlagsintensitäten und Verortung der Ereignisse. Dieser innovative Ansatz bietet Mehrwerte vor allem in der Starkregenvorhersage, dem Warnmanagement sowie der Steuerung von Verkehr und wasserwirtschaftlichen Anlagen.

1 Einleitung

Starkregenereignisse und Sturzfluten sind extreme Wetterphänomene und haben in den vergangenen Jahren in Deutschland zu Personenschäden und hohen Sachschäden geführt (GDV, 2019). Besonders im Bereich urbaner Siedlungsstrukturen kommt es zu großen Schadenssummen. In der Zukunft ist klimawandelbedingt mit einer Zunahme dieser Ereignisse zu rechnen (IPCC, 2013), sodass für Akteure, die für die Siedlungsentwässerung und den Überflutungsschutz verantwortlich sind, aber auch für Privatpersonen, konkreter Handlungsbedarf besteht.

Die Gründe für die Konsequenzen von Starkniederschlagsereignissen sind vielfältig. Mit den bisher verfügbaren Vorhersageprodukten und aufgrund ihrer hohen Variabilität ist es eine Herausforderung, Starkregenereignisse zeitlich, räumlich und quantitativ zuver-

lässig vorherzusagen und in bestehende Frühwarnsysteme einzubinden. Starkregenereignisse weisen dabei charakteristische Eigenschaften auf, die eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung der zugrunde liegenden Daten erfordern.

Sturzfluten infolge von Starkregenereignissen sind im Gegensatz zu fluvialen Hochwassern nicht zwangsläufig an ein Gewässer geknüpft. Dies führt dazu, dass z.B. auch urbane Siedlungsgebiete mit hoher Bevölkerungsdichte, deren Bewohner bisher keine oder wenig Erfahrungen mit Überflutungen vorweisen und kaum Maßnahmen für den Überflutungsschutz getroffen haben, von Sturzfluten und deren Konsequenzen betroffen sein können. Das Schadenspotenzial ist in diesen Fällen besonders hoch. Überschreiten Starkregenereignisse die Bemessungsgrenze der Kanalisation, so kommt es zu Überstau und Überflutungen.

Die messtechnische Erfassung von Gebietsniederschlägen wird im Wesentlichen durch zwei Erhebungsmethoden vorgenommen, Niederschlagsradare und terrestrische Niederschlagsstationen, nachfolgend Pluviometer genannt. Radarniederschlagsmessungen stellen ein indirektes Messverfahren dar, das spezifischen Fehlerquellen wie z.B. Dämpfungseffekten unterliegt, die zu einer Unterschätzung des Ereignisses führen können (Pfister, Treis, & Teichgräber, 2015). In einer quantitativen Anwendung sollten diese zwingend korrigiert werden. Aufgrund der mit der Entfernung zum Radarstandort ansteigenden Höhe der Reflektivitätsmessung kann es außerdem zu einer lateralen Drift von fallendem Niederschlag kommen, wodurch Niederschläge nicht an der gemessenen Stelle auf die Erdoberfläche treffen. Weiterhin liegen Niederschlagsradarprodukte bislang nur in Messintervallen von fünf Minuten bis zu einer Stunde vor (DWA, 2017). Die Entwicklung und Verlagerung von Starkregenereignissen wird bei einer solchen zeitlichen Auflösung oftmals nicht in der nötigen zeitlichen Auflösung erfasst, um Auftrittsorte präzise vorherzusagen. Pluviometer hingegen stellen punktuelle Messungen dar. Je nach Dichte des Messstellennetzes kann die Qualität der abgeleiteten Gebietsniederschläge stark variieren. Trotz der hohen Zahl von rund 75 Messstationen im fast 4.200 km² großen Einzugsgebiet von EGLV werden konvektive Ereignisse mit einer geringen räumlichen Ausdehnung vom terrestrischen Messnetz häufig nicht erfasst.

2 Lösungsansatz von mobileVIEW

Das im Rahmen der mFUND-Forschungsinitiative des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) geförderte Forschungsprojekt mobile^{VIEW} zielt auf die Generierung einer weiteren Datenquelle ab, die in der Lage ist, einige der Unsicherheiten der konventionellen Niederschlagsprodukte zu korrigieren. Konkret beinhaltet dieser Lösungsansatz die Erhebung, Übertragung und Echtzeit-Analyse von Sensordaten aus fahrenden Kfz. Durch Kombination der erhobenen Sensordaten mit den bestehenden Niederschlagsradar- und Pluviometermessungen werden die ermittelten Werte für Gebietsniederschläge zeitlich, räumlich und ggf. auch quantitativ ergänzt und korrigiert. Das

Ergebnis lässt sich in Multi-Source-Precipitation-Maps (MSPM) visualisieren, die als systematisch verdichtete Eingangsdaten für hydrologische Modelle fungieren. Die veredelten Daten können somit einen Mehrwert für die Starkregenvorhersage, das Warnmanagement, die Verkehrssteuerung sowie die Steuerung wasserwirtschaftlicher Anlagen liefern.

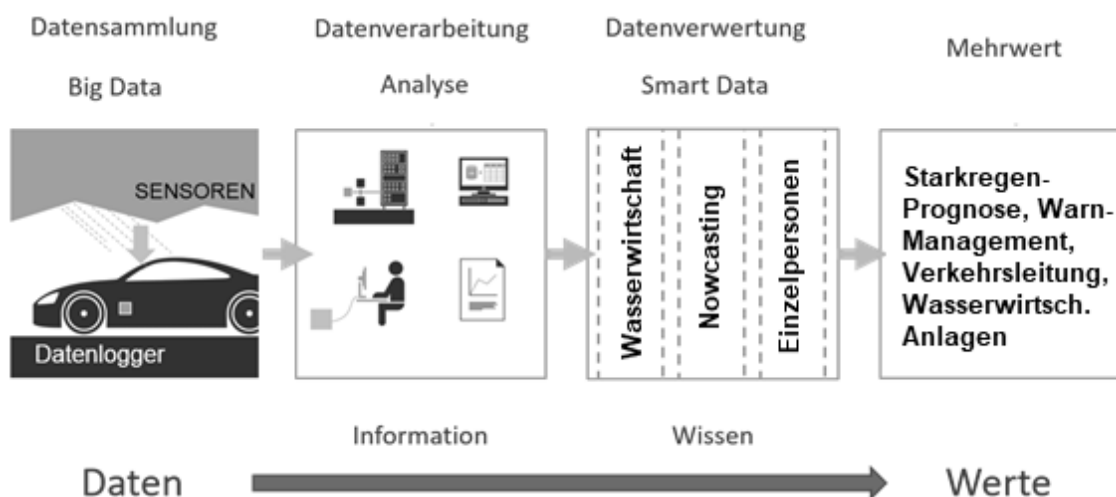


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Generierung von Mehrwerten aus Rohdaten im Projekt mobile^{VIEW}

3 Bisheriger Verlauf des Forschungsprojektes

Als ersten Meilenstein hat das Konsortium aus Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e. V., Emschergenossenschaft und Lippeverband (EGLV) und der IAV GmbH eine DSGVO-konforme Sensordatenübertragung aus 100 Kfz der EGLV-Fahrzeugflotte umgesetzt. Da es sich bei der Erhebung von GPS-Daten um personenbezogene Daten handelt, wurden diverse technisch-organisatorische Maßnahmen ergriffen, um die Pseudonymität der Fahrzeugführer bestmöglich sicherzustellen. Weiterhin sind die zeitweise Deaktivierung der Tracking-Funktion sowie die nachträgliche Löschung von aufgezeichneten Fahrzeugdaten möglich.

In heutigen Autos sind bereits standardmäßig zahlreiche Sensoren verbaut, deren Eignung für die Nutzung in wasserwirtschaftlichen Fragestellungen im Rahmen des Projektes zu untersuchen ist. Durch die Nutzung dieses Synergieeffektes konnte der Aufwand für den Einbau zusätzlicher Hardware reduziert werden. Für eine kontinuierliche Echtzeit-Datenerhebung wurde eine von der IAV entwickelte Übertragungstechnik reversibel verbaut. Über einen Messkopf werden die Daten kontaktlos an einer CAN-Schnittstelle abgegriffen (CAN = Controller Area Network) und mittels eines Einplatinen-Computers

über eine drahtlose Car2X-Kommunikation an ein produktives Rechner-Verbundsystem übertragen. Der Zugriff auf die Daten wurde kontaktlos realisiert, um eine Beeinträchtigung der Allgemeinen Betriebserlaubnis der Fahrzeuge zu vermeiden.

Die in den Kfz erhobenen Daten werden über Mobilfunk an einen zentralen Server übertragen. Zunächst werden die Datensätze automatisiert auf Vollständigkeit überprüft, da die Daten bspw. ohne Ort- und Zeitstempel keinen Mehrwert liefern können. Nach eingehender Analyse der Rohdaten finden folgende Sensordaten Eingang in das nachgeschaltete Informationsmodell:

Tabelle 1: In das Informationsmodell von mobile^{VIEW} eingehende Kfz-Sensordaten

Sensor	Einheit
GPS-Signal	Zeitstempel, Längen-/Breitengrad
Regensensor	Reflektivität [%]
Scheibenwischerfrequenz	Hübe/min
Temperatursensor	°C
Lichtsensoren	Lux

Im Rahmen einer Vorverarbeitung (Pre-Processing) werden aus den Rohdaten weitere Merkmale abgeleitet. Einige Sensorwerte liefern ohne vorherige Bearbeitung keinen plausiblen Zusammenhang zu Niederschlagsereignissen, bspw. die Temperatur, die als Rohwert wenig aussagekräftig ist, während die Betrachtung eines Gradienten einen Zusammenhang beinhalten kann. Zudem stellen viele der erhobenen Daten lediglich Statusmeldungen dar oder wurden primär für den Fahrerkomfort im Auto integriert und liefern daher keinen Mehrwert für wasserwirtschaftliche Fragestellungen.

Im Anschluss fließen die vorverarbeiteten Daten, zusammen mit weiteren Datenquellen, im Informationsmodell zusammen. In diesem wird eine Klassifikation der eingehenden Kfz-Sensordaten in Niederschlagsklassen vorgenommen. Als Zielsystem ist ein Regressionsmodell angestrebt, in dem Niederschlagsintensitäten generiert werden. Diese Intensitätswerte werden daraufhin in einem bayesschen Verfahren mit den aktuell verfügbaren Niederschlagsradar- und Pluviometerwerten verschnitten. Aktuell wird ein geeigneter Wirkungsradius für die durch die Kfz ermittelten Niederschlagsintensitäten ermittelt. Jede Datenquelle erhält im Informationsmodell ein spezifisches Vertrauens- bzw. Konfidenzintervall. Die Vertrauensintervalle von Pluviometern (Maniak, 2010) und Niederschlagsradaren (Krämer, Treis, & Pfister, 2019) sind der Literatur entnommen. Die Vertrauensintervalle der Kfz-Sensordaten variieren stark in Abhängigkeit der Niederschlagsintensität und stellen Erfahrungswerte aus der nachträglichen Betrachtung von Niederschlagsereignissen während des Projektzeitraums dar. Das Ergebnis der Kombination der drei Datenquellen und somit des Informationsmodells wird in einer MSPM visualisiert.

Aufgrund der verschiedenen zeitlichen Auflösungen der verschiedenen Niederschlagsprodukte, erfolgt eine Aggregation der Echtzeit-Pluviometerdaten und Kfz-Daten auf die zeitliche Auflösung des Radarprodukts. Das von EGLV nachprozessierte DX-Produkt des Deutschen Wetterdienstes (DWD) wird in Fünfminuten-Intervallen zur Verfügung gestellt, dementsprechend wird alle fünf Minuten eine MSPM generiert. Im späteren Zielprodukt werden mittels raum-zeitlicher Interpolation des Radarprodukts eine minütliche MSPM-Bereitstellung sowie eine minütliche Bereitstellung der terrestrischen Niederschlagsaufzeichnungen angestrebt.

Aktuell konzentrieren sich die Arbeiten von FiW und EGLV schwerpunktmäßig auf die Entwicklung eines Konzeptes zur Plausibilisierung der MSPM. Die Validierung der ermittelten Klassifikation von Niederschlagsklassen/-intensitäten aus einem Trainingsdatensatz erfolgt über die Anwendung der angelernten Klassifikation auf einen Validierungsdatensatz. Weitergehende Validierungsmöglichkeiten sind zu prüfen. Parallel wird auch die Rohdatenanalyse weiter vorangetrieben, um die Eingangsdaten in das Informationsmodell kontinuierlich zu verbessern.

4 Verwertungsmöglichkeiten und Ausblick

Sollte das Plausibilisierungskonzept die Eignung der MSPM als Inputdaten für hydrologische Modelle bestätigen, ist eine Anwendung im Flood Early Warning System (FEWS) und im Hochwasserinformationssystem (HOWIS) von EGLV geplant. An dieser Stelle ermöglichen die Kfz-Daten eine präzisere räumliche Verortung und Darstellung von Niederschlagsereignissen, auf deren Basis eine Prognose von Gebietsniederschlägen verbessert werden soll. Die so generierten Niederschlagssummen und darauf aufbauende Abflussvorhersagen können beispielsweise im Warnmanagement, der Verkehrssteuerung und zur Steuerung von wasserwirtschaftlichen Anlagen verwendet werden.

Die Ergebnisse der konkreten Anwendung bei EGLV werden somit Aufschluss über die Eignung von Kfz-Sensordaten für wasserwirtschaftliche Fragestellungen geben. Im Allgemeinen offerieren die in der heutigen Fahrzeuggeneration ohnehin erhobenen Daten gegenüber den Pluviometer- und Niederschlagsradarmessungen zwei Vorteile: Der Transfer des Konzeptes auf einen größeren Maßstab, bspw. die Ausrüstung von Fahrzeugen des ÖPNV, stellt in Deutschland ein großes Potenzial an mobilen Messstationen dar und bietet somit die Möglichkeit einer hohen räumlichen Verdichtung gegenüber heutigen terrestrischen Stationsdaten. In der hydrologischen Modellierung und bei potenziellen Anwendungen im Nowcasting könnten Kfz-Sensordaten zukünftig eine räumlich und zeitlich hoch aufgelöste weitere Datenquelle darstellen. Dafür sind jedoch zunächst Zusammenhang und Mehrwert für wasserwirtschaftliche Fragestellungen nachzuweisen.

Als Forschungsprojekt ist es außerdem die Aufgabe von mobile^{VIEW}, die gewonnenen Erkenntnisse der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Vor diesem Hintergrund werden

die entwickelten MSPM zukünftig in der mCLOUD des BMVI zur freien Einsicht bereitgestellt. Das Projekt trägt somit dazu bei, in der Bevölkerung ein Bewusstsein für die Relevanz von Starkregenereignissen und deren Auswirkungen zu schaffen. Das Projekt bietet ein anschauliches Beispiel dafür, wie im Verkehrsbereich erhobene Daten auch sektorübergreifend für die Wasserwirtschaft nutzbar gemacht werden können, bspw. in Form eines verbesserten lokalen Warnmanagements oder einer vorausschauenden Verkehrssteuerung.

5 Literaturverzeichnis

- DWA. (2017). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft (DWA) - Niederschlagserfassung durch Radar und Anwendung in der Wasserwirtschaft. *DWA Themen T2/2017*.
- GDV, G. d. D. V. e. V. (2019). Naturgefahrenreport 2018 - Die Schaden-Chronik der deutschen Versicherer. Retrieved from: <https://www.gdv.de/resource/blob/36254/23ad47bd6746bc456849b5cd41f61516/naturgefahrenreport-2018---schaden-chronik-data.pdf>
- IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1535 ff.
- Krämer, S., Treis, A., & Pfister, A. (2019). Radarregendaten für die Stadtentwässerung - Welche Güte ist erreichbar? *Korrespondenz Wasserwirtschaft (KW)*, 2019-12, 100-108.
- Maniak, U. (2010). *Hydrologie und Wasserwirtschaft: Eine Einführung für Ingenieure*.
- Pfister, A., Treis, A., & Teichgräber, B. (2015). Der Einsatz von Radardaten für wasserwirtschaftliche Zwecke bei Emschergenossenschaft und Lippeverband. *Korrespondenz Wasserwirtschaft (KW)*, 2/2015, 115-124.

Anschriften der Verfasser

Braun, Mark; Hoffmann, Magnus
Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft
Kackertstraße 15-17, 52056 Aachen

Falk, Dimitri; Treis, Adrian
Emschergenossenschaft / Lippeverband
Kronprinzenstr. 24, 45128 Essen

Costa-Patry, Etienne
IAV GmbH
Carnotstraße 1, 10587 Berlin

Ein katastrophentaugliches Hochwasser – Informationssystem

Prof. Dr. Jörg Höttges, FH Aachen
Christian Lassert M.Eng., Erftverband
Dieter Stein M.Sc. †, Erftverband

Abstract

A good disaster prevention begins long before the event. The Erftverband is responsible for unimpeded flood discharge of many water bodies in its watershed area. Therefore he has developed a digital GIS-based information system which bundles and makes available all the information required for the event of a disaster and which can be used independently of a connection to the data network of the Erftverband.

Representative for different disaster scenarios this article explains the structure of the system and presents usage possibilities.

Zusammenfassung

Eine gute Katastrophenprävention beginnt lange vor dem Ereignis. Der Erftverband ist in seinem Verbandsgebiet für den ungehinderten Hochwasserabfluss seiner Gewässer verantwortlich und hat deshalb ein digitales GIS gestütztes Informationssystem entwickelt. Es bündelt alle für den Katastrophenfall benötigten Informationen und kann auch ohne eine Anbindung an das Datennetzwerk des Verbandes eingesetzt werden.

Stellvertretend für verschiedene Einsatzszenarien des Katastrophenschutzes wird der Aufbau des Systems erläutert und Nutzungsmöglichkeiten vorgestellt.

1 Einleitung

Der Erftverband ist als Wasserwirtschaftsverband u. a. für die Sicherung des Hochwasserabflusses sowie den Betrieb von Hochwasserschutzanlagen zuständig (siehe Abbildung 1). Dabei stellte sich die Frage, wie insbesondere der Hochwassereinsatzleitung im Bedarfsfall möglichst schnell alle notwendigen Informationen zur Verfügung gestellt werden können.

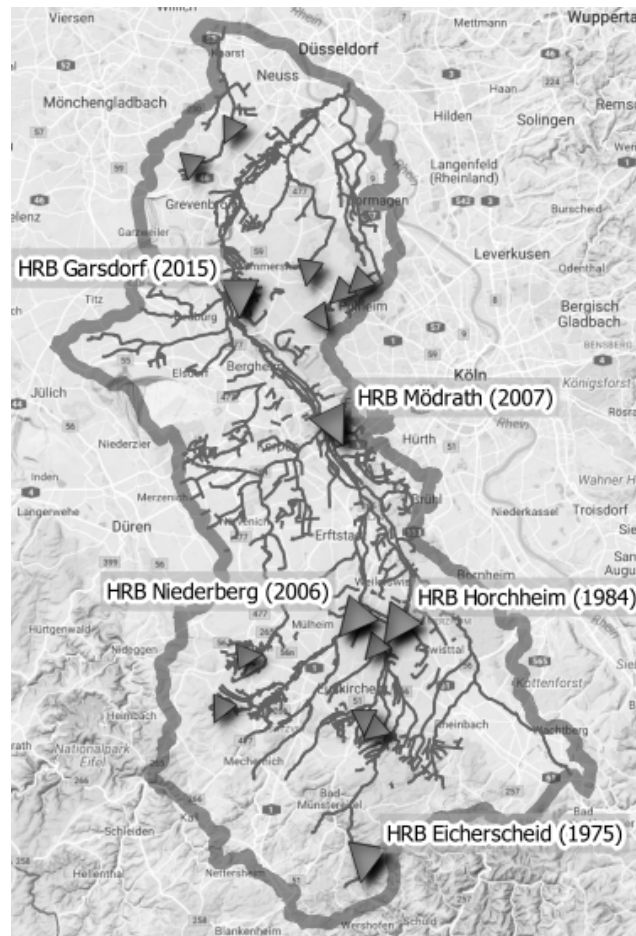


Abbildung 1: Übersichtskarte mit Hochwasserrückhaltebecken (Quelle: Ertfverband)

Die Ausgangslage stellte sich so dar, dass die meisten Unterlagen bereits digital vorlagen, jedoch in unterschiedlichen Formaten und an verschiedenen Speicherorten. In einem durchaus als ehrgeizig zu bezeichnenden Konzept wurde als Aufgabenstellung festgelegt, dass gleich mehrere Funktionen durch das System abgedeckt werden sollten:

- Interaktive Kartendarstellung
- Interaktive Textinformationen zu Kontrollpunkten, Ansprechpartnern, Messwerten etc.
- Thematische Darstellung zu überlasteten Bauwerken und Gewässerabschnitten mit dynamischer Übernahme von Messwerten aus dem verbandsinternen Hochwasserinformationssystem (HOWIS)
- Möglichst einfache Installation auf einem beliebigen Laptop oder PC mit Windows-Betriebssystem
- Möglichkeit, alle Karten, Listen und Texte automatisiert ausdrucken zu können, um jederzeit eine aktuelle Version in einem Aktenordner vorhalten zu können

Um diese Anforderungen zu erfüllen, wurde mit Hilfe von QGIS ein digitales interaktives System erstellt, das über eine QGIS-Projektdatei zusammengefasst und vollständig in

einem Dateordner enthalten ist. Dieser kann in einem Arbeitsgang auf jeden gewünschten Computer kopiert werden. Dort muss lediglich QGIS installiert sein sowie die Programme, mit denen die eingebundenen Dateien gelesen werden können (Libre Office, Acrobat Reader). Falls Daten aus dem Hochwasserinformationssystem HOWIS übernommen werden sollen, ist zusätzlich eine entsprechende Netzwerk- oder Internetverbindung notwendig.

Als Rahmenbedingungen für die einzusetzende Software wurde vorgegeben, möglichst lizenzkostenfreie Software zu verwenden, um sicherzustellen, dass das System auf beliebig vielen Arbeitsplätzen verfügbar gemacht und zugleich mit möglichst geringem Aufwand auf transportablen Laptops installiert und eingerichtet werden kann.

2 Aufbau

Das interaktive Informationssystem basiert auf einer Projektdatei, die auf eine zentrale Datei basierte Datenbank (SpatialLite) sowie zahlreiche eingebundene Dateien zurückgreift. Die Projektdatei enthält Skripte, mit denen verknüpfte Dokumente, Dateien und Internetseiten geöffnet werden sowie über das Internet importierte Messdaten integriert werden können. Diese „Objektaktionen“ wurden mit der verhältnismäßig einfachen und gleichzeitig sehr leistungsfähigen Programmiersprache Python realisiert. Thematische Karten dienen dazu, wichtige Informationen grafisch hervorzuheben, wobei sich diese teilweise an Messwerte zu Wasserständen und Abflüssen anpassen (siehe Abbildung 2).

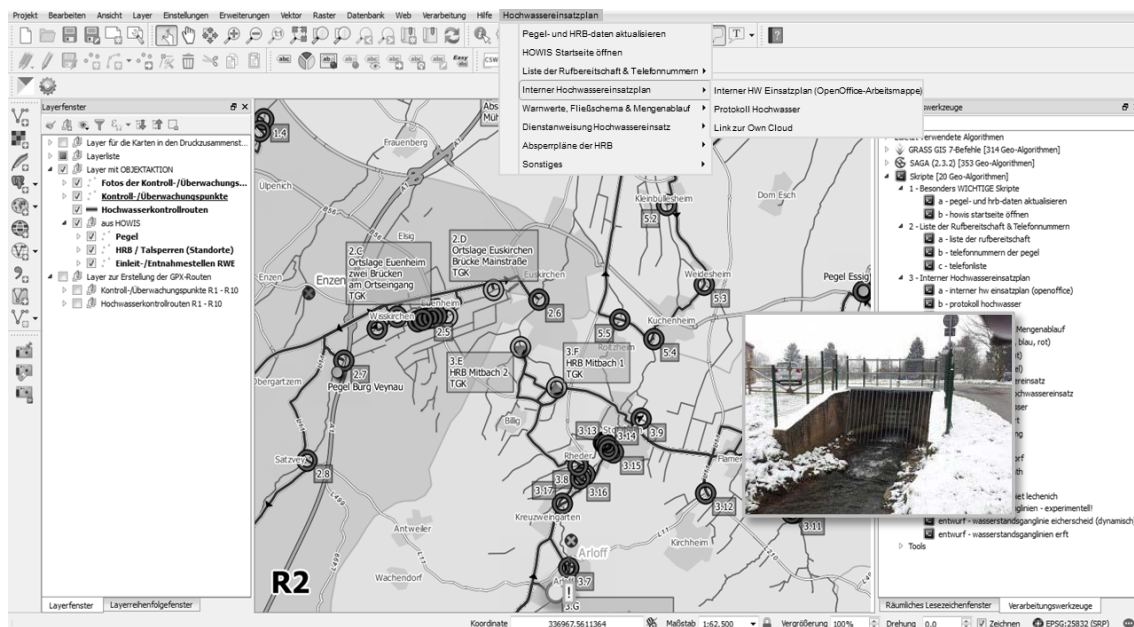


Abbildung 2: Thematische Karte mit Beschriftungen, eingeblendeten Texten und verlinktem Foto

(Quelle: Ertfverband)

3 Funktionalitäten

In der digitalen Karte der QGIS-Anwendung werden alle für den Hochwassereinsatz wichtigen Geodaten visualisiert und die dazugehörigen Informationen als Beschriftungen angezeigt. Die Bearbeitung und Neuerstellung von Geodaten wird teilweise durch Eingabeformulare erleichtert (siehe Abbildung 4).

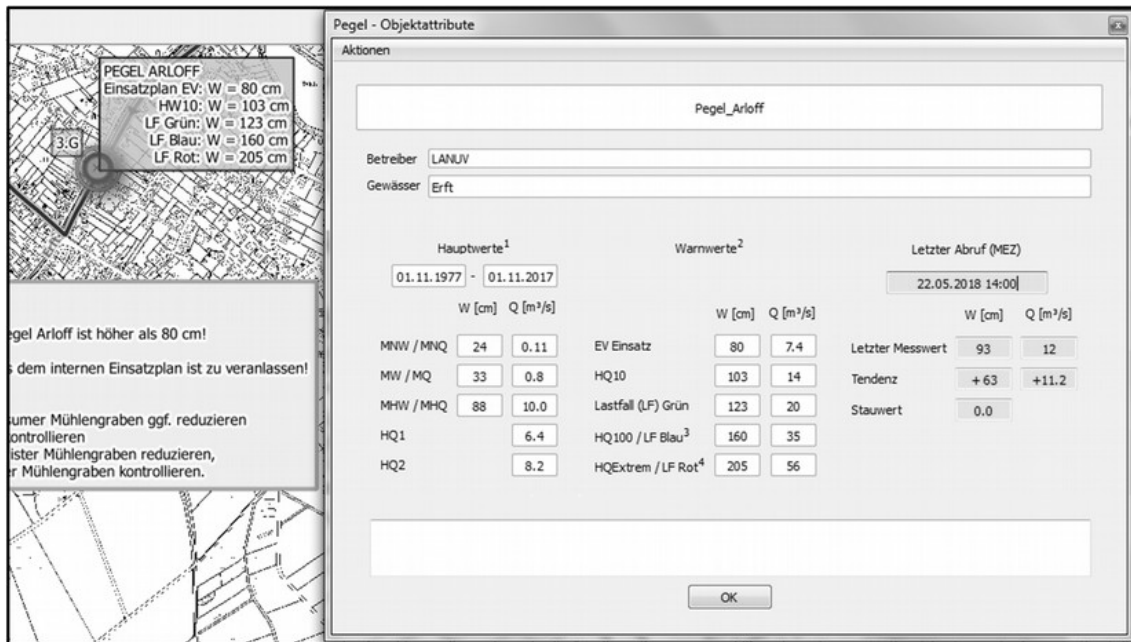


Abbildung 4: Eingabeformular und zugehörige Anzeige in der Karte (Quelle: Ertfverband)

Aus der Anwendung heraus können alle wichtigen Dokumente und Pläne geöffnet und gedruckt werden. Teilweise werden diese auf automatisierte Weise über die Atlas-Erzeugung aus den Geodaten erstellt. Dabei wurde durch eine spezielle Atlas-Konfiguration und Filterausdrücke in dem jeweiligen Abdeckungslayer erreicht, dass in dem Kartenausschnitt nur die Geobjekte des aktiven Atlas-Objektes angezeigt werden (siehe Abbildung 5).

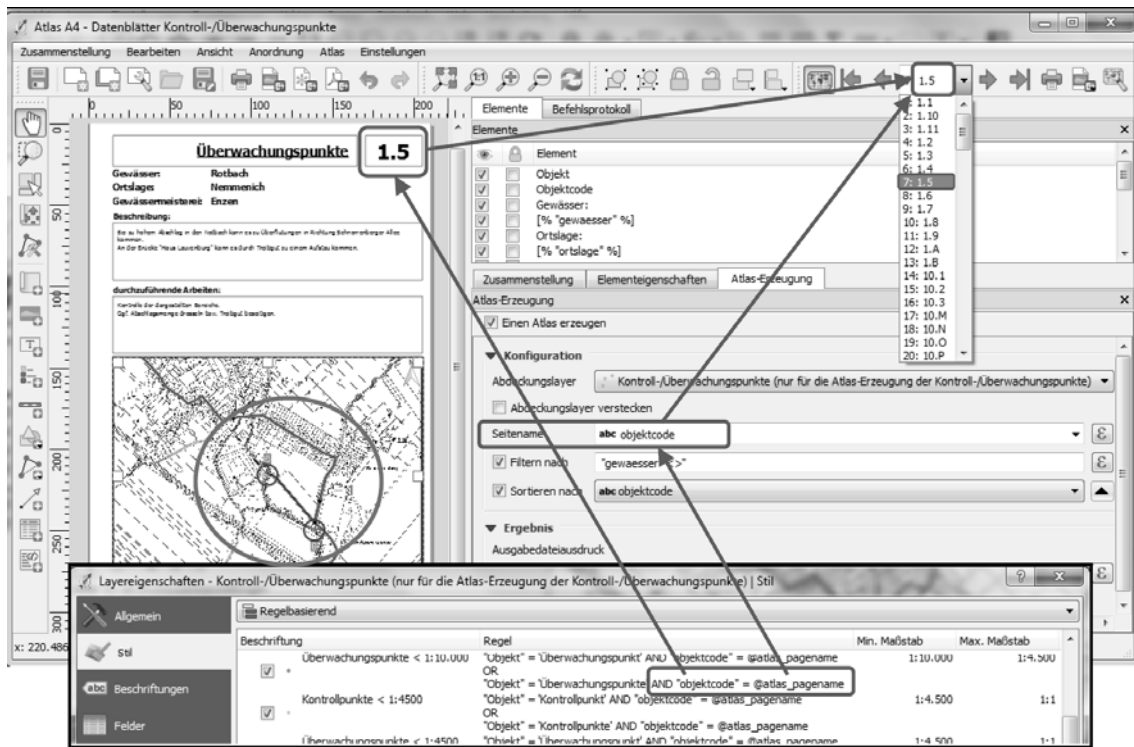


Abbildung 5: Atlas-Erzeugung und Konfiguration (Quelle: Ertverband)

Einen Gesamtüberblick über die Themenbereiche, die in dem Informationssystem enthalten sind, gibt die nachfolgende Grafik (siehe Abbildung 6).

Layer (Daten, Maßstäbe, Stil)	Eingabeformulare
Grenzen Ertverbandsg Gebiet	Kontroll-/Überwachungspunkte
Gewässermeistereien	Hochwasserkontrollrouten
Gewässer	Absperrereinrichtungen
Ortschaften	Wegsperrungen
Straßen	Rohrleitungen
Hintergrundkarte DGK5, TK25	Drucklayout und Seriendruck (Atlas)
Pegelstammdaten (aus HOWIS)	Datenblätter
Wehre	Lagepläne
Kontroll-/Überwachungspunkte	Übersichtslageplan
Hochwasserkontrollrouten	Automatisierung
Absperrereinrichtungen	Anbindung an HOWIS
Wegsperrungen	Einbindung von Fotos
Rohrleitungen	

Abbildung 6: Aufbau des Informationssystems

4 Fazit

Mit Hilfe des lizenzkostenfreien Geographischen Informationssystem QGIS wurde durch den Erftverband ein vollständiges digitales Informationssystem erstellt, das nicht nur einen schnellen Zugriff auf interaktive Karten, sondern auch auf alle sonstigen Informationen und Dokumente ermöglicht, die für die Hochwassereinsatzleitung zur Koordinierung von Schutzmaßnahmen wichtig sind.

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. Jörg Höttges
FH Aachen
Bayernallee 9
52066 Aachen
hoettges@fh-aachen.de

Christian Lassert M.Eng.
Erftverband
Am Erftverband 6
50126 Bergheim
christian.lassert@erftverband.de

Herausforderung Starkregen: Empfehlungen für die modelltechnische Berechnung von extremen Niederschlagsereignissen

Prof. Dr.-Ing. Alpaslan Yörük

Abstract

For the modelling of flood events caused by heavy rainfall, hydronumeric 2D models have been successfully applied in practice. Is it suitable to use roughness coefficients, which are valid for the simulation of flow processes in rivers, for the simulation of superficially running precipitation? Physical experiments at the htw saar indicate that roughness coefficients depending on water depth should be used for the modelling of heavy rainfall events.

Zusammenfassung

Für die Modellierung von Hochwasserereignissen, die durch Starkregen verursacht werden, haben sich hydronumerische 2D-Modelle in der Praxis bewährt. Können Rauheitsbeiwerte, die für die Simulation von Fließprozessen in Gewässern gelten, für die Simulation von oberflächlich abfließendem Niederschlagswasser übernommen werden? Physikalische Versuche an der htw saar zeigen, dass für die Modellierung von Starkregenereignissen besser wassertiefenabhängige Rauheitsbeiwerte anzusetzen sind.

1 Einleitung

Der Klimawandel macht sich auch in unseren Breiten zunehmend bemerkbar. Die Jahresdurchschnittstemperaturen steigen seit mehreren Jahren an (vgl. Abb. 1) und es ist zu erwarten, dass extreme Wetterlagen wie Stürme, Trocken- und Hitzeperioden sowie Starkregenereignisse vermehrt auftreten.

Um der wachsenden Gefahr von Sturzfluten zu begegnen, sind die Kommunen aufgerufen, entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen. Viele Bundesländer unterstützen die Städte und Gemeinden dabei mit finanzieller Förderung für die Aufstellung von Starkregenkonzepten. Vielfach wurden auf Länderebene Leitfäden für die kommunale Starkregenvorsorge entwickelt, die bestimmte Vorgehensweise beschreiben und einheitliche Standards festlegen.

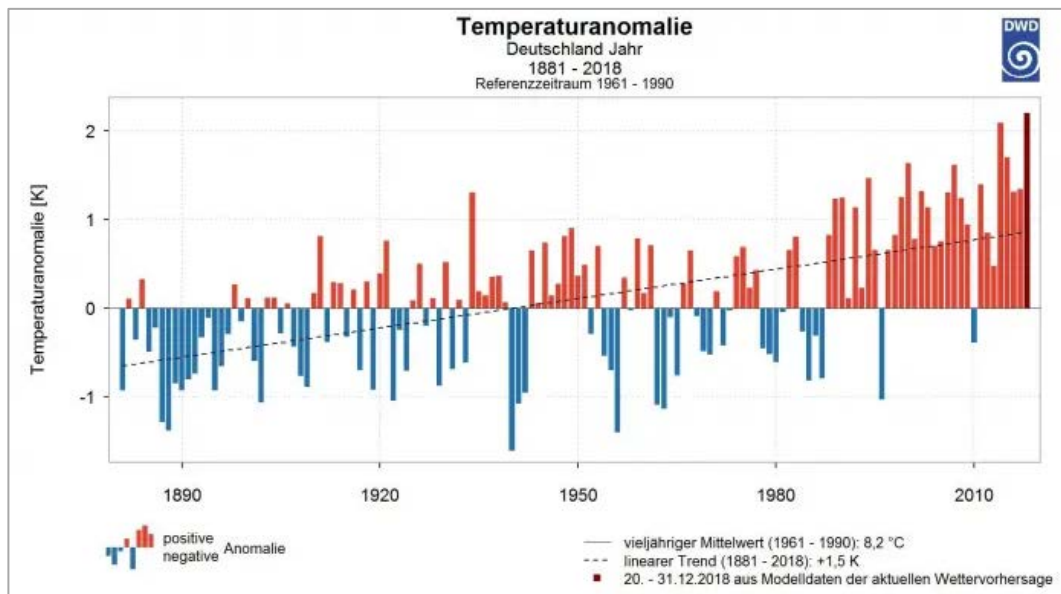


Abb. 1: Entwicklung der Temperaturanomalie in Deutschland seit Beginn der Wetteraufzeichnung (DWD 2020)

Die Grundlage eines kommunalen Starkregenkonzepts ist in der Regel die modelltechnische Berechnung eines Starkregenereignisses. Aus den Simulationsergebnissen lassen sich Starkregengefahrenkarten erstellen, auf deren Basis sich Handlungskonzepte und Risikomanagement-Pläne entwickeln lassen.

2 Modellauswahl

Um Starkregengefahrenkarten erstellen zu können, müssen die entsprechenden Fließprozesse im mathematischen Modell abgebildet werden. Folgende Modellansätze können bereits einzelne relevante Prozesse zur Starkregensimulation abbilden:

- Niederschlag-Abfluss-Modell
- Hydraulisches Modell (1D, 2D,- 3D)
- Kanalnetzmodell
- Gekoppelte Ansätze

Zur Simulation der Fließprozesse bei einem Starkregenereignis wären grundsätzlich die Prozesse Abflussbildung, Abflusskonzentration, das Routing in sich sukzessive bildenden Fließwegen (innerhalb und außerhalb von Gewässern) und innerhalb der Kanalisation zu modellieren. Dementsprechend scheint auf den ersten Blick eine Kopplung der oben genannten Modelle wünschenswert.

2.1 2D-Modelle

In den vergangenen Jahren hat sich ein 2D-Modell allein als Werkzeug zur Simulation von Starkregengefahrenkarten bewährt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die

relevanten Prozesse aus der N-A-Modellierung (Abflussbildung und Abflusskonzentration) sich nahezu vollständig im 2D-Modell abbilden lassen.

So werden Niederschlag und Versickerung/Verdunstung im 2D-Modell durch die Definition von raum- und zeitabhängigen Quell- und Senkentermen abgebildet. Die Konzentration des Effektivniederschlags wird anschließend mittels der Lösung der Flachwassergleichungen direkt berechnet. Dabei ist zu beachten, dass im 2D-Modell nur der Direktabfluss berechnet wird und der Interflow keine Berücksichtigung findet.

Die Kanalisation kann ebenfalls berücksichtigt werden. In der Praxis erfolgt das durch einfache Ansätze über Quell- und Senkenterme oder tlw. über eine Kopplung des 2D-Modells mit dem Kanalnetz-Modell.

Der Nutzen solcher Modelle hat sich in der Vergangenheit als sehr hoch erwiesen. So werden die Ergebnisse herangezogen, um eine Prozess- und Ereignisanalyse zu betreiben. Dadurch werden mögliche Fließwege abgeleitet und die Herkunftsräume der Sturzfluten für definierte Orte abgeleitet. Neben der Gefahrenanalyse sowie der Identifizierung von besonders gefährdeten Bereichen können geeignete Maßnahmen abgeleitet und im Anschluss mittels 2D-Modellierung nachgewiesen werden. Schließlich können die Ergebnisse auch veröffentlicht werden, um Vorsorge auf allen Ebenen bzw. sinnvollen Objektschutz zu ermöglichen.

2.2 Auswahlkriterien 2D-Modell

Bei der Wahl eines 2D-Modells ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass jedes numerische Modell für eine definierte Fragestellung entwickelt wurde und somit stets seine Eignung mit sich bringt. So decken die in der Praxis eingesetzten 2D-Modelle ein Spektrum ab, das von einfachen GIS-Ansätzen bis hin zur vollständigen Lösung des Flachwassergleichungen inkl. Turbulenzansätzen reicht. Weiterhin ist zu beachten, dass die Modelle hinsichtlich der räumlichen Diskretisierung eingeschränkt sind.

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal von 2D-Modellen ist die vollständige numerische Lösung der Simulationsgleichungen. Vereinfachte GIS-Ansätze kommen evtl. zu nicht belastbaren Ergebnissen, weil sie den physikalischen Impuls der Strömung vernachlässigen. Sie eignen sich i.d.R. für eine grobe großräumige Analyse.

Zudem sind Modelle, die zur räumlichen Diskretisierung Netze aus Drei- und Viereckelementen verwenden, besser geeignet, als rasterbasierte Modelle. Die unregelmäßigen Elemente bilden die Topografie des Geländes im Modell mit nahezu der gleichen Genauigkeit ab, wie eine hochaufgelöste Raster-Datengrundlage, benötigen aber weit weniger Simulationszeit.

2.3 Abbildung des Kanalnetzes

Die Überflutungen bei Starkregenereignissen resultieren häufig aus einer Kombination von frei abfließendem Niederschlagswasser und Überstauwasser, das aus Kanalschächten austritt. Bei der Starkregenmodellierung gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Integration des Kanalnetzes.

1. Online-Kopplung: Die Oberflächenabflussmodellierung und die Kanalnetzbe-rechnung erfolgen gleichzeitig. Zu jedem Zeitschritt tauschen die beiden Modelle ihre Abflussdaten aus und berechnen dann den nächsten Zeitschritt.
2. Offline-Kopplung: Eine Kanalnetzberechnung mit den Niederschlagsdaten be-rechnet die Überstau- und die Retentionsprozesse. Diese werden als Zeitreihen mit Quellen- und Senkentermen (freie Kapazität an Einläufen) bei der Oberflä-chenabflussmodellierung berücksichtigt.
3. Vereinfachte Berücksichtigung: Reduktion des Effektivniederschlags in den Ele-menten, die an der Kanalisation angeschlossen sind und/oder Abbildung des Ka-nalüberstaus durch Quell- und Senkenterme.
4. Keine Berücksichtigung: Der Beitrag des Kanalnetzes zu Überflutung bzw. Re-tention wird als sehr gering eingestuft.

Die Entscheidung für eines der Verfahren hängt von der Fragestellung, der Eintrittswahr-scheinlichkeit des Extremereignisses, den lokalen Gegebenheiten und dem gewünsch-ten Modellierungsaufwand ab. Letztlich unterscheiden sich die Ergebnisse der einzelnen Integrationsabstufungen meist nur im Detail. Aber gerade darauf kommt es bei Hoch-wasserstudien ja manchmal an.

Grundsätzlich bringt für extreme Ereignisse die Berücksichtigung des Kanalnetzes kei-nen Mehrwert. Daher wird in den meisten Fällen die Kanalisation maximal vereinfacht berücksichtigt.

Je höher die Eintrittswahrscheinlichkeit des Regenereignisses ist, umso stärker kann das Kanalnetz eine Rolle spielen und die Unsicherheiten bei keiner oder bei der verein-fachten Berücksichtigung nehmen zu.

Die gekoppelte Modellierung bietet in jedem Fall den Vorteil, dass man differenzierte Kenntnisse über die beiden Systeme Kanalnetz und Oberfläche gewinnt. Nachteil ist der höhere technische und zeitliche Aufwand.

3 Modellgrenzen bei der 2D-Starkregensimulation

Der Einsatz sowie die Parametrisierung von 2D-Modellen haben sich bisher für die Fließ-gewässerhydraulik bewährt. Dabei wird die Fließbewegung unter Vernachlässigung der vertikalen Geschwindigkeiten/Beschleunigung auf die Ebene reduziert. Zusätzlich wird eine geringe Sohlneigung angenommen.

Der maßgebliche Parameter in der 2D-Modellierung ist die Sohlrauheit, die in der Praxis auf Erfahrungswerten aus der Fließgewässerhydraulik beruht.

Beim Vergleich der Gewässerhydraulischen Modellierung mit der Starkregensimulation sind zwei Aspekte zu prüfen:

- Können die aus der Gewässerhydraulik bekannten Rauheitswerte auch bei der Starkregensimulation Verwendung finden?
- Bei der Starkregenmodellierung kann das Gefälle im Einzugsgebiet deutlich höher liegen als bei der Modellierung von Fließgewässern. Führt das zu Ungenauigkeiten in der 2D-Modellierung?

Diese beiden Aspekte werden aktuell im Rahmen eines Forschungsprojektes an der htw saar untersucht. Im nachfolgenden Kapitel wird auf erste Ergebnisse aus den Untersuchungen zu den Rauheitswerten eingegangen. Die Untersuchungen zu der Sohlneigung sind derzeit noch in Bearbeitung.

3.1 Übertragbarkeit der Fließgewässerrauheiten

Bei vielen Projekten zur Starkregenmodellierung hat sich gezeigt, dass die Verwendung der Fließgewässer-Rauheiten eine zu schnelle Abflusskonzentration zur Folge hat und die Abflussspitze am Ende des Einzugsgebietes überschätzt wird. Eine Literatursauswertung zeigt, dass bei Dünnfilmabfluss Stricklerwerte von ca. 3-6 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ (beispielsweise Gras) üblich sind. Erfahrungen aus Modellstudien zeigen, dass ein Rauheitsbeiwert in Abhängigkeit von der Wassertiefe zu definieren ist. Daher wurden im Labor der htw saar Versuche für unterschiedliche Sohlmaterialien durchgeführt, um die tiefenabhängige Rauheit kontinuierlich quantifizieren zu können.

3.2 Ergebnisse Laborversuche

Im Rahmen der Laborversuche wurden für unterschiedliche Sohlmaterialien die Rauheiten bei veränderlicher Wassertiefe und Sohlneigung untersucht. In Abbildung 2 sind die Ergebnisse für das Material „Kunstrasen“ dargestellt und mit dem in Baden-Württemberg üblichen Praxisansatz (BW-Ansatz) verglichen.

Das Ergebnis zeigt eindeutig die Tiefenabhängigkeit des Stricklerwertes an. Somit ist zum einen nachgewiesen, dass eine tiefenabhängige Abbildung der Sohlrauheit bei geringen Wassertiefen im 2D-Modell unumgänglich ist. Des Weiteren ist auf Grundlage der Ergebnisse der Verlauf der Tiefenabhängigkeit dargestellt.

Die aktuellen Untersuchungen zielen darauf ab, den wassertiefenabhängigen Verlauf für unterschiedliche Materialien auszuwerten und eine allgemeingültige Funktion abzuleiten. Dabei soll der Einfluss der Sohlneigung ebenfalls berücksichtigt werden.

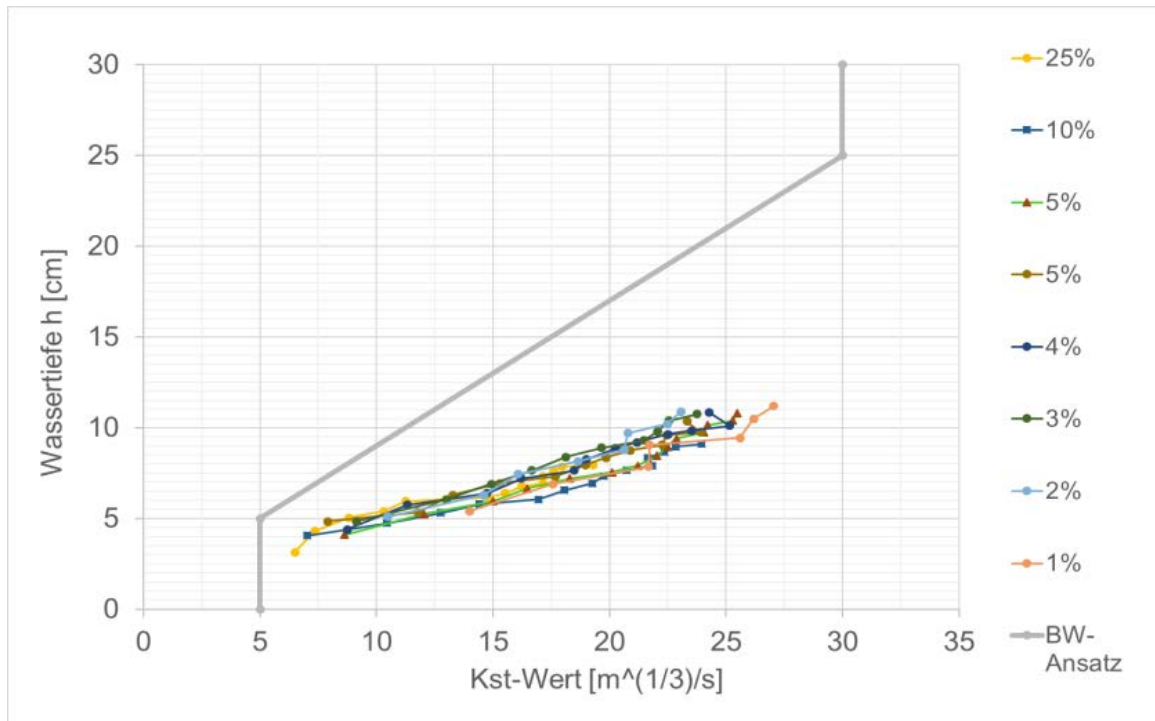


Abb. 2: Experimentell ermittelte Sohl-Stricklerwerte in Abhängigkeit von Gefälle und Wassertiefe bei Kunstrasen verglichen mit dem Praxisansatz in Baden-Württemberg

3.3 Anpassung des Rauheitsansatzes im 2D-Modell

Werden 2D-Modelle für die Simulation von Starkregengefahrenkarten eingesetzt, ist zwingend die tiefenabhängige Rauheit zu berücksichtigen. Aktuell können wassertiefenabhängige Rauheiten mit linearem Verlauf in HYDRO_AS-2D verwendet werden.

Grundsätzlich ist jedoch ein neuer Rauheitsansatz für die 2D-Modellierung zu entwickeln (vgl. DWA M524, DWA 2018). Dazu werden aktuell mit dem Programm HYDRO_AS-2D Untersuchungen durchgeführt:

1. Vereinfachte Abbildung der Vegetation als Sohlreibungsterm (nach Gualtieri 2018)
2. Anpassung des logarithmischen Geschwindigkeitsprofils an die Bewuchshöhe („Nullpunktverschiebung“)

Zur Verifizierung der im 2D-Modell implementierten Ansätze wurden Versuchsdaten aus Wilson und Horritt (2002) herangezogen.

Die Messwerte zeigen zunächst, dass der Stricklerwert bei Wassertiefen, die ca. das Dreifache der Grashöhe (h_P) betragen, den Rauheitswerten aus der Gerinnehydraulik entspricht. Mit geringer werdender Wassertiefe nimmt die Rauheit zu.

Dieser Verlauf kann im 2D-Modell grundsätzlich mit beiden Ansätzen nachgebildet werden. Allerdings zeigen die derzeitigen Ergebnisse, dass der Ansatz der Nullpunktverschiebung sich bei geringer werdender Wassertiefe deutlich besser eignet.

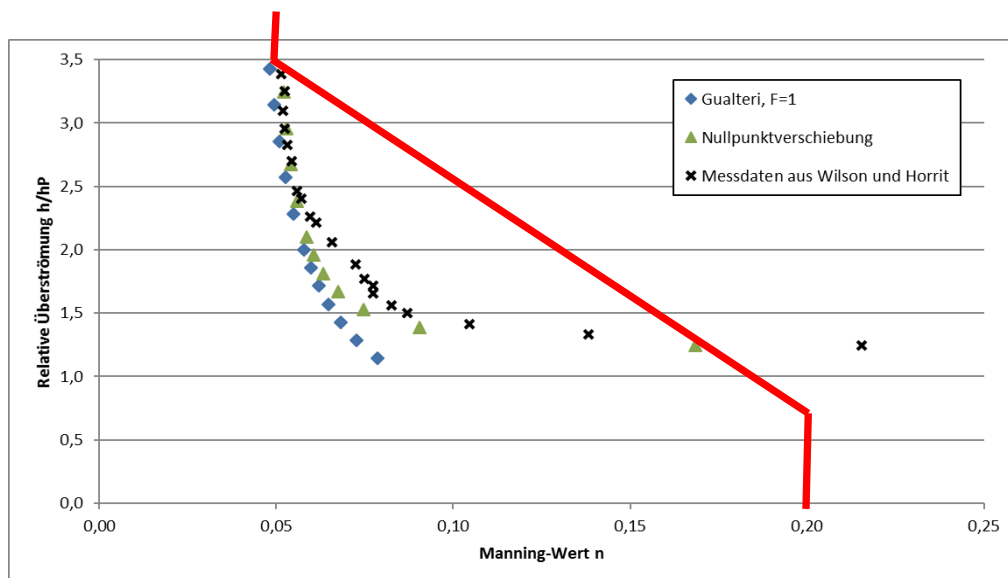


Abb. 3: Vergleich von Messdaten aus der Literaturdaten mit dem Ansatz der Nullpunktverschiebung

4 Fazit

2D-Hydrnumerische Modelle sind sehr gut für die Modellierung von Starkregenereignissen geeignet. Dabei ist jedoch zu beachten:

- Der Modellansatz sowie der Modellaufbau sind nach der Fragestellung sowie den Gebietscharakteristiken zu wählen. Bevorzugt ist ein echtes 2D-Modell zu wählen, das die numerischen Gleichungen vollständig löst.
- In der Regel reicht die hydrnumerische Modellierung ohne Kanalnetzkopplung für die Berechnung von Extremereignissen aus.
- Der klassische Rauheitsansatz ist für geringe Wassertiefen anzupassen, da die Rauheit sich als eine wasserstandsabhängige Größe erwiesen hat. Der Einfluss des Sohlgefälles auf die Modellqualität ist noch zu untersuchen.

5 Literatur

DWA (2018). Hydraulische Berechnung von Fließgewässern mit Vegetation - Gelbdruck. Bd. 524. DWA-Regelwerk. Hamburg: DWA

DWD (2020) Temperaturanomalie Deutschland Jahr 1881 - 2029, https://www.dwd.de/DE/leistungen/_config/leistungsteckbriefPublication.pdf, Download am 27.04.2020

Gualtieri, P. et. al. (2018). Use of conventional flow resistance equations and a model for the Nikuradse roughness in vegetated flows at high submergence. In: Journal of Hydrology and Hydromechanics

Wilson, C. A. M. E.; Horritt, M. S. (2002): "Measuring the flow resistance of submerged grass". In: Hydrological Processes 16, S. 2589–2598.

Anschrift des Verfassers

Prof. Dr.-Ing. Alpaslan Yörük
Lehrgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft
Campus Alt-Saarbrücken
Goebenstraße 40
66117 Saarbrücken

Extremwertstatistische Untersuchung von Starkniederschlägen in NRW 2020

Fortschreibung des ExUS - Projektes

Roland Funke, Vera Schimetzek (LANUV NRW), Markus Quirnbach (Hochschule Ruhr West), Thomas Einfalt (hydro & meteo GmbH), Elke Freistühler (dr. papadakis GmbH), Gerd Langstädtler (aqua_plan GmbH)

Abstract

After ten years, the old ExUS 2010 study on extreme value statistical investigations of heavy precipitation in North Rhine-Westphalia was relaunched with a new data set and an extended scope of investigation. This article presents first results on trends in annual, half-yearly and monthly precipitation totals as well as in partial series reflecting heavy rainfall behaviour.

Zusammenfassung

Nach zehn Jahren wurde die alte ExUS 2010 – Studie zu extremwertstatistischen Untersuchungen von Starkniederschlägen in NRW mit einem neuen Datensatz und einem erweiterten Untersuchungsumfang neu aufgelegt. In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse zu Trends in den Jahres-, Halbjahres- und Monatsniederschlagssummen sowie in partiellen Serien, die das Starkregenverhalten widerspiegeln, präsentiert.

1 Einführung in die Studien ExUS 2010 und ExUS 2020

Im Jahr 2010 wurde das F & E – Vorhaben „Extremwertstatistische Untersuchung von Starkniederschlägen in NRW“ (ExUS 2010) für den Zeitraum 1951 – 2008 durchgeführt. Dabei standen Starkregenauswertungen auf Tagesbasis, Entwicklungen in den Monats- und Jahressummen, Veränderungen in den partiellen Serien (der Niederschlagsstatistik) sowie zukünftige Entwicklungen in Klimaprojektionen im Vordergrund. Bereits damals stellten die Ergebnisse eine wichtige Grundlage für die Abschätzung zukünftiger Entwicklungen des Niederschlags dar, und sie wurden und werden daher in vielen weiteren Studien und Projekten genutzt.

Seit dem Abschluss dieser Studie stehen mittlerweile Messdaten aus zehn weiteren Jahren zur Verfügung, und auch die Fragen, die sich aus den Folgen des Klimawandels ergeben, sind vielschichtiger geworden. Insbesondere die Entwicklung von Starkregen kürzerer Dauerstufen, die Veränderungen der Lufttemperatur sowie der Trockenzeiten als auch Erkenntnisse aus räumlich hoch aufgelösten Radarniederschlagsdaten haben

nicht nur eine Neuauflage, sondern auch eine Erweiterung des Untersuchungsumfangs in der neuen ExUS 2020 – Studie erforderlich gemacht.

Das wesentliche Ziel der ExUS 2020 – Studie ist die Analyse und Darstellung der regional differenzierten Veränderungen von Kenngrößen des Niederschlages (von kurzen Starkregen bis zu Jahressummen) in den letzten 60 Jahren (Datenbasis 1961 – 2018). Die Ergebnisse stellen die Grundlagen für wasserwirtschaftliche Bewertungen und Planungen, zur Klimaanpassungsplanung sowie zur Bewertung des Klimawandels dar. Gegenüber primär wissenschaftlich ausgerichteten Analysen erfolgt in ExUS 2020 in erster Linie eine praxisorientierte Datenaufbereitung und Ergebnisdarstellung.

Das Besondere der ExUS 2020 – Studie ist, dass gegenüber anderer Studien nicht nur einzelne Aspekte des Niederschlages, sondern umfassende und flächendeckende extremwertstatistische Auswertungen durchgeführt werden. Durch die ergänzenden Untersuchungen zur Lufttemperatur, Trockenzeiten, Radarniederschlagsdaten und Klimaprojektionen wird so ein umfassendes und zusammenhängendes Bild der Niederschlagsentwicklung in Nordrhein-Westfalen gegeben. Gegenüber z. B. dem KOSTRA-DWD-2010R werden darüber hinaus nicht nur mittlere (statistische) Zustände, sondern auch Entwicklungen / Trends des Niederschlagsgeschehens dargestellt. Zudem können auf Basis von Großlandschaften regionale spezifische Aussagen getroffen werden.

Die ExUS 2020 – Studie stellt ein Kooperationsprojekt dar, in dem der Fachbereich 51 des LANUV NRW die Projektleitung übernimmt. Dabei wird das LANUV durch Prof. Dr. Markus Quirnbach von der Hochschule Ruhr West wissenschaftlich unterstützt. Die weiteren Kooperationspartner sind die drei Ingenieurbüros hydro & meteo GmbH, dr. papadakis GmbH und aqua_plan GmbH, die auch bereits in der ExUS 2010 – Studie mitgewirkt haben. Weitere Unterstützung erhält das Kooperationsprojekt durch einen wissenschaftlichen Begleitkreis aus Wasserwirtschaftsverbänden, dem Deutschen Wetterdienst, Kommunen sowie Hochschulen, der etwa alle sechs Monate zusammenkommt.

2 Datengrundlage und Ergebnisse der Datenprüfung

Als Datengrundlage wird für alle Untersuchungen der Zeitbereich 1961 – 2018 (Wasserwirtschaftsjahre) festgelegt. Die Dekade 1951 – 1960 aus ExUS 2010 wird nicht mehr untersucht, da dieser Zeitraum überproportional durch Stationen in der Emscher-Lippe-Region geprägt war. Um frühzeitig die Fachöffentlichkeit im Rahmen des IWASA über das Projekt zu informieren, wurden zunächst die Stationen aus ExUS 2010 fortgeschrieben, da für diese Stationen bereits bis 2008 geprüfte Messdaten vorliegen und nur noch die letzten zehn Jahre ergänzend geprüft werden mussten. Aufgrund der hohen Anzahl an Stationen können die erzielten Ergebnisse für Gesamt-NRW bereits als repräsentativ angesehen werden. Für die Auswertungen in den Großlandschaften werden im Anschluss weitere Messdaten geprüft, um eine höhere Stationsdichte zu erzielen. Die einzelnen Untersuchungen in ExUS 2020 greifen auf zwei verschiedene Datenpools zurück:

Lange Zeitreihen (1961 – 2018) mit maximal zwei Ausfalljahren pro Dekade

Bei den meisten statistischen Trenduntersuchungen (u. a. Jahressummen, Grenzwertüberschreitungen) muss bei der Auswahl der Stationen sichergestellt werden, dass die berücksichtigten Werte von denselben Stationen stammen. Würden z. B. in einer Dekade besonders viele Zeitreihen an Stationen in den Mittelgebirgen vorliegen, würde dies aufgrund orographischer Effekte zwangsläufig zu einem Anstieg der mittleren Jahresniederschlagssumme führen. Es werden daher für die meisten Trenduntersuchungen ausschließlich lange Zeitreihen (1961 – 2018) verwendet, in denen pro Dekade maximal zwei Ausfalljahre aufgetreten sind. Nach der Datenprüfung erfüllen 46 Stationen mit kontinuierlichen Zeitreihen und 103 Stationen mit Tageswerten dieses Kriterium (siehe Abbildung 1).

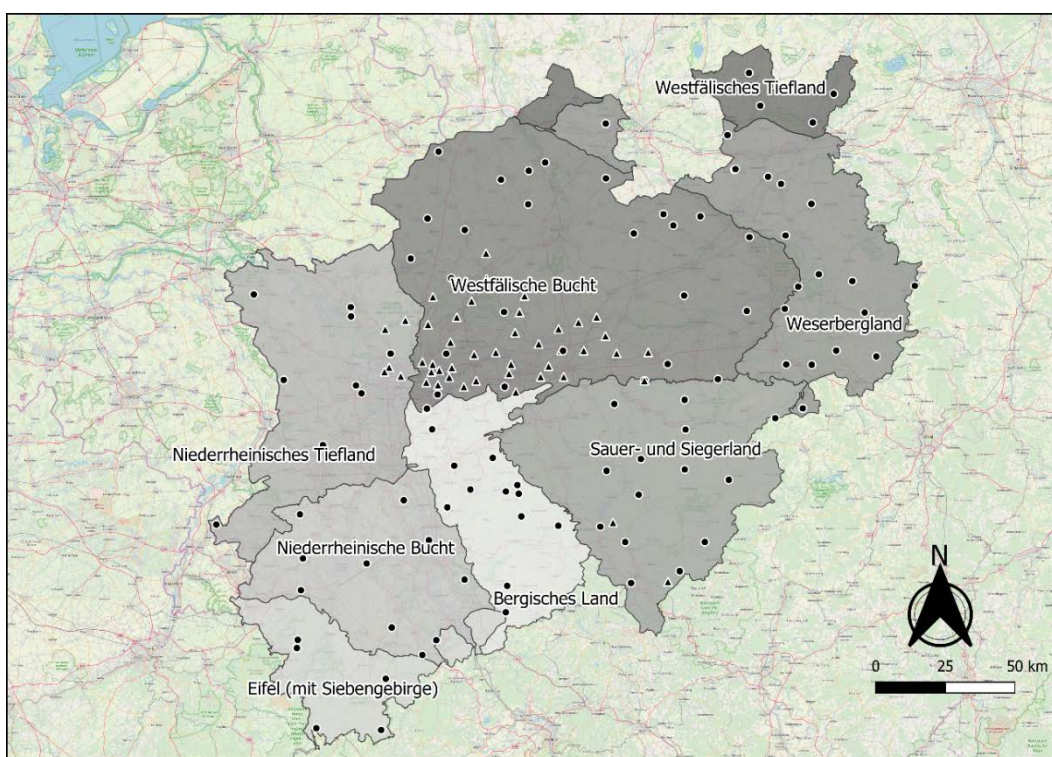


Abb. 1: Stationen mit langen Zeitreihen (1961 – 2018), Dreiecke: Stationen mit kontinuierlichen Zeitreihen, Kreise: Stationen mit Tageswerten

Kurze Zeitreihen ($L \geq 20$ a)

Bei den kurzen Zeitreihen werden nicht so strenge Auswahlkriterien wie bei den langen Zeitreihen angesetzt. Hier werden Stationen berücksichtigt, wenn diese mindestens eine Zeitreihenlänge $L \geq 20$ Jahre besitzen. Diese Zeitreihen werden nur für die Auswertung der partiellen Serien (welche in die Niederschlagsstatistik eingehen) verwendet. Da die Anzahl der Ereignisse in den einzelnen Jahren der partiellen Serie proportional die Anteile an einer Station widerspiegelt, können die berücksichtigten Zeiträume an den einzelnen Stationen variieren. Es werden daher alle kontinuierlichen Zeitreihen mit $L \geq 20$

Jahre für die Analyse der partiellen Serien berücksichtigt. Auf der aktuellen Datenbasis stehen so zwischen 51 (Mittelwert für die Dekade 1961 – 1970) und 164 (Mittelwert für die Dekade 1991 – 2000) geprüfte kontinuierliche Zeitreihen zur Verfügung. Aufgrund der inhomogenen räumlichen Verteilung der Stationen werden im weiteren Projektverlauf weitere Stationen geprüft und berücksichtigt.

3 Auswertung der Jahres-, Halbjahres und Monatssummen

Die Auswertungen der Jahres-, Halbjahres- und Monatsniederschlagssummen auf Basis der langen Zeitreihen zeigen für den Zeitraum 1961 – 2018 durchweg keine signifikanten Veränderungen. In Abbildung 2 werden exemplarisch die Veränderungen der Halbjahresniederschlagssummen dargestellt. Damit ergeben sich etwas andere Aussagen, als diese noch in den Studien zu ExUS 2010 (LANUV, 2010) und dynaklim (Quirnbach et al., 2012) gemacht wurden, da die aktuellen Trendanalysen zu den Jahres- und Halbjahressummen sehr stark durch die trockene Dekade am Ende des Untersuchungszeitraums geprägt werden. Durch die regelmäßig auftretenden trockenen Dekaden (1970er-Jahre, 2010er-Jahre) ist ein Untersuchungszeitraum von 60 Jahren zu kurz für belastbare Trendaussagen, da die Wahl des Start- und Endzeitpunkts der Trendanalyse einen überproportionalen Einfluss besitzt. Eine Auswertung der auf dem DWD-Datenserver (DWD, 2020) verfügbaren Niederschlagsdaten für NRW mit Beginn im Jahr 1882 zeigt aber, dass bei der Betrachtung dieser 136 Jahre mit einer Zunahme von knapp 0,7 mm pro Jahr zu rechnen ist (Signifikanzniveau nach dem Mann-Kendall-Test: 95 %).

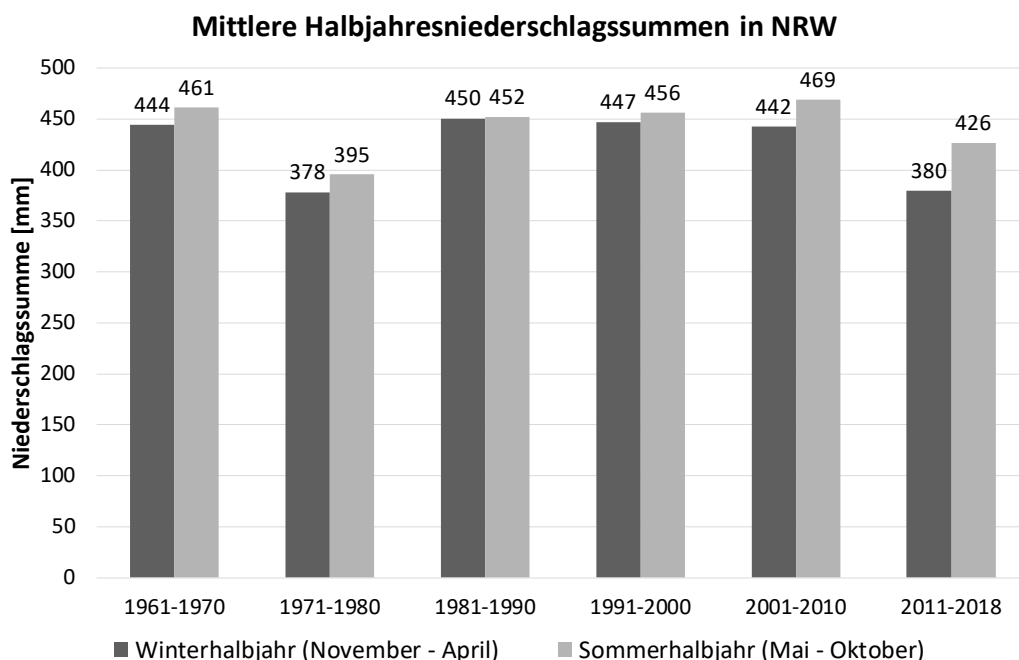


Abb. 2: Veränderungen der Halbjahresniederschlagssummen in NRW für den Zeitraum 1961 – 2018

4 Auswertung der partiellen Serien

Partielle Serien sind ein Zwischenprodukt der Niederschlagsstatistik nach dem DWA-A 531 (DWA, 2012), bei der die größten Niederschlagsereignisse einer Dauerstufe über einem Schwellenwert ausgewählt werden. Bei der Auswertung der partiellen Serien ist über alle untersuchten Dauerstufen eine Zunahme der Starkregen über den Zeitraum 1961 – 2018 festzustellen. Die Trends in den Dauerstufen unterscheiden sich aber hinsichtlich des Signifikanzniveaus. Während das Signifikanzniveau der Trends für die Dauerstufen zwischen $D = 5$ min und $D = 60$ min noch über 99 % liegt, sinkt es kontinuierlich mit größer werdenden Dauerstufen ab. Für die langen Dauerstufen $D = 12$ h und $D = 24$ h sinkt das Signifikanzniveau auf unter 90 % ab. Für diese beiden Dauerstufen ist sogar ein Rückgang der Ereignisse der partiellen Serien seit 2001 festzustellen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass seit 2001 die Landregen (lange Dauerstufen) abnehmen, dafür aber die konvektiven (kurzen) Starkregen zunehmen. In Abbildung 3 wird die Veränderung der Anzahl der Starkregenereignisse der partiellen Serie für die Dauerstufe $D = 60$ min in NRW gezeigt (Signifikanzniveau nach dem Mann-Kendall-Test: 99,8 %).

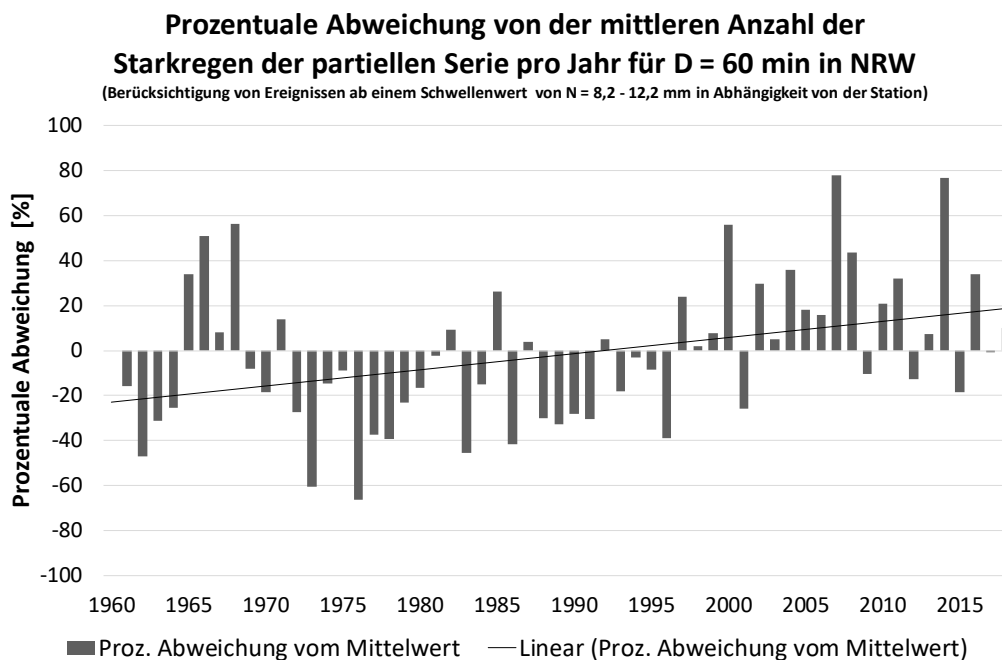


Abb. 3: Prozentuale Abweichung von der mittleren Anzahl der Starkregen der partiellen Serie pro Jahr für $D = 60$ min in NRW im Zeitraum 1961 – 2018

Bei den kurzen Dauerstufen ($D < 60$ min) wird der Klimatrend allerdings durch den Einfluss der Gerätetechnik überlagert (Einführung Wägetechnik ab 2000). Hierzu werden weitere Untersuchungen im Rahmen von ExUS 2020 folgen. Eine Sensitivitätsanalyse zeigt, dass der verfügbare Datenbestand für Auswertungen in Gesamt-NRW bereits ausreichend groß ist. Für Aussagen zu den Großlandschaften werden die Stationen aber regional noch weiter verdichtet.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Mit den Auswertungen zu den Jahres-, Halbjahres- und Monatsniederschlagssummen sowie zu den partiellen Serien wurden bereits die ersten wesentlichen Untersuchungen aus der ExUS 2010 – Studie auf Basis eines neuen Datenbestandes aktualisiert und abgeschlossen. Einzelne Ergebnisse insbesondere zu den Starkregen aus der partiellen Serie bestätigen die Trendaussagen der alten Studie, während bei den Bilanzwerten ein weniger eindeutiges Trendverhalten festzustellen ist.

In einem nächsten Schritt folgen nun diverse Untersuchungen zu Grenzwertüberschreitungen / Starkregen (z. B. $N \geq 20$ mm/d), zu Grenzwertunterschreitungen / Trockenzeiten (z. B. $N < 0,1$ mm/d, Dürreindizes) sowie zu stadthydrologisch relevanten Kenngrößen kurzer Dauerstufen (z. B. Entwicklung statistisch ermittelter Niederschlagshöhen nach dem DWA-A 531 (DWA, 2012)). Einen weiteren eigenen Block stellen diverse Untersuchungen zu Radarniederschlagsdaten dar.

6 Literatur

DWA (2012): Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer, Arbeitsblatt DWA-A 531, September 2012, Hennef, ISBN 978-3-942964-28-9

DWD (2020): CDC – Climate Data Center des Deutschen Wetterdienstes, https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html (letzter Zugriff 15.03.2020)

LANUV NRW (2010): Extremwertstatistische Untersuchung von Starkniederschlägen in NRW (ExUS), Abschlussbericht erstellt für das LANUV NRW durch die Arbeitsgemeinschaft aqua_plan GmbH, hydro_meteo GmbH & Co. KG und dr. papadakis GmbH, 2010: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/klima/pdf/ExUS_Bericht_1a.pdf (letzter Zugriff 15.03.2020)

Quirnbach, M., Freistühler, E., Papadakis, I. (2012): Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region – Analysen zu den Parametern Lufttemperatur und Niederschlag, dynaklim-Publikation, Nr. 30, November 2012

Anschrift des Verfassers

Dipl.-Ing. Roland Funke
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
FB 51 Hydrologie und Messnetzzentrale
Dienstort: Wuhanstraße 6, 47051 Duisburg
Postanschrift: Postfach 101052, 45610 Recklinghausen
Roland.funke@lanuv.nrw.de

Kritische Infrastrukturen und Bevölkerungsschutz bei Starkregenereignissen

Fekete, Alexander

Abstract

Starkregen und Sturzfluten erzeugen nicht nur direkte Schäden, sondern betreffen auch Infrastruktur wie etwa Straßen, Wasser- und Stromversorgung. Diese indirekten Schäden durch Ausfall oder Beeinträchtigung besonders relevanter, also kritischer Infrastrukturen sind für Feuerwehr, Rettungsdienste wie auch Katastrophenschutz von besonderem Interesse, da sie auch für den Einsatzfall und die Einsatzmittel unerlässlich sind. Während das Thema Kritische Infrastruktur im Bevölkerungsschutz zumindest konzeptionell erfasst ist, fehlen zum Bereich Starkregen und Sturzfluten vielerorts noch konkrete Analysen oder Maßnahmen. Für den Wasserbau und die Wasserwirtschaft ergeben sich vielerlei Möglichkeiten, bestehende Modellierungen und Kartierungen um das Querschnittsthema Kritische Infrastruktur zu erweitern, was auch eine große gesellschaftliche Relevanz hat.

Zusammenfassung

Beim Thema Hochwasser und Starkregen gibt es andere Anforderungen und Blickwinkel aus dem Bevölkerungsschutz, als bei anderen typischen Zielgruppen der Wasserwirtschaft/des Wasserbaus. Zwar sind für den Bevölkerungsschutz auch bauliche Vorsorge- und raumplanerische Aspekte wichtig für den Bereich der Katastrophenvorsorge und Hochwasservermeidung. Durch die räumlich schwer vorhersagbaren Eintrittswahrscheinlichkeiten müssen für Starkregen und Sturzfluten, entgegen der Flusshochwasserplanung andere, generell anwendbare Maßnahmen entwickelt und vorgeschlagen werden. Dies kommt den Einsatzkräften im operativen Geschehen des Bevölkerungsschutzes auch entgegen, da ein Großteil der Gefahrenabwehr in Deutschland auf Feuerwehren und anderen Hilfsorganisationen ruht, die sich als Generalisten verstehen und versuchen, sich Einsatzmittel wie auch Kenntnisse für vielerlei Situationen anzueignen.

Insbesondere das Thema `Kritische Infrastrukturen` eignet sich für den Wasserbau und die Wasserwirtschaft als Querschnittsthema mit hoher gesellschaftlicher Relevanz. Durch rezente Starkregenereignisse wurden immer wieder auch die für die Einsatzfahrzeuge der Gefahrenabwehr wichtige Bahntrassen oder Unterführungen überflutet, Bauwerke der Stromversorgung wie auch Wasserversorgung waren ebenfalls betroffen. Diese Objekte in Risikozonierungskarten aufzunehmen und ggf. sogar eigene Karten in

vereinfachter Sprache und detailgenau für Einsatzorte herzustellen, könnte eine mögliche Zukunftsaufgabe sein. Weitere Parameter für die Modellierung, welche für Einsatzkräfte interessant sind, wären Angaben zu Wasserstand, Durchflussgeschwindigkeit und die Auswirkungen von mitgeschwemmter Fracht auf Menschen und Einsatzfahrzeuge.

Einleitung

Starkregen und Sturzfluten sind bei Feuerwehren und anderen Katastrophenschutzorganisationen in den vergangenen Jahren verstärkt als relevante Gefahr ins Bewusstsein gerückt. Regional sehr unterschiedlich verteilt, gab es mancherorts eine Vielzahl von Einsätzen, bei denen die Ressourcen der Einsatzkräfte gebunden waren und für andere Einsätze z.T. nicht mehr zur Verfügung standen. Während das Leerpumpen vollgelaufener Keller in Wohngebäuden zu Standardaufgaben der Einsatzkräfte gehört, sind jedoch insbesondere überflutete Unterführungen, Ausfälle der Stromversorgung oder der Wasserversorgung auch für das Funktionieren der Einsatzorganisationen eine Herausforderung. Ebenso hatte Flusshochwasser in jüngerer Zeit dazu geführt, die Verwundbarkeit der modernen Gesellschaft und ihrer kritischen Infrastruktur, von der sie abhängt, neu ins Bewusstsein zu rücken. Der folgende Beitrag untersucht die Bedeutung des Themas `Kritische Infrastruktur` für den Wasserbau und die Wasserwirtschaft. Er untersucht dabei die folgenden Leitfragen:

- Welche Problemstellungen zum Thema `Kritische Infrastruktur` wären künftig interessant?
- Wie kann man bestehende Modelle um den Punkt `Kritische Infrastruktur` ergänzen?
- Risikokarten: wie können in diese Modelle Kaskadeneffekte und Sekundärgefahren aufgenommen werden?
- Welche Angaben aus der Modellierung von Starkregen und Sturzfluten wären für Einsatzkräfte interessant?

1.1 Entwicklung des Themas „Kritische Infrastrukturen“

„Kritische Infrastrukturen sind Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden.“ (BMI 2009)

Die Definition zeigt die nationale Sicht des Bundes auf jene Infrastrukturen, die zum Funktionieren seiner Einrichtungen und damit des öffentlichen Lebens essentiell, also kritisch sind. Die aktuelle Liste des Bundes mit gegenwärtig neun Sektoren wie Energie, Wasserver- und entsorgung, Verkehr (darin auch Wasserstraßen), Verwaltung usw. ist auf einer eigens eingerichteten Webseite www.kritis.bund.de zu finden. Entwickelt hat

sich das Thema `Kritische Infrastrukturen` in den 1990er Jahren in den USA als Reaktion auf Terroranschläge, und nach den Anschlägen des 11.Sept. 2001 wurde das Thema weltweit zunächst bei zuständigen Behörden der Innenministerien bekannt. In der EU insbesondere durch Stromausfälle wie 2006, als europaweit der Strom bis Marokko ausfiel. In Deutschland trugen Flusshochwasser von 1997 und 2002 dazu bei, dass das Thema, abgekürzt als KRITIS, neben der Befassung mit Naturkatastrophen auch in den Bevölkerungsschutz aufgenommen wurde. 2002 wurde der überflutete Bahnhof in Dresden ein Sinnbild für die Betroffenheit der Infrastruktur, auch Kulturgüter wie z.B. der Zwinger in Dresden werden zur Liste der offiziellen KRITIS gezählt. Stromausfälle und überspülte Bahntrassen in Folge von Flusshochwasser oder Starkregen erregten immer wieder in Folgejahren die Aufmerksamkeit von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS). Aber auch die Methodiken der Priorisierung von Infrastrukturelementen und -prozessen wurden in jüngerer Zeit von anderen Behörden aufgegriffen, wie etwa der BAW. Mit Wasser befasste Organisationen wie die DWA, veröffentlichten Richtlinien zum Management von relevanter Infrastruktur, um die Betriebskontinuität zu gewährleisten. Wichtig zu erwähnen ist noch die Nähe des Themas KRITIS zu Unterbrechungen und Angriffen aus dem Cyberraum, weswegen sich recht früh auch das BSI in Deutschland des Themas KRITIS annahm.

Tab. 1: Entwicklung des Themas Kritische Infrastruktur national wie international anhand ausgewählter Beispiele

Ebene	Deutschland	International
Ereignisse	Hochwasser 1997, 2002, 2012 PC-Datumsumstellung „Y2K“ Stürme 2005, Kyrill etc. EU-Blackout 2006 „Emslandschiff“	Anschläge (WTC 1993, Oklahoma 1996, 9-11) Naturgefahren (Hurricane Katrina) „Kaskadeneffekte“ (Fukushima 2011) Cyberangriffe (im Baltikum, Ukraine, Iran)
Reaktionen von Behörden und Institutionen	IT-Technik (BSI ab 2000) Bevölkerungsschutz (BBK ab 2003) Cyberabwehrzentrum 2012	USA: Kommission des Präsidenten zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (PCCIP) 1996 EU Richtlinien UN: Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015
Forschung	Hochwasser-Verwundbarkeit Wahrnehmung der Bevölkerung Inselversorgung	Interdependenzen Wandel von Risiko zu Resilienz Analyse von Elementen Modellierung (SantaFe Institute, Argonne Lab)

1.2 Indirekte Auswirkungen und Interdependenzen

Für die Analyse und Modellierung von KRITIS und den Auswirkungen ihrer Ausfälle oder Beeinträchtigungen ist besonders interessant, dass sie indirekte Schäden hervorrufen. Mitunter verwirrend, werden z.B. Stromausfälle manchmal als Gefahr, manchmal als Schaden betrachtet. Dabei wirken Stromausfälle einerseits zwar selbst auf betroffene Ebenen ein (z.B. betroffene Kunden in der Wohnbevölkerung, Straßenverkehr, Wirtschaft usw.) (Abb. 1). Werden Stromausfälle jedoch durch Einwirkungen von außerhalb der Stromversorgung selbst hervorgerufen, also z.B. durch Hochwasser, dann sind KRITIS Mittler, die einerseits selbst betroffen sind, andererseits durch ihren Ausfall andere Bereiche betreffen. Es gibt synonym genutzte Begriffe wie etwa Sekundärgefahr, Ausfälle erster und zweiter Ordnung, Dominoeffekte, Kaskadeneffekte usw., was eine Orientierung zum Einstieg erschwert. Empfehlenswert ist ein Standardwerk (Rinaldi et al. 2001), in dem verschiedene Skalen für KRITIS-Ausfälle definiert werden, sowie vier Typen, sog. Interdependenzen (gegenseitiger Abhängigkeiten). Diese Interdependenzen entstehen entweder an räumlichen Überlagerungspunkten verschiedener Infrastrukturen, oder wenn Güter von einer Infrastruktur zu anderen übergeben werden. Dann gibt es noch digitale oder logische Interdependenzen, wenn Abhängigkeiten über das Internet entstehen oder Handlungen von Menschen auch auf entfernte Ereignisse (z.B. Nuklearunfall in Japan 2011) folgen.

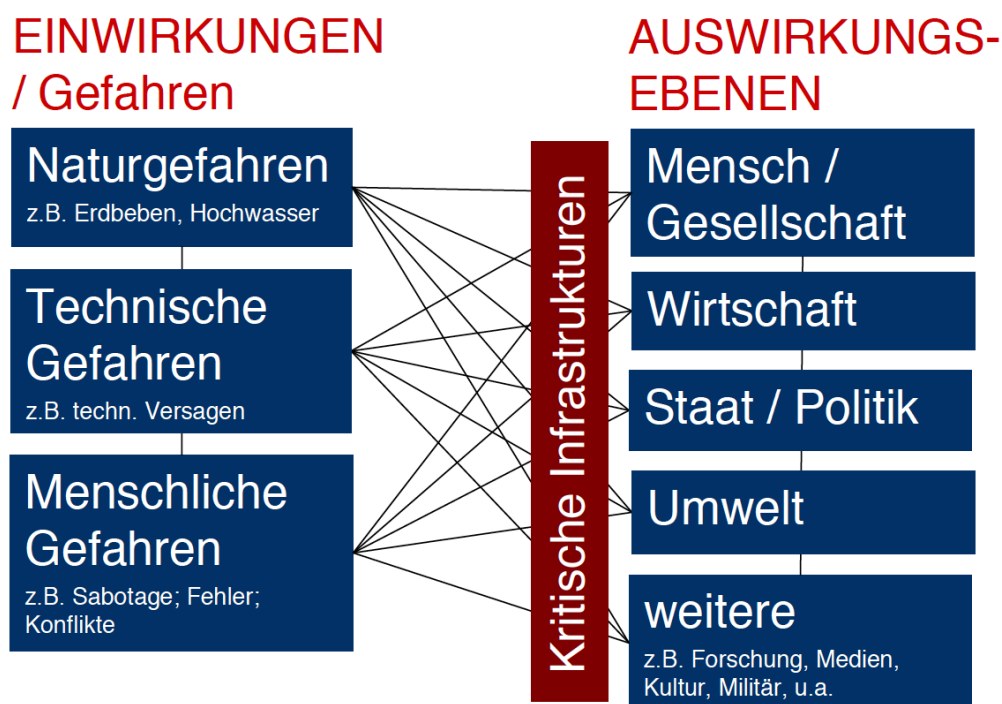


Abb. 1: Kritische Infrastrukturen als Mittler zwischen externen Einwirkungen und vielfältigen Auswirkungen

Aktuell werden in der Forschung insbesondere die Begriffe Kaskadeneffekte und Überlagernde Ereignisse (compounding events) untersucht und z.B. bei Multi-Risikoanalysen

von Katastrophenrisiken oder Klimawandel behandelt, aber auch in Bezug auf Hochwasser (Fekete). Es gibt auch mehrere nationale Forschungsprojekte, die sich mit Interdependenzen von KRITIS befasst haben und dabei Methoden der Netzwerkanalyse, Ereignisbäume, BowTie oder Geographische Informationssysteme verwenden (z.B. GRASB, KIRMin).

2 Beispiel für Anwendungsbereiche in der Analyse

2.1 Standorte von Einsatzzentralen und Notstromersatzanlagen

Anwendungsbereiche ergeben sich oft aus Ereignissen, so hat u.a. der Reaktorunfall in Japan 2011 als Folgereaktion von Erdbeben und Tsunami gezeigt, dass einerseits die Bemessungshöhe der Küstenmauer gegen die Überflutung zu niedrig für den Reaktor dimensioniert war. Gravierend war jedoch auch, dass die Ersatzaggregate für Notstromerzeugung wie auch die Dieseltanks auf der gleichen Einwirkungsebene gelagert waren und damit ebenfalls betroffen waren. Sollte dieser Aufsatz nur eine einzige Botschaft transportieren, so wäre es die Aufforderung, sämtliche Risikozonierungsanalysen auch auf die Steuerzentralen und Backupeinrichtungen auszuweiten. Binnen- wie Küstenschutzzentralen sollten weder vom gleichen Hochwasser, vor dem sie warnen, betroffen sein können, wie auch von einem Starkregen betroffen sein oder einer anderen Naturgefahr. Eine Krux auch bei anderen Einsatzorganisationen und Betreibern aus der Wirtschaft ist es, Standorte für Netzersatzanlagen konform mit bestehenden Richtlinien für Brand- oder Umweltschutz so zu schaffen, dass sie weder im Keller noch im gleichen Gebäude vom gleichen Ereignis betroffen sein können.

2.2 Washouts und andere Sekundärgefahren durch Regen und Fluten

Schon Gilbert White stellte in seiner Doktorarbeit 1945 über einen Teil der USA fest, dass trotz immer mehr Wissen und Maßnahmen um und für Hochwasserschutz die Schäden in den 1930er bis 1940er Jahren dennoch zunahmen. Bekannt wurde White durch den sog. Deicheffekt, nachdem Schutzbauten wie Deiche noch mehr Ansiedlung und eine verringerte Risikowahrnehmung gegenüber Deichversagen nach sich zogen. White schuf aber auch Datentabellen, die zusätzliche Todesopfer und wirtschaftliche Schäden durch Washouts, also Unterspülungen von Bahntrassen und Brücken aufführen. Sekundärgefahren von Hochwasser, die schon länger bekannt sind, sind auch Erosion und Erdbeben. Durch Hochwasser in ehemaligen Bürgerkriegsgebieten sind jedoch auch Verlagerungen von Landminen bekannt geworden, wie z.B. 2014 in Serbien, die sowohl die Landwirtschaft wie auch Kraftwerke an Flussläufen (Tesla-Kraftwerk) und damit die Stromversorgung zusätzlich gefährden.

2.3 Risikoanalysen und Geographische Informationssysteme (GIS)

KRITIS sind für Risikoanalysen eine gewisse Herausforderung; zwar sind einfache Expositionsanalysen recht einfach durchführbar, auch sind in öffentlichen Datenquellen wie OpenStreetMap bereits viele Objekte enthalten. Jedoch sind nicht nur unvollständige Daten hier ein Problem, ein anderes liegt in der Sensibilität der Daten. GIS erlauben die Aggregation von Daten, und entsprechende Schwachstellenanalysen, wie auch ortsgenaue Darstellungen von kritischen Knotenpunkten, könnten von Angreifern ausgenutzt werden. Hier empfiehlt sich die Wahl unkritischer Elementgruppen, wie etwa vielfach verfügbarer Strommasten, die ohnehin online zu finden sind, oder die Nutzung anonymisierter Beispiele. Ein weiteres Kernproblem liegt in den indirekten und distalen Auswirkungen. Eine lokale Überflutung eines Transformators hat nicht nur unmittelbar lokale Auswirkungen, sondern trifft oft auch Regionen weitab vom Überflutungsgebiet. Angaben zu überfluteten Straßen und Brücken, betroffener Krankenhäuser oder gar Feuerwachen können gerade für Einsatzkräfte eine wichtige Hilfe sein. Die Nutzung der Analysemöglichkeiten des Routings in einem GIS ermöglicht in proprietärer Software wie etwa ArcGIS, als auch in open source Software wie etwa QGIS, aber auch bereits online (openrouteservice.org) die Analyse der Route bei einem Hochwasser von z.B. einer Feuerwache zu einem Krankenhaus. Dabei können auch Barrierepolygone gezogen werden, um die Befahrung der überfluteten Straßen zu vermeiden oder die Befahrung zu verlangsamen. Auch können optimalere Standorte neuerer Objekte mittels location-allocation Analyse identifiziert werden. Für die Treibstoffnachversorgung von Netzersatzanlagen können Logistikkonzepte für optimale Fahrtrouten, Nachtankzeiten etc. berechnet werden. Glücklicherweise stellen erste Städte wie etwa Köln auch Starkregenkarten und Mikrozonierungskarten öffentlich bereit. Interdependenzen und Kaskadeneffekte sind schwierig zu visualisieren. Verdachtsflächen für Stromausfälle durch Hochwasser (Abb. 2) können zwar anhand exponierter Objekte wie etwa Transformatoren durch Voronoi-Polygonflächen dargestellt werden, es gibt aber noch zu viele Unsicherheiten, um sie operativ nutzen zu können.

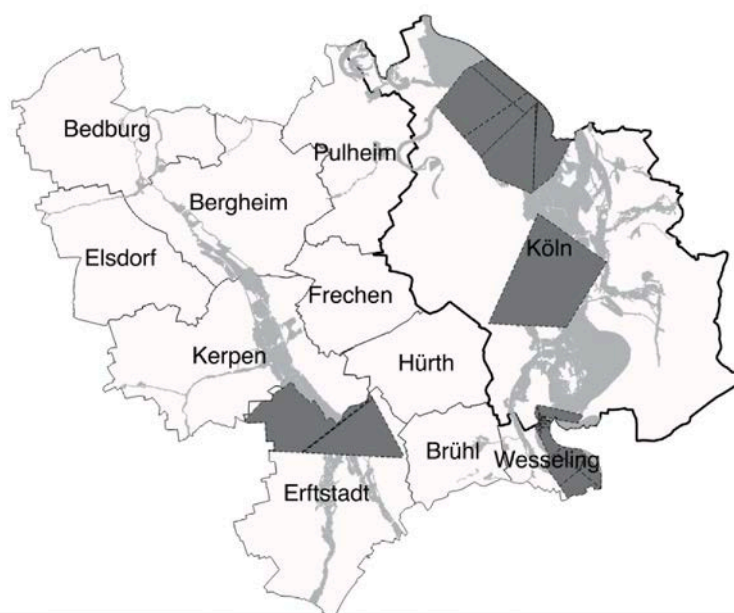


Abb. 2: Beispielhafte Darstellung von Verdachtsflächen für Stromausfälle (dunkle Polygone) anhand der bei einem Hochwasser potentiell überfluteten Transformatoren

3 Praxisnähe für Einsatzkräfte

Neben den dargestellten, eher wissenschaftlichen Aufgaben der konzeptionellen und oft recht aufwändigen Interdependenzanalyse aller technischen und nicht-technischen Elemente und Prozesse einer Infrastruktur, oder der Risikoanalysen mittels GIS, gibt es noch weitere Problemstellungen aus der Praxis der Einsatzkräfte. Hauptsächlich ist es eine Kommunikationsaufgabe, Ergebnisse aus der Forschung zu vermitteln und Methoden so gemeinsam mit Einsatzkräften zu entwickeln, dass diese darin jene Angaben wiederfinden, die sie benötigen und diese auch so dargestellt sind, dass sie genutzt werden können. Ein Bereich wären z.B. Einsatz- oder Lagekarten, in denen Symbole und Lesbarkeit auf die Einsatzorganisation ausgerichtet sind, aber auch bestimmte Angaben enthalten sind, die in traditionellen Hochwasserkarten bislang fehlen. Dazu gehören Waattiefen für gefahrloses Passieren der Fahrzeuge, damit der Motor keinen Schaden nimmt und dazugehörige Fahrgeschwindigkeiten. Auch müssen Einsatzkräfte, die z.B. im Keller eines Hauses eingeschlossen Personen befreien wollen, wissen, wie hoch die Stauhöhe ist und aus welcher Richtung mit welcher Geschwindigkeit Wasser an die Hauswand fließt (Beyer 2016). Auftriebskräfte und Standfestigkeiten der Personen wie auch ihrer Fahrzeuge sind weitere benötigte Parameter. Schließlich ist es aber auch Aufgabe der Einsatzkräfte, sich Wissen anzueignen sowie Trainings zu entwickeln und durchzuführen, um die Eigensicherung z.B. durch Beobachter oder technische Unterstützung zu gewährleisten.

Als Fazit muss noch einmal betont werden, dass nicht nur stationäre Einsatzzentralen, sondern auch mobile Einsatzkräfte sowohl die direkte Exposition mehrere Naturgefahren

beachten müssen, wie auch die indirekte Exposition von Kaskadeneffekten ausfallender Infrastrukturen.

4 Literatur

Beyer, R. (2016): Starkregen und Sturzfluten. Landsberg: ecomed Sicherheit.

BMI - Bundesministerium des Innern (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie). Berlin.

Rinaldi, S.M., Peerenboom, J.P., Kelly, T.K. (2001): Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. IEEE Control Systems Magazine. 21:11–25.

White, G.F. (1945): Human adjustment to floods. A geographical approach to the flood problem in the United States Chicago: The University of Chicago.

Anschrift des Verfassers

Prof. Dr.-Ing. A. Fekete

TH Köln

Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr

Betzdorferstr. 2

50679 Köln

„Leitfaden Starkregen“ – Objektschutz und bauliche Vorsorge als Beitrag zur DAS

Sind wir ausreichend gewappnet, den Folgen des Klimawandels zu widerstehen?

Dr. Bernhard Fischer

Der anthropogen verursachte Klimawandel, mit den vorhergesagten verstärkten Naturgefahren durch Einwirkungen von Hitze, Starkregen, Hochwasser, Hagel und Sturm, ist von grundlegender Bedeutung für das Bauwesen. Für Gebäude sollten Konstruktionen gewählt werden, die derzeitige und vor allem zukünftige Klimawirkungen berücksichtigen. Mit der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) gibt der Bund Antworten auf diese Herausforderungen. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) befasst sich mit bautechnischen Lösungen zum Klimaangepassten Bauen (KLIBAU) und setzt dabei auch technische Normen und Regelwerke in den Fokus. KLIBAU bedeutet Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Gebäude gegenüber den Klimaeinwirkungen aber auch aktive und direkte Beeinflussung der gebäudeumgebenden Umwelt.

Bauen im Klimawandel „Ursachen, Auswirkungen, Handlungserfordernisse“

Wenn sich die durch aktuelle Klimaprojektionen vorhergesagten verstärkten Naturgefahren durch Einwirkungen von Hitze, Starkregen, Hochwasser, Hagel und Sturm einstellen, sollte auch das Bauwesen auf diese neuen Belastungsfälle reagieren. Für Gebäude und Bauwerke, die heute für eine Lebenszeit von 80-100 Jahren geplant und errichtet werden und in ihrem Lebenszyklus erst nach 30-50 Jahren eine grundlegende Sanierungs- oder Umbaumaßnahme erfahren, sollten Konstruktionen geplant werden, die derzeitige und vor allem zukünftige Klimawirkungen berücksichtigen.

Dabei kann als weiterer Mehrwert neben der Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Gebäude gegenüber den Klimaeinwirkungen, also der Klimaanpassung, auch ein aktiver und direkter Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Zwar sind die Umweltwirkungen wie Starkregenbindung, Erhöhung der Biodiversität, Staubbindung, Verbesserung des Mikroklimas, etc. als Nebeneffekt dieser baulichen Maßnahmen in erster Betrachtung auf der direkten Liegenschaft/dem Grundstück der Gebäude feststellbar. Doch können,

im größeren Maßstab erfasst, viele Grundstücke ein Stadtklima im Quartier positiv beeinflussen. Diese aktiven Wirkungen, ausgehend von Gebäuden, bezeichnen wir auch als Klima-, oder Umweltpotentiale. Somit ist die herausragende Funktion des klimaangepassten Bauens im Sinne der Forschungen des BBSR neben der erhöhten Resilienz (Widerstandsfähigkeit eines beliebigen Systems gegen eine Störung) von Gebäuden gegen Naturgefahren des Klimawandels, die gleichzeitige Aktivierung von Klima- und Umweltpotentialen.

Klimasystem - Klimaveränderungen

Der Klimawandel hat begonnen und ist allerorts mit seinen Auswirkungen spürbar. Die Prognosen lassen vermuten, dass er sich bis zum Ende des 21. Jahrhunderts noch deutlich verstärken wird. Dabei kann am Beispiel zunehmender Starkregenereignisse aufgezeigt werden, dass diese zwar natürliche Niederschläge im globalen hydrologischen Wasserkreislauf als Bestandteil eines komplexen Ökosystems sind, nur müssen wir mit teilweise unbekanntem Intensitäten umzugehen lernen.

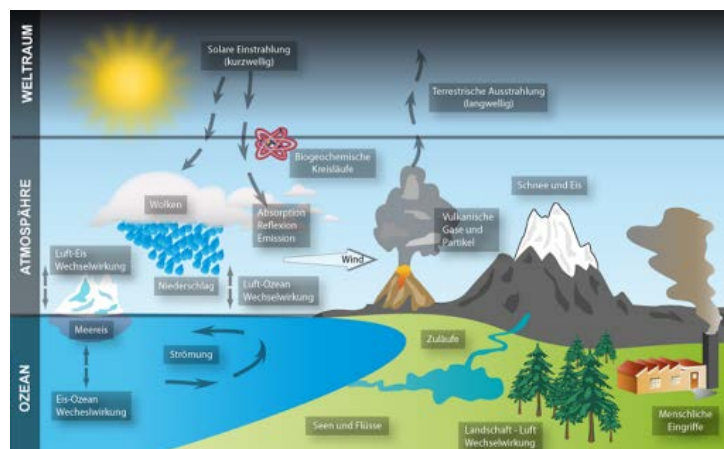


Abb. 1: DWD: Klimasystem (vereinfachte Darstellung)

Das **Klimasystem** unserer Erde ist ein komplexes Zusammenwirken unterschiedlicher Komponenten und scheinbar in einem viele tausend Jahre dauernden Gleichgewicht.

In ihm treffen sich in unterschiedlicher Wechselwirkung und Intensität zueinander:

- Atmosphäre (Luft)
- Hydrosphäre (Ozeane, Flüsse, Seen)
- Biosphäre (Fauna, Flora)
- Lithosphäre (feste, unbelebte Erde)
- Kryosphäre (Eis, Gletscher, Permafrost)

Klimavorhersagen und Klimaprojektionen leiten anhand angenommener Vorgaben („Szenarien“). [1] aus dem vergangenen und aktuellen Zustand der Atmosphäre die Entwicklung des Klimas in der Zukunft ab. Sowohl für Zeiträume von mehreren Wochen, ganze Jahreszeiten, bis hin zu Dekaden (10-Jahres-Zeiträumen) und mehr als 100 Jahre umfassende Zeiträume



Abb. 2: DWD: Klimavorhersagen – Klimaprojektionen

Auch wenn das Klimasystem scheinbar seit langer Zeit, trotz gelegentlicher Schwankungen, stabil zu sein scheint, stellen sich nunmehr spürbare **Klimaveränderungen** ein. Diese durch anthropogene Treibhauseffekte verursachten Veränderungen im Klimasystem sind messbar und zeichnen sich aus durch:

- mittlere Temperaturzunahmen von 1990 bis Ende des 21. Jahrhunderts um 1,0 bis 5,5 Grad, in Teilen Frankreichs, Iberischen Halbinsel können sechs Grad Celsius überstiegen werden
- Zunahme jährlicher Niederschläge in Nordeuropa und Abnahme in Südeuropa
- zunehmende Niederschläge im Winter- trockenere Sommer
- häufigere und längere Hitzewellen, - Abnahme von kalten und Frosttagen
- Zunahme von Starkniederschlagsereignissen

Blicken wir in die Zukunft, so könnten sich abrupte Klimaänderungen einstellen. Diese möglichen Ereignisse könnten beispielhaft sein:

- Zusammenbruch der thermohalinen Zirkulation (Abbruch des Golfstroms)
- Zerfall des west-antarktischen Eisschildes und damit Meeresspiegelanstieg um einige Meter
- steigendes Risiko des Auftauens von Permafrostböden durch die zunehmende Erwärmung und damit Freisetzung großer Methanmengen

Die nachfolgende Graphik zeigt, dass zukünftig noch heftigere Starkregenereignisse zu erwarten sind und dass bekannte Starkregenereignisse um ein Vielfaches überstiegen werden können.

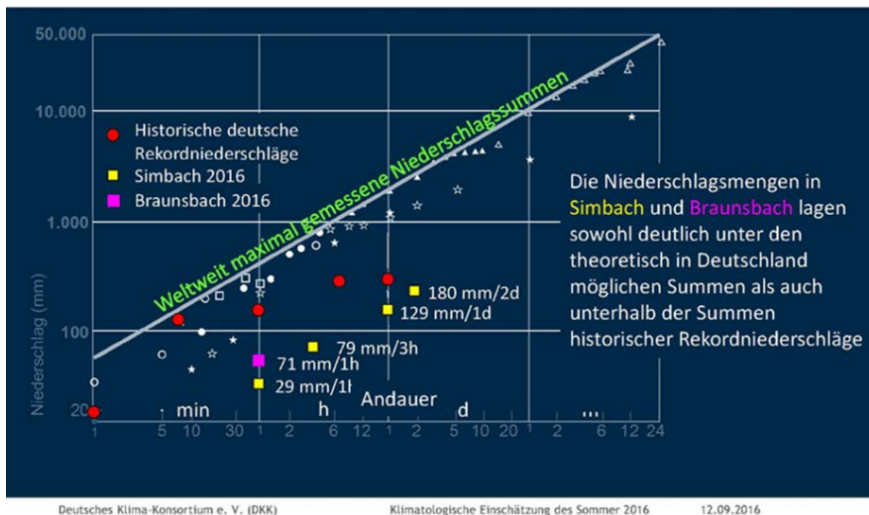


Abb. 3: Klimatologische Einschätzung Sommer 2016

Klimaschutz – Klimaanpassung

Zum Verständnis und zur Einordnung des Anwendungsbereiches des BBSR-Leitfadens „Starkregen“ wird der Unterschied zwischen dem Klimaschutz und der Klimaanpassung aufgezeigt. Beim **Klimaschutz gegen den Klimawandel** wird auf eine Verringerung der direkten und indirekten Emissionen von Treibhausgasen eingewirkt. Dies erfolgt zum Beispiel durch Maßnahmen zur Stromeinsparung, den möglichst geringen Verbrauch von Energie für Heizung und Warmwasserbereitung oder die Nutzung von Erneuerbaren Energien.



Abb. 4: Bericht BMWi

Zur **Klimaanpassung** werden Maßnahmen eingeleitet, um mit den bereits eingetretenen und bekannten zukünftigen und nicht mehr abwendbaren Folgen des Klimawandels umzugehen. Bautechnisch sind hier Lösungen zum Hitze- und Überflutungsschutz am Haus gefragt.



Abb. 5: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel DAS

Viele Städte und Gemeinden lassen derzeit Klimaschutzkonzepte aufstellen. Ingenieurbüros mit wachsender Fach- und Sachkenntnis reagieren mit Gutachten und Konzepten auf den aktuellen IPCC-Sonderbericht aus dem Jahr 2018 über eine 1,5°C globale Erwärmung. [3]. Unterschiedlichste kommunale Ämter wirken kooperativ und übergreifend in ihrer Behördenstruktur an den Konzepten mit und durch Bürgerbeteiligungen wird das notwendige Bewusstsein partizipiert. Doch scheint es nur die halbe Wahrheit widerzuspiegeln, wenn diese Konzepte sich auf CO₂-Reduktion beschränken. Neben dem Hitzesommer 2018 ist es allorts wahrnehmbar, dass seit einiger Zeit auch Starkregenereignisse bedingt durch den Klimawandel in ihrer Häufigkeit und Intensität zunehmen. Zukünftig, so prognostiziert der Deutsche Wetterdienst, haben wir trockenere Sommer und nassere Herbst- und Winterzeiten mit mehr Regen und weniger Schnee zu erwarten und müssen uns darauf einzustellen. Die Ergiebigkeit von Einzelereignissen wird dabei deutlich höher als bisher bekannt anzunehmen sein.

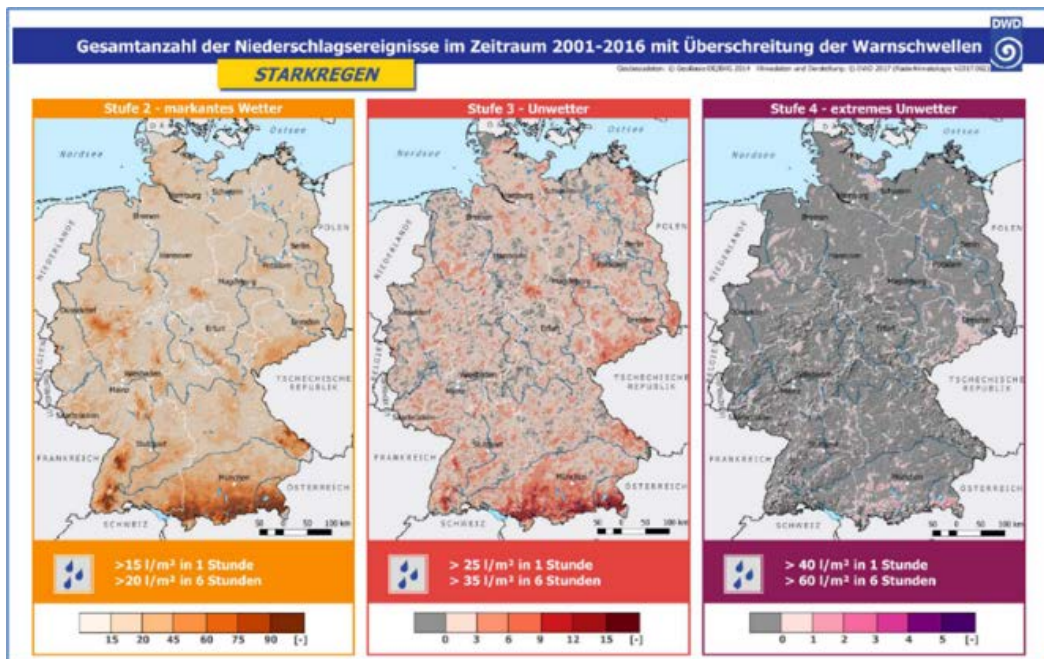


Abb. 6: Gesamtzahl der Niederschlagsstunden im Zeitraum 2001 bis 2017 mit Überschreitung der Warnschwellen, BBSR Leitfadens Starkregen (Aktualisierung auf Winterrath et al. 2017)

An diesem Beispiel des Umgangs mit Starkregenereignissen wird deutlich, dass Klimaschutzkonzepte sich folgerichtig durch Klimaanpassungskonzepte ergänzen lassen sollten.

Idealerweise etablieren und integrieren sich die Anforderungen aus den Klimaanpassungskonzepten in kommunalen Planungsvorgaben. Konkret können sich an unserem Beispiel der Naturgefahr „Starkregen“ Starkregengefahrenkarten in der Stadt-, und Raumentwicklung orientieren.

Aktivitäten des Bundes

Der Hausbesitzer orientiert sich auf dem Klimavorsorgeportal des Bundes (KliVoPortal) über vielfältige Klimabedingungen und vertieft auf interaktiven kommunalen Portalen seiner Stadt die Informationen zu Klimawirkungen, konkret zu seinem Standort. Dies können sowohl Hinweise zu Starkregen-Überschwemmungsbereichen mit konkreten Überstautiefen, als auch Hochwassergefahrenkarten und weitere Klimainformationen sein.

Mit diesen Informationen werden alle Bürger und besonders private Hausbesitzer in die Lage versetzt, persönliche als auch bauliche Vorsorge zu treffen. Diese Informationsangebote sprechen direkt die Verhaltensvorsorge des Bürgers an. Sei es nun zur Vorsorge gegen Hitzebelastungen, wie die des letzten Hitzesommers, Sturm- und Regenwar-

nungen und vieles mehr. Der Objektschutz und die bauliche Vorsorge hingegen benötigen konkrete Planungsinstrumente und bautechnische Empfehlungen.



Abb. 7: KliVo Portal - <https://www.klivoportal.de>

Für das Bauwesen werden im BBSR bautechnische Lösungen für mehr als 21. Mio. Gebäude zum Klimaangepassten Bauen (KLIBAU) als Antwort auf die Folgen des Klimawandels erarbeitet. Dabei gilt es zu beachten:

- Für das Bauwesen von wesentlicher Bedeutung ist, dass heute geplante Neubauten für Standzeiten von 100 Jahren ausgelegt werden. Erst nach ca. 50 Jahren grundlegende Umbauten und Sanierungsmaßnahmen.
- Schon heute muss die gebaute Umwelt auf die zukünftigen Klimaeinwirkungen ausgelegt werden, da Planungsentscheidungen bis weit in die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts wirken.
- Klimaangepasstes Bauen (KLIBAU) sieht nicht nur eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Gebäude gegenüber den Klimaeinwirkungen (Hitze, Starkregen, Hochwasser, Hagel, Sturm) vor.
- Die gewählten Konstruktionen wirken zusätzlich aktiv und beeinflussen die direkte Umwelt des Gebäudes. z.B. durch eine Erhöhung der Biodiversität, durch Feinstaubbindung, Verbesserung Mikroklima, etc. (Klima-, Umweltpotentiale)

Als Ziel wird angestrebt, dass klimaangepasstes Bauen sich durch eine erhöhte Resilienz bei gleichzeitiger Aktivierung von Klima- und Umweltpotentialen auszeichnen wird.

Leitfaden Starkregen – Objektschutz und bauliche Vorsorge

In der Vorbereitung des Leitfadens „Starkregen“ des BBSR wurde mit einem Forschungsprojekt die Frage beantwortet, ob es möglich ist, durch verschiedene bautechnische Maßnahmen in einer modellierten Musterliegenschaft eine Rückhaltung eines 100 jährlichen Regenereignisses mit einem Beregnungszeitraum: 1h zu erreichen. [4]



Abb. 8: Leitfaden Starkregen – Objektschutz und baulich Vorsorge

Im Leitfaden „Starkregen“ des BBSR [5] wird die Starkregenintensität in einem Index von 1 – 12 (in Anlehnung an Schmitt et al. und DWA) dargestellt. Daraus leitet sich wie in der nachfolgenden Abbildung skizziert, die Zuständigkeiten zwischen öffentlicher und privater Vorsorge ab. Jedoch wird jedem Hausbesitzer angeraten, sein Haus gegen Starkregen jeglicher Intensität zu schützen. Wie dies erfolgen kann, dazu bietet der Leitfaden praktische Hilfen.

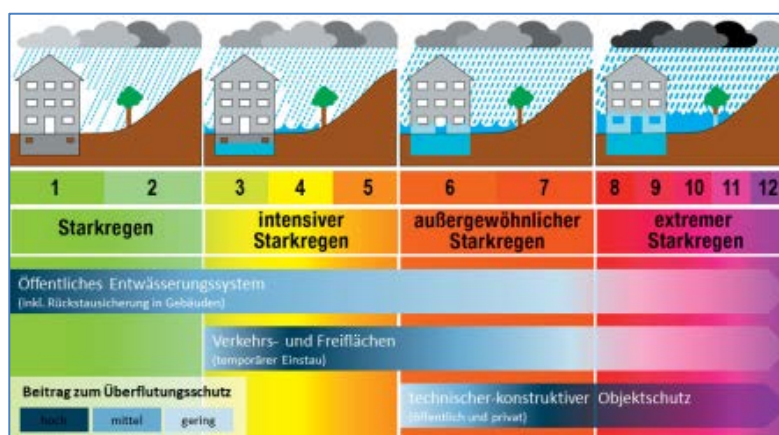


Abb. 9: Zuständigkeiten zwischen öffentlicher und privater Vorsorge

Schon mit geringem Aufwand lässt sich ein Schutzgrad erreichen. Wo im Einzelfall die optimale Effizienz zwischen Kostenaufwand und Schutzgrad liegt, muss im Einzelfall ermittelt werden. Dabei kann mit einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse und oder einer Kosten-Nutzen-Analyse das Verhältnis zwischen Kosten und Gesamtrisiko ermittelt werden.

Aufbauend auf diese Erkenntnisse befasst sich der Leitfaden „Starkregen – Objektschutz und bauliche Vorsorge“ mit Schutzmaßnahmen gegen drückendes Wasser, Eindringen des Wasser durch die Kanalisation, eindringendes Oberflächenwasser.

Besonders hervorzuheben ist eine im Anhang des Leitfadens befindliche Selbsteinschätzung der Starkregengefährdung der Immobilie, die von jedem Hausbesitzer ohne größere Vorkenntnisse durchgeführt werden kann.

Versicherungspflicht gegen Elementarschäden

Es erscheint diskussionswürdig, ob steigende Schäden durch Naturgefahren, begleitet durch nicht unerhebliche Sekundärkosten der Hilfs- und Rettungskräfte, eine finanzielle Neuausrichtung veranlassen könnten. Elementarschadensereignisse die durch eine allgemeine Versicherungspflicht erfasst werden, könnten bauliche Vorsorgemaßnahmen attraktiv machen und helfen, Schäden zu vermeiden bzw. zu verringern. Die staatliche Fürsorgepflicht wäre zwar nach wie vor gewahrt, würde aber private und gemeinschaftliche Verantwortung sich annähern lassen.

Berücksichtigen technische Regelwerke/Normen die Folgen des Klimawandels?

Das BBSR wird die derzeitigen technischen Normen und Regelwerke hierzu auf den Prüfstand stellen. Normen und technische Regelwerke des Bauwesens sind von Folgen des Klimawandels betroffen, bautechnische Anforderungen müssen angepasst werden oder methodische Systemveränderungen erfahren. Es wird ein Verfahren entwickelt, welches den Klimawandel in praktikabler und nachvollziehbarer Weise in Normungsverfahren einfließen lassen könnte. Entweder wird dies ein „Klimafaktor“ für technische Berechnungen oder ein genereller Sicherheitszuschlag als Empfehlung sein. Nach Abschluss des Forschungsprojektes werden die Ergebnisse der laufenden Forschungsarbeiten aufgezeigt.

1 Literatur

[1] DWD, Klimavorhersagen und Klimaprojektionen – Wie entstehen Aussagen über das zukünftige Klima? Offenbach/Main, 2019

[2] DKK Klimatologische Einschätzung des Sommers 2016, <https://www.deutsches-klima-konsortium.de/startseite.html>

[3] IPCC-Sonderbericht über 1,5 °C globale Erwärmung, 2018

[4]

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2018/starkregeneinfluesse.html>

[5]

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2018/leitfaden-starkregen.html>

Anschrift des Verfassers

Dr. Bernhard Fischer

BBSR-Bonn

Ein GIS-basiertes Planungstool zur Unterstützung von Kommunen in ihrer Anpassung an Starkniederschläge

Dr.-Ing. Christiane Pyka

Abstract

Due to climate change, heavy rain events are likely to increase in frequency and intensity. Although climate change adaptation and adaptation to heavy rain events have become integral parts of the climate policy agenda, they still pose major challenges for German municipalities. Using a survey, detailed one-on-one interviews and an extensive literature research, the municipalities status quo and the challenges they face were identified. Based on these results, the hypothesis is formulated that municipal adaptation planning can be improved by instruments that support interdisciplinary communication, capacity building and/or decision-making. The developed GIS-based planning tool, which will be used as decision support in the adaptation and planning process, is suitable for determining the municipal's adaptation potentials as well as the conceptual planning of protective measures, while it also encourages interdisciplinary communication and collaboration between planning experts. As such, it simplifies the adaptation process - it promotes interdisciplinary cooperation and supports municipal actors in their planning and decision-making skills, which initiates and supports the adaptation in the long-term.

1 Hintergrund

Bedingt durch den Klimawandel wird in Zukunft eine Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Starkregenereignissen erwartet (IPCC 2013). Daher hat sich in der letzten Dekade die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, einschließlich der Anpassung an Starkregenereignisse zu einem neuen Politikfeld entwickelt (Baasch, et al. 2012; Massey & Huitema 2016; Yohe & Leichenko 2010).

Klimawandel ist als globales Problem zu betrachten, die resultierenden Auswirkungen und Herausforderungen sind jedoch primär auf regionaler und kommunaler Ebene zu spüren. Weshalb nach wie vor Kommunen im Transformationsprozess der Klimawandelanpassung eine besondere Bedeutung zukommt (Link, et al. 2018). In vielen Kommunen wird Klimaschutz großgeschrieben und einige sind bereits in der Klimaanpassung aktiv, doch insgesamt bleiben die Anpassungsaktivitäten deutlich zurück (Mahamadzadeh, et al. 2013) und nur wenige konkrete Maßnahmen werden umgesetzt.

Auch wurde der Frage, wie sich Kommunen und ihre Verwaltungs- und Planungssysteme an den Klimawandel anpassen können, in der Wissenschaft bisher nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt (Birkmann, et al. 2010). Ziel dieser Studie war daher die Identifikation der Herausforderungen, welche Kommunen daran hindern Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel umzusetzen sowie die Identifikation dazu passender Lösungsansätze. Es wird die Hypothese formuliert, dass die kommunale Anpassung durch Planungsinstrumente verbessert werden kann, die durch die Förderung von interdisziplinärer Kommunikation, Kapazitätsaufbau und mittels Entscheidungsunterstützung den Anpassungsprozess vereinfachen. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde ein GIS-basiertes Planungstool entwickelt, welches zur Überbrückung einiger dieser Hindernisse beiträgt. Es dient dabei als Planungs- und Entscheidungshilfe und zielt darauf ab, die kommunale Anpassungskapazität zu erhöhen sowie die Anpassungsplanung und -umsetzung zu initiieren.

2 Methodik

Das Forschungsdesign ist in drei Phasen unterteilt. Phase I umfasst die Erhebung und Analyse des kommunalen Status Quo, der Identifikation der Herausforderungen und potenziellen Lösungsansätzen sowie die Analyse bestehender Planungsprozesse und -instrumente. Phase II der Entwicklung, welche auf den Ergebnissen aus Phase I aufbaut, besteht aus der Konzeptionierung und Entwicklung eines Prototypens des GIS-basierten Planungswerkzeugs. Die benötigten Daten für Phase I & II wurden durch eine intensive Literaturrecherche, eine 4-monätige Onlineumfrage und vertiefende Expertengespräche zusammengetragen. Der in Phase II entwickelte Prototyp wird in Phase III als Gegenstand zur Bewertung des Konzeptes (Proof-of-Concept) herangezogen. Einerseits erfolgte eine Validierung kritischer Anforderungen an die Anwendung, andererseits ein Akzeptanztest mittels eines exemplarischen Workshops, um schlussendlich die Forschungshypothese zu validieren. Der Workshop bestand aus einem Planspiel sowie einer qualitativen Erhebung und beobachtenden Bewertung. Außerdem wurden die Ergebnisdaten in einer exemplarischen Anwendung analysiert.

3 Ergebnisse

3.1 Herausforderungen und theoretische Lösungsansätze

Übergeordnet werden Anpassungsbarrieren auf eine politisch und administrativ nicht umsetzbare Anpassungspolitik (Adger, et al. 2018; Bundesregierung 2011, 2015; Clar, et al. 2013; DAS 2008) und den Mangel an politischem Handlungswissen zurückgeführt (Berrang-Ford, et al. 2011; Moser & Ekstrom 2010; Preston, et al. 2011; Smit & Pilifosova 2001; Storbjörk 2007). Ebenso werden Herausforderungen durch bestehende bzw.

nicht-bestehende legislative Vorgaben und/oder institutionelle Vereinbarungen identifiziert (Baasch, et al. 2012; Brasseur, et al. 2017; Brooks & Adger 2005; Bulkeley 2010; Frommer 2009; Ivey, et al. 2004; Juhola 2010; Juhola & Westerhoff 2011; Mahammadzadeh, et al. 2013; Ritter 2007), was zu verwaltungstechnischen Unsicherheiten führt. Außerdem stellen neue sowie unklare Rollen und Verantwortlichkeiten weitere Herausforderungen dar (Amundsen, et al. 2010; Baasch, et al. 2012; Ivey, et al. 2004; Kronberger-Kießwetter, et al. 2017; Kronberger-Kießwetter & Balas 2017; Mahammadzadeh, et al. 2013; Raadgever & Hegger 2018; Samuels, et al. 2010; Storbjörk 2007; Umweltbundesamt 2017; Zahnt, et al. 2018). Erschwert wird die notwendige interdisziplinäre Zusammenarbeit durch unterschiedliche Planungskulturen der beteiligten Fachbereiche sowie divergierende Planungsziele (Bundesregierung 2011; Hartmann & Driessen 2017; Kommunal Agentur NRW 2015; Umweltbundesamt 2017).

Für eine detailliertere Organisation von Herausforderungen auf kommunaler Ebene, bildet der Anpassungsprozess nach Moser & Ekstrom (2010) die Grundlage (vgl. Abb. 1). Der Anpassungsprozess wird dabei in gemeinsame Phasen eines rationalen Entscheidungsprozesses unterteilt.

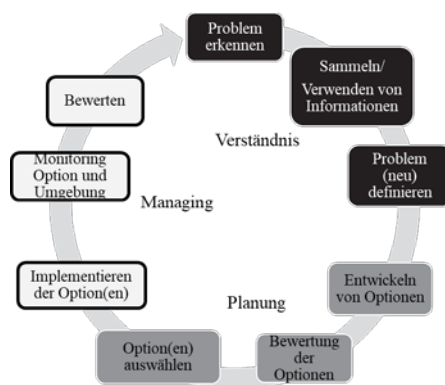


Abb. 1: Notwendige Phasen und Stufen im Anpassungsprozess nach Moser & Ekstrom (2010)

Auf kommunaler Ebene bestehen in allen Anpassungsphasen diverse Herausforderungen, besonders jedoch in den Phasen Verständnis und Planung. Der Kern der kommunalen Hemmnisse wird in der Problemdefinierung, also der Identifizierung des Handlungsbedarfs, der Potenzialermittlung mit Entwicklung von Optionen sowie der Bewertung dieser lokalisiert. Dies führt dazu, dass wenige Strategien oder Maßnahmen umgesetzt werden. Gründe dafür sind: fehlendes Bewusstsein, knappe finanzielle und personelle Ressourcen, institutionelle Hindernisse, Überforderung, Fehlen von Kooperations- und Koordinierungsmechanismen und fehlende Methoden oder Instrumente zur Bewertung des Handlungsbedarfs sowie zur Bewertung der Kosten und Wirksamkeit von Maßnahmen (Pyka 2020). Um die Planung von Anpassungsmaßnahmen zu erleichtern und eine Klimaanpassung sektorenübergreifend umsetzen zu können, werden daher Methoden und Instrumente zur Bewertung von Maßnahmen und Szenarien sowie zur Unterstützung der Entscheidungsfindung benötigt (European Commission 2013; Umfrage 2018).

Da Klimawandelanpassung nicht nur als ein komplexes technisches Problem, sondern auch als eine anspruchsvolle Angelegenheit der Regierungsführung verstanden werden sollte (Termeer, et al. 2013), wird Governance als ein integrativer Lösungsansatz gesehen. Es wird als Konzept verstanden, das alle Formen der sozialen Koordination umfasst, und somit geeignet ist, alle relevanten Themen zu involvieren sowie unterschiedliche zeitliche und räumliche Maßstäbe zu berücksichtigen, um eine verbesserte Implementierung verschiedener Maßnahmen, Instrumente und Normensysteme zu erreichen (Birkmann, et al. 2010).

Darüber hinaus kann durch Capacity Development, gezielten Ansätzen der Kommunikation und Bewusstseinsbildung erreicht werden, dass eine gemeinsame Anpassungskultur geschaffen wird, in der mögliche Interessenskonflikte vorzeitig erkannt und behandelt werden, Synergien genutzt werden und ein gemeinsamer Konsens gefunden wird (Pyka 2020). Dabei tragen sowohl institutionelle als auch individuell neu gewonnene Kapazitäten bei, Anpassungsziele zu formulieren und zu erreichen, wodurch langfristig die Strategiefähigkeit der Akteure erhöht wird. Explizite Kommunikation unterstützt diese Ansätze, indem sie zur Überbrückung der Wissenschafts-Handlungs-Lücke beiträgt und Personen und Gemeinschaften ermöglicht das Problem zu verstehen, Bewusstsein zu schaffen und Verhaltensveränderungen anzustoßen (Moser & Dilling 2007) wodurch eine Sensibilisierung und Vernetzung von Verwaltungsakteuren und Entscheidungsträger erfolgen kann (Deutsche Institut für Urbanistik 2015). Schließlich wird die Integration als erforderlich erachtet, um die Wirksamkeit der Planung sicherzustellen (Ran & Nedovic-Budic 2016; Veraart, et al. 2010; Wilson 2006). Diesbezüglich ist es förderlich, fachspezifische Erkenntnisse in eine Sprache zu übersetzen, die für andere Verwaltungsbereiche oder Entscheidungsträger verständlich ist.

Aus den Ergebnissen ist zu folgern, dass Instrumente, Prozesse und Verfahren, die die Kommunikation und Zusammenarbeit unterstützen sowie das Verständnis von Informationen verbessern, zur Förderung der Anpassungskapazitäten der Kommunen beitragen. Dabei ist es wichtig, dass die unterschiedlichen Fachbereiche voneinander lernen, um gegenseitig Kapazitäten hinsichtlich der Klimawandelanpassung aufzubauen oder zu erweitern.

3.2 Planungswerkzeug

3.2.1 Ziel und Anforderungen

Hauptziel des GIS-Planungswerkzeugs ist die Initiierung der kommunalen Anpassung an Starkregen und die Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit, indem Teilaufgaben, welche in den Phasen *Verständnis* und *Planung* anfallen, simplifiziert werden (vgl. Abb. 2). Damit werden die aktuellen Herausforderungsschwerpunkte anvisiert und Kommunen dazu befähigt eine Ersteinschätzung der eigenen Anpassungserfordernisse und –potenziale in Form einer konzeptionellen Vorstudie vorzunehmen.

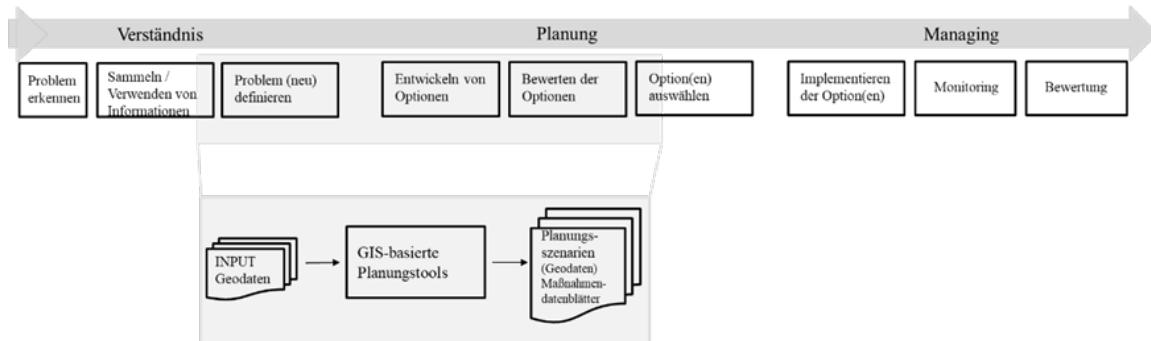


Abb. 2: Schematische Darstellung des Planungsprozesses mit verschiedenen Planungsphasen, verändert nach Moser & Ekstrom (2010) (oben) und Einordnung des GIS-Planungstools (unten) (Pyka 2020)

In Bezug auf die identifizierten Herausforderungen und Lösungskonzepte, sind die Anforderungen an das Planungstool daher:

- Planungsprozess: vereinfachen und beschleunigen sowie Einbindung von Fachdaten ermöglichen
- Testen und Bewerten von Maßnahmen: Erstellung von Maßnahmenszenarien, Bewertung von Kosten und Wirksamkeit
- GIS-basiert: zwecks Einbindung interdisziplinärer Datensätze und kollektiver Maßnahmenplanung

Für die Problemdefinition mittels Gefahrenanalyse existieren bereits viele anspruchsvolle Modelle und Software, die bei der Planung unterstützen. Diese sind jedoch recht komplex und können daher häufig nur von einer fachspezifischen Akteursgruppe angewendet werden. Die Problemdefinition und Maßnahmenplanung sowie -bewertung des Planungstools geht daher in die andere Richtung des Spektrums und soll möglichst vereinfacht und vergleichsweise schnell sein, damit keine detaillierten oder fachspezifischen Modellierungskennntnisse benötigt werden. Vielmehr soll durch die Einfachheit der Anwendung erzielt werden, dass kommunale Fachplaner Hemmungen vor dem Anpassungsprozess ablegen, indem sie verschiedene Möglichkeiten zunächst ausprobieren können und so einen Einstieg in das Thema finden. Bestehende Daten aus vorangegangenen Analysen können berücksichtigt werden.

Dazu wurden GIS als Grundlage gewählt, da sie eine integrierte bzw. multi-akteursbezogene Planung ermöglichen. Es geht also darum eine kollektive Maßnahmenplanung zu initiieren und Geoinformationssysteme können bei der Integration unterstützen, indem sie verschiedene Planungs- und Managementaktivitäten vereinen (Ran & Nedovic-Budic 2016).

3.2.2 Konzept

Das entwickelte GIS-Planungstool basiert auf vier Modulen: i) der topografischen Gefährdungsanalyse mit einer belastungsunabhängigen, topografischen Ermittlung potenzieller Überflutungsflächen (Senken) und Fließwege; ii) dem Maßnahmenmodul, durch

das vier wasserwirtschaftliche Vorsorgemaßnahmen geplant und in Geodaten integriert werden; iii) das Kostenmodul zur näherungsweisen Bestimmung der Baukosten der einzelnen Maßnahmen und iv) das Modul zur vereinfachten Wirkanalyse, mittels dem der direkte Oberflächenabfluss zur Maßnahme näherungsweise ermittelt werden kann. Durch eine Volumenbetrachtung können damit Rückschlüsse auf die potenzielle Wirkung von Maßnahmen der Kategorie Retention in der Fläche gezogen werden. Alle Module laufen als Werkzeuge in ArcCatalog. Als Ergebnis werden Maßnahmenszenarien in Form von modifizierten Geodaten sowie maßnahmenspezifische Datenblätter und eine Kostenübersicht als Excelsheet ausgegeben. Die gewählten Datenformate ermöglichen eine Weiterverwendung in Kommunikation oder Planung.

4 Bewertung und Fazit

Die Ergebnisse des Workshops und der exemplarischen Anwendungen zeigen, dass die definierten Ziele durch den entwickelten Prototyp erreicht werden; ein Proof-of-Concept wird erbracht. Das Werkzeug eignet sich, um Planungsszenarien zu erstellen indem ausgewählte Maßnahmen in hinreichender Detaillierung in ein digitales Geländemodell integrieren werden können. Weiterhin ermöglicht es die Durchführung einer vereinfachten Gefahren- und Wirkanalyse sowie die Abschätzung der Kosten einzelner Maßnahmen. Somit sind eine konzeptionelle Planung und die näherungsweise Quantifizierung von Optionen möglich und visuell gut darstellbar. Auch wird eine Priorisierung von Maßnahmen ermöglicht. Identifizierte Hindernisse in Planung und Bewertung von Maßnahmen können durch Anwendung des Werkzeugs somit überwunden werden.

Die Herausforderung des mangelnden Bewusstseins oder fehlendes Wissen können durch das GIS-Planungstool reduziert werden. So trägt es dazu bei, den Sachverhalt zu verstehen und eigenes Wissen zu vermitteln. Der Erfolg der Wissensvermittlung hängt allerdings vom Kontext der Toolanwendung und den Kompetenzen des Wissensvermittlers ab. Außerdem muss eine Lernbereitschaft bestehen, was wiederum voraussetzt, dass ein Bewusstsein über den eigenen Mangel an Kenntnis besteht. Dennoch kann das Planungstool dazu beitragen Bewusstsein zu schaffen, woraus sich eine Handlungsbereitschaft entwickeln kann.

Zudem konnte durch den Workshop gezeigt werden, dass das entwickelte Planungstool die Kommunikation und Kollaboration anregt. Seine Nutzung trägt dazu bei, einen gemeinsamen Konsens schneller und einfacher zu finden, wodurch es eine Unterstützung bei der Argument- oder Entscheidungsfindung darstellt. Damit werden die wesentlichen Hemmnisse der Verständnis- und Planungsphasen überwunden und eine Beschäftigung mit den Themen der Anpassungs- und Maßnahmenplanung initiiert. Langfristig ist eine Zunahme von Anpassungsaktivitäten zu erwarten.

5 Literatur

- Adger, et al. (2018) 'Advances in risk assessment for climate change adaptation policy', *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*, vol. 376, no. 2121.
- Amundsen, et al. (2010) 'Overcoming Barriers to Climate Change Adaptation—A Question of Multilevel Governance?', *Environment and Planning C: Government and Policy*, vol. 28, no. 2, pp. 276–289.
- Baasch, et al. (2012) 'Klimaanpassung auf regionaler Ebene: Herausforderungen einer regionalen Klimawandel-Governance', *Raumforschung und Raumordnung*, vol. 70, no. 3, pp. 191–201.
- Berrang-Ford, et al. (2011) 'Are we adapting to climate change?', *Global Environmental Change*, vol. 21, no. 1, pp. 25–33.
- Birkmann, et al. (2010) 'Adaptive urban governance: New challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change', *Sustainability Science*, vol. 5, no. 2, pp. 185–206.
- Brasseur, et al., eds. (2017) *Klimawandel in Deutschland*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg.
- Brooks & Adger (2005) 'Assessing and Enhancing Adaptive Capacity', in Burton, I., Malone, E. L., Huq, S., Lim, B. and Spanger-Siegfried, E. (eds) *Adaptation policy frameworks for climate change: Developing strategies, policies, and measures*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 155–181.
- Bulkeley (2010) 'Cities and the Governing of Climate Change', *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 35, no. 1, pp. 229–253.
- Bundesregierung (2011) Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossen [Online]. Available at https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf (Accessed 28 February 2019).
- Bundesregierung (2015) Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit [Online]. Available at http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf.
- Clar, et al. (2013) 'Barriers and guidelines for public policies on climate change adaptation: A missed opportunity of scientific knowledge-brokerage', *Natural Resources Forum*, vol. 37, no. 1, pp. 1–18.
- DAS (2008) Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel [Online]. Available at https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (Accessed 21 September 2018).

Deutsches Institut für Urbanistik (2015) KommAKlima: Kommunale Strukturen, Prozesse und Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel in den Bereichen Planen, Umwelt und Gesundheit, Hinweise für Kommunen Handlungsempfehlungen für Kommunen zur Klimaanpassung in den Themenschwerpunkten Planen und Bauen sowie Umwelt und Natur 7 [Online]. Available at <http://edoc.difu.de/edoc.php?id=EN1C46MP> (Accessed 14 February 2019).

European Commission (2013) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: An EU Strategy on adaptation to climate change, /* COM/2013/0216 final */, European Commission [Online]. Available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0216> (Accessed 6 August 2018).

Frommer (2009) 'Handlungs- und Steuerungsfähigkeit von Städten und Regionen im Klimawandel', *Raumforschung und Raumordnung*, vol. 67, no. 2, pp. 128–141.

Hartmann & Driessen (2017) 'The flood risk management plan: Towards spatial water governance', *Journal of Flood Risk Management*, vol. 10, no. 2, pp. 145–154.

IPCC (2013) Climate change 2013: The physical science basis : final draft underlying scientific-technical assessment : Working Group I contribution to the IPCC fifth assessment report, Geneva, WMO, IPCC Secretariat.

Ivey, et al. (2004) 'Community capacity for adaptation to climate-induced water shortages: linking institutional complexity and local actors', *Environmental Management*, vol. 33, no. 1, pp. 36–47.

Juhola (2010) 'Mainstreaming Climate Change Adaptation: The Case of Multi-Level Governance in Finland', *Developing Adaptation Policy and Practice in Europe: Multi-level Governance of Climate Change*, pp. 149–187 [Online]. DOI: 10.1007/978-90-481-9325-7_4.

Juhola & Westerhoff (2011) 'Challenges of adaptation to climate change across multiple scales: A case study of network governance in two European countries', *Environmental Science & Policy*, vol. 14, no. 3, pp. 239–247.

Kommunalagentur NRW (2015) Hochwasser- und Überflutungsschutz: Ansätze für eine fach-übergreifende Zusammenarbeit innerhalb der Kommunalverwaltung zum Hochwasserrisikomanagement [Online]. Available at <https://www.kommunalagenturnrw.de/wp-content/uploads/2016/Leitfaden%20Hochwasser-%20und%20%C3%9Cberflutungsschutz.pdf> (Accessed 31 January 2019).

Kronberger-Kießwetter, et al. (2017) Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel: Teil 1 - Kontext [Online], Wien. Available at <https://www.bmnt.gv.at/service/publikationen/umwelt/oesterreichische-strategie-anpassung-klimawandel-teil-1-deutsch.html> (Accessed 7 March 2018).

Kronberger-Kießwetter & Balas (2017) Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel: Teil 2 - Aktionsplan [Online]. Available at <https://www.bmnt.gv.at/service/publikationen/umwelt/oesterreichische-strategie-anpassung-klimawandel-teil-2-deutsch.html> (Accessed 5 September 2019).

Link, et al. (2018) Klimaschutz in Kommunen: Praxisleitfaden [Online], Berlin. Available at <https://difu.de/publikationen/2018/klimaschutz-in-kommunen.html> (Accessed 12 March 2019).

Mahammadzadeh, et al. (2013) Klimaanpassung in Unternehmen und Kommunen: Betroffenheit, Verletzlichkeiten und Anpassungsbedarf, iw Analysen, Forschungsberichte aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln 83 [Online]. Available at https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/IW-Analysen/PDF/Bd._83_Klimaanpassung.pdf (Accessed 17 August 2018).

Massey & Huitea (2016) 'The emergence of climate change adaptation as a new field of public policy in Europe', *Regional Environmental Change*, vol. 16, no. 2, pp. 553–564.

Moser & Dilling (2007) 'Toward the social tipping point: creating a climate for change', *Creating a Climate for Change: Communicating Climate Change and Facilitating Social Change*, pp. 491–516.

Moser & Ekstrom (2010) 'A framework to diagnose barriers to climate change adaptation', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 107, no. 51, pp. 22026–22031.

Preston, et al. (2011) 'Climate adaptation planning in practice: An evaluation of adaptation plans from three developed nations', *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 16, no. 4, pp. 407–438.

Pyka (2020) Ein GIS-basiertes Planungstool zur Unterstützung von Kommunen in ihrer Anpassung an Starkniederschläge, Dissertation, Aachen, RWTH Aachen <http://doi.org/10.18154/RWTH-2020-03156>.

Raadgever & Hegger (2018) *Flood Risk Management Strategies and Governance*, Springer.

Ritter (2007) 'Klimawandel — Eine Herausforderung an die Raumplanung', *Raumforschung und Raumordnung*, vol. 65, no. 6, pp. 531–538.

Samuels, et al. (2010) A Framework for Integrated Flood Risk Management [Online]. Available at https://www.researchgate.net/publication/266880456_A_framework_for_integrated_flood_risk_management (Accessed 12 July 2018).

Smit & Pilifosova (2001) 'Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity', in McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J. and White, K. S. (eds) *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge, Cambridge Univ. Press, pp. 877–912.

- Storbjörk (2007) 'Governing Climate Adaptation in the Local Arena: Challenges of Risk Management and Planning in Sweden', *Local Environment*, vol. 12, no. 5, pp. 457–469.
- Termeer, et al. (2013) 'Governance of Wicked Climate Adaptation Problems.', in Knieling, J. and Leal Filho, W. (eds) *Climate Change Governance: Climate Change Management*, Berlin, Heidelberg, Springer, pp. 27–39.
- Umfrage (2018) Unpublished interview conducted by Pyka, 2018.
- Umweltbundesamt (2017) Entscheidungsprozesse zur Anpassung an den Klimawandel in Kommunen. [Online], Dessau-Roßlau (Climate Change). Available at https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-07-18_climate-change_04-2015_klimalotse_inkl_zusamm.pdf (Accessed 20 February 2019).
- Yohe & Leichenko (2010) 'Chapter 2: Adopting a risk-based approach', *ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES*, vol. 1196, pp. 29–40 [Online]. Available at <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1749-6632.2009.05310.x>.
- Zahnt, et al. (2018) 'Herausforderungen durch pluviale Überflutungen – Grundlagen, Schäden und Lösungsansätze', *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, vol. 70, 1-2, pp. 64–77.

Anschrift der Verfasserin

Dr.-Ing. Christiane Pyka
Lehr- und Forschungsgebiet Ingenieurhydrologie der RWTH Aachen
Mies-van-der-Rohe-Str. 17
52074 Aachen

Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement in Städten rund um den Globus

Der Umgang mit Richtlinien im Gegensatz zur praktischen Umsetzung von Maßnahmen auf Grund lokaler Gegebenheiten.

Dipl.-Ing. Christian Pohl

Abstract

Der Klimawandel und damit verbunden immer extremere Wetterlagen sind in Deutschland präsenter denn je. Die Ereignisse der letzten Jahre haben gezeigt, dass nicht nur die materiellen Schäden extrem hoch sind, sondern auch Menschen ihr Leben lassen mussten. In diesem Beitrag wird aufgezeigt, wie mit dem Thema rund um den Globus umgegangen wird und welche Anpassungsstrategien verfolgt werden.

Zusammenfassung

An Beispielen aus Deutschland, Schweden und Indien wird dargelegt wie mit dem Thema Starkregen auf unterschiedliche Weise umgegangen wird, um das gleiche Ziel zu erreichen: Den Schutz für Leib und Leben und die Abwendung von hohen materiellen Schäden.

1 Ursachen für Starkregenereignisse

Das Thema Starkregen ist überall in den Medien vertreten und das rund um den Globus. Aber was verursacht die immer häufiger auftretenden Regenereignisse? Die Abb. 1 zeigt den Anstieg der Temperaturen als Abweichung vom langjährigen Temperaturmittel (1961-1990) für das Jahr 2015. Der mittlere Anstieg lag bei ungefähr 2,0 - 2,5 °C, betrachtet man Deutschland. Mit dem Anstieg der Temperaturen kann die Luft mehr Wasser (Abb. 2) aufnehmen. Kommt es nun zu konvektiven Regenereignissen können größere Mengen Wasser in kürzerer Zeit auf die Oberfläche treffen. Als Schluss daraus lässt sich ziehen, dass der Klimawandel eine der Hauptursachen für die Starkregenereignisse ist. Da dies kein lokales Phänomen, sondern eine weltweite Thematik ist, werden im folgenden Anpassungsstrategien aus verschiedenen Ländern betrachtet.

Dass das Thema so präsent ist zeigen auch die vielen Leitfäden, die es alleine in Deutschland gibt. Diese sind beispielhaft im Literaturverzeichnis gelistet und befassen sich von Handlungsanweisungen und Ratschlägen bis hin zu Richtlinien, die für die Bearbeitung von Starkregenprojekten anzuwenden sind. Allen gemeinsam ist der Bearbeitungsablauf von einem initialen Screening zur Bestimmung von betroffenen Gebieten, über eine hydraulische Modellierung bis hin zur Maßnahmenplanung und Umsetzung.

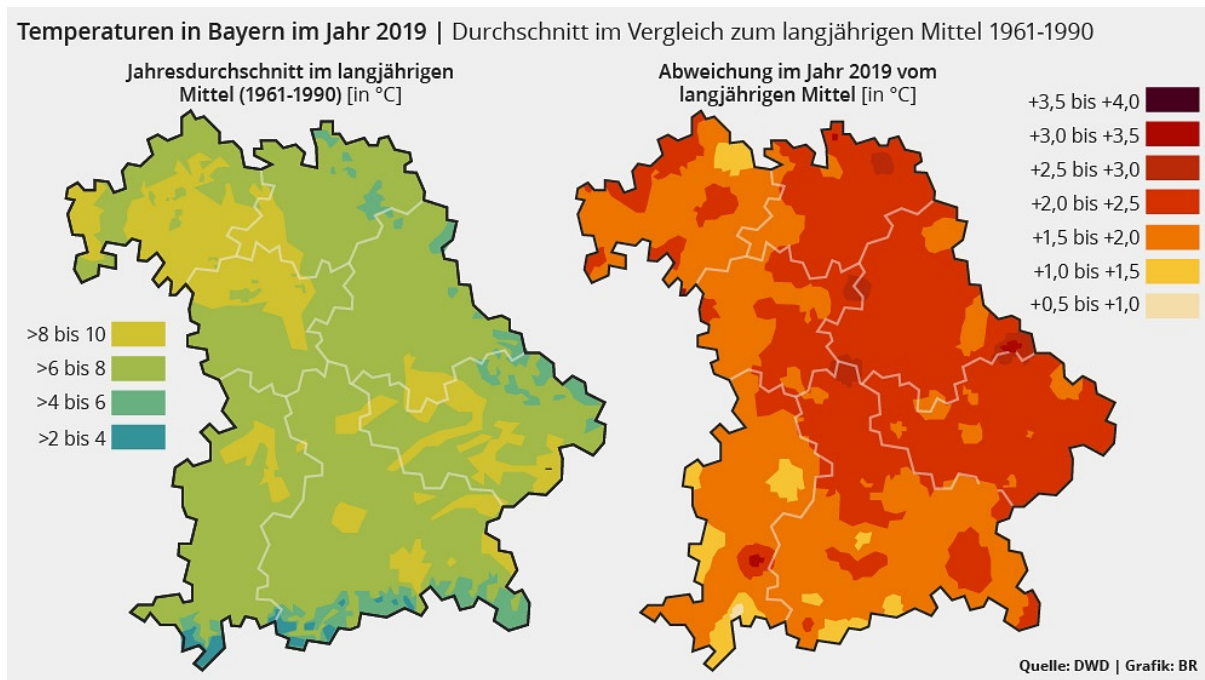


Abb. 1: langjähriges Temperaturmittel von 1961-1990 und Abweichung in 2015 vom langjährigen Mittel Quelle: DWD Grafik: BR

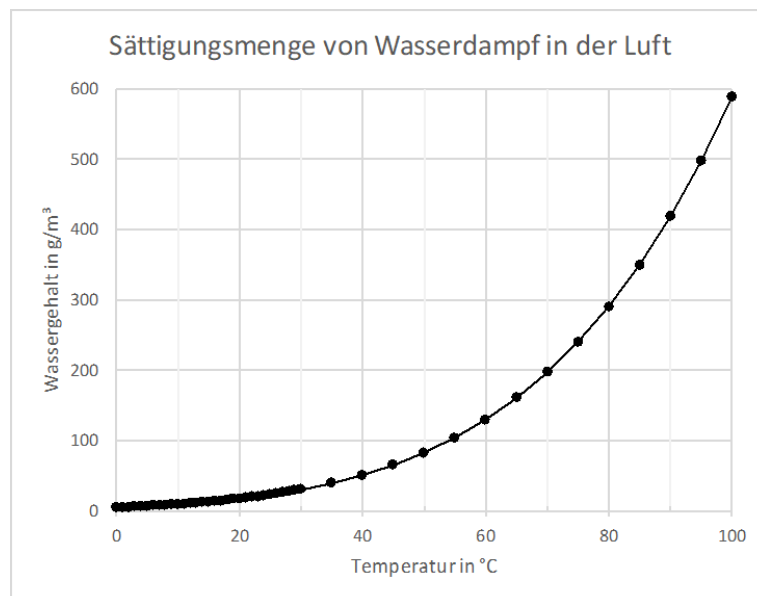


Abb. 2: Sättigungsmenge von Wasser in der Luft

Quelle: DHI

1.1 Umsetzung in Deutschland

Die Bearbeitung von Projekten im Kontext erfolgt in Deutschland entsprechend der in den Bundesländern gültigen Richtlinien und folgt dem zuvor beschriebenen Ablauf vom Screening bis hin zur Maßnahmenausführung.

Abb. 3 zeigt das Ergebnis einer GIS Analyse zur Bestimmung der Fließwege und Überschwemmungsflächenausdehnung auf deren Basis weitere Analysen erfolgen. Mittels des Screenings ist es jetzt möglich, detailliert hydraulische Berechnungen an den identifizierten Hot-Spots auszuführen und Maßnahmen zu planen. Bei den Maßnahmen handelt es sich häufig um klassische konstruktive Bauelemente wie Hochwasserschutzdeiche oder Sperrelemente. Immer häufiger kommen dezentrale Maßnahmen zum Einsatz, die eine Abmilderung der Ereignisse mit sich bringen. Hier zu nennen: der Einbau von Gründächern oder Sickerrigolen. Da das Vorgehen für Deutschland sehr gut bekannt ist werden wir an dieser Stelle auf die anderen Länder schauen.

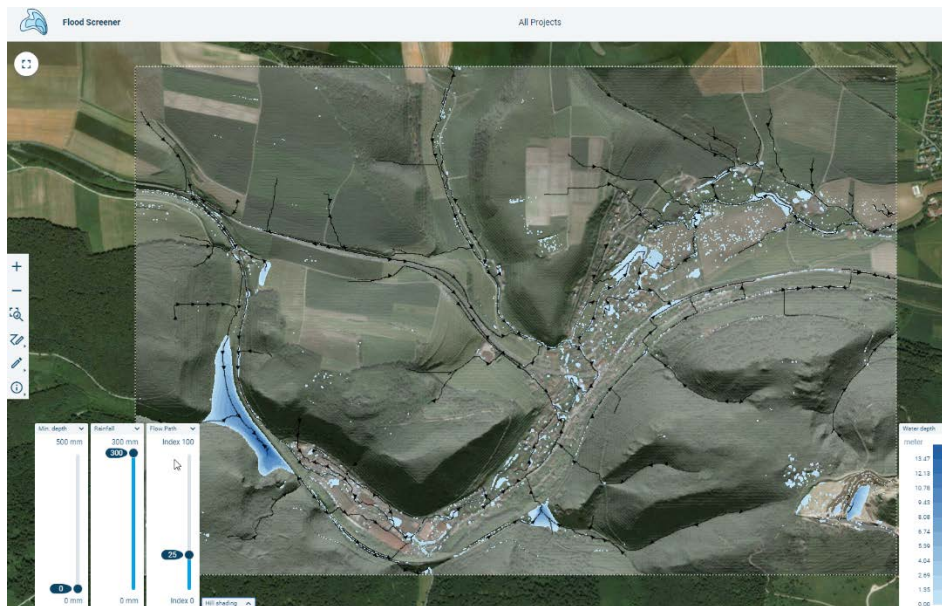


Abb. 3: MIKE Cloud FLOOD SCREENER Ergebnis zur Identifikation von Überschwemmungsflächen und Fließwegen für ein Regenereignis mit 300 mm Quelle: DHI

1.2 Umsetzung in Schweden

In Schweden erfolgt die Bearbeitung von Starkregen Anpassungskonzepten nach einem Strukturplan. Das Schema dazu ist in Abb. 4 dargestellt. Der Strukturplan sieht die Ermittlung von Maßnahmen zur Verringerung der Hochwasserrisiken in einem breiteren Kontext, d. h. zur Verringerung des Risikos erheblicher gesellschaftlicher Folgen und wirtschaftlicher Schäden vor.

Der Bebauungsplan kann dabei nicht alle Belange berücksichtigen, somit werden zum Beispiel Maßnahmen zum Schutz einer einzelnen Wohnimmobilie oder aller gemeinschaftskommunalen Einrichtungen in der Gesamtheit, wie Umspannwerke oder Viadukte vernachlässigt.

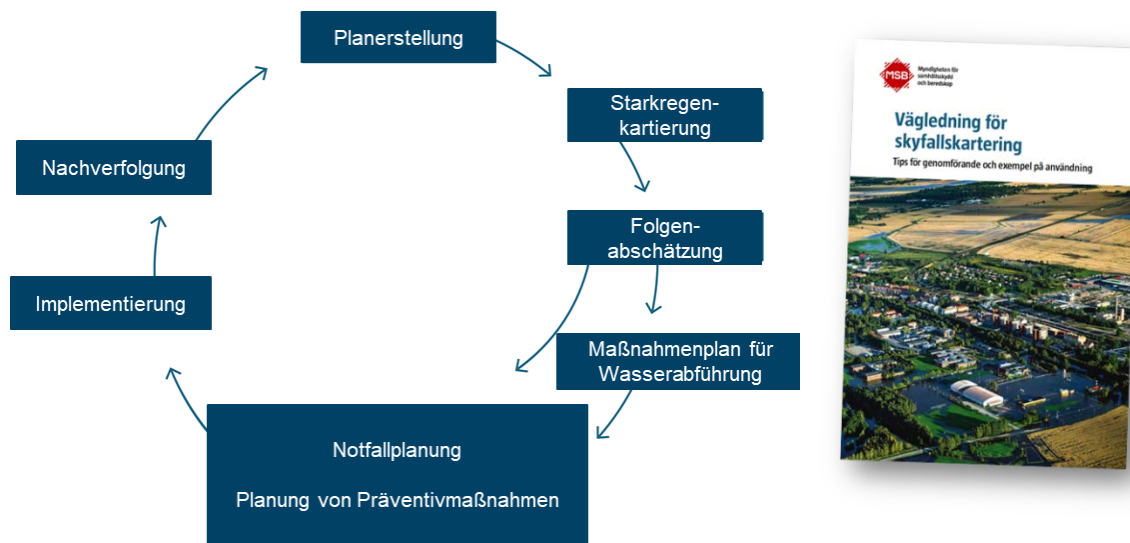


Abb. 4: Umsetzungsablauf in Schweden nach dem Strukturplan

Quelle: DHI

Es ist wichtig, eine Bewertung der Folgen einer Überschwemmung vorzunehmen. Hierbei wird ein Fokus auf Schutzpunkte, die wichtige gesellschaftliche Funktionen haben, gelegt. Diese sollen entsprechend mit der Aktionsplanung innerhalb des Strukturplans bewältigt werden. Beispiele hierfür sind Krankenhäuser, Straßen für Einsatzfahrzeuge, angrenzende Siedlungen und Bereiche, in denen die Gefahr erheblicher finanzieller Schäden besteht und individuelle Lösungen aus sozioökonomischer Sicht nicht rentabel sind.

1.3 Umsetzung in Indien

Richten wir den Blick nach Indien, so wird uns schnell bewusst, dass eine Umsetzung wie in Deutschland oder Schweden unter den gegebenen Randbedingungen gar nicht möglich ist.

Das vorherrschende Thema in Indien ist der Umgang mit dem Müll, der moderne Lösungen zur Vermeidung von Starkregenfolgen schnell an ihre Grenzen bringt. Viele der bereits gebauten Entwässerungsanlagen sind vermüllt bzw. bereits komplett verklebt und verhindern nicht, dass das Wasser wild abfließt und dem Geländegradienten folgt (Abb. 5).



Abb. 5: Müllproblematik in Chennai- Entwässerungsanlagen sind zum Teil komplett verklaust Quelle: C. Pohl - DHI



Abb. 6: Umsetzung einer Maßnahme in der Stadt Chennai

Quelle: C. Pohl - DHI

Werden Anlagen wie in Abb. 6 realisiert, erfolgt dies zum Teil unkoordiniert und ohne Vorplanung. Deutlich wird, dass Maßnahmen wie Gründächer und Versickerungsrigolen innerhalb kürzester Zeit keine Wirkung mehr zeigen würden, da sie einfach vermüllen.

2 Fazit

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Thema Starkregen überall präsent ist und die Randbedingungen für Maßnahmenumsetzungen unterschiedlicher nicht sein können. Während in Deutschland und Schweden mehr oder minder den gleichen Richtlinien gefolgt wird, vom einfachen Flood Screening über die Identifikation von Hotspots bis hin zur Maßnahmenumsetzung, muss in Indien erst an anderen Stellen gearbeitet werden. Hier liegt der Fokus auf einer Bewusstseinschaffung bezüglich des Umgangs mit Müll und einer koordinierten Maßnahmenumsetzung. Erst wenn das Thema Müll gelöst oder zumindest

angegangen worden ist, können Umsetzungsmaßnahmen zum Umgang mit Starkregen erfolgen und ihre Wirksamkeit entfalten.

3 Literatur

LAWA (2018) - LAW-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Erfurt. Ibh/ WBW (2012) - Starkregen – Was können Kommunen tun? Informations- und Beratungszentrum Hochwasservorsorge Rheinland-Pfalz, WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerschutzentwicklung mbH.

DWA/BWK (2013) - DWA Themenband: Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Hennef.

LUBW (2016) - Leitfaden – Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

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

BBK (2015) - Die unterschätzten Risiken „Starkregen“ und „Sturzfluten“ – Ein Handbuch für Bürger und Kommunen. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Referat II.5 – Baulicher Bevölkerungsschutz, Bonn. Deutscher Städtetag (2015) - Starkregen und Sturzfluten in Städten – Eine Arbeitshilfe. Deutscher Städtetag, Berlin und Köln.

MUEEF (2017) - Wasser und Klimawandel in Rheinland- Pfalz – Erkennen, Handeln, Anpassen. Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz.

StEB Köln (2016) - Leitfaden für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung in Köln – Empfehlungen und Hinweise für eine zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung und für die Überflutungsvorsorge bei extremen Niederschlagsereignissen. Stadtentwässerungsbetriebe Köln.

HKC (2017) - Hochwasser und Starkregen – Gefahren, Risiken, Vorsorge und Schutz. HochwasserKompetenz- Centrum e. V., Köln.

Metropolregion Nordwest (2016) - Leitfaden zur Starkregenvorsorge – Informationen und Tipps für Kommunen der Metropolregion Nordwest. Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten e. V., Delmenhorst.

MLU MV (2015) - Überflutungsvorsorge – aktiv und planvoll. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Mecklenburg-Vorpommern.

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

Beyer, R. (2016) - Starkregen und Sturzfluten. THW OV Siegburg, Technischer Berater Hochwasserschutz und Deichverteidigung, Technisches Hilfswerk Landesverband NRW.

MUEEF (2017) - Leitfaden zur Erstellung örtlicher Hochwasservorsorgekonzepte für Starkregeneignisse in ländlichen Mittelgebirgslagen. Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz.

Hamburg Wasser (2012) - Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen? – Leitfaden für Hauseigentümer, Bauherren und Planer. Hamburg Wasser.

StEB Köln (2016) - Wassersensibel planen und bauen in Köln – Leitfaden zur Starkregenvorsorge für Hauseigentümer, Bauwillige und Architekten. Stadtentwässerungsbetriebe Köln.

MULE Sachsen-Anhalt (2016) - Starkregen und Sturzfluten – Was tun? Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg.

Metropolregion Nordwest (2016) - Leitfaden zur Starkregenvorsorge – Informationen und Tipps für Bürgerinnen.

Anschrift

Dipl.-Ing. Christian Pohl
DHI WASY GmbH
Büro Bremen
Knochenhauerstraße 20/25
28195 Bremen
Deutschland

Starkregenkarte und Maßnahmen am Beispiel der Stadt Leichlingen zum 50. IWASA 2020

Uwe Ross, Jörg Bierbaum

Abstract

Using the city of Leichlingen as an example, the creation of heavy rain maps is presented. Here, the floods (100-yearly precipitation event according to KOSTRA DWD) were determined under consideration of the sewer network and soil infiltration. The results of the 2D-hydrodynamic calculation were published on the internet together with the HW hazard maps. The implementation of constructional measures for flood prevention is shown with 3 examples. The decentralized implemented measures for flood protection management in a new development area "Wupperbogen" have already shown their positive effects on the heavy rainfall event in 2018 (SRI 8). Planned measures for the relief of affected districts "Büscherhöfen" by the construction of flood channels were examined by means of models and show how the flood risk can be reduced from 100-yearly to 10-yearly. The effectiveness of the control of the surface runoff by "Leitverwallungen" on the area of the "Pilgerheim Weltersbach" was proven by a coupled simulation and was implemented successfully in consideration of the accessibility.

Zusammenfassung

Am Beispiel der Stadt Leichlingen wird die Erstellung von Starkregenkarten vorgestellt. Dabei wurden die Überflutungen (100-jährliches Niederschlagsereignis nach KOSTRA DWD) unter Berücksichtigung von Kanalnetz und Bodeninfiltration ermittelt. Die Ergebnisse der 2D-hydroneurischen-Berechnung wurden zusammen mit den HW-Gefahrenkarten im Internet veröffentlicht. Die Umsetzung von baulichen Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge wird anhand von 3 Beispielen gezeigt. Die dezentral umgesetzten Maßnahmen zur RW-Bewirtschaftung in einem Neubaugebiet „Wupperbogen“ haben ihre positive Wirkung beim Starkregenereignis in 2018 (SRI 8) bereits gezeigt. Geplante Maßnahmen zur Entlastung vom betroffenen Ortsteil Büscherhöfen durch die Anlage von Flutrinnen wurden modelltechnisch untersucht und zeigen, wie die Überschwemmungsgefahr von 100-jährlichen auf 10-jährlich abgesenkt werden kann. Die Effektivität zur Lenkung des Oberflächenabflusses durch „Leitverwallungen“ auf dem Gelände des „Pilgerheims Weltersbach“ wurde durch eine gekoppelte Simulation nachgewiesen und unter Berücksichtigung der Barrierefreiheit baulich erfolgreich umgesetzt.

1 Stadtgebiet und Gefahrenlage

Leichlingen (Rheinland) ist eine Stadt im Rheinisch-Bergischen Kreis in Nordrhein-Westfalen zwischen den Ballungskernen Köln, Leverkusen und Düsseldorf am Rande des Bergischen Landes. Das rd. 37 km² große Stadtgebiet steigt auf einer Ausdehnung von 11,5 km von Westen nach Osten auf Höhenlagen von 54 m NHN auf 250 n NHN an. Im Norden der Stadt ist die natürliche Grenze die Wupper, der Murbach und die Diepentaler Talsperre bilden die südliche Begrenzung des Stadtgebietes.

In Leichlingen kam es u.a. in 2005 und 2013 zu außergewöhnlichen Niederschlagsereignissen (Sturzfluten) mit entsprechenden Schäden. Durch die ausgeprägte Hanglänge des nach Westen abfallenden Stadtgebietes und den teilweise durch Deichlage zur Wupper unterbundenen Oberflächenabfluss war die Erstellung von Starkregenkarten ein wichtiges Thema, dem sich der Städtische Abwasserbetrieb Leichlingen zur Information und Vorsorge für die Betroffenen und städtische Akteure frühzeitig angenommen hatten.

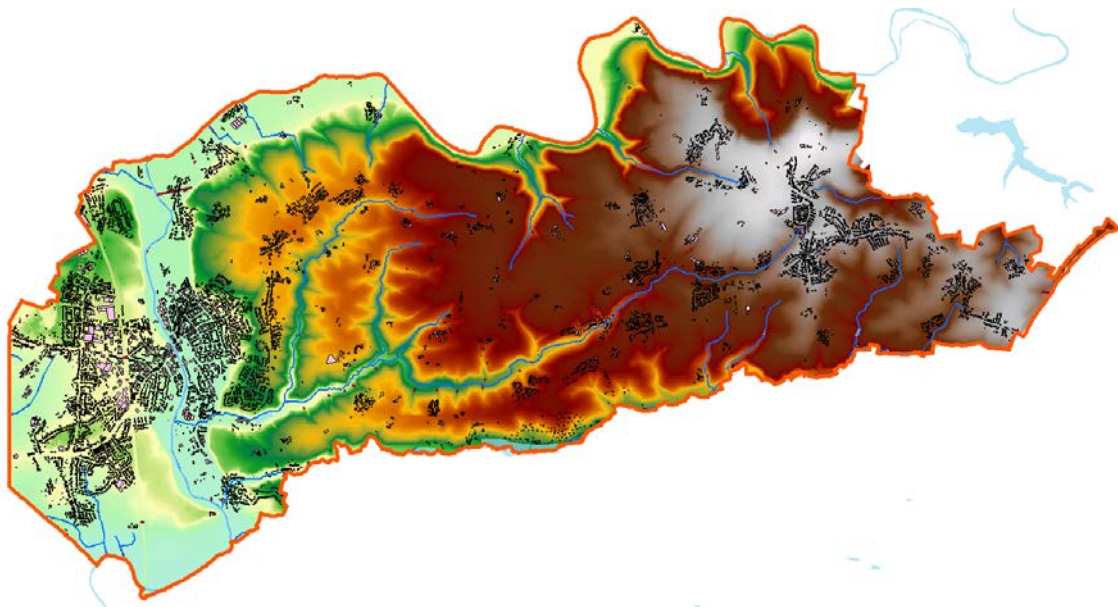


Abb. 1: Stadtgebiet Leichlingen mit DGM

2 Starkregengefahrenkarten

Vor diesem Hintergrund wurde die Fischer Teamplan Ingenieurbüro GmbH mit der Erstellung von Starkregengefahrenkarten für das Stadtgebiet von Leichlingen in 2016 beauftragt. Ziel war die Ermittlung von Fließwegen und Einstaupunkten im gesamten Einzugsgebiet unter Berücksichtigung von Bodeninfiltration und Schluckvermögen des Kanalnetzes sowie die zweidimensionale hydronumerische Berechnung des Oberflächenabflusses.

Die Darstellung der Fließwege und die Mulden/Senken-Analyse sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Insbesondere die Entwässerung des Haupteinzugsgebietes (Weltersbach in grün), der einen Großteil des Stadtgebietes entwässert und im südlichen Kernstadtbereich in die Wupper mündet, stellt einen maßgeblichen Abflussweg dar. Wie aus der Abbildung zu entnehmen ist, findet die Konzentration der Abflüsse im Bereich des Stadtkerns in den Wupperauen statt.

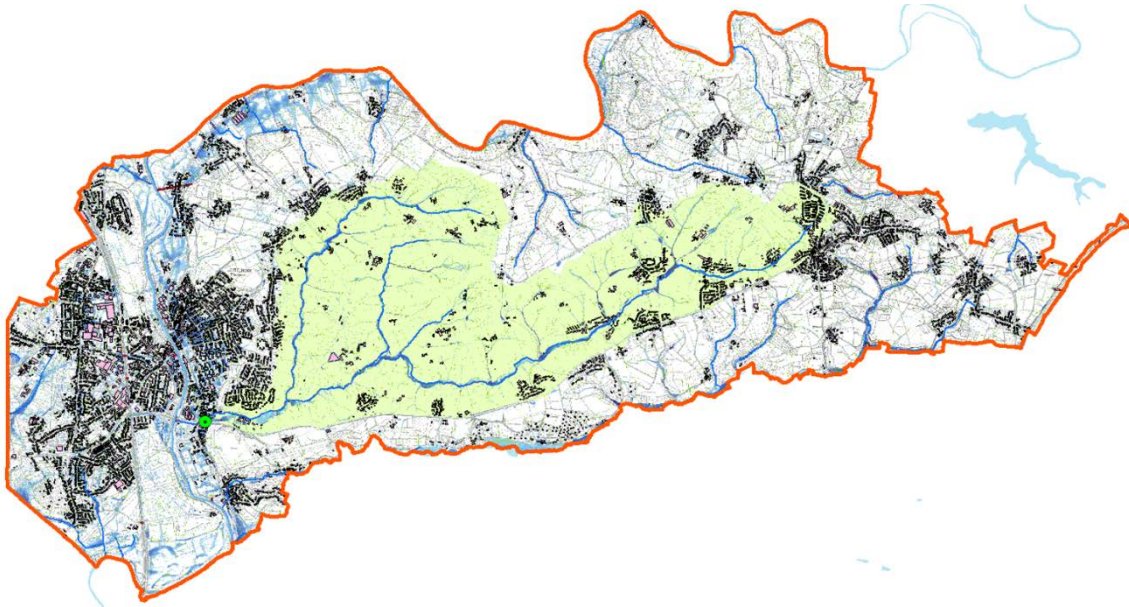


Abb. 2: Mulden/Senken-Analyse

Aufgrund der möglichen Überlagerung von HW-Wellen im Gewässer und dem Auftreten von urbanen Sturzfluten wurden bei der Veröffentlichung der Starkregenkarten beide Aspekte (Flusshochwasser Wupper und urbane Sturzfluten) berücksichtigt.

Starkregenkarte Leichlingen

Impressum
Datenschutz



Stadt Leichlingen
Städtischer Abwasserbetrieb

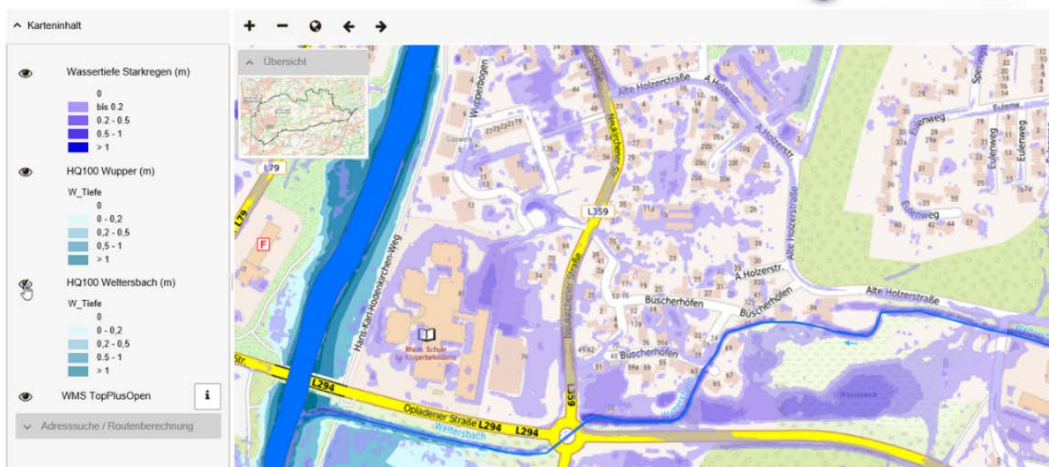


Abb. 3: Veröffentlichte Starkregenkarten Leichlingen

Als simuliertes Niederschlagsereignis wurde das 100-jährliche Ereignis nach KOSTRA DWD 2010R mit der Dauerstufe 1 h und 1 h Nachlauf gewählt. Das Szenario entspricht dem Szenario 2 der Förderrichtlinie zum kommunalen Starkregenrisikomanagement in NRW. Allerdings wurde zur Berücksichtigung der Bodeninfiltration und des Schluckvermögens des Kanalnetzes ein Anfangsverlust am Beginn des Ereignisses entsprechend einem 5-jährlichen Ereignis „abgezogen“ Damit verbleibt von der ursprünglichen 100-jährlichen Ereignissumme von 52,2 mm nach Abzug des 5-jährlichen Ereignisses eine effektive Niederschlagssumme von rd. 23 mm, die flächig auf das Gebiet beregnet wird.

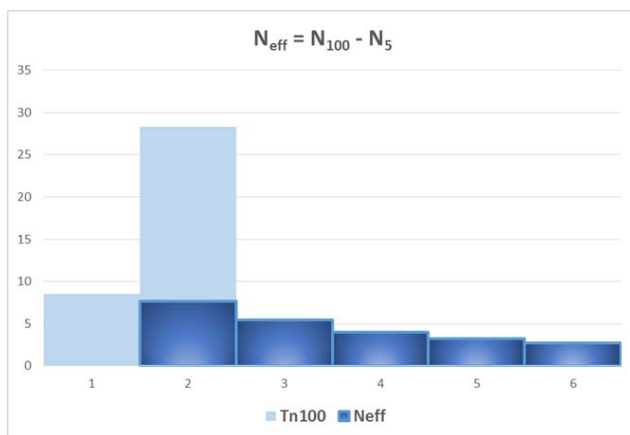


Abb. 4: Ansatz zur Berechnung bei N100 unter Berücksichtigung von Kanalnetz und Bodeninfiltration

3 Niederschlagsereignis

Nach 2013 und 2015 wurde das Stadtgebiet von einem außergewöhnlich intensiven Niederschlagsereignis getroffen. In der Nacht vom 9. auf den 10. Juni 2018 fielen lokal 65 mm in 1 h Niederschlag.

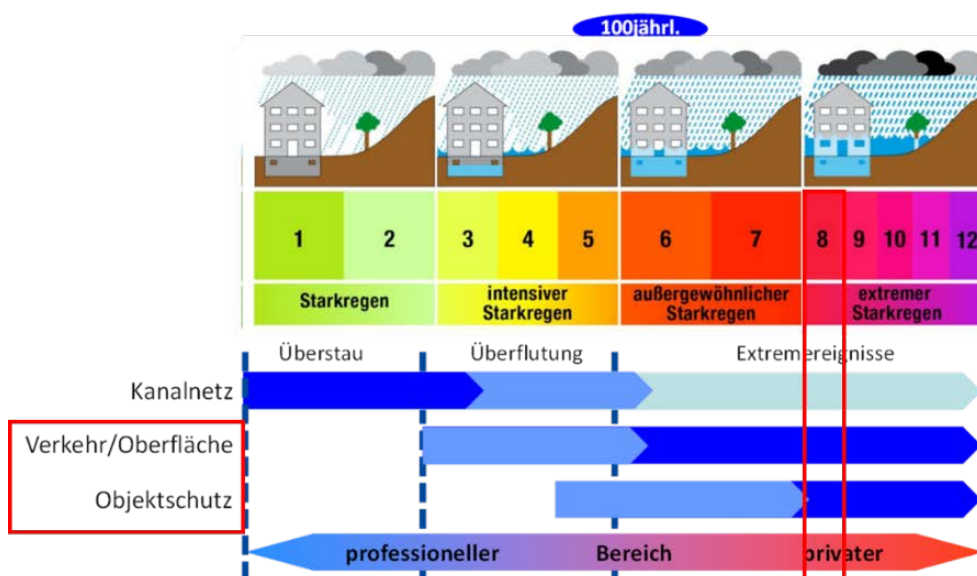


Abb. 5: Einstufung des Niederschlagsereignisses vom 9.Juli 2018 nach Starkregenindex (SRI)

Dabei war die Vorfeuchte des Bodens durch vorlaufende Ereignisse Anfang Juni bereits deutlich erhöht. Nach der Klassifizierung des Ereignisses nach dem Starkregenindex ergibt sich der SRI 8 (extremer Starkregen).

Daher kam es in der Nacht vom 9. auf den 10. Juni 2018 zu heftigen Sturzfluten und Überschwemmungen im Stadtgebiet, bei dem erhebliche Sachschäden zu verzeichnen waren.



Abb. 6: Straßenschäden auf dem Gelände des Pilgerheims Weltersbach



Abb. 7: Erosionsschäden und Ausspülungen am Gewässer aufgrund von Sturzfluten am Weltersbach

Dies war der Anlass, um konkrete bauliche Maßnahmenkonzepte zur Entschärfung von Überflutungsschwerpunkten vorzunehmen.

4 Maßnahmenkonzepte

Die hier vorgestellten Maßnahmenkonzepte zur Entschärfung von Überflutungsschwerpunkten (sog. Hotspots) beziehen sich auf bereits umgesetzte als auch auf geplante bauliche Maßnahmen.

4.1 Neubaugebiet Wupperbogen

Ein Beispiel für eine erfolgreich umgesetzte Maßnahme zum Überflutungsschutz stellt das Wohngebiet Wupperbogen dar. Hier wurde bereits im Zuge der Bauleitplanung die vorhandene Geländesituation berücksichtigt und ein Entwässerungskonzept durch eine angepasste Regenwasserbewirtschaftung mit verschiedenen Komponenten realisiert:



Abb. 8: V-förmiges Straßenprofil und Versickerungsmulde am „Wupperbogen“

So wurden neben der zentralen Versickerungsmulde an einem Grünflächenstandort Maßnahmen wie Dachbegrünung, wasserdurchlässige Straßenbeläge und Ausbildung der Straßenoberfläche als V-Profil umgesetzt.

Im Ergebnis zeigte sich, dass die Schäden in dem Neubaugebiet bei dem Starkregenereignis in 2018 sehr gering waren.

4.2 Überflutungsschutz für die Ortslage Büscherhöfen

Die Ortslage Büscherhöfen wurde bei dem Ereignis 2018 stark in Mitleidenschaft gezogen, wie auch aus den veröffentlichten Starkregenkarten zu entnehmen ist.

Die Ausuferungen traten vorwiegend aufgrund der geringen Leistungsfähigkeit des Gewässers auf, das im Bereich der Ortslage durch mehrere Durchlässe und Einbauten eingengt ist.

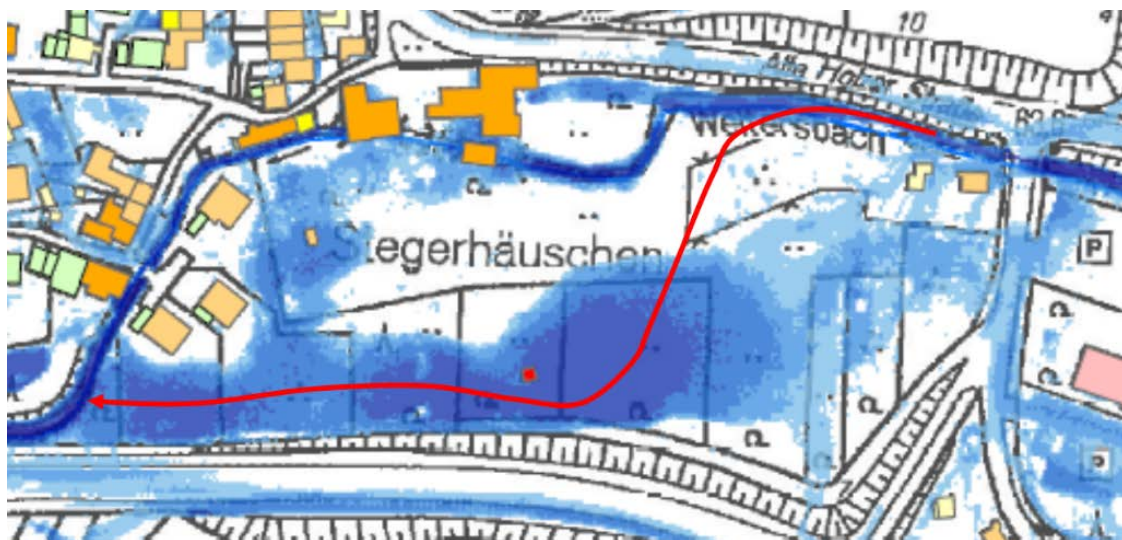


Abb. 9: Betroffenheit der Ortslage Büscherhöfen

Ziel war hier die Entlastung bzw. Ertüchtigung des Gewässers durch a) Auenretention oberhalb oder b) Anlage einer gewässerparallelen Hochflutrinne.

Auenretention

Die hydraulisch/hydrologischen Untersuchungen haben gezeigt, dass die Auenretention trotz eines durch Begleitmaßnahmen aktivierbarem Volumens von 8.000 m³ keine nennenswerte Absenkung der HW-Spitze bewirkt. Das Verhältnis von Einzugsgebiet von rd. 10 km² zu 8.000 m³ Speichervolumen ist zu gering, um die HW-Welle nachhaltig zu „brechen“.

Gewässerparallele Hochflutrinne

Die Untersuchungen zur Anlage einer gewässerparallelen Hochflutrinne dagegen haben gezeigt, dass durch eine rd. 10 m breite und 0,6 m tiefe Rinne, die über ein Abschlagbauwerk gezielt geflutet werden kann, eine erhebliche Reduktion der Abflüsse im Hauptgewässer erzielt kann. Bei dem Konzept lässt sich der HW-Abfluss bei HQ100 durch die Rinne auf ein HQ10 im Gewässer reduzieren. Dabei können die vorhandenen Einbauten schadensfrei durchströmt und die vorhandenen HW-Sicherheiten deutlich erhöht werden.

4.3 Überflutungsschutz am Pilgerheim Weltersbach

Ein weiteres Beispiel, das die Effektivität von Schutzmaßnahmen zeigt, ist die Errichtung von Lenkungsmaßnahmen zur Ableitung des Oberflächenwassers im Straßenraum auf dem Gelände des Pilgerheims Weltersbach. Das Pilgerheim ist eine Einrichtung für pflegebedürftige Menschen und hinsichtlich Gefährdungslage als hoch einzustufen.



Abb. 10: Sofortmaßnahme am Pilgerheim Weltersbach



Abb. 11: Umgesetzte Schutzmaßnahmen am Pilgerheim Weltersbach

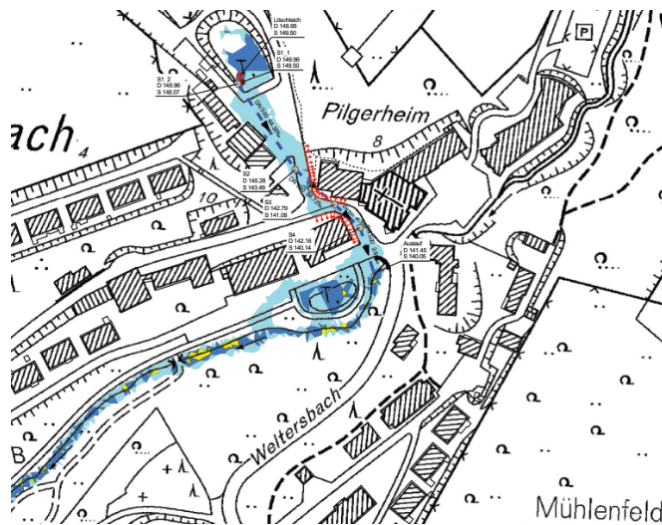


Abb. 12: Gefährdungsanalyse bei N-Ereignis Juli 2018 (SRI 8) ohne Schutzmaßnahmen

Die geplante Maßnahme zur Lenkung des Oberflächenabflusses wurde im Vorfeld hydrodynamisch mit einem gekoppelten Modell berechnet. Dabei hat sich durch die räumlich begrenzte Anlage von Mauern in den „Innenkurven“ der Straßenführung gezeigt, dass das Oberflächenwasser schadensfrei zum Vorfluter geleitet werden kann.

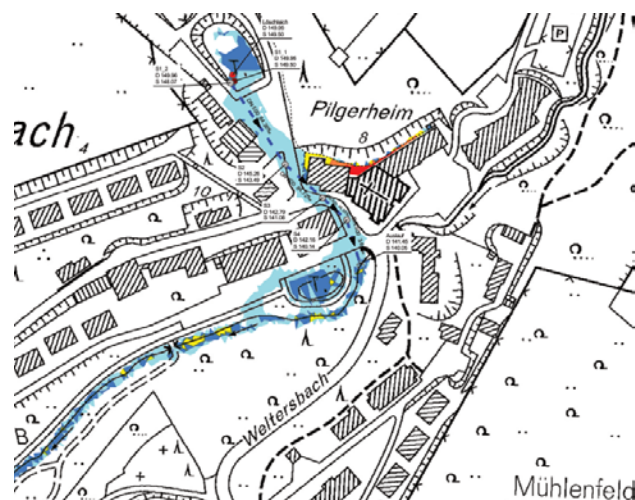


Abb. 13: Gefährdungsanalyse bei N-Ereignis Juli 2018 (SRI 8) mit Schutzmaßnahmen

5 Zusammenfassung

Die Erstellung von Starkregengefahrenkarten und die Veröffentlichung ist in Ergänzung zu den HW-Gefahrenkarten eine effektive Methode, um die städtischen Akteure und die Betroffenen zu informieren und die Motivation zur Eigenvorsorge anzuregen.

Durch die Identifikation der gefährdeten Objekte ist die gesicherte Faktenlage für eine ämterübergreifende Zusammenarbeit (Stadtplanung, Entwässerung, Grünflächenamt, Straßenbaulastträger) gegeben.

Anschrift der/des Verfasser/s

Dipl.-Ing. Uwe Ross, Dipl.-Ing. Jörg Bierbaum
Fischer Teamplan Ingenieurbüro GmbH
Wilhelmstr. 26
42697 Solingen

Schutz vor Starkregen durch Rückhaltung und Versickerung

Hagen Güssow, Dipl.-Ing. FH

In welchem Kontext steht der Schutz vor Starkregen?

Die Niederschlagswasserbewirtschaftung ist ein zentraler Bestandteil unseres Lebens auf diesem Planeten. Große Worte, könnte man meinen, aber es geht um nicht mehr oder weniger, als den Erhalt des natürlichen Wasserkreislaufes unserer Erde. Der natürliche Wasserkreislauf wird durch unsere Bauwerke, die Infrastruktur und alle Eingriffe in die natürlichen Flächen (oft auch Kulturland) beeinflusst. Deshalb ist es wichtig, mit einer möglichst naturnahen Niederschlagswasserbewirtschaftung diese oft negativen Folgen so gut wie möglich auszugleichen. Als nur ein Beispiel dafür sei hier die Grundwasserneubildung genannt. Wasser ist unser Lebenselixier. Wenn es jedoch in flutartiger Form, sei es durch Überschwemmungen, aber auch durch Starkregen auftritt, dann kann es lebensgefährlich werden.

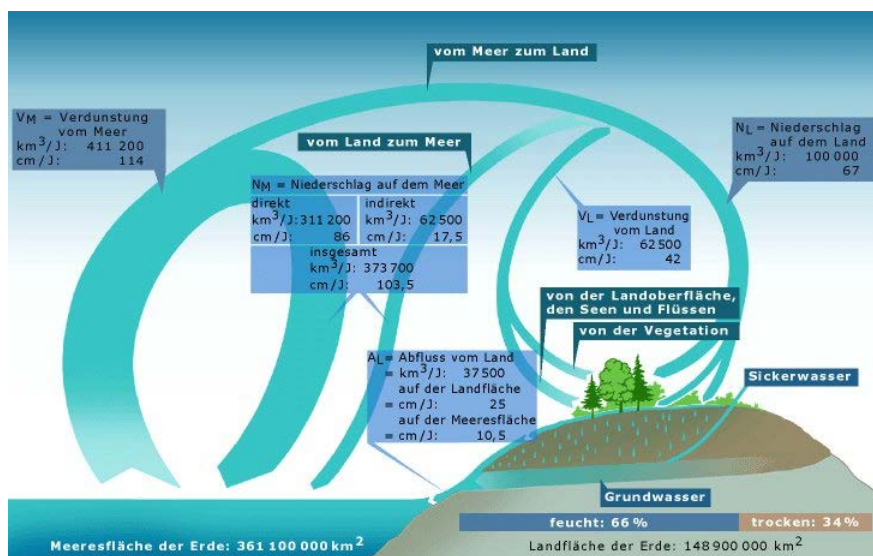


Abb. 1: Der natürliche Kreislauf des Wassers

© Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2009

Die Gefahren durch Starkregen haben sich spätestens seit den Ereignissen 2008 in Dortmund, 2014 in Münster und 2016 in Braunsbach und Simbach in das öffentliche Bewusstsein gebracht. Diese Ereignisse haben teilweise auch Menschenleben gefordert, darüber hinaus aber auch sehr hohe Schäden an Infrastruktur und Sachwerten verursacht. Unterspülte Straßen, beschädigte und damit unpassierbare Brücken, massenhaft vollgelaufene Keller, Schäden an Inneneinrichtungen und Produktionsanlagen und auch stark beschädigte Gebäude bis hin zur Unbewohnbarkeit sind die Folgen.

1 Welche Einflussfaktoren für Starkregen gibt es?

Für die Beurteilung von Starkregen ist es wichtig, die Einflussfaktoren zu kennen. Hier spielen eine maßgebliche Rolle:

- Das Niederschlagsereignis pro Zeiteinheit
- Die angeschlossene Fläche oder das Einzugsgebiet ► wichtig Außenbereiche
- Fließwege (aktuelle und historische!)
- Geländeprofilierung / Gradienten / Abflussverhalten

1.1 Niederschlagsereignis pro Zeiteinheit

Die entscheidende Frage ist, wieviel Regen pro Zeiteinheit, also je Stunde fällt. Der tagelange leichte Landregen kann zwar auch zur Bodensättigung führen und Wasser auch auf unbefestigten Flächen anstauen lassen, aber das passiert i.d.R. ohne die große und plötzliche Zerstörungsgewalt eines Starkregens. Laut Definition des DWD sprechen wir bei Regenmengen ab 15 l in 1 Stunde, oder 20 l in 6 Stunden von Starkregen. In diesen Fällen wird eine amtliche Warnung vor Markantem Wetter generiert [1].

1.2 Angeschlossene Fläche / Einzugsgebiet / Außenbereiche

Die angeschlossene Fläche, also die von uns im Rahmen von Baumaßnahmen versiegelte Fläche ist erst einmal primär. Sie ist in der Regel aus der Planung bekannt. Es gehört für eine ganzheitliche Betrachtung aber auch die Kenntnis über weiter angeschlossene Flächen, wie z.B. weitere versiegelte Flächen in einer Kommune dazu. Dies können z.B. Straßen, Plätze und Gehwege, aber auch natürliche Flächen oder Kulturland mit entsprechendem Gefälle sein. Diese Flächen müssen für eine sinnvolle Starkregenvorsorge zwingend mit betrachtet werden!

1.3 Fließwege (aktuell und historisch)

Eine Ermittlung der Fließwege ist essentieller Bestandteil einer Analyse des Ist-Zustandes über das Abflussverhalten. Diese Analyse zeigt anschaulich, welche Gebiete besonders gefährdet sind und woher das NW kommt. (s. Pkt. 1.2 zum Einzugsgebiet) Zu beachten sind auch kleine Fließwege, die durch jede Kommune verlaufen und oft verdoht worden sind. Im öffentlichen Bewusstsein existieren diese Fließwege nicht mehr. Umso überraschender sind dann Überstauereignisse aus diesen Kleinstgewässern.

Es ist aber auch sehr hilfreich, historische oder ehemalige Fließwege zu kennen. Wenn man sich einmal das Alter unserer Kommunen vor Augen hält, kann sich jeder leicht vorstellen, dass ein kleines Gewässer schon etliche Male umverlegt wurde, um Platz für einen Neubau, den Marktplatz, eine Straße o.ä., zu schaffen. Diese historischen oder

ehemaligen Fließwege werden bei Starkregenereignis gern wieder „gefunden“, denn dieser war für das Wasser der hydraulisch beste Fließweg.

1.4 Geländeprofilierung / Gradiente / Abflussverhalten

Dieser Punkt lehnt sich stark an den Pkt. 1.2 an. Jedoch beeinflussen unterschiedliche Gefälle die genannten Faktoren noch einmal sehr entscheidend.

2 Wie können wir uns vor Starkregen schützen?

Aus den unter Pkt.1 aufgeführten Argumentationen ergibt sich, dass wir Starkregenereignisse auch zukünftig nicht verhindern werden können. Es gibt aber einige Maßnahmen, die sehr hilfreich sind, die Folgen von Starkregen zu mindern und damit zuerst Menschenleben, aber auch die Infrastruktur und Sachwerte zu schützen. Dies sind:

- Kenntnis über die unter Pkt. 1 genannten Sachverhalte
- **Flächenvorsorge:** keine Bebauung von starkregengefährdeten Gebieten
- Maßnahmen der **Bauvorsorge**, wenn doch auf gefährdeten Grundstücken gebaut wird / gebaut werden muss
- **Risikovorsorge** (z.B. Elementarschutzversicherung)
- **Verhaltensvorsorge**, wie z.B. Warnsysteme vor Starkregen, aber auch der Objektschutz eines jeden einzelnen Gebäudes (Sandsack, Dammbalken, Schott, usw.)

2.1 Bauvorsorge

Die Bauvorsorge umfasst alle Maßnahmen, die planerisch nötig werden können, um den Schutz eines Gebäudes, Bauwerkes oder auch eines ganzen Baugebietes gewährleisten zu können. Als Erkenntnis der letzten Jahre haben sich Maßnahmen zur Abflussvermeidung oder -minderung als ganzheitliches System sehr positiv bewährt. Diese sind:

- Dach- und Fassadenbegrünung
- NW-Nutzung
- durchlässigen (Verkehrs)-flächen
- Flächenentsiegelung
- Multifunktionale Flächen
- Dezentrale NW-Versickerung
- Dezentrale NW-Rückhaltung

Aufgrund der Kernkompetenz von REHAU soll hier nur auf die dezentrale Versickerung und Rückhaltung eingegangen werden. Diese kommunizieren jedoch sehr oft auch mit den anderen genannten Möglichkeiten der Abflussvermeidung. So sind die NW-Versickerung und -Rückhaltung auch oft Bestandteile von multifunktionalen Flächen.

2.2 Niederschlagswasserversickerung und -retention

Das Grundprinzip der nachfolgend vorgestellten NW-Versickerung (Versickerung) und NW-Rückhaltung (Rückhaltung oder Retention) ist erst einmal gleich. Es geht bei beiden darum, einen Pufferspeicher (Rigole) zu bemessen, der die Differenz zwischen anfallendem und abfließendem NW-Wasser aufnehmen kann. Der Unterschied liegt auf der Ablaufseite. Bei der Versickerung wird die Menge des ablaufenden NW-Wassers von der Sickerleistung der direkt angeschlossenen Sickerfläche des Bodens bestimmt. Bei einer Retention gibt es eine Drossel, die die Menge des ablaufenden NW-Wassers begrenzt.

2.2.1 Niederschlagswasserversickerung

Die Versickerung funktioniert überall dort, wo auf natürlichen Flächen (auch Kulturland) ein versickerfähiger Boden ansteht. Die Versickerung im Sinne der Bewirtschaftung wird dadurch erforderlich, dass der anstehende Boden versiegelt wurde und nicht mehr versickerfähig ist. Dort hilft die Versickerung bei der Grundwasserneubildung und begrenzt das Risiko bei urbanen Sturzfluten. Jeder Kubikmeter NW-Wasser, der nach einem Starkregenereignis in einer unterirdischen Rigole zwischengespeichert werden kann, stellt keine Gefahr mehr auf der Oberfläche dar.

Um hier ein möglichst großes Speichervolumen zu erreichen, wurde im Verlauf der letzten ca. 20 Jahre die ursprüngliche Kiesrigole durch Speicherbausteine ersetzt. Der Grund dafür ist ein höheres Speichervolumen (in einer RAUSIKKO®-Box der Fa. REHAU stehen, je nach Typ ein Speicherkoeffizient von 0,94 bis 0,96 zur Verfügung, in einer Kiesrigole bei einer angenommenen Sieblinie 16/32 nur ca. 0,3) Damit kann also das dreifache Volumen aufgenommen und für die Versickerung zwischengespeichert werden.



Abb. 2: RAUSIKKO®-Boxen der Fa. REHAU

Quelle: REHAU AG+Co

Das NW kann damit im Rahmen einer dezentralen Versickerung direkt an der versiegelten Fläche eingebaut werden, um hier schon die Grundwasserneubildung wieder zu ermöglichen und die anschließende Vorflut von diesem NW zu entlasten.



Abb. 3: NW-Versickerung mit RAUSIKKO®-Boxen

© Hagen Güssow

Ein weiterer Vorteil der dezentralen Versickerung auf Grundstücken dürfte sein, dass der Grundstückseigentümer durch eine solche Anlage von der Gebühr für NW befreit werden kann. Genaue Angaben hierzu finden sich in den örtlichen Satzungen zur Erhebung von Abwassergebühren.

In Kenntnis der unter den Punkten 1.1 bis 1.4 genannten Einflussfaktoren können diese Rigolen für die Versickerung nun aber auch entlang der Fließwege des NW eingebaut werden, um das bei einem urbanen Starkregen über die Oberfläche strömende NW so gezielt wie möglich zu erfassen und unschädlich zu machen.

2.2.2 Niederschlagswasserrückhaltung oder -retention

Wann muss es eine Retention statt einer Versickerung geben? Die Gründe dafür können vielfältig sein. Nachfolgend eine Auswahl:

- zu geringer Abstand zwischen UK Rigole und dem Grundwasserleiter
- anstehender Boden ist (zu) schlecht versickerfähig
- der anstehende Boden ist kontaminiert
- Gefahr der negativen Beeinflussung des Unterliegers, z.B. in Hanglage

Ein Anspruch auf Vollzähligkeit dieser Argumente besteht nicht. Hier ist der planende Ingenieur mit seinem Fachwissen gefragt, um alle eventuellen Einflüsse zu erkennen und richtig zu bewerten.

Über eine Drossel erfolgt der Ablauf in Richtung Vorflut. Das kann der öffentliche Kanal, aber auch ein Oberflächengewässer sein. REHAU stellt hierfür einen Drosselschacht her, der schon mit der passenden Drossel fertig konfektioniert auf die Baustelle kommt. Der Drosselwert ist dann bereits werksseitig eingestellt. Die Rigolenboxen sind außerdem mit einer Folie aus PE-HD umhüllt und verschweißt. Im Drosselschacht wird eine

mechanische Rückstausicherung angeboten, um zu vermeiden, dass es z.B. bei Starkregen einen Rückstau aus dem öffentlichen Kanalsystem in die Anlage gibt.

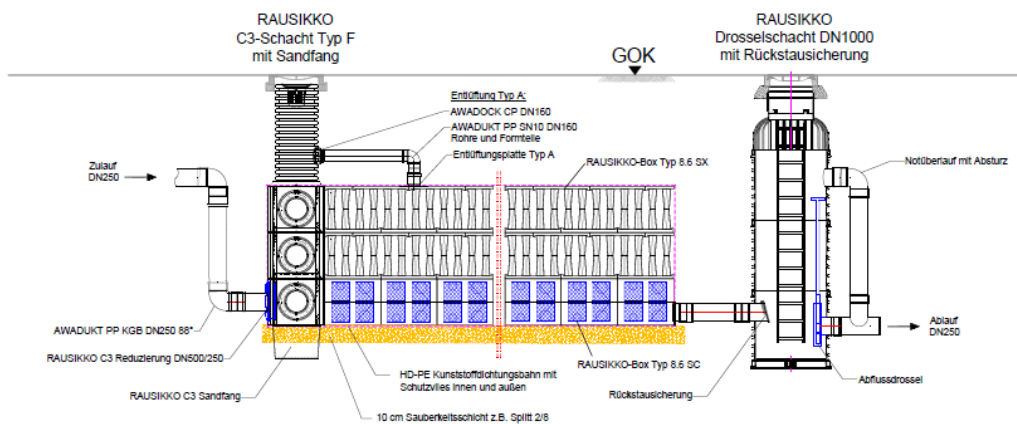


Abb. 4: Prinzip-Skizze einer NW-Retention mit RAUSIKKO®-Boxen

Quelle: REHAU AG+Co

Auch eine NW-Retention kann dezentral direkt an der versiegelten Fläche eingebaut werden, um mit Ihrem Aufnahmevermögen die jeweilige Vorflut zu entlasten, aber auch bei Starkregen das NW aufzunehmen.

Ebenso hat ein Einbau entlang der Fließwege des NW bei urbanen Starkregenereignissen eine große Schutzfunktion. Analog zur Versickerung kann das über die Oberfläche strömende NW hier schadlos zwischengespeichert werden und mit kleinem Drosselabfluss unschädliche Mengen zeitverzögert an die Vorflut abgeben.

REHAU bietet unter <https://www.rehau.com/de-de/regenwasser-tiefbau> einen umfassenden Service für die Planungen an.

3 Literatur

[1] <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/S/Starkregen.html>

Anschrift des Verfassers

REHAU AG+Co

Dipl.-Ing. Hagen Güssow

Ytterbium 4

91058 Erlangen

Komplexe Einsatzplanung von mobilen Hochwasserschutzsystemen

Hartmut Wibbeler

Abstract: Effiziente Hochwasserschutzsysteme

Infolge des Klimawandels werden wir eine deutliche Zunahme von extremen Hitzetagen, extremen Niederschlägen und Stürmen bekommen.

Das heißt, die Hochwasserschutzsysteme und organisatorische Einsatzplanung des Bevölkerungsschutzes müssen sich für die Zukunft darauf einstellen und viel beschleunigter werden.

Für die zukünftigen Anforderungen können vollkommen vorinstallierte Hochwasserschutzsysteme die Lösung sein.

Zusammenfassung

Eine nachhaltige Stadtentwicklung in hochwassergefährdeten Städten wie auch in Stadtteilen mit einer Starkregengefahr erfordert effiziente Hochwasserschutzsysteme. Nötig sind zeit- und kosteneffiziente Hochwasserschutzlösungen, die bei einem Einsatz mit minimalem Personalbedarf auskommen.

1 Neue Anforderungen an einen mobilen Hochwasserschutz

Gerade in einer stressigen Krisensituation, wie es eine Sturzflut ist, ist ein mobiler Schutz gefragt, der möglichst ohne lose Teile (keine Schrauben und andere Kleinteile) auskommt, um einen schnellen Aufbau nicht zu verzögern. Am besten sollte der mobile Schutz am Einsatzort gelagert sein, um den größten Zeitfaktor „die Logistik“ zu verringern oder ganz zu vermeiden.

Das System muss einfach und robust konstruiert sein, so dass starke Strömung und Treibgut abgehalten werden und bei Beschädigungen wie Löchern, fehlenden bzw. defekten Schrauben oder auch Aufbaufehlern das System nicht versagt und diese Defekte während des Hochwassers schnell und einfach repariert werden können.

Als Weiteres ist eine Autarkie eines modernen Hochwasserschutzes anzustreben, der von jedermann aufzubauen ist, d. h. der Aufbau sollte ohne viele Hilfsmittel auskommen und auch bei schlechtem Wetter (nachts um 3:00 Uhr bei Schneereggen) funktionieren.

Hochwasser- und Starkregenereignisse werden oft unterschätzt. Riesige Gebiete können überschwemmt sein oder ein Stadtteil kann innerhalb von weniger als einer Stunde vollständig unter Wasser stehen. Aufwendige Lagerhaltung und umständliche Logistik sind gerade dann in einer zeitkritischen Krisensituation keine Lösung und würden das Problem nur verschärfen weil Straßen unpassierbar werden, wertvolle Zeit und viele Personen mit dem Aufbau des mobilen Schutzes gebunden sind.

1.1 Der visuelle Hochwasserschutzplan = Die erste Information (der erste Meter)

Hochwasserschutzpläne (4) erlauben den Bürgern des Gebietes im Ernstfall die rasche Orientierung und damit den raschen schadensmindernden Einsatz. Aus diesem Grund werden Flutschutzpläne ausgehängt und bieten eine wesentliche Unterstützung in der stressreichen Krisensituation direkt am Anfang. So werden beispielsweise aus einem Hochwasserschutzplan die ersten Arbeitsschritte, die Schutzwand, der Standort von Aufbauwerkzeug wie weitere Pumpen, Licht usw. bestimmt, oder Hinweise über Elektroverfahren, Schieber, Stromanschlüsse usw. aufgeführt.

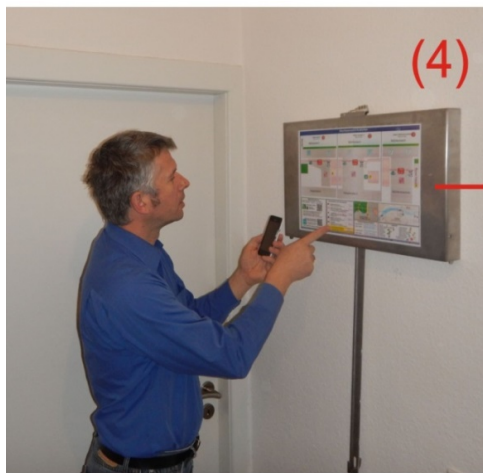


Abbildung 1: Hochwasserschutzpläne mit Lagerschrank

(Bildquelle: Hartmut Wibbeler)

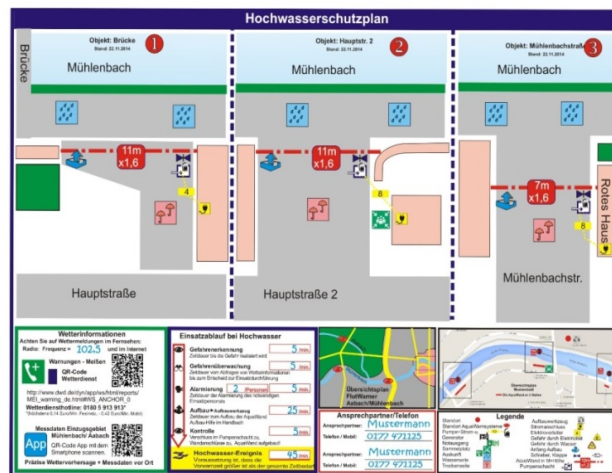


Abbildung 2: Der Hochwasserschutzplan

Der Hochwasserschutzplan hängt an einem flachen Lagerschrank, der vorzugsweise gut zugänglich in einem Flur eines Gebäudes befestigt ist. Beim Einsatz braucht der

Lagerschrank nur aufgeklappt werden, und das gesamte Aufbauwerkzeug steht zur Verfügung.

1.2 Das vollkommen vorinstallierte Hochwasserschutzsystem



Abbildung 3-5: die AquaWand im installierten Zustand, die AquaWand im aufgebauten Zustand, die AquaWand als Schnittdarstellung (Bildquelle: Hartmut Wibbeler)

Bei dem vollkommen vorinstallierten Hochwasserschutzsystem „Die AquaWand“ handelt es sich um ein geschlossenes System, immer im Bereitschaftsmodus. Alles ist sicher miteinander verbunden, nichts kann verloren gehen oder gestohlen werden. Es gibt keine Schrauben, der Aufbau ist simpel, alle Komponenten werden aus dem Kanal gezogen, ineinander gesteckt und verbolzt. Nach einem Einsatz werden die Komponenten wieder in den Betonkanal verstaut.

Die Installation der AquaWand in den Boden wird aus baugleichen, serienmäßig vorgefertigten Stahlwannen dargestellt. Die Wannen werden in einen offenen Graben hineingestellt und danach mit Beton mit dem Graben vergossen. Dieses bietet einen Unterspülenschutz und schafft eine gute Lastübertragung der Kräfte in den Boden.

Für den Laien ist lediglich eine Linienentwässerung zu sehen. Tatsächlich verbergen sich alle AquaWand-Elemente unter dem überfahrbaren Deckel.

1.3 Die Einsatzplanung eines vollkommen vorinstallierten Hochwasserschutzsystems

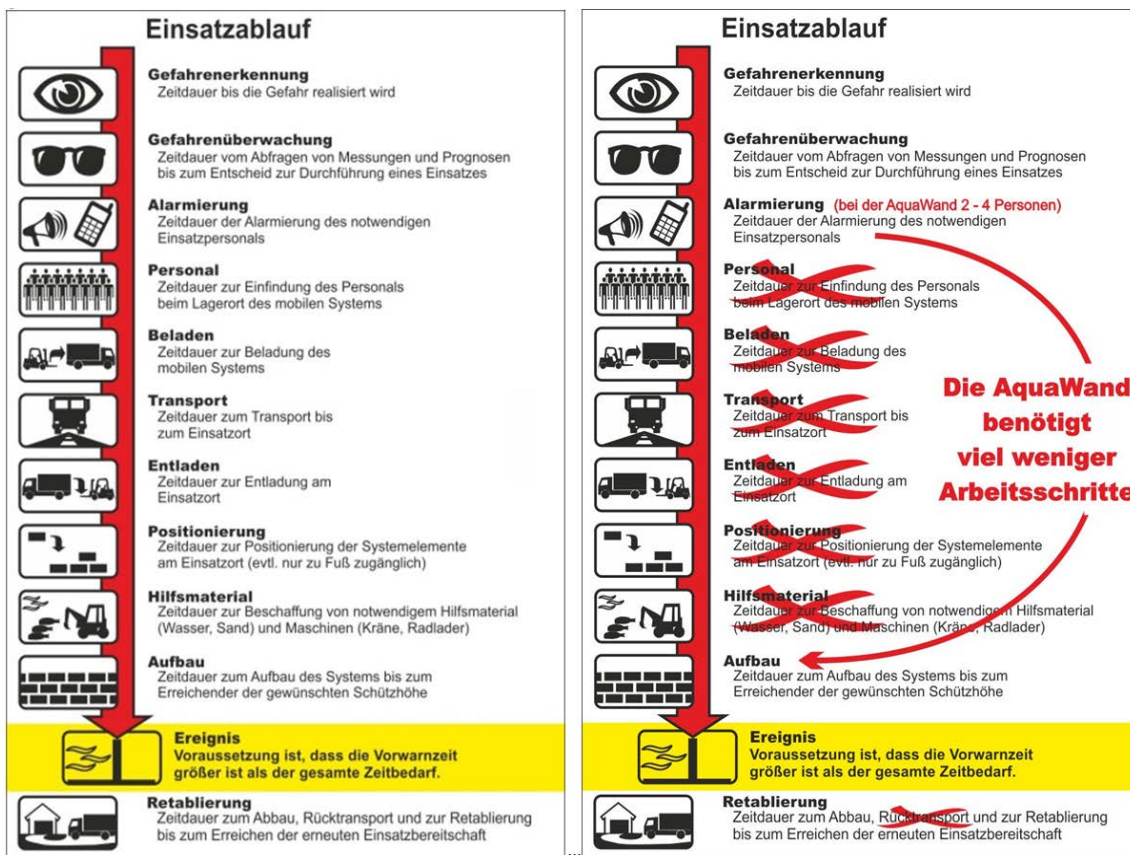


Abbildung 6-7: Einsatzablauf von traditionellen mobilen Systemen; Einsatzablauf eines vorinstallierten Hochwasserschutzsystems (Bildquelle: Hartmut Wibbeler)

An einem typischen Einsatzablaufplan ist gut zu erkennen, dass bei vollkommen vorinstallierten Hochwasserschutzsystemen viele Arbeitsschritte nicht benötigt werden und der Aufbau wie auch der Organisationsaufwand viel beschleunigter ist.

1.4 Das Szenario

- 1.) Eine Wetterwarnung im Fernsehen wird gemeldet und der Bürger ist sensibilisiert.
- 2.) Starkregenkarten geben eine Übersicht und die Wetter-Warn-App's schlagen an.
- 3.) Die Hochwasserschutzpläne, aufgehängt im Flur eines Gebäudes, zeigen die ersten Arbeitsschritte an und geben eine optimale Orientierung.
- 4.) Die Routine des Aufbaus der AquaWände beginnt.
- 5.) Das Gebiet ist gesichert.

2 Fazit:

Warn-Apps, Hochwasserschutzpläne und die AquaWände zusammen sind ein ganzheitlicher Hochwasserschutz und liefern nicht nur Informationen, sie bieten Schutz und erzeugen bei den Nutzern ein Bewusstsein, mit dem Hochwasserrisiko planvoll umgehen zu können. Dieses geht nur mit vollkommen vorinstallierten Hochwasserschutzsystemen.

Anschrift des Verfassers

Autor: Hartmut Wibbeler,
AQUABURG Hochwasserschutz GmbH,
Linckensstr. 115,
D-48165 Münster,
www.aquaburg.com
Tel.: +49 2501 927 8000
E-Mail: info@aquaburg.com

Starkregen und Sturzfluten: Risikoanalyse und Maßnahmenkonzepte auf Industrieanlagen

Beitrag zum 50. IWASA 2020 in Aachen

Detlef Rieger; Julien Mir

Abstract

Torrential rain and the necessary measures for industrial facilities have always been objects of water management investigations within the subsidence areas of the Ruhr area. Mostly important are accident prevention and the security of production processes on factory equipment. Microscale geometries have to be imaged precisely in the modeling, as long as they may be important for the flow processes. The high-resolution model (GIS-based or 2D-hydrodynamic) has to be charged with a 100 years abundance precipitation volume. Climate change is considered by a defined surcharge. The sewerage can be included by combined flow modeling. The computed flood areas and water depths are scaled depending on their hazard potential and combined with the damage potential. High damage potential is estimated for safety infrastructure, process control technique, equipment for energy supply and storages for water-hazardous liquids. Elements of the combination are areas of high flooding risk. The mitigation concepts include several measures, for example splicing objects, upstands and sealing of buildings. To avoid cascade effects, underpasses are specifically secured, e.g. by mobile pumping service.

Zusammenfassung

Im Ruhrgebiet mit bergsenkungsbedingten Polderflächen werden Sturzfluten und Gegenmaßnahmen seit langem wasserwirtschaftlich untersucht. Im Vordergrund steht die Produktions- und Störfallsicherheit betrieblicher Anlagen. Abflusswirksame, kleinräumige Geometrien sind bei der Modellierung in hoher Genauigkeit abzubilden. Das hochauflösende; hydrodynamische 2D-Modell wird mit einem 100-jährigen Niederschlagsvolumen belastet. Ein Zuschlag berücksichtigt den Klimawandel. In gekoppelter Modellierung kann die Kanalisation einbezogen werden. Wasserflächen und -tiefen werden entsprechend ihrer Gefahreinstufung mit derjenigen des Schadenspotenzials verknüpft. Hohes Schadenspotenzial weisen u.a. Rettungsinfrastruktur, Leittechnik, Energieversorgungs- und Tankanlagen mit wassergefährdenden Stoffen auf. Aus der Verknüpfung resultieren Flächen hohen Risikos. Die Maßnahmenkonzepte kombinieren z.B. Aufständerrung, Aufkantung und Abdichtungen an Gebäuden. Zur Vermeidung von Kaskadeneffekten werden für Einsatzkräfte wichtige Durchlässe besonders geschützt und von mobilen Pumpeinheiten gesichert.

1 Starkregenuntersuchungen auf Industrieanlagen?

Die Unternehmen Emscher- und Lippe Wassertechnik untersuchen seit 1994 wasserwirtschaftliche Fragestellungen im Ruhrgebiet, häufig in Polder- und Bergsenkungsgebieten. Diese sind für Starkregenereignisse anfällig, da sie häufig abflusslose Geländemulden darstellen. Die Polderflächen müssen durch Pumpwerke entwässert werden.

Diese Situation wird durch den Klimawandel verschärft. Zu erwarten ist ein verstärktes Auftreten von Sturzflutereignissen, die eine erhöhte Gefährdung für Industrieanlagen bedeuten können. Bei den Starkregenuntersuchungen steht die Produktions- und v.a. die Störfallsicherheit gemäß § 5 Abs. 1 BImSchG im Vordergrund.

Gefahren-/Risikokarten, sowie resultierende Maßnahmenkonzepte, sind zu erstellen.

2 Datenerhebung und Modellierung der Gefährdung

2.1 Kleinräumige, abflusswirksame Geometrien

In den untersuchten industriellen Anlagen werden häufig komplexe, abflusswirksame Strukturen angetroffen, die für eine Strömungs- und Überschwemmungsmodellierung genau aufzunehmen sind. Dies betrifft z.B. die bei Störfallbetrieben häufigen Tassenstrukturen (Abb. 1), die einen Austritt wassergefährdender Stoffe verhindern sollen.



Abb. 1: Strömungsrelevante Tassenstrukturen

Da Übersichtspläne und satellitengestützt erhobene DGM diese Strukturen nicht erfassen, erfordert die modellhafte Erfassung der Kleinstrukturen (Abb.2) umfangreiche Nachvermessungen. Dadurch wird z.B. geklärt, ob zwischen zwei Tassenrändern kleine, aber bez. der Strömungsmodellierung entscheidende Lücken bestehen:

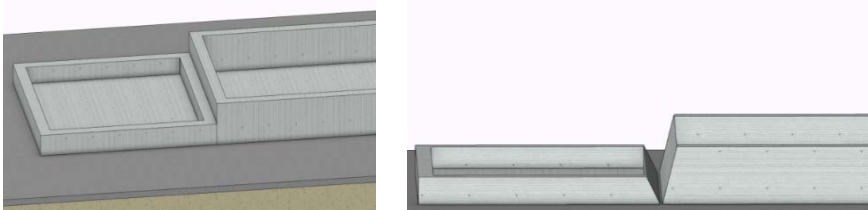


Abb. 2: Schematischer Vergleich von Kleingeometrien

Weiterhin werden Straßenunterführungen (Abb. 3) durch das DGM nicht abgebildet. Sie sind durch Überschwemmungen potenziell gefährdet und weisen an empfindlichen Anlagen sowie als wichtige Zuwegung im Starkregenfall ein hohes Risiko auf. An einem Anlagenstandort mit besonders vielen, durch Befliegungssysteme nicht erfassbaren Strukturen waren bis zu 140 Nachvermessungen notwendig. Es folgten Plausibilitätskontrollen und Verdichtung der Daten. Die Untersuchungen zur Erstellung von Fließweg- und Gefahrenkarten umfassten Einzugsgebietsflächen zwischen 0,5 und 10 km².



Abb. 3: Straßenunterführungen als potenzielle Bereiche hohen Risikos

2.2 Modellbelastung

Es erfolgt eine Belastung des aufgestellten Modells mit Niederschlagssummen eines 100-jährigen Niederschlagsereignisses nach KOSTRA bei als gleichmäßig angenommener Überregnung. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Niederschlagsintensität werden durch den Multiplikationsfaktor Niederschlagssumme [mm] *1,2 berücksichtigt.

Im ersten Modellierungsschritt wird die GIS-Analyse zur Ermittlung der Gefahrenschwerpunkte und Hotspots mit einer Genauigkeit von bis zu 0,1 m durchgeführt. Im zweiten Schritt werden 2D-hydraulische/hydrodynamische Untersuchungen ermittelter Hotspots bei starkem Abfluss aus dem Untersuchungsgebiet sowie bekannte, zusätzliche Gefährdungspunkte durch Überstauereignisse (Kanalisation), besonders in reliefierten Gebieten, mit unregelmäßiger Dreiecksvermaschung (flexiblemesh-Methodik), untersucht.

2.3 Gefahrenkarten

Das Modellergebnis sind Gefahrenkarten (Abb. 4), die in Ihrer Genauigkeit über die für Untersuchungen auf kommunaler Ebene hinausgehen. Die Gefahrenklassen werden entsprechend der modellierten, maximalen Wassertiefen eingeteilt. Die Modellierung von Wassertiefen und Fließwegen in einem Industrieareal ergab höhere Gefährdungen bei überströmbaren Tassenstrukturen, Gruben mit Kesselanlagen, Kellereingängen und Straßen, die eine Funktion als Notwasserwege haben.

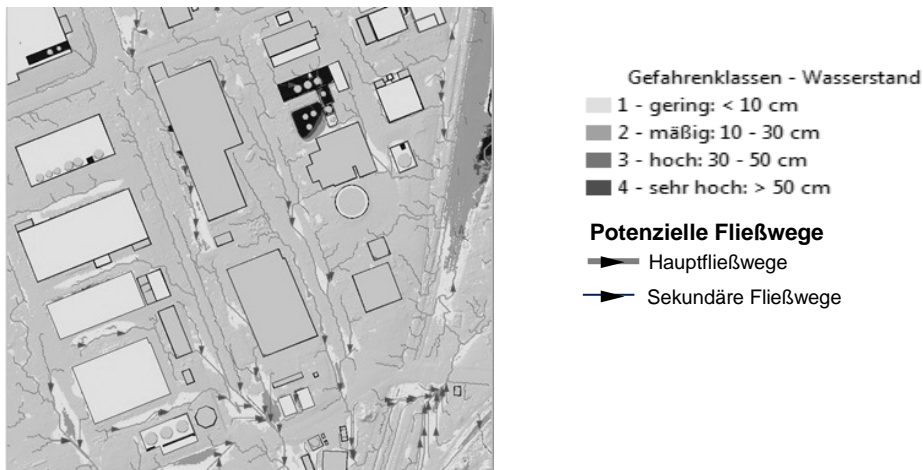


Abb. 4: Gefährdungskarte für ein 100-jähriges Niederschlagsereignis in einem Industrieareal

3 Risikoanalyse und Maßnahmenkonzepte

3.1 Integration des Schadenspotenzials

Um das Risiko bei Starkregenereignissen zu ermitteln, ist das Schadenspotenzial empfindlicher Einrichtungen nach DWA M-119 in Abstimmung mit dem Betreiber der Anlagen zu bestimmen (Tab. 1) und ordinal skaliert in Schadenspotenzialstufen zu quantifizieren.

Tab. 1: Schadenspotenzialbewertung nach DWA-M 119 (u.a.)

Nutzungsart/Objekt	Schadenspotenzialstufe
Soziale Einrichtungen	3
Verkehrswege und Zufahrten	3
Rettungskräfte	4
Tanklager mit wassergefährdenden Stoffen	4
Chemielager wassergefährdender o. explosiver Stoffe	4
Verwaltungsgebäude	4
Produktionsanlagen oder weitere, diverse Nutzungen	≥ 2
Energieversorgung	4
Leittechnik für die Produktion	4
Kabelkanäle	1

Schadenspotenzialstufen:

1: kein oder geringes

2: mäßiges

3: hohes

4: sehr hohes

3.2 Bereiche hohen Risikos und Maßnahmenkonzepte

Durch GIS-gestützte Verknüpfung der Gefahren- und Schadenspotenzialeinstufung werden flächenhaft die Bereiche hohen Risikos „Hot spots“ ermittelt (Abb. 5). Für Bereiche hohen Risikos wurden Maßnahmenkonzepte entwickelt. Sie sind bedingt übertragbar, aber für jeden Standort v.a. in ihrer Bemessung anzupassen.

Risiko		Schadenspotenzial			
		gering	mäßig	hoch	sehr hoch
Überflutungsgefahr	gering	gering	gering	mäßig	mäßig
	mäßig	gering	mäßig	mäßig	hoch
	hoch	mäßig	mäßig	hoch	sehr hoch
	sehr hoch	mäßig	hoch	sehr hoch	sehr hoch


 Hot Spots = Bereiche mit hohem bis sehr hohem Risikopotenzial

Abb. 5: Ermittlung der Bereiche hohen Risikos („Hot spots“)

Chemie- und Tankanlagen wassergefährdender Stoffe (Abb. 6), Risiko: sehr hoch



Abb. 6: Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen

Maßnahmen: Erhöhung der Tassenränder auf mindestens modelliertes WSP-Niveau, Aufschwimmsicherheit von Behältern und Anlage feststellen.

Energieversorgung (Abb. 7), Risiko: sehr hoch

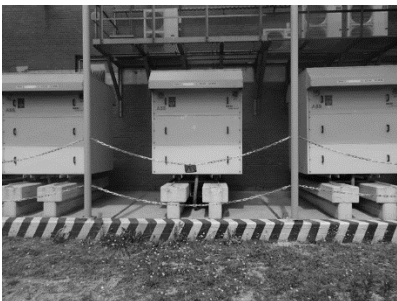


Abb. 7: Anlagen zur Energieversorgung

Maßnahmen: Aufkantung und Aufständigung entsprechend modelliertem WSP-Niveau.

Verwaltungsbereich, Leittechnik (Abb.8), Risiko: sehr hoch

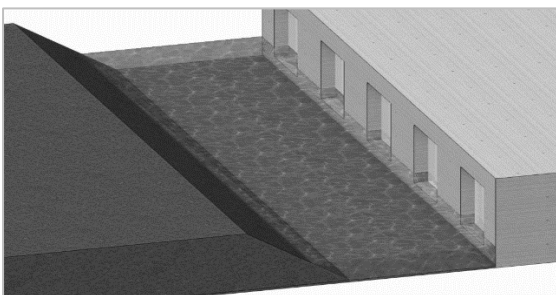


Abb. 8: Verwaltungsgebäude/Leitstand mit Eintiefung

Maßnahmen: Einsatz mobiler Pumpeinheiten, Prüfung der Dichtigkeit von Fenstern, Türen und Verschlüssen.

Straßendurchlässe, tiefliegend (Abb. 9), Risiko: hoch

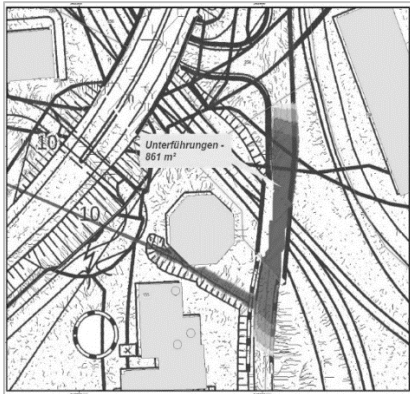


Abb. 9: Straßendurchlass mit potenzieller Wassertiefe bis 1,4 m

Maßnahmen, v.a. zur Vermeidung von „Kaskadeneffekten“: Ausweisung von Ausweichrouten, Einsatz mobiler Pumpeinheiten, Einrichtung von Dränagerinnen, Einrichtung erhöhter Gullys (0,4 m) seitlich der Fahrbahn.

Die konzipierten Maßnahmen bringen keine vollständige Sicherheit, aber eine bedeutende Verminderung des Risikopotenzials an Industrieanlagen.

4 Literatur

Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), einschl. Durchführungsverordnungen u. regelsetzenden Werken

DWA-Regelwerk: Merkblatt DWA-M 119, aktuelle Version

MUNLV NRW (2018): Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement. Hochwassermanagementplanung in NRW

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Geogr. Detlef Rieger, rieger@ewlw.de

Julien Mir, M. Sc., mir@ewlw.de

Brunnenstraße 37

45128 Essen